

Überwachung von Strahlen- expositionen bei Arbeiten

Leitfaden für die Umsetzung der Regelungen nach
Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV

Fachbereich
Strahlenschutz und Umwelt

Thomas Beck

Eckhard Ettenhuber



Bundesamt für Strahlenschutz

BfS-SW-03/06

Salzgitter, März 2006

Überwachung von Strahlen- expositionen bei Arbeiten

**Leitfaden für die Umsetzung der Regelungen nach
Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV**

**Fachbereich
Strahlenschutz und Umwelt**

Thomas Beck

Eckhard Ettenhuber

**Der Leitfaden wurde am 24. Februar 2005 auf der 107. Sitzung des Ausschusses
Strahlenschutzmesstechnik der Strahlenschutzkommission und am 18. bis 20. Oktober 2005 auf
der 54. Sitzung des Länderausschusses Atomkernenergie, Fachausschuss Strahlenschutz,
billigend zur Kenntnis genommen.**

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (Strahlenschutzverordnung) setzt die Grundnormen der Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates der Europäischen Union in nationales Recht um. Dabei wurden auch Regelungen für den Schutz vor Strahlenexpositionen durch natürliche Strahlenquellen bei Arbeiten getroffen.

Im vorliegenden Leitfaden werden die grundlegenden rechtlichen Regelungen vorgestellt und geeignete Maßnahmen diskutiert, um sowohl festgelegte Dosisgrenzwerte einzuhalten als auch die Strahlenexpositionen der Beschäftigten so gering wie möglich zu halten. Es werden insbesondere Arbeitsplätze mit natürlichen terrestrischen Strahlenquellen, wie Radon oder Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte, betrachtet. Im Leitfaden wird das Konzept des Strahlenschutzes im Falle von Arbeiten beschrieben. Es werden die Aufgaben erläutert, die sich aus den in der Strahlenschutzverordnung getroffenen Regelungen ergeben und Methoden für die Abschätzung und Ermittlung der Strahlenexpositionen von Beschäftigten empfohlen. Außerdem informiert der Leitfaden über Möglichkeiten zur Reduzierung erhöhter Strahlenexpositionen und gibt Empfehlungen zur innerbetrieblichen Organisation des Strahlenschutzes und zur Erfüllung behördlicher Anforderungen.

SUMMARY

The German Ordinance on the Protection against Damage and Injuries Caused by Ionizing Radiation (Radiation Protection Ordinance) transfers into national rights the basic standards of the Directive 96/29/EURATOM of the Council of the European Union. Regulations have also been met to ensure radiation protection standards in case of exposures by natural radiation sources.

In this guide basic information is given to introduce the legal regulations. Appropriate measures are discussed that doses do not exceed specified dose limits, and to keep the radiation exposures of employees as low as reasonably achievable as well. In particular, natural terrestrial radiation sources, such as radon or uranium and thorium and their decay products, are taken into consideration. The guide sets out the concept of radiation protection for work activities. The tasks of the radiation protection supervisor resulting from the regulations of the Radiation Protection Ordinance are pointed out and measures are recommended which are appropriate for the estimation and determination of radiation exposures. Furthermore, this guide informs about actions to reduce elevated radiation exposures and recommends measures for internal organization of radiation protection and measures to fulfill demands imposed by the regulatory authority.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZWECK DES LEITFADENS	7
2	DIE REGELUNGEN ZUM SCHUTZ DES BESCHÄFTIGTEN BEI NATÜRLICHEN STRAHLENQUELLEN... 7	7
2.1	Tätigkeiten und Arbeiten.....	7
2.2	Das Konzept zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Arbeiten - Grundpflichten.....	9
2.3	Aufgaben des Verpflichteten im Teil 3 Kapitel 1 und 2.....	11
2.4	Befugnisse der zuständigen Behörde im Teil 3 Kapitel 1 und 2.....	11
3	DIE UMSETZUNG DER RECHTLICHEN FORDERUNGEN IN DER PRAXIS.....	14
3.1	Maßnahmen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Arbeiten.....	14
3.2	Abschätzung von Strahlenexpositionen	14
3.3	Anzeige von Arbeiten mit erhöhter Strahlenexposition.....	17
3.4	Maßnahmen bei besonders schutzbedürftigen Personen	18
3.5	Ermittlung der Strahlenexposition bei anzeigebedürftigen Arbeiten	18
3.5.1	Grundsätze	18
3.5.2	Anforderungen an Messgeräte	21
3.5.3	Einzelüberwachung	22
3.5.4	Gruppenüberwachung	22
3.5.5	Ermittlung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Anlage XI Teil A.....	22
3.5.6	Ermittlung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Anlage XI Teil B.....	23
3.5.7	Stellen, die Messungen durchführen.....	23
3.5.8	Ersatzdosis	25
3.6	Medizinische Überwachung	26
3.7	Berechnung, Aufzeichnung und Übermittlung der ermittelten Strahlenexpositionen	26
3.8	Arbeiten in fremden Betriebsstätten.....	27
3.9	Innerbetriebliche Organisation des Strahlenschutzes	27
3.10	Maßnahmen zur Reduzierung von Strahlenexpositionen	29
4	LITERATUR	30

ANHÄNGE

ANHANG A ABSCHÄTZUNG DER EFFEKTIVEN DOSIS MITTELS DER SPEZIFISCHEN AKTIVITÄT DER STOFFE.....	33
ANHANG B ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH RADON-222 UND DESSEN KURZLEBIGE ZERFALLSPRODUKTE	37
ANHANG C ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH INHALATION VON URAN UND THORIUM UND DEREN ZERFALLSPRODUKTE	47
ANHANG D ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH ÄUßERE GAMMASTRAHLUNG.....	53

ANHANG E UMRECHNUNG VON RADON-222-EXPOSITIONSGRÖßEN IN DIE EFFEKTIVE DOSIS	55
ANHANG F STRAHLENPASS	61
ANHANG G AUFZEICHNUNG VON EXPOSITIONSDATEN	65

1 ZWECK DES LEITFADENS

Im Teil 3 Kapitel 1 und 2 der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) [1] werden die *Grundpflichten* für den Schutz von Mensch und Umwelt vor natürlichen Strahlenquellen bei Arbeiten festgelegt und die *Anforderungen* an den Schutz vor terrestrischer Strahlung an Arbeitsplätzen geregelt. Die Regelungen betreffen die Abschätzung auftretender Strahlenexpositionen, die Anzeige von Arbeiten mit erhöhten Expositionen bei der zuständigen Behörde und die Einleitung von Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexpositionen und zur Ermittlung der Exposition beruflich strahlenexponierter Personen. Dem bundeseinheitlichen Verwaltungshandeln im Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV dient die Richtlinie Arbeiten [2].

Der vorliegende Leitfaden hat das Ziel, denjenigen, der in seiner Betriebsstätte eine Arbeit ausübt oder ausüben lässt, bei der erhöhte Strahlenexpositionen durch terrestrische Strahlung auftreten können, oder denjenigen, der solche Arbeiten in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung ausübt oder von unter seiner Aufsicht stehenden Personen ausüben lässt, grundlegende Informationen zu geben, um geeignete Maßnahmen zur Überwachung und Reduzierung von Strahlenexpositionen einleiten zu können und die Strahlenexpositionen der Arbeitnehmer so gering wie möglich zu halten. Aufgrund der Vielfalt der durchgeführten Arbeiten und der speziellen Expositionsbedingungen an den zu betrachtenden Arbeitsplätzen werden darüber hinaus weitergehende Informationen und Empfehlungen zur Umsetzung der Regelungen der Strahlenschutzverordnung im Einzelfall von Berufsverbänden oder Berufsgenossenschaften bereitgestellt.

Der Leitfaden behandelt das Konzept des Strahlenschutzes im Falle von Arbeiten, die in den in Anlage XI StrlSchV aufgeführten Arbeitsfeldern mit erheblich erhöhten Expositionen durch natürliche Strahlenquellen ausgeführt werden. Er stellt die Aufgaben dar, die sich aus den in der Strahlenschutzverordnung getroffenen Regelungen ergeben, und empfiehlt Methoden, mit denen die Abschätzung und Ermittlung der Strahlenexpositionen bei Arbeiten durchgeführt werden können. Des Weiteren informiert er über Möglichkeiten zur Reduzierung erhöhter Strahlenexpositionen und gibt Empfehlungen zur innerbetrieblichen Organisation des Strahlenschutzes und zur Erfüllung behördlicher Anforderungen.

2 DIE REGELUNGEN ZUM SCHUTZ DES BESCHÄFTIGTEN BEI NATÜRLICHEN STRAHLENQUELLEN

2.1 Tätigkeiten und Arbeiten

In der Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates der Europäischen Union vom 13. Mai 1996 [3] werden Grundnormen des Gesundheitsschutzes der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren ionisierender Strahlung festgelegt. Die Strahlenschutzverordnung setzt diese Grundnormen in nationales Recht um. Dabei folgt sie dem Konzept der Richtlinie und trifft Regelungen für *Tätigkeiten* und *Arbeiten*.¹

¹ Zitat § 3 Abs. 1 StrlSchV (Begriffsbestimmung):

Für die Systematik und Anwendung dieser Verordnung wird zwischen Tätigkeiten und Arbeiten unterschieden.

1. Tätigkeiten sind:

a) der Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von ionisierenden Strahlen,

Danach sind Handlungen, bei denen Strahlenexpositionen oder Kontaminationen durch natürlich vorkommende radioaktive Stoffe entstehen können *Tätigkeiten*, wenn sie auf Grund der Radioaktivität dieser Stoffe oder zur Nutzung dieser Stoffe als Kernbrennstoff oder zur Erzeugung von Kernbrennstoffen durchgeführt werden (§ 3 Abs. 1 Ziff. 1 bb StrlSchV).

Tabelle 2-1: Arbeitsfelder, bei denen erheblich erhöhte Expositionen durch natürliche terrestrische Strahlenquellen auftreten können (nach Anlage XI StrlSchV)

Teil A: Arbeitsfelder mit erhöhten Radon-222-Expositionen:
1. untertägige Bergwerke, Schächte und Höhlen, einschließlich Besucherbergwerke
2. Radon-Heilbäder und -Heilstollen
3. Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung
Teil B: Arbeitsfelder mit erhöhten Expositionen durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte:
1. Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden
2. Handhabung und Lagerung thorierten Gasglühstrümpfe
3. Verwendung von Thorium oder Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung oder in abgereicherter Form einschließlich der daraus jeweils hervorgehenden Tochter-nuklide, sofern vorhanden, zu chemisch analytischen Zwecken
4. Handhabung, insbesondere Montage, Demontage, Bearbeiten und Untersuchen von Produkten aus thorierten Legierungen
5. Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen
6. Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen

-
- b) der Zusatz von radioaktiven Stoffen bei der Herstellung bestimmter Produkte oder die Aktivierung dieser Produkte,
- c) sonstige Handlungen, die die Strahlenexposition oder Kontamination erhöhen können,
- aa) weil sie mit künstlich erzeugten radioaktiven Stoffen erfolgen oder
- bb) weil sie mit natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen erfolgen, und diese Handlungen aufgrund der Radioaktivität dieser Stoffe oder zur Nutzung dieser Stoffe als Kernbrennstoff oder zur Erzeugung von Kernbrennstoff durchgeführt werden.
2. Arbeiten sind:
- Handlungen, die ohne Tätigkeit zu sein, bei natürlich vorkommender Radioaktivität die Strahlenexposition oder Kontamination erhöhen können
- a) im Zusammenhang mit der Aufsuchung, Gewinnung, Erzeugung, Lagerung, Bearbeitung, Verarbeitung und sonstigen Verwendung von Materialien,
- b) soweit sie mit Materialien erfolgen, die bei betrieblichen Abläufen anfallen, soweit diese Handlungen nicht bereits unter Buchstabe a fallen,
- c) im Zusammenhang mit der Verwertung oder Beseitigung von Materialien, die durch Handlungen nach Buchstabe a oder b anfallen,
- d) durch dabei einwirkende natürliche terrestrische Strahlungsquellen, insbesondere von Radon-222 und Radonzerfallsprodukten, soweit diese Handlungen nicht bereits unter Buchstaben a bis c fallen und nicht zu einem unter Buchstabe a genannten Zweck erfolgen, oder
- e) im Zusammenhang mit der Berufsausübung des fliegenden Personals in Flugzeugen.
- Nicht als Arbeiten im Sinne dieser Verordnung gelten die landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche oder bautechnische Bearbeitung der Erdoberfläche, soweit diese Handlungen nicht zum Zwecke der Entfernung von Verunreinigungen nach § 101 erfolgen.

Arbeiten sind Handlungen, bei denen durch natürliche radioaktive Stoffe, die nicht auf Grund ihrer Radioaktivität, ihrer Nutzung als Kernbrennstoff oder zur Erzeugung von Kernbrennstoff verarbeitet werden oder verarbeitet worden sind, erhöhte Strahlenexpositionen auftreten können (§ 3 Abs. 1 Ziff. 2 StrlSchV). Eine *Arbeit* liegt auch bei Einwirkung von natürlichen terrestrischen Strahlenquellen, insbesondere von Radon-222 und dessen Zerfallsprodukte, oder im Zusammenhang mit der Berufsausübung des fliegenden Personals in Flugzeugen vor. Davon ausgenommen ist die landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche oder bautechnische Bearbeitung der Erdoberfläche, soweit damit keine gezielte Entfernung von radioaktiven Verunreinigungen verbunden ist.

Da das Konzept und die rechtlichen Regelungen, die für *Tätigkeiten* entwickelt wurden, nicht in der gleichen Art und Weise auf den Regelungsbereich für *Arbeiten* übertragbar sind, wurde für die Gewährleistung des Strahlenschutzes bei *Arbeiten* im Teil 3 der Strahlenschutzverordnung ein eigener Regelungsbereich geschaffen.

Eine Arbeitsgruppe der Strahlenschutzkommission (SSK) hat Untersuchungen über die Strahlenexpositionen aus natürlichen Strahlenquellen bei *Arbeiten* ausgewertet und die Arbeitsfelder ermittelt, bei denen Expositionen durch natürliche Strahlenquellen so erhöht sein können, dass diese aus Sicht des Strahlenschutzes nicht außer acht gelassen werden dürfen [4]. Die Anlage XI StrlSchV (in Tabelle 2-1 wiedergegeben) enthält die Arbeitsfelder, bei denen nicht ausgeschlossen werden kann, dass dort beschäftigte Personen einer erheblich erhöhten Strahlenexposition ausgesetzt sind. Regelungen dazu finden sich in Teil 3 Kapitel 1 und 2 der Strahlenschutzverordnung. § 96 Absatz 5 ermöglicht es der zuständigen Behörde, im Fall anderer als der in Anlage XI Teil B genannten Arbeitsfelder, bei denen vergleichbare Expositionen durch Uran oder Thorium und ihrer Zerfallsprodukte auftreten, die erforderlichen Maßnahmen zu treffen. So ist sichergestellt, dass der Strahlenschutz der Beschäftigten auch bei bisher nicht als strahlenexponiert erkannten Arbeitsfeldern gewährleistet werden kann.

2.2 Das Konzept zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Arbeiten - Grundpflichten

In den Regelungen für *Arbeiten* werden zunächst die Grundpflichten definiert, die das zentrale Anliegen der folgenden Schutzvorschriften zusammenfassen. Die allgemeinen Grundpflichten des Strahlenschutzes *Dosisbegrenzung* und *Reduzierung* der Strahlenexpositionen gelten auch für *Arbeiten*.

Die Pflicht zur Dosisbegrenzung wird durch Einhaltung der Dosisgrenzwerte erfüllt (§ 93 StrlSchV). Die Dosisgrenzwerte sind in der Tabelle 2-2 wiedergegeben. Ein Verstoß gegen die Pflicht zur Dosisbegrenzung stellt eine Ordnungswidrigkeit dar. Bei *Arbeiten* besteht in jedem Fall die Möglichkeit, durch technische oder organisatorische Maßnahmen die Strahlenexposition so weit zu reduzieren, dass die Grenzwerte nicht überschritten werden. Des Weiteren kann ausgeschlossen werden, dass sich die Expositionsbedingungen bei *Arbeiten* plötzlich in einer Weise verändern, dass unvorhersehbar und unerwartet hohe Strahlenexpositionen auftreten, die nicht schon vor Beginn der *Arbeiten* abgeschätzt und durch geeignete Vorkehrungen begrenzt werden können. Die Regelungen räumen deshalb nicht ein, dass die zuständige Behörde im begründeten Einzelfall auch Dosiswerte oberhalb des festgelegten Grenzwerte zulassen kann.

Zur Abschätzung und Ermittlung ist in der Regel die effektive Dosis im Kalenderjahr zu bestimmen. *Arbeiten*, bei denen die Expositionsszenarien eine Abschätzung oder Ermittlung der Organdosen erfordern, werden die Ausnahme sein.²

² In der Strahlenschutzverordnung wird die Bezeichnung *Körperdosis* als Sammelbegriff für die Organdosen und die effektive Dosis verwendet. Untersuchungen der durchgeführten Arbeiten in den Arbeitsfeldern der Anlage XI

Tabelle 2-2: Dosisgrenzwerte nach § 95 Abs. 4 und 7 StrlSchV (für die Ableitung von Grenzwerten in Einheiten der Exposition durch Radon oder Radonzerfallsprodukte siehe Anhang E)

		Personen, die anzei- gebedürftige Arbeiten ausüben	Personen unter 18 Jahre
Effektive Dosis		20 mSv	6 mSv
Organdosis	Augenlinse	150 mSv	50 mSv
	Haut, Hände, Unterarme, Füße und Knöchel	500 mSv	150 mSv

Wurde gegen die Pflicht zur Dosisbegrenzung verstoßen und in einem Kalenderjahr einer der Grenzwerte in Tabelle 2-2 für einen Beschäftigten überschritten, ist eine Weiterbeschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person nur zulässig, wenn die Expositionen in den folgenden vier Kalenderjahren so begrenzt werden, dass die Summe der Dosis im Kalenderjahr der Grenzwertüberschreitung und die Jahresdosen der folgenden vier Jahre das Fünffache des jeweiligen Grenzwertes nicht überschreitet. Eine Ausnahme von dieser Regelung kann nur mit Zustimmung der Behörde im Benehmen mit einem für die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung strahlenexponierter Personen ermächtigten Arzt erfolgen.

Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen (Lebensarbeitszeitdosis) einer beruflich strahlenexponierten Person beträgt 400 mSv. Weitere berufliche Strahlenexpositionen können von der zuständigen Behörde im Benehmen mit einem Arzt, der für die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung strahlenexponierter Personen ermächtigt ist, zugelassen werden, wenn sie 10 mSv im Kalenderjahr nicht übersteigen und die strahlenexponierte Person schriftlich eingewilligt hat.

Einen besonderen Schutz genießen das ungeborene Kind und die schwangere oder stillende Frau. Für ein ungeborenes Kind, das auf Grund der Beschäftigung seiner Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert für die Summe der Dosis aus äußerer und innerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung der Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 mSv. Dieser Grenzwert wird eingehalten, wenn der Grenzwert der effektiven Dosis von 20 mSv für die Mutter eingehalten ist. Für eine Frau, die schwanger ist oder stillt und *Arbeiten* nach Anlage XI Teil A StrlSchV ausübt, bei denen Expositionen durch Radon-222 auftreten, sind somit keine zusätzlichen Maßnahmen zum Schutz des ungeborenen Kindes erforderlich. Für eine Frau, die schwanger ist oder stillt und *Arbeiten* nach Anlage XI Teil B StrlSchV ausübt, sind zusätzlich die Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass eine innere berufliche Strahlenexposition ausgeschlossen werden kann. Die bei diesen *Arbeiten* inkorporierten langlebigen Radionuklide des Urans und Thoriums und deren Zerfallsprodukte gelangen infolge von Stoffwechselprozessen auch in andere Körperbereiche, so dass eine Strahlenexposition des ungeborenen Kindes oder die Aufnahme von Radioaktivität durch ein Kind über die Muttermilch nicht ausgeschlossen werden

StrlSchV zeigen, dass bei den dabei vorkommenden Expositionsszenarien die Organdosisgrenzwerte eingehalten werden, wenn der Grenzwert der effektiven Dosis eingehalten wird. Auf eine Bestimmung der Organdosen kann deshalb verzichtet werden. Aus diesem Grund wird im vorliegenden Leitfaden die Ermittlung der effektiven Dosis in den Vordergrund gestellt und ausschließlich Mess- und Berechnungsverfahren für ihre Bestimmung angegeben. Trifft jedoch die zuständige Behörde Anordnungen nach § 96 Abs. 5 StrlSchV für andere als die in der Anlage XI Teil B genannten Arbeitsfelder, so muss bei den dort auftretenden Strahlenexpositionen die Notwendigkeit zur Ermittlung der Organdosen geprüft und die Einhaltung dieser Dosisgrenzwerte gewährleistet werden.

kann. Die Forderung, dass bei diesen *Arbeiten* innere berufliche Strahlenexpositionen von schwangeren oder stillenden Frauen ausgeschlossen werden müssen, trägt dem vorbeugenden Gesundheitsschutz für Mutter und Kind Rechnung.

Auch wenn Dosisgrenzwerte nicht überschritten werden, besteht die Verpflichtung, die Höhe der Strahlenexposition unter Beachtung aller Umstände des Einzelfalls so gering wie möglich zu halten (§ 94 StrlSchV). Diese Verpflichtung besteht unabhängig von der Höhe der tatsächlich vorliegenden Strahlenexposition. Dies bedeutet, dass bei einer *Arbeit*, die einem der in der Anlage XI StrlSchV genannten Arbeitsfelder zuzuordnen ist, alle organisatorischen, baulichen, technischen oder sonstigen Maßnahmen geprüft und gegebenenfalls durchgeführt werden müssen, um die Strahlenexpositionen von Mensch und Umwelt so weit zu verringern, dass sie unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles vertretbar sind. In vielen Fällen wird dieser Pflicht bereits entsprochen, wenn die für den Arbeitsplatz geltenden Vorschriften zur Gewährleistung des allgemeinen Gesundheits- und Arbeitsschutzes eingehalten werden. Zusätzliche Maßnahmen sind dann nicht erforderlich. In Situationen, in denen die Strahlenexpositionen der Beschäftigten erheblich erhöht sind, müssen zusätzliche Maßnahmen in Betracht gezogen werden. Nach den Festlegungen in der Strahlenschutzverordnung ist das immer dann der Fall, wenn eine Person während der *Arbeiten* eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv im Kalenderjahr erhalten kann.

2.3 Aufgaben des Verpflichteten im Teil 3 Kapitel 1 und 2

Im Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV werden die Anforderungen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei terrestrischer Strahlung formuliert, die von dem Verpflichteten zu erfüllen sind. Sie werden in der Tabelle 2-3 zusammengefasst.

