

VI NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG

(NON-IONISING RADIATION)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Elektromagnetische Felder - Forschung und aktuelle Themen (*Electromagnetic fields - research activities and current topics*)

1.1 Elektromagnetische Felder allgemein (*Electromagnetic fields in general*)

Mit dem zunehmenden Technisierungsgrad der Umwelt steigt auch die Zahl der künstlichen Quellen, die zu einer Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber nichtionisierender Strahlung beitragen können. Unter dem Begriff „Nichtionisierende Strahlung“ werden elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder in einem Frequenzbereich von 0 Hertz (Hz) bis 300 Gigahertz (GHz) sowie optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 Nanometer bis 1 Millimeter zusammengefasst.

Das gleichzeitige Einwirken elektromagnetischer Felder von mehreren Quellen sowie neue Technikentwicklungen stellen eine aktuelle Herausforderung für den Strahlenschutz dar. Dabei sind neue und absehbare Technikentwicklungen zu berücksichtigen. Im hierzu 2010 durchgeführten Forschungsvorhaben (siehe Kasten) wurden Vorschläge zur systematischen Identifizierung künstlicher Quellen nichtionisierender Strahlung erarbeitet, die einen relevanten Beitrag zur Exposition der allgemeinen Bevölkerung liefern können. Auf Grund der unterschiedlichen Expositionscharakteristika und der ungleichen gesundheitlichen Risiken nieder- und hochfrequenter Strahlung auf der einen und optischer Strahlung auf der anderen Seite wurde ein differenziertes Bewertungsschema entwickelt. Bei der Mehrzahl der im Projekt als relevant identifizierten Quellen beruht die Einordnung auf der Bewertung unbeabsichtigt emittierter niederfrequenter Felder (z. B. Streufelder). Da alle netzbetriebenen elektrischen Geräte von derartigen Feldern umgeben sind, ist die Zahl der in diesem Teil des elektromagnetischen Spektrums zu erfassenden Quellen besonders groß.

Das hierzu in 2010 durchgeführte Forschungsvorhaben ist:

Systematische Erfassung aller Quellen nichtionisierender Strahlung, die einen relevanten Beitrag zur Exposition der Bevölkerung liefern können
nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201101134413

Einige der als relevant bzw. bedingt relevant identifizierten Quellen unterliegen in Deutschland immissionsschutzrechtlichen Regelungen, so z. B. elektrische Energieversorgungsleitungen und Mobilfunksendeanlagen. Hinsichtlich des Schutzes der Allgemeinheit vor potenziellen schädlichen Feldeinwirkungen berücksichtigen diese Regelungen neben den Immissionen der jeweiligen Anlage allerdings nur Beiträge anderer ortsfester Emittenten vergleichbarer Art. Mögliche Expositionsbeiträge netzbetriebener elektrischer Geräte oder mobiler Hochfrequenzsender (z. B. Mobiltelefone) bleiben unberücksichtigt bzw. sind insgesamt nicht geregelt. Der Betrieb von Geräten unterliegt vielfach keinen unmittelbar den Strahlenschutz betreffenden Regelungen.

Die Projektergebnisse geben Hinweise auf Quellen nichtionisierender Strahlung, bei denen Kenntnislücken bezüglich möglicher Expositionen von Personen bestehen. Sie enthalten weiter Hinweise, welche Techniken in Zukunft für die Exposition der Bevölkerung relevant werden könnten und bestätigen auf folgende Weise die Bedeutung, die dem europäischen Normungsprozess zukommt: Die Anwendung harmonisierter technischer Normen ist zwar freiwillig, die dort definierten Verfahren werden aber vielfach genutzt, da man davon ausgeht, dass dadurch die Anforderungen der europäischen Richtlinien, einschließlich des Schutzes vor Gefahren durch Strahlung, erfüllt sind. Dies ist eine Voraussetzung für das Inverkehrbringen und für die Inbetriebnahme von Produkten auf dem europäischen Gemeinschaftsmarkt und deshalb können bei fehlenden weitergehenden Regelungen die in den europäischen Normen definierten Verfahren für den Strahlenschutz hohe Bedeutung erlangen.

1.2 Statische Magnetfelder (*Static magnetic fields*)

Personen, die als medizinisches Personal direkt in der Nähe von Magnetresonanztomographen (MRT) arbeiten, sowie Patienten sind starken statischen Magnetfeldern mit magnetischen Flussdichten von 3 Tesla (T) und mehr ausgesetzt. Ab einer Schwelle von etwa 2-4 T wird über vorübergehende Effekte berichtet, die zu einer Gefährdung an bestimmten Arbeitsplätzen oder bei bestimmten Tätigkeiten führen können. Betroffen sind im Wesentlichen kognitive Fähigkeiten. Dieses Thema ist für den Schutz des medizinischen Personals von hoher Priorität, da zunehmend Arbeitnehmer solchen und weitaus höheren Feldern ausgesetzt werden. Die Feldstärkewerte neuer Technologien (im medizinischen Bereich) erreichen bereits jetzt Werte im Bereich von 10 T. In naher Zukunft ist mit der Einführung von so genannten 7-Tesla-Geräten in die klinische Routine zu rechnen. Da es oberhalb von 4 T keine verlässlichen Informationen über mögliche gesundheitlichen Risiken starker statischer Magnetfelder der Magnet-Resonanz-Tomographie gab, wurden diese in drei Forschungsvorhaben des UFOPLANs überprüft. Es ging dabei vor allem um den Schutz von schwangeren Patientinnen und des medizinischen Personals sowie um die kognitive Leistungsfähigkeit von Personen, die sich in starken Feldern und räumlichen Gradienten der statischen Magnetfelder bewegen. Die im Jahr 2011 abgeschlossenen Forschungsvorhaben hierzu sind:

Auswirkungen wiederholter Exposition mit starken statischen Magnetfeldern des MRT auf die Endpunkte Fortpflanzung und Entwicklung im Tiermodell

[doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201112226819](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-201112226819)

Auswirkungen wiederholter Exposition mit starken statischen Magnetfeldern des MRT während der Embryonalentwicklung auf kognitives und emotionales Verhalten bei Mäusen

[doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201112226829](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-201112226829)

Auswirkungen der Exposition mit starken statischen Magnetfeldern auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Probanden

[doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201203127647](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-201203127647)

Das Vorhaben „Auswirkungen wiederholter Exposition mit starken statischen Magnetfeldern des MRT auf die Endpunkte Fortpflanzung und Entwicklung im Tiermodell“ diente der Klärung, ob statische Magnetfelder einen Einfluss auf die Fortpflanzung und die embryonale und postembryonale Entwicklung von Säugetieren haben. Es zeigte sich, dass in dieser tierexperimentellen Studie die Spermatogenese (Bildung männlicher Keimzellen) bei männlichen Mäusen sowie die Schwangerschaftsrate und der Verlauf bei weiblichen Tieren durch eine wiederholte Magnetfeldexposition bis 7 T nicht beeinträchtigt wurde. Die während ihrer embryonalen Entwicklung täglich exponierten Jungtiere zeigten keine gesundheitlich relevanten Einflüsse der Exposition, aber eine leicht verzögerte Entwicklung in Bezug auf Gewicht und das Öffnen der Augen, die möglicherweise stressbedingt war. Das Verhalten der Muttertiere während der Exposition deutete darauf hin, dass sie das Feld wahrgenommen haben. Dies könnte zu einer Stressreaktion geführt haben.

Im Vorhaben „Auswirkungen wiederholter Exposition mit starken statischen Magnetfeldern des MRT während der Embryonalentwicklung auf kognitives und emotionales Verhalten bei Mäusen“ wurde bei Mäusen, die während ihrer Embryonalentwicklung täglich mit bis zu 7 T exponiert wurden, die weitere Entwicklung des Verhaltens im jungen Erwachsenenalter untersucht. Dabei blieb das kognitive und emotionale Verhalten der Jungtiere in Bezug auf Lernfähigkeit, Gedächtnis, Ängstlichkeit und Depressivität unbeeinflusst.

Das Vorhaben „Auswirkungen der Exposition mit starken statischen Magnetfeldern auf die kognitive Leistungsfähigkeit von Probanden“ befasste sich mit möglichen Auswirkungen starker statischer Magnetfelder auf die kognitive Leistungsfähigkeit, das Wohlbefinden und das Stressempfinden bei Menschen. In der Probandenstudie traten bei einigen Menschen bei 7 T und bei Bewegungen im Gradienten des statischen Magnetfelds Schwindel, Lichtblitze und Klingeln im Kopf auf. Trotz dieser Wahrnehmungen hatten die Magnetfelder keinen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Testpersonen, wie z. B. Gedächtnis, Reaktionszeiten und Koordination von Bewegungen, und verursachten keinen Stress. Die meisten Personen konnten sich an die Felder schnell gewöhnen und hatten dann keine Beschwerden mehr.

Insgesamt haben die genannten Forschungsvorhaben keine gesundheitlichen Risiken für schwangere Patientinnen und das medizinische Personal aufgedeckt. Eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit von Mediziner:innen, die Eingriffe an offenen MRT-Systemen durchführen, ist ebenfalls nicht zu erwarten.

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

Auf Grund der konsistenten Ergebnisse epidemiologischer Studien wird eine Krebs begünstigende Wirkung niederfrequenter Magnetfelder im Fall der im frühen Kindesalter auftretenden Leukämie diskutiert. Die Studien zeigen einen statistisch signifikanten Zusammenhang bei einer erhöhten häuslichen Magnetfeldexpositionen von mehr als 0,3 - 0,4 Mikrottesla (μT). Deshalb haben die WHO und die IARC bereits 2002 niederfrequente Magnetfelder als „möglicherweise krebserregend“ (Klasse 2B) eingestuft. Die Ergebnisse zeigen sich auch in neueren epidemiologischen Studien, konnten jedoch durch tierexperimentelle Arbeiten und Untersuchungen an Zelllinien bisher nicht bestätigt werden.

Da man bei der Entstehung von Leukämien im Kindesalter von einem multifaktoriellen Geschehen ausgeht, bemüht sich das BfS durch Forschungsprojekte und Expertendiskurs zu klären, ob und wenn ja welchen Beitrag ionisierende und nichtionisierende Strahlung an der Anzahl der Erkrankungen (Inzidenzraten) an Leukämie im Kindesalter hat. Nach einem internationalen Workshop zu allen bekannten genetischen und umweltbedingten Risikofaktoren im Mai 2008 folgte im Juli 2009 ein weiteres Expertengespräch. Es zeigte sich, dass die Komplexität dieser Fragestellung eine mittel- bis langfristig angelegte, interdisziplinäre Forschungsplanung erfordert, die die wissenschaftliche Basis für Präventionsmaßnahmen liefern kann. Eine entsprechend umfassende Forschungsagenda wurde von eingeladenen Experten im Juli 2010 erarbeitet und in einem Fachjournal veröffentlicht. Auf Basis der Forschungsagenda wurden vom BfS fünf Pilot- und Machbarkeitsstudien im Rahmen des UFOPLANs initiiert. Für weiterführende Studien gemäß der Forschungsagenda ist die Beteiligung anderer nationaler wie internationaler Forschungsfördereinrichtungen unerlässlich.

