

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 activities 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 im Fall der kindlichen Leukämie bei zeitlich gemittelten magnetischen Flussdichten über $0,4 \mu\text{T}$ diskutiert. Die Strahlenschutzkommission (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 auf diese Krebszellen 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, wurde im Rahmen des UFOPLANs ein Folgevorbahn mit dem Titel „Untersuchung des Wirkungsmechanismus für die Veränderung des Wachstums von Brustkrebszellen unter dem Einfluss von Onkostatika und niederfrequenten Magnetfeldern“ von 2004 bis 2007 durchgeführt. Es wurden In-vitro-Veränderungen der Genexpression und der Signaltransduktion von Steroidhormonrezeptoren untersucht. Ferner sollte geklärt werden, bei welchen Zelllinien die Effekte auftreten und ob die Wirkung anderer Brustkrebsmedikamente ebenfalls beeinträchtigt wird. Die in 2008 veröffentlichten Ergebnisse zeigten, dass nach Exposition der Zelllinie MCF-7 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 (Kanzerogenese) 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 Vorläufervorbahn beobachtete Effekt, dass eine Flussdichte von $1,2 \mu\text{T}$ einen stärkeren Einfluss 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. Andererseits zeigten sich aber unter dem Einfluss niederfrequenter Magnetfelder Veränderungen in der Expression von Genen, die bei der Metastasierung von Brustkrebszellen eine Rolle spielen. Die beschriebenen Effekte müssen weiter untersucht werden, da sie ein beträchtliches Risiko für die betroffenen Frauen darstellen würden, wenn sich die Ergebnisse auf die In-vivo-Situation übertragen ließen.

Im Jahr 2008 wurde zum Thema „Wirkmechanismen niederfrequenter Magnetfelder“ eine in 2007 begonnene Studie mit dem Titel: "Untersuchungen zu den Mechanismen für die biologischen Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder auf das genetische Material und die Signaltransduktion" weitergeführt. 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. Ergebnisse dieser Studie werden 2011 erwartet.

In der Bevölkerung werden zahlreiche gesundheitliche Beschwerden auf elektrische und magnetische Felder sowie auf hochfrequente elektromagnetische Felder zurückgeführt. Im Bereich der Niederfrequenz wurde zur Objektivierung dieser Angaben mit Hilfe der „transkraniellen Magnetstimulation“ die objektive motorische Schwelle und die möglicherweise vorhandene Fähigkeit betroffener Personen sowie von Kontrollpersonen gemessen, subjektiv zwischen einem tatsächlichen und einem simulierten Magnetimpuls zu unterscheiden (Doppel-Blind-Design). Es zeigte sich, dass die objektiven motorischen Schwellen der Betroffenen sich nicht von denen der Kontrollpersonen unterschieden. Andererseits konnte eine klar verminderte Fähigkeit der Betroffenen festgestellt werden, zwischen einem simulierten und einem tatsächlichen Magnetimpuls zu unterscheiden. Die Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms mit dem Schwerpunkt auf hochfrequente elektromagnetische Felder weitergeführt und bestätigten die Ergebnisse an einer größeren Gruppe von Personen.

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 2008 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/de/elektro/hff/wirkungen). 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 begleitet fachlich im Auftrag des BMU Forschungsvorhaben, um den Hinweisen auf mögliche biologische Effekte von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern nachzugehen.

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF)

Um die Risikobewertung bezüglich möglicher „Wirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks“ auf einer soliden Datenbasis leisten zu können, wurde vom BfS das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) initiiert, das im Rahmen des Umwelt-Forschungsplans des Bundesumweltministeriums (BMU) von 2002 bis 2008 durch das BfS umgesetzt und fachlich betreut wurde. Hierfür standen für den Zeitraum von 2002 bis 2008 insgesamt 17 Mio. Euro zur Verfügung, die vom BMU und den Mobilfunknetzbetreibern anteilig übernommen wurden. Über den Mitteleinsatz entschied allein das BfS, um interessengeleitete Einflüsse auszuschließen.

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

Das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm beinhaltete 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 wurde sichergestellt, dass im Rahmen des DMF die zugesagten Mittel von insgesamt 17 Mio. Euro vollständig ausgeschöpft wurden. Die Zielsetzung sowie eine Zusammenfassung der Ergebnisse und das vom BfS erstellte Fazit für jedes Vorhaben sowie Zwischen- und Abschlussberichte sind im Internet unter <http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung> veröffentlicht.