Verpflichteter ist, wer in seiner eigenen Betriebsstätte eine *Arbeit* ausübt oder ausüben lässt oder wer in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung eine *Arbeit* ausübt oder diese von unter seiner Aufsicht stehenden Personen ausüben lässt. Der Verpflichtete ist entweder die Person, die in eigener Verantwortung selbst *Arbeiten* durchführt oder ein Arbeitgeber, der Personen beschäftigt, die mit der Durchführung dieser *Arbeiten* beauftragt sind. Ist der Arbeitgeber eine juristische Person, so ist bei Anzeige einer *Arbeit* der zuständigen Behörde mitzuteilen, wer vertretungsberechtigt ist und die Verpflichtungen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes wahrnimmt. Die vertretungsberechtigte Person kann weitere zuverlässige und sachkundige Personen damit beauftragen, ihr obliegende Aufgaben nach dem Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV wahrzunehmen. Dabei sind ihre Aufgaben, die innerbetrieblichen Entscheidungsbereiche und die zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben entsprechenden Befugnisse festzulegen.

2.4 Befugnisse der zuständigen Behörde im Teil 3 Kapitel 1 und 2

Die Regelungen im Teil 3 Kapitel 1 und 2 wenden sich vorwiegend an den Arbeitgeber und stärken dessen Verantwortlichkeit (siehe oben). Der Behörde bleibt, wie auch sonst im Recht des allgemeinen Arbeitsschutzes, die Kontrollfunktion und die Befugnis, erforderlichenfalls Anordnungen zu treffen. Die Befugnisse der zuständigen Behörde bei der Umsetzung des Teils 3 StrlSchV Kapitel 1 und 2 sind in der Tabelle 2-4 angegeben. Die zuständige Behörde kann zusätzliche Maßnahmen anordnen, wenn der Strahlenschutz von Mensch und Umwelt nicht gewährleistet ist oder ein Verstoß gegen die Regelungen der Strahlenschutzverordnung vorliegt.

Tabelle 2-3: Aufgaben des Verpflichteten im Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV

Aufgaben des Verpflichteten	Paragraph in StrlSchV
Einhaltung der Dosisgrenzwerte, Dosisbegrenzung	§ 93, § 95 Abs. 4, 5, 6, 7
Begrenzung der Strahlenexpositionen bei besonders schutzbedürftigen Personen	§ 95 Abs. 8, 9
Einleitung von Maßnahmen zur Dosisreduzierung, auch im Zusammenhang mit der Umsetzung von Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes	§ 94, § 95 Abs. 12
Durchführung einer arbeitsplatzbezogenen Abschätzung der Strahlenexposition	§ 95 Abs. 1
Anzeige von Arbeiten, bei denen ein Beschäftigter eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv im Kalenderjahr erhalten kann	§ 95 Abs. 2
Führen von Strahlenpässen, sofern anzeigebedürftige Arbeiten in fremden Betriebsstätten ausgeführt werden	§ 95 Abs. 3
Ermittlung der Strahlenexposition, Aufzeichnung der Ergebnisse Berechnung der effektive Dosis	§ 95 Abs. 10, § 96 Abs. 1
Sicherstellung der arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen	§ 95 Abs. 11
Aufbewahrung der Aufzeichnungen, Aushändigung der Aufzeichnungen an die überwachte Person und an die zuständige Behörde	§ 96 Abs. 2
Mitteilung über die ermittelten Körperdosen ³ bei Überschreitungen der Grenzwerte an die zuständigen Behörden unter Angabe der Gründe und an die betroffenen Personen	§ 96 Abs. 2
Mitteilung der aus den Überwachungsergebnissen berechneten Körperdosis ³ an die zuständige Behörde oder einer von ihr bestimmten Stelle	§ 96 Abs. 3
Umsetzung der von der Behörde angeordneten Maßnahmen	§ 96 Abs. 4

³ In der Strahlenschutzverordnung wird die Körperdosis als Sammelbegriff für die Organdosis und die effektive Dosis verwendet. Da der Begriff der effektiven Dosis eine größere Bedeutung für den praktischen Strahlenschutz bei den Arbeitsfeldern der Anlage XI StrlSchV hat, wird im Weiteren nur der Begriff der effektiven Dosis verwendet (siehe auch Fußnote 2).

Tabelle 2-4: Befugnisse der zuständigen Behörde im Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrISchV

Aufgaben	Paragraph in StrISchV
Prüfung der Anzeige über erhöhte Strahlenexpositionen	§ 95 Abs. 2
Registrierung von Strahlenpässen [5]	§ 95 Abs. 3
Festlegung über den zur Berechnung der effektiven Dosis aus einer Radon-222-Exposition zu verwendenden Gleichgewichtsfaktor	§ 95 Abs. 2, 4
Entscheidung über die Zulässigkeit weiterer beruflicher Strahlenexpositionen bei Überschreitung der Lebensarbeitszeitdosis und bei Verstoß gegen die Dosisbegrenzung	§ 95 Abs. 5, 6
Festlegung der für die Ermittlung der Strahlenexposition anzuwendenden Messmethoden und Messverfahren, Bestimmung von Messstellen	§ 95 Abs. 10
Forderung eines Nachweise über die Durchführung von Strahlenschutzmaßnahmen auf der Grundlage von Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes	§ 95 Abs. 12
Einsichtnahme in Aufzeichnungen zur Ermittlung der effektiven Dosis	§ 96 Abs. 2 Nr. 1c
Weiterleitung der ihr vom Verpflichteten übergebenen Ergebnisse an das Strahlenschutzregister	§ 96 Abs. 3
Anordnung von Strahlenschutzmaßnahmen bei anzeigebedürftigen Arbeiten	§ 96 Abs. 4
Anordnungen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei erhöhten Strahlenexpositionen in anderen als den in Anlage XI Teil B genannten Arbeitsfeldern	§ 96 Abs. 5
Befugnis zur Anordnung von Maßnahmen	§ 113
Gestatten von Ausnahmen bei der Umsetzung von Strahlenschutzvorschriften	§ 114
Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten	§ 116 Abs. 1 Ziffer 15 – 29
Festlegen einer Ersatzdosis	⁴

⁴ In einer gegenwärtig vorbereiteten Ergänzung der Strahlenschutzverordnung wird der zuständigen Behörde das Recht eingeräumt, bei unterbliebener oder fehlerhafter Ermittlung eine Ersatzdosis festzulegen.

3 DIE UMSETZUNG DER RECHTLICHEN FORDERUNGEN IN DER PRAXIS

3.1 Maßnahmen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Arbeiten

In der Abbildung 3-1 sind die Maßnahmen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Arbeiten dargestellt. Wenn Arbeiten in einem der in Anlage XI StrlSchV (siehe auch Tabelle 2-1) genannten Arbeitsfelder durchgeführt werden, muss der Verpflichtete eine Abschätzung der Strahlenexposition durchführen. Ergibt die Abschätzung, dass eine effektive Dosis von 6 mSv im Kalenderjahr überschritten werden kann, sind die Arbeiten bei der zuständigen Behörde anzuzeigen und Maßnahmen zur Überwachung und Reduzierung der Strahlenexpositionen einzuleiten.

3.2 Abschätzung von Strahlenexpositionen

Unter Abschätzung ist die Bewertung der Radon-222-Exposition *oder* der effektiven Dosis einer Einzelperson an ihrem Arbeitsplatz bezogen auf das Kalenderjahr zu verstehen. Wenn die Arbeit einem der im Teil A der Anlage XI StrlSchV genannten Arbeitsfelder zugeordnet werden kann, ist nur eine Abschätzung der Radon-222-Exposition durchzuführen. Wenn die Arbeit einem der im Teil B genannten Arbeitsfelder zugeordnet werden kann, ist die Abschätzung der effektiven Dosis unter Berücksichtigung aller relevanten Expositionspfade durchzuführen. Relevante Expositionspfade sind alle äußeren und inneren Strahlenexpositionen, denen der Beschäftigte an seinem Arbeitsplatz ausgesetzt ist und die mehr als zehn Prozent zur Gesamtexposition beitragen. Bei Arbeiten nach Anlage XI Teil B StrlSchV sind das in der Regel die Exposition durch äußere Gammastrahlung und die Strahlenexposition durch Inhalation von Stäuben, Rauchen und Aerosolpartikeln.

Der Arbeitsplatz ist der Aufenthaltsort einer Person während der Arbeit. Bei Arbeiten an verschiedenen Arbeitsplätzen sind diese entsprechend ihres Zeitanteils in die Abschätzung einzubeziehen. Die Abschätzung muss repräsentativ für die durchgeführten Arbeiten der Person sein. Dabei sind auch außergewöhnliche und nicht routinemäßige Arbeiten entsprechend ihres Zeitanteils bei der Abschätzung mit zu bewerten; d.h., es sind auch solche Arbeiten zu bewerten, die im Laufe des Kalenderjahres anfallen, aber nicht in dem der Abschätzung zu Grunde gelegten Zeitraum durchgeführt wurden.

Mit der Abschätzung sollte auch das Ziel verfolgt werden, Arbeitsplätze oder Arbeitsvorgänge mit hohen Strahlenexpositionen zu identifizieren, um geeignete Reduzierungs- oder besondere Strahlenschutzmaßnahmen abzuleiten, mit denen unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalles die Strahlenexpositionen für die betroffenen Personen so gering wie möglich gehalten werden können. Die Abschätzung hat derjenige zu veranlassen, der die Arbeiten entweder selbst eigenverantwortlich ausübt oder durch Personen ausüben lässt, die unter seiner Aufsicht stehen (Verpflichteter). Dabei ist es unerheblich, ob die Arbeiten in der eigenen oder in einer fremden Betriebsstätte ausgeübt werden. Die Abschätzung der Radon-222-Exposition oder der effektiven Dosis sollte auf der Grundlage von Messungen erfolgen. Geeignete Messmethoden und die dabei anzuwendenden Maßnahmen der Qualitätssicherung werden in Kapitel 3.5 beschrieben und sollten entsprechend angewendet werden. Vorzugsweise sollte die Abschätzung der Strahlenexposition mit personengetragenen Messgeräten erfolgen.

Für Arbeiten nach Anlage XI Teil B kann die Abschätzung auch auf der Grundlage von bekannten und für den Arbeitsplatz typischen Expositions-, Konzentrations- oder sonstigen Daten erfolgen (Anhang A). Bei der Ermittlung von Daten müssen Verfahren angewendet werden, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

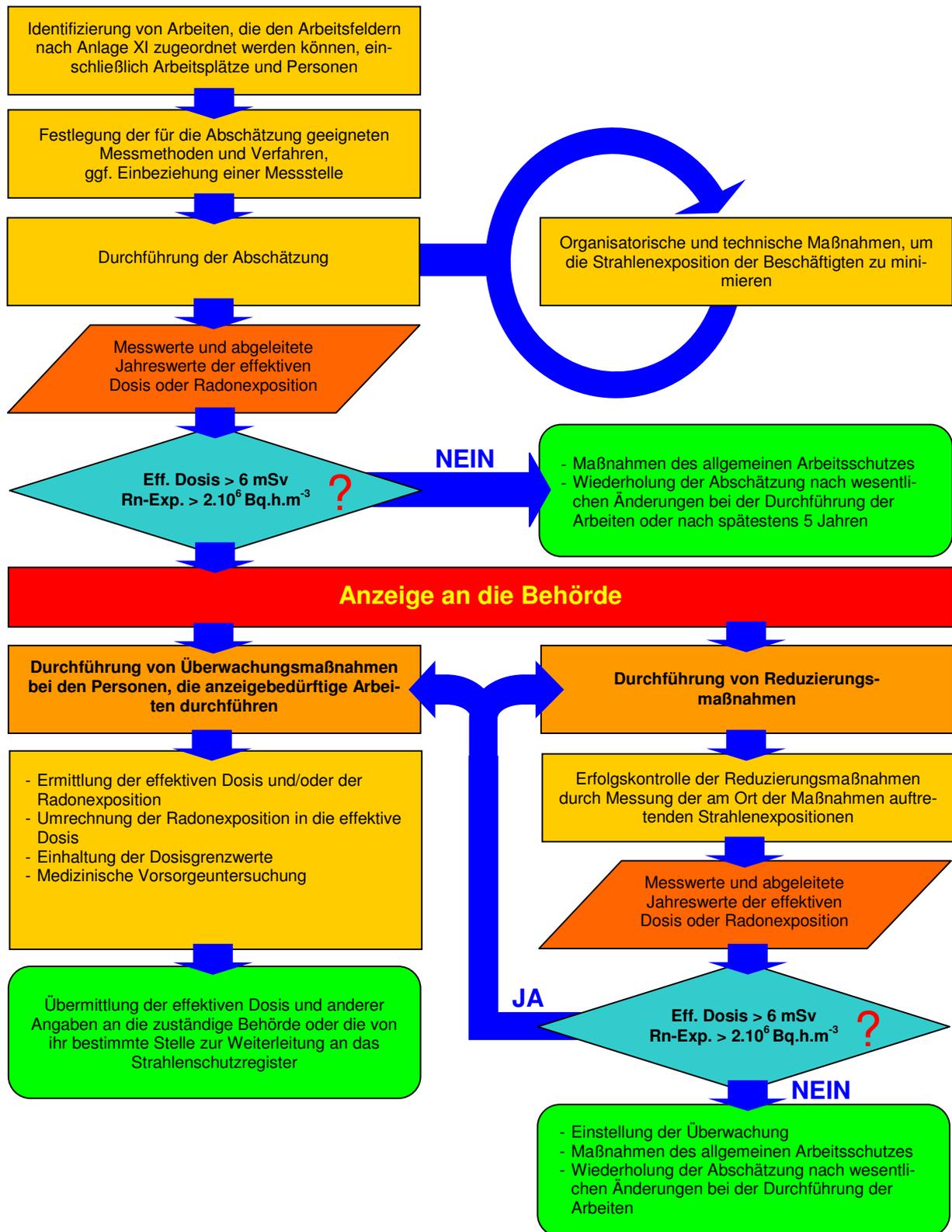


Abbildung 3-1: Strahlenschutz bei Arbeiten

Die während des Abschätzungszeitraumes gewonnenen Expositionsdaten sind auf die voraussichtlich zu erwartende Gesamtexposition im Kalenderjahr umzurechnen. Wenn eine Abschätzung durch Messung der Strahlenexpositionen erfolgt, sollte die Dauer der Messung unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Messgerätes so lange wie möglich gewählt werden, damit die durch die Messungen erfassten Strahlenexpositionen repräsentativ für die durchgeführten Arbeiten sind und der Fehler bei der Abschätzung der Strahlenexpositionen im Kalenderjahr gering ist. Im Zweifel sollte die Abschätzung der Strahlenexpositionen im Kalenderjahr unter konservativen Annahmen erfolgen. Dazu sind für jeden Arbeitsplatz des Beschäftigten die jeweils ungünstigsten Expositionsszenarien heranzuziehen. Diese ergeben sich sowohl aus der Prognose für die Fortführung der Arbeiten als auch aus den Erfahrungen vergangener Jahre unter Berücksichtigung außergewöhnlicher und nicht routinemäßiger Arbeiten mit erhöhten Strahlenexpositionen.

Übt eine Person oder üben Personen die Arbeit an verschiedenen Arbeitsplätzen aus, sollte die Radon-222-Exposition oder die effektive Dosis zunächst für jeden Arbeitsplatz bzw. Arbeitsvorgang gesondert abgeschätzt und danach summiert werden, um die Gesamtexposition zu ermitteln. Mit den dabei gewonnenen arbeitsplatzbezogenen Expositionsdaten können nicht nur die für die Strahlenexposition relevanten Arbeitsplätze und Arbeitsvorgänge identifiziert, sondern auch Entscheidungen über erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung der Exposition getroffen werden. Personen, die in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung Arbeiten durchführen oder durchführen lassen, können für die Abschätzung vorhandene Expositionsdaten an den vorgesehenen Arbeitsplätzen nutzen. Sofern solche Daten vorhanden sind, müssen diese vom Leiter der Betriebsstätte bereitgestellt werden. Sind keine oder nicht ausreichende Daten vorhanden, müssen die erforderlichen Abschätzungen veranlasst werden.

Die Abschätzung muss innerhalb von 6 Monaten nach Beginn einer Arbeit durchgeführt werden. Sie ist unverzüglich zu wiederholen, wenn der Arbeitsplatz so verändert wurde, dass eine höhere Strahlenexposition für die oder den dort Beschäftigten auftreten kann. Sie sollte aber auch nach dem Abschluss einer Maßnahme, die zur Reduzierung einer Strahlenexposition vorgenommen wurde, wiederholt werden, um den Erfolg dieser Maßnahme zu dokumentieren. Die Abschätzung sollte auch in angemessenen zeitlichen Abständen (z. B. alle 5 Jahre) wiederholt werden, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass im Laufe der Zeit durch bauliche, technische, organisatorische oder sonstige Maßnahmen der Arbeitsplatz oder der Arbeitsvorgang so verändert wurde, dass erhöhte Strahlenexpositionen auftreten können. Die Wiederholung der Abschätzung ist für Arbeiten, die anzeigebedürftig sind und bei denen aus diesem Grund eine Pflicht zur Ermittlung der Strahlenexposition besteht, gegenstandslos, da Veränderungen der Strahlenexpositionen bei der Ermittlung ohnehin erfasst werden.

Der Verpflichtete sollte die Ergebnisse der Abschätzungen und die daraus abgeleiteten Maßnahmen als Nachweis für die Behörde sowie zur innerbetrieblichen Gewährleistung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes dokumentieren. Dazu sollte er mindestens aufzeichnen,

- wann, an welchen Arbeitsplätzen und bei welchen Arbeiten oder Arbeitsvorgängen die Abschätzungen durchgeführt wurden,
- die Art und Weise der Abschätzung (Methode, Verfahren),
- die Höhe der festgestellten Strahlenexpositionen,
- die durchgeführten Reduzierungs- und/oder eingeleiteten Strahlenschutzmaßnahmen und
- wer die Abschätzung und die Maßnahmen durchgeführt hat.

3.3 Anzeige von Arbeiten mit erhöhter Strahlenexposition

Eine anzeigebedürftige Arbeit liegt dann vor, wenn die Arbeit den Arbeitsfeldern nach Anlage XI StrlSchV einzuordnen ist und die Person beim Ausführen einer Arbeit nach Teil A der Anlage eine Radon-222-Exposition von mehr als $2 \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ oder beim Ausführen einer Arbeit nach Teil B der Anlage eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv im Kalenderjahr erhalten kann.

Bei Arbeiten, die den in Anlage XI Teil A StrlSchV genannten Arbeitsfeldern zuzuordnen sind, kann davon ausgegangen werden, dass eine Radon-222-Exposition von $2 \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ im Kalenderjahr nicht überschritten wird, wenn die Summe der jährlich aufgewendeten Zeit für diese Arbeiten weniger als 20 Stunden beträgt. Bei Arbeiten, die den in Anlage XI Teil B StrlSchV genannten Arbeitsfeldern zuzuordnen sind, kann davon ausgegangen werden, dass 6 mSv im Kalenderjahr nicht überschritten werden, wenn die Summe der jährlich aufgewendeten Zeit für diese Arbeiten weniger als 50 Stunden beträgt.

Ergibt die Abschätzung, dass eine anzeigebedürftige Arbeit vorliegt, so ist diese der zuständigen Behörde innerhalb von 3 Monaten anzuzeigen. Eine Anzeige von Arbeiten mit erhöhten Expositionen durch natürliche Strahlenquellen muss Angaben enthalten über

1. die Art der Arbeit sowie das betreffende oder die betreffenden Arbeitsfeld(er) nach Anlage XI StrlSchV,
2. die Anzahl der Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen,
3. die vorgesehenen Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition und alle Angaben hierzu, die der Behörde erlauben, zu prüfen, ob diese geeignet sind, und
4. die vorgesehenen Maßnahmen zur Ermittlung der Strahlenexpositionen der betroffenen Personen, insbesondere Messverfahren, Messgerät, Messdauer.

Zusätzlich zu diesen Angaben kann die Behörde weitere Informationen anfordern. In Betracht kommen insbesondere

5. Informationen zur Expositionsabschätzung, die der Behörde erlauben, die Richtigkeit des abgeschätzten Wertes zu prüfen, insbesondere Art, Dauer, Häufigkeit und Wert der relevanten Messungen,
6. der Nachweis, dass die Abschätzung innerhalb von 6 Monaten nach Beginn einer Arbeit oder nach einer wesentlichen Änderung im Sinne des § 95 Abs. 1 Satz 2 StrlSchV durchgeführt wurde,
7. die Information, ob die angezeigten Arbeiten in der eigenen Betriebsstätte oder in fremden Betriebsstätten durchgeführt werden und, sofern Arbeiten in fremden Betriebsstätten durchgeführt werden, der Nachweis, dass jeder Beschäftigte im Besitz eines vollständig geführten und registrierten Strahlenpasses ist (§ 95 Abs. 3 StrlSchV),
8. Informationen, wie der Strahlenschutz bei besonders schutzbedürftigen Personen nach § 95 Abs. 7, 8 und 9 StrlSchV gewährleistet wird, sofern diese in der Betriebsstätte beschäftigt sind, und
9. der Nachweis, dass alle Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen, durch einen ermächtigten Arzt untersucht worden sind und für diese Personen ärztliche Unbedenklichkeitsbescheinigungen vorliegen.

Die Anzeige muss den Namen und die Adresse der Betriebsstätte und den Namen des Verpflichteten oder der Person enthalten, die die Aufgaben des Verpflichteten wahrnimmt.

3.4 Maßnahmen bei besonders schutzbedürftigen Personen

Personen unter 18 Jahre:

Personen unter 18 Jahre dürfen keine anzeigebedürftigen Arbeiten ausführen. Dies ergibt sich aus § 95 Abs. 7 StrlSchV, wonach der Grenzwert der effektiven Dosis für Personen unter 18 Jahren 6 mSv im Kalenderjahr beträgt. Diese Forderung kann dadurch erfüllt werden, dass bei einer Arbeit, bei denen ein Beschäftigter eine effektive Dosis von mehr als 6 mSv im Kalenderjahr oder eine Radon-222-Exposition von mehr als $2 \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}$ erhalten kann, die Jahresarbeitszeit für Personen unter 18 Jahre so begrenzt wird, dass diese Werte nicht überschritten werden. Der Verpflichtete sollte die entsprechenden Arbeitszeiten und die Strahlenexposition am Arbeitsplatz aufzeichnen.

Schwangere oder stillende Frauen:

Besondere Maßnahmen sind nur bei Arbeiten nach Anlage XI Teil B StrlSchV zu ergreifen, wenn innere Strahlenexpositionen durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte auftreten (Kapitel 2.2). Die Forderung, dass bei einer Frau, die schwanger ist oder stillt, die Arbeitsbedingungen so zu gestalten sind, dass eine innere Strahlenexposition ausgeschlossen ist, wird dadurch erfüllt, dass diese Frau in der betreffenden Zeit keine derartigen Arbeiten ausführt.