Epidemiologische Studien deuten darauf hin, dass bei starker beruflicher Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern verstärkt neurodegenerative Erkrankungen auftreten. Meist sind dies langsam fortschreitende Erkrankungen des Nervensystems mit fortschreitendem Verlust von Nervenzellen, die häufig zu Demenz und/oder Bewegungsstörungen führen. Insgesamt scheint es vor allem bei der Alzheimer-Demenz und der amyotrophen Lateralsklerose (Schädigung der Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern), nicht aber bei der Parkinson-Krankheit und der Multiplen Sklerose einen statistischen Zusammenhang zu geben. Um zu klären, ob diese neurodegenerativen Erkrankungen tatsächlich ursäch-

lich mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern zusammenhängen und welche Wirkmechanismen zu Grunde liegen, wurde eine umfangreiche tierexperimentelle Studie initiiert. Ergebnisse werden Ende 2013 erwartet.

Im Jahr 2010 hat die Internationale Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung aktualisierte Richtlinien zur Begrenzung der Exposition gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern publiziert. Ein Forschungsvorhaben „Untersuchung des Einflusses von intrakorporalen Feldkomponenten an Gewebegrenzschichten bei der numerischen Bestimmung induzierter Feldstärkeverteilungen in hoch aufgelösten realistischen Computermodellen zur Überprüfung der Einhaltung von Grenzwerten“ wurde 2011 begonnen und vom BfS betreut. Es soll untersucht werden, ob die in den aktuellen Expositionsrichtlinien neu eingeführten Basiswerte konservativ sind und wie Expositionssituationen auf Basis der neuen Richtlinien dosimetrisch untersucht und bewertet werden können. Feldstärkekomponenten im menschlichen Körper, die an Gewebegrenzschichten induziert werden, sollen dabei deshalb besondere Beachtung finden, weil frühere Untersuchungen gezeigt haben, dass diese Komponenten abhängig von der lokalen Gewebeverteilung im Körper großen Einfluss auf die Bewertung haben können.

Im Bereich „Niederfrequente elektromagnetische Felder“ initiierte und koordinierte das BfS im Jahr 2011 folgende Studien:

Einfluss niederfrequenter elektromagnetischer Felder auf das sich entwickelnde blutbildende System, das Immunsystem und das zentrale Nervensystem (ZNS) in vivo
Auswirkungen niederfrequenter Magnetfelder auf die Entstehung und den Verlauf von neurodegenerativen Erkrankungen im experimentellen Modell (www.bfs.de/de/elektro/nff/weitere_informationen/Neurodegenerative_Erkrankungen)
Untersuchungen zu den Mechanismen für die biologische Wirkung niederfrequenter Magnetfelder auf das genetische Material und die Signaltransduktion
Untersuchung des Einflusses von intrakorporalen Feldkomponenten an Gewebegrenzschichten bei der numerischen Bestimmung induzierter Feldstärkeverteilungen in hoch aufgelösten realistischen Computermodellen zur Überprüfung der Einhaltung von Grenzwerten

Die Ergebnisse des Vorhabens „Untersuchungen zu den Mechanismen für die biologische Wirkung niederfrequenter Magnetfelder auf das genetische Material und die Signaltransduktion“ liefern Hinweise, auf welchen Wegen nach möglichen Mechanismen für die Wirkung niederfrequenter Magnetfelder auf die Entstehung von Leukämie im Kindesalter weiter gesucht werden kann. Offensichtlich kann eine Exposition mit niederfrequenten Magnetfeldern über die Produktion von reaktiven Verbindungen zu einer Aktivierung von Zellen führen. Bemerkenswert ist, dass die Wirkungen der niederfrequenten Magnetfelder für verschiedene Zelltypen unterschiedlich sind. DNA-Schäden, die durch diese reaktiven Verbindungen ausgelöst werden könnten, wurden aber nicht beobachtet, genauso wenig wie Veränderungen in der Zellzykluskinetik oder bei der Apoptose (Zelltod). Das bedeutet, dass bevorzugt nach epigenetischen Veränderungen oder nach Wirkungen auf Signalübertragungswege gesucht werden muss.

1.4 Hochfrequente elektromagnetische Felder (*High-frequency electromagnetic fields*)

Hochfrequente elektromagnetische Felder (>100 kHz – 300 GHz) kommen in unserem Alltag hauptsächlich bei Anwendungen vor, die zur drahtlosen Informationsübertragung bei Radio, Mobilfunk oder Fernsehen verwendet werden. Der erste Parameter für Maßnahmen zum Schutz vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die Gewebeerwärmung, da in wissenschaftlichen Untersuchungen erst bei einer Erhöhung der Körpertemperatur gesundheitlich bedeutende Beeinträchtigungen beobachtet werden.

Die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der hochfrequenten elektromagnetischen Felder, vor allem des Mobilfunks, waren auch im Jahr 2011 Gegenstand kontroverser öffentlicher und wissenschaftlicher Diskussionen. Dabei geht es um mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge so genannter nicht-thermischer Wirkungen. Nicht-thermische Effekte sind biologische Effekte, die nicht mit einer Erwärmung erklärt werden können. Nicht-thermische Wirkungen wie zum Beispiel Kraftwirkungen auf einzelne Zellen sind zum Teil gut untersucht. Sie treten im Mobilfunkfrequenzbereich aber erst bei wesentlich höheren Intensitäten auf als die thermischen Wirkungen. Gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge nicht-thermischer Wirkungen im Bereich niedriger Intensitäten hochfrequenter Felder wurden in jahrzehntelanger Forschung wissenschaftlich nicht nachgewiesen.

Auch das in den Jahren 2002 bis 2008 durchgeführte Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm (www.emf-forschungsprogramm.de/) ergab in Übereinstimmung mit weiteren nationalen und internationalen Forschungsergebnissen, dass die früheren Hinweise auf mögliche biologische Wirkungen bei Intensitäten unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte (www.bfs.de/de/elektro/hff/wirkungen) in unabhängigen Wiederholungsstudien nicht bestätigt werden konnten.

