



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Forschungsbedarf im Sonderforschungsprogramm „Mobilfunk“

Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 185. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 03./04. Juli 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Forschungsprioritäten	5
2.1	Untersuchungen der Priorität I.....	6
2.1.1	Molekulare Wirkungsmechanismen	6
2.1.2	In vivo- und in vitro-Studien zur Permeabilisierung der Blut-Hirn-Schranke.....	7
2.1.3	Ergänzung einer Fallkontroll-Studie zu Ursachen des Uvea-Melanoms	8
2.1.4	Machbarkeitsstudie zu epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen Kinderkrebs und Expositionen um große Sendeeinrichtungen	8
2.1.5	Bestimmung der Exposition in der Umgebung von Wireless LAN-Einrichtungen (WLAN) in öffentlichen Räumen.....	8
2.1.6	Bestimmung der Exposition in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen	9
2.1.7	Bestimmung der Exposition in der Umgebung von DVB-T-Sendeanlagen	9
2.1.8	Erhebung und Auswertung von personenbezogenen HF-Expositionsdaten in einer repräsentativen Bevölkerungsgruppe	10
2.2	Untersuchungen der Priorität II.....	10
2.2.1	Untersuchungen zu der Fragestellung, ob makroskopische dielektrische Gewebeeigenschaften auch auf Zellebene bzw. im subzellulären Bereich uneingeschränkt Gültigkeit besitzen.....	10
2.2.2	Kurz- und mittelfristige Effekte durch GSM- und UMTS-Signale auf das EEG und die kognitive Leistungsfähigkeit.....	11
2.2.3	Genotoxizitäts-Einfluss von GSM- und UMTS-Signalen auf Lymphozyten des peripheren Blutes des Menschen	12
2.2.4	Einfluss von GSM- und UMTS-Signalen auf die Genexpression	12
2.2.5	Machbarkeitsstudie zur Untersuchung altersabhängiger biophysikalischer Parameter, die für die HF-EMF-Wirkung relevant sind	13
2.2.6	Langzeitstudie an Labornagern mit UMTS-Signalen.....	13
2.2.7	Bestimmung der realen Exposition bei Handynutzung in teilgeschirmten Räumen im Vergleich zur Exposition unter günstigen Bedingungen im Freien	13
2.2.8	Exposition durch körpernahe Sender im Rumpfbereich	14
2.2.9	Nutzeroptimierter Zugang zur FEMU-Datenbank.....	14
2.2.10	Untersuchung der Möglichkeiten zur Minimierung der HF-Exposition der Bevölkerung durch regionale integrierte Netzplanung.....	15

2.2.11	Untersuchungen elektrosensibler Personen im Hinblick auf Begleitfaktoren bzw. -erkrankungen, wie z.B. Allergien und erhöhte Belastung mit bzw. Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien.....	15
2.3	Untersuchungen der Priorität III.....	16
2.3.1	Prospektive Kohortenstudie unter Handynutzern.....	16
2.3.2	Entwicklung effizienter Strategien/Werkzeuge zur Information von Zielgruppen	16
	Literatur	17
 Anhang		
	Bundesamt für Strahlenschutz AG-NIR, Forschungsbedarf im Sonderforschungsprogramm „Mobilfunk“	18

1 Einleitung

Eine der Vorsorgemaßnahmen im Bereich der hochfrequenten elektromagnetischen Felder, insbesondere der modernen Telekommunikation (GSM¹, UMTS²), ist die Intensivierung und Koordinierung der Forschung, um zu wissenschaftlich fundierteren Aussagen als bisher möglich zu kommen.

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat 2001 die Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“ [1] vorgelegt, die sich auf die Bewertung der wissenschaftlichen Publikationen konzentriert, die ab 1998 veröffentlicht wurden. Als Folge dieser Bewertung hat die SSK Empfehlungen zum Schutz vor nachgewiesenen Gesundheitsbeeinträchtigungen, zur Vorsorge sowie zur Forschung ausgesprochen. Die Strahlenschutzkommission hat dabei konkrete Anregungen für weitere Forschung gegeben und empfohlen, diese aufzugreifen. Konkrete Empfehlungen für weitere Forschung hat die SSK auch in der im Jahre 2002 verabschiedeten SSK-Empfehlung „Weiterentwicklung der Forschung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung“ [2] ausgesprochen.

Im Juni 2001 fand im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ein Fachgespräch unter breiter Beteiligung verschiedener Interessengruppen statt, bei dem weitere wichtige Forschungsschwerpunkte zur Thematik „Wirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks“ identifiziert wurden. Die Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Fachgesprächs ist als BfS-Schrift publiziert [3].

Auf der Basis der Ergebnisse dieses Fachgesprächs sowie der SSK-Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“ wurde vom BfS ein Forschungsprogramm erstellt, das im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) in den Jahren 2002-2005 mit 8,5 Mio. € gefördert wird (www.bmu.de).

Im Mai 2003 hat das BMU die SSK beauftragt, eine Stellungnahme zu dem Entwurf für ein EMF-Forschungsprogramm „Mobilfunk“ in Ergänzung zum laufenden EMF-Forschungsprogramm von BMU/BfS zu erarbeiten. Als Grundlage für die Beratung in der SSK hat das BfS mit Datum vom 08. April 2003 einen Entwurf für ein solches Programm vorgelegt (siehe Anhang). Der zur Verfügung stehende Kostenrahmen beträgt ebenfalls 8,5 Mio. € bei einer Gesamtlaufzeit von ca. 3 Jahren.

Die hier vorgelegten Projektvorschläge bauen auf dem bestehenden UFOPLAN auf und berücksichtigen sowohl laufende Projekte nationaler wie internationaler Forschungsprogramme als auch den aktuellen Stand der Forschung.

Die Projektvorschläge enthalten eine Begründung zur Relevanz und konkrete Angaben zu dem jeweiligen Forschungsfokus, dem erforderlichen Ressourceneinsatz sowie zur Laufzeit der vorgeschlagenen Untersuchungen.

Die Projektvorschläge sind nach Bewertung der SSK in drei Prioritätengruppen geordnet und innerhalb jeder Gruppe thematisch nach den Schwerpunkten Wirkungsmechanismen, Auswir-

¹ GSM: Global System for Mobile Communications

² UMTS: Universal Mobile Telecommunication System

kungen bei Menschen und Tieren, Epidemiologische Untersuchungen, Erfassung der Exposition, Risikokommunikation und Elektrosensibilität geordnet.

Die Einteilung in Prioritätengruppen spiegelt nicht nur die Dringlichkeit von Forschungsarbeiten wider. Sie erfolgte auch in Hinblick auf die Bearbeitung nach Maßgabe der verfügbaren Mittel und unter Berücksichtigung sowohl der bereits laufenden als auch der in Planung befindlichen nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten und der Bedachtnahme auf mögliche Synergieeffekte. In die Beratungen sind auch die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation über die Forschung auf dem Gebiet der biologischen Wirkung elektromagnetischer Felder eingeflossen. Die Reihenfolge innerhalb einer Prioritätengruppe entspricht thematischen Gesichtspunkten. Sie stellt keine weitere Prioritätenreihung dar und darf nicht als thematische Verknüpfung missverstanden werden.

Die Strahlenschutzkommission ist bereit, bei der Bewertung des laufenden Fortgangs der Projekte mitzuwirken.

2 Forschungsprioritäten

Vorbemerkung

Um bei Untersuchungen im biologischen/medizinischen Bereich die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse zu gewährleisten, ist ein hoher, qualitätsgesicherter dosimetrischer Standard unerlässlich. Dies erfordert in der Regel die Kooperation zwischen biologischen/medizinischen Partnern und in der HF-Exposimetrie erfahrenen technischen Experten.

Die Expositionsvorrichtung muss von Wissenschaftlern entwickelt werden, die im Bereich der Hochfrequenztechnik und der elektromagnetischen Feldtheorie ausgewiesen sind. Falls diese über keine einschlägigen Erfahrungen auf dem Gebiet biologischer Expositionsvorrichtungen verfügen, ist die Kooperation mit einem erfahrenen Partner zwingend vorzugeben.