3.5 Ermittlung der Strahlenexposition bei anzeigebedürftigen Arbeiten

3.5.1 Grundsätze

Bei der Ermittlung der Strahlenexposition wird das Ziel verfolgt, die effektive Dosis, die eine Person bei der Durchführung anzeigebedürftiger Arbeiten erhält, zu bestimmen und die Einhaltung von Dosisgrenzwerten nachzuweisen. Aus diesem Grund müssen alle inneren und äußeren Strahlenexpositionen erfasst werden. Unberücksichtigt können jedoch Expositionspfade bleiben, die weniger als zehn Prozent zur Gesamtexposition beitragen. Aus diesem Grund muss die Ingestion radioaktiver Stoffe (Zufuhr durch Nahrungsaufnahme, Verschlucken) in der Regel nicht betrachtet werden.

Die Beschränkung auf die für die Gesamtexposition maßgeblichen Pfade hat in der Praxis zur Folge, dass bei Arbeiten, die den Arbeitsfeldern nach Teil A Anlage XI StrlSchV zugeordnet werden, nur die Exposition durch Radon-222 zu ermitteln ist und bei Arbeiten in den Arbeitsfeldern nach Teil B die Strahlenexposition durch äußere Gammastrahlung sowie die Exposition durch Inhalation von Uran und Thorium, einschließlich deren Zerfallsprodukte. Werden jedoch Arbeiten der Arbeitsfelder des Teils B der Anlage XI StrlSchV in Arbeitsfeldern des Teils A ausgeführt, so ist grundsätzlich auch die Exposition durch Radon-222 bei der Ermittlung mit zu erfassen.

Für die Ermittlung der Strahlenexposition hat der Verpflichtete zu sorgen. Dabei ist es unerheblich, ob die Arbeiten in der eigenen oder in einer fremden Betriebsstätte ausgeübt werden. Die Maßnahmen zur Ermittlung der Strahlenexpositionen des Beschäftigten sind unverzüglich einzuleiten, nachdem festgestellt wurde, dass eine anzeigebedürftige Arbeit vorliegt. Die Strahlenexposition im ersten Kalenderjahr nach Aufnahme der Arbeiten ist die Summe der nach der Aufnahme der Arbeiten bis zum Beginn der Ermittlung abgeschätzten Strahlenexposition und der im restlichen Kalenderjahr ermittelten Exposition.

Für die Ermittlung von Strahlenexpositionen sind grundsätzlich Messungen durchzuführen. Ein Messgerät besteht im Allgemeinen aus einer Messsonde, die den durch die Strahlung hervorgerufenen Messeffekt in ein Messsignal umwandelt, und einer Anzeigeeinheit zur Anzeige oder Ausgabe des Wertes der Messgröße. Die Messsonde kann

1. direkt mit der Anzeigeeinheit verbunden sein, so dass das Messergebnis während der Messung ablesbar ist (direkt ablesbare Messgeräte) oder
2. nicht mit der Anzeigeeinheit verbunden sein, so dass das Messergebnis erst nach dem Messvorgang durch eine separate Auswertung der Messsonde festgestellt werden kann (passive Messgeräte).

Die Messgeräte werden dabei entweder von den zu überwachenden Personen während der Arbeiten getragen (personengetragene Messgeräte) oder werden als stationäre (ortsfeste) Messgeräte zur Ermittlung der Strahlenexpositionen am Arbeitsplatz eingesetzt. Der Verpflichtete muss für jeden relevanten Expositionspfad das Messverfahren auswählen, mit dem unter Beachtung der Umstände des Einzelfalles die Ermittlung in geeigneter Weise durchgeführt werden kann. Wenn die Behörde feststellt, dass das vom Verpflichteten vorgesehene Messverfahren nicht geeignet ist, kann sie ein anderes Messverfahren festlegen.

Tabelle 3-1: Arbeitsfelder und zu betrachtende Expositionspfade⁵

Arbeitsfelder	Expositionspfad
Arbeitsfelder mit erhöhten Radon-222-Expositionen	Inhalation von Radon-222 und dessen kurzlebige Zerfallsprodukte
Arbeitsfelder mit erhöhten Expositionen durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte	Inhalation von Radon-222 und dessen kurzlebige Zerfallsprodukte
	Externe Gammastrahlung
	Inhalation von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte ohne Radon

Die Überwachungsintervalle sollten mindestens einen Monat, aber nicht länger als 3 Monate betragen. Bei besonderen Expositionsbedingungen können davon abweichende Überwachungsintervalle festgelegt werden. Die empfohlenen Überwachungsintervalle sind für die einzelnen Messgerätegruppen in der Tabelle 3-2 angegeben. Die angegebenen Überwachungsintervalle stellen Empfehlungen dar, die unter Berücksichtigung der zu erwartenden Strahlenexpositionen abgeleitet wurden. Um Messunsicherheiten zu begrenzen, sollten für personengetragene Messgeräte (passive Radonmessgeräte, Personendosimeter, integrierende Staubsammler) die Überwachungsintervalle bestimmte minimale Messzeiten nicht unterschreiten. Eine obere Begrenzung für das Überwachungsintervall wird in der Regel nicht durch die Messtechnik bestimmt, sondern durch die Forderung nach einer zeitnahen Ermittlung der für die überwachte Person relevanten Strahlenexposition. Beim Einsatz von Staub- und Aerosolpartikelsammlern ist die Wahl des

⁵ Die kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte sind das Polonium-218, das Blei-214, das Wismut-214 und das Polonium-214. Diese Zerfallsprodukte werden zusammen mit dem Radon inhaliert. Während das Radon wieder ausgeatmet wird, werden die Zerfallsprodukte im Atemtrakt deponiert. Da die physikalischen Halbwertszeiten der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte klein gegenüber ihren biologischen Halbwertszeiten sind, zerfallen sie im Atemtrakt. Deshalb wird die Strahlenexposition des Radons im Wesentlichen durch dessen im Atemtrakt deponierte kurzlebige Zerfallsprodukte bestimmt. Bei der Inhalation von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte wird im Allgemeinen das Radon nicht mit betrachtet.

Tabelle 3-2: Expositionspfade, Messgrößen und verwendete Messgeräte sowie deren Qualitätssicherung

Expositionspfad	Messgrößen	Messgeräte (Beispiel)	Qualitätssicherung			ext. Messstelle?	empfohlenes Überwachungsintervall	
			Wie	Wer	Wann			
Inhalation von Radon-222 und dessen kurzlebige Zerfallsprodukte	Radon-222-Exposition	Exposimeter (passives Messgerät)	Messvergleich	BfS	jährlich	ja	> 2 Monate	
	Radon-222-Aktivitätskonzentration	Radonmonitor mit direkt ablesbarer Anzeige	Kalibrierung	Kalibrierstelle	alle 2 Jahre	nein	frei wählbar	
	Potenzielle Alphaenergie-Konzentration kurzlebiger Radon-222-Zerfallsprodukte	Messgerät mit direkt ablesbarer Anzeige, Grubenradiometer	Kalibrierung	Kalibrierstelle	alle 2 Jahre	nein	frei wählbar	
	Potenzielle Alphaenergie-Exposition kurzlebiger Radon-222-Zerfallsprodukte	Exposimeter (passives Messgerät)	Messvergleich	BfS	jährlich	ja	2 - 3 Monate	
Externe Gammastrahlung	Personendosis	Personendosimeter (passives Messgerät)	Messvergleich	PTB	jährlich	ja	> 1 Monat	
	Umgebungsäquivalentdosis bzw. -dosisleistung	Messgerät mit direkt ablesbarer Anzeige	Eichung	Eichamt	1 od. 6 Jahre*	nein	frei wählbar	
Inhalation von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte ohne Radon	Exposition von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte in der Luft	Personengetragener integrierender Staubsammler	Kalibrierung Volumenstrom	Kalibrierstelle	alle 2 Jahre	ja	< 1 Monat (abhängig von Staubkonzentrat.)	
	Aktivitätskonzentration von Uran u. Thorium und deren Zerfallsprod. i. d. Luft	Staubsammler mit direkt ablesbarer Anzeige	Kalibrierung Volumenstrom	Kalibrierstelle	alle 2 Jahre	nein	frei wählbar (abhängig von Staubkonzentrat.)	
	Ganz- oder Teilkörperaktivität der überwachten Person	Messungen werden ausschließlich von Messstelle durchgeführt						3 - 6 Monate
	Aktivität der Ausscheidungen der überwachten Person	Messungen werden ausschließlich von Messstelle durchgeführt						3 - 6 Monate

* Die Kalibrierung von allgemein zur Eichung zugelassenen ortsfesten Strahlenschutzmessgeräten ist 1 Jahr gültig. Die Kalibrierung ist für Strahlenschutzmessgeräte mit geeigneter Kontrollvorrichtung 6 Jahre gültig, wenn der Anwender in Teilen des Messbereichs bzw. in Teilen des Nenngebrauchsbereichs für die Dosisleistung Kontrollmessungen entsprechend der Zulassung durchführt, die Ergebnisse aufzeichnet und mindestens 6 Jahre aufbewahrt. (siehe auch Eichordnung Anhang B (zu §§ 12 und 14 EO) Besondere Gültigkeitsdauer der Eichung, BGBl. I 1988, 1678 - 1680)

Überwachungsintervalls auch abhängig von der Staub- und Aerosolpartikelkonzentration in der Atemluft und dem Volumenstrom des Messgerätes.

Die Ermittlung der Strahlenexpositionen kann sowohl durch Einzelüberwachung als auch durch Gruppenüberwachung erfolgen. Die verschiedenen Arten von Messgeräten, ihr effizienter Einsatz als auch die vorgesehene Messaufgabe kann zu einer Kombination dieser Überwachungsverfahren führen.

3.5.2 Anforderungen an Messgeräte

Die Tabellen 3-1 und 3-2 geben die für die Arbeitsfelder relevanten Expositionspfade, die bei der Ermittlung zu erfassenden Messgrößen⁶ und die dafür geeigneten Messgeräte, einschließlich der erforderlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung, an. Der Verpflichtete kann davon ausgehen, dass ein Messgerät für die Ermittlung der entsprechenden Messgröße geeignet ist,

1. wenn sowohl das Messgerät die für den vorgesehenen Messzweck erforderlichen physikalisch-technischen Eigenschaften besitzt und die Konformität des Messgerätes mit metrologischen Anforderungen erfüllt wird, als auch das Messgerät von einem akkreditierten Kalibrierlaboratorium kalibriert wurde und der Kalibrierschein gültig ist,
2. oder wenn das Messgerät geeicht wurde und die Eichung gültig ist
3. oder wenn das Messgerät von einer für die Messung akkreditierten bzw. anerkannten Stelle ausgegeben wurde.

Messgerätetypen zur Ermittlung der Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte und Messgerätetypen zur Ermittlung der Personendosis durch externe Gammastrahlung bedürfen der Zustimmung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Abstimmung mit dem Länderausschuss für Atomkernenergie, Fachausschuss Strahlenschutz.⁷ Messgeräte zur Ermittlung der Personendosis werden von Personendosismessstellen ausgegeben (Anhang D).

Beim Einsatz der Messgeräte müssen die am Messort auftretenden Expositionsbedingungen berücksichtigt werden. Sie dürfen die Funktionsweise des Gerätes und die damit verbundene Messung nicht beeinträchtigen. Zu den Expositionsbedingungen zählen die klimatischen Bedingungen (Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit), die Konzentration von Stäuben und Aerosolpartikeln in der Luft, auftretende Nässe, mechanische Einflüsse, die Ventilationsrate und alle Strahlenexpositionen, die nicht Gegenstand der Messung sind, aber das Messergebnis beeinflussen können. Dies betrifft insbesondere den Einfluss durch natürliche Umgebungsstrahlung, wie z. B. die mögliche Störung der Messung der Radon-222-Exposition bzw. -Aktivitätskonzentration durch ebenfalls in der Luft vorhandenes Radon-220. Die Nennbetriebsbedingungen eines Messgerätes, bei denen die messtechnischen Merkmale innerhalb festgelegter Grenzen liegen, können der Gerätedokumentation entnommen werden.

⁶ Die *potenzielle Alphaenergie* eines kurzlebigen Radon-222-Zerfallsproduktes ist die Summe der Energien aller Alphateilchen, die beim Zerfall dieses Radionuklids bis zum Blei-210 entstehen. Die *potenzielle Alphaenergie-Konzentration* eines beliebigen Gemisches von kurzlebigen Radons-Zerfallsprodukten ist die Summe der potenziellen Alphaenergien aller Zerfallsprodukte bis zum Blei-210 pro Volumen. Die *potenzielle Alphaenergie-Exposition* eines Beschäftigten ist die mittlere *potenzielle Alphaenergie-Konzentration*, der der Beschäftigte an seinen Arbeitsplätzen ausgesetzt ist, multipliziert mit seiner Aufenthaltszeit an den Arbeitsplätzen.

⁷ Messgerätetypen zur Ermittlung der Strahlenexposition durch Radon und Radonzerfallsprodukte, die die für den vorgesehenen Messzweck erforderlichen physikalisch-technischen Eigenschaften besitzen und die Konformität mit metrologischen Anforderungen erfüllen, werden dazu vom Bundesamt für Strahlenschutz dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Länderausschuss für Atomkernenergie, Fachausschuss Strahlenschutz vorgestellt.

3.5.3 Einzelüberwachung

Bei der Einzelüberwachung wird das Messgerät eindeutig der überwachten Person zugeordnet. In der Regel werden dafür personengetragene Messgeräte verwendet, die während der Arbeiten von den Beschäftigten an einer repräsentativen Stelle am Körper oberhalb der Kleidung getragen werden. Staub- und Aerosolpartikelsammler zur Bestimmung der Strahlenexposition durch Inhalation sind so nahe wie möglich am Atembereich zu tragen.

3.5.4 Gruppenüberwachung

Bei einer Gruppenüberwachung werden einzelne oder mehrere Messgeräte eingesetzt, um aus den Messwerten die individuellen Strahlenexpositionen für Personen, die unter gleichen Bedingungen, z. B. am gleichen Arbeitsplatz, arbeiten, zu ermitteln. Zuvor muss nachgewiesen werden, dass für alle Personen vergleichbare Expositionsbedingungen vorliegen. Bei einer Gruppenüberwachung müssen die Aufenthaltszeiten der einzelnen Personen am Arbeitsplatz dokumentiert werden.

Für eine Gruppenüberwachung werden in der Regel stationäre Messgeräte zur Arbeitsplatzüberwachung eingesetzt. Eine Gruppenüberwachung kann auch in der Art durchgeführt werden, dass die Strahlenexposition für einen Teil der Gruppe mit personengetragenen Messgeräten ermittelt wird und die Strahlenexposition einer nicht überwachten Person dieser Gruppe aus der mittleren gemessenen Strahlenexposition und der Aufenthaltszeit dieser Person am Arbeitsplatz berechnet wird.

3.5.5 Ermittlung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Anlage XI Teil A

Zur Ermittlung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Anlage XI Teil A StrlSchV sind

- Messungen der Radon-222-Aktivitätskonzentration oder der potenziellen Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte oder
- Messungen der Radon-222-Exposition oder der potenziellen Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte

durchzuführen.⁸

In der Regel ist die Verwendung passiver Messgeräte zur Bestimmung der Radon-222-Exposition, die von den Personen während der Ausübung der Arbeiten getragen werden, das Verfahren, mit dem die Messungen vorgenommen werden sollten. Das gilt insbesondere dann, wenn Personen ihre Arbeiten an verschiedenen Arbeitsplätzen ausüben.

Werden die Radon-222-Aktivitätskonzentration oder die potenzielle Alphaenergie-Konzentration gemessen, sind die jeweiligen Expositionen (Radon-222-Exposition, potenzielle Alphaenergie-Exposition) zu berechnen. Zur Berechnung der Expositionsgrößen ist für jeden Arbeitsplatz der Mittelwert der entsprechenden Konzentrationsgröße während der Aufenthaltsdauer der Person zu bestimmen und mit der Aufenthaltsdauer der Person an diesem Arbeitsplatz zu multiplizieren. Die individuelle Strahlenexposition der betreffenden Person ist die Summe der Teilexpositionen für alle Arbeitsplätze.

⁸ In der Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 wird die Messung der potentiellen Alphaenergie-Konzentration bzw. Exposition nicht genannt. In einer gegenwärtig vorbereiteten Ergänzung der Strahlenschutzverordnung werden diese Messgrößen in den Text der Verordnung ausdrücklich aufgenommen.

Die Berechnung der effektiven Dosis aus der Radon-222-Exposition oder der potenziellen Alphaenergie-Exposition ist gemäß Anhang E vorzunehmen. Bei der Umrechnung der Radon-222-Exposition ist in der Regel ein Gleichgewichtsfaktor von 0,4 zu Grunde zu legen (Anhang E Tabelle E-2 Spalte 2). Sofern Anhaltspunkte vorliegen, dass der mittlere Gleichgewichtsfaktor an einem Arbeitsplatz kleiner als 0,2 oder größer als 0,7 ist, sind für die Umrechnung der Radon-222-Exposition die Werte der Anhang E Tabelle E-2 Spalte 1 oder 3 zu verwenden

Bei Expositionen durch Radon und seine kurzlebigen Zerfallsprodukte ist die potenzielle Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte die dosisrelevante Größe. Durch Bestimmung der Messgröße der potenziellen Alphaenergie-Exposition oder -Konzentration kann die effektive Dosis direkt und ohne Berücksichtigung des Gleichgewichtsfaktors berechnet werden. Der zu erwartende Fehler bei der Ermittlung der effektiven Dosis ist deshalb geringer. Messgeräte zur Messung dieser Größen sollten insbesondere für solche Arbeiten eingesetzt werden, bei denen

1. die Abschätzung der Strahlenexposition einen Wert der effektiven Dosis von mehr als 15 mSv im Kalenderjahr ergibt,
2. keine Annahmen über den Gleichgewichtsfaktor getroffen werden können oder
3. der Gleichgewichtsfaktor kleiner als 0,2 oder größer als 0,7 ist.

3.5.6 Ermittlung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Anlage XI Teil B

Für die Ermittlung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Anlage XI Teil B ist

- bei äußerer Strahlenexposition die Personendosis, die Ortsdosis oder die Ortsdosisleistung,
- bei innerer Strahlenexposition die Konzentration radioaktiver Stoffe in der Atemluft des Beschäftigten

zu messen. Die innere Strahlenexposition kann auch durch Ermittlung der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidung erfolgen. Die Personendosis oder die Ortsdosis oder die aus der Ortsdosisleistung und der Aufenthaltsdauer berechnete Ortsdosis gelten als die effektive Dosis durch äußere Strahlenexposition (Anhang D). Die Messung der Konzentration radioaktiver Stoffe in der Atemluft des Beschäftigten kann durch stationäre oder personengetragene Messgeräte erfolgen, die die für den Arbeitsplatz oder die Arbeitsplätze repräsentative Aktivitätskonzentration der luftgetragenen Radioaktivität erfassen. Aus den Messwerten wird die effektive Dosis entsprechend Anhang C bestimmt.

Eine Sonderstellung nehmen die Messungen der Körperaktivität und der Aktivität der Ausscheidung ein. Diese Messungen werden von Messstellen an der zu überwachenden Person durchgeführt. Sie sollten vom Verpflichteten dann veranlasst werden, wenn die gesamte durch äußere und innere Strahlenexposition verursachte effektive Dosis den Wert von 15 mSv im Kalenderjahr übersteigen kann und davon mindestens 6 mSv durch innere Strahlenexpositionen verursacht sein können. Das Überwachungsintervall kann bis zu 6 Monate betragen.

3.5.7 Stellen, die Messungen durchführen

Eine Stelle, die Messungen durchführt, muss

1. zugelassene, geeichte, kalibrierte oder in anderer Weise für die vorgesehenen Messungen geeignete Messgeräte ausgeben,⁹
2. Messwerte ermitteln,
3. Konzentrations- bzw. Expositionsdaten feststellen oder berechnen und
4. Ergebnisse an den Verpflichteten übergeben.

Die Stelle führt die Tätigkeiten in eigener Verantwortung durch. Sie kann vom Verpflichteten beauftragt (sachverständige Stelle) oder von der zuständigen Behörde bestimmt (Messstelle) werden. Wenn Messungen zur Ermittlung der Personendosis oder der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidungen durchgeführt werden sollen, wird in der Regel die zuständige Behörde Messstellen bestimmen.

Der Verpflichtete sollte für die Messungen insbesondere dann eine sachverständige Stelle beauftragen, wenn

1. er nicht die organisatorischen, technischen und fachlichen Voraussetzungen für die Durchführung der Messungen und die Auswertung der Messgeräte besitzt oder
2. für die Durchführung und Auswertung von Messungen hohe organisatorische, technische und fachliche Voraussetzungen erforderlich sind, wie dies im Allgemeinen bei passiven Messgeräten der Fall ist (z. B. Messgeräte zur Messung der Radon-222-Exposition oder der potenziellen Alphaenergie-Exposition mit Festkörperdetektoren, Messgeräte zur Messung der Konzentration radioaktiver Stoffe in der Luft mit Anreicherung der radioaktiven Stoffe auf einem Messfilter und anschließender separater Auswertung).

Wenn der Verpflichtete Stellen beauftragt, muss er sich davon überzeugen, dass diese die organisatorische und fachliche Kompetenz zur Durchführung der vorgesehenen Messungen besitzen. Sachverständige Stellen weisen ihre Kompetenz durch Vorlage einer gültigen Akkreditierung bei einer evaluierten Akkreditierungsstelle oder durch Vorlage einer Anerkennung von der *Leitstelle für Fragen der Radioaktivitätsüberwachung bei erhöhter natürlicher Radioaktivität* des BfS für die vorgesehenen Messungen nach.^{10, 11}

Für die Bereitstellung von Messgeräten muss der Verpflichtete der Stelle, die die Messungen durchführt, mitteilen,

1. ob eine Abschätzung oder eine Ermittlung der Strahlenexposition beabsichtigt ist,
2. wie hoch die Anzahl der zu überwachenden Personen bzw. Arbeitsplätze ist,
3. welche Messgröße ermittelt werden soll,
4. ob die Messgeräte von den Personen während der Arbeiten am Körper getragen oder an ihren Arbeitsplätzen stationär aufgestellt werden sollen und,

⁹ Es dürfen nur Messgeräte ausgegeben werden, deren Verwendung das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Abstimmung mit dem Länderausschuss für Atomkernenergie, Fachausschuss Strahlenschutz zugestimmt hat (siehe auch Kapitel 3.5.2).

¹⁰ Mit dem Kompetenznachweis wird dokumentiert, dass die sachverständige Stelle festgelegte Qualitätsanforderungen erfüllt. Personendosismessstellen müssen bis zum 01. März 2007 eine Akkreditierung für die Messungen nachweisen. Stellen für die Bestimmung der Radon-222-Exposition oder -Aktivitätskonzentration, die an der Vergleichsprüfung 2003 des BfS teilgenommen haben, erbringen bis zum 31. Dezember 2005 den Kompetenznachweis.

¹¹ Eine Akkreditierung wird durch die Akkreditierungsurkunde nachgewiesen. In der Bundesrepublik werden akkreditierte Stellen beim Deutschen Akkreditierungsrat (DAR) registriert und erhalten eine DAR-Registriernummer. Sachverständige Stellen, die im Ausland akkreditiert sind, müssen die Akkreditierung entsprechend nachweisen.

