

ZUSAMMENFASSUNG

A IONISIERENDE STRAHLUNG

Seit 1958 werden die von den amtlichen Messstellen gemessenen Werte der Radioaktivität in der menschlichen Umwelt in Form von Vierteljahresberichten, seit 1968 in Jahresberichten veröffentlicht. Diese Berichte enthalten neben den Ergebnissen der Überwachung der Umweltradioaktivität Angaben über die Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche und künstliche Quellen. Im Folgenden werden Aussagen gemacht über die Strahlenexposition durch

- natürliche Strahlenquellen und zivilisatorisch veränderte natürliche Radioaktivität,
- medizinische Anwendung,
- kerntechnische Anlagen,
- Umgang mit radioaktiven Stoffen,
- berufliche Tätigkeit,
- Kernwaffenversuche,
- Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse,
- die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

Die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2004 ist in der folgenden Tabelle nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die mittlere effektive Dosis ist im Vergleich zu den Vorjahren bis auf den Wert für nuklearmedizinischen Untersuchungen unverändert.

MITTLERE EFFEKTIVE DOSIS DER BEVÖLKERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND IM JAHR 2004

		Mittlere effektive Dosis in Millisievert pro Jahr	
1. Natürliche Strahlenexposition			
1.1	durch kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3	
1.2	durch terrestrische Strahlung von außen bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag) bei Aufenthalt in Häusern (19 Std./Tag)	ca. 0,4	ca. 0,1 ca. 0,3
1.3	durch Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,1	
1.4	durch Ingestion von natürlich radioaktiven Stoffen	ca. 0,3	
Summe der natürlichen Strahlenexposition		ca. 2,1	
2. Zivilisatorische Strahlenexposition			
2.1	durch kerntechnische Anlagen	< 0,01	
2.2	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in der Medizin	ca. 1,9	ca. 0,1
2.3	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt	< 0,01	
	2.3.1 Industrieerzeugnisse		< 0,01
	2.3.2 technische Strahlenquellen		< 0,01
	2.3.3 Störstrahler		< 0,01
2.4	durch Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01	
	2.4.1 von außen im Freien		< 0,01
	2.4.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe		< 0,01
2.5	Strahlenexposition durch den Unfall im Atomkraftwerk Tschernobyl	< 0,015	
Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition		ca. 1,9	

Natürliche Strahlenquellen und zivilisatorisch veränderte natürliche Radioaktivität

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus einer externen und einer internen Komponente, verursacht durch natürlich radioaktive Stoffe in der Umwelt, zusammen. Zur externen Strahlenexposition tragen im Wesentlichen die Höhenstrahlung und die Bodenstrahlung des natürlichen Radionuklids Kalium-40 sowie die Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen des Uran-238 und des Thorium-232 bei. Die interne Komponente der

Strahlenexposition wird zum Großteil durch die Inhalation des natürlichen Edelgases Radon und dessen Zerfallsprodukte verursacht, zum Teil auch durch die Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe mit dem Trinkwasser und der Nahrung. Typischerweise liegt die jährliche effektive Dosis durch natürliche Strahlenquellen im Bereich von 1 bis 6 Millisievert. Unter Verwendung der in den EURATOM-Grundnormen festgelegten Dosisfaktoren ergibt sich ein nomineller Wert von 2,1 Millisievert pro Jahr, wofür insbesondere die Inhalation von Radon in Gebäuden maßgebend ist. Die Einzelbeiträge zur jährlichen mittleren effektiven Dosis gehen aus der vorstehenden Tabelle hervor.

In den letzten Jahren durchgeführte Messungen haben die beträchtlichen regionalen Unterschiede der natürlichen Strahlenexposition aufgezeigt, die durch erhebliche Unterschiede in der Konzentration natürlich radioaktiver Stoffe in Boden und Luft bedingt sind. Die Errichtung von Häusern auf Baugrund mit erhöhtem Uran- und Radiumgehalt und in geringem Maße die Verwendung von Baumaterialien mit erhöhtem Gehalt radioaktiver Stoffe bewirken eine Erhöhung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die aus diesen Radionukliden entstehenden radioaktiven Zerfallsprodukte. In den letzten Jahren wurden nationale und internationale epidemiologische Studien durchgeführt, um das gesundheitliche Risiko der Bevölkerung durch erhöhte Radon-Zerfallsprodukt-Expositionen weiter eingrenzen und abschätzen zu können. Bereits bei Konzentrationen über 100 Bq/m³ zeigt sich eine signifikante Erhöhung des Lungenkrebsrisikos um etwa 10% pro 100 Bq/m³.

