

Zusammenfassung

A IONISIERENDE STRAHLUNG

Zum 1. August trat die Novelle der Strahlenschutzverordnung in Kraft (BGBl. I S. 1714). Damit wurden Anforderungen der Richtlinie 96/29/EURATOM über die Grundnormen für den Strahlenschutz und der Patientenschutzrichtlinie 97/43/EURATOM in deutsches Recht umgesetzt. Unmittelbare Auswirkungen betreffen u. a. die Dosisberechnungen bei der natürlichen Strahlenexposition durch Radonfolgeprodukte (Teil I 2), bei der Exposition durch kerntechnische Anlagen (Teil II), bei der beruflichen Exposition des Flugpersonals durch Höhenstrahlung (Teil III 1) sowie bei der Inkorporationsüberwachung (Teil III 2).

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 über die Strahlenexposition getroffen 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 2001 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 2001

		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 Radioisotops 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, 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 im geringen 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. Nationale und internationale epidemiologische Studien werden zur Zeit durchgeführt, um das gesundheitliche Risiko der Bevölkerung durch erhöhte Radonzerfallsprodukt-Expositionen weiter eingrenzend 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 Messungen, 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 ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe verursacht. Dieser 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 hin, vor allem bei den dosisintensiven Untersuchungsverfahren Computertomographie und Angiographie einschließlich interventioneller Radiologie. 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 ansteigen. Erhebungen zur Strahlenexposition pro Untersuchung lassen einen Rückgang der Dosis je Untersuchung erkennen. 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.

Die am 1. August des Berichtsjahres in Kraft getretene neue Strahlenschutzverordnung wirkt sich auf dem Gebiet der Heilkunde vor allem durch die Regelungen zur rechtfertigenden Indikation, zu den anwendungsberechtigten Personen, zur Fachkunde und die Medizinphysik-Experten aus. Auf das BfS kommen neue Aufgaben zu, nämlich die Erstellung und Veröffentlichung diagnostischer Referenzwerte und die Genehmigungen bei Anwendungen radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen in der medizinischen Forschung.

Kerntechnik

Durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus 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 2000 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 2001 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 kleine 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. 316 000) lag 2001 bei 0,15 Millisievert. Bei ca. 86% der überwachten Personen wurde während des ganzen Jahres eine effektive Dosis von 0 Millisievert ermittelt. Bei den übrigen Überwachten mit einer Jahresdosis mit oder mehr als 0,1 Millisievert (ca. 45 000) ergibt sich eine mittlere Personendosis von 1,0 Millisievert. Der Beitrag der beruflichen Strahlenexposition zur gesamten mittleren effektiven Dosis der Bevölkerung beträgt daher 2001 weniger als 0,01 Millisievert.

Kernwaffenversuche

Im Jahr 2001 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 2001 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. Besonders zu nennen ist allerdings

Zusammenfassung

die Entwendung radioaktiv kontaminierter Gegenstände aus der Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe (WAK). Bei diesem Ereignis wurden drei Personen durch Inkorporation radioaktiver Stoffe erheblich belastet. Die effektive Folgedosis dieser Personen betrug 5,5 Sv, 0,38 Sv und 0,18 Sv.

Reaktorunfall von Tschernobyl

Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im Jahr 1986 wurden die in der Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Messdaten zur Umweltkontamination dokumentiert und strahlenhygienisch bewertet. Die Strahlenexposition infolge dieses Unfalls nahm 2001 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 2001 lässt sich mit weniger als 0,002 Millisievert abschätzen. In Süddeutschland kann diese Strahlenexposition eine Größenordnung höher sein.

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 Konsequenzen 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 feststehende 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 feststehenden 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 feststehenden 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 begeg-

net wird. Gleichzeitig werden Anstrengungen unternommen, durch gezielte Forschung die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu sichern und zu erweitern.

Solares UV-Monitoring

Ein in Deutschland praktiziertes UV-Monitoring des Bundesamtes für Strahlenschutz und des Umweltbundesamtes erfasst kontinuierlich die tägliche UV-Strahlung. Die für das Berichtsjahr ermittelten Daten weisen Maximalwerte der Tagessummen von über 3000 J/m^2 in den Monaten April bis August auf, die Minimalwerte dieser Monate liegen bei max. 1000 J/m^2 . Eine statistische Auswertung der bisherigen Messdaten lässt auf einen leichten Anstieg der UV-Strahlung schließen, aber auf Grund der vielfältigen Einflussgrößen ist es nicht möglich, einen durch die Verringerung der Ozonschicht bedingten Effekt sicher nachzuweisen.

Aktuelle Themen im Jahr 2001

Abgesehen von der Diskussion um nichtionisierende Strahlung allgemein und die im Berichtsjahr in der Öffentlichkeit heftig debattierten gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks wurde auch angesprochen, inwieweit hochfrequente elektromagnetische Strahlung Ursache für Krebserkrankungen von Bundeswehrsoldaten sein kann, die jahrelang militärische Radargeräte bedient und gewartet hatten. Von Bedeutung für die krebsinduzierende Strahlenexposition der Betroffenen ist hier jedoch die ionisierende Strahlung in Form von Röntgenstrahlung (siehe dazu Abschnitt A, Teil III, 3, Strahlenexposition bei Radargeräte-Personal).