5. unter welchen Expositionsbedingungen die Messungen stattfinden, wenn diese dem Verpflichteten bekannt sind.

Die Stelle, die die Messungen durchführt, informiert den Verpflichteten

1. über die Handhabung der Messgeräte sowie den Umgang mit den Messgeräten (z. B. Bedienung, Aufstell- bzw. Tragebedingungen, Art und Weise der Rückgabe),
2. über die vom Verpflichteten durchzuführenden Maßnahmen zur Qualitätssicherung (z. B. Lagerung außerhalb der Arbeitszeit und Erfassung der dabei entstehenden Expositionen durch Einsatz von zusätzlichen Messgeräten) und
3. über den vom Verpflichteten durchzuführenden Umfang der Dokumentation, die notwendig ist, damit Konzentrations- bzw. Expositionsdaten berechnet werden können (z. B. Dokumentation der Arbeits- und Aufenthaltszeiten).

Der Verpflichtete ist für die Zuordnung der Messgerätenummern zu den Personen oder Arbeitsplätzen verantwortlich.

Die Stelle, die die Messungen durchführt, ermittelt die Messwerte und ordnet die Ergebnisse den Messgerätenummern zu. Sofern Defekte oder Beschädigungen der Messgeräte festgestellt werden, die zu einer Beeinträchtigung des Messergebnisses führen können, werden diese dokumentiert und zusammen mit dem Ergebnisbericht und an den Verpflichteten übermittelt. Der Ergebnisbericht muss die Messgerätenummer, die Messgröße, den Messwert und die Einheit in klarer und eindeutiger Weise beinhalten. Wenn vertraglich nicht anders vereinbart, kann die Angabe der Messunsicherheit entfallen.

Wenn eine sachverständige Stelle Arbeiten im Unterauftrag vergibt, müssen die Unterauftragnehmer und die von ihnen durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse im Ergebnisbericht angegeben werden. Der Ergebnisbericht muss einen Hinweis enthalten, aus dem hervorgeht, dass die sachverständige Stelle ihre Kompetenz für die Messungen nachgewiesen hat. Wenn sie akkreditiert ist, erfolgt dies durch Angabe der Akkreditierungsstelle und der Registriernummer¹². Wenn sie Messaufgaben im Unterauftrag vergibt, muss der Unterauftragnehmer im Ergebnisbericht benannt, die von ihm durchgeführten Messaufgaben angegeben und seine Kompetenz für diese Messaufgaben entsprechend nachgewiesen werden.

3.5.8 Ersatzdosis¹³

Bei fehlerhafter oder unterbliebener Messung kann die zuständige Behörde eine Ersatzdosis festlegen. Dies kann insbesondere dann erforderlich sein, wenn ein Messgerät nicht bestimmungsgemäß eingesetzt wurde oder nicht auswertbar ist. Die Festlegung einer Ersatzdosis kann auch dann erfolgen, wenn das Messverfahren oder die Messmethode ungeeignet war, die Strahlenexposition der Einzelperson zu ermitteln, oder die Messung nicht bestimmungsgemäß durchgeführt wurde.

Bei der Festlegung der Ersatzdosis geht die zuständige Behörde in folgender Reihenfolge (zugleich Rangfolge) vor:

1. Werte von anderen Personen mit gleicher Arbeit am gleichen oder ähnlichen Arbeitsplatz,

¹² z. B. durch Angabe der DAR-Registriernummer (siehe auch Fußnoten 10 und 11)

¹³ Die Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 enthält im Teil 3 keine Regelungen zur Bestimmung der Ersatzdosis. Entsprechende Regelungen werden in einer gegenwärtig vorbereiteten Ergänzung der Strahlenschutzverordnung aufgenommen.

2. Mittelwert der effektiven Dosis dieser Person über einen längeren Zeitraum am gleichen Arbeitsplatz,
3. Ergebnisse der Abschätzung.

Der Verpflichtete muss der zuständigen Behörde die für die Bestimmung der Ersatzdosis notwendigen Informationen zur Verfügung stellen. Er wird von der Behörde oder von einer von ihr bestimmten Stelle über die festgelegte Ersatzdosis und die zugehörigen Überwachungsdaten informiert.

3.6 Medizinische Überwachung

Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausüben, müssen innerhalb eines Kalenderjahres von einem für die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung strahlenexponierter Personen ermächtigten Arzt untersucht werden. Ihnen darf eine Beschäftigung oder eine Weiterbeschäftigung nur erlaubt werden, wenn eine von diesem Arzt ausgestellte Bescheinigung vorliegt, nach der der Beschäftigung keine gesundheitlichen Bedenken entgegenstehen.

Zur Erteilung der ärztlichen Bescheinigung kann der Arzt Angaben über

1. die Art der anzeigebedürftigen Arbeiten und die mit diesen Arbeiten verbundenen Arbeits- und Expositionsbedingungen,
2. den Wechsel von Arbeiten und den damit verbundenen Wechsel der Arbeits- und Expositionsbedingungen und
3. die Ergebnisse der Ermittlung der Strahlenexposition

verlangen. Der Arzt übergibt die ärztliche Bescheinigung dem Verpflichteten, der beruflich strahlenexponierten Person und, soweit gesundheitliche Bedenken bestehen, der zuständigen Behörde. Eine ärztliche Vorsorgeuntersuchung ist auch dann zu veranlassen, wenn die Lebensarbeitszeitdosis von 400 mSv oder ein Grenzwert nach Tabelle 2-2 überschritten wurde.

Die Untersuchung hat der Verpflichtete zu veranlassen. Der Verpflichtete hat die Kosten zu tragen, sofern diese nicht vom Unfallversicherungsträger übernommen werden. Die für die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung strahlenexponierter Personen ermächtigten Ärzte sind bei der zuständigen Behörde oder den Berufsgenossenschaften zu erfragen.

Wenn der Verpflichtete oder die beruflich strahlenexponierte Person die in der ärztlichen Bescheinigung getroffene Beurteilung für unzutreffend halten, so können diese eine Entscheidung durch die zuständige Behörde beantragen.

3.7 Berechnung, Aufzeichnung und Übermittlung der ermittelten Strahlenexpositionen

Der Verpflichtete hat die Ergebnisse der Ermittlung der Strahlenexpositionen unverzüglich aufzuzeichnen und die effektive Dosis zu ermitteln. Die Aufzeichnungen über die Strahlenexpositionen sollten mindestens Angaben entsprechend Anhang G enthalten. Der Verpflichtete muss diese

1. so lange aufbewahren, bis die überwachte Person das 75. Lebensjahr vollendet hat bzw. vollendet hätte, mindestens jedoch 30 Jahre nach Beendigung der jeweiligen Beschäftigung,
2. spätestens 95 Jahre nach der Geburt der betreffenden Person löschen,
3. auf Verlangen der überwachten Person vorlegen und

4. bei einem Wechsel des Beschäftigungsverhältnisses dem neuen Arbeitgeber auf Verlangen mitteilen, falls weiterhin eine Beschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person ausgeübt wird.

Der Verpflichtete muss die ermittelte effektive Dosis zusammen mit weiteren im Anhang G enthaltenen Angaben sowie mit

- dem Namen und der Anschrift des Betriebes und
- dem Namen der Person, die die Verpflichtungen wahrnimmt, sowie Angaben zu ihrer Erreichbarkeit (Telefon, Fax, E-Mail)

binnen Monatsfrist nach Aufzeichnung an die zuständige Behörde oder eine von ihr bestimmte Stelle übermitteln. Die Daten werden von dieser Stelle an das Strahlenschutzregister weitergeleitet. Bei Überschreitungen der Dosisgrenzwerte nach Tabelle 2-2, des Grenzwertes der Lebensarbeitszeitdosis von 400 mSv oder des Grenzwertes für das ungeborene Kind muss der Verpflichtete der zuständigen Behörde die betroffenen Personen und die Gründe der Überschreitungen unverzüglich mitteilen.

3.8 Arbeiten in fremden Betriebsstätten

Wenn anzeigebedürftige Arbeiten in fremden Betriebsstätten durchgeführt werden, muss jede der die Arbeiten ausführenden Personen im Besitz eines vollständig geführten und bei der zuständigen Behörde registrierten Strahlenpasses (Anhang F) sein.

Der Leiter der Betriebsstätte und derjenige, der Arbeiten in der fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung selbst durchführt oder von unter seiner Aufsicht stehenden Personen durchführen lässt, müssen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes zusammenarbeiten. Beide Personen haben, soweit dies für den Strahlenschutz der Beschäftigten erforderlich ist, insbesondere sich gegenseitig und ihre Beschäftigten über die mit den Arbeiten verbundenen Strahlenexpositionen zu unterrichten und Maßnahmen zur Reduzierung abzustimmen.

Der Leiter der Betriebsstätte muss sich vergewissern, dass bei den von fremden Personen in seiner Betriebsstätte ausgeführten Arbeiten angemessene Maßnahmen zum Arbeits- und Strahlenschutz getroffen wurden.

3.9 Innerbetriebliche Organisation des Strahlenschutzes

Der Verpflichtete sollte Festlegungen zur innerbetrieblichen Organisation des Strahlenschutzes treffen sowie die Notwendigkeit von weiteren Strahlenschutzmaßnahmen prüfen. Dazu gehören

1. Festlegung von Strahlenschutzbereichen, einschließlich ihrer Kennzeichnung, Zutrittsregelung und Überwachung,
2. Maßnahmen zur Verhinderung der Weiterverbreitung von radioaktiven Stoffen,
3. fachgerechte Entsorgung von Materialien, die natürliche radioaktive Stoffe enthalten,
4. Schulung der Beschäftigten,
5. Erstellung einer Strahlenschutzanweisung und
6. Unterweisung von Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten durchführen.

Die unter den Punkten 1 bis 6 genannten Maßnahmen werden im Teil 3 der Strahlenschutzverordnung nicht ausdrücklich gefordert. Sie können jedoch in Ergänzung zu Maßnahmen des allgemeinen Arbeitsschutzes angewandt werden, um Strahlenexpositionen zu minimieren und die Akzeptanz der Beschäftigten für Maßnahmen zum Schutz vor ionisierender Strahlung zu stärken.

Festlegung von Strahlenschutzbereichen:

Die Festlegung von Strahlenschutzbereichen ist für solche Arbeitsplätze sinnvoll, an denen hohe Expositionen durch äußere und innere Strahlung oder Kontaminationen radioaktiver Stoffe auftreten können. Es soll sichergestellt werden, dass unnötige Expositionen vermieden und Kontaminationen nicht weiterverbreitet werden.

Sofern Arbeiten in einem Bereich mit erhöhten Expositionen durch natürliche Strahlenquellen durchgeführt werden, sollte geprüft werden, ob der Bereich deutlich sichtbar gekennzeichnet werden kann und geeignete Maßnahmen getroffen werden können, so dass nur Personen Zutritt besitzen, wenn

1. sie für den Betrieb notwendige Arbeiten durchführen,
2. sichergestellt ist, dass für Personen unter 18 Jahre die Aufenthaltszeit so begrenzt wird, dass die Dosisgrenzwerte für diese Personen im Kalenderjahr nicht überschritten werden,
3. bei schwangeren oder stillenden Frauen innere Strahlenexpositionen ausgeschlossen werden,
4. sie Besucher sind und über die auftretenden Strahlenexpositionen und Möglichkeiten ihrer Vermeidung informiert wurden.

Der Verpflichtete sollte prüfen, ob es angemessen ist, innerhalb der Strahlenschutzbereiche die Strahlenexpositionen durch stationäre Messgeräte zusätzlich zu überwachen.

Strahlenschutzanweisung:

Der Verpflichtete sollte eine den Erfordernissen zur Gewährleistung des Strahlenschutzes angemessene Strahlenschutzanweisung erlassen. Die Strahlenschutzanweisung kann Informationen beinhalten über:

1. die zur Ermittlung der effektiven Dosis bzw. die Radon-222-Exposition vorgesehenen Messungen und Aufzeichnungen,
2. die Führung eines Betriebsbuches, in das die für den Strahlenschutz wesentlichen Betriebsvorgänge einzutragen sind (z. B. Aufzeichnungen über bestimmte Arbeitsvorgänge und Arbeitsplätze, insbesondere bei Arbeiten in fremden Betriebsstätten; Umgang mit Materialien die radioaktive Stoffe enthalten; aufgetretene Störungen u.a.),
3. die Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexpositionen,
4. die Besonderheiten bei der Entsorgung von Materialien, die radioaktive Stoffe enthalten, und
5. die regelmäßigen Funktionsprüfungen und Wartungen von für den Strahlenschutz notwendigen Einrichtungen und Geräten.

Unterweisung:

Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten durchführen, und Personen unter 18 Jahre, bei denen auf Grund der auftretenden Strahlenexpositionen die Arbeitszeit begrenzt werden muss, damit Grenzwerte eingehalten werden, sind über die Arbeiten, die möglichen Gefahren, die anzuwendenden Sicherheits- und Schutzmaßnahmen, die Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze sowie über den für sie wesentlichen Inhalt des Teils 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV und über den Inhalt der Strahlenschutzanweisung zu unterweisen. Bei Arbeiten in Arbeitsfeldern nach Teil B Anlage XI StrlSchV sind Frauen darauf hinzuweisen, dass eine Schwangerschaft im Hinblick auf die Risiken einer Strahlenexposition für das ungeborene Kind so früh wie möglich mitzuteilen ist. Es ist außerdem darauf hinzuweisen, dass innere Strahlenexpositionen der Mutter durch das Stillen zur Inkorporation radioaktiver Stoffe beim Säugling führen können.

Anordnung von Maßnahmen durch die Behörde:

Wenn es die Expositionsbedingungen erfordern, gibt die Strahlenschutzverordnung der zuständigen Behörde das Recht, weitere Maßnahmen anzuordnen. Da die Strahlenschutzverordnung keine konkreten Angaben über die Expositionsbedingungen macht, bei denen solche Maßnahmen angeordnet werden können, liegen entsprechende Festlegungen im Ermessen der Behörde.

3.10 Maßnahmen zur Reduzierung von Strahlenexpositionen

Die Reduzierung von Strahlenexpositionen kann durch organisatorische, bauliche, technische oder sonstige Maßnahmen erreicht werden. In vielen Fällen kann eine fachkundige Beratung von Experten und Ingenieurbüros geleistet werden, die auf den Strahlenschutz bei Arbeiten spezialisiert sind.

Tabelle 3-3: Maßnahmen in Abhängigkeit von der Höhe der Expositionen

	Effektive Dosis E im Kalenderjahr	Empfohlene Maßnahmen
I	$E < 1 \text{ mSv}$	Es sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.
II	$1 \text{ mSv} < E < 3 \text{ mSv}$	Spezielle Strahlenschutzmaßnahmen sind nicht erforderlich; im Rahmen des allgemeinen Arbeitsschutzes sollten aber Maßnahmen besondere Beachtung finden, die zu einer weiteren Verringerung der effektiven Dosis beitragen können.
III	$3 \text{ mSv} < E < 6 \text{ mSv}$	Wie II, aber Wiederholung der Abschätzung innerhalb kürzerer Zeiten (z. B. alle 2 Jahre); für die Abschätzungen sollten generell Messungen durchgeführt werden
IV	$6 \text{ mSv} < E < 20 \text{ mSv}$	Unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles Durchführung von angemessenen organisatorischen, baulichen, technischen oder sonstigen Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexpositionen an den Arbeitsplätzen; Ermittlung der Strahlenexpositionen für die betroffenen Personen
V	$20 \text{ mSv} < E$	Umgehende Einleitung von technischen oder organisatorischen Maßnahmen zur Reduzierung der individuellen Strahlenexpositionen

Organisatorische Maßnahmen beinhalten alle Maßnahmen, die die Aufenthaltszeit an Arbeitsplätzen mit erhöhten Expositionen reduzieren. Der Verpflichtete sollte zunächst immer prüfen, ob die Arbeitsaufgaben der betroffenen Personen so verändert werden können, dass die Aufenthaltszeiten an Arbeitsplätzen mit erhöhten Strahlenexpositionen reduziert werden. Der Zugang zu den Arbeitsplätzen sollte ausschließlich für das Personal gestattet sein, welches dort für den Betrieb notwendige Arbeiten durchführt. Des Weiteren kann der Verpflichtete durch eine Zugangskontrolle unnötige Strahlenexpositionen insbesondere für Personen, die keiner Überwachung unterliegen, verhindern.

Bauliche und technische Maßnahmen sind Maßnahmen, die zu einer Reduzierung der Strahlenexposition am Arbeitsplatz führen. Vor allem durch Lüftungstechnische Maßnahmen kann in vielen Fällen die Strahlenexposition der Beschäftigten deutlich vermindert werden.

4 LITERATUR

- [1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 BGBl. I S. 1714 ber. I 2002 S. 1459 geändert durch Verordnung zur Änderung der Röntgenverordnung und anderer atomrechtlicher Verordnungen vom 18. Juni 2002 BGBl. I S. 1869, 1903
- [2] Richtlinie für die Überwachung der Strahlenexposition bei Arbeiten nach Teil 3 Kapitel 2 Strahlenschutzverordnung (Richtlinie Arbeiten). GMBI Nr. 22, 2004, S. 418 - 431
- [3] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren ionisierender Strahlung. Abl. der EG, Reihe L, Nr. 159 von 1996
- [4] Strahlenschutzkommission: Strahlenexpositionen an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK), Heft 10 (1997), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- [5] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 40 Abs. 2, § 95 Abs. 3 Strahlenschutzverordnung und § 35 Abs. 2 Röntgenverordnung (AVV Strahlenpass). Bundesanzeiger Nummer 142a vom 31. Juli 2004

ANHÄNGE

ANHANG A ABSCHÄTZUNG DER EFFEKTIVEN DOSIS MITTELS DER SPEZIFISCHEN AKTIVITÄT DER STOFFE.....	33
A.1 Umgang mit thorierten Schweißelektroden beim Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)	33
A.2 Handhabung und Lagerung thoriertes Gasglühstrümpfe	34
A.3 Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen und Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen.....	35
A.4 Literatur	36
ANHANG B ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH RADON-222 UND DESSEN KURZLEBIGE ZERFALLSPRODUKTE	37
B.1 Messung der Strahlenexposition durch Radon.....	37
B.2 Messung der potenziellen Alphaenergie-Konzentration oder -Exposition	40
ANHANG C ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH INHALATION VON URAN UND THORIUM UND DEREN ZERFALLSPRODUKTE	47
C.1 Messungen der Aktivität radioaktiver Stoffe in der Luft	47
C.2 Messung der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidungen.....	51
ANHANG D ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH ÄUßERE GAMMASTRAHLUNG	53
D.1 Messgrößen.....	53
D.2 Messung der Personendosis.....	53
D.3 Messung der Ortsdosis oder Ortsdosisleistung	53
ANHANG E UMRECHNUNG VON RADON-222-EXPOSITIONSGRÖßEN IN DIE EFFEKTIVE DOSIS	55
E.1 Umrechnungsfaktoren für die Einheiten der Exposition und der effektiven Dosis	55
E.2 Berechnung der effektiven Dosis	55
ANHANG F STRAHLENPASS	61
ANHANG G AUFZEICHNUNG VON EXPOSITIONSDATEN	65

ANHANG A

ABSCHÄTZUNG DER EFFEKTIVEN DOSIS MITTELS DER SPEZIFISCHEN AKTIVITÄT DER STOFFE

A.1 Umgang mit thorierten Schweißelektroden beim Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)

Für die Abschätzung der effektiven Dosis können die in der Tabelle A-1 angegebenen Dosisleistungskoeffizienten verwendet werden, die aus der Inhalation von radioaktiven Stäuben und Rauchen während der Schweißarbeiten abgeleitet wurden [A1]. Obwohl im Teil B der Anlage XI StrlSchV nur das Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden als Arbeitsfeld mit erhöhten Expositionen durch Thorium und dessen Zerfallsprodukte genannt wird, sind auch Expositionswerte für das Gleichstromschweißen in der Tabelle angegeben. Sollte bei kombinierten Arbeiten das Gleichstromschweißen mehr als 10% zur gesamten effektiven Dosis beitragen, wird empfohlen, auch diesen Beitrag in die Abschätzung mit einzubeziehen. Expositionen durch äußere Gammastrahlung und durch Ingestion radioaktiver Stoffe können vernachlässigt werden [A1]. Bei Verwendung von WT30 Elektroden sollten die Expositionswerte für WT40 Elektroden und bei Verwendung aller anderen thorierten Elektrodenarten die Expositionswerte für WT20 zur Abschätzung herangezogen werden.

Die in der Tabelle A-1 angegebenen Expositionswerte wurden aus Aktivitätskonzentrationen der Atemluft der Schweißer unter Berücksichtigung aller relevanten Radionuklide berechnet. Die Dosisleistungskoeffizienten beziehen sich auf den Schichtmittelwert, in dem Rüstzeiten enthalten sind. Es sind demnach Mittelwerte für den gesamten Arbeitsvorgang des Schweißens, die nicht nur die reine Lichtbogenbrenndauer berücksichtigen.

Tabelle A-1: Dosisleistungskoeffizienten für die Abschätzung der Strahlenexposition beim Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden [A1]

Arbeit	Elektroden	
	WT20	WT40
Wechselstromschweißen	4,2 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	8,4 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Gleichstromschweißen	0,06 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	0,12 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Anschliff	0,29 μSv pro Anschliff	0,58 μSv pro Anschliff

Mit den Werten der Tabelle A-1 kann unter Zugrundelegung der Jahresarbeitszeit des Schweißers und der Anzahl der jährlich durchgeführten Anschliffe die Abschätzung der auf das Kalenderjahr bezogenen effektiven Dosis durchgeführt werden. Die Angaben beziehen sich auf Arbeitsplätze ohne zusätzliche Lüftungstechnische Maßnahmen.

Tabelle A-3: Beispiel für die Abschätzung der effektiven Dosis im Kalenderjahr bei Lagerung und Transport von Gasglühstrümpfen

Arbeitsvorgang	Anzahl Glüh- strümpfe		Arbeits- stunden in h		Dosiko- effizient in $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	=	Dosis in μSv					
Aufenthalt im Lagerraum	5000	x	800	x	$5\cdot 10^{-4}$	=	2000 +					
Transport- arbeiten	2000	x	100	x	$2\cdot 10^{-2}$	=	4000 +					
Auslieferung mit LKW	2000	x	50	x	$3\cdot 10^{-4}$	=	30					
=												
								<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Umrech- nung in mSv</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Effektive Dosis in mSv</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">6030</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">: 1000 = 6,03</td> </tr> </table>	Umrech- nung in mSv	Effektive Dosis in mSv	6030	: 1000 = 6,03
Umrech- nung in mSv	Effektive Dosis in mSv											
6030	: 1000 = 6,03											

Während des Wechsels der Gasglühstrümpfe entstehen Strahlenexpositionen durch Inhalation radioaktiver Stäube. Bei einem normalen Glühstrumpfwechsel wird eine Aktivität von 0,5 Bq und bei unsorgfältigem Wechsel eine Aktivität von bis zu 18,5 Bq inhaled [A3]. Unter der Annahme, dass diese Aktivitäten durch Thorium-232 hervorgerufen werden, beträgt die effektive Dosis 6 μSv pro Wechsel und bei unsorgfältigem Wechsel bis zu 220 μSv . Ein Beschäftigter, der Erfahrungen mit der Handhabung von Glühstrümpfen besitzt und demzufolge bei einem Glühstrumpfwechsel eine Aktivität von 0,5 Bq inhaliert, führt eine anzeigebedürftige Arbeit aus, wenn er mehr als 1000 Gasglühstrümpfe im Kalenderjahr wechselt.