Wissenschaftliche Unsicherheiten verbleiben vor allem hinsichtlich der Frage zu möglichen Langzeitriskiken für Handy-nutzungszeiten von mehr als 10 Jahren und der Frage, ob Kinder stärker durch hochfrequente elektromagnetische Fel-der exponiert sind oder darauf empfindlicher reagieren als Erwachsene. Diese Unsicherheiten führten dazu, dass 2011 die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hochfrequente elektromagnetische Felder ebenso wie die nieder-frequenten elektrischen und magnetischen Felder der Stromversorgung in Gruppe 2b („möglicherweise krebserre-gend“) eingestuft hat (Gruppe 1: krebserregend, Gruppe 2a: wahrscheinlich krebserregend, Gruppe 2b: möglicherweise krebserregend, Gruppe 3: nicht klassifizierbar, Gruppe 4: wahrscheinlich nicht krebserregend).

Dies und die Nutzung neuer technologischer Anwendungen verschiedener Frequenzbereiche hochfrequenter elektro-magnetischer Felder, z. B. Anwendungen wie die im Millimeterwellen- oder Terahertzbereich arbeitenden Körperscan-ner, erfordert weitere Forschung zur Verbesserung der wissenschaftlichen Datenlage.

Die hierfür auf Initiative des BfS im Jahr 2011 beauftragten und betreuten Forschungsvorhaben sind:

Einfluss hochfrequenter Felder auf menschliche Fibroblasten (Gentoxizität)
Gentoxische Effekte von Terahertz-Strahlung in vitro
Altersabhängige Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf Entwicklungs- und Differenzierungsprozesse des Zentralnervensystems in juvenilen Labornagern
Tumorpromotion durch hochfrequente elektromagnetische Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen
Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Bestimmung der Exposition gegenüber nichtionisierender Strah-lung mit Frequenzen im Terahertzbereich
Bestimmung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern, die durch den Einsatz von Radio-Fre-quency-Identification (RFID) -Technologien entstehen

Die Mobilfunkbetreiber haben sich im Dezember 2001 gegenüber der Bundesregierung dazu verpflichtet, den Verbrau-cher- und Gesundheitsschutz im Bereich des Mobilfunks zu verbessern. Die hierzu abgegebene Selbstverpflichtung hat vier Schwerpunkte:

- Die Verbesserung von Kommunikation und Partizipation bei der Standortfindung,
- Verbraucherschutz und Verbraucherinformation zu Handys,
- Die finanzielle Unterstützung der Erforschung der Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder,
- Die Beteiligung am Aufbau einer EMF-Datenbank (EMF = elektromagnetische Felder) bei der Bundesnetz-agentur (BNetzA), eines Netzes von EMF-Monitoren und an EMF-Messprogrammen.

Unabhängig erstellte Gutachten dienen der Bundesregierung als Grundlage für die jährlich mit den Mobilfunkbetreibern geführten Überprüfungsgespräche. Aus diesen Gutachten ergibt sich, dass die wesentlichen Ziele - die Klärung offener Forschungsfragen, die Verbesserung der Transparenz beim Netzausbau und bei den tatsächlich gemessenen Immis-sionen - erreicht wurden. Insoweit hat sich die Selbstverpflichtung in der Auseinandersetzung um den Ausbau des Mo-bilfunks in Deutschland bewährt. Es zeigt sich aber auch, dass bei der Lösung von Standortkonflikten, in einzelnen Be-reichen der Forschung, bei der Information der Bürgerinnen und Bürger sowie bei der Verbraucherinformation trotz erreichter Verbesserungen nach wie vor weiterer Handlungsbedarf besteht. Im Juni 2008 haben die Mobilfunkbetreiber zugesagt, die Selbstverpflichtung fortzuführen und dies 2011 noch einmal bekräftigt.

Der derzeit im Aufbau befindliche Funkdienst für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS-Funk) basiert auf dem TETRA (Terrestrial Trunked Radio)-Standard. Die genutzten Sendefrequenzen liegen bei etwa 400 MHz. Das System wird parallel zu den bestehenden öffentlichen Mobilfunknetzen GSM900, GSM1800 und UMTS aufgebaut. Wie auch bei den öffentlichen digitalen Netzen handelt es sich bei TETRA um ein zelluläres Mobilfunknetz, bestehend aus vielen kleinen Versorgungszellen mit jeweils einer Basisstation, die insgesamt das Bundesgebiet abde-cken sollen.

Um beim Ausbau des BOS-Netzes die grundlegenden Anforderungen des Strahlenschutzes sowie der Information und Risikokommunikation angemessen zu berücksichtigen, hat das BfS mit der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Be-hörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) eine Vereinbarung geschlossen. Darin ist festgelegt, dass die BDBOS zur Klärung offener wissenschaftlicher Fragen die Durchführung von Forschungsvorhaben zur Risi-kobewertung von Feldern des TETRA-Standards finanziert. Die fachliche und administrative Bearbeitung und die Ver-gabe der Forschungsvorhaben erfolgt durch das BfS in Anlehnung an die Verfahren, die sich in Umsetzung der Selbst-verpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber bewährt haben.

Risikokommunikation

Speziell für den Bereich „Mobilfunk“ wurden bereits im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms For-schungsvorhaben durchgeführt, mit dem Ziel, die Wahrnehmung des Mobilfunks in der Gesellschaft und die Risiko-

wahrnehmung an sich zu erfassen sowie Möglichkeiten zur Verbesserung der Risikokommunikation zu diesem Thema aufzuzeigen. Hierzu wurde 2011 folgendes Forschungsvorhaben vom BfS initiiert und koordiniert:

Internationaler Experten-Workshop zur Weiterentwicklung des EMF-Portals

Ziel des Experten-Workshops war es, das EMF-Portal bei internationalen Experten besser bekannt zu machen und es ihnen als wertvolles Hilfsmittel für die Risikobewertung für elektromagnetische Felder vorzustellen. Wünsche der Experten hinsichtlich einer Verbesserung und Erweiterung des Portals wurden aufgenommen und sollen in einem weiteren Vorhaben umgesetzt werden.

Umweltzeichen „Blauer Engel“

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001 empfohlen, „bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.“

Die SSK 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 für den Verbraucher sichtbar zu kennzeichnen, wurden die Vergabekriterien für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ (RAL-UZ 106) 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 werden.

Das BfS stellt in regelmäßigen Abständen die unter standardisierten Bedingungen ermittelten SAR-Werte handelsüblicher Mobiltelefone in einer Liste zusammen und veröffentlicht sie unter www.bfs.de/de/elektro/okolabel.html. Zurzeit umfasst die Erhebung 1784 Geräte von 50 Herstellern und vier Netzbetreibern. In der folgenden Tabelle wurden nur Geräte berücksichtigt, für die ein SAR-Wert vorliegt:

**Tabelle 1.4-1 SAR-Werte für Mobiltelefone
(SAR values for mobile phones)**

Betrachtete Modelle	SAR-Werte für den Anwendungsfall „Handy am Kopf“			SAR-Werte für körpernah betriebene (body worn) Mobiltelefone		
	Anzahl	SAR-Wert W/kg	Bis 0,6 W/kg (strahlungs- arm *)	Anzahl	SAR-Wert W/kg	Bis 0,6 W/kg
Klassische Mobiltelefone und Smartphones (nur aktuell erhältliche)	300	0,05 -1,86	39 % der Modelle	117	0,24 -1,84	21 % der Modelle
Smartphones (nur aktuell erhältliche)	218	0,05 -1,86	38 % der Modelle	82	0,37 -1,84	22 % der Modelle
Klassische Mobiltelefone und Smartphones **	1570	0,05 -1,94	31 % der Modelle	247	0,003 -1,91	22 % der Modelle
Smartphones **	239	0,05 -1,86	37 % der Modelle	85	0,003 -1,84	25 % der Modelle

* „strahlungsarm“ gemäß Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens „Blauer Engel“

** inklusive nicht mehr in Produktion befindlicher Auslaufmodelle

Unter www.bfs.de/de/elektro/hff/anwendungen/mobilfunk/okolabel_mobiltelefone.html erfolgt eine kurze statistische Auswertung der Erhebung zur Frage, wie viele Geräte aus dieser Liste das Kriterium für die Vergabe des Umweltzeichens "Blauer Engel" (SAR-Wert bis 0,6 W/kg) zurzeit erfüllen bzw. seit Beginn der Erhebungen im Jahre 2002 erfüllt haben. Demnach konnte für 1570 klassische Mobiltelefone und Smartphones ein standardisiert ermittelter SAR-Wert (Anwendungsfall Handy am Kopf, „Handys“) gefunden werden. Davon sind 300 aktuelle Geräte (Rest Auslaufmodelle), von denen 221 Geräte zu der, erstmals speziell berücksichtigten, Gerätegruppe der multimedialfähigen Smartphones gezählt werden können.

Es lässt sich erkennen, dass aus Sicht des Strahlenschutzes mit der Begrenzung auf einen SAR-Wert bis 0,6 W/kg ca. 39 % der im August des Jahres 2012 auf dem deutschen Markt aktuell erhältlichen klassischen Mobiltelefone und Smartphone mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ hätten ausgezeichnet werden können; zieht man hier nur die aktuell erhältlichen Smartphone in Betracht, dann wären es 38 % gewesen.

Ein Hersteller hatte 2007 das Umweltzeichen für ein Modell beantragt und erhalten, den Vertrag Ende 2009 allerdings aufgekündigt. Ansonsten lehnen die Handyhersteller das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Mobilfunkendgeräte geschlossen ab.

Informationen zu den Vergabegründungen für den „Blauen Engel“ für Handys durch das Deutsche Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung RAL gGmbH (RAL-UZ 106) sind auf der Internetseite http://www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/produktsuche/produkttyp.php?id=168 zu finden.

Für 247 von insgesamt 1784 erfassten Geräten konnte ein SAR-Wert für den Anwendungsfall Betrieb am Körper (body worn) erhoben werden. Auch hier gilt der Teilkörper-Basisgrenzwert von 2 W/kg. Im Unterschied zum Anwendungsfall Handy am Kopf ist in der Vergabegründung für das Umweltzeichen Blauer Engel noch keine spezielle Anforderung für den Betrieb am Körper enthalten. In Tabelle 1.4-1 wird der Anteil der Mobiltelefone aufgeführt, die analog zum Strahlenschutzkriterium des Blauen Engels einen SAR-Wert bis zu 0,6 Watt pro Kilogramm für den Anwendungsfall body worn vorweisen.

Bei der Messung des SAR-Werts für diesen Anwendungsfall gehen die Hersteller davon aus, dass von ihnen empfohlenes Zubehör, z. B. Handytaschen mit eingebautem Abstandshalter, verwendet wird. Wenn der Benutzer die Herstellerempfehlung in der Praxis nicht beachtet, können höhere SAR-Werte auftreten. Im ungünstigen Fall kann sogar der empfohlene Grenzwert überschritten werden.

Die Dicken der von den Herstellern verwendeten Abstandshalter und damit die gewählten Messabstände bei der Ermittlung der body-worn-Werte sind nicht einheitlich. Um dies zu dokumentieren und um eine bessere Vergleichbarkeit dieser SAR-Werte zu ermöglichen, werden die herstellerseitig genannten Messabstände in der SAR-Werteliste in einer separaten Spalte erstmalig angegeben (88 Angaben wurden gemacht).

Das Bundesamt für Strahlenschutz hält eine für den Verbraucher einfach zu erkennende Kennzeichnung nach wie vor für wünschenswert. Die Hersteller sind weiterhin aufgefordert, die Entwicklung strahlungsärmerer Handys voranzutreiben und sich auch weiter an einer verstärkten Verbraucherinformation zu beteiligen.

Ende 2006 wurden für Säuglingsüberwachungsgeräte (Babyphone) die Vergabegründung für den „Blauen Engel“ (RAL-UZ 125) veröffentlicht (siehe www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/produktsuche/produkttyp.php?id=353). 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 Umweltzeichens „Blauer Engel“ ausgeschlossen. Daneben werden die Energieeffizienz und die Materialeigenschaften im Hinblick auf Umwelt- und Recyclingfreundlichkeit berücksichtigt.

Seit Anfang 2009 gibt es ein Umweltzeichen (RAL-UZ 131, www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/vergabegrundlage.php?id=209) für solche DECT-Schnurlostelefone, die die in den Vergabegründungen genannten Kriterien „Anpassung der Sendeleistung“, „Reichweitenbegrenzung“ sowie „Abschalten der Sendesignale im Standby-Betrieb“ erfüllen.

Weitere Produkte, die mit dem Umweltzeichen ausgezeichnet werden können, wenn bestimmte Anforderungen an die Strahlungseigenschaften nachgewiesen werden, sind:

- Router (RAL-UZ 160, seit 2011, www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/vergabegrundlage.php?id=227),
- Mikrowellenkochgeräte für den Hausgebrauch (RAL-UZ 149, seit 2010, www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/vergabegrundlage.php?id=200),
- Lampen (RAL-UZ 151, seit 2010, www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/vergabegrundlage.php?id=207).

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.

Seit 1993 wird die bodennahe solare UV-Strahlung an zehn repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich und spektral aufgelöst gemessen. An den Messungen sind das BfS, das Umweltbundesamt und weitere staatliche und universitäre Institutionen beteiligt. Die Messdaten werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim gesundheitlich bewertet, dokumentiert und regelmäßig veröffentlicht.

Der globale solare UV-Index (UVI) ist ein Maß für die am Boden vorliegende sonnenbrandwirksame Strahlung. Sowohl die täglichen Messwerte aller Stationen als auch die 3-Tages-Prognose in den Sommermonaten werden vom BfS als UVI im Internet unter www.bfs.de/de/uv/uv_messnetz/uvi veröffentlicht. In Abbildung 1.1-1 sind für das Jahr 2011 die maximalen und mittleren UVI-Werte eines jeweiligen Monats für den Norden (Messstation 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. Im Norden und in der Mitte Deutschlands trat im Juni 2011 und im Süden Deutschlands im Mai und Juni 2011 ein UVI-Wert von 9 auf. Eine durch

den Abbau der atmosphärischen Ozonschicht bedingte Zunahme der UV-Strahlungsintensität kann auf Grund der vielfältigen Einflussgrößen derzeit nicht nachgewiesen werden.

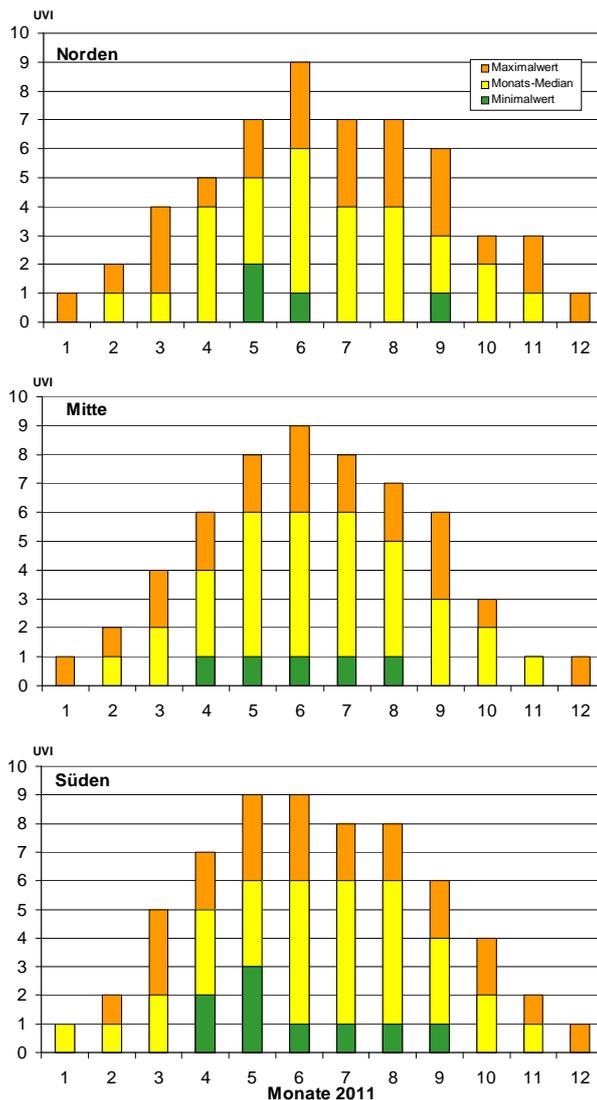


Abbildung 1.1-1

Maximale, mittlere und minimale UV-Werte der Monate im Jahr 2011 (Maximum, median and minimum UVI values per month in the year 2011)

2.2 Forschung (Research)

Übermäßige UV-Belastung führt zu sofortigen sowie dauerhaften und irreversiblen Gesundheitsschäden an Auge und Haut. Gleichzeitig wirkt sich UV-Strahlung gesundheitsfördernd aus, indem durch UV-B-Strahlung die körpereigene Synthese von Vitamin D induziert wird. Vitamin D wird vor allem für den Calcium- und Phosphatstoffwechsel, insbesondere für den Knochenaufbau benötigt, ist jedoch ebenfalls an Prozessen wie Zelldifferenzierung, Zellvermehrung oder Immunmodulation beteiligt. Weiterhin wird diskutiert, ob eine ursächliche Beziehung zwischen Vitamin-D-Status und Krebsrisiko besteht, also ob ein niedriger Vitamin-D-Status das Risiko zum Beispiel für Darmkrebs erhöhen könnte. Die Tatsache, dass UV-B-Strahlung ein nachgewiesenes Kanzerogen ist, gleichzeitig aber auch für die körpereigene Vitamin-D-Synthese benötigt wird, führt zu international widersprüchlichen Empfehlungen hinsichtlich einer gesundheitsförderlichen UV-Exposition - also letztendlich hinsichtlich des richtigen UV-Schutz-Verhaltens. Daher wurden Forschungsanstrengungen unternommen, um der Frage nachzugehen, welchen UV-Intensitäten die deutsche Bevölkerung im Abhängigkeit vom UV-Index und dem individuellem Lebensstil real ausgesetzt ist und welche UV-Dosen zu welchen Vitamin-D-Leveln im Blutserum führen. Im Jahr 2011 wurden hierfür folgende Forschungsvorhaben im Bereich UV abgeschlossen:

Bestimmung der individuellen solaren UV-Exposition in Abhängigkeit von Lebensstil und aktuellem UV-Index
UV-abhängige Vitamin D Synthese - Bilanzierung der Expositionszeit durch UV zur Produktion des optimalen Vitamin-D ₃ -Bedarfs im menschlichen Körper

Das Forschungsvorhaben „Bestimmung der individuellen solaren UV-Exposition in Abhängigkeit von Lebensstil und aktuellem UV-Index“ ergab unter anderem, dass Teile der Bevölkerung auf Grund des individuellen Lebensstils und des individuellen Nutzungsgrades der Sonne (exzessive Sonnenexposition) vergleichsweise großen sonnenbrandwirksamen UV-Dosen ausgesetzt sind, die ein reales Gefährdungspotenzial bedeuten. Betroffen sind hiervon insbesondere Erwachsene mit viel Freizeit sowie Kinder in Kindergärten und Kinder in einigen der betrachteten Ganztagschulen.

Das Forschungsvorhaben „UV-abhängige Vitamin D-Synthese - Bilanzierung der Expositionszeit durch UV zur Produktion des optimalen Vitamin-D₃-Bedarfs im menschlichen Körper“ ergab, dass bereits niedrige UV-Dosen (bis 10 % der minimalen sonnenbrandwirksamen Dosis, MED) ausreichen, um die Vitamin-D-Bildung einzuleiten. Bestrahlungen in Solarien erreichen nur etwa 30 % der Vitamin-D-Bildungseffektivität der natürlichen oder mit einer medizinischen Strahlenquelle simulierten Sonnenstrahlung in gleicher Dosierung. Bis zu einem Alter von 65 Jahren konnte für die Konzentration von 7-Dehydrocholesterol, der Ausgangssubstanz für die Bildung von Vitamin D in der Haut, keine Altersabhängigkeit bestätigt werden. Dafür zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Vitamin-D-Bildungseffektivität der Haut von der Körperregion und der Körperverteilung der UV-Bestrahlung.

2.3 Zertifizierung von Solarienbetrieben (*Certification of solaria*)

Die UV-Belastung der Bevölkerung steigt auf Grund des heutigen Freizeitverhaltens in der Sonne und Nutzung von Solarien in Sonnenstudios und so genannten Wellness-Bereichen kontinuierlich an. Die gleichzeitige Besorgnis erregende Zunahme von Hautkrebs steht in direktem Zusammenhang zu diesem Freizeitverhalten. Deswegen haben sich BMU und BfS auch 2011 für die Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der UV-Belastung durch Solarien für die Nutzer eingesetzt.

Als eine Maßnahme hierzu wurde vor rund zehn Jahren eine freiwillige Zertifizierung für Solarien („Geprüftes Sonnenstudio – zertifiziert nach den Kriterien des BfS“) nach den Kriterien des Runden Tisches Solarien (RTS) etabliert. Die wesentlichen Kriterien für diese Zertifizierung waren:

- keine Nutzung von Solarien für Personen unter 18 Jahre,
- definierte Gerätestandards mit limitierter UV-Bestrahlung,
- einheitliche Betriebsabläufe,
- Einhaltung von Hygienevorschriften,
- fachliche Qualifikation der im Kundenkontakt stehenden Mitarbeiter, und
- Beratung und Information der Kunden mit Hauttypbestimmung und individuell ausgearbeiteten Besonnungsplan.

Stichprobenartige Überprüfungen zertifizierter Sonnenstudios durch das BfS zeigten jedoch, dass auf dieser freiwilligen Basis keine effektiven Verbesserungen des Gesundheits- und Verbraucherschutzes erreicht werden können. Die Ergebnisse der letzten Überprüfung Ende 2008 von 100 Sonnenstudios waren ernüchternd und letztendlich ausschlaggebend dafür, dass durch das BMU mit Unterstützung des BfS einheitliche rechtliche Regelungen für Sonnenstudios erarbeitet wurden.

Im August 2009 trat das „Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen“ (NiSG), und am 1. Januar 2012 die auf diesem Gesetz basierende Rechtsverordnung für Solarien, die „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher ultravioletter Strahlung“ (UVSV) in Kraft. Ein Handeln gegen die Vorgaben des NiSG oder der UVSV bedeutet eine Ordnungswidrigkeit und kann mit Geldbußen bis zu 50.000 Euro geahndet werden. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben liegt bei den Bundesländern.

Das NiSG beinhaltet neben der Ermächtigung zum Erlass von Rechtsverordnungen ein Nutzungsverbot von Solarien für Minderjährige. Seit August 2009 ist es verboten, Minderjährigen die Benutzung von Solarien in Sonnenstudios, ähnlichen Einrichtungen oder sonstigen öffentlichen Räumen zu gestatten. Die Betreiber von Solarien sind grundsätzlich für die Einhaltung dieses Nutzungsverbots verantwortlich.

Die Inhalte der am 1. Januar 2012 in Kraft getretenen UV-Schutz-Verordnung basieren auf den Kriterien, die das Bundesamt für Strahlenschutz vormals mit dem Runden Tisch Solarien (RTS) für das freiwillige Zertifizierungsverfahren festgelegt hatte. Aus Sicht des Strahlenschutzes stellt die UV-Schutz-Verordnung eine gute Lösung für die Einführung wesentlicher Aspekte des Strahlenschutzes in allen Sonnenstudios dar.

Die Verordnung gilt für den Betrieb von UV-Bestrahlungsgeräten, die zu kosmetischen Zwecken oder für sonstige Anwendungen am Menschen außerhalb der Heil- oder Zahnheilkunde gewerblich oder im Rahmen sonstiger wirtschaftlicher Unternehmungen eingesetzt werden. Sie regelt:

- Anforderungen an den Betrieb von UV-Bestrahlungsgeräten,
- Schulungen zur Qualifikation von Fachpersonal,
- Fortbildung von Fachpersonal zum Erhalt der Qualifikation,
- Einsatz und Aufgaben von Fachpersonal in Solarien,
- Informationspflichten gegenüber den Nutzerinnen und Nutzern von Solarien,
- Dokumentationspflichten derjenigen, die UV-Bestrahlungsgeräte betreiben,
- Bußgeldvorschriften bei Zuwiderhandlung sowie
- Übergangsvorschriften für Altgeräte und Schulung von Fachpersonal.

Schulungen und Fortbildungen von Fachpersonal in Solarien dürfen ausschließlich Schulungsstätten durchführen, die hierfür eigens durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (www.dakks.de) akkreditiert wurden.

Das Bundesamt für Strahlenschutz und die Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP) haben für diese Schulungen und Fortbildungen einen „Leitfaden zur Durchführung von Schulungen und Fortbildungen“ erarbeitet (www.bfs.de/de/uv/uv2/solarien/freiw_zertifizierung/UVSV_Schulung.pdf). Darin werden einzuhaltende Ziele der einzelnen Schulungsinhalte, der Bezug der Schulungsinhalte untereinander und die Gewichtung der einzelnen Schulungskomponenten verdeutlicht. Ebenso wird erläutert, welche Lerninhalte zu vermitteln sind und welche nicht. Der Leitfaden dient potenziellen Anbietern von Schulungen und Fortbildungen als Grundlage für die Erstellung von sachgerechten Schulungs- und Fortbildungsunterlagen. Ebenso dient er dazu, Anhaltspunkte für die Entscheidung an die Hand zu geben, ob ein Schulungsträger gemäß den Vorgaben in der UVSV zugelassen, sprich akkreditiert, werden kann.

2.4 Hautkrebspräventionsmaßnahmen (*Skin cancer prevention measurements*)

Seit 2010 führt das Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen seiner Informationskampagne „Sonne – aber sicher“ (www.bfs.de/de/uv/sonne_aber_sicher) bundesweit Aktionen zum UV-Schutz durch. Dazu zählen neben einer mobilen UV-Ausstellung mit einem zum UV-Infomobil ausgebauten Kleinlastwagen vor allem zielgruppenspezifische Unterrichtsmaterialien für Kindergärten, Grundschulen und Schulen der Sekundarstufe I. Diese Unterrichtsmaterialien wurden zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP) und dem Zeitbild-Verlag erarbeitet. Die Unterrichtsmaterialien können ebenso wie sämtliche Informationsmaterialien zum Thema „UV-Strahlung“ kostenlos in gewünschter Stückzahl über das BfS bezogen werden. Im Berichtsjahr wurde auf Initiative des BfS das UV-Bündnis (www.bfs.de/de/uv/uv2/uv_buendnis.html) gegründet, in dem wichtige Partner auf dem Gebiet des UV-Schutzes zusammenwirken. Die Bündnispartner treten gemeinsam für einen verantwortlichen Umgang mit der Sonne und für einen gelebten UV-Schutz ein. Die wichtigsten Aussagen zur Wirkung von UV-Strahlung und Empfehlungen zum notwendigen UV-Schutz hat das UV-Bündnis in einem Faltblatt kurz und verständlich zusammengefasst. Dieses Faltblatt ist auf den Internetseiten des BfS (www.bfs.de/de/bfs/publikationen/broschueren/optische_strahlung/uv_buendnis_flyer.html) veröffentlicht. Es kann dort als PDF-Dokument heruntergeladen oder beim BfS kostenlos bestellt werden. Es eignet sich gleichermaßen als Informationsblatt für Kindergärten, Schulen, öffentliche Einrichtungen und als Patienteninformation in Arztpraxen. Das 2009 in den Krebsfrüherkennungs-Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses festgelegte Hautkrebs-Screening ist eine wichtige Maßnahme, UV-bedingte Hautkrebskrankungen frühzeitig zu erkennen [1].

Literatur

- [1] Bekanntmachung eines Beschlusses des Gemeinsamen Bundesausschusses über eine Neufassung der Früherkennungs-Richtlinien, §§28-36, Bundesanzeiger 61 vom 2. Oktober 2009, http://www.g-ba.de/downloads/39-261-841/2009-06-18-KFU-Neufassung_BAnz.pdf