

Zusammenfassung

A IONISIERENDE STRAHLUNG

Zum 1. Juli 2002 trat die Novelle der Röntgenverordnung in Kraft (BGBl. I S. 1869). Damit wurden Anforderungen der Richtlinie 96/29/EURATOM über die Grundnormen für den Strahlenschutz und der Patientenschutzrichtlinie 97/43/EURATOM in deutsches Recht umgesetzt. Analog zur Strahlenschutzverordnung ist die rechtfertigende Indikation für die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen jetzt in einem eigenen Paragraphen deutlicher als zuvor festgelegt. Zur Optimierung des Strahlenschutzes sind jetzt auch in der Röntgendiagnostik Referenzwerte zu beachten.

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 2002 ist in der folgenden Tabelle nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die mittlere effektive Dosis ist im Vergleich zu den Vorjahren in den meisten Bereichen unverändert.

MITTLERE EFFEKTIVE DOSIS DER BEVÖLKERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND IM JAHR 2002

		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	ca. 0,4
	bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)	ca. 0,1
	bei Aufenthalt in Häusern (19 Std./Tag)	ca. 0,3
1.3	durch Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,1
	durch Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)	ca. 0,2
	durch Aufenthalt in Gebäuden (19 Std./Tag)	ca. 0,9
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. 2
2.3	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen in Forschung, Technik und Haushalt (ohne 2.4)	< 0,01
	2.3.1 Industrieerzeugnisse	< 0,01
	2.3.2 technische Strahlenquellen	< 0,01
	2.3.3 Störstrahler	< 0,01
2.4	durch berufliche Strahlenexposition (Beitrag zur mittleren Strahlenexposition der Bevölkerung)	< 0,01
2.5	durch besondere Vorkommnisse	0
2.6	durch Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01
	2.6.1 von außen im Freien	< 0,01
	2.6.2 durch inkorporierte radioaktive Stoffe	< 0,01
2.7	Strahlenexposition durch den Unfall im Atomkraftwerk Tschernobyl	< 0,015
Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition		ca. 2

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 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 an radioaktiven Stoffen bewirken eine Erhöhung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die aus diesen Radionukliden entstehenden radioaktiven Zerfallsprodukte. Zur Zeit werden nationale und internationale epidemiologische Studien durchgeführt, um das gesundheitliche Risiko der Bevölkerung durch erhöhte Radonzerfallsprodukt-Expositionen weiter eingrenzender abschätzen zu können.

Eine bergbaubedingte erhöhte Radonkonzentration in der bodennahen Luft tritt nur in der unmittelbaren Nähe von bergbaulichen 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 deshalb offensichtlich z. T. natürlichen Ursprungs sind. Die Ableitung von Uran, Radium und deren Zerfallsprodukten aus bergbaulichen Anlagen in die großen 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 liegt bei etwa 2 Millisievert pro Jahr.

Erhebungen durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) über die Strahlenexposition in der Röntgendiagnostik, die den weitaus größten Beitrag 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 bedingt sind. Trotz breiter Anwendung alternativer Untersuchungsverfahren (Ultraschall, Endoskopie, Magnetresonanztomographie) weisen Erhebungen auf ein weiteres leichtes Ansteigen der Untersuchungsfrequenzen, bedingt vor allem durch die dosisintensiven Untersuchungsverfahren Computertomographie und Angiographie einschließlich der interventionellen Radiologie, hin. Der Wert der mittleren effektiven Dosis dürfte in den folgenden Jahren aber wegen der zunehmend greifenden Maßnahmen der Qualitätssicherung und -kontrolle in der Röntgendiagnostik und der Nuklearmedizin allenfalls sehr gering weiter ansteigen. 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 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.

In der Nuklearmedizin stellen Schilddrüsen- und Skelettszintigraphie 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 mehr und 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 deutlich reduziert werden kann.

Mit Inkrafttreten der novellierten Röntgenverordnung am 21.06.2002 wurde der Strahlenschutz des Patienten in wesentlichen Punkten weiter verbessert. Analog zur Strahlenschutzverordnung ist die Entscheidung darüber, ob und ggf. wie Röntgenstrahlung am Menschen angewendet wird, jetzt mit dem Begriff der rechtfertigenden Indikation deutlicher als zuvor festgelegt. Weiterhin wurden die Anforderungen an Fachkunde und Kenntnisse der Personen, die Röntgenstrahlung anwenden bzw. Röntgenuntersuchungen 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 das Genehmigungsverfahren 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 im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Schachanlage Asse festgestellten Radionuklide sind natürlichen Ursprungs oder im Fall von Sr-90 eine Folge des globalen Fallouts. Die aus diesen Ableitungen nach der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung" ermittelten oberen Werte der Strahlenexposition von Einzelpersonen haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte deutlich unterschritten. Gegenüber 2001 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 2002 unter 0,01 Millisievert pro Jahr.