Die Expositionsvorrichtung muss ein eindeutig definiertes, stabiles und damit reproduzierbares Feld im Bereich der Exponate erzeugen. Dieses Feld sollte über dem Volumenbereich, in dem sich ein oder mehrere Exponate befinden können, möglichst homogen sein. Um zu gewährleisten, dass nur das gewünschte Signal zur Exposition beiträgt, muss der Expositionsraum hochfrequenzdicht sein; hinsichtlich niederfrequenter Felder (Netzversorgung, technische Vorrichtungen, wie Schalter, Motoren usw.) muss durch einen sorgfältigen Aufbau für eine geringe Einflussmöglichkeit gesorgt werden. Diese Felder sind durch Messungen zu erfassen.

Das verwendete Expositionssignal muss die wesentlichen Eigenschaften des untersuchten drahtlosen Kommunikationsdienstes aufweisen. Für TETRA³, GSM und UMTS wurden standardisierte Signalformen entwickelt, die bereits in vielen Experimenten eingesetzt wurden. Um die Vergleichbarkeit der Experimente zu gewährleisten, sind diese auch bei zukünftigen Projekten zu verwenden. Bei neuen Diensten (WLANs⁴, Bluetooth, ad hoc networks,...) sind die Signalformen sorgfältig zu entwerfen und vorab vor einem geeigneten Forum zu diskutieren.

³ TETRA: Terrestrial Trunked Radio

⁴ WLAN: Wireless Local Area Network

Die Form und das Volumen der Container und der Proben bestimmen extrem die Qualität der Exposition, insbesondere die erzielbare Feld- bzw. SAR⁵-Homogenität in den Proben. Sie sind deshalb erst nach sorgfältiger Diskussion zwischen dem biologischen/medizinischen und dem technischen Partner festzulegen.

Die Bestimmung der Felder und der SAR in den Proben muss durch die Anwendung einschlägiger feldtheoretischer und messtechnischer Verfahren durchgeführt werden, wobei sich die räumliche Auflösung nach den Erfordernissen des jeweiligen Experiments richten muss. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Materialparameter in der Literatur nur mit ± 20 % Genauigkeit angegeben werden. Der Einfluss dieser Unsicherheit ist zu bestimmen.

Durch eine nachfolgende Temperaturanalyse muss sichergestellt werden, dass keine unbeabsichtigte Erwärmung erfolgt. Diese Temperaturanalyse sollte auch Aussagen zum zeitlichen und räumlichen Temperaturgradienten liefern.

Während der Exposition sind Feld- und Temperaturmessungen durchzuführen und gegebenenfalls weitere, für das jeweilige Experiment spezifische physikalische Parameter aufzuzeichnen.

Die Expositionsvorrichtung muss durch den technischen Partner eingestellt und regelmäßig kontrolliert werden. In der Regel sind Versuchsansätze zu verwenden, die eine doppelblinde Durchführung der Versuche ermöglichen. Eine einfache und sichere Handhabung bzw. eine Sicherung gegen Verstellen durch den biologischen/medizinischen Partner muss gewährleistet sein.

Nach Möglichkeit sind alle (biologischen) Untersuchungen als Doppelblindstudien durchzuführen.

2.1 Untersuchungen der Priorität I

Bereich: Wirkungsmechanismen

2.1.1 Molekulare Wirkungsmechanismen

Begründung zur Relevanz: Es ist bekannt, dass im GHz-Bereich Molekülresonanzen auftreten können, die zu erhöhter Absorption elektromagnetischer Energie führen können. Durch zunehmende Nutzung dieses Frequenzbereiches ist es erforderlich geworden, gezielt zu untersuchen, ob Resonanzeffekte von gesamten Molekülen oder Teilen von Makromolekülen zu relevanten Effekten führen könnten. Bei der Untersuchung von Resonanzen mit Molekülen ist allerdings nicht das einzelne Biomolekül zu betrachten, sondern das Biomolekül mit seiner jeweiligen für die Funktion relevanten Umgebung (z.B. eingebettet in einer wässrigen Umgebung via Wasserstoffbrückenbindungen und/oder in einer lipidartigen Umgebung via van-der-Waals-Wechselwirkungen). Aufgrund dieser Umgebung ist normalerweise eine sehr starke thermische Ankopplung an das Gesamtsystem gegeben, so dass selektive Anregungsprozesse mit der Möglichkeit einer lokalen Energieabsorption über längere Zeiten sehr spezielle molekulare Verhältnisse voraussetzen. Es soll untersucht werden, welche Anregungsprozesse überhaupt relevant wären und welche molekularen biologischen Strukturen für solche Verhältnisse in Frage kämen, wobei diese fundamentalen physikalischen Restriktionen entweder in be-

⁵ SAR: Spezifische Absorptionsrate

kannter Form übernommen (z.B. [8]) oder mittels kritischer Analyse mit daraus folgender geänderter Parameterwahl berücksichtigt werden.

Forschungsfokus: Im Frequenzbereich zwischen ca. 1 GHz und 10 GHz sollen die Bedingungen für mögliche Resonanzen oder andere Wirkungsmechanismen mit in ihre biologische Umgebung eingebetteten Molekülen untersucht werden. Ziel: Ableitung von Hypothesen zu Wirkungsmechanismen.

Es wird empfohlen, dieses Projekt in enger Abstimmung mit dem Projekt 2.2.1 durchzuführen.

Bereich: Biologische Wirkungen

2.1.2 In vivo- und in vitro-Studien zur Permeabilisierung der Blut-Hirn-Schranke

Begründung zur Relevanz: Einige Untersuchungen an Ratten haben eine Permeabilisierung der Blut-Hirn-Schranke (BHS) schon bei SAR-Werten unterhalb der Grenzwerte gezeigt. Jedoch konnte eine Expositions-Wirkungsbeziehung bisher nicht gezeigt werden, ebenso wenig ein Effekt der Feldmodulation auf die BHS. Eine erhöhte Durchlässigkeit der BHS ist gesundheitsrelevant, da die intakte BHS eine Schranke gegen den unkontrollierten Übertritt von Substanzen und Krankheitserregern in das Nervengewebe darstellt.

in vivo (Labornager/ Ratte):

Forschungsfokus: Die Untersuchungen an Ratten von Salford und Persson [4] sollen reevaluiert werden. Dabei sind vorzusehen: Angaben zum Einfluss des Expositionslevels; eine ausreichende statistische Absicherung, mehrere Altersklassen von Tieren (Klasse 1: 3-4 Wochen; Klasse 2: 3 Monate; Klasse 3: \geq 6 Monate), der Einsatz einer Replikationsgruppe (2-stündige Exposition in TEM-Zellen⁶), einer Käfigkontrolle sowie von drei Gruppen unterschiedlicher „Dosis“ mit mindestens einer Gruppe jeweils im thermischen Bereich, die als Positiv-Kontrolle eine erhöhte Permeabilität der BHS bestätigt. Da die Tiere nur einmalig über zwei Stunden gegenüber GSM- und UMTS-Signalen exponiert werden, ist ein maximal homogenes Feld erforderlich; ggf. sind die Tiere (nach einer adäquaten Trainingsphase) röhrenfixiert zu befelden.

in vitro:

Forschungsfokus: Zunächst sollen die Untersuchungen von Stögbauer et al. [5] wiederholt werden. Angaben zum Einfluss des Expositionslevels, eine ausreichende statistische Absicherung und mindestens eine Gruppe im thermischen Bereich (Positiv-Kontrolle) sind zwingend vorzusehen. Die gewählten SAR-Werte und Expositionszeiten sollen mit dem in vivo-Experiment abgestimmt werden, bzw. es sollten begleitende, sorgfältige numerische und/oder experimentelle Feldanalysen durchgeführt werden, die sowohl für die in vivo- wie die in vitro-Experimente die lokale Temperaturerhöhung durch Exposition im BHS-Bereich erfassen.

Hinweis: Die in vivo- und in vitro-Arbeiten müssen im Rahmen eines Verbundprojektes durchgeführt werden.

⁶ TEM-Zellen: Transverse Electromagnetic Transmission Line - Cell

*Bereich: Epidemiologie***2.1.3 Ergänzung einer Fallkontroll-Studie zu Ursachen des Uvea-Melanoms**

Begründung zur Relevanz: Es handelt sich um die Ergänzungsfinanzierung eines DFG⁷-begutachteten und -teilgeförderten Projektes. Das Thema hat eine hohe Relevanz, weil es sich um die Reproduktion einer epidemiologischen Studie [6] handelt, bei der ein erhöhtes Uvea-Melanom-Risiko bei Personen beobachtet wurde, die häufiger mit mobilen Kommunikationsgeräten gearbeitet haben.