Abschluss des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF)

Bevor die Ergebnisse des gesamten DMF 2008 bewertet wurden, wurden in den Jahren 2006 und 2007 themenspezifische Diskussionen der jeweiligen Teilbereiche des DMF im Rahmen von 5 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“ 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 Fachjournals und auf den Internetseiten des DMF (www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase.html) veröffentlicht.

Die Ergebnisse des DMF wurden im Juni 2008 im Rahmen einer zweitägigen Konferenz in Berlin der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Konferenz wurde vom BMU und dem BfS unter Beteiligung der WHO durchgeführt. Ziel dieser Tagung war es, ein wissenschaftliches Fazit des DMF unter Berücksichtigung des internationalen Kenntnisstandes zu ziehen. Die Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) wurden durch das BfS zusammengefasst und fachlich bewertet. Der hierzu erstellte Gesamtbericht mit ist unter www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase/DMF_AB.pdf abrufbar. Die im Rahmen der Abschlusskonferenz gehaltenen Vorträge stehen im Internet unter www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase/abschlusskonferenz.html als PDF-Dateien zum Download zur Verfügung.

Zusammenfassung der Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms

Trotz zunehmender Technisierung blieb die Exposition der Bevölkerung im Alltag deutlich unterhalb der Grenzwerte. Expositionen nahe an den Grenzwerten treten nur bei der Nutzung einiger körpernah betriebener Geräte, wie z. B. Handys, auf.

Die früheren Hinweise auf gesundheitsrelevante Wirkungen hochfrequenter Felder konnten nicht bestätigt werden. Dies betrifft z. B. auch die vermuteten Einflüsse auf den Schlaf, die Hirnleistung, die Blut-Hirn-Schranke, Immunparameter, die Fortpflanzung, die Entwicklung oder die Verarbeitung von visuellen oder akustischen Reizen oder die Verursachung von Krebserkrankungen, Tinnitus oder Kopfschmerzen.

Es wurden auch keine neuen Hinweise für mögliche gesundheitsrelevante Wirkungen gefunden; insbesondere auch keine athermischen Wirkmechanismen.

Es hat sich gezeigt, dass der Grad der Besorgnis bezüglich des Mobilfunks in der Bevölkerung in den letzten Jahren stabil, aber im Vergleich mit anderen Gesundheitsrisiken gering war. Nur für einzelne Gruppen war das Thema von hoher Bedeutung.

Zum Thema „Elektrosensibilität“ und „unspezifische gesundheitliche Beschwerden“ wurden im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm mehrere Studien durchgeführt. Bei den jährlichen Umfragen zur Wahrnehmung des Themas „Mobilfunk“ in der Bevölkerung gaben etwa 10% der Bevölkerung an, durch den Mobilfunk gesundheitlich beeinträchtigt zu sein. Diesem wurde in einer Querschnittsstudie an einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe nachgegangen. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der mit Hilfe von Personendosimetern bestimmten Exposition der Probanden und fünf untersuchten Beschwerden. Dagegen konnte eindeutig gezeigt werden, dass allein die Besorgnis über mögliche gesundheitliche Risiken des Mobilfunks zu Schlafstörungen und allgemeinen Beschwerden führte.

Von diesen sich beeinträchtigt Fühlenden sind die Personen klar zu unterscheiden, die sich selbst als elektrosensibel und damit als besonders empfindlich gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern bezeichnen und eine Vielzahl gesundheitlicher Beschwerden darauf zurückführen. Deren Anteil beträgt etwa 1,5% der Bevölkerung.

Mittels der im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm durchgeführten Studien ließ sich kein Zusammenhang zwischen der Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und den von den Betroffenen geschilderten gesundheitlichen Beeinträchtigungen nachweisen. Dies entspricht den Ergebnissen anderer internationaler Forschungsvorhaben in diesem Bereich.

Bei Betrachtung aller nationalen und internationalen Studien zum Thema „Elektrosensibilität“ ergibt sich, dass kein kausaler Zusammenhang zwischen den Beschwerden der elektrosensiblen Personen und niederfrequenten wie hochfrequenten elektromagnetischen Feldern nachgewiesen werden kann. Diese Einschätzung wird auch von der WHO geteilt. Die den gesundheitlichen Leiden der Betroffenen zu Grunde liegenden Ursachen liegen demnach nicht in der Exposition durch nichtionisierende Strahlung.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm dazu beigetragen hat, die Datenlage der wissenschaftlichen Erkenntnisse bezüglich hochfrequenter Felder und deren Auswirkungen auf den Menschen entscheidend zu verbessern.

