

III BERUFLICHE STRAHLENEXPOSITIONEN

(OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURES)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter

1. Überwachung der beruflichen Strahlenexposition (*Monitoring of occupational radiation exposure*)

1.1 Personendosismessungen (*Personal dose measurements*)

1.1.1 Dosimeterüberwachte Personen (*Monitoring with personal dosimeters*)

Alle beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen die Möglichkeit einer erhöhten Strahlenexposition von außen besteht, werden mit Personendosimetern überwacht, die von fünf behördlich bestimmten Messstellen ausgegeben und ausgewertet werden. Die Daten werden zentral an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz übermittelt. Die Gesamtzahl der überwachten Personen und der Betriebe, in denen beruflich strahlenexponierte Personen arbeiten, kann aus Tabelle 1.1.1-1 entnommen werden. Da 77% der überwachten Personen im Bereich der Medizin tätig sind, ist in dieser Tabelle der Anteil des Arbeitsbereiches „Medizin“ gesondert ausgewiesen.

Die amtliche Personendosimetrie bietet den zuständigen Aufsichtsbehörden die Möglichkeit, die Einhaltung der Grenzwerte der Körperdosis nach § 55 und 56 StrlSchV und § 31a und 31b RöV bei den überwachten Personen zu kontrollieren. Für die Mehrzahl der mit Personendosimetern überwachten Personen ist der Grenzwert der effektiven Dosis auf 20 mSv im Jahr festgelegt. Die Gesamtzahl der Personendosisfeststellungen (Tabelle 1.1.1-2) oberhalb dieses Wertes liegt - bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten - bei 0,003% im Jahr 2005 (8 Personen). Anmerkung: Nach § 117 Abs. 19 StrlSchV darf der Grenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen bis zum 31. Mai 2005 50 mSv im Kalenderjahr betragen.

Nicht immer führt die Ausgabe eines Dosimeters an eine überwachte Person zu einer Dosisermittlung durch eine Messstelle (Dosimeter gehen verloren oder werden beschädigt, Filmplaketten werden falsch eingelegt oder außerhalb der Kassette bestrahlt, u. a. m.). Wenn aus solchen Gründen die zuständige Messstelle für eine Person im Überwachungszeitraum keine Dosis ermitteln kann, dann teilt sie dies der zuständigen Aufsichtsbehörde mit. Diese kann dann anhand definierter Kriterien und unter Berücksichtigung der Expositionsumstände eine amtliche Ersatzdosis festsetzen. Es kommt auch vor, dass nach einer Dosisfeststellung eine Nachprüfung der Expositionsumstände veranlasst wird, weil z. B. die Überprüfungsschwelle von 5 mSv überschritten wurde (z. B. Arbeitskittel mit Dosimeter hing im Röntgenraum und sein Besitzer war im Urlaub, Dosimeter wurde absichtlich im Direktstrahl bestrahlt). Auch in diesen Fällen, in denen der festgestellte Dosiswert keine Personendosis, sondern eine Ortsdosis ist, wird von der Aufsichtsbehörde eine Ersatzdosis festgesetzt. Soweit die Ergebnisse nachfolgender Ermittlungen bekannt geworden sind, wurden sie in der Tabelle 1.1.1-2 berücksichtigt.

Die Zusammenstellung der Fälle mit erhöhter Personendosis gibt nur Aufschluss über den Stand der Einhaltung der Grenzwerte nach Strahlenschutz- und Röntgenverordnung. Ein quantitatives Bild der Strahlenexposition vermitteln die Häufigkeitsverteilungen der Jahrespersonendosen. Die Jahrespersonendosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister mitgeteilten, gültigen Personendosiswerte einer Person im Kalenderjahr. Die Dosisanteile durch natürliche Strahlenexposition sind bereits subtrahiert. In der Tabelle 1.1.1-3 ist jeweils für den medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereich die Anzahl von Personen angegeben, für die während des ganzen Jahres keine Personendosis bzw. Jahrespersonendosen zwischen 0,1 und 0,2 mSv, zwischen 0,2 und 0,4 mSv usw. registriert wurden. Wurde während des ganzen Jahres die untere Erkennungsgrenze der verwendeten Ganzkörperdosimeter von 0,05 mSv unterschritten, dann wird für die überwachte Person eine Jahrespersonendosis von 0 mSv festgelegt. Demnach wurde für den größten Teil der überwachten Personen keine Personendosis festgestellt. Die erfasste berufliche Strahlenexposition verteilte sich auf nur rund 17% aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Tabelle 1.1.1-4 enthält Zeitreihen über die mittlere Jahrespersonendosis pro überwachter Person und die Jahreskollektivdosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2005 betrug 0,14 mSv. Die gegenüber dem nichtmedizinischen Bereich niedrigeren Mittelwerte des medizinischen Bereichs sind im Wesentlichen auf den höheren Anteil an Personen zurückzuführen, die zwar einer regelmäßigen Überwachung unterliegen, jedoch praktisch keine Strahlenexposition erhalten. Die Jahreskollektivdosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister gemeldeten gültigen Personendosiswerte im Kalenderjahr, sie betrug im Jahr 2005 43 Personen-Sv.

Bei der Beurteilung der Mittelwerte ist zu beachten, dass beim größten Teil aller Überwachten (ca. 83%) während des ganzen Jahres Strahlendosen auftreten, die unterhalb der Erkennungsgrenze von 0,05 mSv der verwendeten Dosimeter liegen, d. h. die Messstellen legen den Wert Null fest. Bildet man den Mittelwert nur für die Überwachten mit von Null verschiedenen Jahrespersonendosiswerten (ca. 53.000 Personen), so ergibt sich eine mittlere Jahrespersonendosis von 0,81 mSv.

Tabelle 1.1.1-1 Überwachung mit amtlichen Personendosimetern im Jahr 2005
 (Anzahl der überwachten Personen und Betriebe, Anteile im medizinischen Arbeitsbereich)
 (*Monitoring with official personal dosemeters in the year 2005*)
 (Number of monitored persons and plants, proportions in the medical occupational area)

Bundesland	Überwachte Personen		Überwachte Betriebe	
	Gesamt	Medizin	Gesamt	Medizin
Baden-Württemberg	43.156	30.895	3.439	2.705
Bayern	56.526	42.246	4.344	3.610
Berlin	15.640	11.611	1.062	840
Brandenburg	6.139	5.000	463	339
Bremen	3.229	2.514	237	186
Hamburg	10.342	5.684	596	464
Hessen	24.903	17.606	1.769	1.413
Mecklenburg-Vorpommern	5.283	3.642	322	255
Niedersachsen	27.988	21.667	2.295	1.870
Nordrhein-Westfalen	66.185	53.761	5.280	4.471
Rheinland-Pfalz	14.269	12.145	1.009	860
Saarland	4.462	4.045	407	357
Sachsen	12.119	9.711	869	639
Sachsen-Anhalt	7.471	6.340	509	379
Schleswig-Holstein	10.517	8.143	825	690
Thüringen	5.816	5.515	363	311
Sonstige	1.299	1.078	56	40
Gesamtzahl 2005*)	310.685	239.178	23.806	19.409
Anteil Medizin		77,0%		81,5%
Gesamtzahl 2004 ¹⁾	313.962	241.200	24.147	19.795
Anteil Medizin		76,8%		82,0%
Änderung gegenüber 2004	-1,0%	-0,8%	-1,4%	-2,0%

* Die Summen über die einzelnen Bundesländer sind größer als die Gesamtzahl der überwachten Personen bzw. Betriebe, da eine Person in mehreren Bundesländern arbeiten kann

1) Stand Juni 2006

Tabelle 1.1.1-2 Anzahl der Personen mit Jahrespersonendosen oberhalb von 20 mSv im Jahr 2005
 (*Number of annual personal doses above 20 mSv in the year 2005*)

Bundesland	Anzahl der Jahrespersonendosen >20 mSv/Jahr Arbeitsbereich		
	Gesamt	Medizin	Nichtmedizin
Baden-Württemberg	4	3	1
Bayern			
Berlin	1		1
Brandenburg			
Bremen			
Hamburg			
Hessen	2	2	
Mecklenburg-Vorpommern			
Niedersachsen			
Nordrhein-Westfalen	1	1	
Rheinland-Pfalz			
Saarland			
Sachsen			
Sachsen-Anhalt			
Schleswig-Holstein			
Thüringen			
Gesamtzahl 2005	8	6	2
Bezogen auf Überwachtetenzahl 2005	0,003%	0,003%	0,003%
Gesamtzahl 2004	12	8	4
Bezogen auf Überwachtetenzahl 2004	0,004%	0,003%	0,006%

Tabelle 1.1.1-3 Verteilung der Jahrespersonendosen im Jahr 2005
(Distribution of the annual personal doses in the year 2005)

Dosis H in mSv	Gesamt*		Medizin		Nichtmedizin	
	Anzahl	Kumulativer Anteil in %	Anzahl	Kumulativer Anteil in %	Anzahl	Kumulativer Anteil in %
H=0	257.435	82,86	204.817	85,63	52.976	73,63
0<H≤0,2	26.696	91,50	19.723	93,89	7.011	83,54
0,2<H≤0,4	8.366	94,19	5.704	96,27	2.679	87,27
0,4<H≤0,6	4.281	95,57	2.743	97,42	1.544	89,42
0,6<H≤0,8	2.611	96,41	1.577	98,08	1.037	90,87
0,8<H≤1,0	1.969	97,05	1.203	98,58	771	91,94
1<H≤2	4.373	98,46	2.235	99,51	2.144	94,93
2<H≤4	2.535	99,27	858	99,87	1.680	97,27
4<H≤6	970	99,59	187	99,95	784	98,36
6<H≤8	512	99,75	54	99,97	458	99,00
8<H≤10	323	99,85	29	99,99	295	99,41
10<H≤15	383	99,98	23	100,00	361	99,91
15<H≤20	66	99,95	4	100,00	62	100,00
H>20	8	100,00	6	100,00	2	100,00
Gesamt*	310.685		239.178		71.946	

* Die Summe aus Medizin und Nichtmedizin ist größer als die Gesamtanzahl, da eine Personen in beiden Bereichen arbeiten kann

Tabelle 1.1.1-4 Mittlere Jahrespersonendosis und Jahreskollektivdosis der mit Personendosimetern überwachten Personen
(Mean annual individual dose and annual collective dose of the persons monitored by personal doseimeters)

Jahr	Gesamt		Medizin		Nichtmedizin	
	Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv	Jahreskollektivdosis Personen-Sv	Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv	Jahreskollektivdosis Personen-Sv	Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv	Jahreskollektivdosis Personen-Sv
1995	0,28	95	0,11	27	0,69	69
1996	0,27	92	0,12	28	0,66	64
1997	0,24	83	0,10	23	0,61	59
1998	0,19	62	0,09	23	0,45	40
1999	0,17	53	0,08	19	0,45	34
2000	0,15	47	0,07	18	0,40	30
2001	0,14	44	0,07	16	0,36	27
2002	0,15	48	0,08	18	0,41	30
2003	0,14	44	0,07	16	0,37	27
2004	0,13	42	0,07	16	0,35	26
2005	0,14	43	0,07	16	0,38	27

Die Entwicklung der Zahl überwachter Personen seit 1985 ist in Abbildung 1.1.1-1 dargestellt. In dieser Abbildung sind auch die Zahlen der festgestellten Personendosen oberhalb von 20 mSv pro Jahr eingetragen. Abbildung 1.1.1-2 zeigt die Beiträge zur Kollektivdosis aus den Arbeitsbereichen Medizin und Nichtmedizin über den Zeitraum von 1985 - 2005. Bis einschließlich des Jahres 1998 basieren die Statistiken auf den aggregierten Daten der Messstellen. Bis dahin entspricht der Anzahl der Überwachten eine geringere Anzahl natürlicher Personen, da Arbeitskräfte, die bei einem Arbeitsplatzwechsel auch die Messstelle wechselten, mehrfach gezählt wurden. Ab dem Jahr 1999 werden durch die personenbezogene Auswertung im Strahlenschutzregister diese Mehrfachzählungen vermieden. Deshalb sind im Vergleich zu den Vorjahren die Personenzahlen niedriger. Mehrfachzählungen treten jetzt nur noch bei Personen auf, die während eines Jahres in mehr als einem Bundesland tätig werden.

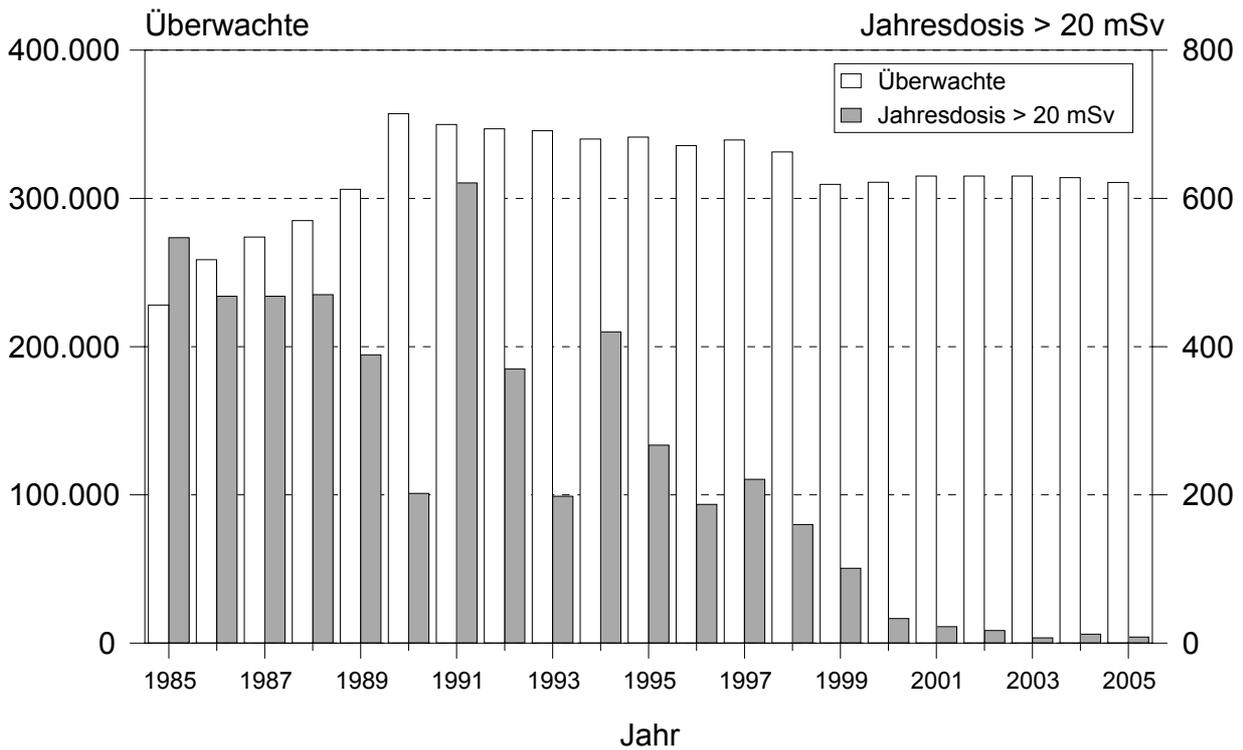


Abbildung 1.1.1-1: Anzahl der mit Dosimetern überwachten Personen und der Personen mit Jahresdosen von mehr als 20 mSv (ab 1990 einschl. der neuen Bundesländer, ab 1999 ohne Mehrfachzählungen der Messstellen – siehe Text)
(Number of monitored persons and the persons exceeding the annual dose of 20 mSv - as from 1990 including the new federal Länder)

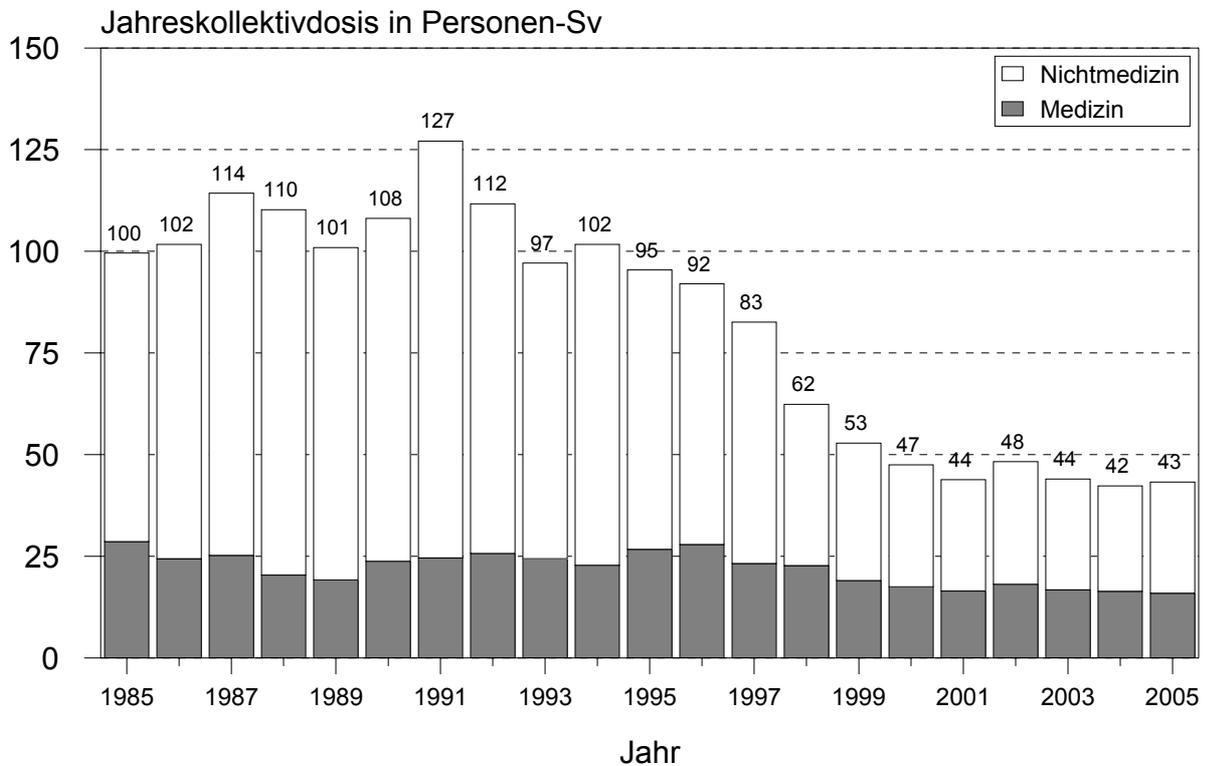


Abbildung 1.1.1-2: Jahreskollektivdosis in medizinischen und nichtmedizinischen Arbeitsbereichen (ab 1990 einschl. der neuen Bundesländer)
(Annual collective dose in medical and non-medical occupational areas - as from 1990 including the new federal Länder)

1.1.2 Übersicht über beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen (Overview of data for occupationally exposed persons employed in nuclear facilities)

Dieser Übersicht liegen Ergebnisse der regelmäßigen Erhebung über beruflich strahlenexponierte Personen in kerntechnischen Anlagen durch das BMU und die zuständigen obersten Länderbehörden zu Grunde. Für die Leichtwasserreaktoren (Druck- und Siedewasserreaktoren mit mehr als 200 MW elektrischer Leistung), für die Forschungsreaktoren sowie für die Brennelementfertigung und Wiederaufarbeitung (einschließlich Rückbau der Anlagen) geben die Tabellen 1.1.2-1 bis 1.1.2-3 eine Übersicht über das dort tätige Eigen- und Fremdpersonal sowie deren Jahreskollektivdosis.

**Tabelle 1.1.2-1 Berufliche Strahlenexposition beim Betrieb von Leichtwasserreaktoren
(Occupational radiation exposure during the operation of light water reactors)**

Jahr	Zahl der Anlagen	Überwachte Personen		Jahreskollektivdosis durch Photonen in Personen-SV	
		Gesamt	davon Fremd-personal	gesamt	davon Fremd-personal
1995	20	31.525	25.489	38	32
1996	19	31.937	25.785	32	28
1997	19	29.780	23.771	29	25
1998	19	30.207	24.306	28	24
1999	19	28.790	22.066	25	21
2000	19	30.386	23.239	21	18
2001	19	28.105	21.861	20	17
2002	19	28.626	21.738	21	18
2003	19	29.115	22.362	19	17
2004	18	27.900	22.033	17	15
2005	18	27.953	22.107	15	13

**Tabelle 1.1.2-2 Berufliche Strahlenexposition beim Betrieb und Stilllegung von Forschungsreaktoren
(Occupational radiation exposure during the operation and decommissioning of research reactors)**

Jahr	Zahl der Anlagen	Überwachte Personen		Jahreskollektivdosis durch Photonen in Personen-SV	
		gesamt	davon Fremd-personal	gesamt	davon Fremd-personal
1995	8	2.192	1.175	0,6	0,3
1996	9	2.188	1.252	0,5	0,2
1997	10	2.247	1.284	0,7	0,4
1998	8	2.082	1.159	1,2	0,6
1999	10	2.366	1.347	1,1	0,6
2000	10	2.104	1.150	1,2	0,6
2001	10	2.234	1.270	0,9	0,5
2002	9	1.746	907	0,4	0,3
2003	10	1.986	1.043	0,3	0,3
2004	10	2.215	1.278	0,3	0,2
2005	10	2.270	1.304	0,3	0,2

Tabelle 1.1.2-3 Berufliche Strahlenexposition bei der Brennelementherstellung und Wiederaufarbeitung einschließlich Rückbau der Anlagen
(Occupational radiation exposure during the production of fuel elements and reprocessing including decommissioning of the plants)

Jahr	Zahl der Anlagen	Überwachte Personen		Jahreskollektivdosis durch Photonen in Personen-SV	
		gesamt	davon Fremdpersonal	gesamt	davon Fremdpersonal
1995	8	2.783	1.508	0,5	0,2
1996	6	1.873	853	0,4	0,1
1997	6	1.989	1.066	0,5	0,2
1998	6	1.991	1.173	0,8	0,5
1999	6	1.338	773	0,3	0,1
2000	6	2.524	1.582	1,0	0,5
2001	6	2.392	1.501	1,2	0,7
2002	7	2.968	1.932	1,2	0,8
2003	7	2.983	1.970	1,0	0,7
2004	7	2.726	1.831	1,1	0,8
2005	7	2.339	1.623	0,5	0,4

1.2 Berufliche Strahlenexposition durch natürlich erhöhte Radonkonzentrationen *(Occupational radiation exposures from natural enhanced concentrations of radon)*

Nach § 95 der Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) hat derjenige, der in eigener Verantwortung eine Arbeit ausübt oder ausüben lässt, die einem der in der Anlage XI dieser Verordnung genannten Arbeitsfelder zuzuordnen ist, eine auf den Arbeitsplatz bezogene Abschätzung der Strahlenexposition durchzuführen (§ 95 Abs. 1). Wird dabei eine erhöhte Strahlenexposition festgestellt, so ist die Arbeit bei der zuständigen Behörde anzeigebedürftig (§ 95 Abs. 2). Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausführen, ist die Körperdosis zu ermitteln. Für die Beschäftigten der Wismut GmbH, die Arbeiten zur Stilllegung und Sanierung der Betriebsanlagen und Betriebsstätten des Uranerzbergbaues ausführen, werden die Daten der Körperdosis auf der Grundlage der Regelungen des § 118 Abs. 2 Satz 1 ermittelt. In den nachfolgenden Aufstellungen werden auch Personen berücksichtigt, die in Betrieben mit erhöhter natürlicher Radioaktivität und in Heilbädern tätig sind und mit Dosimetern überwacht werden oder der Inkorporationsüberwachung unterliegen.

Für Beschäftigte der Wismut GmbH wird die durch Inhalation von Radionukliden der Uranerzfallsreihe und die durch Gammastrahlung verursachte Körperdosis ermittelt. Dazu werden Messungen mit personengetragenen Geräten durchgeführt. Diese Messgeräte mit Probenahmepumpe, Filter, Kernspur- und Thermolumineszenzdetektoren erfassen die Strahlenexpositionen durch Radonzerfallsprodukte, durch langlebige Alphastrahler und durch externe Gammastrahlung. Für Beschäftigte, die Arbeiten nach Anlage XI der StrlSchV ausführen, wird die durch Inhalation von Radonzerfallsprodukten verursachte Körperdosis ermittelt. Dazu wurden repräsentative Messungen an Arbeitsplätzen durchgeführt. Für jeden Arbeitsplatz werden aus den Messergebnissen charakteristische Expositionsdaten abgeleitet, aus denen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltszeiten die Körperdosen der Beschäftigten berechnet werden.

Im Jahr 2005 wurden dem Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz insgesamt für 404 Personen Dosiswerte auf Grund dieser Regelungen übermittelt, von denen ca. 71% Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH ausführten. Die Kollektivdosis der 404 Beschäftigten betrug 0,7 Personen-Sv, die mittlere Jahresdosis 1,78 mSv. 37 Beschäftigte wiesen eine Jahresdosis von 0 mSv auf. Im Jahr 2005 gab es zwei Überschreitungen des Grenzwertes von 20 mSv, jeweils in Betrieben der Wasserversorgung; die höchste effektive Jahresdosis betrug 35,5 mSv. Bei 27 Beschäftigten wurde eine jährliche effektive Dosis von mehr als 6 mSv festgestellt. Für Beschäftigte in der Wismut GmbH betrug der Mittelwert der jährlichen effektiven Dosis im Jahr 2005 0,75 mSv, der höchste Jahreswert lag bei 4,75 mSv.

1.3 Überwachung von Flugpersonal (Air crew monitoring)

Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung wurden die Anforderungen der EU-Richtlinie 96/29 EURATOM in nationales Recht umgesetzt. Überwachungspflichtig ist damit auch Luftfahrtpersonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während des Fluges durch kosmische Strahlung eine effektive Dosis von mindestens 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen ermitteln die Dosiswerte und geben diese über das Luftfahrtbundesamt an das Strahlenschutzregister des BfS weiter. In Deutschland wurden im Jahr 2005 31.203 Personen überwacht, die mittlere effektive Jahresdosis beträgt 1,96 mSv (Vorjahr 1,95 mSv). Der höchste Jahresdosiswert liegt bei 6,5 mSv. Die Verteilung ist in Tabelle 1.3-1 wiedergegeben. Die Kollektivdosis für das Jahr 2005 beträgt ca. 60 Personen-Sv. Damit bildet das fliegende Personal sowohl bezüglich der mittleren Dosis als auch bezüglich der Kollektivdosis eine der am höchsten strahlenexponierten Berufsgruppen in Deutschland.

Tabelle 1.3-1 Verteilung der Jahrespersonendosen für fliegendes Personal im Jahr 2005
(Distribution of the annual personal doses for air crews in the year 2005)

Dosis H in mSv	Anzahl der Personen	Kumulativer Anteil in %
H=0	135	0,43
0 < H ≤ 0,5	2.319	7,86
0,5 < H ≤ 1,0	3.202	18,13
1,0 < H ≤ 2,0	10.989	53,34
2,0 < H ≤ 3,0	10.008	85,42
3,0 < H ≤ 4,0	4.223	98,95
4,0 < H ≤ 5,0	265	99,80
5,0 < H ≤ 6,0	55	99,98
6,0 < H ≤ 10,0	7	100,00
H > 10,0	0	100,00
Gesamt	31.203	

1.4 Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen (Incorporation monitoring of occupationally exposed persons)

Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen während ihrer Tätigkeit eine Aufnahme von radioaktiven Stoffen nicht ausgeschlossen werden kann, werden in der Regel durch Aktivitätsmessungen in Ganz- und Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Im Jahr 2002 begannen zuständige Inkorporationsmessstellen mit der Übermittlung von Daten an das Strahlenschutzregister. Danach wurden von den meldenden Messstellen 1.586 Personen im Jahr 2005 überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug 0,05 Personen-Sv. Im Jahr 2005 gab es keine Überschreitungen des Grenzwertes von 20 mSv infolge einer Inkorporation.

Tabelle 1.4-1 Verteilung der Jahrespersonendosen durch Inkorporation im Jahr 2005
(Distribution of the annual personal doses due to incorporation in the year 2005)

Dosis H durch Inkorporation in mSv	Anzahl der Personen	Kumulativer Anteil in %
H=0	1.308	82,47
0 < H ≤ 0,2	230	96,97
0,2 < H ≤ 1,0	39	99,43
1,0 < H ≤ 6,0	8	99,94
6,0 < H ≤ 20,0	1	100,00
H > 20,0	0	100,00
Gesamt	1.586	