Forschungsfokus: Es muss eine ausreichende Fallzahl rekrutiert werden, um die statistische Aussagekraft der Ergebnisse zu gewährleisten. In dieser Folgestudie zu [6] wird direkt die Exposition gegenüber Handys erhoben, die in der die Hypothese generierenden Studie (Stang et al., 2001 [6]) nur über die Berufsanamnese indirekt ermittelt wurde.

2.1.4 Machbarkeitsstudie zu epidemiologischen Studien zum Zusammenhang zwischen Kinderkrebs und Expositionen um große Sendeeinrichtungen

Begründung zur Relevanz: Es gibt Auswertungen von Registerdaten [9,10,11], die teilweise eine erhöhte Kinderleukämierate in der Umgebung einzelner Fernseh- und Radiosender ergeben haben, systematische Studien fehlen allerdings und die in der Regel sehr speziellen Wohnsituationen in der Nähe stärkerer Sendeanlagen müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Forschungsfokus: Es soll ein Design für eine Deutschland-weite Studie entwickelt werden, und ihre Machbarkeit untersucht werden. Dies umfasst die Definition eines geeigneten Studienansatzes, die Entwicklung einer Expositionsmetrik, die Festlegung einer geeigneten Studienregion und eine Abschätzung der statistischen Aussagekraft.

*Bereich: Erfassung der Exposition***2.1.5 Bestimmung der Exposition in der Umgebung von Wireless LAN-Einrichtungen (WLAN) in öffentlichen Räumen**

Begründung zur Relevanz: Die Nutzung und Verfügbarkeit von WLAN breiten sich im öffentlichen Raum zur Zeit äußerst rasch aus. Die WLANs werden bereits in naher Zukunft einen wesentlichen Bestandteil der mobilen Kommunikationseinrichtungen in urbanen Räumen darstellen. Über die Exposition der Bevölkerung durch die dabei verwendeten elektromagnetischen Felder ist bis jetzt so gut wie nichts bekannt.

Forschungsfokus: Im Rahmen dieses Projektes sollen die Feldverteilung und die Expositionsbedingungen (zeitliche Verteilung der Nutzung) der Nutzer und der Bevölkerung erfasst werden. Neben den Basisstationen sind auch die jeweiligen Mobilstationen mit zu berücksichtigen. Dabei ist die Exposition in den beiden zugewiesenen Frequenzbändern bei verschiedenen Datenraten zu erfassen. Die verschiedenen verwendeten IEEE⁸-Standards sind zu berücksichtigen. Im Rahmen dieses Projektes sind an Beispielen voll ausgebauter Bereiche, wie z.B.

⁷ DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft

⁸ IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

City-LANs (z.B. Hamburg), Flughafen oder digitaler Campus (z.B. Bremen), für mindestens zwei Bereiche im öffentlich zugänglichen Freigelände (Straßen, Plätze etc.) und in öffentlichen Räumen (Theater, Cafés etc.) die Expositionen zu erfassen.

2.1.6 Bestimmung der Exposition in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen

Begründung zur Relevanz: Bei der Bewertung der Exposition durch die im Aufbau befindlichen neuen UMTS-Netze kann nicht ohne weiteres auf die Bewertung der GSM-Netze zurückgegriffen werden. An die zu verwendenden Mess- und Berechnungsverfahren müssen zum Teil andere Anforderungen gestellt werden. Auch sind die Ergebnisse der Untersuchungen an GSM-1800-Basisstationen nicht ohne weiteres auf UMTS-Basisstationen übertragbar. Damit liegen derzeit keine belastbaren Daten für die Abschätzung der realen Exposition der Bevölkerung in der Nähe von UMTS-Basisstationen vor.

Forschungsfokus: Im Rahmen dieses Projektes sind die Besonderheiten bei der Erfassung der Signale von UMTS-Basisstationen zu beschreiben sowie ein bewertbarer Anlagenzustand festzulegen. Dazu müssen die einsetzbaren Mess- und Berechnungsverfahren zur Expositionserfassung von UMTS-Sendern beschrieben und validiert werden. Ggf. sind adäquate Verfahren zu entwickeln. Die Grenzen der verschiedenen eingesetzten Verfahren sind zu überprüfen und mit den entsprechenden zu erwartenden Messunsicherheiten zu beschreiben. Dabei sind auch die unterschiedlichen Betriebsbedingungen von UMTS-Basisstation zu betrachten.

Im Rahmen dieses Projektes sind Untersuchungen an allen relevanten Typen von UMTS-Basisstationen durchzuführen. Dabei sind auch Kombinationsantennen (UMTS/GSM) und elektronisch veränderbare Antennen zu betrachten.

Dieses Projekt ist in Verbindung mit dem bereits laufenden BfS-Projekt StSch 4375 "Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren, die es ermöglichen, die Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Funksendeanlagen zu ermitteln. Die Verfahren sollen zur Überprüfung von Grenzwerten geeignet sein." zu sehen.

2.1.7 Bestimmung der Exposition in der Umgebung von DVB-T-Sendeanlagen

Begründung zur Relevanz: Bei der Bewertung der Exposition durch das im Aufbau befindliche neue digitale Fernsehen (DVB-T) kann nicht ohne weiteres auf die Bewertung des analogen Fernsendsendernetzes zurückgegriffen werden. An die zu verwendenden Mess- und Berechnungsverfahren müssen zum Teil andere Anforderungen gestellt werden. Auch sind die Ergebnisse der Untersuchungen an analogen Fernsehsendern nicht ohne weiteres auf DVB-T-Sender übertragbar. Damit liegen keine belastbaren realistischen Daten für eine Expositionsabschätzung der Bevölkerung in der Nähe von DVB-T-Sendern vor. Ohne entsprechende Erhebungen ist nicht verlässlich abschätzbar, wie sich die Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder bei dem Übergang vom analogen auf das digitale Fernsehen entwickelt.

Forschungsfokus: Im Rahmen dieses Projektes sind die Besonderheiten bei der Erfassung der Signale von DVB-T-Sendeanlagen zu beschreiben sowie ein bewertbarer Anlagenzustand festzulegen. Dazu müssen die einsetzbaren Mess- und Berechnungsverfahren zur Expositionserfassung von DVB-T-Sendern beschrieben und validiert werden. Ggf. sind adäquate Verfahren zu entwickeln. Die Grenzen der verschiedenen eingesetzten Verfahren sind zu überprüfen.

fen und mit den entsprechenden zu erwartenden Messunsicherheiten zu beschreiben. Dabei sind auch die unterschiedlichen Betriebsbedingungen von DVB-T-Sendeanlagen zu betrachten.

Im Rahmen dieses Projektes sind Untersuchungen an allen relevanten Typen von DVB-T-Sendeanlagen durchzuführen sowie die unterschiedlichen Versorgungskonzepte (Verteilung der Sender) in Hinblick auf die damit verbundene Exposition der Bevölkerung zu bewerten.

2.1.8 Erhebung und Auswertung von personenbezogenen HF-Expositionsdaten in einer repräsentativen Bevölkerungsgruppe

Begründung zur Relevanz: Die Exposition der Bevölkerung durch hochfrequente elektromagnetische Felder ist räumlich und zeitlich sehr inhomogen. Bei den bis jetzt durchgeführten Erfassungen der Exposition wurden Messungen an bestimmten Orten durchgeführt. Diese Messungen geben zwar eine belastbare Aussage über die Exposition durch unterschiedliche Feldquellen an diesem Ort, sind aber nur sehr bedingt geeignet, die Exposition von Personen zu erfassen. Ein entsprechendes Projekt zur Erfassung der Exposition durch niederfrequente magnetische Felder in Bayern kann als Muster für diese Untersuchung dienen. Die gewonnenen Daten sollen einem Expositionsvergleich in Bezug auf unterschiedliche Expositionssituationen (z.B. Stadt/Land, Arbeitsplatz/Freizeit) dienen.

Forschungsfokus: Ziel dieses Projektes ist es, mit Hilfe von geeigneten Personenexposimetern für hochfrequente elektromagnetische Felder die individuelle Exposition einer für Deutschland repräsentativen Bevölkerungsgruppe von ca. 2000 Personen zu erfassen. Dabei sind die Expositionen über jeweils ein 24 Stundenintervall in hinreichend kurzen Zeitintervallen für die relevanten Frequenzbereiche zu erfassen.

