

## **VI NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG**

### ***(NON-IONISING RADIATION)***

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

## 1. Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder - Forschung und aktuelle Themen (*Electric, magnetic and electromagnetic fields - research and current topics*)

### 1.1 Niederfrequente elektrische und magnetische Felder (*Low-frequency electric and magnetic fields*)

Auf Grund der konsistenten Ergebnisse epidemiologischer Studien wird in der Fachwelt eine Krebs begünstigende Wirkung niederfrequenter Magnetfelder z. B. für kindliche Leukämie bei zeitlich gemittelten magnetischen Flussdichten über etwa 0,4  $\mu\text{T}$  diskutiert. Die SSK hat ein erhöhtes Risiko für Leukämieerkrankungen bei Kindern, die längere Zeit einer nächtlichen Exposition von 0,4  $\mu\text{T}$  magnetischer Flussdichte und darüber ausgesetzt sind, als Verdacht für eine mögliche gesundheitliche Beeinträchtigung eingestuft. Von der IARC (International Agency for Research on Cancer) werden niederfrequente Magnetfelder als „möglicherweise kanzerogen“ eingestuft, ebenso wie z. B. Koffein oder Autoabgase. Da für niedrige Intensitäten niederfrequenter Magnetfelder nach wie vor kein Wirkungsmechanismus bekannt ist, empfiehlt die SSK, die geltenden Grenzwerte beizubehalten.

In der wissenschaftlichen Literatur wird über einen Einfluss niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder auf die wachstumshemmende Wirkung von Melatonin und bestimmten Krebsmedikamenten auf Brustkrebszellen berichtet. Die wachstumshemmende Wirkung wurde dabei abgeschwächt. Ein Forschungsprojekt, das im Rahmen des UFOPLANs von 1999 bis 2004 durchgeführt wurde, bestätigte diese Ergebnisse, die zunächst nur einen biologischen Effekt an einigen Brustkrebszelllinien beschreiben. Ein Wirkungsmechanismus hierzu ist unbekannt.

Um die gesundheitliche Relevanz für den Menschen beurteilen zu können, wird im Rahmen des UFOPLANs ein Folgevorhaben mit dem Titel "Untersuchung des Wirkungsmechanismus für die Veränderung des Wachstums von Brustkrebszellen unter dem Einfluss von Onkostatika und niederfrequenten Magnetfeldern" durchgeführt. Es werden Veränderungen der Genexpression und der Signaltransduktion von Steroidhormonrezeptoren untersucht. Ferner soll geklärt werden, bei welchen Zelllinien die Effekte auftreten und ob die Wirkung anderer Brustkrebsmedikamente ebenfalls beeinträchtigt wird. An der Zelllinie MCF-7 konnte gezeigt werden, dass nach Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern bei einer magnetischen Flussdichte von 1,2  $\mu\text{T}$  die Expression vieler Gene gegenüber den nicht-exponierten Kontrollen verändert ist. Da die Bestimmung der Genexpression mit Hilfe so genannter Mikroarrays nur einen Überblick über die unterschiedlich exprimierten Gene liefert, wurden die interessantesten und für die Krebsentstehung (Kanzergenese) und Signaltransduktion bedeutsamsten Gene mit weiteren Methoden näher untersucht. Es ergaben sich erneut einige signifikante Veränderungen. Bei der Überprüfung der Ergebnisse, die mit Hilfe der Mikroarrays anhand anderer Methoden erzielt wurden, zeigten sich Veränderungen, die im Zusammenwirken das veränderte Wachstumsverhalten der Brustkrebszellen unter dem Einfluss von Tamoxifen (Krebsmedikament) und niederfrequenten Magnetfeldern zumindest teilweise erklären können. Der in dem Vorläufervorhaben beobachtete Effekt, dass eine Flussdichte von 1,2  $\mu\text{T}$  eine stärkere Wirkung auf die wachstumshemmende Wirkung des Tamoxifen (Krebsmedikament) hat als eine Flussdichte von 100  $\mu\text{T}$  konnte bei den Untersuchungen der Genexpression bestätigt werden. Die Wirkung anderer Brustkrebsmedikamente, die einen anderen Wirkmechanismus aufweisen als Tamoxifen, wurde durch niederfrequente Magnetfelder kaum oder gar nicht beeinflusst.

Im Jahr 2007 wurde zum Thema Wirkmechanismen niederfrequenter Magnetfelder eine weitere Studie begonnen mit dem Titel: "Untersuchungen zu den Mechanismen für die biologischen Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder auf das genetische Material und die Signaltransduktion". Ziel dieses Vorhabens ist die weitere Aufklärung des Mechanismus für die biologischen Wirkungen von NF-MF im Bereich niedriger magnetischer Flussdichten. Neben der direkten Wirkung auf das genetische Material (Veränderungen der Genexpression und Genotoxizität) sollen auch andere Effekte untersucht werden, die für das Krebsgeschehen relevant sind, z. B. auf daran beteiligte Proteine, die Zellproliferation, die Signaltransduktion und die Apoptose.

Bei einem Vorhaben zum Thema "Elektrosensibilität", das im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms durchgeführt wurde (siehe Kapitel "Hochfrequente elektromagnetische Felder"), konnten die Ergebnisse einer Vorläuferstudie an einer größeren Gruppe von Personen im Wesentlichen bestätigt werden.

Es zeigte sich, dass die zahlreichen Beschwerden, die von den Betroffenen auf elektrische und magnetische Felder zurückgeführt werden, in der Bevölkerung weit verbreitet sind. Es ergaben sich aber keine Hinweise auf eine spezifische Häufung von Symptomen bei einer bestimmten Gruppe von Personen, womit möglicherweise die Existenz einer Gruppe von "elektrosensiblen" Personen mit spezifischem Beschwerdenprofil angezeigt gewesen wäre. Mit Hilfe der "transkraniellen Magnetstimulation" wurden die objektive motorische Schwelle und die möglicherweise vorhandene Fähigkeit elektrosensibler Personen und Kontrollpersonen gemessen, subjektiv zwischen einem tatsächlichen und einem simulierten Magnetimpuls zu unterscheiden (Doppel-Blind-Design). Dabei zeigte sich, dass die objektiven motorischen Schwellen der Elektrosensiblen nicht verschieden waren von denen der Kontrollpersonen. Andererseits konnte eine klar verminderte Fähigkeit der subjektiv elektrosensiblen Personen festgestellt werden, zwischen einem simulierten und einem tatsächlichen Magnetimpuls zu unterscheiden. Da die Altersverteilung der Probanden in dieser Studie gegenüber der Machbarkeitsstudie wesentlich breiter war, konnten auch Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen aufgezeigt werden. Der Abschlussbericht und eine kurze Bewertung aus der Sicht des BfS sind auf der Website des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms unter [http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie\\_abges/bio\\_015.html](http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/biologie/biologie_abges/bio_015.html) veröffentlicht.

Die Ergebnisse dieses Vorhabens werden im Zusammenhang mit weiteren Studienergebnissen zu diesem Thema aus dem Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms diskutiert und bewertet, wobei auch die Ergebnisse der internationalen Untersuchungen zum Thema "Elektrosensibilität" berücksichtigt werden.