Eine bergbaubedingte erhöhte Radonkonzentration in der bodennahen Luft tritt nur in der unmittelbaren Nähe bergbaulicher Anlagen auf und nimmt mit zunehmender Entfernung rasch ab. Insgesamt ergibt sich aus den vorliegenden Messergebnissen, dass in Bergbaugebieten des Uran- und Kupferschieferbergbaus überdurchschnittlich hohe Radonkonzentrationen auftreten, die aber auch in geologisch vergleichbaren Gebieten beobachtet werden und hier deshalb offensichtlich z. T. natürlichen Ursprungs sind. Die Ableitung von Uran, Radium und deren Zerfallsprodukten aus bergbaulichen Anlagen in die Vorfluter der Bergbaugebiete ergibt keine oder nur geringfügige Veränderungen des natürlichen Niveaus dieser Radionuklide.

Zivilisatorische Strahlenquellen

Medizinische Anwendung

Der größte Beitrag zur mittleren effektiven Dosis der zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung wird durch die medizinische Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung verursacht. Der Beitrag durch die medizinische Strahlenexposition lag im Jahr 2002 bei etwa 1,9 Millisievert pro Einwohner. Die nuklearmedizinische Diagnostik trug etwa 0,1 Millisievert zu dieser Strahlenexposition bei. Der Beitrag der Röntgendiagnostik zur effektiven Dosis durch zivilisatorische Strahlenquellen ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen.

Erhebungen durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) über die Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik, die den weitaus größten Beitrag zur zivilisatorischen Strahlenexposition liefert, ergaben eine erhebliche Streubreite der Dosiswerte für einzelne Untersuchungen um mehr als zwei Größenordnungen, die durch individuelle Gegebenheiten bei jedem einzelnen Patienten und durch unterschiedliche technische Standards der Röntgengeräte bedingt sind. Trotz breiter Anwendung alternativer Untersuchungsverfahren (Ultraschall, Endoskopie, Magnetresonanztomographie), weist die aktuelle Erhebung auf einen weitgehend konstanten Verlauf der Untersuchungsfrequenzen über die Jahre 1996 bis 2002 hin. Entsprechende Erhebungen zur Aktualisierung der Daten zur Häufigkeit und Dosis werden beim Bundesamt für Strahlenschutz mit Unterstützung der Kostenträger im Gesundheitswesen seit 1991 kontinuierlich durchgeführt.

In der Nuklearmedizin stellen Schilddrüsen- und Skelettszintigrafie die häufigsten Untersuchungen dar. Zunehmende Bedeutung gewinnt der Einsatz radioaktiv markierter monoklonaler Antikörper im Rahmen der Diagnostik von Entzündungsprozessen und Tumoren sowie in der Therapie von Tumoren. Auch die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) als nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren gewinnt immer mehr an Bedeutung. Nach Einschätzung der PET-Betreiber wird die Anzahl der PET-Untersuchungen in den nächsten Jahren deutlich zunehmen. Dies muss aber nicht zwangsläufig zu einem Anstieg der kollektiven Dosis führen, da die mittlere Dosis pro Untersuchung durch vermehrten Einsatz der 3-D-Akquisitionstechnik reduziert werden kann.

In der Strahlentherapie lässt sich durch den Einsatz neuartiger Bestrahlungstechniken sowie durch verbesserte Möglichkeiten der Bestrahlungsplanung erreichen, dass die Verabreichung der erforderlichen therapeutischen Dosis an den zu behandelnden Körperbereichen (Herddosis) bei gleichzeitiger Begrenzung der Strahlenexposition der übrigen Körperbereiche optimiert wird. Vermehrte Anstrengungen sind in der Tumornachsorge notwendig.