A.3 Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen und Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen

Die Abschätzung der Strahlenexposition bei der Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen sowie bei der Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen oder auch bei anderen Schüttgütern, die natürliche radioaktive Stoffe enthalten, erfolgt auf der Grundlage der spezifischen Aktivität des Stoffes und der Arbeitszeiten. Zur Berechnung der jährlichen effektiven Dosis wird

- die äußere Strahlenexposition infolge des Aufenthaltes unmittelbar neben einer großen aufgeschütteten Materialmenge,
- die Inhalation von Staub bei einer Staubkonzentration von $10\text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ und
- die unbeabsichtigte Ingestion von 6 mg Staub pro Arbeitsstunde

berücksichtigt. Es wird angenommen, dass Uran-238 und Uran-235 im natürlichen Isotopenverhältnis vorkommen und diese Radionuklide sowie das Thorium-232 im radioaktiven Gleichgewicht mit ihren Zerfallsprodukten stehen. Danach kann die jährliche effektive Dosis E in mSv mit der Gleichung

$$E = \frac{t_A}{2000} (c_{MU} \cdot 0,78 + c_{MTh} \cdot 0,98) \quad (A1)$$

berechnet werden. In Gleichung A1 ist

t_A die Aufenthaltszeit in Stunden in der Nähe des aufgeschütteten Materials,

c_{MU} die spezifische Aktivität von Uran-238 in dem Material in $Bq \cdot g^{-1}$ und

c_{MTh} die spezifische Aktivität von Thorium-232 in dem Material in $Bq \cdot g^{-1}$.

Beispiel:

Ein Beschäftigter führt 800 Stunden im Kalenderjahr Arbeiten zur Deponierung von Materialien durch.

Tabelle A-4: Beispiel für die Abschätzung der effektiven Dosis im Kalenderjahr bei Deponierung von Stoffen mit natürlicher Radioaktivität

Zerfallsreihen	Spez. Aktivität in $Bq \cdot g^{-1}$	Koeffizient	Dosis in $mSv \cdot h^{-1}$
Uran-238/ Uran-235	5	x 0,78	= 3,9
Thorium-232	30	x 0,98	= 29,4
=			
		Arbeitszeit in Stunden	Effektive Dosis in mSv
		33,3 x 800	: 2000 = 13,32

Mit einer abgeschätzten effektiven Dosis von ca. 13 mSv im Kalenderjahr führt dieser Beschäftigte eine anzeigebedürftige Arbeit durch.

A.4 Literatur

- [A1] BGFE Merkblatt: Umgang mit thoriumoxidhaltigen Wolframelektroden beim Wolfram-Inertgasschweißen (WIG), BGI 746, Verlag Heymann, Köln 2002
- [A2] Reichelt A., Lehmann K-H.: Anthropogene Stoffe und Produkte mit natürlichen Radionukliden. Teil 2: Untersuchungen beim beruflichen Umgang. Studie des TÜV Bayern Sachsen e.V. im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, ISBN 3-910088-10-4, München 1993
- [A3] Elmer E.: Strahlenexpositionen beim Gebrauch von Camping-Gaslampen. 18. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, Lübeck-Travemünde, 1985

ANHANG B

ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH RADON-222 UND DESSEN KURZLEBIGE ZERFALLSPRODUKTE^{B1}

B.1 Messung der Strahlenexposition durch Radon

B.1.1 Passive Radonmessgeräte

B.1.1.1 Anwendung

Passive Radonmessgeräte dienen der Ermittlung der Radon-222-Exposition durch integrierende Messung. Die Messgeräte können am Messort ausgelegt (stationäres Messgerät) oder von Personen während der Arbeit am Körper getragen werden (personengetragenes Messgerät). Die Messdauer beträgt in der Regel 2 - 3 Monate. Bei hohen Expositionen muss die Messdauer verringert werden. Nach Beendigung der Messung wird der Detektor aus dem Messgerät entnommen und ausgewertet. Da der Detektor nach dem Auswerten für weitere Messungen unbrauchbar ist, ist eine Zwischenauswertung und anschließende Weitermessung nicht möglich. Die Messgeräte bieten deshalb keine Möglichkeit, während der Messung auf Expositionsdaten zuzugreifen. Die Nachweisgrenze des Messverfahrens liegt bei ca. $100 \text{ kBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$.

Für die Messgeräte existieren unterschiedliche Bauformen, die sich in Bezug auf den Tragekomfort und die Diffusionseigenschaften für Radon unterscheiden und für die verschiedene Detektormaterialien verwendet werden (Abbildung B-1). Sie können bei nahezu allen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden und eignen sich dadurch auch für integrale Messungen über lange Zeiträume.

B.1.1.2 Messprinzip

Die Messung basiert auf der Diffusion des Radons-222 in ein definiertes Messvolumen (Diffusionskammer). Bei dieser Messmethode gelangt ausschließlich Radon in das Messvolumen, während die Radon-Zerfallsprodukte die Diffusionsbarriere (z. B. ein Filter) nicht überwinden können und außerhalb der Kammer verbleiben. Die beim Zerfall des Radons-222 und seiner in der Messkammer gebildeten kurzlebigen Zerfallsprodukte emittierten Alphateilchen bilden in einem Festkörperspurdetektor, der sich im Messvolumen befindet, latente Spuren, die durch ein chemisches Ätzverfahren sichtbar gemacht werden können (Abbildung B-2). Aus der Teilchenspurnzahl wird die Radonexposition bestimmt. Da für die Auswertung der Detektoren physikalisch-chemische Methoden eingesetzt werden, die hohe Anforderungen an die Laborpraxis stellen, wird diese Tätigkeit von Mess- oder anderen sachverständigen Stellen durchgeführt.

^{B1} Die hier dargestellten Messgeräte und Messverfahren beschränken sich auf solche, die kommerziell angeboten werden und für die Überwachungspraxis geeignet sind. Zusätzlich wurden die Grubenradiometer aufgenommen, die, obwohl nicht mehr kommerziell verfügbar, vor allem in den Ländern Sachsen und Thüringen verbreitet sind und in der Überwachung nach wie vor eingesetzt werden. Für weitergehende Informationen zur Messtechnik von Radon und Radonzerfallsprodukten wird auf folgende Literatur verwiesen:
Leitfaden zur Messung von Radon, Thoron und ihren Zerfallsprodukten. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 47, Urban und Fischer, München 2002, ISBN 3-437-21478-0

Die Diffusion von Radon in das Messvolumen ist ein ständiger Prozess und kann bei den verwendeten Messgeräten (Abbildung B-1) nicht unterbrochen werden. Dadurch werden die Messgeräte auch außerhalb der Arbeitszeit der betreffenden Person exponiert. Die dabei auftretenden Messeffekte müssen klein sein und in geeigneter Weise korrigiert werden. Aus diesem Grund sind die Messgeräte außerhalb der Arbeitszeit bzw. in Zeiten, in denen keine Messungen durchgeführt werden, an Orten mit geringen Radonkonzentrationen zu lagern. An den Lagerorten sollten die dort zusätzlich auftretenden Messeffekte mit weiteren Messgeräten ermittelt werden, um gegebenenfalls die Expositionen der beruflich strahlenexponierten Personen korrigieren zu können.

B.1.1.3 Ergebnis

Das Ergebnis liegt nach Auswertung des Detektors vor. Es wird die Radonexposition am Messort oder die des Messgeräteträgers in der Einheit $\text{Bq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ oder einem Vielfachen davon angegeben. Die Umrechnung in die effektive Dosis erfolgt entsprechend Anhang E Tabelle E-2.

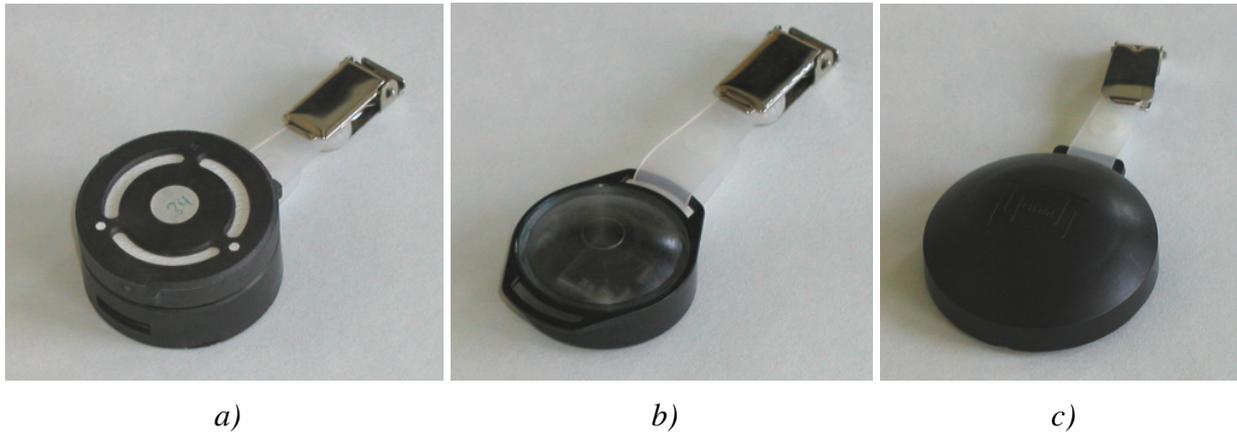


Abbildung B-1: Zur Zeit in der Bundesrepublik angewendete passive personengetragene Radonmessgeräte

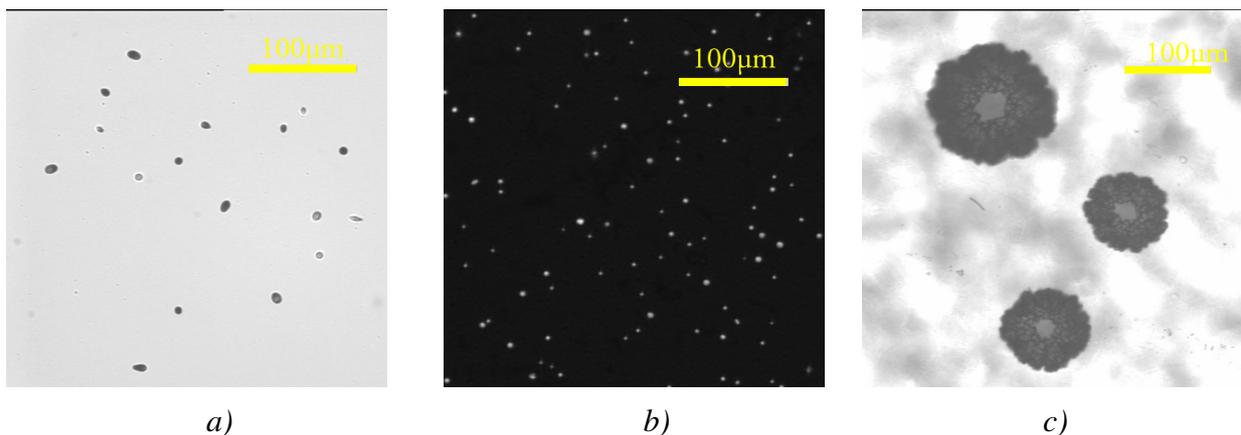


Abbildung B-2: Ätzzspuren von Alphateilchen auf Festkörperspurdetektoren, CR39 (a), Kodak LR115 (b) und MAKROFOL (c)

B.1.1.4 Ursachen für Messabweichungen

Messabweichungen können durch klimatische Einflüsse (z. B. Feuchtigkeit) hervorgerufen werden. Dies gilt insbesondere für die Verwendung von Kernspurdetektoren unter extremen Umgebungsbedingungen, wie z. B. bei Messungen in Bergwerken mit großen Variationen der Temperatur, des Luftdruckes und der Ventilation.

Messabweichungen können auch durch Radon-220 auftreten, sofern entsprechend hohe Expositionen an den Arbeitsplätzen auftreten und die Messgeräte dafür eine nicht zu vernachlässigende Nachweisempfindlichkeit besitzen.

B.1.1.5 Qualitätssicherung

Stellen, die diese Messungen durchführen, müssen ein für die Auswertungsarbeiten angemessenes Qualitätsmanagementsystem unterhalten und an den jährlich vom BfS durchgeführten Vergleichsprüfungen teilnehmen.

B.1.2 Radonmonitore

B.1.2.1 Anwendung

Radonmonitore sind Messgeräte, die den Momentanwert der Radon-Aktivitätskonzentration messen. Die Monitore werden auf Grund ihrer Größe, ihres Gewichtes und der Notwendigkeit eines Netzanschlusses insbesondere für stationäre Messungen eingesetzt. In jüngster Zeit sind auch tragbare Messgeräte verfügbar.

Radonmonitore sind vor extremen klimatischen Einflüssen, wie Temperatur und Nässe, und vor mechanischer Beschädigung geschützt aufzustellen. Das Messgerät kann sowohl für Langzeit- als auch für Kurzmessungen eingesetzt werden. Die Dauer einer Langzeitmessung wird durch die elektrischen Eigenschaften des Messgerätes, z. B. die Leistungsaufnahme bei Batteriebetrieb oder die Größe des Messwertspeichers, begrenzt.

Die Nachweisgrenze hängt in entscheidendem Maße vom Gerätetyp und der Messzeit ab. Eine Nachweisgrenze von $10 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ist mit ausgewählten handelsüblichen Messgeräten erreichbar. Im Einzelnen ist die Nachweisgrenze der Messgerätedokumentation zu entnehmen.

B.1.2.2 Messprinzip

Radon gelangt durch Diffusion oder mittels aktiver Durchspülung in das Messvolumen. Für die Messung werden die infolge des radioaktiven Zerfalls von Radon und seinen Zerfallsprodukten in einer Impuls-Ionisationskammer oder einem Halbleiterdetektor erzeugten elektronischen Impulse gezählt.

B.1.2.3 Ergebnis

Die Radon-Aktivitätskonzentration wird in der Einheit $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ oder einem Vielfachen davon angegeben. Radonmonitore für die Ermittlung der beruflichen Strahlenexposition von Beschäftigten müssen mit einem Messwertspeicher ausgestattet sein, in dem die Messwerte und die Messzeitpunkte aufgezeichnet werden. Die Radonexposition für eine zu überwachende Person ist das Produkt aus dem Mittelwert der Radon-Aktivitätskonzentration, die während des Aufenthaltes der Person an dem überwachten Arbeitsplatz ermittelt wurde, und der Aufenthaltszeit dieser Per-

son an diesem Arbeitsplatz. Arbeitet die Person an verschiedenen Arbeitsplätzen, sind die an jedem dieser Arbeitsplätze ermittelten Expositionen zu summieren.

Die Umrechnung der Radonexposition in die effektive Dosis erfolgt entsprechend Anhang E Tabelle E-2.

B.1.2.4 Ursachen für Messabweichungen

Durch extreme klimatische Bedingungen, wie z. B. Feuchtigkeit und Temperatur, als auch durch Staub und Schmutz können Messabweichungen auftreten.

Messabweichungen können auch durch Radon-220 auftreten, sofern entsprechend hohe Expositionen an den Arbeitsplätzen auftreten und die Messgeräte dafür eine nicht zu vernachlässigende Nachweisempfindlichkeit besitzen.

B.1.2.5 Qualitätssicherung

Der Radonmonitor ist mindestens im Abstand von 2 Jahren bei einem akkreditierten Kalibrierlabor kalibrieren zu lassen. Nach einem Wechsel des Detektors oder nach Vorkommnissen, die zu einer Beeinflussung der Kalibrierdaten führen können, ist vor einem erneuten Einsatz eine Nachkalibrierung des Radonmonitors erforderlich.

B.2 Messung der potenziellen Alphaenergie-Konzentration oder -Exposition

B.2.1 Grubenradiometer

B.2.1.1 Anwendung

Grubenradiometer wurden für den Strahlenschutz im Uranerzbergbau eingesetzt und werden auch heute noch zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei der Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaues verwendet. Diese Messgeräte werden auch zur Ermittlung der Strahlenexpositionen von Beschäftigten in Wasserwerken, Schauhöhlen, Besucherbergwerken und anderen Arbeitsplätzen eingesetzt.

Mit den Grubenradiometern wird die potenzielle Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte oder eine andere auf diese Messgröße rückführbare Größe durch diskontinuierliche Messung bestimmt. Dies bedeutet, dass das Ansaugen und Sammeln der Radionuklide auf dem Filter und die Auswertung des Filters zeitlich getrennt stattfinden. Eine Messung dauert ca. 15 min. Die Geräte sind robust aufgebaut und einfach zu handhaben, so dass auch unter extremen Umgebungsbedingungen die zuverlässige Funktion gewährleistet ist und Messungen durchgeführt werden können.

B.2.1.2 Messprinzip

Während einer Probeentnahme wird die zu untersuchende Luft über ein Schwebstofffilter geleitet, auf dem sich die in der Luft enthaltenen Schwebstoffe abscheiden. Dadurch reichern sich auch die kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte auf dem Filter an. Nach Beendigung der Probeentnahme wird das Filter einer Auswerteeinheit zugeführt, die die infolge des radioaktiven Zerfalls entstehenden elektrischen Impulse registriert.

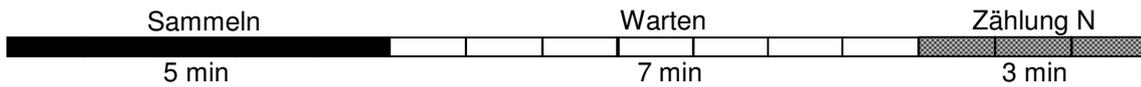


Abbildung B-3: Zeitschema des Messzyklus nach MARKOV

Ein diskontinuierliches Messverfahren, das eine weite Verbreitung vor allem in Messgeräten für die Überwachung der Strahlenexposition bei Bergarbeitern gefunden hat und auch heute noch vielfach angewendet wird, ist das Verfahren nach MARKOV. Es gestattet die Ermittlung der potenziellen Alphaenergie-Konzentration kurzlebiger Radon-222-Zerfallsprodukte durch ein Impulszählverfahren mit nur einem Zählintervall. Der Messzyklus ist in Abbildung B-3 schematisch dargestellt. Nach einer Probeentnahmezeit von 5 Minuten wird der Ansaugvorgang unterbrochen. Im Anschluss an eine Pause von 7 Minuten wird die Gesamt-Alphaimpulsanzahl N des Filters während einer Zeitdauer von 3 Minuten gemessen.

B.2.1.3 Ergebnis

Für die Messung nach MARKOV wird die potenzielle Alphaenergie-Konzentration c_p in $\mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ nach der Gleichung

$$c_p = \varphi_M \cdot \frac{N}{\varepsilon \cdot \eta \cdot \dot{V}} \quad (\text{B1})$$

berechnet. In Gleichung B1 bedeuten N die Anzahl der Impulse im Zählintervall (siehe Abbildung B-3), ε die Nachweiseffektivität des Detektors, η der Abscheidegrad des Schwebstofffilters und \dot{V} der Volumenstrom in $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$. Der Parameter φ_M ist ein empirisch ermittelter Faktor nach MARKOV, der den Wert $\varphi_M = 6,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{J}\cdot\text{l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-3}$ besitzt. Die Nachweiseffektivität des Detektors und der Abscheidegrad des Schwebstofffilters können durch eine Kalibrierung des Messgerätes bestimmt werden.

Die potenzielle Alphaenergie-Exposition eines Beschäftigten ist das Produkt des Mittelwertes der zu verschiedenen Zeitpunkten an dem überwachten Arbeitsplatz gemessenen potenziellen Alphaenergie-Konzentrationen und der Aufenthaltszeit des Beschäftigten an diesem Arbeitsplatz. Arbeitet die Person an verschiedenen Arbeitsplätzen, sind die an jedem dieser Arbeitsplätze ermittelten Expositionen zu summieren. Die potenzielle Alphaenergie-Exposition wird entsprechend Anhang E Tabelle E-2 in die effektive Dosis umgerechnet.

Von besonderer Bedeutung ist die Anwendung dieses Messverfahrens für die direkte Bestimmung des Betriebspunktwertes. Der Betriebspunktwert drückt aus, um welchen Faktor die gemessene Konzentration den aus dem Expositionsgrenzwert für das Kalenderjahr abgeleiteten Jahresmittelwert der Konzentration über- bzw. unterschreitet. Zur Ableitung des Jahresmittelwertes der Konzentration wird von einer jährlichen Arbeitszeit von 2000 Stunden ausgegangen. Bei Anwendung des Messverfahrens nach MARKOV kann der Betriebspunktwert W mit der Gleichung

$$W = \frac{N}{f_B \cdot \varepsilon \cdot \eta \cdot \dot{V}} \quad (\text{B2})$$

berechnet werden. Neben den bereits in Gleichung B1 definierten Größen enthält Gleichung B2 den empirischen Faktor f_B mit dem Wert $f_B = 1000 \text{ min}\cdot\text{l}^{-1}$. Der Mittelwert der Betriebspunktwerte, die zu verschiedenen Zeitpunkten an dem zu überwachenden Arbeitsplatz gemessen wurden, multipliziert mit der Aufenthaltszeit des Beschäftigten ergibt die Belastungsstunden dieser Per-

son. Arbeitet die Person an verschiedenen Arbeitsplätzen, sind die an jedem dieser Arbeitsplätze ermittelten Belastungsstunden zu summieren.

Der ermittelte Wert der Belastungsstunden wird nach Anhang E Tabelle E-1 in die effektive Dosis umgerechnet.

B.2.1.4 Ursachen für Messabweichungen

Messabweichungen können durch eine defekte oder fehlerhafte Luftfördereinrichtung entstehen.

In der Regel werden die Messgeräte mit Prüfquellen ausgestattet, mit denen vor dem Einsatz die Funktionsfähigkeit des Gerätes kontrolliert werden kann. Durch diese Kontrollen können viele Fehler erkannt bzw. ausgeschlossen werden.

B.2.1.5 Qualitätssicherung

Das Messgerät ist mindestens im Abstand von 2 Jahren bei einem akkreditierten Kalibrierlabor kalibrieren zu lassen.

B.2.2 Monitore für die potenzielle Alphaenergie-Konzentration oder -Exposition

B.2.2.1 Anwendung

Mit den Monitoren wird die potenzielle Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Zerfallsprodukte von Radon-222 in der Luft bestimmt. Dabei werden Konzentrationen im Bereich größer als $10 \text{ nJ}\cdot\text{m}^{-3}$ erfasst.