## 1.2 Hochfrequente elektromagnetische Felder (*High-frequency electromagnetic fields*)

Die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder vor allem des Mobilfunks waren auch im Jahr 2007 Gegenstand kontroverser öffentlicher und wissenschaftlicher Diskussionen. Grundlage der wissenschaftlichen Diskussion sind Hinweise auf mögliche biologische Wirkungen bei Intensitäten unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte ([www.bfs.de/elektro/hff/grenzwerte.html](http://www.bfs.de/elektro/hff/grenzwerte.html)). Aus diesen Hinweisen lässt sich kein gesundheitliches Risiko für die Bevölkerung ableiten. Sie sind jedoch Grund genug, entsprechende Vorsorge walten zu lassen. Zu diesen Vorsorgemaßnahmen gehört auch die Intensivierung und Koordinierung der Forschung. Das BfS koordiniert im Auftrag des BMU nationale Forschungsvorhaben, um den Hinweisen auf mögliche biologische Effekte von Mobilfunkfeldern nachzugehen.

### Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF)

Um die Risikobewertung bezüglich möglicher „Wirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks“ auf einer soliden Datenbasis leisten zu können, hat das BMU das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) initiiert, das im Rahmen des Umwelt-Forschungsplans durch das BfS umgesetzt und fachlich betreut wird. Hierfür stehen für den Zeitraum von 2002 bis 2008 insgesamt 17 Mio. Euro zur Verfügung, die vom BMU und den Mobilfunknetzbetreibern anteilig übernommen werden.

Gestützt auf mehrere öffentliche Fachgespräche unter Beteiligung der deutschen Strahlenschutzkommission und Vertretern aus Wissenschaft, Politik, Umwelt- und Verbraucherverbänden sowie der Öffentlichkeit im Rahmen einer öffentlichen Konsultation über das Internet ([www.emf-forschungsprogramm.de/oeffentlichkeit](http://www.emf-forschungsprogramm.de/oeffentlichkeit)) wurde das Gesamtprogramm mit Priorisierung der Forschungsvorschläge festgelegt.

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm beinhaltet insgesamt 54 Forschungsprojekte, wovon 22 Projekte dem Bereich Biologie, 15 Projekte dem Bereich Dosimetrie, 10 Projekte dem Bereich Epidemiologie und 7 Projekte dem Bereich Risikokommunikation zugeordnet sind. 2006 wurden die Finanzmittel vollständig festgelegt. Es ist sichergestellt, dass im Rahmen des DMF die zugesagten Mittel von insgesamt 17 Mio. Euro vollständig ausgeschöpft werden. Eine Übersicht über die Vorhaben befindet sich in Tabelle 1.2-1.

**Tabelle 1.2-1      Forschungsvorhaben zum Mobilfunk**

| <b>Biologie</b>   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie<br/><i>A. Demodulation / Kommunikation</i><br/>Es wird die elektrische Feldverteilung an und in der Zellmembran unter dem Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder berechnet und experimentell überprüft. An neuronalen Netzwerken wird die Aktivität der einzelnen Nervenzellen und die Signalübertragung zwischen den Nervenzellen untersucht.</li> <li>• Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie<br/><i>B. Pinealdrüse</i><br/>In der Hirnanhangsdrüse wird u. a. das Hormon Melatonin gebildet. Es soll geklärt werden, ob die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks die Hirnanhangsdrüse in ihrer Funktion beeinflussen.</li> <li>• Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie<br/><i>C. Funktionen</i><br/>An Immunzellen wird der Einfluss eines GSM-Mobilfunksignals auf zelltypspezifische Funktionen wie die Phagozytoseaktivität, die Produktion freier Radikale (Superoxide und Stickoxide) und die Bildung von Interleukinen sowie mögliche Einflüsse auf das Proteinmuster der Zellen untersucht.</li> <li>• Beeinflussung der spontanen Leukämierate bei AKR/J-Mäusen durch nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder<br/>Mäuse eines für die Entstehung einer bestimmten Form des Blutkrebses (lymphoblastische Lymphome) empfindlichen Zuchtstammes werden lebenslang elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks ausgesetzt. Es werden die Überlebensrate und das Körpergewicht dokumentiert, Blutwerte analysiert, und relevante Organe auf das Auftreten von Tumormarkern (Tumorkennzeichen) untersucht.</li> </ul> |

- In-vivo-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation
  - A. Langzeituntersuchungen*  
Hier werden über drei Generationen hinweg Labornager Mobilfunkfeldern ausgesetzt. Der Gesundheitszustand der Tiere, die Körperentwicklung, die Vermehrungsfähigkeit und vor allem mögliche Auswirkungen auf Lernleistung und Gedächtnis werden untersucht.
- In-vivo-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation
  - B. Kanzerogenese*  
Hier wird untersucht, ob die Felder der UMTS-Mobilfunktechnologie bei dauerhafter Befeldung die Leukämierate oder die Bildung solider Tumore in einem Leukämie-Tiermodell, den AKR-Mäusen, beeinflussen.
- In-vitro-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation
  - C. Blut-Hirn-Schranke*  
Ziel des Forschungsvorhabens ist die Untersuchung der Frage, ob und wie Zellen der Blut-Hirn-Schranke durch hochfrequente Felder der Mobilfunktechnologie beeinflusst werden.
- Einfluss der Mobilfunkfelder auf die Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke von Labornagern (in vivo)  
Aufgabe dieses Vorhabens ist es, den Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke im Tiermodell Ratte zu bestimmen. Es wird untersucht, ob Schäden – ggf. auch zeitverzögert – auftreten, ob sich eine eventuell erhöhte Durchlässigkeit wieder rückbildet, und ob etwaige Veränderungen als Hinweis für eine Gesundheitsschädigung gewertet werden können.
- Untersuchung möglicher genotoxischer Effekte von GSM-Signalen auf isoliertes menschliches Blut  
In der geplanten Studie über mögliche HF-bedingte, genotoxische Effekte werden DNA-Strangbrüche, chromosomale Veränderungen, Mikrokerne und Schwesterchromatidaustausche untersucht. Dazu wird Blut von mehreren Spendern (Erwachsene und Kinder) mit Mobilfunksignalen befeldet und nach einem einheitlichen Protokoll in drei Labors, die nicht die Befeldung durchgeführt haben, parallel analysiert.
- Einfluss von GSM Signalen auf isoliertes menschliches Blut
  - B. Differenzielle Genexpression*  
Ziel des Projekts ist die Untersuchung der Frage, ob Felder des Mobilfunks das Proteinmuster in Blutzellen (z. B. die Bildung von Stressproteinen) beeinflussen. Analog zum Projekt Genotoxizität werden Blutzellen (Lymphozyten) erwachsener und jugendlicher Spender befeldet und analysiert.
- Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Sinnesorgane
  - A. Das Hörsystem*  
Ziel des Vorhabens ist es, mögliche Effekte von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf das Hörsystem zu beschreiben und deren Wirkungsmechanismen zu untersuchen, um die gesundheitliche Relevanz beurteilen zu können.
- Möglicher Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung des Mobilfunks auf das Auslösen und den Verlauf von Phantomgeräuschen (Tinnitus)  
Als Ergänzung zu dem Projekt „Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Sinnesorgane. A. Das Hörsystem“ soll hier untersucht werden, ob und ab welcher Intensität hochfrequente elektromagnetische Felder des Mobilfunks Tinnitus auslösen könnten.
- Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Sinnesorgane.
  - B. Das visuelle System*  
Ziel des Vorhabens ist es, mögliche Effekte von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf das Auge zu beschreiben und deren Wirkungsmechanismen zu untersuchen, um die gesundheitliche Relevanz beurteilen zu können.
- Machbarkeitsstudie zur Untersuchung altersabhängiger Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der Basis relevanter biophysikalischer und biologischer Parameter  
In einer umfassenden Literatur- und Datenrecherche wurden mögliche altersabhängige Auswirkungen der HF-Exposition untersucht und kritische Zielstrukturen diskutiert. Als Ergebnis wird empfohlen, kopfnah betriebene Strahlungsquellen mit höchster Priorität zu betrachten. Obwohl auch biologische und epidemiologische Studien machbar sind, werden Projekte mit dosimetrischer Ausrichtung favorisiert. Die Machbarkeitsstudie zeigt, dass in einer einzelnen Hauptstudie zwar die Fragestellung nicht umfassend beantwortet werden kann, wichtige Teilaspekte aber sinnvoll bearbeitet werden können. Eine Hauptstudie wird auf Basis der Machbarkeitsstudie durchgeführt.