Auf zwei Fragenkomplexe konnten aber trotz aller Bemühungen bis heute keine zufrieden stellenden Antworten gegeben werden. Dies betrifft zum einen die wesentliche Frage möglicher Langzeitriskiken für Handynutzungszeiten von mehr als 10 Jahren. Zum anderen existiert weiterhin Forschungsbedarf im Hinblick auf die Frage, ob Kinder stärker durch hochfrequente elektromagnetische Felder exponiert sind oder empfindlicher reagieren als Erwachsene. Darum ist auch weiterhin ein vorsichtiger Umgang mit drahtlosen Kommunikationstechniken angebracht. Die Beibehaltung der vom BfS und auch von der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK, 2006) formulierten einschlägigen Vorsorgemaßnahmen vor allem für Kinder und Jugendliche wird weiterhin empfohlen.

Die Ergebnisse der Forschungsprojekte aus den Bereichen Biologie, Dosimetrie, Epidemiologie und Risikokommunikation fließen in die internationale Risikobewertung zur Wirkung von hochfrequenten Feldern auf den Menschen mit ein.

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) 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 BMU und BfS 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/de/elektro/oekolabel.html.

Ende 2008 umfasste diese Erhebung insgesamt 1150 Geräte von 36 Herstellern, wovon 98 Handys UMTS-Geräte waren. Ein standardisiert ermittelter SAR-Wert konnte für 1011 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. 30% der in 2008 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 Vergabegrundlagen für den „Blauen Engel“ für Handys sind auf der Internetseite des RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. zu finden (www.blaue-engel.de/downloads/vergabegrundlagen.de/UZ-106.pdf).

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 En-

gel“ 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. Inzwischen hat jedoch ein Hersteller das Umweltzeichen erhalten. Die Hersteller sind weiterhin aufgefordert, die Entwicklung strahlungsärmerer Handys voranzutreiben und sich einer verstärkten Verbraucherinformation nicht zu verschließen.

Ende 2006 wurde für weitere Endgeräte, nämlich Babyüberwachungsgeräte, die Vergabegrundlage für den „Blauen Engel“ veröffentlicht (siehe 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 2008 haben zwei Hersteller den „Blauen Engel“ erhalten.

Exposition der Bevölkerung durch Mobilfunksendeanlagen

In der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV; gültig seit 1. Januar 1997) sind für ortsfeste Sendefunkanlagen mit einer Sendeleistung von 10 W EIRP (äquivalent isotroper Strahlungsleistung) oder mehr, die gewerblich betrieben werden und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 GHz (300000 MHz) erzeugen, die maximal zulässigen Feldstärkewerte festgelegt worden.

Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird in einem Anzeigeverfahren zur Erteilung der Standortbescheinigung durch die Bundesnetzagentur (BNetzA; www.bundesnetzagentur.de) auf der Grundlage der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV) überprüft. In verschiedenen Messkampagnen der BNetzA wurde auch im Jahr 2008 gezeigt, dass die Grenzwerte an den Orten, an denen sich Menschen aufhalten, um Größenordnungen unterschritten werden.

Die Bundesnetzagentur stellt auf Ihren Internetseiten seit 2003 eine Standortdatenbank zur Verfügung (<http://emf.bundesnetzagentur.de>). Der Öffentlichkeit ist damit eine Online-Recherche von Messorten der EMF-Messreihen und von in Betrieb befindlichen Standorten von Funkanlagen, für die die BNetzA eine Standortbescheinigung erteilte, möglich. Darüber hinaus bildet sie eine Plattform für die Veröffentlichung von EMF-Messreihen der Landesumweltministerien. Die Messorte werden von der Bundesnetzagentur und den Landesumweltministerien festgelegt. Im Rahmen der EMF-Messreihe der Bundesnetzagentur kann jedes Landesumweltministerium eine bestimmte Anzahl von Messorten frei wählen. Die BNetzA übernimmt die Standortauswahl der Länder unverändert und führt die Messung durch. Die Bundesnetzagentur trifft die Auswahl ihrer Messorte nach den folgenden Kriterien:

- Nähe zu ortsfesten Funkanlagen (z. B. Rundfunksender, Betriebsfunkanlagen, Mobilfunkanlagen, etc.),
- öffentliche Wege und Plätze,
- Bereiche von besonderem Interesse (z. B. Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser usw.),
- Messorte an denen bei früheren BNetzA Messungen eine vergleichsweise hohe Ausschöpfung der Grenzwerte festgestellt wurde (dies trifft insbesondere für Messorte im direkten Umfeld von Rundfunksendern zu).