Die Monitore werden auf Grund ihrer Größe, ihres Gewichtes und der Notwendigkeit eines Netzanschlusses in der Regel als stationäre Messgeräte eingesetzt. In jüngster Zeit sind auch tragbare Messgeräte verfügbar.

Die Geräte sind vor extremen klimatischen Einflüssen, wie Temperatur und Nässe, und vor mechanischer Beschädigung geschützt aufzustellen. Sie können sowohl für Langzeit- als auch für Kurzeitmessungen eingesetzt werden. Die Dauer einer Langzeitmessungen wird durch die elektrischen Eigenschaften, z. B. die Leistungsaufnahme bei Batteriebetrieb oder die Größe des Messwertspeichers, begrenzt.

B.2.2.2 Messprinzip

Während einer Probeentnahme wird die zu untersuchende Luft über ein Schwebstofffilter geleitet, auf dem sich die in der Luft enthaltenen Schwebstoffe abscheiden. Dadurch reichern sich auch die kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte auf dem Filter an. Zur Bestimmung der potenziellen Alphaenergie-Konzentration wird die Aktivität der auf dem Filter abgeschiedenen kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte kontinuierlich gemessen.

B.2.2.3 Ergebnis

Die potenzielle Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte wird in der Einheit $\mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ oder einem Vielfachen davon angegeben. Andere Einheiten entsprechend Anhang E Tabelle E-1 sind möglich. Die Monitore für die Ermittlung der beruflichen Strahlenexposition von Beschäftigten müssen mit einem Messwertspeicher ausgestattet sein, in dem die Messwerte und die Messzeitpunkte aufgezeichnet werden. Die potenzielle Alphaenergie-

Exposition der kurzlebigen Radon-222 Zerfallsprodukte für eine zu überwachende Person ist das Produkt des Mittelwertes der potenziellen Alphaenergie-Konzentration, die während des Aufenthaltes der Person an dem überwachten Arbeitsplatz ermittelt wurde, und der Aufenthaltszeit dieser Person an diesem Arbeitsplatz. Arbeitet die Person an verschiedenen Arbeitsplätzen, sind die an jedem dieser Arbeitsplätze ermittelten Expositionen zu summieren.

Die Umrechnung der Radonexposition in die effektive Dosis erfolgt entsprechend Anhang E Tabelle E-2.

B.2.2.4 Ursachen für Messabweichungen

Durch extreme klimatische Bedingungen, wie Feuchtigkeit und Temperatur, als auch durch Staub und Schmutz können Messabweichungen auftreten.

Um Messabweichungen zu reduzieren, sollten die Schwebstofffilter einen hohen Abscheidegrad für Stäube, Rauche und Aerosolpartikel besitzen. Infolge einer langen Messdauer oder hoher Staubkonzentrationen in der angesaugten Luft können durch Absorption der emittierten Alpha-Teilchen in der auf dem Filter abgelagerten Staubschicht Messabweichungen auftreten. Die Messabweichungen können durch Verkürzung der Messdauer reduziert werden.

Die Luftfördereinrichtung muss über die gesamte Messdauer einen ausreichend konstanten Volumenstrom durch das Filter gewährleisten und der Volumenstrom möglichst wenig vom Strömungswiderstand des Schwebstofffilters abhängen. Durch räumliche Trennung von Probenentnahmekopf und Auslass der Luft ist ein Strömungskurzschluss zu verhindern.

B.2.2.5 Qualitätssicherung

Das Messgerät ist mindestens im Abstand von 2 Jahren bei einem akkreditierten Kalibrierlabor kalibrieren zu lassen. Nach dem Wechsel des Detektors oder nach Vorkommnissen, die zu einer Beeinflussung der Kalibrierdaten führen können, ist vor einem erneuten Einsatz eine Nachkalibrierung des Gerätes erforderlich.

B.2.3 Messgeräte für die Ermittlung der Strahlenexpositionen bei bergbaulichen Arbeiten

B.2.3.1 Anwendung

Speziell für die Ermittlung der Strahlenexpositionen von Bergarbeitern kann ein integrierendes Messgerät verwendet werden, das die potenzielle Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-Zerfallsprodukte, die Exposition durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte sowie die Strahlenexposition durch externe Gammastrahlung ermittelt. In der Bundesrepublik wird dieses Messgerät insbesondere zur Überwachung von beruflich strahlenexponierten Personen bei der Sanierung von Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaues eingesetzt.

Das Messgerät wird von der zu überwachenden Person während der Arbeiten am Körper getragen, ohne dabei durch die Arbeitskleidung verdeckt zu werden. Es hat ein Gewicht von ca. 300 g und kann mehr als 8 Stunden ohne Unterbrechung betrieben werden. Nach Beendigung der Arbeit steckt der Beschäftigte das Messgerät in einen Ladeschrank, wodurch der im Gerät befindliche Akkumulator erneut geladen wird. Das Messgerät ist robust, einfach zu handhaben und besitzt dadurch ausgezeichnete Voraussetzungen für den praktischen Einsatz.

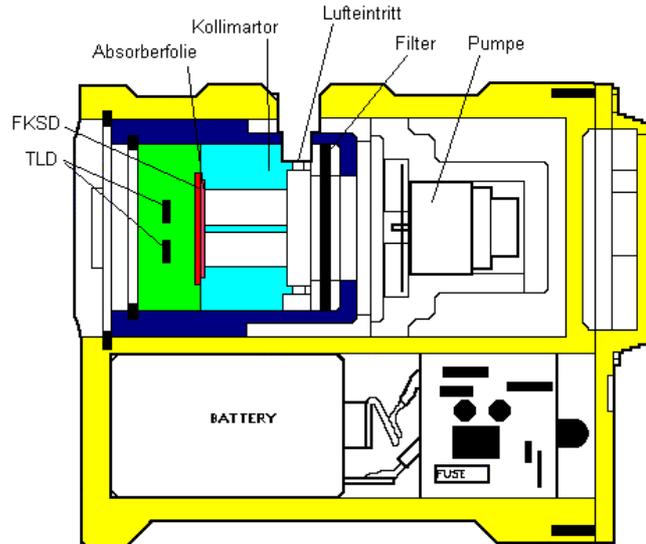


Abbildung C-4: Aufbau des integrierenden Messgerätes

Es werden ausschließlich passive Detektoren verwendet, die erst nach der Messung dem Gerät entnommen und mittels eines physikalischen und chemischen Prozesses ausgewertet werden. Die Messgeräte bieten deshalb keine Möglichkeit, während der Messung auf Expositionsdaten zuzugreifen.

B.2.3.2 Messprinzip

Das Messgerät besitzt eine Luftansaugeinrichtung, bei dem Staub- und Aerosolpartikel auf einem Schwebstofffilter abgeschieden werden. Die während der Einsatzzeit des Messgerätes emittierten Alphateilchen werden mit einem Festkörperspurdetektor (FKSD) registriert. Zur Auswertung des Festkörperspurdetektors werden die Alphateilchenspuren mittels einer chemischen Ätzung sichtbar gemacht. Mit Thermolumineszenzdetektoren (TLD) wird die Strahlenexposition infolge Gammastrahlung und durch Auswertung des Schwebstofffilters die Strahlenexposition infolge Inhalation luftgetragener Aktivität langlebiger Radionuklide bestimmt.

Da für die Auswertung der Detektoren physikalisch-chemische Methoden eingesetzt werden, die hohe Anforderungen an die Laborpraxis stellen, wird diese Tätigkeit von Mess- oder anderen sachverständigen Stellen durchgeführt.

B.2.3.3 Ergebnis

Mit dem Messgerät werden die folgenden Strahlenexpositionen des Geräteträgers während seiner Arbeiten ermittelt:

1. die potenzielle Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-Zerfallsprodukte in $\text{mJ}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$,
2. die Exposition durch Inhalation der in der Atemluft enthaltenen Aktivität von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte in $\text{Bq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ sowie
3. die durch externe Gammastrahlung hervorgerufene Personendosis in mSv.

Die Umrechnung der potenziellen Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte in die effektive Dosis erfolgt entsprechend Anhang E Tabelle E-2. Für die Bestimmung der effektiven Dosis durch Inhalation von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte werden die Dosisfaktoren des Anhanges C verwendet.

B.2.3.4 Ursachen für Messabweichungen

Messabweichungen können infolge unsachgemäßer Trageweise der Messgeräte (z. B. Abdecken durch die Kleidung) auftreten.

Messabweichungen treten auch dann auf, wenn der freie Anteil der kurzlebigen Radon-Zerfallsprodukte in der Atemluft gegenüber dem an Aerosolpartikeln angelagerten Anteil groß ist. An typischen Aufenthalts- und Arbeitsplätzen des Menschen, insbesondere in Gegenwart von Aerosolquellen, ist der freie Anteil kurzlebiger Radon-Zerfallsprodukte sehr viel kleiner als 15%, so dass die dadurch auftretenden Messabweichungen vernachlässigbar sind.

Ursache von Messabweichungen kann auch eine falsche Bestimmung des Volumenstromes durch den Messkopf oder eine defekte Luftansaugeinrichtung sein.

B.2.3.5 Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung umfasst jährliche Expositionen der Messgeräte in zertifizierten Referenzatmosphären mit Radonzerfallsprodukten sowie weitere Maßnahmen zur Sicherstellung der Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Messungen.

Der Anwender der Messgeräte ist für die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der elektronischen und aktiven Teile (Aufladung der Akkumulatoren, Luftfördereinrichtung) und für die Messung des Volumenstromes verantwortlich.

ANHANG C

ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH INHALATION VON URAN UND THORIUM UND DEREN ZERFALLSPRODUKTE

C.1 Messungen der Aktivität radioaktiver Stoffe in der Luft

Zur Ermittlung der Strahlenexposition durch Inhalation von Stäuben, Rauchen und Aerosolpartikeln, die Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte enthalten können, wird die Aktivitätskonzentration der in der Atemluft enthaltenen radioaktiven Stoffe durch stationäre oder personengetragene Messgeräte bestimmt. Dazu wird eine Luftprobe aus dem Atembereich des Beschäftigten entnommen und die darin enthaltenen radioaktiven Stoffe analysiert. Im einfachsten Fall wird dazu die Luftprobe über ein geeignetes Schwebstofffilter geleitet, auf dem sich die radioaktiven Stoffe ablagern. Zur Ermittlung der effektiven Dosis wird entweder die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration oder die Aktivitätskonzentration der Einzelnuklide in der Atemluft bestimmt.

Durch die entnommene Luftprobe muss sichergestellt sein, dass die am Arbeitsplatz tatsächlich herrschenden Konzentrationsverhältnisse richtig wiedergegeben werden. Dazu sind geeignete Messorte und Messzeiten festzulegen. Für die Überwachung von Beschäftigten mit verschiedenen Arbeitsplätzen sind vorzugsweise personengetragene Geräte zu verwenden. Sie ermöglichen eine fortlaufende Entnahme eines Luftprobenstromes direkt aus dem Atembereich des Beschäftigten. Ist aus technischen Gründen eine Expositionsermittlung mittels personengetragener Geräte nicht möglich oder auf Grund der Gleichförmigkeit der Konzentrationsverhältnisse im Arbeitsbereich nicht erforderlich, können auch stationäre Geräte zur Probeentnahme herangezogen werden. Voraussetzung ist, dass aus den Messungen auf die Konzentration radioaktiver Stoffe in der Atemluft des Beschäftigten geschlossen werden kann. Diese Voraussetzung ist bei Entnahme der Luftprobe in Atemhöhe (165 cm bei stehender, 110 cm bei sitzender Arbeit) und in unmittelbarer Nähe des Beschäftigten erfüllt.

Aus der Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration c in der Atemluft folgt die effektive Dosis E eines Beschäftigten mit

$$E = B \cdot e \cdot c \cdot t_A. \quad (C1)$$

Darin bedeuten

E die effektive Dosis in Sv,

B Atemrate der strahlenexponierten Person ($B = 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)^{C1}

e der Dosiskoeffizient für die effektive Dosis bezogen auf die inhalierte Gesamt-Alpha-Aktivität in $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ (Tabelle C-1)

c die mittlere Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration in $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, die repräsentativ für die Atemluft der Person während ihrer Aufenthaltsdauer an dem oder den Arbeitsplätzen ist, und

t_A die Aufenthaltsdauer des Beschäftigten an dem oder den Arbeitsplätzen in h (Stunden).

^{C1} International Commission on Radiological Protection: Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 68, Pergamon Press, Oxford, 1995



Abbildung C-1: Personengetragenes Probeentnahmesystem der BIA zur Entnahme einer Staubprobe aus der Luft

Geräte, die für die Probeentnahme der Atemluft eingesetzt werden, sollten vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BIA) für die betreffenden Arbeitsplätze empfohlen werden. Neben diskontinuierlichen Messgeräten mit zeitlicher Trennung von Probeentnahme und Filteranalyse können auch direktanzeigende Messgeräte eingesetzt werden, die kontinuierlich das Messergebnis bei laufender Probeentnahme ermitteln. Bei diskontinuierlichen Messgeräten wird die Auswertung des Schwebstofffilters in der Regel von einer Mess- oder anderen sachverständigen Stelle durchgeführt.

Nach erfolgter Beaufschlagung von Filtern mit radioaktiven Stoffen können infolge Selbstabsorption der emittierten Strahlung im Filtermaterial und der beaufschlagten Schicht Messfehler auftreten. Aus diesem Grund sollte ein Membranfilter als Filtermaterial verwendet und die Messdauer in Abhängigkeit von der Konzentration der Staub- und Aerosolpartikel in der Luft begrenzt werden. Für die Probeentnahme eignen sich besonders Geräte, die das Überschreiten eines festgelegten Wertes des Strömungswiderstandes des Messfilters anzeigen oder die Probeentnahme automatisch beenden, wenn dieser Wert überschritten ist.

Wird die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration c auf die Gesamt-Alpha-Aktivität A_{alpha} der auf dem Schwebstofffilter abgeschiedenen langlebigen Radionuklide und weiterer messtechnischer Größen zurückgeführt, folgt aus Gleichung C1 für die Berechnung der effektiven Dosis

$$E = B \cdot \frac{t_A}{t_{Mess}} \cdot e \cdot \frac{A_{alpha}}{\eta \cdot \dot{V}} \quad (C2)$$

Neben den in Gleichung C1 angegebenen Größen enthält Gleichung C2 die Gesamt-Alpha-Aktivität A_{alpha} in Bq der auf dem Filter abgeschiedenen langlebigen Radionuklide, die Probeentnahmezeit t_{Mess} in h (Stunden), den Volumenstrom der Luft durch das Schwebstofffilter \dot{V} in $m^3 \cdot h^{-1}$ und den Abscheidegrad des Schwebstofffilters η . Da sowohl die Aufenthaltszeit t_A als auch die Messzeit t_{Mess} in die Berechnung eingehen, muss nicht vorausgesetzt werden, dass beide Zeiten identisch sind. Während der Aufenthaltszeit und der Messzeit dürfen sich jedoch die mittleren Aktivitätskonzentrationen am Arbeitsplatz nicht unterscheiden.

Tabelle C-1: Dosiskoeffizienten zur Berechnung der effektiven Dosis aus der Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentration radioaktiver Stoffe oder Gase in der Atemluft des Beschäftigten (diskontinuierliche Messverfahren)

Arbeitsfeld nach Anlage XI Teil B	Dosiskoeffizient e in $\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$	Bemerkungen
Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden	$1,6\cdot 10^{-5}$	
Handhabung und Lagerung thoriertes Gasglühstrümpfe	$1,6\cdot 10^{-5}$	
Verwendung von Thorium oder Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung oder in abgereicherter Form einschließlich der daraus jeweils hervorgehenden Tochternuklide, sofern vorhanden, zu chemisch-analytischen oder chemisch-präparativen Zwecken	$5,6\cdot 10^{-6}$ $1,6\cdot 10^{-5}$	Bei Verwendung von Uran Bei Verwendung von Thorium
Handhabung, insbesondere Montage, Demontage, Bearbeiten und Untersuchen von Produkten aus thorierten Legierungen	$1,6\cdot 10^{-5}$	
Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen	$1,6\cdot 10^{-5}$	
Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen	$5,6\cdot 10^{-6}$	

Die zur Berechnung der effektiven Dosis verwendeten Dosiskoeffizienten e sind abhängig von dem an den Arbeitsplätzen vorliegenden Radionuklidspektrum. Wenn ein diskontinuierliches Messverfahren eingesetzt wird, bei dem die Gesamt-Alpha-Aktivität A_{α} nach Abschluss der Probeentnahme durch eine separate Analyse des Filters bestimmt wird, können für Arbeiten nach Anlage XI Teil B StrlSchV die Dosiskoeffizienten der Tabelle C-1 verwendet werden. In den Dosiskoeffizienten werden die Beiträge aller Radionuklide der Uran-Radium- bzw. der Thorium-Zerfallsreihe unter Annahme eines radioaktiven Gleichgewichtes berücksichtigt. Des Weiteren ist in den Dosiskoeffizienten berücksichtigt, dass bei diskontinuierlichen Messverfahren die Aktivität des Schwebstofffilters erst nach der Beaufschlagung bestimmt wird und die kurzlebigen Radionuklide nicht mehr erfasst werden. Neben der Messung der Gesamt-Alpha-Aktivität der auf dem Filter abgeschiedenen langlebigen Radionuklide kann auch die nuklidspezifische Aktivität ermittelt werden. Wird die Aktivität aller in Tabelle C-2 aufgeführten Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen von Uran und Thorium bestimmt, ist die effektive Dosis mit

$$E = B \cdot \frac{t_A}{t_{\text{Mess}}} \cdot \frac{\sum_i e_i \cdot A_i}{\eta \cdot \dot{V}} \quad (\text{C3})$$

zu berechnen. In der Gleichung C3 ist A_i die Aktivität des auf dem Filter abgeschiedenen Nuklids i in Bq und e_i der entsprechende Dosiskoeffizient in $\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$ aus der Tabelle C-2.

Häufig wird jedoch keine vollständige nuklidspezifische Analyse der auf dem Filter abgeschiedenen Radionuklide durchgeführt, sondern nur die Aktivität von Einzelnukliden bzw. eines Leitnuklides bestimmt. In diesen Fällen wird die effektive Dosis analog zu Gleichung C3 ermittelt. Dazu ist die Aktivität von Radionukliden, die nicht bestimmt wurden, konservativ abzuschätzen und gleich der Aktivität ihrer Mutternuklide zu setzen (radioaktives Gleichgewicht). Sofern keine anderen begründeten Annahmen getroffen werden können, ist anzunehmen, dass Uran-238 und Uran-235 im natürlichen Isotopenverhältnis vorliegen.

Tabelle C-2: Dosisfaktoren für beruflich strahlenexponierte Personen bei Inhalation von Nukliden der Uran-238-, der Uran-235 und der Thorium-232-Zerfallsreihe^{C2}

Nuklid	Dosisfaktor Inhalation AMAD = 5µm in Sv·Bq ⁻¹
U-238	5,7·10 ⁻⁶
Th-234	5,8·10 ⁻⁹
Pa-234m	5,8·10 ⁻¹⁰
U-234	6,8·10 ⁻⁶
Th-230	7,2·10 ⁻⁶
Ra-226	2,2·10 ⁻⁶
Rn-222*	--
Po-218*	--
Pb-214*	4,8·10 ⁻⁹
Bi-214*	2,1·10 ⁻⁸
Po-214*	--
Pb-210	1,1·10 ⁻⁶
Bi-210	6,0·10 ⁻⁸
Po-210	2,2·10 ⁻⁶
U-235	6,1·10 ⁻⁶
Th-231	4,0·10 ⁻¹⁰
Pa-231	1,7·10 ⁻⁵
Ac-227	4,7·10 ⁻⁵
Th-227	7,6·10 ⁻⁶
Ra-223	5,7·10 ⁻⁶
Rn-219*	--
Po-215*	--
Pb-211*	5,6·10 ⁻⁹
Bi-211*	--
Tl-207*	--

Nuklid	Dosisfaktor Inhalation AMAD = 5µm in Sv·Bq ⁻¹
Th-232	1,2·10 ⁻⁵
Ra-228	1,7·10 ⁻⁶
Ac-228	1,2·10 ⁻⁸
Th-228	2,5·10 ⁻⁵
Ra-224	2,4·10 ⁻⁶
Rn-220*	--
Po-216*	--
Pb-212*	3,3·10 ⁻⁸
Bi-212*	3,9·10 ⁻⁸
Po-212*	--
Tl-208*	--

*kurzlebige Zerfallsprodukte von Rn-222, Rn-220 und Rn-219

^{C2} Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition: Dosiskoeffizienten bei innerer beruflicher Strahlenexposition. Bundesanzeiger Verlagsges. mbH, Köln, 2001

C.2 Messung der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidungen

Die Überwachung von Personen bei anzeigebedürftigen Arbeiten kann auch durch Messung der Körperaktivität (in-vivo) oder der Aktivität der Ausscheidungen (in-vitro) erfolgen. Diese Inkorporationsmessungen werden von Messstellen durchgeführt. Sie sind dann zu veranlassen, wenn die gesamte durch äußere und innere Strahlenexposition verursachte effektive Dosis den Wert von 15 mSv im Kalenderjahr übersteigen kann und davon mindestens 6 mSv durch innere Strahlenexpositionen verursacht sein können.

Das empfohlene Überwachungsintervall beträgt 180 Tage. Für die Durchführung der Messungen der Körperaktivität bzw. der Aktivität der Ausscheidungen wendet die Messstelle die Bestimmungen der Richtlinie zur Ermittlung der Körperdosis bei innerer Strahlenexposition^{C3} an. Dazu sind die in der Tabelle C-3 angegebenen Messverfahren und die in Tabelle C-4 angegebenen Absorptionsklassen zu verwenden.

Tabelle C-3: Anzuwendende Messverfahren

Arbeitsfeld nach Anlage XI Teil B	Zu überwachende Radionuklide	Messverfahren
Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden	Thoriumzerfallsreihe	In-vitro
Handhabung und Lagerung thoriertes Gasglühstrümpfe	Thoriumzerfallsreihe	In-vivo, In-vitro
Verwendung von Thorium oder Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung oder in abgereicherter Form einschließlich der daraus jeweils hervorgehenden Tochternuklide, sofern vorhanden, zu chemisch-analytischen oder chemisch-präparativen Zwecken	Thoriumzerfallsreihe oder Uranzerfallsreihe	In-vitro
Handhabung, insbesondere Montage, Demontage, Bearbeiten und Untersuchen von Produkten aus thorierten Legierungen	Thoriumzerfallsreihe	In-vitro
Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen	Thoriumzerfallsreihe	In-vivo, In-vitro
Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen	Uranzerfallsreihe	In-vivo, In-vitro

^{C3} Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen, Teil 2: Richtlinie zur Ermittlung der Körperdosis bei und Reaktorsicherheit innerer Strahlenexposition. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, in Vorbereitung

Tabelle C-4: Bei der Inkorporationsüberwachung durch Messung der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidungen zu überwachende bzw. in die Dosisberechnung einzubeziehende Radionuklide und die dabei anzuwendenden Absorptionsklassen

Uran-Zerfallsreihe	Absorptionsklasse bzw. chem. Form
U-238	S
U-235	S
U-234	S
Pa-231	S
Th-230	S
Ac-227	S
Th-227	S
Ra-226	M
Ra-223	M
Pb-210	F
Po-210	M

Thorium-Zerfallsreihe	Absorptionsklasse bzw. chem. Form
Th-232	S
Ra-228	M
Th-228	S
Ra-224	M

ANHANG D

ERMITTLUNG DER STRAHLENEXPOSITION DURCH ÄUßERE GAMMASTRAHLUNG

D.1 Messgrößen

Die Strahlenexposition durch äußere Gammastrahlung kann durch Messung der Personendosis oder der Ortsdosis bzw. Ortsdosisleistung bestimmt werden. Die Ortsdosisleistung ist der Wert der Ortsdosis pro Zeiteinheit.