Dieses Projekt kann erst vergeben werden, wenn ein validiertes Exposimeter zur Verfügung steht, das auf seine Verwendbarkeit hin überprüft worden ist. Dazu ist es unumgänglich, dieses in der wissenschaftlichen Fachöffentlichkeit entsprechend vorzustellen und sich dem wissenschaftlichen Diskurs zu stellen. Für dieses Projekt ist ein entsprechendes dokumentiertes Qualitätssicherungssystem zwingende Voraussetzung.

2.2 Untersuchungen der Priorität II

Bereich: Wirkungsmechanismen

2.2.1 Untersuchungen zu der Fragestellung, ob makroskopische dielektrische Gewebeeigenschaften auch auf Zellebene bzw. im subzellulären Bereich uneingeschränkt Gültigkeit besitzen

Begründung zur Relevanz: Bei Experimenten mit Versuchspersonen, Tieren oder Zellkulturen spielt die numerische Exposimetrie in kleinsten Volumenbereichen (sog. Mikroexposimetrie) eine immer größere Rolle, um eventuelle Effekte, die bei makroskopischer Betrachtung nicht erklärbar sind, auf zellulärer Ebene zu interpretieren. Dazu ist es unabdingbar, vorab zu klären, für welche Abmessungen eine differenziertere Beschreibung des Materials als durch eine auf das jeweilige Gewebe bezogene Permittivität vorgenommen werden muss.

Forschungsfokus: In diesem Projekt soll geprüft werden, wann die als makroskopisch ermittelten Größen der dielektrischen Gewebeeigenschaften, wie elektrische Leitfähigkeit oder die Permittivität, beim Übergang in kleine zelluläre oder gar subzelluläre Dimensionen nicht mehr sinnvoll anwendbar sind. Insbesondere ist dann zusammen mit den lokalen thermischen Leitfähigkeiten der Gewebe zu klären, was ein durch dielektrische Inhomogenitäten verursachter inhomogener Wärmeeintrag für lokale Temperaturunterschiede bewirken kann. Sollte sich herausstellen, dass im mikroskopischen Bereich andere Gesetzmäßigkeiten vorliegen, sind aus dieser Erkenntnis verifizierbare experimentelle Modelle zu entwickeln sowie die Konsequenzen für an Zellen gewonnene Ergebnisse bei der Einwirkung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern abzuleiten. Der zu betrachtende Frequenzbereich ist 0,4 GHz – 10 GHz.

Bereich: Biologische Wirkungen

2.2.2 Kurz- und mittelfristige Effekte durch GSM- und UMTS-Signale auf das EEG und die kognitive Leistungsfähigkeit

Begründung zur Relevanz: Die relativ stärksten HF-Feldexpositionen treten im Kopfbereich bei der Handynutzung auf. Studien an Probanden schließen nicht aus, dass auch bei Einhaltung des Basisgrenzwertes von 2 W/kg für die Teilkörperexposition das menschliche Gehirn in seinen physiologischen Reaktionen beeinflusst werden kann. Während das spontane Elektroenzephalogramm oder reizkorrelierte Hirnpotentiale eines Menschen nicht durch das hochfrequente Feld beeinflusst wurden, zeigten sich in komplexeren Aufgaben zur Informationsverarbeitung in verschiedenen Studien Veränderungen verschiedener Reaktionszeiten bei Aufmerksamkeitstests, die jedoch noch bestätigt werden müssen. Ob es einen Einfluss der Mobilfunkexposition auf das Schlafverhalten oder kognitive Prozesse gibt, ist immer noch umstritten. In diesem Zusammenhang wird auch die Wirkung pulsmodulierter Felder diskutiert.

Forschungsfokus: Ob beobachtete Veränderungen im EEG subklinische temporäre Effekte, Auswirkungen auf das Wohlbefinden oder gesundheitsrelevante Veränderungen nach sich ziehen oder nicht doch subtile Artefakte im Bereich einer technischen EMV-Beeinflussung darstellen, bleibt abzuklären. Dazu sind Messungen des Ruhe-EEGs, Ereignis-korrelierter Potentiale oder motorischer Bereitschaftspotentiale unter verschiedenen Expositionsbedingungen bis zum Grenzwert wünschenswert, evtl. Schlaf-EEGs. Im Vergleich müssen Scheinexposition, gepulste und unmodulierte Felder (GSM, UMTS) angewendet werden. Eine rigorose Kontrolle schwacher niederfrequenter, zeitvarianter Magnet-Fremdfelder im Bereich der EEG-Messschleifen ist durch on-line-Monitoring mit geeigneten Messinstrumenten während grundsätzlich aller Messungen auszuschließen. Vor allem sind unter den gleichen Bedingungen kognitive Tests auszuführen, die zumindest Reaktionszeit und Erinnerungsvermögen überprüfen.

Entsprechende MEG-Untersuchungen (Magneto-Enzephalogramm) sind prinzipiell aussagefähiger, da die Hirnaktivität dreidimensional und in der Tiefe erfasst werden kann und die Untersuchung als solche mittels SQUID-Sensorik empfindlicher ist. Da MEG-Untersuchungen zumindest forschungsmäßig schon länger klinisch etabliert sind, sollten diese in der Beschreibung als potentiell ebenfalls förderbar erwähnt werden.

Hinweis: Es muss ein Abgleich mit laufenden Forschungsprojekten in England erfolgen.

Diese Experimente müssen unter doppelblindem Expositionsdesign durchgeführt, und es muss eine belastbare statistische Auswertung verwendet werden. Die Arbeiten müssen im Rahmen eines Verbundprojektes durchgeführt werden.

2.2.3 Genotoxizitäts-Einfluss von GSM- und UMTS-Signalen auf Lymphozyten des peripheren Blutes des Menschen

Begründung zur Relevanz: Elektromagnetische Felder im Mobilfunkbereich besitzen nicht die Quantenenergie, DNA-Strangbrüche zu erzeugen oder chemische Bindungen aufzubrechen. Ein indirekter Effekt auf z.B. die komplexen DNA-Reparaturmechanismen ist prinzipiell jedoch nicht ausgeschlossen. Obwohl eine Vielzahl von Studien bereits vorliegt, ergibt sich, bedingt durch die verschiedenen Versuchsdesigns (unterschiedliche Targetzellen, Expositionsbedingungen, Auswahl der Assays) bzw. durch die statistisch unzureichende Zellzahl, kein konsistentes Bild. Eine international koordinierte, sorgfältig geplante Metastudie mit Zusammenarbeit mehrerer Forschungsgruppen ist daher sinnvoll.

Es handelt sich um eine Teilfinanzierung zu einer internationalen Ringstudie (Metastudie), zu dem COST⁹ 281 ein Studien-Protokoll entwirft. Da die geplante Studie auf Ergebnissen aus dem Forschungsverbund REFLEX¹⁰ aufbaut, sind die publizierten Ergebnisse abzuwarten.

Forschungsfokus: Der Wert der Kombinationsstudie liegt darin, dass mehrere Labors parallel die gleichen Proben nach einem vorher eindeutig festgelegten, einheitlichen Protokoll auswerten.

Hinweis: Die Koordination der Ringstudie mit > 5 Projektpartnern ist essentiell und muss bei der Projektausschreibung und -beauftragung definiert werden.

2.2.4 Einfluss von GSM- und UMTS-Signalen auf die Genexpression

Begründung zur Relevanz: Bisher sind mehrere Studien an verschiedenen Zelllinien durchgeführt worden, um HF-bedingte Veränderungen der Genexpression zu untersuchen. Schwerpunkte, die sich u.a. aus ersten Ergebnissen an Zellkulturen abgezeichnet haben, sind Stressproteine (Heat-Shock Proteine, hsp), Signaltransduktionselemente, Zellzyklus-regulierende Proteine, Kinasen und Phosphatasen, u.a. Ob es einen Einfluss der Mobilfunkexposition auf Stressproteine (hsp), Signaltransduktions- und andere wichtige Moleküle gibt, ist immer noch ungeklärt. Insbesondere gibt es mehrere Studien zur Hochregulation von hsps unter dem Einfluss von HF-Feldern.

Forschungsfokus: Die Studien sind so anzulegen, dass sie Versuchsansätze verwenden, bei denen schon positive Ergebnisse publiziert wurden. Auf diese Weise würden sie die Vorpublikationen verstärken oder relativieren. Die Übertragbarkeit möglicher Ergebnisse auf den Gesamtorganismus muss im Einzelfall überprüft werden.

Ein Forschungsverbund mit zumindest drei Einzelprojekten sollte etabliert werden. Dabei ist eine einheitliche Exposition (UMTS und GSM) unabdingbar.

⁹ COST: European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research

¹⁰ REFLEX: Forschungsprojekt "Risk Evaluation of the Potential Environmental Hazards from Low Energy Electromagnetic Field (EMF) Exposure Using Sensitive In Vitro Models" innerhalb des 5. Europäischen Rahmenforschungsprogramms

2.2.5 Machbarkeitsstudie zur Untersuchung altersabhängiger biophysikalischer Parameter, die für die HF-EMF-Wirkung relevant sind

Begründung zur Relevanz: Obwohl bisher kein konkreter Befund vorliegt, postuliert Stewart [7] eine mögliche höhere Empfindlichkeit von Kindern gegenüber HF-Feldern. Generell unterscheiden sich Kinder nicht nur in ihrer Größe von Erwachsenen, sondern auch im Hinblick auf unterschiedliche Leitfähigkeiten, Knochendichte, Verteilung des roten Knochenmarks, SAR-Verteilung und zusätzliche biologische Parameter. Dabei ist ungeklärt, wie stark und bis zu welchem Alter sich Kinder in diesen Faktoren von Erwachsenen unterscheiden.

Forschungsfokus: Die Machbarkeitsstudie soll Parameter identifizieren, die einerseits zwischen Erwachsenen und Kind verschieden sind und die andererseits eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber HF-Feldern begründen könnten. Daraus kann sich ggf. ein Design für eine Hauptstudie ableiten.

2.2.6 Langzeitstudie an Labornagern mit UMTS-Signalen

Begründung zur Relevanz: Derzeit gibt es keine Untersuchungen zur möglichen kanzerogenen Wirkung einer UMTS-Ganzkörperexposition über die gesamte Lebensspanne (einschließlich Fetalentwicklung) von Mäusen. Dabei fehlen auch Untersuchungen zur ganztägigen Exposition freibeweglicher Tiere unter definierten, wenig variablen Feldbedingungen über 2 Jahre (mittlere Lebensdauer). Die Festlegung der notwendigen Gruppengrößen muss unter Berücksichtigung der Spontan tumorinzidenz erfolgen. Durch die Stiftung Compagnia di San Paolo, Turin, wurde bereits eine Projektbegutachtung durchgeführt; eine Teilfinanzierungszusage durch die Stiftung liegt vor.

Forschungsfokus: Die Durchführung der Langzeitstudie und die Erarbeitung der Ergebnisse soll entsprechend der internationalen Richtlinien für Toxizitätsstudien erfolgen. Zielparameter sind die Tumoren der relevanten Organe. Die Durchführung muss unter GLP¹¹-Bedingungen erfolgen, so dass jederzeit eine reproduzierbare Überprüfung der die Ergebnisse generierenden Rohdaten gewährleistet ist.

Bereich: Erfassung der Exposition

2.2.7 Bestimmung der realen Exposition bei Handynutzung in teilgeschirmten Räumen im Vergleich zur Exposition unter günstigen Bedingungen im Freien

Begründung zur Relevanz: Die in der wissenschaftlichen Literatur beschriebenen Untersuchungen zu dieser Fragestellung liefern teilweise widersprüchliche Ergebnisse. Da sich Personen einen relevanten Anteil ihrer Lebenszeit in Verkehrsmitteln aufhalten und diese Zeit auch häufig für mobile Kommunikation genutzt wird, sind diese Ergebnisse nicht unerheblich für eine vorsorgliche Expositionsminimierung der Bevölkerung.

Forschungsfokus: Ziel dieses Projektes ist die systematische Untersuchung von Expositionen in Verkehrsmitteln (Pkw, Busse, Straßenbahnen, Eisenbahnen, Flugzeuge). Dabei sind Expo-

¹¹ GLP Gute Laborpraxis (gemäß §§ 19a, b, c und Anhang 1 (zu § 19a Abs.1) des Chemikalien-Gesetzes i.d.F. vom 20. Juni 2002)

sitionen innerhalb des Verkehrsmittels mit und ohne Repeater im Fahrzeug oder an der Strecke zu berücksichtigen.

In diesem Projekt soll ermittelt werden, unter welchen Bedingungen es zu erhöhten Expositionen kommen kann. Hierzu ist es erforderlich, die realen Expositionen in teilgeschirmten Räumen messtechnisch und rechentechnisch zu bestimmen und mit jenen Werten zu vergleichen, die unter gleichen Empfangsbedingungen im Freien ermittelt wurden.

2.2.8 Exposition durch körpernahe Sender im Rumpfbereich

Begründung zur Relevanz: Im Hinblick auf die Verwendung neuer Technologien (UMTS, WLAN) ist verstärkt mit der Platzierung der mobilen Sender im Bereich des Unterbauches (Gürteltasche) oder im Brustbereich (Hemdtasche) zu rechnen. Über die zu erwartenden spezifischen Absorptionsraten in den betreffenden Geweben liegen keine belastbaren Daten für eine Risikoabschätzung vor.

Forschungsfokus: In diesem Projekt soll die Exposition von oberflächennahen Organen (insbesondere Leber, Niere, Milz, Gonaden, Brust) durch körpernahe Sender ermittelt und bewertet werden. Dazu sind rechentechnisch die entsprechenden SAR-Werte für unterschiedliche Expositionsgeometrien, verschiedene Standard-Sender und Standard-Körperabmessungen (Kind, Mann, Frau) zu ermitteln. Als Frequenzbereich ist der Bereich 0,4 GHz – 10 GHz in den Frequenzbändern (TETRA, GSM, UMTS, WLAN) abzudecken. Die Validität des verwendeten Rechenverfahrens und der verwendeten frequenzabhängigen Gewebeleitfähigkeiten ist nachzuweisen.

Bereich: Risikokommunikation

Übergeordnetes Ziel dieses Schwerpunktes ist es, die Risikokommunikation so zu optimieren, dass die vermittelten Inhalte von einem möglichst großen Teil der Bevölkerung als Wissensgrundlage für Überlegungen und Diskussionen im Bereich der möglichen gesundheitlichen Auswirkungen durch HF-EMF herangezogen werden. Auf diese Weise soll das von der Risikokommission 2003 formulierte Ziel der Risikomündigkeit [12] gefördert werden.

2.2.9 Nutzeroptimierter Zugang zur FEMU-Datenbank

Begründung zur Relevanz: Das Vorhaben baut auf dem bereits geförderten Projekt „Wissensbasierte Literaturdatenbank über die Einwirkungen elektromagnetischer Felder auf den Organismus und auf Implantate“, welches das BfS betreut und das Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (FEMU) durchführt, auf.

Forschungsfokus: Ziel ist es, diese Datenbank so zu ergänzen, dass sie auch von qualifizierten Laien genutzt werden kann. Es ist zu explorieren, welche Nutzungsanforderungen eine solche Klientel an die Datenbank stellt und welche sonstigen Voraussetzungen zu schaffen sind, um eine Basis zur verbesserten Information der relevanten gesellschaftlichen Gruppen über die wissenschaftliche Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von HF-EMF zu schaffen.

2.2.10 Untersuchung der Möglichkeiten zur Minimierung der HF-Exposition der Bevölkerung durch regionale integrierte Netzplanung

Begründung zur Relevanz: Es wurde wiederholt die Annahme formuliert, dass durch eine integrierte Netzplanung unter Berücksichtigung der Bedürfnisse aller Netzbetreiber sowie der Kommunen eine Optimierung im Sinne einer vorsorglichen Reduzierung der Exposition der Bevölkerung durch hochfrequente elektromagnetische Felder zu erreichen ist.

Forschungsfokus: Die Möglichkeiten einer integrierten Netzplanung zur vorsorglichen Expositionsminderung sollen an einem realen Fallbeispiel untersucht werden. Vorgeschlagen wird die Durchführung eines Mediationsverfahrens zwischen Anlagenbetreibern, Standortkommune und gesellschaftlichen Gruppen. Solche Verfahren zielen auf Verhandlungslösungen unter Einschluss eines neutralen Dritten ab, der zwischen den verschiedenen Interessen der Konfliktparteien vermittelt.

Im Verfahren sollte zweistufig vorgegangen werden. In einer Vorphase ist die Mediationsfähigkeit des gewählten Fallbeispiels zu prüfen. Fällt diese Prüfung positiv aus, sollte die Mediation durchgeführt werden. Vom Auftragnehmer wird eine detaillierte Dokumentation der Verfahrensschritte erwartet sowie eine abschließende Bewertung, unter welchen Randbedingungen eine Mediation zur integrierten Netzplanung erfolgreich sein kann. Diese Bewertungen sollten in eine Handlungsanleitung münden.

Vor der Vergabe des Projektes ist eine Abstimmung mit den Projekten des BMWA vorzunehmen.

Bereich: Elektrosensibilität

2.2.11 Untersuchungen elektrosensibler Personen im Hinblick auf Begleitfaktoren bzw. -erkrankungen, wie z.B. Allergien und erhöhte Belastung mit bzw. Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien

Begründung zur Relevanz: Die Frage, ob sich die Gruppe Elektrosensibler hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern signifikant von der Allgemeinbevölkerung unterscheidet und ob elektrosensible Reaktionen durch Begleitumstände, wie z.B. Allergien oder Kofaktoren wie erhöhte Belastung bzw. Empfindlichkeit gegenüber Chemikalien, insbesondere gegenüber Schwermetallen, begünstigt werden, ist trotz des öffentlichen und politischen Interesses aufgrund zu geringen Datenmaterials nicht schlüssig zu beantworten. Im Einklang mit den Forschungsempfehlungen der WHO soll die Untersuchung daher einen wichtigen Beitrag zur Abklärung liefern.

Forschungsfokus: In dem Forschungsvorhaben soll anhand objektiver medizinischer Tests geklärt werden, ob dieser Zusammenhang tatsächlich besteht und wie er sich gegebenenfalls auf Art und Stärke der gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Betroffenen auswirkt. Um verlässliche Daten zu erhalten, muss eine ausreichende Anzahl von Probanden, die vorher zu ermitteln ist, untersucht werden.

2.3 Untersuchungen der Priorität III

Bereich: Epidemiologie

2.3.1 Prospektive Kohortenstudie unter Handynutzern

Begründung zur Relevanz: Eine prospektive Kohortenstudie ist von der Methodik her die belastbarste epidemiologische Studie. Das Design beruht auf einer englisch-schwedischen Machbarkeitsstudie. Finanziert werden soll nur eine deutsche Teilstudie, die Finanzierung der kooperierenden englischen und schwedischen Studie wird von den entsprechenden Ländern übernommen. Bei einer Kohortenstudie können noch später erkennbar gewordene Auswirkungen der HF-Felder integriert werden. Die Expositionsdaten sollen aus den Daten der Netzbetreiber abgeschätzt werden. Die Breite erfassbarer Erkrankungen und die Dauer der Studie begründen die besondere wissenschaftliche Relevanz dieses Ansatzes. Obwohl die WHO dieses Projekt mit einer sehr hohen Priorität versehen hat, ist es hier der Priorität III zugeordnet, da das Projekt im Rahmen des Sonderforschungsprogramms, d.h. bis 2005, nicht abgeschlossen sein kann.

Forschungsfokus: Es soll die Frage beantwortet werden, ob die intensive Handynutzung zu einem Anstieg des Risikos führt, verschiedene Tumorerkrankungen und neurodegenerative Erkrankungen zu erleiden oder daran zu versterben.

Bereich: Risikokommunikation

2.3.2 Entwicklung effizienter Strategien/Werkzeuge zur Information von Zielgruppen

Begründung zur Relevanz: Die Erfahrungen bei Diskussionen im Bereich der möglichen gesundheitlichen Auswirkungen durch hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) haben gezeigt, wie wichtig eine Verbesserung der Information der relevanten gesellschaftlichen Gruppen ist. Es bestehen jedoch erhebliche Defizite in der Entwicklung von Kommunikationsformen, um die fachliche Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes sowie die Vorsorgeüberlegungen der SSK im Bereich der HF-EMF der Mobilfunktechnologie aktiv an die Bevölkerung heranzutragen und verständlich darzustellen.

Forschungsfokus: Ausgehend von Fallstudien und der Aufarbeitung von Erfahrungen mit Risikokommunikation in anderen Bereichen (Arzt-Patient-Kommunikation, Chemie, ionisierende Strahlung, Biotechnologie usw.) sollen Prinzipien der Risikokommunikation für den Bereich EMF abgeleitet werden. Dabei wird es darauf ankommen, die Besonderheiten der Kommunikation undeutlicher Risiken zu beachten und Prinzipien für eine transparente und nachvollziehbare „Hazard“-Charakterisierung zu ermitteln, die die fachliche Grundlage der EMF-Kommunikation ist. Weiterhin sollte untersucht werden, welche nicht-wissenschaftlichen Argumente die öffentliche Diskussion um EMF beeinflussen (z.B. Analogien zu anderen Risiko-Ereignissen, Vertrauensfragen) und wie diese in einer dialogisch aufgebauten Kommunikation adressiert werden können.

Dabei ist es erforderlich, auf der Basis empirischer Daten verschiedene Zielgruppen zu identifizieren und deren unterschiedliche Charakteristika in der Risikokommunikation sowie bei der Wahl der Kommunikationsmedien zu berücksichtigen.

Die Arbeiten sollten in praktikable Verbesserungsvorschläge und Anleitungen zur Risikokommunikation münden.

Literatur

- [1] Strahlenschutzkommission: Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Empfehlung der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung, Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 29, Urban & Fischer, München, Jena 2001
- [2] Strahlenschutzkommission: Weiterentwicklung der Forschung zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 178. Sitzung am 11./12. April 2002. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 50, Urban & Fischer, München, Jena 2003
- [3] Bundesamt für Strahlenschutz, Fachgespräch Forschungsprojekte zur Wirkung elektromagnetischer Felder des Mobilfunks, 21. und 22. Juni 2001, BfS-Schriften 25/2002
- [4] Salford L.G. et al.: Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environ. Health Persp.* 111 (7): 881-3, 2003
- [5] Schirmacher, A.; Winters, S.; Fischer, S.; Goeke, J.; Galla, H.J.; Kullnick, U.; Ringelstein, E.B.; Stögbauer, F.: Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro. *Bioelectromagnetics* 21, 338-345 (2000)
- [6] Stang, A.; Anastassiou, G.; Ahrens, W.; Bromen, K.; Bornfeld, N.; Jöckel, KH.: The possible role of radiofrequency radiation in the development of uveal melanoma. *Epidemiology* 12: 7-12 (2001)
- [7] Stewart, W.: Mobile Phones and Health. Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP), 28 April 2000
- [8] Adair, Robert K.: Biophysical Limits on Athermal Effects of RF and Microwave Radiation, *Bioelectromagnetics* 24: 39-48 (2003)
- [9] Michelozzi, P., Capon, A., Kirchmayer, U., et al.: Adult and childhood leukemia near a high-power radio station in Rome, Italy. *Am J Epidemiol* 155: 1096-103 (2002)
- [10] Dolk, H., Elliott, P., Shaddick, G., et al.: Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. All high power transmitters. *Am J Epidemiol*; 145: 10-7 (1997)
- [11] Hocking, B., Gordon, J.R., Grain, H.L., et al.: Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. *Med J Aust* 165: 601-5 (1996)
- [12] Risikokommission: Ad hoc Kommission "Neuordnung der Verfahren und Strukturen zur Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland", Abschlussbericht der Risikokommission, Juni 2003

Anhang

Bundesamt für Strahlenschutz AG-NIR

8. April 2003

FORSCHUNGSBEDARF IM SONDERFORSCHUNGSPROGRAMM „MOBILFUNK“

Die vorliegenden Projektvorschläge identifizieren Wissenslücken und sind daher als mittelfristige Aufgabenplanung anzusehen. Die Projekte bauen auf dem bestehenden UFOPLAN auf und berücksichtigen sowohl laufende Projekte nationaler Forschungsprogramme als auch aktuelle Forschungsergebnisse.

Der Gesamtplanungsumfang des Forschungsprogramms beträgt ohne Berücksichtigung von Overhead-Kosten insgesamt 17.000.000,- Euro

Bereich BIOLOGISCHE WIRKUNGEN

Kurz- und mittelfristige Effekte durch GSM- und UMTS-Signale auf das EEG, die kognitive Leistungsfähigkeit und den regionalen cerebralen Blutfluss

Im täglichen Leben treten für die meisten Menschen die relativ stärksten HF-Feldintensitäten im Kopfbereich bei der Handynutzung auf. Es existieren Hinweise, dass die intellektuelle Informationsverarbeitung unter Mobilfunkexposition, d.h. bei Feldintensitäten *unterhalb* der geltenden Grenzwerte, verändert ist. Die Schwerpunkte des Projekts liegen daher neben dem Wach- und Schlaf-EEG v.a. bei verschiedenen Kognitionstests. In einer Ergänzungsstudie sollte der regionale cerebrale Blutfluss von normalen und elektrosensiblen Probanden mittels Positronen-Emissions-Tomographie untersucht werden. Das interdisziplinär angelegte Projekt ist zeit- und kostenintensiv und erfordert die Kooperation mehrerer Fachrichtungen.

Hintergrund, Datenlage aus Veröffentlichungen: Die neue Studie von Huber et al. (*J. Sleep Res.* 11,289-295, 2002) bestätigt ältere Studien, bei denen pulsmodulierte Mobilfunksignale das Schlaf- (Borbely et al. 1999; Huber et al. 2000) und Wach-EEG veränderten. Auch der cerebrale Blutfluss war ipsilateral bei GSM-Befeldung (1 W/kg), nicht jedoch bei kontinuierlichen HF-Befeldung (1 W/kg) erhöht. Eine Verifikation der Daten steht noch aus und ist für die Risikobewertung unerlässlich.

Einfluss der Mobilfunkfelder auf die Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke von Labornagern (*in vivo* und *in vitro*)

Es ist bekannt, dass sich die Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke bei hohen Feldintensitäten aufgrund thermischer Wirkungen erhöht. Ob Mobilfunkfelder mit niedrigen Intensitäten, wie sie im Alltag beim Telefonieren auftreten, über einen noch nicht bekannten athermischen Mechanismus ebenfalls die Permeabilität erhöhen, ist zu klären. Im BfS-Fachgespräch vom Juni 2001 wurde vorgeschlagen, die zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen an einem gut reproduzierbaren *in vitro*-Modell zu untersuchen. Ziel ist es, Moleküle zu identifizieren, die an der möglichen Veränderung der Permeabilität unter HF-Befeldung beteiligt sind und diese als biologische Marker in *in vivo*-Experimenten einzusetzen.

Hintergrund, Datenlage aus Veröffentlichungen: In vivo Studien zur mobilfunk-bedingten Permeabilitätserhöhung der Blut-Hirn-Schranke bieten kein einheitliches Bild. Ältere und eine neue Studie von Salford et al. berichten über eine Erhöhung bei z.T. sehr niedrigen Feldintensitäten. Andere Forschungsgruppen fanden Effekte erst bei Feldstärken, bei denen eine Erwärmung des Gehirns ursächlich sein könnte. Es besteht akuter Forschungsbedarf, da Permeabilitätsänderungen als Ursache für langfristige, z.B. neurodegenerative Effekte zur Diskussion stehen.

Einfluss von GSM und UMTS-Signalen auf isoliertes menschliches Blut

Ein standardisiertes Expositionsprotokoll sollte für eine Reihe von Endpunkten zur Anwendung kommen:

1. Genotoxizität

Elektromagnetische Felder besitzen nicht die Energie, DNA-Strangbrüche zu erzeugen. Ein indirekter Effekt auf z.B. die komplexen DNA-Reparaturmechanismen ist prinzipiell jedoch nicht ausgeschlossen. Obwohl eine Vielzahl an Studien bereits vorliegt, ergibt sich bedingt durch die verschiedenen Versuchsdesigns (unterschiedliche Targetzellen, Expositionsbedingungen, Auswahl der Assays), bzw. durch die statistisch unzureichende Zellzahl kein konsistentes Bild. Eine BfS-Beteiligung an der geplanten internationalen Studie ist daher sinnvoll. Eine kleine Ergänzungsstudie zu „Veränderungen der Dann-Reparaturmechanismen unter HF-Befeldung“ mit Hilfe des COMET-Assays ist auch als Eigenforschung möglich.

Hintergrund, Datenlage aus Veröffentlichungen: Die Studie ist notwendig, da z.B. auch der Forschungsverbund *Reflex* (5. EU-Rahmenprogramm) in seinen Zwischenberichten von neuen Hinweisen spricht. Derzeit erarbeitet COST 281 ein Versuchsprotokoll, das für eine Metastudie (derzeit aus 7 Arbeitsgruppen bestehend) über mögliche HF-bedingte, genotoxische Effekte als Standard dienen soll.

2. Differentielle Genexpression

Das von COST 281 standardisierte Versuchsprotokoll sollte bezüglich der Expositionsbedingungen auch für andere Endpunkte herangezogen werden. V.a. die Suche nach HF-bedingten Veränderungen der Genexpression ist ein vielversprechender Weg. Bisher sind entsprechende Studien an verschiedenen Zelllinien durchgeführt worden und die Übertragbarkeit möglicher Ergebnisse auf den Gesamtorganismus muss im Einzelfall überprüft werden. Isoliertes Blut zu befelden, evtl. auch von Elektrosensiblen, kommt den in vivo Bedingungen wesentlich näher. Weitere Vorteile eines derartigen Versuchdesigns liegen in der Berücksichtigung der individuellen Schwankungsbreite (Spender ist auch seine eigene Kontrolle) und in der Tatsache, dass verschiedene Endpunkte von Fachspezialisten bearbeitet werden können, die für NIR-Projekte sonst schwer erreichbar sind.

Schwerpunkte, die sich u.a. aus ersten Ergebnissen an Zellkulturen abgezeichnet haben: Stressproteine (Heat shock-Proteine), Signaltransduktionselemente, Zellzyklusregulierende Proteine, Kinasen und Phosphatasen, Kalziumbindende Proteine, Redox-Status, Immunparameter, ev. Synergismen: UV-EMF.

Untersuchung elektrosensibler Personen im Hinblick auf Begleitfaktoren bzw. -erkrankungen, wie z.B. Allergien und erhöhte Belastung mit bzw. Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien

In einer repräsentativen Umfrage im Auftrag des BfS gaben knapp 6 % der Bevölkerung an, sich durch Mobilfunksendeanlagen in ihrer Gesundheit beeinträchtigt zu fühlen. Ein Teil dieser Personen bezeichnet sich selbst als elektrosensibel, d.h. als besonders empfindlich gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Ein großer Teil dieser Personen gibt an, zusätzlich mit anderen Faktoren bzw. Erkrankungen belastet zu sein. Die wichtigsten dieser Faktoren bzw. Erkrankungen sind Allergien und eine besonders hohe Belastung mit bzw. eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien. Die Frage, ob diese Begleitfaktoren tatsächlich bedeutsam sind für das Auftreten von Elektrosensibilität, ist in den bisherigen Studien zu dieser Thematik kaum berücksichtigt worden, sie ist aber für die betroffenen Personen von hoher Bedeutung.

In dem Forschungsvorhaben soll anhand objektiver medizinischer Test geklärt werden, ob dieser Zusammenhang tatsächlich besteht, und wie er sich gegebenenfalls auf Art und Stärke der gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Betroffenen auswirkt.

Machbarkeitsstudie zur Untersuchung biophysikalischer Parameter, die für die biologische Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder relevant sind, in Abhängigkeit vom Alter

Im sog. Stewart-Report aus dem Jahr 2000 wurde eine mögliche höhere Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf die biologische Wirkung hochfrequenter Felder postuliert. Bisher liegen hierzu nur sehr wenige Erkenntnisse vor. Diese Machbarkeitsstudie soll zeigen, ob es möglich ist, einen Nachweis für diese Hypothese zu führen. Aufbauend auf einer Literaturstudie sollen die relevanten Parameter (z.B. Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante, Gewebefeuchte, Knochendichte, SAR-Verteilung, Reparaturverhalten, Synapsenbildung, ...) bestimmt werden. Verläuft diese Studie positiv, soll ein Projekt zur Untersuchung der möglichen altersbedingten Empfindlichkeit gegenüber HF-Feldern folgen.

Untersuchung der altersabhängigen Empfindlichkeit gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Dieses Projekt soll durchgeführt werden, wenn das Ergebnis der vorausgehenden Machbarkeitsstudie dieses Vorhaben als erfolversprechend einstuft. Um die denkbare, alterabhängige Empfindlichkeit gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern aufzuzeigen, sind Untersuchungen an geeigneten Versuchstieren durchzuführen. Darüber hinaus sind geeignete, nicht-invasive Untersuchungen zur Altersabhängigkeit an Probanden (Kinder, Jugendliche, Erwachsene und Alte) zu entwickeln und durchzuführen.

Langzeitstudie an Labornagern mit UMTS-Signalen

Derzeit laufen mehrere Langzeitstudien an Labornagern (3 Rattengenerationen) um eventuelle chronische Wirkungen von GSM-Feldern zu erfassen. Ergebnisse dieser Studien sind innerhalb des 5. EU-Rahmenprogramms (Forschungsverbund PERFORM A) im kommenden Jahr zu erwarten. Je nach Ergebnis ist eine Folgestudie mit UMTS-Signalen anzustreben.

Bereich EPIDEMIOLOGIE

Fall-Kontroll-Studie zur Erhöhung des Uvealmelanomrisikos bei beruflicher Exposition durch Funkgeräte und Mobiltelefone

In einer krankenhauses- und populationsbasierten Fall-Kontroll-Studie von Stang et al. (2001) zeigte sich (1) ein dreifach signifikant erhöhtes Uvealmelanomrisiko bei beruflicher Exposition durch Funkgeräte und Mobiltelefone, und (2) ein signifikant erhöhtes Risiko bei Exposition durch Mobiltelefone in der krankenhausesbasierten Fall-Kontroll-Studie, nicht aber in der bevölkerungsbezogenen Studie. Die Aussagekraft dieser Studie war durch die geringe Fallzahl limitiert. Ebenso waren mögliche Confounder (Störgrößen) wie UV-Exposition nicht berücksichtigt und die Dosimetrie mangelhaft.

Diese Studienergebnisse sollen nun in einer neuen Fall-Kontroll-Studie mit einem größeren Stichprobenumfang (380 Fällen und 760 Augenarztkontrollen) in einem krankenhausesbasierten Ansatz repliziert werden. UV-Exposition wird nun erfragt.

Ergänzungsstudie zu Probanden der Querschnittsstudie

Es ist denkbar, dass nach der Auswertung der Pilotphase (März 2004) der ab Juli 2003 laufenden Querschnittsstudie eine zusätzliche Erfassung bestimmter Parameter (z.B. Stresshormone, Innenraumschadstoffe, cytogenetische Untersuchungen,...) oder eine nähere Charakterisierung einzelner Untergruppen (z.B. mittels Personendosimeter) sinnvoll erscheint.

Bereich DOSIMETRIE

Bestimmung von realen Feldverteilungen und tatsächlichen Expositionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder

1. Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von Wireless LAN-Einrichtungen (WLAN) in innerstädtischen Gebieten

WLAN wird häufig als innerstädtische Alternative zu GSM- und UMTS-Netzen angesehen. Zur Zeit befinden sich entsprechend sog. "City-LANs" (z.B. in Hamburg) im Aufbau. Im Rahmen dieses Teilprojektes soll die reale Feldverteilung im Umfeld von WLAN-Sendeantennen erfasst werden, um ein Bild über die realen Expositionssituation zu bekommen, die sich aus diesen Sendern für die Bevölkerung ergibt.

2. Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen

Hintergrund dieses Teilprojektes ist der Aufbau des UMTS-Netzes im Jahr 2002 und den Folgejahren. Dieses Teilprojekt ist als Ergänzung zum bereits laufenden Projekt StSch 4375 zu sehen, in dem Verfahren zur Messung und Berechnung elektromagnetischer Felder in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen entwickelt werden.

3. Bestimmung der realen Exposition bei Handynutzung in teilgeschirmten Räumen im Vergleich zur Exposition unter günstigen Bedingungen im Freien

Die Hypothese, dass die drahtlose Telekommunikation in teilgeschirmten Räumen (z.B. Handynutzung in Kraftfahrzeugen, der Bahn oder in bestimmten Innenräumen) zu erhöhten Expositionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder führt, soll im Rahmen dieses Teilprojektes überprüft werden. Hierzu ist es erforderlich, die realen Expositionen in teilgeschirmten Räumen zu bestimmen und mit jenen Werten zu vergleichen, die unter günstigen Empfangsbedingungen im Freien gemessen werden.

4. Erhebung und Auswertung von tatsächlichen, personenbezogenen HF-Expositionsdaten in einer repräsentativen Bevölkerungsgruppe

Mit Hilfe von Personendosimetern für hochfrequente elektromagnetische Felder sollen individuelle Expositionen einer repräsentativen Bevölkerungsgruppe erfasst werden. Die gewonnenen Daten sollen einem Expositionsvergleich in Bezug auf verschiedene Expositionssituationen dienen. Solche Expositionssituationen ergeben sich beispielsweise aus dem individuellen Verhalten der zu untersuchenden Personen (z.B. Personen, die häufig mobil telefonieren vs. Personen, die wenig mobil telefonieren), aus der regionalen Verteilung der Expositionsquellen (z.B. ländliche vs. städtische Gebiete) usw. Voraussetzung für dieses Teilprojekt ist die Beschaffung von zur Zeit im Rahmen eines vom Freistaat Bayern geförderten Projekts zur Entwicklung von HF-Personendosimetern.

Untersuchung der Möglichkeiten zur Minimierung der HF-Exposition der Bevölkerung durch regionale integrierte Netzplanung

Es wurde wiederholt die Hypothese formuliert, dass durch eine integrierte Netzplanung unter Berücksichtigung der Bedürfnisse aller Netzbetreiber eine Optimierung im Sinne einer vorsorglichen Reduzierung der Exposition der Bevölkerung durch hochfrequente elektromagnetische Felder zu erreichen ist. Diese Fragestellung soll deshalb an einem realen Fallbeispiel untersucht werden. Im Rahmen dieses Vorhaben wäre eine Kooperation der Netzbetreiber wünschenswert.

Untersuchungen zu der Fragestellung, ob makroskopische dielektrische Gewebeeigenschaften auch auf Zellebene bzw. im subzellulären Bereich uneingeschränkte Gültigkeit besitzen

Dielektrische Eigenschaften von biologischen Geweben wie etwa die elektrische Leitfähigkeit oder die Dielektrizitätskonstante sind makroskopische Größen. Im Rahmen dieses Projektes soll geprüft werden, ob diese Eigenschaften beim Übergang in zelluläre oder gar subzelluläre Dimensionen weiterhin ihre Gültigkeit besitzen. Sollte sich herausstellen, dass im mikroskopischen Bereich andere Gesetzmäßigkeiten vorliegen, sind aus dieser Erkenntnis Konsequenzen für Zellen im Hinblick auf die Einwirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder abzuleiten.

Bereich RISIKOKOMMUNIKATION

„Risikokommunikation: Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Kommunikation von Grundlagen und Zielen des Strahlenschutzes im Bereich hochfrequenter elektromagnetischer Felder“

Übergeordnetes Ziel des Projekts ist es, die Risikokommunikation durch das BfS so zu optimieren, dass die vermittelten Inhalte von einem möglichst großen Teil der Bevölkerung als Wissensgrundlage für Überlegungen und Diskussionen im Bereich der möglichen gesundheitlichen Auswirkungen durch HF-EMF herangezogen werden.

Diesbezüglich ist bereits das Vorhaben „Wissensbasierte Literaturdatenbank über die Einwirkungen elektromagnetischer Felder auf den Organismus und auf Implantate“, welches das BfS betreut und das „Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit“ (FEMU) durchführt, eine wesentliche Voraussetzung, um eine Basis zur verbesserten Information der relevanten gesellschaftlichen Gruppen zu schaffen, die mit dieser Fragestellung befasst sind. Darüber hinaus sollen nun in verschiedenen Teilschritten Kommunikationsformen eruiert werden, um die fachliche Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes sowie die Vorsorgeempfehlungen des BfS im Bereich der hochfrequenten elektromagnetischen Felder der Mobilfunktechnologie aktiv an die allgemeine Bevölkerung heranzutragen und für eine breite Öffentlichkeit verständlich darzustellen. Dabei ist es erforderlich, verschiedene Zielgruppen zu identifizieren und deren unterschiedliche Charakteristika in der Risikokommunikation sowie bei der Wahl der Kommunikationsmedien zu berücksichtigen.