Der Qualitätsmaßstab für die in der EMF-Datenbank enthaltenen Messungen ist die Messvorschrift der Regulierungsbehörde. Diese Messvorschrift wurde mit den Umweltministerien der Länder abgestimmt. Damit steht für den gesamten von Funkanlagen genutzten Frequenzbereich (9 Kilohertz bis 300 Gigahertz) ein einheitlicher und verbindlicher Maßstab für die messtechnische Bewertung der Gesamtmissionen zur Verfügung. In die EMF-Datenbank der BNetzA können nur Messungen von Dritten aufgenommen werden, wenn sie dem Qualitätsmaßstab entsprechen und von den Umweltministerien der Länder beauftragt und an die BNetzA weitergeleitet wurden.

Mit der EMF-Datenbank ergänzt die BNetzA ihr bisheriges EMF-Monitoring. Sie setzt damit eine Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom September 2001 um, wonach „relevante Immissionen durch elektromagnetische Felder in regelmäßigen Zeitabständen zu prüfen seien“.

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 2008 waren etliche 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 zwei Geräten 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 2008 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 veröffentlicht.

2. Optische Strahlung *(Optical radiation)*

2.1 Solares UV-Monitoring *(Solar 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 (www.bfs.de/de/www/uv/uv_messnetz/uvi/prognose.html) als UVI-Werte veröffentlicht. In Abbildung 1.1-1 sind für das Jahr 2008 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. Die höchsten Werte mit Maximalwerten über 8 traten in der Mitte und im Süden Deutschlands im Mai, Juni und Juli auf. Ein durch Ozon bedingter Effekt kann auf Grund der vielfältigen Einflussgrößen derzeit nicht nachgewiesen werden.

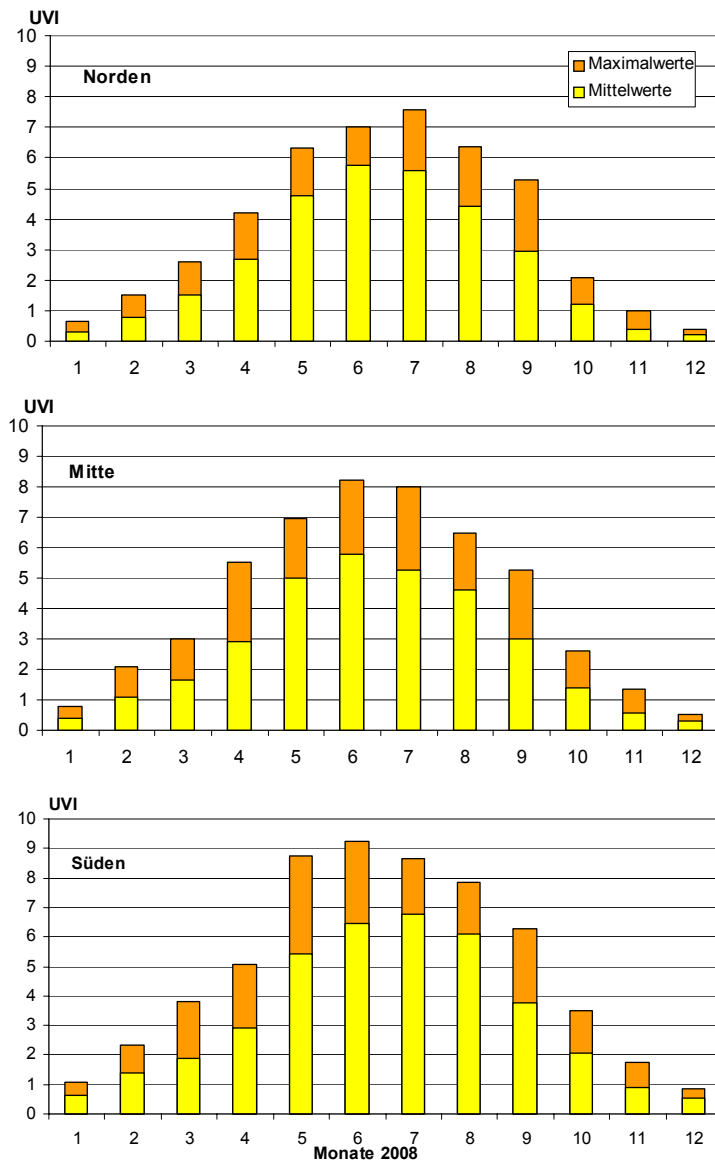


Abbildung 1.1-1 Maximale und mittlere UVI-Werte der Monate im Jahr 2008 (Maximum and mean UVI values per month in the year 2008)

2.2 Forschung (Research)

Die Einwirkung von künstlicher oder im Sonnenlicht enthaltener UV-Strahlung führt zu dauerhaften und irreversiblen Veränderungen an Auge und Haut. Geringe Sonnenexposition ist 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 sein könnten. Auf Grund dieser Aussagen existieren international widersprüchliche Empfehlungen in Bezug auf eine gesundheitsfördernde UV-Bestrahlung.

