

1. Personendosismessungen **(Personal dose measurements)**

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenhygiene, Oberschleißheim

1.1 Vorbemerkungen **(Preliminary remarks)**

Personen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen, Röntgenstrahlen anwenden oder an sonstigen Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen tätig sind und sich dabei in Kontrollbereichen aufhalten, unterliegen der physikalischen Strahlenschutzüberwachung nach § 40 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) oder § 35 Röntgenverordnung (RöV). Soweit bei diesen Personen nur die Möglichkeit der Strahlenexposition von außen besteht, also nicht durch Inkorporation radioaktiver Stoffe, erfolgt die Strahlenschutzüberwachung überwiegend mit Hilfe von Personendosismessungen. Dazu werden Personendosimeter von den sechs in den Bundesländern nach Landesrecht zuständigen Personendosismessstellen ausgegeben und ausgewertet. Die amtlichen Personendosimeter sind in der Regel Filmplaketten. Für die Überwachung nach StrlSchV werden in geringer Anzahl auch Radiophotolumineszenz-Dosimeter (Glasdosimeter) und Albedo-Dosimeter ausgegeben.

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Personendosisüberwachung und gibt die effektive Dosis aus den in nahezu allen Kontrollbereichen die Dosis bestimmenden Photonenstrahlen an. In einigen Fällen sind zusätzliche Dosismessungen hinsichtlich weiterer Strahlenarten (z. B. Neutronen-, β -Strahlen) oder an besonders exponierten Körperstellen (z. B. den Fingern) erforderlich.

1.2 Übersicht über alle beruflich strahlenexponierten Personen **(Overview of data for all occupationally exposed persons)**

Die Zahlenangaben in den Tabellen 1.2-1 bis 1.2-4 beruhen auf den Auswertungen des Strahlenschutzregisters im Bundesamt für Strahlenschutz. Im Strahlenschutzregister werden u.a. die monatlichen Dosisfeststellungen der behördlich bestimmten Messstellen in einer zentralen Datenbank personenbezogen zusammengeführt. Die Gesamtzahl der überwachten Personen und der Betriebe, in denen beruflich strahlenexponierte Personen arbeiten, kann aus Tabelle 1.2-1 entnommen werden. Da 76% der überwachten Personen im Bereich der Medizin tätig sind, ist in dieser Tabelle der Anteil des Arbeitsbereiches Medizin gesondert ausgewiesen.

Bis einschließlich dem Jahr 2000 basierten die Statistiken auf den aggregierten Daten der Messstellen. Dabei entsprach der Anzahl der Überwachten eine geringere Anzahl natürlicher Personen, da es bei Arbeitskräften mit wechselndem Arbeitsplatz zu Mehrfachzählungen kam. Ab dem Jahr 2001 werden durch die personenbezogene Auswertung im Strahlenschutzregister diese Mehrfachzählungen vermieden. Deshalb sind im Vergleich zu den Vorjahren die Personenzahlen niedriger.

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 mit der Novellierung der StrlSchV auf 20 mSv im Jahr festgelegt (bisher 50 mSv im Jahr). Die Gesamtzahl der Personendosisfeststellungen (Tabelle 1.2-2) oberhalb dieser Werte liegt - bezogen auf die Gesamtzahl der Überwachten - bei 0,13 bzw. 0,013 Promille.

Da mit den Personendosimetern die Körperdosis nicht unmittelbar gemessen werden kann, bedeutet die Feststellung einer Personendosis, die größer ist als ein Grenzwert der Körperdosis, nicht zwangsläufig bereits eine Überschreitung dieses Grenzwertes, z. B. wenn das Dosimeter während der Exposition nicht am Körper getragen wurde. Dennoch soll ein solches Ereignis den Strahlenschutzverantwortlichen oder -beauftragten im Betrieb veranlassen, unter Aufsicht der zuständigen Behörde die Ursache des Expositionsfalles zu klären und eine Wiederholung zu verhindern. Soweit die Ergebnisse nachfolgender Ermittlungen bekannt geworden sind, wurden sie in der Tabelle 1.2-2 berücksichtigt.

Die Zusammenstellung der Fälle mit erhöhter Personendosis (Tabelle 1.2-2) 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 Jahresperso-

nendosis ist die Summe aller dem Strahlenschutzregister mitgeteilten, gültigen Personendosiswerte einer Person im Kalenderjahr. Die Dosisanteile durch natürliche Strahlenexposition sind bereits subtrahiert. In der Tabelle 1.2-3 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 gesamte erfasste berufliche Strahlenexposition verteilte sich auf nur rund 14% aller mit Personendosimetern überwachten Personen.

Tabelle 1.2-4 enthält Angaben aus den letzten beiden Jahren über die mittlere Jahrespersonendosis pro überwachter Person und die Jahreskollektivdosis aller mit Personendosimetern überwachten Personen. Die mittlere Jahrespersonendosis im Jahr 2001 betrug 0,15 mSv. (Für die Überwachten mit einer Jahresdosis mit 0,1 Millisievert oder darüber ergibt sich eine mittlere Personendosis von 1,0 Millisievert). 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. Im Jahr 2001 betrug sie 46 Personen-Sv.

Tabelle 1.2-1 Überwachung mit amtlichen Personendosimetern im Jahr 2001

Anzahl der überwachten Personen und Betriebe, Anteile im medizinischen Arbeitsbereich
(*Monitoring with official personal doseimeters in the year 2001*
Number of monitored persons and plants, proportions in the medical occupational area)

Bundesland	Überwachte Personen		Überwachte Betriebe	
	Gesamt	Medizin	Gesamt	Medizin
Baden-Württemberg	47500	30842	3558	2880
Bayern	56815	42820	4470	3820
Berlin	16553	12699	984	781
Brandenburg	5688	4592	447	336
Bremen	3068	2505	271	213
Hamburg	10679	6137	668	528
Hessen	25894	18302	1846	1472
Mecklenburg-Vorpommern	5345	3713	345	264
Niedersachsen	28284	21584	2480	2043
Nordrhein-Westfalen	67548	54910	5877	5023
Rheinland-Pfalz	14863	12330	1079	925
Saarland	4691	4213	452	391
Sachsen	11516	9138	870	620
Sachsen-Anhalt	7168	6042	494	363
Schleswig-Holstein	10533	8316	926	786
Thüringen	5543	5195	369	313
Sonstige Überwachungen***	1112	923	56	43
Gesamtzahl 2001*	315362	240993	25151	20777
Anteil Medizin		76,4%		82,6%
Gesamtzahl 2000**	313491	239582	25442	21035
Anteil Medizin		76,4%		82,7%
Änderung gegenüber 2000	0,6%	0,6%	-1,1%	-1,2%

* Die Summe aus den einzelnen Bundesländern ist größer als die Gesamtzahl der überwachten Personen bzw. Betriebe, da eine Person in mehreren Bundesländern arbeiten kann

** Gegenüber den Angaben im BMU Jahresbericht 2000 ist die Anzahl geringer, weil mit der personenbezogenen Auswertung Mehrfachzählungen vermieden werden

*** z. B. Bundeswehr

Tabelle 1.2-2 Jahrespersonendosen oberhalb von 20 bzw. 50 mSv im Jahr 2001
(Number of annual personal doses above 20 resp. 50 mSv in the year 2001)

Bundesland	Anzahl der Personendosisfeststellungen >20 mSv/Jahr			Anzahl der Personendosisfeststellungen >50 mSv/Jahr		
	Arbeitsbereich			Arbeitsbereich		
	Gesamt	Medizin	Nicht-medizin	Gesamt	Medizin	Nicht-medizin
Baden-Württemberg	9	5	4	3	3	
Bayern	10	3	7			
Berlin	2	1	1			
Brandenburg	1	1				
Bremen						
Hamburg						
Hessen	2	1	1			
Mecklenburg-Vorpommern						
Niedersachsen	3	1	2			
Nordrhein-Westfalen	6	2	4	1	1	
Rheinland-Pfalz						
Saarland						
Sachsen	4	1	3			
Sachsen-Anhalt	3	1	2			
Schleswig-Holstein						
Thüringen						
Gesamtzahl 2001	40	16	24	4	4	0
Bezogen auf Überwachtetenzahl 2001 (in Promille)	0,127	0,066	0,319	0,013	0,017	0
Gesamtzahl 2000	33	10	23	1	1	0
Bezogen auf Überwachtetenzahl 2000 (in Promille)	0,105	0,042	0,306	0,003	0,004	0

Tabelle 1.2-3 Verteilung der Jahrespersonendosen im Jahr 2001
(Distribution of the annual personal doses in the year 2001)

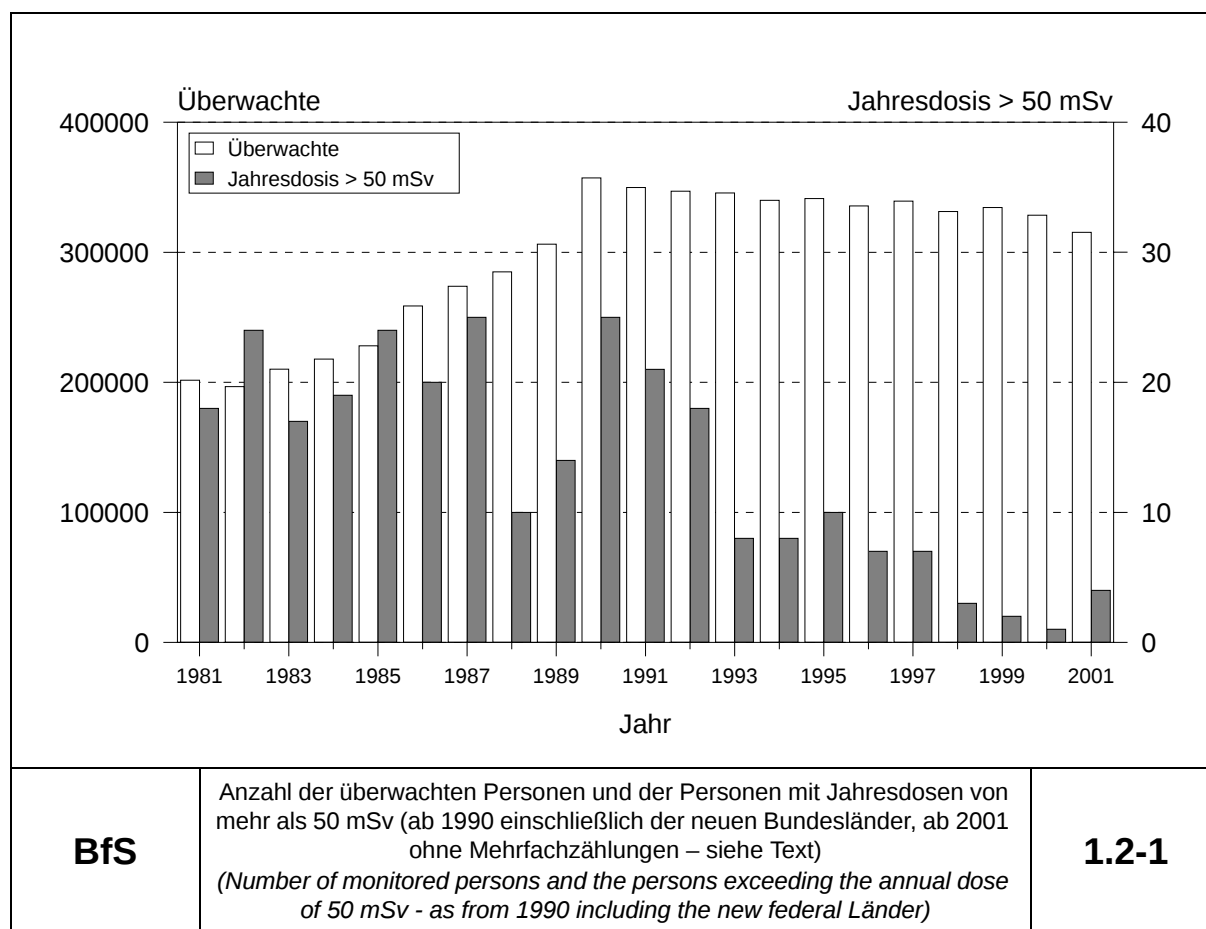
Dosis (mSv)	Gesamt*		Medizin		Nichtmedizin	
	Anzahl	Kumulativer Anteil in %	Anzahl	Kumulativer Anteil in %	Anzahl	Kumulativer Anteil in %
H=0	270928	85,91	213269	88,50	58304	77,55
0<H≤0,2	19695	92,16	14632	94,57	5133	84,40
0,2<H≤0,4	6726	94,30	4575	96,47	2182	87,30
0,4<H≤0,6	3683	95,46	2284	97,42	1408	89,17
0,6<H≤0,8	2606	96,29	1600	98,08	1015	90,52
0,8<H≤1,0	1905	96,89	1068	98,53	841	91,64
1<H≤2	4415	98,29	2127	99,41	2307	94,71
2<H≤4	2863	99,20	976	99,81	1900	97,24
4<H≤6	1142	99,56	255	99,92	892	98,42
6<H≤8	538	99,74	97	99,96	445	99,02
8<H≤10	291	99,82	40	99,98	252	99,34
10<H≤15	382	99,95	32	99,99	350	99,81
15<H≤20	130	99,99	11	99,99	121	99,97
H>20	40	100,00	16	100,00	24	100,00
ohne Angaben	18		7		11	
Gesamt	315362		240993		75181	

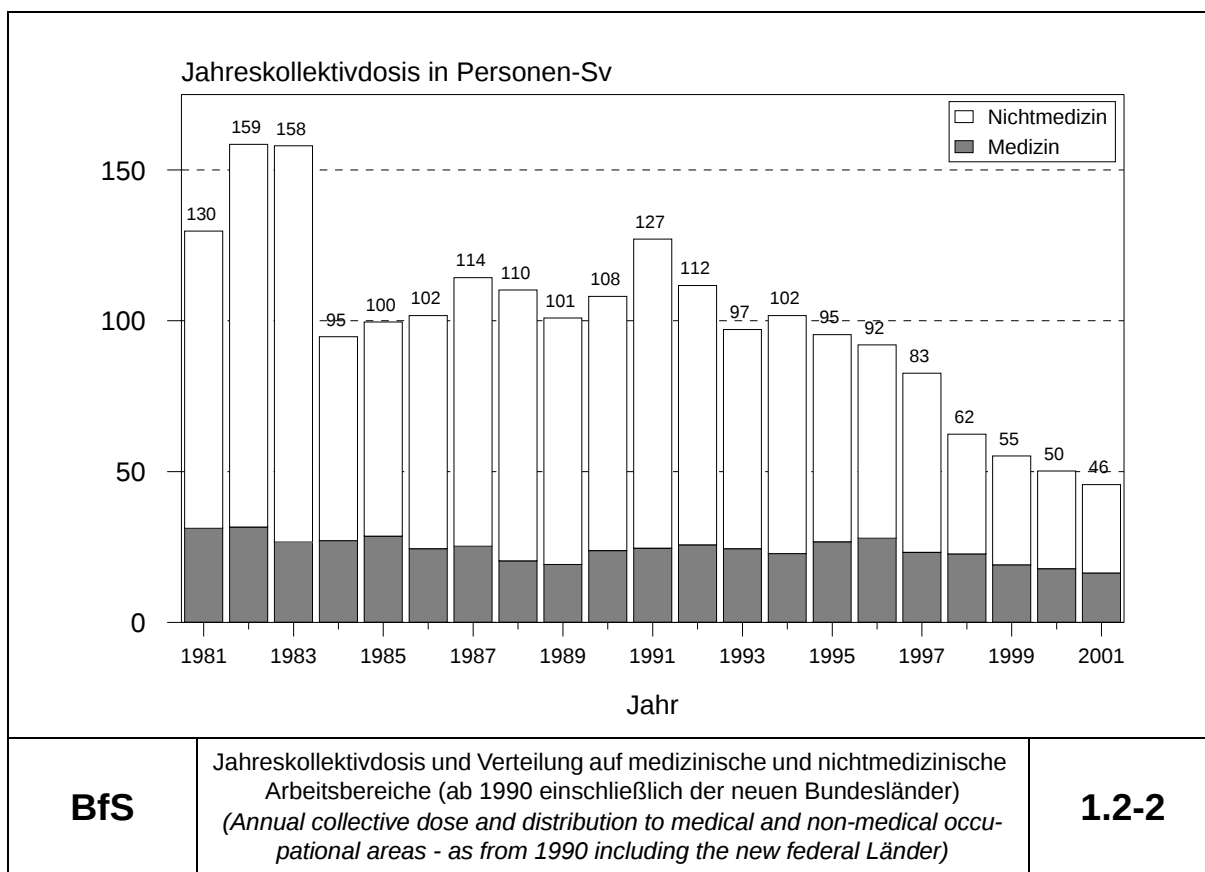
* Die Summe aus Medizin und Nichtmedizin ist größer als die Gesamtanzahl, da eine Personen in beiden Bereichen arbeiten kann.

Tabelle 1.2-4 Mittlere Jahrespersonendosis und Jahreskollektivdosis der mit Personendosimetern überwachten Personen
(Mean annual individual dose and annual collective dose of the persons monitored by personal dosimeters)

Jahr	Gesamt		Medizin		Nichtmedizin	
	Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv	Jahreskollektivdosis in Personen-Sv	Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv	Jahreskollektivdosis in Personen-Sv	Mittl. Jahresdosis pro Person in mSv	Jahreskollektivdosis in Personen-Sv
1992	0,32	112	0,11	26	0,77	86
1993	0,28	97	0,10	24	0,66	73
1994	0,30	102	0,10	23	0,75	79
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	56	0,08	19	0,43	36
2000	0,15	50	0,07	18	0,40	32
2001	0,15	46	0,07	17	0,39	29

Die Entwicklung der Zahl überwachter Personen seit 1981 ist in Abbildung 1.2-1 dargestellt. In dieser Abbildung sind auch die Zahlen der festgestellten Personendosen oberhalb von 50 mSv pro Jahr eingetragen. Abbildung 1.2-2 zeigt die Beiträge aus den Arbeitsbereichen Medizin und Nichtmedizin zur Kollektivdosis über den Zeitraum von 1981 - 2001.





1.3 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 Versuchs- und Prototypreaktoren sowie für die Brennelementfertigung und Wiederaufarbeitung (einschließlich Rückbau der Anlagen) geben die Tabellen 1.3-1 bis 1.3-3 eine Übersicht über das dort tätige Eigen- und Fremdpersonal sowie deren Jahreskollektivdosis.

Tabelle 1.3-1 Berufliche Strahlenexposition beim Betrieb von Leichtwasserreaktoren
(Occupational radiation exposure during the operation of light water reactors)

Jahr	Zahl der Anlagen	Überwachte Personen		Jahreskollektivdosis (Personen-Sv) durch Photonen	
		Gesamt	davon Fremdpersonal	gesamt	davon Fremdpersonal
1992	20	34285	28475	43,8	37,0
1993	20	37980	30544	39,0	32,7
1994	20	35068	29002	47,6	42,0
1995	20	31525	25489	38,0	32,0
1996	19	31937	25785	32,3	27,5
1997	19	29780	23771	28,6	25,0
1998	19	30207	24306	28,2	24,2
1999	19	28790	22066	24,8	21,1
2000	19	29263	22463	23,2	19,8
2001	19	27063	21144	21,5	18,4

Tabelle 1.3-2 Berufliche Strahlenexposition beim Betrieb und Stilllegung von Versuchs- und Prototypreaktoren
(Occupational radiation exposure during the operation and decommissioning of pilot and prototype reactors)

Jahr	Zahl der Anlagen	Überwachte Personen		Jahreskollektivdosis (Personen-Sv) durch Photonen	
		gesamt	davon Fremd-personal	gesamt	davon Fremd-personal
1992	8	2840	1259	0,6	0,2
1993	8	1381	888	0,6	0,2
1994	9	1399	760	0,7	0,3
1995	8	2192	1175	0,6	0,3
1996	9	2188	1252	0,5	0,2
1997	10	2247	1284	0,7	0,4
1998	8	2082	1159	1,2	0,6
1999	10	2366	1347	1,1	0,6
2000	10	2104	1150	1,2	0,6
2001	10	2234	1270	0,9	0,5

Tabelle 1.3-3 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 (Personen-Sv) durch Photonen	
		gesamt	davon Fremd-personal	gesamt	davon Fremd-personal
1992	6	4677	3250	2,0	0,9
1993	7	6241	3923	1,7	1,0
1994	7	3965	2011	1,0	0,4
1995	8	2783	1508	0,5	0,2
1996	6	1873	853	0,4	0,1
1997	6	1989	1066	0,5	0,2
1998	6	1991	1173	0,8	0,5
1999	6	1338	773	0,3	0,1
2000	6	2524	1582	1,0	0,5
2001	6	2259	1356	1,2	0,7

1.4 Berufliche Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte in den neuen Bundesländern *(Occupational radiation exposures from radon daughter products in the new federal Länder)*

Bearbeitet vom Fachbereich Angewandter Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz

In den neuen Bundesländern wurde im Jahr 2001 gemäß Einigungsvertrag vom 31. August 1990 nach fortgeltendem Recht der ehemaligen DDR entsprechend der "Verordnung über die Gewährleistung von Atom-sicherheit und Strahlenschutz" vom 11. Oktober 1984 (VOAS) auch die Strahlenexposition durch Inhalation von Radon und kurzlebigen Radonzerfallsprodukten im Bergbau und bei anderen Arbeiten, die nicht Umgang mit radioaktiven Stoffen oder Anwendung ionisierender Strahlung gemäß Strahlenschutzverordnung sind, überwacht.

Die Strahlenbelastung durch das Edelgas Radon ist dabei im Allgemeinen zu vernachlässigen. Den Haupt-anteil der Strahlenbelastung liefern die kurzlebigen Zerfallsprodukte des Radon-222, die Alphastrahler Po-lonium-218 und Polonium-214. Falls die Arbeitsplatzkonzentrationen der potentiellen Alphaenergie der Ra-donzerfallsprodukte den Wert von $4 \cdot 10^6$ MeV/m³ (entsprechend 10% des DAC-Wertes) überschreiten, unterlagen die jeweiligen Arbeitsbereiche und das Personal der Überwachung, die entsprechend der Fest-legung der zuständigen Landesbehörde vom Betreiber der betroffenen Einrichtung durchzuführen war.

Durch das Inkrafttreten der Novelle der Strahlenschutzverordnung ändert sich die Art der Überwachung nur unwesentlich.

Im Jahr 2001 wurde diese Überwachung bei ca. 2 100 Personen vorgenommen, von denen 80% Sanierungsarbeiten in den Betrieben der Wismut GmbH ausführen. Für zwei Drittel der Beschäftigten der Wismut GmbH wurden die Messungen zur Ermittlung der Strahlenexposition im Jahr 2001 mit personengebundenen Geräten durchgeführt. Diese am Körper getragenen speziellen Messgeräte mit akkumulatorgetriebener Probenahmepumpe, Filter, Kernspur- und Thermolumineszenzdetektoren erfassen integrierend die Strahlenexpositionen durch Radonzerfallsprodukte, durch langlebige Alphastrahler und durch externe Strahlung. Für alle anderen überwachten Personen wurden die Strahlenexpositionen entweder von den individuell ermittelten Expositionen für Personen mit vergleichbaren Arbeiten abgeleitet (Wismut GmbH) oder durch repräsentative Konzentrationsmessungen an den Arbeitsplätzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltszeiten an diesen Arbeitsplätzen bestimmt.

Die Entwicklung der Anzahl der überwachten beruflich durch Radonzerfallsprodukte strahlenexponierten Personen seit 1975 ist in Abbildung 1.4-1 dargestellt. Die unter Berücksichtigung der Dosiskonversionskonvention nach ICRP 65 für Strahlenexpositionen durch Inhalation von Radonzerfallsprodukten ermittelte Kollektivdosis betrug im Jahr 2001 einschließlich der Exposition durch langlebige Alphastrahler und äußere Bestrahlung ca. 1,75 Personen-Sv.

Auf die Beschäftigten der Wismut GmbH entfielen 1,05 Personen-Sv (Abbildung 1.4-2). Bei diesen Beschäftigten wurde auch die Exposition durch Inhalation langlebiger Alphastrahler aus der Uran/Radium-Zerfallsreihe und durch Photonenstrahlung messtechnisch erfasst. Bei den Beschäftigten in den Nichturanbergbaubetrieben und in den sonstigen überwachten Einrichtungen mit Expositionen durch Radonzerfallsprodukte (Abbildung 1.4-3) liefern diese Expositionsarten im Allgemeinen nur einen vernachlässigbaren Beitrag, der bei den Dosisermittlungen pauschal mit insgesamt 10% der berechneten Dosis berücksichtigt wurde.

Im Jahr 2001 gab es keine Grenzwertüberschreitungen bei den durch Radonzerfallsprodukte beruflich exponierten Überwachten. Die höchsten individuellen effektiven Dosen wurden mit 9,9 mSv bei einem Mitarbeiter der Wismut GmbH und mit 19,6 mSv bei einem Beschäftigten eines Besucherbergwerks festgestellt.

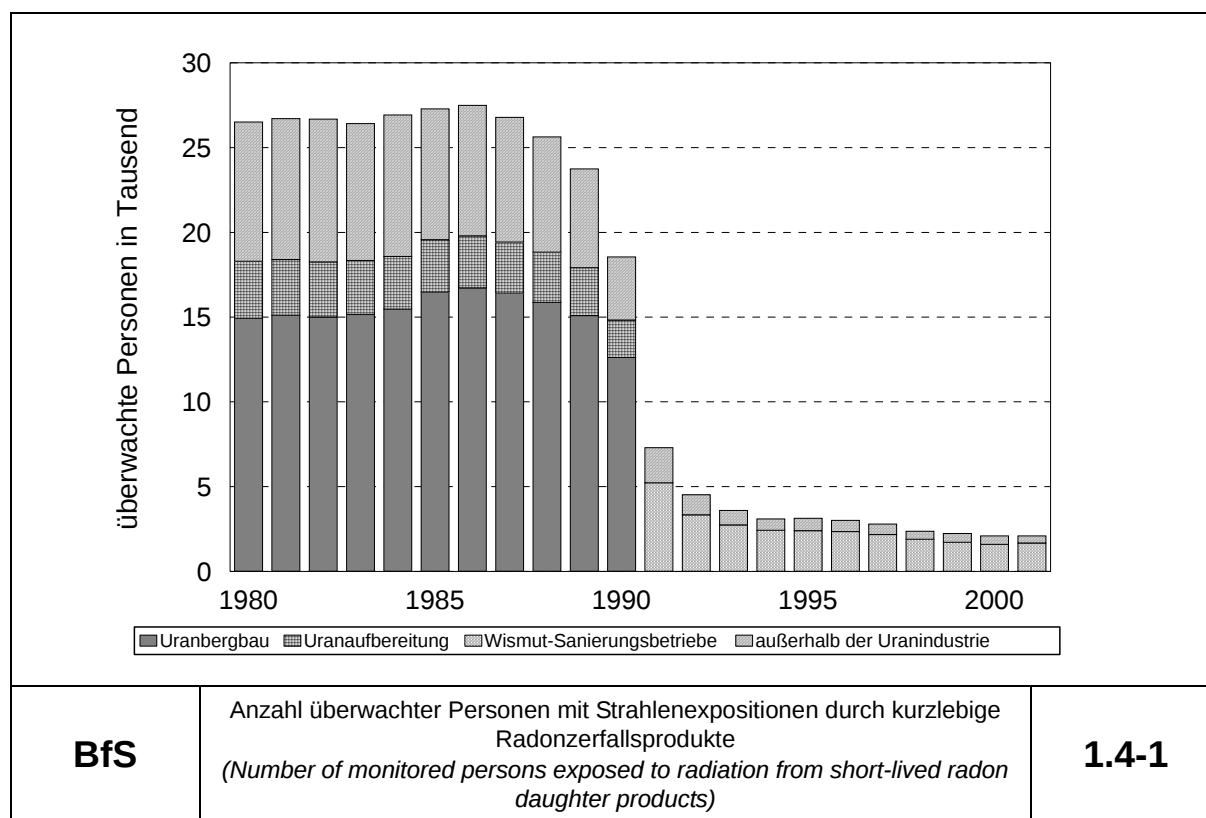
Die mittlere jährliche effektive Dosis aller überwachten Personen, die durch Radonzerfallsprodukte beruflich exponiert waren, betrug 0,84 mSv und lag damit weit unter dem neuen Grenzwert für die effektive Dosis von 20 mSv pro Jahr. Sie ist für einzelne Arbeitsbereiche ab 1975 in den Abbildungen 1.4-4 und 1.4-5 dargestellt. Die höchste mittlere jährliche effektive Dosis ergab sich für die drei Beschäftigten in einem Radiumbad mit 3,19 mSv, gefolgt von den Beschäftigten in Schauhöhlen und Schaubergwerken mit 1,98 mSv, in Wasserbetrieben mit 1,60 mSv, bei Gewinnungs- und Sanierungsarbeiten im Nichturanbergbau mit 1,59 mSv, in Bergsicherungsbetrieben mit 1,48 mSv, in der Wismut GmbH mit 0,63 mSv und im Schachtbau mit 0,57 mSv.

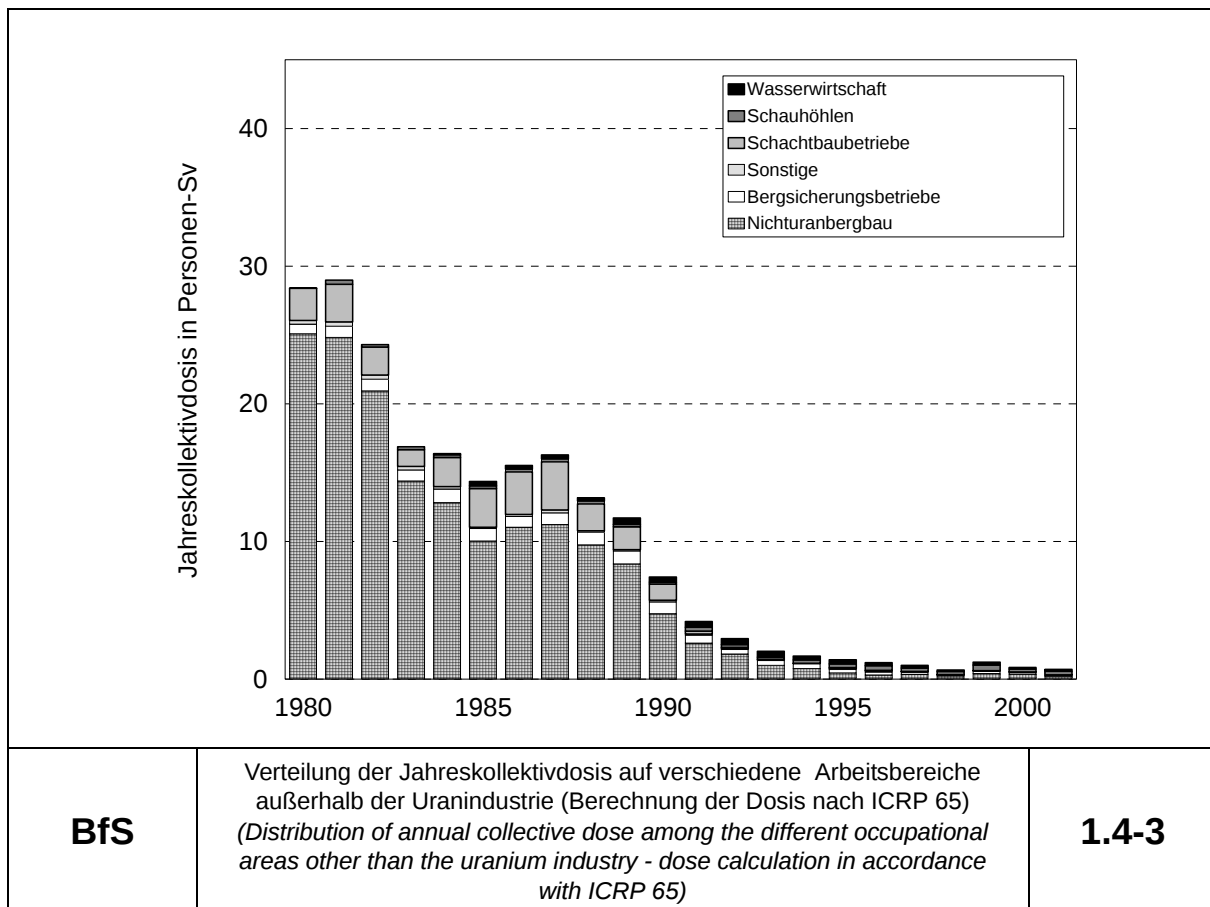
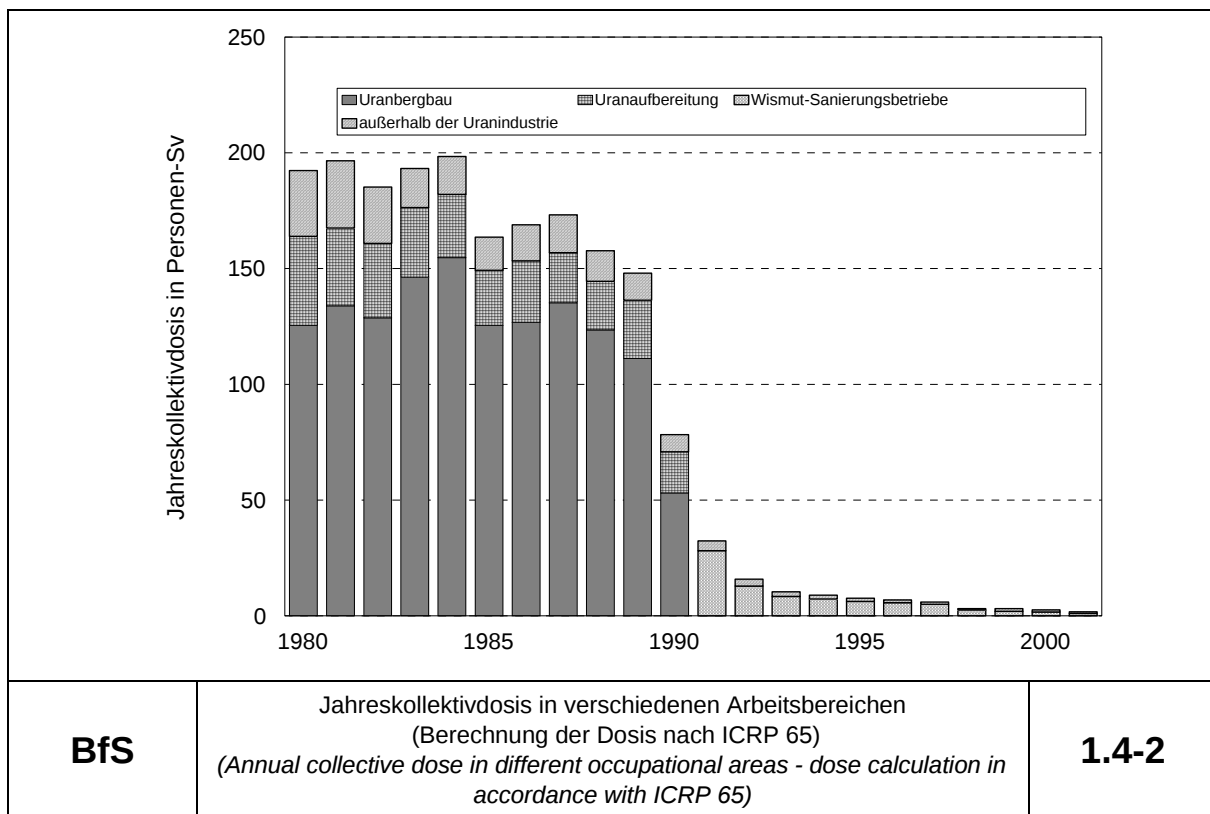
Bemühungen der Strahlenschutzverantwortlichen/Strahlenschutzbeauftragten und der zuständigen Behörden um eine ständige Verbesserung des Strahlenschutzes am Arbeitsplatz finden seit Jahren ihren Ausdruck in den sinkenden Tendenzen der Kollektivdosis und der mittleren jährlichen effektiven Dosis, wie sie aus den Abbildungen 1.4-2 - 1.4-5 zu entnehmen sind. Das im Vergleich zu den mittleren Dosen bei Arbeiten außerhalb der Uranindustrie insgesamt höhere Niveau der Strahlenexpositionen bei Arbeiten in der Uranindustrie war auf die hier vorliegenden spezifischen Expositionsverhältnisse zurückzuführen (siehe Abbildung 1.4-4). Erst nach der Einstellung der Uranförderung (1990) und -aufbereitung (1991) kam es zu einer Angleichung der Höhe der Strahlenexpositionen. Die Verminderung der mittleren Dosis in Arbeitsbereichen außerhalb der Uranindustrie ist vor allem dem Wirksamwerden der umfangreichen Strahlenschutzmaßnahmen in den Nichturanbergwerken mit ca. 90% der Überwachten außerhalb der Uranindustrie zuzuschreiben, die Mitte der 70er Jahre eingeleitet wurden. Während entsprechende Strahlenschutzmaßnahmen in Arbeitsbereichen mit relativ inhomogenen Expositionsbedingungen, wie in Bergsicherungsbetrieben, in Schachtbaubetrieben und in sonstigen Einrichtungen mit Expositionen durch Radonzerfallsprodukte, 1983 bereits weitgehend abgeschlossen waren, ist in Abbildung 1.4-5 das Wirksamwerden entsprechender Strahlenschutzmaßnahmen in den ab 1980 in die Überwachung einbezogenen Schauhöhlen und Schaubergwerken deutlich zu erkennen. Entsprechende Maßnahmen in einzelnen Wasserbetrieben ab 1984 haben inzwischen zu einer Angleichung der mittleren jährlichen effektiven Dosis der hier beruflich exponierten Personen an das Niveau in den übrigen Arbeitsbereichen geführt.

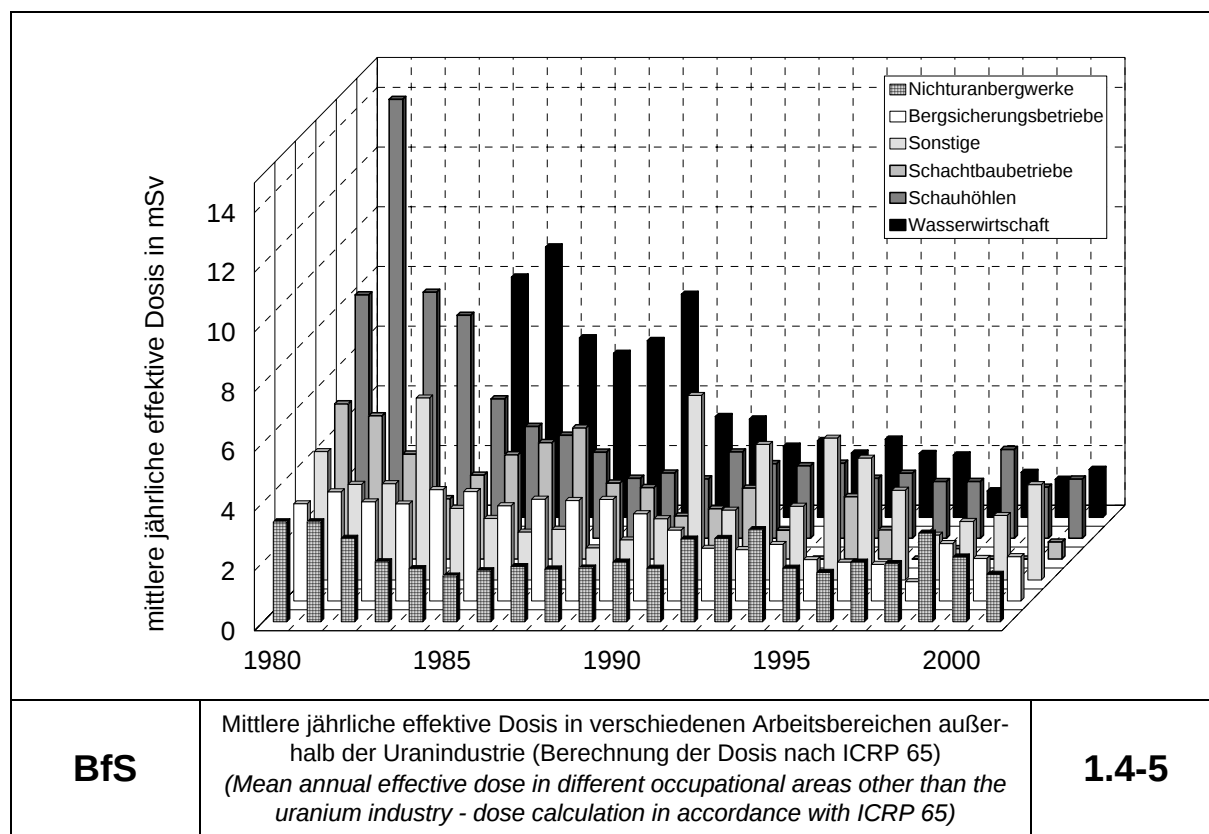
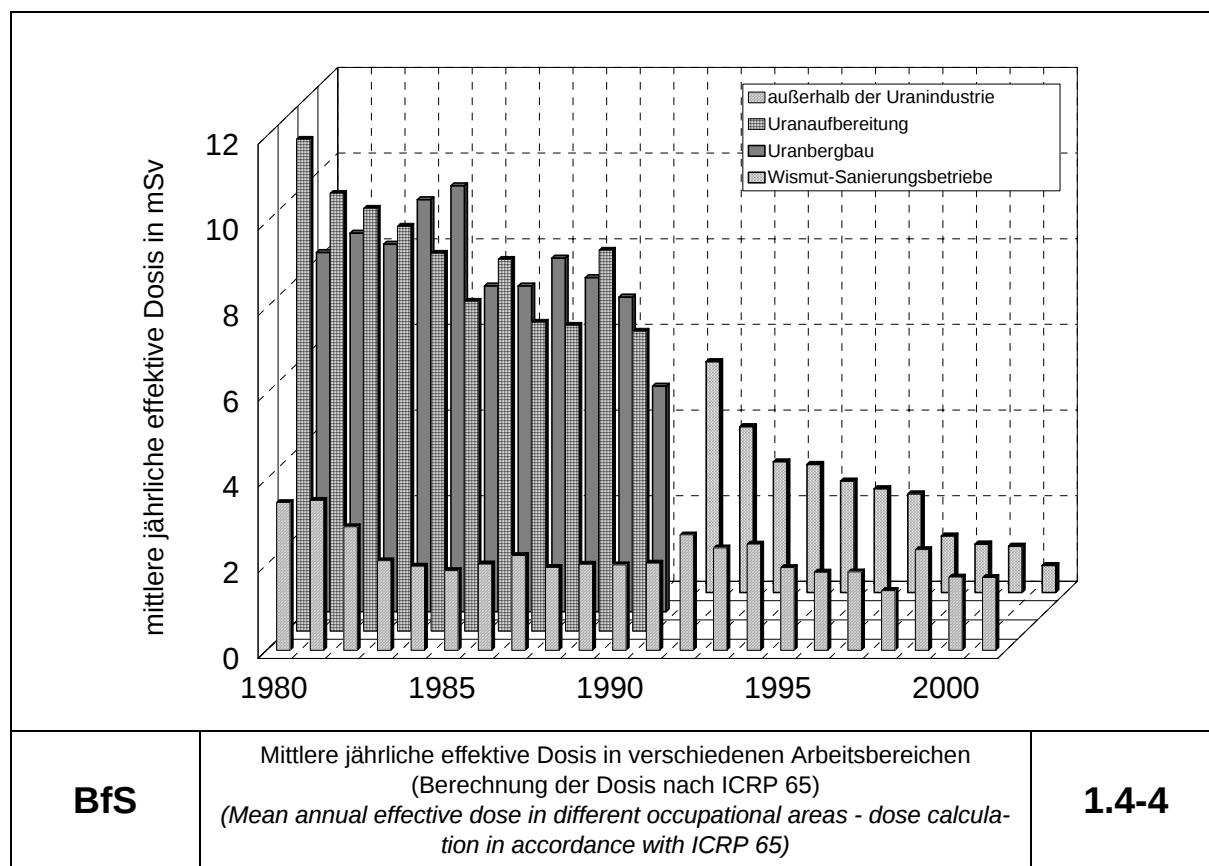
Insbesondere nach 1990 spielte bei der Reduktion der Kollektivdosis allerdings auch die stark fallende Anzahl überwachter Personen mit Expositionen durch kurzlebige Radonzerfallsprodukte sowie die Verlagerung der Sanierungsarbeiten in der Wismut GmbH von unter- nach übertage eine wesentliche Rolle (s. Abbildungen 1.4-1, 1.4-2 und 1.4-3).

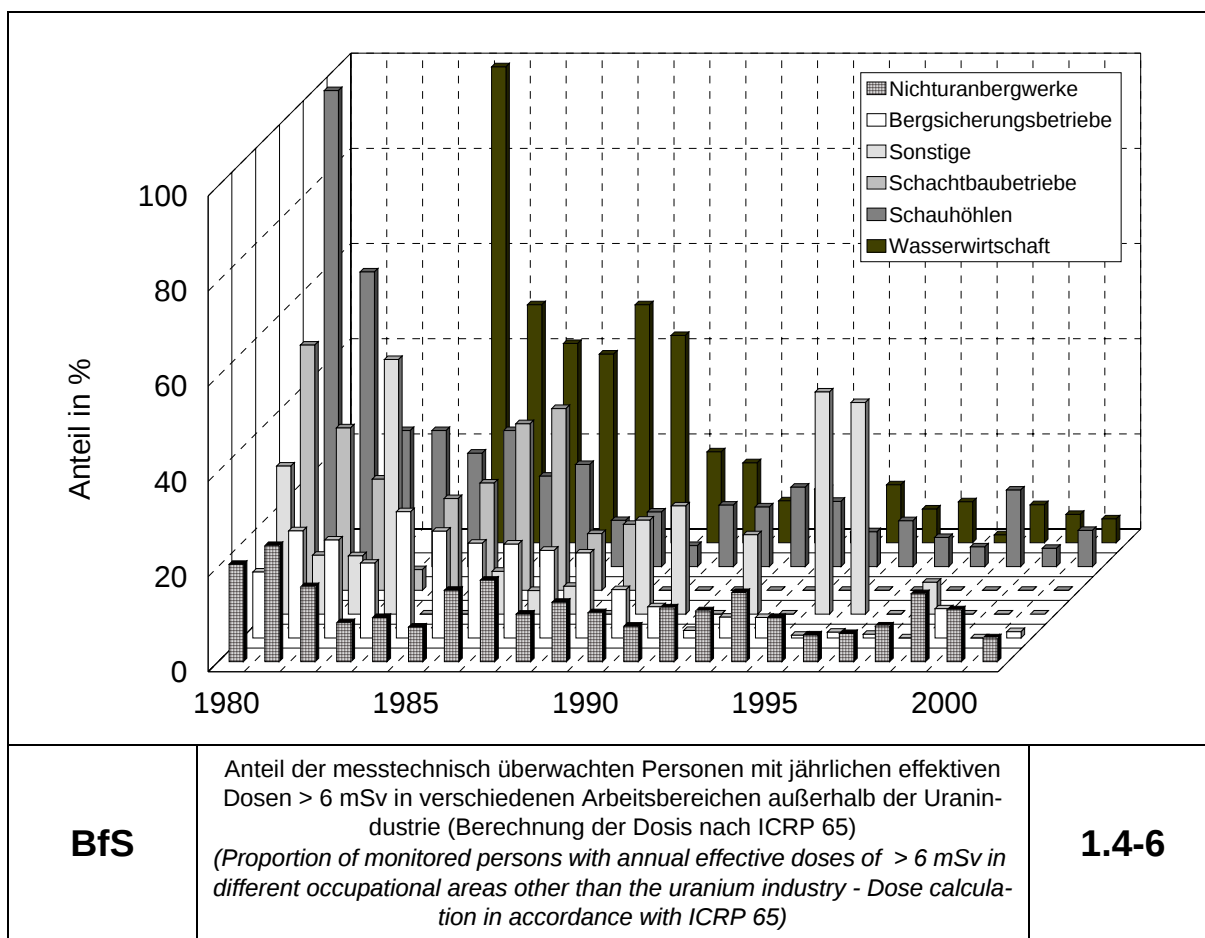
Der Anteil von Strahlenexponierten mit einer individuellen jährlichen effektiven Dosis von mehr als 6 mSv (Eingreifwert für Anzeige und Einbeziehung in die Überwachung der beruflich durch Radon und Radonzerfallsprodukte strahlenexponierten Personen in Arbeitsfeldern außerhalb der Uranindustrie) betrug im Jahr 2001 in den Wismut-Sanierungsbetrieben 0,6% und außerhalb der Uranindustrie 5,0%. Die insgesamt 31 Beschäftigten (1,5% aller Überwachten) mit einer jährlichen effektiven Dosis von mehr als 6 mSv lieferten einen Beitrag von 23,6% zur Kollektivdosis. Weitere Einzelheiten über die Entwicklung der entsprechenden Anteile in den verschiedenen Arbeitsbereichen außerhalb der Uranindustrie seit 1975 sind der Abbildung 1.4-6 zu entnehmen.

Den Übersichten liegen für die Jahre vor 1990 die entsprechenden Datensammlungen des ehemaligen Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz der DDR bzw. der SDAG Wismut zu Grunde.









1.5 Strahlenexposition des Flugpersonals durch Höhenstrahlung (Radiation exposures to flight personnel from cosmic radiation)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenhygiene, Oberschleißheim

Eine Komponente der natürlichen Strahlenexposition ist die Höhenstrahlung. Höhenstrahlung besteht zum einen aus der primären kosmischen Strahlung und zum anderen aus Sekundärstrahlung infolge der Wechselwirkung mit der Atmosphäre. Der Beitrag der Höhenstrahlung zur gesamten natürlichen Strahlenexposition von im Mittel 2,1 mSv pro Jahr beträgt in Meereshöhe etwa 0,3 mSv pro Jahr und nimmt mit steigender Höhe zu. Flugpersonal und Passagiere sind daher während eines Fluges einer höheren natürlichen Strahlenexposition ausgesetzt als Personen am Boden. Die genaue Höhe der Strahlenexposition hängt ab von der Reiseflughöhe und der Flugdauer sowie von der geomagnetischen Breite und der Sonnenaktivität.

Für die durch kosmische Strahlung verursachte Strahlenexposition des Flugpersonals ist das komplex zusammengesetzte Strahlungsfeld in Höhen zwischen etwa 10 km und 14 km wichtig. Es besteht zu einem geringen Anteil aus der primären Komponente der kosmischen Strahlung, die aus dem Weltraum auf die Erde trifft. Den größeren Anteil bilden sekundäre Teilchen, die in Wechselwirkungen der primären Teilchen mit den Atomen der Lufthülle erzeugt werden. Während die primäre Komponente im Wesentlichen aus hochenergetischen Wasserstoff- und Heliumkernen besteht, setzt sich die sekundäre Komponente hauptsächlich aus Elektronen, Photonen, Neutronen, Mesonen, Myonen und sekundären Protonen zusammen. Während der Dauer eines Fluges kann das Strahlungsfeld insgesamt, von selten auftretenden solaren Teilchenereignissen abgesehen, als konstant angesehen werden. In Abhängigkeit von der Sonnenaktivität verändert sich die Strahlenexposition je nach Höhe bis zu einem Faktor 2 innerhalb des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus.

Die Abschätzung der Strahlenexposition des fliegenden Personals beruht auf Stichproben mit ortsdosimetrischen Messungen beim Flugbetrieb und Annahmen über die jährlichen Flugzeiten und Flugrouten. Die Umgebungs-Äquivalentdosis wird als Messgröße verwendet. Von 0° bis 50° geomagnetischer Breite nimmt sie bei gleicher Höhe kontinuierlich zu und ist dann in höheren Breiten konstant. Flüge auf der Nordatlantik-Route finden fast ausschließlich in geomagnetischen Breiten nördlich von 50° statt und führen zur höchsten Strahlenexposition. Als obere Abschätzung für die Jahresdosis des fliegenden Personals kann ein Wert von etwa 8 mSv errechnet werden, wenn man annimmt, dass die Flüge ausschließlich auf der Nordatlantik-Route zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums stattfinden und die maximal zulässige jährliche Arbeitszeit von 1000 Flugstunden (entspricht 875 Stunden in Reiseflughöhe) voll ausgenutzt wird. Bei Flügen ausschließlich zur Südhalbkugel sind unter sonst gleichen Annahmen die Jahresdosen um den Faktor 2 bis 3 geringer. Die Ergebnisse deuten - je nach zu Grunde gelegten Annahmen - auf mittlere jährliche Dosen in der Umgebung von 3 mSv hin. Die genannten Abschätzungen beinhalten nicht die Strahlenexposition durch solare Teilchenereignisse, deren Anteil gemittelt über mehrere Jahre gegenüber der ständigen Exposition durch galaktische kosmische Strahlung jedoch gering ist. Im Prinzip kann diese Strahlenexposition über Messstationen und Satelliten erfasst und berücksichtigt werden.

Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung wurden 2001 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 müssen die Dosiswerte ermitteln und mindestens halbjährlich über das Luftfahrtbundesamt oder über eine von ihm bestimmte Stelle an das Strahlenschutzregister des BfS übermitteln. Entsprechende Maßnahmen dazu sind bis zum 1. August 2003 umzusetzen.