- Untersuchung der altersabhängigen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der Basis relevanter biophysikalischer und biologischer Parameter (Hauptstudie)  
Durch möglichst realitätsnahe Modellierung sowohl des kindlichen Kopfes als auch der Strahlungsquelle soll die Frage nach Ausmaß und Verteilung der Energieaufnahme und Temperaturveränderungen im kindlichen Kopf untersucht werden. Dabei werden altersabhängige Unterschiede so weit wie möglich berücksichtigt. Untersuchungen an Probanden (Dicke und Elastizität des Ohres, Temperaturmessungen im Gehörgang und auf der Haut) fließen in die Modellierungen ein.
- Untersuchungen an Probanden unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen  
Ziel des Vorhabens ist es, zu klären, ob hochfrequente elektromagnetische Felder, die von Mobiltelefonen abgegeben werden, die Gehirnaktivität (Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit) beeinflussen können.
- Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation - Experimentelle Studie zur Objektivierung möglicher psychologischer und physiologischer Effekte unter häuslichen Bedingungen  
Ziel des Vorhabens ist es, den Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Basisstationen des Mobilfunks auf die Schlafqualität der Bevölkerung in der Nähe einer Mobilfunksbasisstation zu untersuchen.
- Untersuchung der Schlafqualität bei elektrosensiblen Anwohnern von Basisstationen unter häuslichen Bedingungen  
In Ergänzung zu dem Projekt „Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation - Experimentelle Studie zur Objektivierung möglicher psychologischer und physiologischer Effekte unter häuslichen Bedingungen“ soll hier die Reaktion auf den Wegfall der elektromagnetischen Exposition in den Wohnungen von Betroffenen untersucht werden.
- Untersuchung des Phänomens „Elektrosensibilität“ mittels einer epidemiologischen Studie an „elektrosensiblen“ Patienten einschließlich der Erfassung klinischer Parameter  
Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung des Phänomens „Elektrosensibilität“ an Patienten, die sich als elektrosensibel gegenüber elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks betrachten. Die Studie soll klären, ob der selbstdiagnostizierten Elektrosensibilität eine besondere Empfindsamkeit oder Wahrnehmung elektromagnetischer Felder zu Grunde liegt und wie die Gruppe der „Elektrosensiblen“ hinsichtlich psychischer und labor-klinischer Parameter charakterisiert ist.
- Untersuchung elektrosensibler Personen im Hinblick auf Begleitfaktoren bzw. -erkrankungen, wie z. B. Allergien und erhöhte Belastung mit bzw. Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien  
In dem Forschungsvorhaben soll anhand objektiver medizinischer Tests geklärt werden, ob Allergien und eine besonders hohe Belastung mit bzw. eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Schwermetallen und Chemikalien tatsächlich bedeutsam für das Auftreten von Elektrosensibilität sind, und wie sich dieser Zusammenhang gegebenenfalls auf Art und Stärke der gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Betroffenen auswirkt.
- Langzeitstudie an Labornagern mit UMTS-Signalen  
In dieser Studie soll geklärt werden, ob eine Langzeitexposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks nach UMTS-Standard Vermehrungsfähigkeit und Entwicklung beeinflusst.
- Einfluss hochfrequenter Felder des Mobilfunks auf die metabolische Umsatzrate im Tiermodell (Labornager)  
Im Forschungsprojekt „Beeinflussung der spontanen Leukämierate bei AKR/J-Mäusen durch nieder- und hochfrequente elektromagnetische Felder“ wurde eine signifikant höhere Gewichtszunahme bei den nach GSM-Standard mit SAR 0,4 W/kg chronisch exponierten Tieren im Vergleich zur Kontrolle beobachtet. Im vorliegenden Projekt soll untersucht werden, ob diese detektierte Gewichtszunahme auf eine Beeinflussung des Metabolismus unterhalb der Schwelle für gesicherte thermische Effekte zurückzuführen ist.

---

### Dosimetrie

---

- Untersuchung der SAR-Verteilung in elektromagnetisch exponierten Versuchstieren  
Mit Hilfe rechnerischer Methoden soll die Verteilung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) im Körper von exponierten Versuchstieren ermittelt und mit der experimentell ermittelten, möglichst hoch aufgelösten, räumlichen SAR-Verteilung verglichen werden.
- Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen  
Ziel des Vorhabens ist es, Mess- und Berechnungsverfahren zu entwickeln, die geeignet sind, die Exposition der Bevölkerung im Umfeld von Mobilfunk Basisstationen zu ermitteln.
- Bestimmung der Exposition der Personengruppen, die im Rahmen des Projektes „Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen“ untersucht werden  
Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens für die Erfassung der Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder ausgehend von Mobilfunkbasisstationen im Rahmen epidemiologischer Studien.

- Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren im Haushalt und Büro  
Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Erarbeitung einer detaillierten Übersicht aus strahlenschutztechnischer Sicht über gegenwärtig bereits verwendete und in naher Zukunft am Markt zu erwartende drahtlose Kommunikationseinrichtungen für Heim- und Büroanwendungen sowie die Erarbeitung von mess- und rechentechnischen Verfahren zur Expositionsbestimmung.
- Bestimmung der Expositionsverteilung von HF-Feldern im menschlichen Körper, unter Berücksichtigung kleiner Strukturen und thermophysiologisch relevanter Parameter  
Aufbauend auf den gegenwärtig wissenschaftlich dokumentierten Erkenntnissen bezüglich der Absorption hochfrequenter elektromagnetischer Felder im menschlichen Körper, sollen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens weiterreichende Untersuchungen, speziell im Hinblick auf anatomisch kleine und empfindliche Organstrukturen des Kopfes (z. B. Auge, Innenohr, Pinealdrüse) durchgeführt werden.
- Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR-Werte), die während der alltäglichen Nutzung von Handys auftritt  
Ziel des Vorhabens ist es, mögliche Verfahren zur Ermittlung der tatsächlichen Exposition der Nutzer von Mobiltelefonen zu diskutieren. Des Weiteren soll durch das Vorhaben an einer Reihe konkreter Beispiele die zeitliche Variabilität sowie die Abhängigkeit der Belastung der Nutzer vom Gerät, von der Netzstruktur und von Umgebungseinflüssen gezeigt werden.
- Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von Wireless-LAN-Einrichtungen (WLAN) in innerstädtischen Gebieten  
Im Rahmen dieses Projektes soll die reale Feldverteilung im Umfeld von WLAN-Sendeantennen in innerstädtischen Gebieten erfasst werden, um ein Bild über die reale Expositionssituation zu bekommen, die sich durch diese Sender für die Bevölkerung ergibt.
- Bestimmung der realen Feldverteilung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen  
Als Ergänzung zum Projekt „Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basisstationen“ sollen in diesem Projekt Verfahren zur Messung und Berechnung elektromagnetischer Felder in der Umgebung von UMTS-Sendeanlagen entwickelt werden.
- 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 Projektes überprüft und quantifiziert werden.
- Exposition durch körpernahe Sender im Rumpfbereich  
Dieses Forschungsvorhaben soll die Frage beantworten, ob es im Rumpfbereich sensible, lokale Bereiche gibt, die unter den angesprochenen Randbedingungen stärker exponiert sind, und denen im Rahmen eines wirksamen Strahlenschutzkonzeptes besonders Rechnung zu tragen ist.
- Bestimmung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von digitalen Rundfunk und Fernsehsendern  
Ziel des Vorhabens ist es, Untersuchungen an relevanten Typen von DVB-T- und DAB-Sendeanlagen durchzuführen sowie die unterschiedlichen Versorgungskonzepte (analog, digital, Verteilung der Sender) in Hinblick auf die damit verbundene Exposition der Bevölkerung zu bewerten.
- 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.
- Entwicklung eines praktikablen rechentechnischen Verfahrens zur Ermittlung der tatsächlichen Exposition in komplizierten Immissionsszenarien mit mehreren verschiedenartigen HF-Quellen  
Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines praktikablen rechentechnischen Verfahrens zur Ermittlung der realen SAR-Werte in komplizierten Immissionsszenarien mit mehreren verschiedenartigen HF-Quellen.
- Untersuchung des Einflusses von Antennen- und Gerätetopologien von körpernah betriebenen drahtlosen Kommunikationsendgeräten auf die von diesen verursachten SAR-Werte  
Ziel des Vorhabens ist, zu untersuchen, welchen Einfluss das Design von Antennen und Geräten sowie die Wahl der Sendefrequenz auf die resultierenden SAR-Werte von körpernah betriebenen Endgeräten drahtloser Kommunikationsdienste hat.

- Bestimmung der Exposition durch Ultra-Wideband-Technologien

Mit Ultrawideband (UWB) steht eine neue Technologie vor der Einführung, die anders als die bisher üblicherweise zur Funkübertragung eingesetzten schmalbandigen Verfahren Expositionen über einen besonders weiten Frequenzbereich hervorrufen wird. Derzeit stehen noch keine geeigneten und anerkannten Verfahren für die Expositionserhebung von UWB-Technologien zur Verfügung. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts soll daher der Frage nachgegangen werden, wie derartige Immissionen geeignet zu erheben und zu bewerten sind.

---

### Epidemiologie

---

- Machbarkeitsstudie für eine Kohortenstudie, die dazu dienen soll, anhand hochexponierter (Berufs-)gruppen ein möglicherweise erhöhtes Krankheitsrisiko durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern zu erfassen

Ziel des Vorhabens war es, im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu prüfen, ob in Deutschland eine Kohortenstudie zu hoch exponierten (Berufs-)gruppen durchgeführt werden kann. Es wurden 30 potenzielle Berufsgruppen identifiziert und auf festgelegte Kriterien zur Machbarkeit einer Kohortenstudie geprüft. Nur drei Gruppen erfüllten die Kriterien. Für diese wurde ein mögliches Studiendesign erarbeitet und Vor- und Nachteile der Durchführung einer entsprechenden Kohortenstudie bewertet. Gesamtergebnis der Bewertung war, dass kein Studiendesign für eine Kohortenstudie festgelegt werden konnte, welches eine verzerrungsfreie Abschätzung des Erkrankungsrisikos durch HF-EMF erlaubt hätte. Das BfS hat deshalb entschieden, keine Kohortenstudie an hoch HF-exponierten Personen durchzuführen.

- Machbarkeit einer prospektiven Kohortenstudie unter Handynutzern

Zur Untersuchung von Langzeiteffekten von Handynutzung ist geplant, international eine prospektive Kohortenstudie zu Handynutzern mit 250.000 Kohortenmitgliedern in mehreren Studienzentren durchzuführen. In einer Machbarkeitsstudie wurde geprüft, ob in Deutschland eine Studie mit 50.000 Kohortenmitgliedern aufgebaut werden kann, die die Anforderungen des internationalen Studienprotokolls erfüllt. Die Machbarkeitsstudie zeigte, dass auf Grund der geringen Teilnahmeraten der Probanden eine solche Studie nur mit extrem großen Aufwand aufgebaut werden könnte. Aus diesem Grund hat das BfS beschlossen, im Rahmen des DMF-Programms keine solche Studie zu finanzieren.

- Beteiligung an einer Fall-Kontroll-Studie zu Aderhautmelanomen und Radiofrequenzstrahlung (RIFA-Studie)

In einer von der DFG und der Uni Essen finanzierten Fall-Kontroll-Studie wird der Frage nachgegangen, inwieweit für häufige Nutzer eines Mobiltelefons ein erhöhtes Risiko besteht, an einem seltenen Augentumor zu erkranken. Ziel der zusätzlichen finanziellen Unterstützung durch das BfS war es, zusätzliche Interviews bei Fällen und Kontrollen durchzuführen, um die Aussagekraft der Studie zu erhöhen. Die Erhebung bei Fällen und Kontrollen ist abgeschlossen. Insgesamt wurden 458 Fälle und 1.210 Kontrollen interviewt. Die statistische Auswertung, die nicht Gegenstand dieses Projekts war, erfolgt derzeit.

- Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen

Im Rahmen einer Basiserhebung wurde ein bundesweiter Querschnitt von ca. 40.000 Personen zu gesundheitlichen Beschwerden und subjektivem Expositionserleben befragt, sowie eine grobe Abschätzung der Felder von Mobilfunkbasisstationen über die Standortdaten der Basisstationen und Angaben der Probanden vorgenommen. Auf Basis einer Vertiefungserhebung bei 3.200 regional aus der Basiserhebung ausgewählten Probanden erfolgen detaillierte Erhebungen der Beschwerden und Confounder. Darauf aufbauend werden Risikoanalysen durchgeführt.