Umgang mit radioaktiven Stoffen in Forschung, Technik und Haushalt

Bei der Anwendung von ionisierenden Strahlen und radioaktiven Stoffen 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. 314 000) lag 2002 bei 0,15 Millisievert. Bei ca. 85 % 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. 47 600) ergibt sich eine mittlere Personendosis von 1,0 Millisievert. Der Beitrag der beruflichen Strahlenexposition zur gesamten mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung beträgt daher 2002 weniger als 0,01 Millisievert.

Kernwaffenversuche

Im Jahr 2002 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 2002 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. Die Übersicht über die besonderen Vorkommnisse ist in Teil III 4 einzusehen.

Reaktorunfall von Tschernobyl

Die Strahlenexposition infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl nahm 2002 weiter ab; die mittlere effektive Dosis, bedingt durch Cäsium-134 und 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 2002 lässt sich mit weniger als 0,001 Millisievert abschätzen. In Süddeutschland kann diese Strahlenexposition eine Größenordnung höher sein.

Radioaktive Abfälle

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) führt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) jährlich eine Erhebung radioaktiver Reststoffe und Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland durch. Hierbei werden der Bestand an radioaktiven Reststoffen, Rohabfällen und Abklängabfällen sowie der Anfall und Bestand konditionierter radioaktiver Abfälle ermittelt.

Der Bestand endlagerfähiger radioaktiver Abfälle (mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung) betrug am 31. Dezember 2000 67.220 m³ (nicht wärmeentwickelnde Abfälle). Wärmeentwickelnde Abfälle fielen in Deutschland bisher nur in geringen Mengen an.

B NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG

Den Bereich der nichtionisierenden Strahlung (NIR) bilden niederfrequente elektrische und magnetische und hochfrequente elektromagnetische Felder sowie die optische Strahlung, zu der die ultraviolette Strahlung (UV) gehört. 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 geplante Ausbau der Mobilfunknetze in Deutschland, insbesondere die Einführung der UMTS - Technologie, hat eine öffentliche Diskussion über mögliche gesundheitliche Risiken neuer Kommunikationstechnologien ausgelöst. 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.

Grundsätzlicher Wirkungsmechanismus elektromagnetischer Felder

Die Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder äußert sich in Kräften, die auf elektrische Ladungen ausgeübt werden. Hierdurch werden Ströme im Körper verursacht, die in Abhängigkeit von Frequenz und Intensität zu Stimulationsprozessen oder Temperaturerhöhungen führen können. Im Gegensatz zur ionisierenden Strahlung fehlt der nieder- und hochfrequenten Strahlung im Frequenzbereich von 0 bis 300 GHz die Energie, um in biologischen Systemen durch Ionisierungsvorgänge schädliche Radikale zu bilden, und damit die Potenz zur dauerhaften Strukturschädigung des Erbguts, der DNS, als eine Voraussetzung für die Krebsentstehung.

Grenzwerte und Grenzwertempfehlungen

Basierend auf nachgewiesenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen werden von internationalen Strahlenschutzgremien Empfehlungen zur Begrenzung der Exposition ausgesprochen. Diese wurden 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. Verord-

nung 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 (RegTP) nach telekommunikationsrechtlichen Vorschriften überprüft. Laut Aussage der RegTP wurden im Jahr 2000 diese Grenzwerte nicht überschritten.

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.

Aufbauend auf einem nationalen und internationalen Wissensaustausch werden die Grenzwertempfehlungen ständig geprüft und an die wissenschaftlichen Erkenntnisse angepasst. Eine solche Bewertung zeigt, dass wissenschaftliche Hinweise auf mögliche Risiken bestehen, denen mit Vorsorgemaßnahmen begegnet wird. Insbesondere werden Anstrengungen unternommen, durch gezielte Forschung die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu sichern und zu erweitern.

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 praktizierte UV-Monitoring kontinuierlich erfasst und strahlenhygienisch sowie ökologisch bewertet. Vor allem die beobachtete Zunahme der Hautkreberkrankungen 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 2002

Intensivierung und Koordinierung der Forschung ist eine der Vorsorgemaßnahmen im Bereich der hochfrequenten elektromagnetischen Felder, insbesondere der modernen Telekommunikation. Auf der Basis eines Fachgespräches im BfS im Juni 2001 und unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Forschung, bzw. der Empfehlungen nationaler und internationaler Expertengremien, wurde vom BfS ein Forschungsprogramm erstellt. Die ersten Projekte starteten im Jahre 2002, das gesamte Programm hat eine Laufzeit bis 2005.

Im Januar 2002 wurde vom BfS ein Runder Tisch Solarien (RTS) gegründet mit Teilnehmern wissenschaftlicher und staatlicher Institutionen sowie Vertretern von Solarienbetrieben und Solarienherstellern. Der RTS hat das Ziel, einheitliche Kriterien für einen Mindeststandard zum Schutz der Kunden von Solarienbetrieben festzulegen und eine freiwillige Zertifizierung durch das BfS für die Betriebe anzubieten.

Die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post hat Daten über Sendeanlagen in einer zentralen Datenbank den Kommunen verfügbar gemacht.

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 einige Geräte die Anforderungen an die Strahlungsintensität bereits erfüllen, hat bisher allerdings noch kein Hersteller das Umweltzeichen beantragt.