D.2 Messung der Personendosis

Die Personendosis ist die Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche. Bei Expositionen durch natürliche Strahlenquellen wird der Wert der Personendosis für durchdringende Strahlung, die Tiefen-Personendosis $H_p(10)$, bestimmt. Dieser Wert wird dem Wert der effektiven Dosis gleichgesetzt. Die Messungen erfolgen mit Ganzkörperdosimetern, die an der Vorderseite der oberen Rumpfhälfte außerhalb der Kleidung zu tragen sind. Teilkörperdosimeter sind nur dann zu tragen, wenn Organdosen bestimmt werden müssen. Für die Messungen können sowohl tragbare, direkt ablesbare Personendosimeter als auch passive Personendosimeter eingesetzt werden.

Sofern es sich um eine zulassungspflichtige Dosimeterbauart nach der Eichordnung handelt, müssen die Dosimeter eine Bauartzulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) besitzen und an Maßnahmen der Qualitätssicherung der PTB teilnehmen. Durch die PTB zugelassene Messgeräte zur Messung der Personendosis sind auf der Internetseite der PTB veröffentlicht.

Amtliche Personendosimeter werden von Personendosismessstellen bereitgestellt. Nach erfolgter Exposition werden die Dosimeter von den Messstellen ausgewertet und der Wert der effektiven Dosis an den Verpflichteten übermittelt.

D.3 Messung der Ortsdosis oder Ortsdosisleistung

Die Ortsdosis ist die Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort. Bei Expositionen durch natürliche Strahlenquellen ist die Ortsdosis der Wert der Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$. Bis zum 01. August 2011 kann für die Ortsdosis auch die Messgröße Photonen-Äquivalentdosis angegeben werden. Bei Expositionen durch natürliche Strahlenquellen ist die Photonen-Äquivalentdosis der Umgebungs-Äquivalentdosis gleichzusetzen.

Sofern es sich um eine zulassungspflichtige Dosimeterbauart nach der Eichordnung handelt, müssen die Geräte eine Bauartzulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) besitzen und geeicht sein. Durch die PTB zugelassene Messgeräte zur Messung der Ortsdosis/-dosisleistung sind auf der Internetseite der PTB veröffentlicht.

Um die effektive Dosis einer zu überwachenden Person aus den Messwerten der Ortsdosis bzw. Ortsdosisleistung zu ermitteln, sind die Aufenthaltszeiten dieser Person an dem überwachten Arbeitsplatz festzustellen und nur die für diese Aufenthaltszeiten repräsentativen Messwerte zur Berechnung zu verwenden. Bei Messung der Ortsdosisleistung ist die für die Strahlenexposition der Person repräsentative Ortsdosis das Produkt des Mittelwertes der Ortsdosisleistungswerte, die innerhalb der Aufenthaltszeiten der Person an dem Arbeitsplatz gemessen wurden, multipliziert mit den Aufenthaltszeiten.

liziert mit der Aufenthaltszeit der Person an dem Arbeitsplatz. Arbeitet die Person an verschiedenen Arbeitsplätzen, sind die an jedem dieser Arbeitsplätze ermittelten Dosiswerte zu summieren.

In der Überwachungspraxis wird der für die überwachte Person ermittelte Wert der Umgebungs-Äquivalentdosis der effektiven Dosis gleichgesetzt. Durch dieses Vorgehen wird die effektive Dosis überbewertet, so dass im begründeten Einzelfall der Dosiswert korrigiert werden sollte.^{D1}

^{D1} Berechnungsgrundlage für die Ermittlung der Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition. Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 43, Hrsg.: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Urban und Fischer, München 2000

ANHANG E

UMRECHNUNG VON RADON-222-EXPOSITIONSGRÖßEN IN DIE EFFEKTIVE DOSIS

E.1 Umrechnungsfaktoren für die Einheiten der Exposition und der effektiven Dosis

Die Tabelle E-1 gibt Faktoren für die Umrechnung der Radon-222-Expositionsgrößen an. Die Tabelle sollte insbesondere dann angewendet werden, wenn die potenzielle Alphaenergie-Exposition in anderen Einheiten als in $\text{J}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ angegeben wird und diese entweder in die Einheit $\text{J}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ oder direkt in Werte der effektiven Dosis umgerechnet werden müssen. Für die Umrechnung der potenziellen Alphaenergie-Exposition oder der Radonexposition in die effektive Dosis ist die Tabelle E-2 zu verwenden.

Tabelle E-1: Umrechnungstabelle

	Potenzielle Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte		Effektive Dosis ³⁾
	$\text{MeV}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$	$\text{J}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$	mSv
1 $\text{MeV}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$	1	$1,60\cdot 10^{-13}$	$2,24\cdot 10^{-10}$
1 $\text{J}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$	$6,24\cdot 10^{12}$	1	$1,4\cdot 10^{3\ 4)}$
1 h ¹⁾	$4,00\cdot 10^7$	$6,41\cdot 10^{-6}$	⁵⁾
1 $\text{Bq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3\ 2)}$	$1,39\cdot 10^4$	$2,22\cdot 10^{-9}$	$3,11\cdot 10^{-6}$

- ¹⁾ Die Einheit Belastungsstunde wird heute nur noch für die Messung der Strahlenexposition der kurzlebigen Radon-Zerfallsprodukte mit Grubenradiometern, bei denen das Messverfahren nach MARKOV verwendet wird, eingesetzt (siehe Anhang B, Kapitel B.2.1)
1 Belastungsstunde ist gleich einer potenziellen Alphaenergie-Exposition von $40 \text{ MeV}\cdot\text{h}\cdot\text{cm}^{-3}$. Der Wert wird aus der maximalen jährlichen Zufuhr von potenzieller Alphaenergie durch kurzlebige Radon-222-Zerfallsprodukte von $1\cdot 10^{11} \text{ MeV}$ abgeleitet. Bei einer Arbeitszeit von 2000 h und einer Atemrate von $1,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ folgt eine mittlere potenzielle Alphaenergie-Konzentration von $40 \text{ MeV}\cdot\text{cm}^{-3}$ für die der Jahresgrenzwert für die Zufuhr erreicht wird.
- ²⁾ bei Annahme des Gleichgewichtsfaktors $F = 0,4$
- ³⁾ Effektive Dosis für beruflich strahlenexponierte Personen
- ⁴⁾ Dosisumrechnungsfaktoren nach ICRP 65 und Richtlinie 96/29/EURATOM
- ⁵⁾ Für die Umrechnung einer Belastungsstunde in die effektive Dosis bei beruflich strahlenexponierten Personen gilt: $1 \text{ h} = 0,01 \text{ mSv}$ bzw. $100 \text{ h} = 1 \text{ mSv}$

E.2 Berechnung der effektiven Dosis^{E1}

Die Umrechnung der Radon-222-Exposition und der potenziellen Alphaenergie-Exposition der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte in die effektive Dosis erfolgt mit der Tabelle E-2. Die Spalten 1 bis 3 der Tabelle enthalten die Radon-222-Expositionen in $\text{MBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ für verschiedene Bereiche des Gleichgewichtsfaktors F , die Spalte 4 die potenzielle Alphaenergie-Exposition in

^{E1} In einer gegenwärtig vorbereiteten Ergänzung der Strahlenschutzverordnung wird festgelegt, dass für die Umrechnung von Radon-222-Exposition in die effektive Dosis die Beziehung $1 \text{ mSv} = 0,32 \text{ MBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ und für die Umrechnung von potenzieller Alphaenergie-Exposition in die effektive Dosis $1 \text{ mSv} = 0,71 \text{ MJ}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ anzuwenden sind. Diese Umrechnungen entsprechen den Gleichungen E2 bzw. E4. Die Festlegung, dass bei deutlichen Abweichungen des Gleichgewichtsfaktors von 0,4 die Behörde einen anderen Umrechnungsfaktor für die Radon-222-Exposition in die effektive Dosis festlegen kann, bleibt erhalten.

$\text{mJ}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ und die Spalte 5 die effektive Dosis in mSv. Wenn die Radonexposition oder die potenzielle Alphaenergie-Exposition nicht mit dem entsprechenden Dezimalvorsatz der Maßeinheit vorliegen, sind sie entsprechend umzurechnen.

Zur Umrechnung eines Wertes der Radon-222-Exposition oder der potenziellen Alphaenergie-Exposition in die effektive Dosis ist die Zeile zu suchen, die den Wertebereich enthält, innerhalb dessen der Wert der umzurechnenden Expositionsgröße liegt. Der Wert der effektiven Dosis steht in der Spalte 5 der gleichen Zeile.

Beispiel: Für eine Radon-222-Exposition von $1,7 \text{ MBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$ bei einem Gleichgewichtsfaktor von 0,4 wird eine effektive Dosis von 5,4 mSv ermittelt.

Für eine Radon-222-Exposition P_{Rn} in $\text{MBq}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$, die für den zugrundegelegten Bereich des Gleichgewichtsfaktors F außerhalb des Wertebereiches der letzten Zeile in der Spalte 1, 2 oder 3 liegt, wird die effektive Dosis E in mSv mit

$$E = 1,56 \cdot P_{Rn} \quad \text{für } F < 0,2, \quad (\text{E1})$$

$$E = 3,11 \cdot P_{Rn} \quad \text{für } 0,2 \leq F \leq 0,7 \text{ und} \quad (\text{E2})$$

$$E = 6,62 \cdot P_{Rn} \quad \text{für } F > 0,7 \quad (\text{E3})$$

berechnet. Für eine potenzielle Alphaenergie-Exposition P_p in $\text{mJ}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$, die außerhalb des Wertebereiches der letzten Zeile in der Spalte 4 liegt, wird die effektive Dosis E in mSv mit

$$E = 1,4 \cdot P_p \quad (\text{E4})$$

berechnet. Die Umrechnungsfaktoren in den Gleichungen E2 und E4 sind identisch mit den in Tabelle E-1 angegebenen Faktoren. Die Gleichungen E1 und E3 berücksichtigen die jeweils veränderten Gleichgewichtsfaktoren gegenüber der Umrechnung nach Gleichung E2.

Tabelle E-2: Umrechnung der Radon-222-Exposition und der potenziellen Alphaenergie-Exposition in die effektive Dosis

Radon-222-Exposition			Potenzielle Alphaenergie- exposition	Effektive Dosis
in MBq·h·m ⁻³			in mJ·h·m ⁻³	in mSv
1	2	3	4	5
F < 0,2	0,2 ≤ F ≤ 0,7	F > 0,7		
≤ 0,13	≤ 0,07	≤ 0,03	≤ 0,14	0,0
> 0,13 - ≤ 0,26	> 0,07 - ≤ 0,13	> 0,03 - ≤ 0,06	> 0,14 - ≤ 0,29	0,4
> 0,26 - ≤ 0,39	> 0,13 - ≤ 0,19	> 0,06 - ≤ 0,09	> 0,29 - ≤ 0,43	0,6
> 0,39 - ≤ 0,51	> 0,19 - ≤ 0,26	> 0,09 - ≤ 0,12	> 0,43 - ≤ 0,57	0,8
> 0,51 - ≤ 0,64	> 0,26 - ≤ 0,32	> 0,12 - ≤ 0,15	> 0,57 - ≤ 0,71	1,0
> 0,64 - ≤ 0,77	> 0,32 - ≤ 0,39	> 0,15 - ≤ 0,18	> 0,71 - ≤ 0,86	1,2
> 0,77 - ≤ 0,90	> 0,39 - ≤ 0,45	> 0,18 - ≤ 0,21	> 0,86 - ≤ 1,00	1,4
> 0,90 - ≤ 1,03	> 0,45 - ≤ 0,51	> 0,21 - ≤ 0,24	> 1,00 - ≤ 1,14	1,6
> 1,03 - ≤ 1,16	> 0,51 - ≤ 0,58	> 0,24 - ≤ 0,27	> 1,14 - ≤ 1,29	1,8
> 1,16 - ≤ 1,28	> 0,58 - ≤ 0,64	> 0,27 - ≤ 0,30	> 1,29 - ≤ 1,43	2,0
> 1,28 - ≤ 1,41	> 0,64 - ≤ 0,71	> 0,30 - ≤ 0,33	> 1,43 - ≤ 1,57	2,2
> 1,41 - ≤ 1,54	> 0,71 - ≤ 0,77	> 0,33 - ≤ 0,36	> 1,57 - ≤ 1,71	2,4
> 1,54 - ≤ 1,67	> 0,77 - ≤ 0,84	> 0,36 - ≤ 0,39	> 1,71 - ≤ 1,86	2,6
> 1,67 - ≤ 1,80	> 0,84 - ≤ 0,90	> 0,39 - ≤ 0,42	> 1,86 - ≤ 2,00	2,8
> 1,80 - ≤ 1,93	> 0,90 - ≤ 0,96	> 0,42 - ≤ 0,45	> 2,00 - ≤ 2,14	3,0
> 1,93 - ≤ 2,06	> 0,96 - ≤ 1,03	> 0,45 - ≤ 0,48	> 2,14 - ≤ 2,29	3,2
> 2,06 - ≤ 2,18	> 1,03 - ≤ 1,09	> 0,48 - ≤ 0,51	> 2,29 - ≤ 2,43	3,4
> 2,18 - ≤ 2,31	> 1,09 - ≤ 1,16	> 0,51 - ≤ 0,54	> 2,43 - ≤ 2,57	3,6
> 2,31 - ≤ 2,44	> 1,16 - ≤ 1,22	> 0,54 - ≤ 0,57	> 2,57 - ≤ 2,71	3,8
> 2,44 - ≤ 2,57	> 1,22 - ≤ 1,28	> 0,57 - ≤ 0,60	> 2,71 - ≤ 2,86	4,0
> 2,57 - ≤ 2,70	> 1,28 - ≤ 1,35	> 0,60 - ≤ 0,63	> 2,86 - ≤ 3,00	4,2
> 2,70 - ≤ 2,83	> 1,35 - ≤ 1,41	> 0,63 - ≤ 0,67	> 3,00 - ≤ 3,14	4,4
> 2,83 - ≤ 2,95	> 1,41 - ≤ 1,48	> 0,67 - ≤ 0,70	> 3,14 - ≤ 3,29	4,6
> 2,95 - ≤ 3,08	> 1,48 - ≤ 1,54	> 0,70 - ≤ 0,73	> 3,29 - ≤ 3,43	4,8
> 3,08 - ≤ 3,21	> 1,54 - ≤ 1,61	> 0,73 - ≤ 0,76	> 3,43 - ≤ 3,57	5,0
> 3,21 - ≤ 3,34	> 1,61 - ≤ 1,67	> 0,76 - ≤ 0,79	> 3,57 - ≤ 3,71	5,2
> 3,34 - ≤ 3,47	> 1,67 - ≤ 1,73	> 0,79 - ≤ 0,82	> 3,71 - ≤ 3,86	5,4
> 3,47 - ≤ 3,60	> 1,73 - ≤ 1,80	> 0,82 - ≤ 0,85	> 3,86 - ≤ 4,00	5,6
> 3,60 - ≤ 3,73	> 1,80 - ≤ 1,86	> 0,85 - ≤ 0,88	> 4,00 - ≤ 4,14	5,8
> 3,73 - ≤ 3,85	> 1,86 - ≤ 1,93	> 0,88 - ≤ 0,91	> 4,14 - ≤ 4,29	6,0
> 3,85 - ≤ 3,98	> 1,93 - ≤ 1,99	> 0,91 - ≤ 0,94	> 4,29 - ≤ 4,43	6,2
> 3,98 - ≤ 4,11	> 1,99 - ≤ 2,06	> 0,94 - ≤ 0,97	> 4,43 - ≤ 4,57	6,4
> 4,11 - ≤ 4,24	> 2,06 - ≤ 2,12	> 0,97 - ≤ 1,00	> 4,57 - ≤ 4,71	6,6
> 4,24 - ≤ 4,37	> 2,12 - ≤ 2,18	> 1,00 - ≤ 1,03	> 4,71 - ≤ 4,86	6,8
> 4,37 - ≤ 4,50	> 2,18 - ≤ 2,25	> 1,03 - ≤ 1,06	> 4,86 - ≤ 5,00	7,0
> 4,50 - ≤ 4,62	> 2,25 - ≤ 2,31	> 1,06 - ≤ 1,09	> 5,00 - ≤ 5,14	7,2
> 4,62 - ≤ 4,75	> 2,31 - ≤ 2,38	> 1,09 - ≤ 1,12	> 5,14 - ≤ 5,29	7,4
> 4,75 - ≤ 4,88	> 2,38 - ≤ 2,44	> 1,12 - ≤ 1,15	> 5,29 - ≤ 5,43	7,6
> 4,88 - ≤ 5,01	> 2,44 - ≤ 2,51	> 1,15 - ≤ 1,18	> 5,43 - ≤ 5,57	7,8

Tabelle E-2 (Fortsetzung): Umrechnung der Radon-222-Exposition und der potenziellen Alphaenergie-Exposition in die effektive Dosis

Radon-222-Exposition			Potenzielle Alphaenergie- exposition	Effektive Dosis
in MBq·h·m ⁻³			in mJ·h·m ⁻³	in mSv
1	2	3	4	5
F < 0,2	0,2 ≤ F ≤ 0,7	F > 0,7		
> 5,01 - ≤ 5,14	> 2,51 - ≤ 2,57	> 1,18 - ≤ 1,21	> 5,57 - ≤ 5,71	8,0
> 5,14 - ≤ 5,27	> 2,57 - ≤ 2,63	> 1,21 - ≤ 1,24	> 5,71 - ≤ 5,86	8,2
> 5,27 - ≤ 5,40	> 2,63 - ≤ 2,70	> 1,24 - ≤ 1,27	> 5,86 - ≤ 6,00	8,4
> 5,40 - ≤ 5,52	> 2,70 - ≤ 2,76	> 1,27 - ≤ 1,30	> 6,00 - ≤ 6,14	8,6
> 5,52 - ≤ 5,65	> 2,76 - ≤ 2,83	> 1,30 - ≤ 1,33	> 6,14 - ≤ 6,29	8,8
> 5,65 - ≤ 5,78	> 2,83 - ≤ 2,89	> 1,33 - ≤ 1,36	> 6,29 - ≤ 6,43	9,0
> 5,78 - ≤ 5,91	> 2,89 - ≤ 2,95	> 1,36 - ≤ 1,39	> 6,43 - ≤ 6,57	9,2
> 5,91 - ≤ 6,04	> 2,95 - ≤ 3,02	> 1,39 - ≤ 1,42	> 6,57 - ≤ 6,71	9,4
> 6,04 - ≤ 6,17	> 3,02 - ≤ 3,08	> 1,42 - ≤ 1,45	> 6,71 - ≤ 6,86	9,6
> 6,17 - ≤ 6,29	> 3,08 - ≤ 3,15	> 1,45 - ≤ 1,48	> 6,86 - ≤ 7,00	9,8
> 6,29 - ≤ 6,42	> 3,15 - ≤ 3,21	> 1,48 - ≤ 1,51	> 7,00 - ≤ 7,14	10,0
> 6,42 - ≤ 6,55	> 3,21 - ≤ 3,28	> 1,51 - ≤ 1,54	> 7,14 - ≤ 7,29	10,2
> 6,55 - ≤ 6,68	> 3,28 - ≤ 3,34	> 1,54 - ≤ 1,57	> 7,29 - ≤ 7,43	10,4
> 6,68 - ≤ 6,81	> 3,34 - ≤ 3,40	> 1,57 - ≤ 1,60	> 7,43 - ≤ 7,57	10,6
> 6,81 - ≤ 6,94	> 3,40 - ≤ 3,47	> 1,60 - ≤ 1,63	> 7,57 - ≤ 7,71	10,8
> 6,94 - ≤ 7,07	> 3,47 - ≤ 3,53	> 1,63 - ≤ 1,66	> 7,71 - ≤ 7,86	11,0
> 7,07 - ≤ 7,19	> 3,53 - ≤ 3,60	> 1,66 - ≤ 1,69	> 7,86 - ≤ 8,00	11,2
> 7,19 - ≤ 7,32	> 3,60 - ≤ 3,66	> 1,69 - ≤ 1,72	> 8,00 - ≤ 8,14	11,4
> 7,32 - ≤ 7,45	> 3,66 - ≤ 3,73	> 1,72 - ≤ 1,75	> 8,14 - ≤ 8,29	11,6
> 7,45 - ≤ 7,58	> 3,73 - ≤ 3,79	> 1,75 - ≤ 1,78	> 8,29 - ≤ 8,43	11,8
> 7,58 - ≤ 7,71	> 3,79 - ≤ 3,85	> 1,78 - ≤ 1,81	> 8,43 - ≤ 8,57	12,0
> 7,71 - ≤ 7,84	> 3,85 - ≤ 3,92	> 1,81 - ≤ 1,84	> 8,57 - ≤ 8,71	12,2
> 7,84 - ≤ 7,97	> 3,92 - ≤ 3,98	> 1,84 - ≤ 1,87	> 8,71 - ≤ 8,86	12,4
> 7,97 - ≤ 8,09	> 3,98 - ≤ 4,05	> 1,87 - ≤ 1,90	> 8,86 - ≤ 9,00	12,6
> 8,09 - ≤ 8,22	> 4,05 - ≤ 4,11	> 1,90 - ≤ 1,93	> 9,00 - ≤ 9,14	12,8
> 8,22 - ≤ 8,35	> 4,11 - ≤ 4,18	> 1,93 - ≤ 1,96	> 9,14 - ≤ 9,29	13,0
> 8,35 - ≤ 8,48	> 4,18 - ≤ 4,24	> 1,96 - ≤ 2,00	> 9,29 - ≤ 9,43	13,2
> 8,48 - ≤ 8,61	> 4,24 - ≤ 4,30	> 2,00 - ≤ 2,03	> 9,43 - ≤ 9,57	13,4
> 8,61 - ≤ 8,74	> 4,30 - ≤ 4,37	> 2,03 - ≤ 2,06	> 9,57 - ≤ 9,71	13,6
> 8,74 - ≤ 8,86	> 4,37 - ≤ 4,43	> 2,06 - ≤ 2,09	> 9,71 - ≤ 9,86	13,8
> 8,86 - ≤ 8,99	> 4,43 - ≤ 4,50	> 2,09 - ≤ 2,12	> 9,86 - ≤ 10,00	14,0
> 8,99 - ≤ 9,12	> 4,50 - ≤ 4,56	> 2,12 - ≤ 2,15	> 10,00 - ≤ 10,14	14,2
> 9,12 - ≤ 9,25	> 4,56 - ≤ 4,62	> 2,15 - ≤ 2,18	> 10,14 - ≤ 10,29	14,4
> 9,25 - ≤ 9,38	> 4,62 - ≤ 4,69	> 2,18 - ≤ 2,21	> 10,29 - ≤ 10,43	14,6
> 9,38 - ≤ 9,51	> 4,69 - ≤ 4,75	> 2,21 - ≤ 2,24	> 10,43 - ≤ 10,57	14,8
> 9,51 - ≤ 9,64	> 4,75 - ≤ 4,82	> 2,24 - ≤ 2,27	> 10,57 - ≤ 10,71	15,0