Mittels epidemiologischer Studien und durch Untersuchungen an Tiermodellen und Zellen konnte 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 2008 Forschungsvorhaben im Bereich UV und auch in Bezug auf das mögliche Zusammenwirken von UV und IR durch das BfS initiiert bzw. durchgeführt.

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-D₃-Bedarfs im menschlichen Körper
- Bestimmung der individuellen UV-Exposition in Abhängigkeit von Lebensstil und aktuellem UV-Index

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. 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. Abschließende Ergebnisse werden Ende 2009 erwartet.

Ziel des Vorhabens „UV-abhängige Vitamin-D-Synthese - Bilanzierung der Expositionszeit durch UV zur Produktion des optimalen Vitamin-D₃-Bedarfs im menschlichen Körper“ ist es, das quantitative Verhältnis von UV-Exposition und Vitamin-D₃-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, abschließende Ergebnisse werden 2010 erwartet.

Ziel des Vorhabens „Bestimmung der individuellen UV-Exposition in Abhängigkeit von Lebensstil und aktuellem UV-Index“ ist, mit Hilfe von UV-Personendosimetern die individuelle UV-Exposition unter verschiedenen Randbedingungen und in verschiedenen Bevölkerungsgruppen (Kinder, Schwangere, ältere Menschen, Patienten, etc.) zu erfassen und dies mit dem jeweiligen Lebensstil und dem aktuellen UV-Index als weitere Parameter zu korrelieren. Hiermit soll eine Aussage darüber ermöglicht werden, wie viel UV-Strahlung tatsächlich für die Synthese von ausreichenden Mengen an aktivem Vitamin D₃ zur Verfügung steht. Abschließende Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden Anfang 2010 erwartet.

Forschungsvorhaben zum Thema IR

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

Ziel des Vorhabens, das Ende 2008 abgeschlossen wurde, war 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 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. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur UV-bedingten Karzinogenese nach IR-Vorbehandlung in vivo ergaben kein erhöhtes Risiko für die Hautkrebsentstehung. Allerdings zeigten die Tumoren in den IR-vorbehandelten Tieren ein etwas aggressiveres Wachstum, was möglicherweise auf eine Beeinträchtigung der immunologischen Tumorbekämpfung zurückzuführen ist. Eindeutige Empfehlungen zum Schutz gegen Infrarotstrahlung, insbesondere auch beim Sonnenschutz, können daher erst nach weiterführenden Untersuchungen gegeben 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 2008 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.

Darüber hinaus verpflichtet sich der Studiobetreiber, Personen unter 18 Jahren die Nutzung seiner Geräte zu untersagen. Neue europäische Vorgaben, u.a. hinsichtlich der Bestrahlungsstärke, erfordern die Anpassung der bisherigen Kriterien. Das Zertifizierungsverfahren „zertifiziertes Solarium“ wurde demzufolge im Jahr 2007 von dem Verfahren „geprüftes Sonnenstudio“ abgelöst.

Bis Ende 2008 wurden knapp 800 Sonnenstudios von ca. 5.500 Sonnenstudios deutschlandweit (nach Angaben von Vertretern der Solarienbranche) zertifiziert.

Das BfS führte in 2006, 2007 und 2008 Überprüfungen der als zertifiziert gemeldeten Sonnenstudios durch. Die bereits in 2006 und 2007 vorgefundenen Mängel bei der Umsetzung der Kriterien des BfS zeigten sich erneut bei der stichprobenartigen Überprüfung zertifizierter Solarien Ende 2008. Der Bericht hierzu ist veröffentlicht unter www.bfs.de/de/uv/solarien/Solarienueberpruefung.html. Dieses ernüchternde Ergebnis macht deutlich, dass das freiwillige Zertifizierungsverfahren keinen effektiven Verbraucherschutz in Sonnenstudios gewährleisten kann.

Um den Verbraucher vor den nachgewiesenen Gesundheitsgefahren durch UV-Strahlung zu schützen, hat das BMU mit Unterstützung des BfS rechtlich verbindliche Regelungen zu Solarien erarbeitet (gesetzliches Solarienbenutzungsverbot für Minderjährige, Qualitätsanforderungen an den Betrieb von Solarien wie z. B. Begrenzung der Bestrahlungsstärke, Einsatz von qualifiziertem Personal, Informations- und Dokumentationspflichten).