Mit Inkrafttreten der novellierten Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) im Jahr 2001 und der Novelle zur Röntgenverordnung (RöV) im Jahr 2002 wurde der Strahlenschutz von Patienten in wesentlichen Punkten weiter verbessert. Analog zur Strahlenschutzverordnung ist die Entscheidung darüber, ob und ggf. wie Röntgenstrahlung

am Menschen angewendet wird, jetzt mit der Verpflichtung der rechtfertigenden Indikation in der RÖV deutlicher als zuvor festgelegt. Weiterhin wurden die Anforderungen an Fachkunde und Kenntnisse der Personen, die Röntgenstrahlung oder radioaktive Stoffe anwenden bzw. damit Untersuchungen durchführen, erhöht. Als Mittel zur Optimierung des Strahlenschutzes in der radiologischen Diagnostik sind jetzt auch in der Röntgendiagnostik diagnostische Referenzwerte zu beachten. Die Überwachung der diagnostischen Referenzwerte erfolgt durch die Ärztlichen Stellen, die Erstellung und Aktualisierung durch das BfS. Als weitere neue Aufgabe des BfS ist die Erteilung von Genehmigungen zur Anwendung von Röntgenstrahlung in der medizinischen Forschung zu nennen.

Kerntechnik

Durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus Atomkraftwerken, sonstigen kerntechnischen Anlagen und aus dem ehemaligen Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle Morsleben (ERAM) wird die mittlere Strahlenexposition der Bevölkerung nur geringfügig erhöht. Die aus diesen Ableitungen nach der "Allgemeinen Verwaltungsorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung" ermittelten oberen Werte der Strahlenexposition von Einzelpersonen haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte deutlich unterschritten. Gegenüber 2003 zeigen die berechneten Werte der Strahlenexposition allgemein keine wesentlichen Unterschiede. Der Beitrag der kerntechnischen Anlagen im Inland sowie im angrenzenden Ausland zur mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland (Tabelle S. 13 - 2.1) lag auch 2004 unter 0,01 Millisievert pro Jahr.

Umgang mit radioaktiven Stoffen in Forschung, Technik und Haushalt

Bei der Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe zu technischen Zwecken und in der Forschung ist gegenüber dem Vorjahr keine Änderung eingetreten. Auch Geräte, die relativ schwache Strahlenquellen darstellen, wie Fernsehgeräte, Monitore, Rauchmelder und antistatische Vorrichtungen, sind in Gebrauch. Die Strahlenexposition von Einzelpersonen und Gesamtbevölkerung durch technische Geräte wird durch die Bestimmungen der Röntgenverordnung und der Strahlenschutzverordnung begrenzt und so niedrig wie möglich gehalten. Der mittlere Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Umgang mit radioaktiven Stoffen in Forschung, Technik und Haushalt ist kleiner als 0,01 Millisievert pro Jahr.

Berufliche Strahlenexposition

Die mittlere effektive Dosis durch äußere Strahleneinwirkung für alle mit Personendosimetern überwachten Personen (ca. 313.400) lag 2004 bei 0,13 Millisievert. Bei ca. 84% der überwachten Personen wurde während des ganzen Jahres eine effektive Dosis von 0 Millisievert ermittelt. Bei den übrigen Überwachten mit einer Jahresdosis von oder mehr als 0,1 Millisievert (ca. 51.500) ergibt sich eine mittlere Personendosis von 0,82 Millisievert.

Seit 1. August 2003 ist Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann, überwachungspflichtig. Davon waren im Jahr 2004 ca. 30.000 Personen betroffen, für die sich eine mittlere Jahresdosis von 1,94 Millisievert ergibt. Die Verteilung der Jahresdosen entspricht einer Normalverteilung.

Der Beitrag der beruflichen Strahlenexposition zur gesamten mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung beträgt daher 2004 weniger als 0,01 Millisievert.

Kernwaffenversuche

Im Jahr 2004 wurden keine Kernwaffenversuche durchgeführt. Die in der Atmosphäre und in Lebensmitteln nachweisbaren langlebigen radioaktiven Stoffe stammen hauptsächlich aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre. Der Beitrag der damals freigesetzten Radionuklide zur mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ist für 2004 mit weniger als 0,01 Millisievert pro Person anzusetzen.

Strahlenunfälle und besondere Vorkommnisse

Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige besondere Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen selten. Im Berichtsjahr wurde eine Patientin auf Grund einer Verwechslung fehlbestrahlt. Die zusätzliche Dosis für die Patientin betrug ca. 2,5 Gy.

Die Übersicht über die besonderen Vorkommnisse ist in Teil III 3 einzusehen.

Reaktorunfall von Tschernobyl

Die Strahlenexposition infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl nahm 2004 weiter ab; die mittlere effektive Dosis, bedingt durch Cäsium-137, betrug weniger als 0,015 Millisievert. Sie lag damit deutlich unter einem Prozent der natürlichen Strahlenexposition und wird zu rund 90% durch die Bodenstrahlung von Cäsium-137 verursacht. Die mittlere effektive Dosis durch mit der Nahrung aufgenommenes Radiocäsium für das Jahr 2004 lässt sich mit 0,001 Millisievert abschätzen. In Süddeutschland kann diese Strahlenexposition eine Größenordnung höher sein.

B NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG

Den Bereich der nichtionisierenden Strahlung (NIR) bilden statische und niederfrequente elektrische und magnetische Felder, hochfrequente elektromagnetische Felder, die optische Strahlung, zu der die infrarote und die ultraviolette Strahlung (UV) gehören und der Ultraschall. Durch die fortschreitende technische Entwicklung ist die Bevölkerung in immer größerem Umfang nichtionisierender Strahlung, vor allem niederfrequenten Feldern der Energieversorgung und hochfrequenten Feldern drahtloser Kommunikationsnetze ausgesetzt. Der Ausbau der Mobilfunknetze in Deutschland, insbesondere die Einführung der UMTS-Technologie, ist Grund für eine rege öffentliche Diskussion über mögliche gesundheitliche Risiken neuer Kommunikationstechnologien. Das heutige Freizeitverhalten in der Sonne und der zunehmend in Mode kommende "Wellness"-Bereich mit ansteigender Solariennutzung haben darüber hinaus einen Anstieg der UV-Belastung zur Folge. Durch die Verringerung der Ozonschicht wird eine weitere Zunahme der UV-Belastung der Bevölkerung befürchtet. Statische Felder und der Ultraschall spielen vor allem an manchen Arbeitsplätzen und in der Medizin eine Rolle.

Grenzwerte und Grenzwertempfehlungen

Zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen werden von internationalen Strahlenschutzgremien Empfehlungen zur Begrenzung der Exposition ausgesprochen. Diese werden vom Rat der Europäischen Union übernommen. Die derzeit in Deutschland gültigen Grenzwerte für ortsfeste Nieder- und Hochfrequenzanlagen basieren auf diesen Empfehlungen und sind in der 26. BImSchV (26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes; Verordnung über elektromagnetische Felder; gültig seit 1. Januar 1997) festgeschrieben.

Die Einhaltung der Grenzwerte von ortsfesten Hochfrequenzanlagen z. B. des Mobilfunks wird in einem Anzeigeverfahren zur Erteilung der Standortbescheinigung durch die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (Reg TP), heute Bundesnetzagentur (B Netz A), nach telekommunikationsrechtlichen Vorschriften überprüft. Laut Aussage der Reg TP wurden im Jahr 2004 diese Grenzwerte nicht überschritten, sie wurden oftmals erheblich unterschritten.

Die Exposition der Bevölkerung mit niederfrequenten Magnetfeldern, wie sie von ortsfesten Niederfrequenzanlagen sowie von Haushaltsgeräten emittiert werden, liegt laut einer bayerischen Studie im Mittel weit unter den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten.

Auch im Jahr 2004 wurden aufbauend auf einem nationalen und internationalen Wissensaustausch die Grenzwertempfehlungen ständig geprüft. Dabei wurde festgestellt, dass die bestehenden Grenzwerte die Bevölkerung ausreichend schützen.

Optische Strahlung

Die solare UV-Strahlung ist in Bodennähe ausreichend hoch, um einen großen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen sowie auf terrestrische und aquatische Ökosysteme auszuüben. Um das gesundheitliche Risiko zu bestimmen, werden die UV-Werte durch das in Deutschland bestehende UV-Messnetz kontinuierlich erfasst und strahlenhygienisch sowie ökologisch bewertet. Vor allem die beobachtete Zunahme der Hautkrebserkrankungen steht im Zusammenhang mit einer erhöhten UV-Exposition, die auf ein verändertes Freizeit- und Sozialverhalten großer Teile der Bevölkerung zurückzuführen ist. Ein vernünftiger Umgang mit der Sonne ist geboten, um akute Wirkungen wie Sonnenbrand und Hornhautentzündung, als auch chronische Wirkungen wie Linsentrübung, frühzeitige Hautalterung und Hautkrebs vorzubeugen.

Aktuelle Themen im Jahr 2004

Die Intensivierung und Koordinierung der Forschung stellt eine der Vorsorgemaßnahmen im Bereich der hochfrequenten elektromagnetischen Felder dar, insbesondere in der modernen drahtlosen Kommunikationstechnologie. Auf der Basis der Ergebnisse eines Fachgesprächs im Juni 2001 wurde das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm ausgearbeitet, das durch das BfS umgesetzt und koordiniert wird. Bis voraussichtlich 2006 werden im Rahmen dieses Programms Forschungsvorhaben aus den Bereichen "Biologie", "Dosimetrie", "Epidemiologie"

miologie" und "Risikokommunikation" durchgeführt. Bei den Untersuchungen zu den Vorhaben ist der Frequenzbereich bewusst breit gefasst und geht z. T. über die derzeit genutzten Mobilfunkfrequenzen hinaus. Ziel ist es, grundsätzliche biologische Wirkungen und Mechanismen von schwachen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern wissenschaftlich belastbar nachzuweisen und deren gesundheitliche Relevanz unter Einbeziehung internationaler Forschungsergebnisse abzuschätzen. Es wird angestrebt, dass die Ergebnisse für den gesamten Bereich der drahtlosen Kommunikationstechniken anwendbar sind und möglichst auch für zukünftige Entwicklungen Aussagen zulassen (ausführliche Darstellung Bundestagsdrucksache 15/4604).

Im Januar 2002 wurde vom BfS ein Runder Tisch Solarien (RTS) mit Teilnehmern wissenschaftlicher und staatlicher Institutionen sowie Vertretern von Solarienbetrieben und Solarienherstellern gegründet. Der RTS hat einheitliche Kriterien für einen Mindeststandard zum Schutz der Kunden von Solarienbetrieben festgelegt, die Grundlage sind für eine freiwillige Zertifizierung durch das BfS für die Betriebe. Im Mai 2003 konnte Einigkeit über einen Kriterienkatalog und das Verfahren für die Zertifizierung der Solarien erzielt werden. Das BfS ist Akkreditierungsstelle für die Institutionen, die Solarienbetriebe nach den Kriterien des RTS zertifizieren wollen. Auf den Internetseiten des BfS (<http://www.bfs.de/nir/solarien>) können akkreditierte und zertifizierte Stellen eingesehen werden. Bis Ende 2004 haben etwa 30 Solarienbetriebe eine Zertifizierung beantragt.

Mitte Juni 2002 hat die Jury Umweltzeichen für Grundlagen für die Vergabe des Umweltzeichens "Blauer Engel" an strahlungsarme Mobiltelefone beschlossen. Hersteller von Mobiltelefonen können den "Blauen Engel" beantragen, sofern die Handys die von der Jury festgelegten Kriterien einhalten. Dazu gehört u. a. neben übersichtlichen Verbraucherinformationen und Anforderungen an das Recycling vor allem eine vergleichsweise geringe maximale Strahlungsintensität der Geräte, ausgedrückt als SAR-Wert. Die Jury hat hier den Wert von höchstens 0,6 Watt pro Kilogramm festgelegt. Obwohl viele der marktüblichen Geräte die Anforderungen an die Strahlungsintensität bereits erfüllen, hat auch im Jahr 2004 kein Hersteller das Umweltzeichen beantragt.