- Ergänzungsstudie zu Probanden der Querschnittsstudie

Im Rahmen der Vertiefungserhebung des Vorhabens „Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunk-Basisstationen“ werden zusätzlich Personendosimeter zur Expositionsbestimmung eingesetzt.

- Validierung des Expositionssurrogats der Querschnittsstudie

Auf der Grundlage der in der Ergänzungsstudie zur Querschnittsstudie für 1.500 Probanden durchgeführten Messungen soll eine externe Validierung des Expositionssurrogats der Hauptstudie durchgeführt werden.

- Erweiterungsstudie einer multinationalen epidemiologischen Studie des möglichen Zusammenhangs zwischen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung und dem Auftreten von Tumoren des Kopf- und Halsbereiches (INTERPHONE-Studie)

Zur Klärung, ob bei Verwendung eines Mobiltelefons ein erhöhtes Hirntumorrisiko vorliegt, initiierte die WHO eine internationale Fallkontrollstudie, die in 13 Ländern nach einem einheitlichen Studienprotokoll durchgeführt wird. Durch das DMF wird eine Erweiterungsstudie finanziert, mit der die Aussagekraft des deutschen Studienteils gestärkt und die Übertragung der Ergebnisse der internationalen Studie auf deutsche Verhältnisse verbessert werden soll.

- Retrospektive Expositionsabschätzung bei Teilnehmern der INTERPHONE-Studie

Im Rahmen dieses Vorhabens wird ein wichtiger Aspekt der Auswertung der Interphone-Rohdaten - die retrospektive Expositionsabschätzung - mitfinanziert.

- Epidemiologische Studie zum Zusammenhang zwischen Kinderkrebs und Expositionen um große Sendeeinrichtungen  
Ziel des Vorhabens ist es, die Hypothese eines erhöhten Kinderleukämierisikos in der Umgebung starker Fernseh- und Rundfunksender in einer deutschlandweiten epidemiologischen Studie zu untersuchen.
- Akute Gesundheitseffekte durch Mobilfunk bei Kindern  
Ziel dieses Vorhabens ist es, im Rahmen einer bevölkerungsbezogenen Querschnittsstudie den Zusammenhang der akuten subjektiven Befindlichkeit mit der individuell gemessenen und selbsteingeschätzten Exposition von Mobilfunkfeldern bei Kindern und Jugendlichen zu untersuchen.

---

### Risikokommunikation

---

- Zielgruppenanalyse zur differenzierten Information  
Ziel des Vorhabens war es, die zentralen Zielgruppen für die Informations- und Kommunikationsmaßnahmen im Bereich Mobilfunk zu identifizieren und hinsichtlich ihrer charakterisierenden Merkmale und Eigenschaften zu beschreiben, um eine Grundlage für die zielgruppengerechte Information im Bereich Mobilfunk zu gewinnen.
- Wissensbasierte Literaturdatenbank über die Einwirkungen elektromagnetischer Felder auf den Organismus und auf Implantate  
Ziel des Vorhabens war es, eine fundierte, objektive und interessensunabhängige Informationsquelle zu schaffen, um die Diskussion über mögliche gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf eine sachlichere Grundlage zu stellen und den interessierten Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit zu geben, die tatsächlichen oder vermeintlichen Risiken durch elektromagnetische Felder objektiv einzuschätzen.
- Ermittlung der Befürchtungen und Ängste der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks - jährliche Umfragen  
In jährlichen repräsentativen Umfragen werden die Wahrnehmung und Sorgen der breiten Öffentlichkeit hinsichtlich möglicher Gefahren der hochfrequenten elektromagnetischen Felder des Mobilfunks ermittelt und mögliche Veränderungen erfasst.
- Innovative Verfahren zur Konfliktschlichtung bei der Standortbestimmung von Mobilfunksendeanlagen  
Ziel des Vorhabens ist es, exemplarische Lösungen für die Standortproblematik zu finden und anhand eines Leitfadens eine sachliche Auseinandersetzung um den Mobilfunk vor Ort zu unterstützen. Anhand dieses Leitfadens soll den Kommunen Informationen an die Hand gegeben werden, wie die angemessene Information der Bürger im Rahmen der Standortbestimmung von Mobilfunksendeanlagen erfolgen kann.
- Ergänzende Informationen über Elektrosensible  
Ziel des Vorhabens ist es, nähere beschreibende Informationen über elektrosensible Personen im Bereich der soziodemografischen und weiteren Persönlichkeitsmerkmale zu erheben. Damit sollen die Kenntnisse über elektrosensible Personen über den medizinisch-biologischen Bereich hinaus ergänzt und diese Personengruppe „im Ganzen“ beschrieben werden.
- Untersuchung der Kenntnis und Wirkung von Informationsmaßnahmen im Bereich Mobilfunk und Ermittlung weiterer Ansatzpunkte zur Verbesserung der Information verschiedener Bevölkerungsgruppen  
Ziel dieses Vorhabens ist es, die Kenntnis und Wirkung in der Öffentlichkeit der im Bereich Mobilfunk zahlreich vorhandenen Informations- und Kommunikationsmaßnahmen zu untersuchen.
- Unterstützung der Kooperation der Mobilfunkakteure durch die lokale Agenda 21  
Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die vorhandenen Erfahrungen und Potenziale aus den lokalen Agenda 21-Prozessen auszuwerten und daraus Empfehlungen für die Kooperation der Beteiligten im Mobilfunkbereich abzuleiten.

### Abschluss des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (DMF)

Bevor die Ergebnisse des gesamten DMF in 2008 bewertet werden, wurden wie bereits in 2006 auch in 2007 themenspezifische Diskussionen der jeweiligen Teilbereiche des DMF im Rahmen von internationalen Fachgesprächen durchgeführt. An diesen Gesprächen nahmen die Forschungsnehmer, international anerkannte Spezialisten für die entsprechenden Teilgebiete, Vertreter internationaler Organisationen sowie nationale wie internationale Wissenschaftler mit einer breiten Expertise im Bereich „Nichtionisierende Strahlung“ (NIR) teil. Um die Ergebnisse auch für internationale Organisationen, die übergreifende Regelungen und Empfehlungen aussprechen, verfügbar zu machen, wurden die Berichte der einzelnen Fachgespräche teilweise in englischsprachigen, wissenschaftlichen Fachjournalen und auf den Internetseiten des DMF (<http://www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase>) veröffentlicht.

Im Mai 2007 fand das internationale Fachgespräch zu Wirkmechanismen statt. Schwerpunkt waren die Forschungsprojekte, die sich auf zellulärer und subzellulärer Ebene mit den Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks befassen. Zu den in den Studien untersuchten Endpunkten gehören z. B. die Funktion von Zellen, Einflüsse auf die Melatoninproduktion, schädigende Einflüsse auf die DNA oder auf die Expression von Genen sowie die biophysikalischen Eigenschaften von Zellen, Zellmembranen und Zellsuspensionen, von denen die Energieabsorption

im exponierten Gewebe abhängt. Weiterhin wurden Vorhaben vorgestellt, die mit elektrophysiologischen Methoden die Funktionalität neuronaler Netzwerke in einem Netzhautpräparat und von Hörzellen in der isolierten Hörschnecke während einer Exposition untersuchten.

Im Oktober 2007 fand das internationale Fachgespräch zu Langzeitwirkungen statt, auf dem vor allem tierexperimentelle Langzeitstudien und epidemiologische Studien, die sich mit Langzeiteffekten hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks befasst haben, vorgestellt und diskutiert wurden. In den biologischen Studien wurden u. a. Auswirkungen chronischer HF-Exposition auf die Blut-Hirn-Schranke, auf das Stress- und Immunsystem, die Kognition, Tinnitus, Fortpflanzung und Entwicklung sowie auf die Entwicklung von Leukämie in einem speziellen Tiermodell untersucht. Im epidemiologischen Teil wurden u. a. die deutschen Teilergebnisse der INTERPHONE-Studie, vorläufige Daten einer umfassenden Studie zum Uvealmelanom und der Stand einer Fall-Kontroll-Studie zu kindlichen Leukämie um Radio- und Fernsehsender präsentiert.

Zur abschließenden Gesamtbewertung der Ergebnisse des DMF wird im Juni 2008 zusammen mit der WHO eine internationale Abschluss-Konferenz durchgeführt. Ziel dieser Tagung ist, ein wissenschaftliches Fazit des DMF unter Berücksichtigung des internationalen Kenntnisstandes zu ziehen und eine ganzheitliche Risikobewertung zu erstellen.

Die einzelnen Forschungsvorhaben sowie weitere ausführliche Informationen zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm sind im Internet unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de> veröffentlicht.

### **Umweltzeichen „Blauer Engel“**

Die Strahlenschutzkommission hat in der Empfehlung „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern“ (173. Sitzung, [www.ssk.de/werke/volltext/2001/ssk0103.pdf](http://www.ssk.de/werke/volltext/2001/ssk0103.pdf)) darauf hingewiesen, „bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.“ Sie weist darauf hin, dass „– entgegen der öffentlichen Besorgnis, die vor allem Mobilfunkbasisstationen (ortsfeste Anlagen) betrifft – die Immission insbesondere durch die elektromagnetischen Felder von Geräten, z. B. von Endgeräten der mobilen Telekommunikation unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes zu betrachten sei, weil es hier am ehesten zu einer hohen Exposition eines Nutzers kommen könne.“ Um dementsprechend besonders strahlungsarme Handys, die nach dem GSM-, GPRS- oder UMTS-Standard arbeiten, für den Verbraucher sichtbar zu kennzeichnen, wurden die Vergabekriterien für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ durch die Jury „Umweltzeichen“ in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Juni 2002 festgelegt. Demnach kann der „Blaue Engel“ an Handys vergeben werden, deren nach normierten Methoden ermittelter SAR-Wert bei höchstens 0,6 Watt pro Kilogramm liegt und die umwelt- und recyclingfreundlich produziert wurden. Das BfS stellt in regelmäßigen Abständen die unter standardisierten Bedingungen ermittelten SAR-Werte für zahlreiche handelsübliche Handys zusammen und veröffentlicht sie unter [www.bfs.de/elektro/oe-kolabel.html](http://www.bfs.de/elektro/oe-kolabel.html).

Ende 2007 umfasste diese Erhebung insgesamt 999 Geräte von 34 verschiedenen Herstellern, wovon 73 Handys UMTS-Geräte waren. Ein standardisiert ermittelter SAR-Wert konnte für 882 Handys gefunden werden. Es lässt sich erkennen, dass aus Sicht des Strahlenschutzes mit der Begrenzung auf einen SAR-Wert bis 0,6 W/kg ca. 29% der in 2007 auf dem deutschen Markt befindlichen Handys mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ hätten ausgezeichnet werden können, wobei der Aspekt der umwelt- und recyclingfreundlichen Produktion allerdings nicht berücksichtigt ist. Informationen zu den Vergabegründungen für den „Blauen Engel“ für Handys sind auf der Internetseite des RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. zu finden.

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

Ende 2006 wurde für weitere Endgeräte, nämlich Babyüberwachungsgeräte, die Vergabegründung für den „Blauen Engel“ veröffentlicht (siehe [http://www.blauer-engel.de/\\_downloads/vergabegrundlagen\\_de/UZ-125.zip](http://www.blauer-engel.de/_downloads/vergabegrundlagen_de/UZ-125.zip)). Die Vergabekriterien begrenzen bei den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern die abgestrahlte Leistung und bei den niederfrequenten Magnetfeldern die magnetische Flussdichte. Geräte, die als Dauersender arbeiten, sind von der Vergabe des „Blauen Engels“ ausgeschlossen. Daneben werden die Energieeffizienz und die Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt. Bis Ende des Jahres 2007 hat ein Hersteller den „Blauen Engel“ erhalten.

### **Strahlungsarme DECT-Schnurlostelefone**

DECT-Telefone halten auf Grund ihrer niedrigen mittleren Sendeleistung von weniger als 20 mW den geltenden SAR-Basisgrenzwert von 2 W/kg ein. Es muss daher nicht, wie bei Mobiltelefonen üblich, der SAR-Wert nach DIN EN 50360 zum Nachweis der Übereinstimmung mit den Grenzwerten ermittelt und von Herstellerseite angegeben werden.

Die Basisstationen der nach dem DECT-Standard arbeitenden Schnurlos-Telefone senden allerdings im Stand-by-Betrieb (kontinuierliches Kontrollsignal zwischen Basisstation und Mobilteil), also auch dann wenn nicht telefoniert wird. Darüber hinaus wird beim Telefonieren unabhängig vom Abstand zwischen dem Telefon und der Basisstation permanent mit der maximalen Leistung gesendet.

Unter dem Aspekt einer vorsorglichen Reduzierung der Exposition ist zu fordern, dass die Basisstationen im Stand-by-Betrieb automatisch abgeschaltet und die Telefone mit einer bedarfsgerechten Regelung der Sendeleistung ausgestattet werden.

Strahlungsarme DECT-Telefongeräte sollten folgende Kriterien erfüllen:

- Abschaltung oder mindestens 100.000-fache Absenkung des Kontrollsignals im Standby-Betrieb unabhängig von der Anzahl der angemeldeten Mobilteile, wobei sich das Mobilteil nicht notwendigerweise in der Basis befinden muss,
- bedarfsgerechte Regelung der Sendeleistung des Mobilteils beim Telefonieren in mehr als 2 Stufen ähnlich der beim Handy,
- bedarfsgerechte Regelung der Sendeleistung der Basisstation während des Telefonierens,
- Möglichkeit des Anschlusses eines Headsets an das Mobilteil und
- Möglichkeit der Einstellung / Begrenzung der Reichweite.

Mittlerweile sind einige Hersteller diesen Forderungen zumindest teilweise nachgekommen. Ende des Jahres 2007 waren einige Geräte auf dem deutschen Markt, die eine Absenkung bzw. völlige Abschaltung des Kontrollsignals zwischen Basisstation und Mobilteil ermöglichen. Hierzu muss sich aber das Mobilteil in der Basisstation befinden und es darf nur ein Mobilteil an der Basis angemeldet sein. Bei einem Gerät wird das Kontrollsignal auch dann abgeschaltet, wenn bis zu sieben Mobilteile angemeldet sind und sich kein Mobilteil in der Basisstation befindet. Mehrere Geräte senken die Sendeleistung des Mobilteils entfernungsabhängig ab und bei einigen Geräten ist auch eine manuelle Absenkung der Sendeleistung der Basisstation möglich. Diese Geräte können als „bedingt strahlungsarm“ bezeichnet werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat eine Liste der in 2007 auf dem deutschen Markt erhältlichen bzw. angekündigten „bedingt strahlungsarmen“ DECT-Schnurlostelefone sowie Art und Ausmaß ihrer Strahlungsreduzierung zusammengestellt. Diese Liste ist im Internet unter: [www.bfs.de/elektro/Strahlungsarme\\_Dect\\_Schnurlostelefone.html](http://www.bfs.de/elektro/Strahlungsarme_Dect_Schnurlostelefone.html) veröffentlicht.

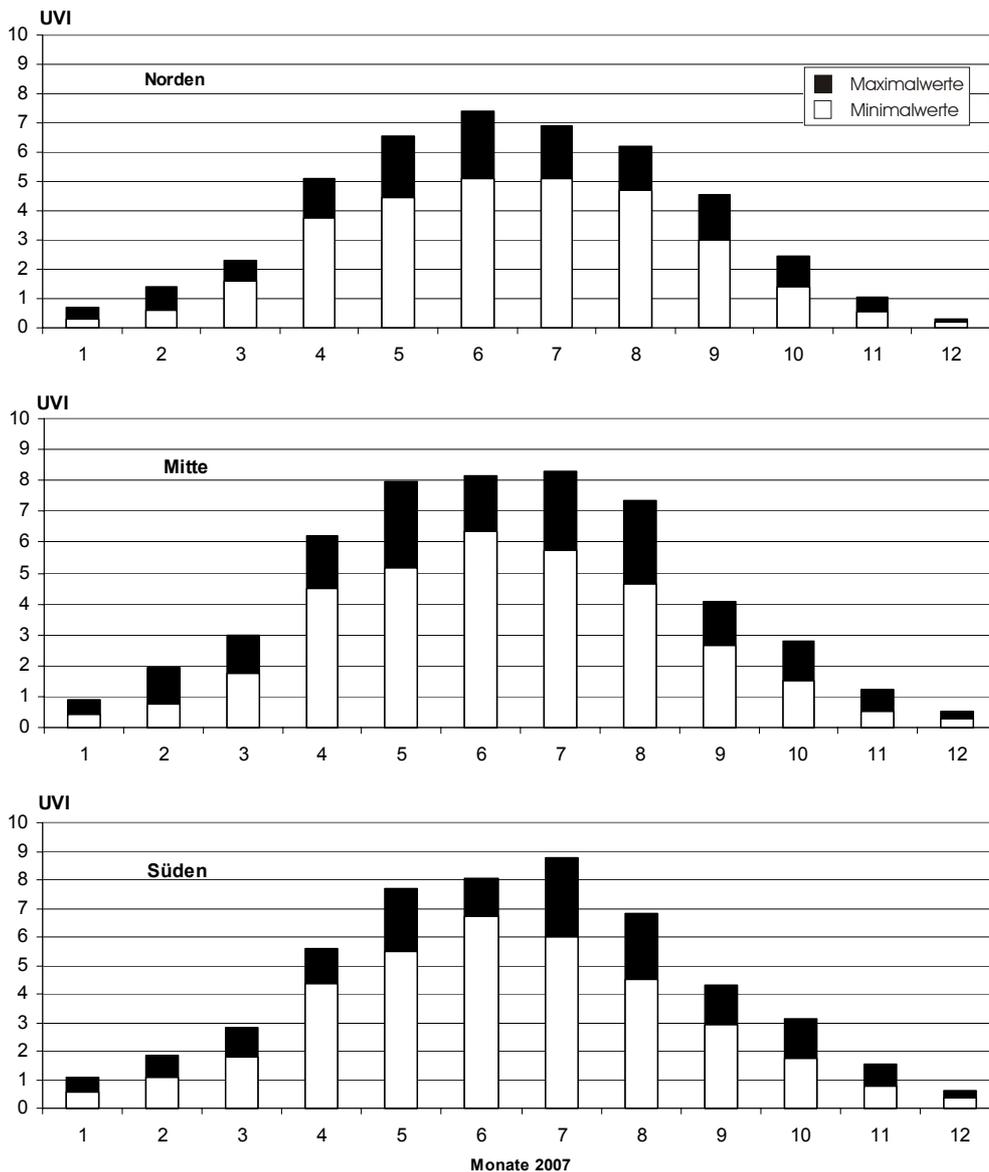
## **2. Optische Strahlung** **(Optical radiation )**

### **2.1 Solares UV-Monitoring** **(Terrestric UV-Monitoring)**

An den Messstationen des deutschen UV-Messnetzes (ausführliche Informationen in Teil A - VI - 1.4) wird täglich die UV-Strahlung gemessen.

Sowohl die täglichen Messwerte aller Stationen als auch die 3-Tages-Prognose in den Sommermonaten werden vom BfS (<http://www.bfs.de/uv/uv2/uvi>) als UVI-Werte veröffentlicht. In Abbildung 1.1-1 sind für das Jahr 2007 die maximalen und mittleren UVI-Werte eines jeweiligen Monats für den Norden (Messstationen Westerland und Zingst), die Mitte (Messstationen Dortmund, Lindenberg und Kulmbach) und den Süden (Messstation München) der Bundesrepublik dargestellt.

Man erkennt die große Schwankungsbreite der UV-Werte, die vor allem wetterbedingt ist. Ein durch Ozon bedingter Effekt kann auf Grund der vielfältigen Einflussgrößen derzeit nicht nachgewiesen werden.



**Abbildung 1.1-1** Maximale und mittlere UVI-Werte der Monate im Jahr 2007  
(Maximum and mean UVI values per month in the year 2007)

## 2.2 Forschung (Research)

Die Einwirkung von künstlicher oder im Sonnenlicht enthaltener UV-Strahlung führt zu dauerhaften und irreversiblen Veränderungen der Haut. Geringe Sonnenexposition sind dagegen gesundheitsfördernd. Unter anderen wird durch UV-B in der Haut die Produktion von Pro-Vitamin D3 induziert, welches den Kalziumspiegel im Blut reguliert und eine essentielle Rolle im Aufbau und Erhalt des Knochengewebes spielt. Neuere epidemiologische Studien lieferten Hinweise, dass einige Krebsarten (Darmkrebs, aber auch Brust- und Prostatakrebs) mit Vitamin-D-Mangel korreliert sind. Auf Grund dieser Tatsachen liegen widersprüchliche Empfehlungen in Bezug auf gesundheitsfördernde UV-Bestrahlung vor.

Weiterhin konnte mittels epidemiologischer Studien und durch Untersuchungen an Tiermodellen und Zellen gezeigt werden, dass auch chronische Bestrahlung mit Infrarot (IR; Wärmestrahlung) sowohl allein als auch in Kombination mit UV-Strahlung Hautschäden hervorrufen kann. Einerseits kommt es dabei zu einer Beschleunigung der Hautalterung, andererseits können auch Hautschäden auftreten (z. B. thermale Keratosen), die als Vorstufen von Hautkrebs anzusehen sind. Bekannt ist bisher, dass die Wirkung von IR-Strahlung und auch das Zusammenwirken von IR- mit UV-Strahlung auf Veränderungen der Signaltransduktion und der Genexpression beruht. Eine Beteiligung der Bildung reaktiver Sauerstoffspezies wird ebenfalls diskutiert. Außerdem beeinflusst IR-Strahlung die DNA-Reparatur und die durch UV-Strahlung ausgelöste Apoptose (programmierter Zelltod). Der genaue molekulare Wirkungsmechanismus für diese Effekte ist aber bisher noch wenig erforscht.

Neuere Untersuchungen deuten außerdem darauf hin, dass der Gebrauch von Sonnenschutzmitteln zwar vor Sonnenbrand, aber kaum vor Hautkrebs schützt. Eine Ursache dafür könnte in dem Zusammenwirken von UV-A, UV-B- und IR-Strahlung bei der Entstehung von Hautkrebs liegen.

Deswegen wurden im Jahr 2007 Forschungsvorhaben im Bereich UV und auch in Bezug auf das mögliche Zusammenwirken von UV und IR durch das BfS betreut.

---

#### Forschungsvorhaben zum Thema UV

---

- Untersuchungen zur Bedeutung unterschiedlicher Parameter der UV-Exposition und der individuellen Risikofaktoren bei der Entstehung von Hautkrebs
- UV-abhängige Vitamin D Synthese - Bilanzierung der Expositionszeit durch UV zur Produktion des optimalen Vitamin D<sub>3</sub>-Bedarfs im menschlichen Körper

Ziel des Vorhabens „Untersuchungen zur Bedeutung unterschiedlicher Parameter der UV-Exposition und der individuellen Risikofaktoren bei der Entstehung von Hautkrebs“ ist die weitere Aufklärung der Entstehungsmechanismen von Hautkrebs und dabei vor allem die Bedeutung der unterschiedlichen Expositionsparameter und der Zusammenhang mit den individuellen Risikofaktoren. Unter anderem soll geklärt werden, ob akute Expositionen mit höheren UV-Dosen zu anderen Ergebnissen führen als chronische Expositionen mit kleinen UV-Dosen und welche Rolle UVA-Strahlung spielt. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen dabei die sog. schwer geschädigten epidermalen Zellen (CRBCs). Diese Zellen reparieren die UV-bedingten DNA-Schäden nicht vollständig und bleiben auch über einen Regenerationszyklus der Hautzellen hinaus in der Epidermis erhalten. Es wird vermutet, dass es sich dabei um Stammzellen der Haut handelt. Sie entstehen sowohl nach chronischer Bestrahlung der Haut mit suberythemalen Dosen als auch nach akuter Bestrahlung mit einer höheren Dosis. Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen diese Zellen möglichst eindeutig charakterisiert werden und vor allem soll untersucht werden, ob und wie sie sich zu Hautkrebszellen weiterentwickeln und welche Einflussfaktoren dabei eine Rolle spielen.

Ziel des Vorhabens „UV-abhängige Vitamin D Synthese - Bilanzierung der Expositionszeit durch UV zur Produktion des optimalen Vitamin D<sub>3</sub> Bedarfs im menschlichen Körper“ ist es, das quantitative Verhältnis von UV-Exposition und Vitamin-D<sub>3</sub>-Level unter verschiedenen Randbedingungen und in verschiedenen Bevölkerungsgruppen (Kinder, Schwangere, ältere Menschen, Patienten, etc.) näher zu charakterisieren. Hierauf basierend soll eine Empfehlung zur optimalen UV-Exposition differenziert nach Bevölkerungsgruppen erarbeitet werden. Das Projekt startete Ende 2007. Eine umfassende Literaturstudie zu diesem Thema sowie erste Ergebnisse werden in 2008 erwartet.

---

#### Forschungsvorhaben zum Thema IR

---

- Untersuchung des Zusammenwirkens von UV- und Infrarot-Strahlung bei der Hautalterung und Krebsentstehung

Ziel des Vorhabens ist es zu beschreiben, auf welchem Weg IR-Strahlung allein und in Kombination mit UV-A- und UV-B-Strahlung zur beschleunigten Hautalterung und Krebsentstehung beiträgt und soweit möglich den Wirkungsmechanismus aufzuklären.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen eine Reduktion des apoptotischen Zelltodes, wenn Keratinozyten in vitro drei Stunden vor der UV-Bestrahlung mit IR bestrahlt wurden. Diese Ergebnisse konnten in vivo bestätigt werden. Durch eine Vorbestrahlung mit IR ließ sich die Zahl der Sonnenbrandzellen deutlich reduzieren. Außerdem bewirkt eine Vorbestrahlung mit IR sowohl in vitro als auch in vivo eine Reduktion der UV-bedingten DNA-Schäden. Welche Bedeutung diese Ergebnisse für die Entstehung von Hautkrebs durch UV-Strahlung haben, ist Gegenstand der weiteren Untersuchungen. Beruhend auf den Ergebnissen des Vorhabens sollen verbesserte Empfehlungen für einen optimalen Schutz vor den schädlichen Wirkungen sowohl von UV- als auch von IR-Strahlung im Alltag erstellt werden.

### 2.3 Zertifizierung von Solarienbetrieben (*Certification of solaria*)

Die UV-Belastung der Bevölkerung steigt auf Grund des heutigen Freizeitverhaltens in der Sonne und der Nutzung so genannter Wellness-Bereiche mit Solarien kontinuierlich an. Die gleichzeitige Besorgnis erregende Beobachtung einer Zunahme von Hautkrebs ist mit diesem Freizeitverhalten in Verbindung zu bringen. Deswegen hat sich das Bundesamt für Strahlenschutz auch 2007 für die Umsetzung von Maßnahmen eingesetzt, um die UV-Belastung für weite Bevölkerungsteile zu reduzieren.

Grundlage ist das im Mai 2003 etablierte Verfahren für die Zertifizierung der Solarien. Die wesentlichen Kriterien für eine Zertifizierung sind:

- definierte Gerätestandards mit limitierter UV-Bestrahlung,
- Prüfungsvorschriften,
- einheitliche Betriebsabläufe bzgl. der Hygiene und
- fachliche Qualifikation der im Kundenkontakt stehenden Mitarbeiter.

Bis Ende 2007 wurden insgesamt 166 Sonnenstudios von ca. 5.500 Sonnenstudios deutschlandweit (nach Angaben von Vertretern der Solarienbranche) zertifiziert.