Tabelle E-2 (Fortsetzung): Umrechnung der Radon-222-Exposition und der potenziellen Alphaenergie-Exposition in die effektive Dosis

Radon-222-Exposition in MBq·h·m ⁻³			Potenzielle Alphaenergie- exposition in mJ·h·m ⁻³	Effektive Dosis in mSv
1	2	3	4	5
F < 0,2	0,2 ≤ F ≤ 0,7	F > 0,7		
> 9,64 - ≤ 9,76	> 4,82 - ≤ 4,88	> 2,27 - ≤ 2,30	> 10,71 - ≤ 10,86	15,2
> 9,76 - ≤ 9,89	> 4,88 - ≤ 4,95	> 2,30 - ≤ 2,33	> 10,86 - ≤ 11,00	15,4
> 9,89 - ≤ 10,02	> 4,95 - ≤ 5,01	> 2,33 - ≤ 2,36	> 11,00 - ≤ 11,14	15,6
> 10,02 - ≤ 10,15	> 5,01 - ≤ 5,07	> 2,36 - ≤ 2,39	> 11,14 - ≤ 11,29	15,8
> 10,15 - ≤ 10,28	> 5,07 - ≤ 5,14	> 2,39 - ≤ 2,42	> 11,29 - ≤ 11,43	16,0
> 10,28 - ≤ 10,41	> 5,14 - ≤ 5,20	> 2,42 - ≤ 2,45	> 11,43 - ≤ 11,57	16,2
> 10,41 - ≤ 10,53	> 5,20 - ≤ 5,27	> 2,45 - ≤ 2,48	> 11,57 - ≤ 11,71	16,4
> 10,53 - ≤ 10,66	> 5,27 - ≤ 5,33	> 2,48 - ≤ 2,51	> 11,71 - ≤ 11,86	16,6
> 10,66 - ≤ 10,79	> 5,33 - ≤ 5,40	> 2,51 - ≤ 2,54	> 11,86 - ≤ 12,00	16,8
> 10,79 - ≤ 10,92	> 5,40 - ≤ 5,46	> 2,54 - ≤ 2,57	> 12,00 - ≤ 12,14	17,0
> 10,92 - ≤ 11,05	> 5,46 - ≤ 5,52	> 2,57 - ≤ 2,60	> 12,14 - ≤ 12,29	17,2
> 11,05 - ≤ 11,18	> 5,52 - ≤ 5,59	> 2,60 - ≤ 2,63	> 12,29 - ≤ 12,43	17,4
> 11,18 - ≤ 11,31	> 5,59 - ≤ 5,65	> 2,63 - ≤ 2,66	> 12,43 - ≤ 12,57	17,6
> 11,31 - ≤ 11,43	> 5,65 - ≤ 5,72	> 2,66 - ≤ 2,69	> 12,57 - ≤ 12,71	17,8
> 11,43 - ≤ 11,56	> 5,72 - ≤ 5,78	> 2,69 - ≤ 2,72	> 12,71 - ≤ 12,86	18,0
> 11,56 - ≤ 11,69	> 5,78 - ≤ 5,85	> 2,72 - ≤ 2,75	> 12,86 - ≤ 13,00	18,2
> 11,69 - ≤ 11,82	> 5,85 - ≤ 5,91	> 2,75 - ≤ 2,78	> 13,00 - ≤ 13,14	18,4
> 11,82 - ≤ 11,95	> 5,91 - ≤ 5,97	> 2,78 - ≤ 2,81	> 13,14 - ≤ 13,29	18,6
> 11,95 - ≤ 12,08	> 5,97 - ≤ 6,04	> 2,81 - ≤ 2,84	> 13,29 - ≤ 13,43	18,8
> 12,08 - ≤ 12,20	> 6,04 - ≤ 6,10	> 2,84 - ≤ 2,87	> 13,43 - ≤ 13,57	19,0
> 12,20 - ≤ 12,33	> 6,10 - ≤ 6,17	> 2,87 - ≤ 2,90	> 13,57 - ≤ 13,71	19,2
> 12,33 - ≤ 12,46	> 6,17 - ≤ 6,23	> 2,90 - ≤ 2,93	> 13,71 - ≤ 13,86	19,4
> 12,46 - ≤ 12,59	> 6,23 - ≤ 6,29	> 2,93 - ≤ 2,96	> 13,86 - ≤ 14,00	19,6
> 12,59 - ≤ 12,72	> 6,29 - ≤ 6,36	> 2,96 - ≤ 2,99	> 14,00 - ≤ 14,14	19,8
> 12,72 - ≤ 12,85	> 6,36 - ≤ 6,42	> 2,99 - ≤ 3,02	> 14,14 - ≤ 14,29	20,0

ANHANG F

STRAHLENPASS

Nach § 95 Abs. 3 StrlSchV darf eine Person nur dann in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung anzeigebedürftige Arbeiten ausüben oder anzeigebedürftige Arbeiten von unter ihrer Aufsicht stehenden Personen ausüben lassen, wenn sie oder die unter ihrer Aufsicht stehenden Personen im Besitz von vollständig geführten und bei der zuständigen Behörde registrierten Strahlenpässen sind. Die als Verpflichtete bezeichnete Person kann die dazu benötigten Strahlenpässe beim Verlag

W. Kohlhammer Deutscher Gemeindeverlag GmbH
 Heßbrühlstr. 69, 70565 Stuttgart
 Telefon 0711 / 7863-7355
 Fax 0711 / 7863-8400

beziehen. Nach Erhalt muss der Verpflichtete

1. die Angaben zur Person des Strahlenpassinhabers/Beschäftigten (Name, Vorname, Geburtsdatum, Geburtsort, Geschlecht, Anschrift),

Radon-Exposition in der fremden Betriebsstätte (im Sinne				der Anlage XI Teil A StrlSchV), vor Ort ermittelt und eingetragen		
Zeitraum der Exposition ¹⁾ vom...bis.... (Tag/Monat/Jahr)	Rn-222-Exposition ²⁾ in 10 ⁶ Bq·h/m ³	Potentielle Alphaenergie-Exposition ³⁾ in mJ·h/ m ³	Effektive Dosis ⁴⁾ in mSv	Arbeitsfeld ⁵⁾	Erläuterung ⁶⁾	Verantwortlicher oder von ihm beauftragte Person ⁷⁾ (Firmenstempel, Name, Unterschrift)
1	2	3	4	5	6	7
01.03.04 - 19.03.04		1,3	1,8	Untertägiges Bergwerk	siehe Spalte 7	<i>Mastermann1</i> Mastermann1, Betriebsleiter
05.04.04 - 28.05.04	1,2		3,7	Untertägiges Bergwerk	Radon-Service Messstelle	<i>Mastermann2</i> Mastermann2, Betriebsleiter SB R
26.07.04 - 30.07.04	3,5		10,9	Wasserwerk	Radon-Service Messstelle	<i>Mastermann3</i> Mastermann3, Leiter Bergsicherung

1) Erstreckt sich die Beschäftigung auf mehr als einen Kalendermonat, so sind die Eintragungen monatsweise vorzunehmen, ansonsten für den jeweiligen Beschäftigungszeitraum

2) Falls die Aufenthaltsdauer und die mittlere Rn-222-Konzentration gemessen werden, ergibt sich die Rn-222-Exposition aus der Multiplikation der Aufenthaltsdauer in h mit der mittleren Rn-222-Konzentration in Bq/m³ und Division durch 1.000.000

3) Falls die Aufenthaltsdauer und die mittlere potenzielle Alphaenergie-Konzentration gemessen werden, ergibt sich die potenzielle Alphaenergie-Exposition aus der Multiplikation der Aufenthaltsdauer in Stunden mit der mittleren potenziellen Alphaenergie-Konzentration in mJ/ m³

4) Die effektive Dosis in mSv ergibt sich im Falle der Rn-222-Exposition bei einem Gleichgewichtsfaktor von 0,4 durch Multiplikation des Wertes aus Spalte 2 mit dem Faktor 3,11; sofern die zuständige Behörde nach § 95 Abs. 2 Satz 4 StrlSchV Festlegungen getroffen hat, sind diese bei der Umrechnung der Rn-222-Exposition in einen Wert der effektiven Dosis zugrunde zu legen. Die effektive Dosis in mSv ergibt sich im Fall der potenziellen Alphaenergie-Exposition durch Multiplikation des Wertes der Spalte 3 mit dem Faktor 1,4

5) Eintragung entsprechend Anlage XI Teil A StrlSchV

6) Hier ist zu vermerken, ob der Wert der Spalte 2 oder 3 vom Eintragenden in Spalte 7 bereitgestellt oder von einer Messstelle ermittelt wurde

7) Nachträge zu den Eintragungen sind mit Datum anzugeben und besonders zu kennzeichnen

Abbildung F-1: Faksimile der Tabelle des Strahlenpasses, in der Expositionen durch Radon-222 und dessen Zerfallsprodukte eingetragen werden

Äußere Strahlenexposition in der fremden Anlage oder Einrichtung („S“) oder beim Betrieb einer fremden Röntgen-			Einrichtung oder eines fremden Störstrahlers („R“), vor Ort ermittelt und eingetragen	
Zeitraum der Überwachung ¹⁾ vom bis (Tag/Monat/Jahr)	Effektive Dosis in mSv	Organdosis ²⁾ in mSv	Exposition nach RÖV oder StriSchV ³⁾	Verantwortlicher oder von ihm beauftragte Person ⁴⁾ (Firmenstempel, Name, Unterschrift)
1	2	3	4	
01.04.04 – 30.04.04	1,6			<i>Mastermann</i> Mastermann, Leiter Handelskontor

1) Erstreckt sich die Beschäftigung auf mehr als einen Kalendermonat, so sind die Eintragungen monatsweise vorzunehmen, ansonsten für den jeweiligen Beschäftigungszeitraum

2) Unterhalb des eingetragenen Zahlenwertes das betreffende Organ angeben (z.B. Hände, Unterarme, Füße, Knöchel, Haut, Augenlinse), sofern nach § 41 Abs. 3 Satz 4 StriSchV oder nach § 35 Abs. 5 Satz 2 RÖV ein weiteres Dosimeter zu tragen ist

3) In Spalte 4 ist bei Ermittlungen der Exposition bei Tätigkeiten nach StriSchV der Eintrag „S“, bei Ermittlung der Exposition bei Tätigkeiten nach RÖV der Eintrag „R“ vorzunehmen

4) Nachträge zu den Eintragungen sind mit Datum anzugeben und besonders zu kennzeichnen

Abbildung F-2: Faksimile der Tabelle des Strahlenpasses, in der Expositionen durch äußere Strahlung eingetragen werden

2. die Angaben zum Verpflichteten (Name, Anschrift) und
3. die Bilanz der Strahlenexposition des Inhabers bis zum Ende des vor der Registrierung liegenden Kalenderjahres

in den Strahlenpass eintragen. Die Behörde registriert den vollständig ausgefüllten Strahlenpass, wenn ihr eine Anzeige von Arbeiten mit erhöhten Strahlenexpositionen vorliegt und aus der Anzeige hervorgeht, dass die Arbeiten in einer fremden Betriebsstätte durchgeführt werden.

Die Zuständigkeit der Behörde für die Registrierung von Strahlenpässen richtet sich nach dem Sitz des Verpflichteten. Die Gültigkeit des Strahlenpasses ist auf 6 Jahre nach Datum der Ausstellung begrenzt. Die zuständige Behörde kann auf Antrag die Gültigkeit verlängern. Der Strahlenpass ist persönliches Eigentum des Inhabers/Beschäftigten. Der Verpflichtete führt den Strahlenpass für den Inhaber und nimmt die erforderlichen Eintragungen vor.

Innere Strahlenexposition in der fremden Anlage oder				Einrichtung, vor Ort ermittelt und eingetragen	
Zeitraum der Überwachung oder Zeitpunkt der Ermittlung	Effektive Dosis in mSv	Organdosis ¹⁾ in mSv	Erläuterungen ²⁾		Verantwortlicher oder die von ihm beauftragte Person ³⁾ (Firmenstempel, Name, Unterschrift)
1	2	3	4		5
03.05.04 - 28.05.04	0,75		RL	Thorium und Zerfallsprodukte	<i>Mustermann</i> Mustermann, Betriebsleiter

1) Unterhalb des eingetragenen Zahlenwertes das betreffende Organ angeben
2) Angaben zum Überwachungsverfahren (z.B. Messung der Aktivität im Ganzkörper (GK), im Atemtrakt (LZ), im Stuhl (S), im Urin (U), in der Schilddrüse (SD) oder der Aktivitätskonzentration in der Raumluft (RL)) und zum Radionuklid
3) Nachträge zu den Eintragungen sind mit Datum anzugeben und besonders zu kennzeichnen

Abbildung F-3: Faksimile der Tabelle des Strahlenpasses, in der Expositionen durch Inkorporation eingetragen werden

ANHANG G

AUFZEICHNUNG VON EXPOSITIONSDATEN

Angaben	Bemerkungen zum Inhalt der Angaben	I (interne Aufzeichnung), W (Weitergabe an Behörde)
Familienname		I, W
Vornamen		I, W
Titel		I, W
Letzter früherer Name		I, W
Geburtsdatum		I, W
Geburtsort		I, W
Geschlecht	m: männlich, w: weiblich	I, W
Arbeitsfeld	<p>Teil A: Arbeitsfelder mit erhöhten Radon-222-Expositionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - untertägige Bergwerke, Schächte und Höhlen, einschließlich Besucherbergwerke - Radon-Heilbäder und -Heilstollen - Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung <p>Teil B: Arbeitsfelder mit erhöhten Expositionen durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden, - Handhabung und Lagerung thoriertes Gasglühstrümpfe, - Verwendung von Thorium oder Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung oder in abgereicherter Form einschließlich der daraus jeweils hervorgehenden Tochternuklide, sofern vorhanden, zu chemisch analytischen Zwecken, - Handhabung, insbesondere Montage, Demontage, Bearbeiten und Untersuchen von Produkten aus thorierten Legierungen, - Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen, - Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen 	W
Registriernummer des Strahlenpasses	Nur bei Arbeiten in fremden Betriebsstätten.	I, W
Beginn des Überwachungsintervalls	Datum	I, W
Ende des Überwachungsintervalls	Datum	I, W

Angaben	Bemerkungen zum Inhalt der Angaben	I (interne Aufzeichnung), W (Weitergabe an Behörde)
Art der Arbeit bzw. des Arbeitsvorganges	Kurze Beschreibung der Arbeitsaufgabe	I
Messverfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Messung der Radon-222-Exposition oder der Radon-222-Aktivitätskonzentration mit Gleichgewichtsfaktor 0.4 - Messung der Radon-222-Exposition oder der Radon-222-Aktivitätskonzentration mit anderem Gleichgewichtsfaktor - Messung der potenziellen Alphaenergie-Exposition oder der potenziellen Alphaenergie-Konzentration der kurzlebigen Radon-222-Zerfallsprodukte - Messung der Personendosis oder der Ortsdosis/-dosisleistung - Messung der Aktivität radioaktiver Stoffe in der Atemluft - Messung der Körper- oder Teilkörperaktivität oder Aktivität der Ausscheidungen - anderes Verfahren 	I, W
Verfahren der Dosiszuordnung	<ul style="list-style-type: none"> - Einzelüberwachung - Gruppenüberwachung, bei der die Person selbst kein Messgeräteträger war, sondern die effektive Dosis von anderen Messgeräteträgern abgeleitet wurde - Gruppenüberwachung, bei der die effektive Dosis durch Überwachung des Arbeitsplatzes mittels stationärer Messgeräte und der Aufenthaltszeit der Person ermittelt wurde - anderes Verfahren 	I, W
Effektive Dosis	Wert der ermittelt wurde in Millisievert (mSv).	I, W
Radon-222-Exposition	Nur wenn Radon-222-Exposition oder die Radon-222-Aktivitätskonzentration ermittelt wurde.	I
Gleichgewichtsfaktor	Nur wenn Radon-222-Exposition oder die Radon-222-Aktivitätskonzentration mit einem von 0,4 abweichenden Gleichgewichtsfaktor ermittelt wurde.	I
Potenzielle Alphaenergie-Exposition	Nur wenn ermittelt.	I
Effektive Dosis durch Gammastrahlung	Nur wenn ermittelt.	I
Exposition durch Inhalation von Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte	Aktivitätskonzentration in der Atemluft, Körperaktivität oder Aktivität der Ausscheidungen, wenn ermittelt.	I
Ersatzdosis	Nur wenn eine Ersatzdosis festgelegt wurde.	I, W
Bemerkung	z. B. Angaben über fehlerhafte Messungen und ihre Ursachen	I, W
Angaben zur Mess- oder sachverständigen Stelle	Wenn Messungen durch Mess- oder sachverständige Stelle durchgeführt wurden: Name und Adresse der Stelle, Kompetenznachweis durch Angabe der DAR-Registriernummer	I (W)

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-IAR-1/90

Zähringer, M.; Bieringer, P.; Kromer, B.; Sartorius, H.; Weiss, W.

Entwicklung, Erprobung und Einsatz von Schnellmeßmethoden zur nuklidspezifischen Bestimmung atmosphärischer Kontaminationen.

Freiburg, August 1990

BfS-IAR-2/97

Zähringer, M.; Sempau, J.

Calibration Factors for Dose Rate Probes in Environmental Monitoring Networks Obtained from Monte-Carlo-Simulations

Freiburg, Februar 1997

BfS-IAR-3/98

Weiss, W.; Kelly, G.N.; French, S.

Decision Support for Emergency Response - How Best Can it be Improved?

Proceedings of a BfS/EC Workshop Freiburg, Germany, December 8-10, 1997.

Freiburg, September 1998

BfS-AR-1/01

Bieringer, J. u. P.

Abschlussbericht. In-situ Übung 2000. 16. und 17. Mai 2000.

Länder / BfS in Augsburg und die DWD-Stationen.

Freiburg, März 2001

BfS-ST-1/92

Die Auswirkungen des Unfalls im sowjetischen Kernkraftwerk Tschernobyl auf das Territorium der ehemaligen DDR im Jahre 1989.

Berlin, August 1992

BfS-ST-2/92

Umweltradioaktivität in den ostdeutschen Ländern.

Jahresbericht 1990.

Berlin, September 1992

BfS-ST-3/92

2. Biophysikalische Arbeitstagung. Schlema, 11. bis 13. September 1991.

Berlin, November 1992

BfS-ST-4/93

Teil 1: M. Beyermann, B. Höfs, Teil 2: I. Gans, M. Beyermann, M. Lönnig

Teil 1: Radonmessungen in Gebäuden mit Aktivkohledetektoren und Flüssigszintillations-

Spektrometrie Teil 2: Verfahren zur Schnellbestimmung der Aktivitätskonzentration von Radon-222 in der Luft von Gebäuden - Screeningmessung 1993

Berlin, Juli 1993

BfS-ST-5/93

Sarenio, O.; Will, W.

Qualitätssicherung der Dosisleistungsmessungen im Grundpegelbereich.

Berlin, September 1993

BfS-ST-6/95

Schmidt, V.; Feddersen, Ch.; Ullmann, W.

Untersuchungen zur Aussagefähigkeit von passiven Meßsystemen zur Bestimmung der Strahlenexposition durch Radon und kurzlebige Radonfolgeprodukte.

Berlin, Juni 1995

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-ST-7/95

Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.

Materialienband 1993 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.

Ergänzung zum Jahresbericht 1993 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Berlin, August 1995

BfS-ST-8/96

Kraus, W.

Strahlenexposition und Strahlenschutzdosimetrie

Berlin, April 1996

BfS-ST-9/96

Umweltradioaktivität im Ostthüringer Bergbauegebiet.

Berlin, Juli 1996

BfS-ST-10/96

Hamel, P.; Lehmann, R.; Kube, G.; Couball, B.; Leißring, B.

Modellhafte Sanierung radonbelasteter Wohnungen in Schneeberg.

Berlin, Oktober 1996

BfS-ST-11/97

Beyermann, M.; Naumann, M.; Sarenio, O.; Schkade U.-K.; Will, W.

Erfahrungen zur Qualitätsüberwachung bei der Ermittlung der Umweltradioaktivität im Rahmen der Meßprogramme zum Projekt "Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkaster)".

Berlin, Februar 1997

BfS-ST-12/97

Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.

Materialienband 1994 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen. Ergänzung zum Jahresbericht 1994 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Berlin, Februar 1997

BfS-ST-13/97

Will, W.; Borsdorf, K.-H.; Mielcarek, J.; Malinowski, D.; Sarenio, O.

Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in den östlichen Bundesländern

Deutschlands. Berlin, August 1997

BfS-ST-14/97

Will, W.; Borsdorf, K.-H.

Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in Deutschland.

Lehmann, R.; Kemski, J.; Siehl, A.

Radonkonzentration in Wohngebäuden der Bundesrepublik Deutschland.

Berlin, November 1997

BfS-ST-15/98

Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.

Materialienband 1995 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.

Ergänzung zum Jahresbericht 1995 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Berlin, März 1998

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-ST-16/99

Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.

Materialienband 1996 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.

Ergänzung zum Jahresbericht 1996 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Berlin, März 1999

BfS-AS-1/00

Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.

Materialienband 1997 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.

Ergänzung zum Jahresbericht 1997 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".

Berlin, Februar 2000

BfS-AS-2/00

Jun, J.-S.¹⁾; Guggenberger, R.; Dalheimer, A.

¹⁾ *Department of Physics, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea*

A Comparative Study on the CL Dosimetric Characteristics of German and Korean Sugar and Sorbite.

Berlin, Oktober 2000

Ab 1. Februar 2003 SW

BfS-SW-01/03

Will, W.; Mielcarek, J.; Schkade, U.-K.

Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in ausgewählten Regionen Deutschlands.

Salzgitter, Juni 2003

BfS-SW-02/03

Bittner, S.; Braun, H.; H.-W. Dusemund, H.-W.;

Gregor, J.; Raguse, R.; Voß, W.

Einsatz des Entscheidungshilfesystems RODOS in Deutschland

Salzgitter, Juli 2003

BfS-SW-03/06

Beck, T.; Ettenhuber, E.

Überwachung von Strahlenexpositionen bei Arbeiten

Leitfaden für die Umsetzung der Regelungen nach Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV

Salzgitter, März 2006

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 (0)3018 333-0

Telefax: + 49 (0)3018 333-1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz