



Bundesamt für Energie (Schweiz)
Office fédéral de l'énergie (Suisse)
Ufficio federale dell'energia (Svizzera)
Federal Office of Energy (Switzerland)

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires
Divisione principale della Sicurezza degli Impianti Nucleari
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate

5232 Villigen-HSK

Tel.: 056 / 310 38 11

Fax: 056 / 310 39 07

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

Personendosimetrie; Jobdosimetrie

Datum

17. Mai 2004

AN-Nummer

HSK-AN-5138

Typ/Charakter

Aktennotiz

Aktenzeichen

10FMW

Klassifikation

Bearbeiter

Z. Meier-Rabe
Sektion RAS / ZB

Visum

Sachbearbeiter: AR

Vorgesetzter: [Signature]

Seiten 42

Beilagen

Zeichnungen

**Jahresbericht über die Strahlenexposition
im Kontrollbereich der HSK für das Jahr 2003 und retrospektiv
Teil B: Jobdosimetrie**

Gesamte Kollektivdosen
Tätigkeitsbezogene Kollektivdosen
Kollektivdosen nach Eigen- und Fremdpersonal

Interpretation der Daten
und Vergleich der Schweizer mit den europäischen und deutschen Anlagen
sowie Schlussfolgerungen

Verteiler

EXTERN: BFE, SUVA, KKB, KKG; KKL, KKM, ZZL

KSR: Präsident, Sekretär, Exp. Für Personendosimetrie

HSK: HH, SU, PH, FA, CF, JS, SL, AR, BR, Informationsdienst (TR), Inernet
Sekretariat SAS, Archiv, Reserve (inkl. DSK)

PSI: ASI, Schule für Strahlenschutz

KSA: Sekretariat (A5)

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Zusammenfassung	5
2.1	Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke in der Schweiz	5
2.2	Verhältnis zwischen Dosisaufwand und Energieerzeugung (QSE)	9
2.3	Individualdosen	10
2.4	Vergleich der TLD-Messwerte mit den Messwerten der EPD	14
3	Aufteilung der Gesamtexposition	15
3.1	Kollektivdosisanteile der Betriebsphasen	15
3.2	Kollektivdosisanteile von Eigen- und Fremdpersonal	17
3.3	Kollektivdosisanteile von Personengruppen	19
3.4	Kollektivdosisanteile von Tätigkeiten	22
4	Detaillierte Aufteilung der Exposition in den einzelnen Anlagen	24
4.1	Kollektivdosen des Eigen- und Fremdpersonals in den Betriebsphasen	24
4.2	Kollektivdosen von Personengruppen in den Betriebsphasen	25
4.3	Kollektivdosen der Tätigkeiten in den Betriebsphasen	28
4.4	Tätigkeitsbezogene Kollektivdosen bei Druck- (DWR) bzw. Siedewasserreaktoren (SWR)	30
4.5	Verteilung der Kollektivdosen auf Gebäude und Gebäudeteile	32
5	Vergleich zwischen schweizerischen und deutschen Anlagen	33
5.1	Exposition des Eigen- und Fremdpersonals nach Anlagentyp	33
5.2	Individualdosen	36
5.3	Kollektivdosen der Betriebsphasen	38
5.4	Kollektivdosen von Personengruppen in Kernkraftwerken	39
6	Schlussfolgerungen	40
6.1	Allgemeine Bewertung	40
6.2	Bewertung der Exposition in schweizerischen Anlagen	40
6.3	Erwartete Entwicklung der Exposition	41

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht der Sektion Radiologischer Arbeitsschutz (RAS) fasst die jährlichen Dosismeldungen der schweizerischen Kernkraftwerke nach HSK-Richtlinie R-12 zusammen. Er gliedert sich in zwei Teile:

Im Teil A werden die Individualdosen statistisch ausgewertet und zusammengefasst, wobei unter anderem der Identifikation und Elimination von mehrfach verbuchten Dosen Beachtung geschenkt wird.

Im Teil B werden die Meldungen der Kernkraftwerke über die arbeitsspezifischen Dosen zusammengetragen, die im Berichtsjahr akkumuliert wurden. Die Zusammenstellung dieser Dosiswerte wurde durch Trendentwicklungen ergänzt. Ausserdem wird darzustellen versucht, in welchen Verhältnissen die einzelnen Dosiskategorien der Anlagen zueinander anfallen.

Der Berichtsteil B ist so aufgebaut, dass er im Kapitel 2 eine Zusammenfassung über die Exposition in den Kernkraftwerken gibt. In Kapitel 3 findet man eine Aufschlüsselung der Dosen nach den Betriebsphasen, nach Eigen- und Fremdpersonal, nach Personengruppen und nach Tätigkeiten gegliedert. Kapitel 4 verfeinert diese Aufschlüsselung der Dosen und korreliert sie untereinander. Im Kapitel 5 wird versucht, die Jobdosen mit ausländischen, vor allem deutschen Anlagen zu vergleichen, wobei auch hier die Anmerkungen über die Vergleichbarkeit der Daten gelten und die zur Verfügung stehende Datenbasis der ausländischen Anlagen nicht gleich aktuell wie die der Schweizer ist. Im Kapitel 6 wird die Entwicklung im Strahlenschutz bewertet.

Bemerkungen zu Teil B:

Die Systeme, mit denen heute in den Kernkraftwerken die Jobdosen ermittelt werden, sind aufgrund der unterschiedlichen Überwachungsbedürfnisse in den Anlagen und den zum Zeitpunkt der Einführung verfügbaren technischen Möglichkeiten gewachsen. Die HSK-Richtlinie R-12, "Erfassung und Meldung der Dosen des strahlenexponierten Personals der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes" regelt die Minimalanforderungen an die elektronischen Kontrolldosimeter hinsichtlich Warn- und Schutzfunktion und der Möglichkeit, diese Geräte für die Ermittlung der Jobdosen einzusetzen. Sie äussert sich aber bewusst nicht darüber, wie im Detail die Jobdosimetrie erfolgen soll.

In den Tabellen 15 bis 27 werden Kategorien von Arbeiten, Personengruppen und Tätigkeiten vorgegeben. Die Aufteilung der Dosen auf diese Kategorien wird von den Betreibern aufgrund der Möglichkeiten ihrer Systeme vorgenommen. Daher kann es vorkommen, dass die Kernkraftwerke zu einzelnen Kategorien oder Aufteilungen keine Informationen liefern.

Die Kernkraftwerke in der Schweiz sind aufgrund ihres Konstruktionstyps (Siede- oder Druckwasseranlage) sowie ihres Alters nicht oder nur bedingt miteinander vergleichbar. Zudem werden die Jobdosen unterschiedlich ermittelt und der Arbeitsaufwand in jeder Anlage variiert von Jahr zu Jahr. Aussagen über den Strahlenschutz in den einzelnen Anlagen lassen sich aus der Trendverfolgung und dem Trendvergleich zwischen den Anlagen sehr wohl ableiten, man muss sich aber immer vor Augen halten, dass ein direkter Vergleich von Jobdosen irreführend sein kann.

2 Zusammenfassung

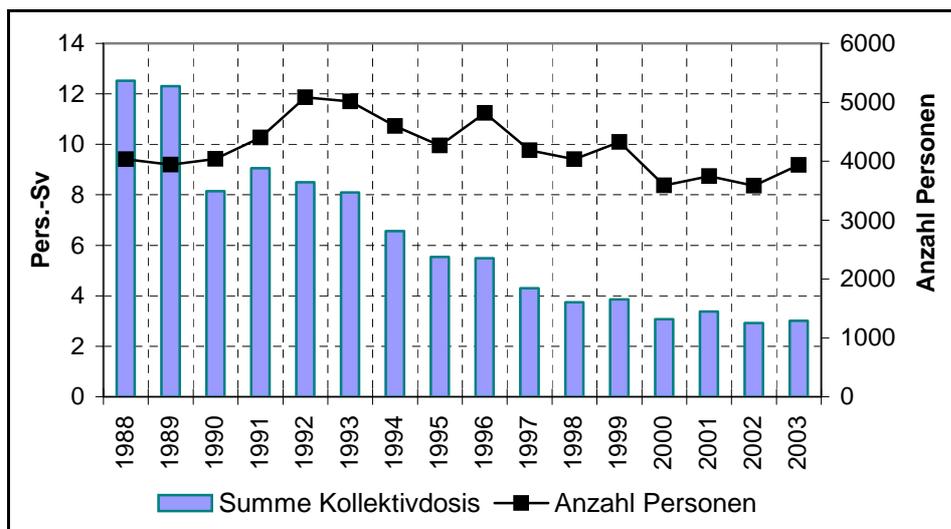
2.1 Jahreskollektivdosen der Kernkraftwerke in der Schweiz

2.1.1 Beruflich strahlenexponierte Personen und Summe der Kollektivdosis (Pers.-Sv)

Jahr	Summe Kollektivdosis	Anzahl Personen
1988	12.520	4035
1989	12.310	3941
1990	8.150	4040
1991	9.056	4402
1992	8.500	5084
1993	8.100	5011
1994	6.559	4595
1995	5.535	4268
1996	5.487	4818
1997	4.297	4186
1998	3.744	4031
1999	3.859	4326
2000	3.068	3586
2001	3.380	3745
2002	2.922	3580
2003	3.013	3937

Tabelle 1

Die Anzahl der Personen ist die Summe der Meldungen der Kernkraftwerke. Sie enthält demnach Mehrfachzählungen von denjenigen Personen, die in mehr als einer Anlage eingesetzt wurden. Weitere Informationen zur Personendosimetrie sind im Teil A des Jahresberichts über die Strahlenexposition HSK-AN-5063 nachzulesen.

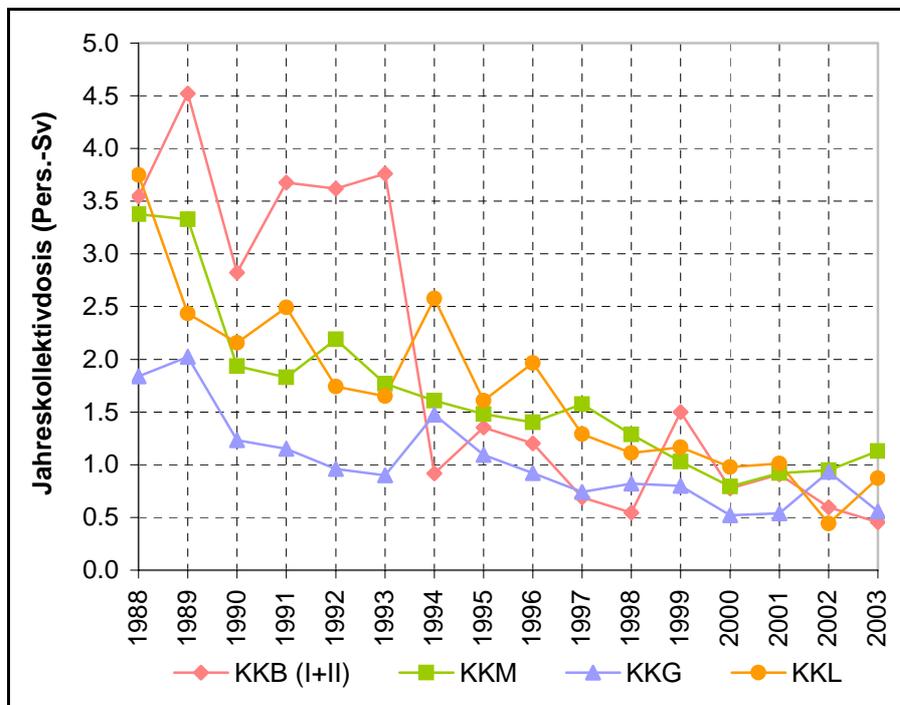


Figur 1

**2.1.2 Jahreskollektivdosen der letzten 16 Betriebsjahre
(Pers.-Sv; pro KKW)**

Jahr	KKB (I+II)	KKM	KKG	KKL
1988	3.546	3.377	1.838	3.75
1989	4.521	3.329	2.023	2.436
1990	2.823	1.934	1.233	2.156
1991	3.678	1.830	1.150	2.491
1992	3.620	2.190	0.960	1.740
1993	3.760	1.770	0.900	1.650
1994	0.917	1.609	1.476	2.576
1995	1.354	1.481	1.093	1.607
1996	1.201	1.401	0.921	1.965
1997	0.689	1.576	0.742	1.290
1998	0.546	1.287	0.821	1.110
1999	1.500	1.030	0.801	1.165
2000	0.775	0.792	0.522	0.979
2001	0.907	0.922	0.540	1.010
2002	0.597	0.949	0.934	0.443
2003	0.456	1.128	0.557	0.872

Tabelle 2

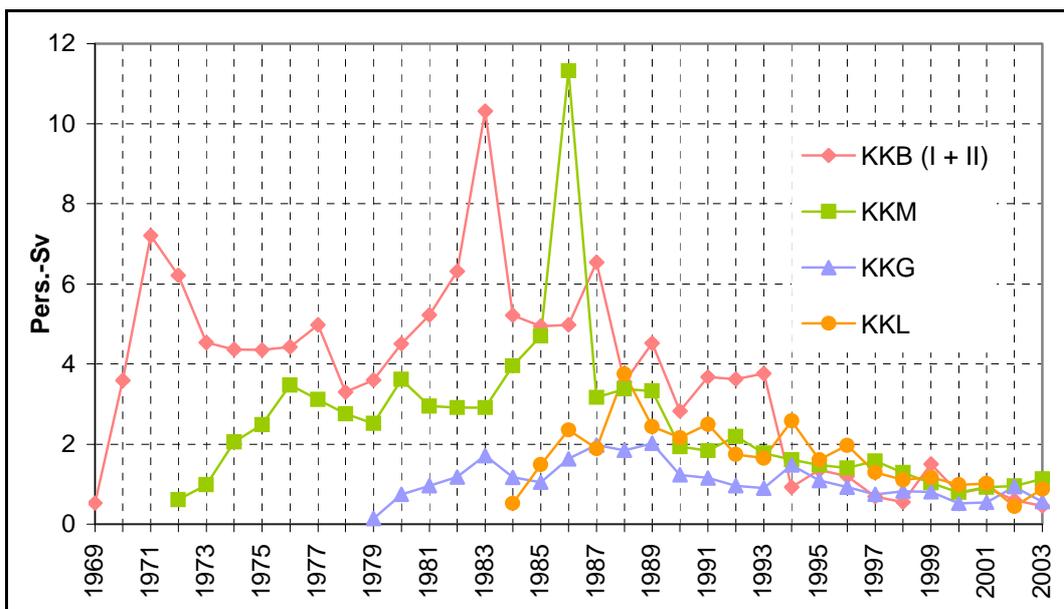


Figur 2

2.1.3 Kollektivdosen aller Kernkraftwerke seit Betriebsbeginn (Pers.-Sv; pro KKW und Jahr)

Jahr	KKB (I + II)	KKM	KKG	KKL
1969	0.528			
1970	3.590			
1971	7.200			
1972	6.210	0.615		
1973	4.530	0.986		
1974	4.365	2.050		
1975	4.348	2.480		
1976	4.422	3.475		
1977	4.973	3.109		
1978	3.294	2.752		
1979	3.595	2.517	0.141	
1980	4.501	3.613	0.741	
1981	5.221	2.946	0.963	
1982	6.313	2.909	1.173	
1983	10.315	2.912	1.707	
1984	5.215	3.952	1.166	0.515
1985	4.941	4.699	1.047	1.484
1986	4.971	11.317	1.631	2.352
1987	6.535	3.163	1.971	1.884
1988	3.546	3.377	1.838	3.750
1989	4.521	3.329	2.023	2.436
1990	2.823	1.934	1.233	2.156
1991	3.678	1.830	1.150	2.491
1992	3.620	2.190	0.960	1.740
1993	3.760	1.770	0.900	1.650
1994	0.917	1.609	1.476	2.576
1995	1.354	1.481	1.093	1.607
1996	1.201	1.401	0.921	1.965
1997	0.689	1.576	0.742	1.290
1998	0.546	1.287	0.821	1.110
1999	1.500	1.030	0.801	1.165
2000	0.775	0.792	0.522	0.979
2001	0.907	0.922	0.540	1.010
2002	0.597	0.949	0.934	0.443
2003	0.456	1.128	0.557	0.872

Tabelle 3

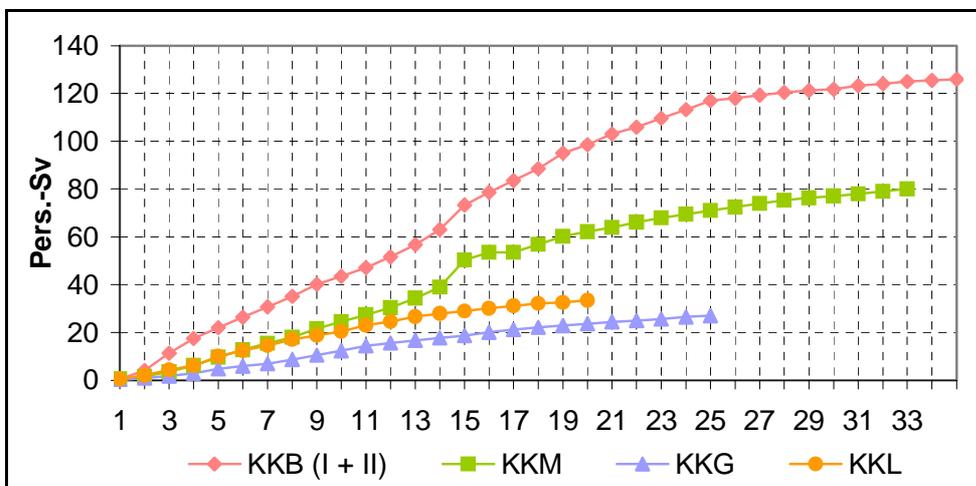


Figur 3

**2.1.4 Kumulierte Kollektivdosis über alle Betriebsjahre
(Pers.-Sv; pro KKW und Jahr)**

Tabelle 4

Betriebsjahr	KKB (I + II)	KKM	KKG	KKL
1	0.528	0.615	0.141	0.515
2	4.118	1.601	0.882	1.999
3	11.318	3.651	1.845	4.351
4	17.528	6.131	3.018	6.235
5	22.058	9.606	4.725	9.985
6	26.423	12.715	5.891	12.421
7	30.771	15.467	6.938	14.577
8	35.193	17.984	8.569	17.068
9	40.166	21.597	10.54	18.808
10	43.46	24.543	12.378	20.458
11	47.055	27.452	14.401	23.034
12	51.556	30.364	15.634	24.641
13	56.777	34.316	16.784	26.606
14	63.09	39.015	17.744	27.896
15	73.405	50.332	18.644	29.006
16	78.62	53.495	20.120	30.171
17	83.561	53.495	21.213	31.150
18	88.532	56.872	22.134	32.160
19	95.067	60.201	22.876	32.603
20	98.613	62.135	23.697	33.475
21	103.134	63.965	24.498	
22	105.957	66.155	25.020	
23	109.635	67.925	25.560	
24	113.255	69.534	26.494	
25	117.015	71.015	27.051	
26	117.932	72.416		
27	119.286	73.992		
28	120.487	75.279		
29	121.176	76.309		
30	121.722	77.101		
31	123.222	78.023		
32	123.997	78.972		
33	124.904	80.100		
34	125.501			
35	125.957			



Figur 4

2.2 Verhältnis zwischen Dosisaufwand und Energieerzeugung (QSE)

Tabelle 5 zeigt die Entwicklung des Verhältnisses Dosisaufwand zur erzeugten elektrischen Bruttoenergie (QSE) über alle Kernkraftwerke

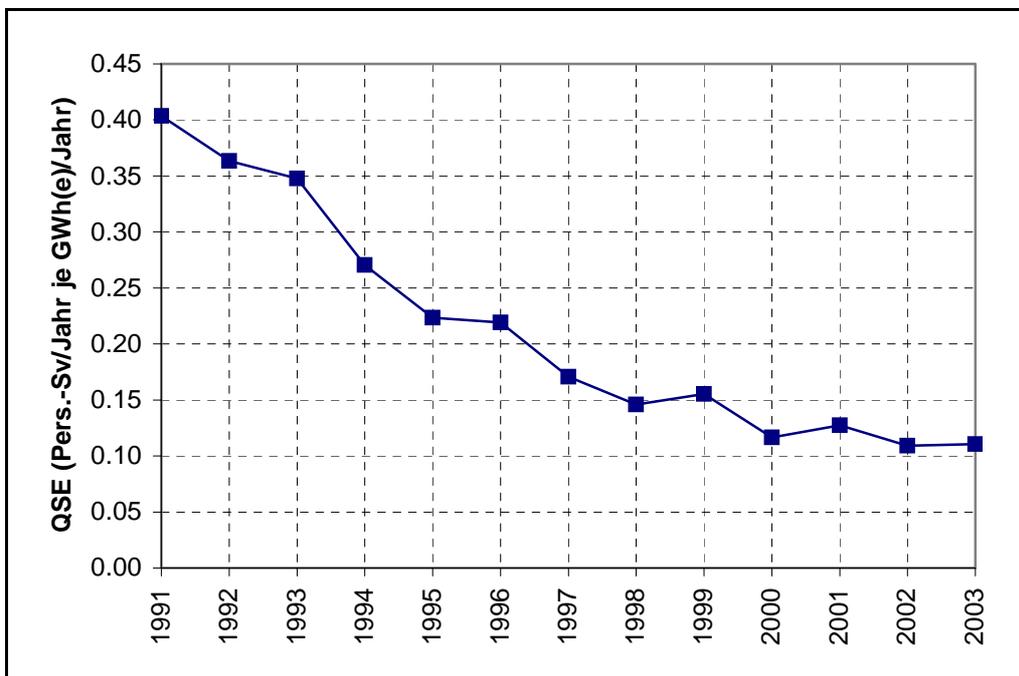
Jahr	Dosis	Energie	QSE
1991	9'056	22'438.1	0.404
1992	8'500	23'394.0	0.363
1993	8'100	23'290.8	0.348
1994	6'559	24'250.1	0.270
1995	5'535	24'783.6	0.223
1996	5'487	25'026.6	0.219
1997	4'297	25'190.8	0.171
1998	3'744	25'683.1	0.146
1999	3'859	24'835.0	0.155
2000	3'068	26'310.0	0.117
2001	3'380	26'556.1	0.127
2002	2'922	26'738.9	0.109
2003	3'013	27'233.8	0.111

Tabelle 5

Dosis: Jahreskollektivdosis aller Kernkraftwerke (ohne geplanten ausserordentlichen Unterhalt) in Pers.-mSv

Energie: erzeugte, elektrische Bruttoenergie aller Kernkraftwerke in GWh(e)/Jahr

QSE: Quotient in Pers.-Sv/Jahr je GWh(e)/Jahr



Figur 5

2.3 Individualdosen

Die Anzahl Personen entspricht der Summe der einzelnen Meldungen der Kernkraftwerke und beinhaltet nur beruflich strahlenexponierte Personen. Damit sind Personen, die im gleichen Jahr in mehreren Anlagen tätig waren, mehrfach gezählt.

2.3.1 Entwicklung der mittleren Individualdosis (mSv); Mittelung über alle Kernkraftwerke

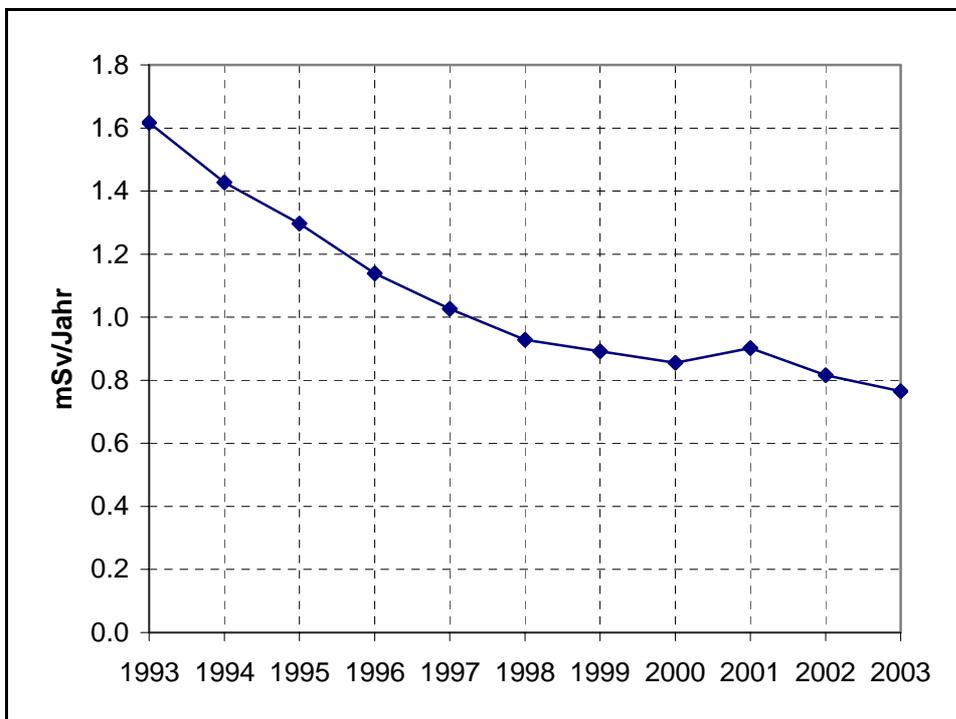
Jahr	Personen	KD	mID
1993	5011	8.100	1.616
1994	4595	6.559	1.427
1995	4268	5.535	1.297
1996	4818	5.487	1.139
1997	4186	4.297	1.027
1998	4031	3.744	0.929
1999	4326	3.859	0.892
2000	3586	3.068	0.856
2001	3745	3.380	0.902
2002	3580	2.922	0.816
2003	3937	3.013	0.765

Tabelle 6

Personen: Anzahl beruflich strahlenexponierter Personen
(nach Meldungen der Kernkraftwerke)

KD: Jahreskollektivdosis der gemeldeten Personen in Pers.-Sv pro Jahr

mID: mittlere Individualdosis in mSv/Jahr

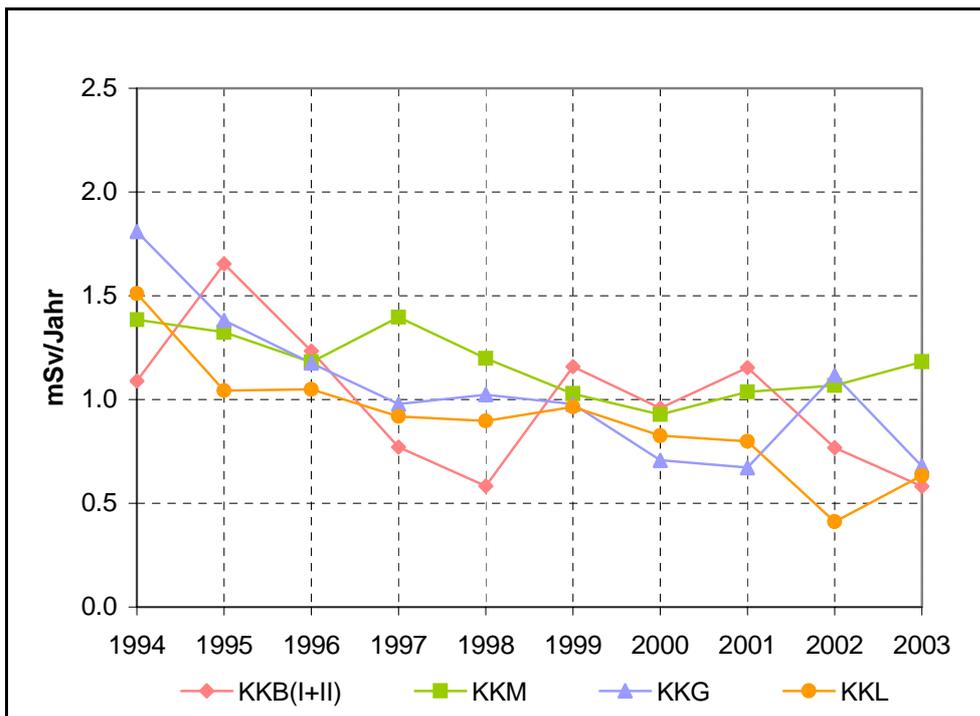


Figur 6

2.3.2 Entwicklung der mittleren Individualdosis (mSv; pro KKW)

Tabelle 7

Parameter	Jahr	KKB(I+II)	KKM	KKG	KKL
Anzahl strahlenexponierte Personen	1994	916	1163	807	1709
	1995	819	1118	791	1540
	1996	974	1187	783	1874
	1997	894	1128	759	1405
	1998	937	1074	802	1218
	1999	1295	1002	822	1207
	2000	809	854	738	1185
	2001	786	889	805	1265
	2002	778	888	836	1078
	2003	783	955	820	1379
Jahreskollektivdosis (Pers.-Sv)	1994	0.997	1.610	1.460	2.580
	1995	1.354	1.481	1.093	1.607
	1996	1.201	1.401	0.921	1.965
	1997	0.689	1.576	0.742	1.290
	1998	0.546	1.287	0.821	1.091
	1999	1.500	1.030	0.804	1.165
	2000	0.775	0.792	0.522	0.979
	2001	0.907	0.922	0.540	1.010
	2002	0.597	0.949	0.934	0.443
	2003	0.456	1.128	0.557	0.872
Mittlere individuelle Jahresdosis (mSv/Jahr)	1994	1.088	1.384	1.809	1.510
	1995	1.653	1.325	1.382	1.044
	1996	1.233	1.180	1.176	1.049
	1997	0.771	1.397	0.978	0.918
	1998	0.583	1.198	1.024	0.896
	1999	1.158	1.028	0.978	0.965
	2000	0.958	0.928	0.708	0.826
	2001	1.154	1.037	0.671	0.799
	2002	0.767	1.068	1.117	0.411
	2003	0.582	1.181	0.679	0.633

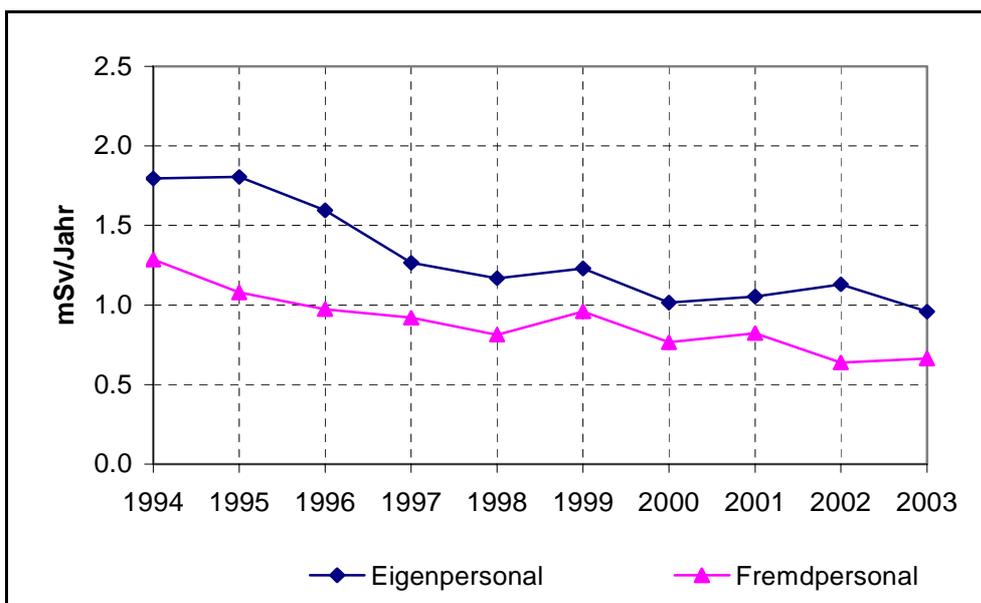


Figur 7

2.3.3 Entwicklung der mittleren Individualdosis [mSv] von Eigen- und Fremdpersonal; Mittelung über alle Kernkraftwerke der Schweiz

Parameter	Jahr	Eigenpersonal	Fremdpersonal
Anzahl strahlenexponierte Personen	1994	1'277	3'318
	1995	1'288	2'980
	1996	1'279	3'539
	1997	1'292	2'894
	1998	1'310	2'721
	1999	1'298	3'028
	2000	1'296	2'290
	2001	1'302	2'443
	2002	1'295	2'285
	2003	1'349	2'588
Jahreskollektivdosis [Pers.-Sv]	1994	2.290	4.260
	1995	2.323	3.212
	1996	2.039	3.448
	1997	1.634	2.663
	1998	1.531	2.212
	1999	1.596	2.903
	2000	1.316	1.753
	2001	1.372	2.008
	2002	1.464	1.457
	2003	1.292	1.721
Mittlere individuelle Jahresdosis [mSv/Jahr]	1994	1.793	1.284
	1995	1.804	1.078
	1996	1.594	0.974
	1997	1.265	0.920
	1998	1.169	0.813
	1999	1.230	0.959
	2000	1.015	0.765
	2001	1.053	0.822
	2002	1.131	0.638
	2003	0.958	0.665

Tabelle 8



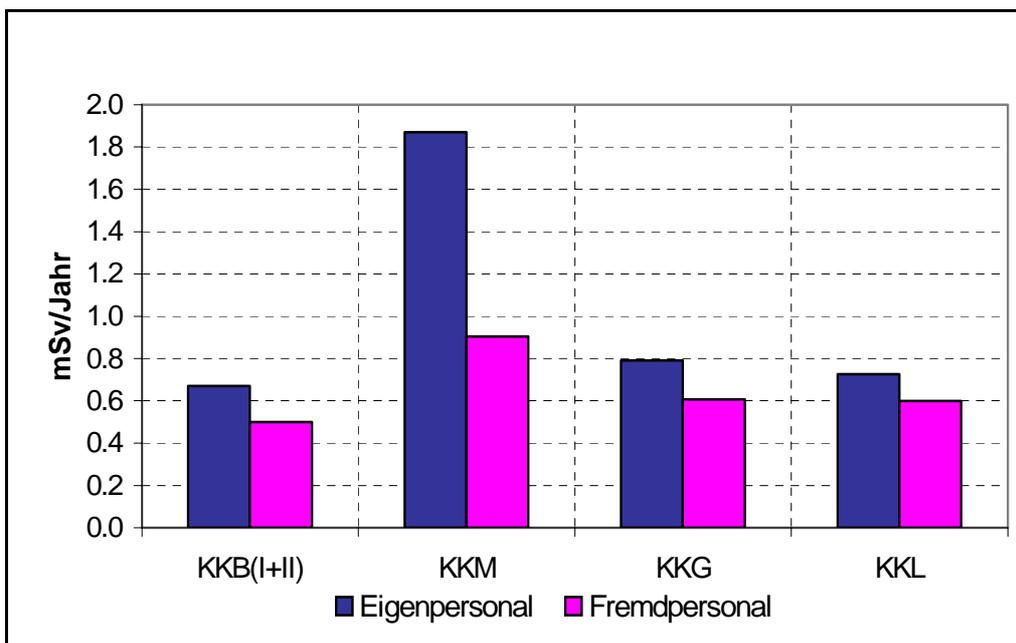
Figur 8

Zum Vergleich: Anlagen in Deutschland 2002 (Mitteilung der GRS):
 Eigenpersonal: 0.54 mSv, Fremdpersonal: 0.92 mSv

2.3.4 Entwicklung der mittleren Individualdosis von Eigen- und Fremdpersonal; (mSv; pro KKW und Jahr)

Parameter	Jahr	KKB(I+II)		KKM		KKG		KKL	
		EP	FP	EP	FP	EP	FP	EP	FP
Anzahl strahlenexponierte Personen	1994	368	548	274	889	296	511	339	1370
	1995	366	453	271	847	297	494	354	1186
	1996	360	614	269	918	297	486	353	1521
	1997	363	531	280	848	300	459	349	1056
	1998	373	564	277	797	296	506	364	854
	1999	362	933	270	732	307	359	515	848
	2000	364	445	268	586	314	424	350	835
	2001	364	422	274	615	307	498	357	908
	2002	360	418	267	621	315	521	353	725
	2003	379	404	274	681	324	496	372	1007
Jahreskollektivdosis (Pers.-Sv)	1994	0.529	0.388	0.595	1.013	0.600	0.856	0.568	2.008
	1995	0.733	0.621	0.582	0.899	0.473	0.620	0.535	1.072
	1996	0.577	0.624	0.550	0.850	0.464	0.457	0.448	1.517
	1997	0.331	0.359	0.527	1.049	0.318	0.423	0.458	0.832
	1998	0.296	0.250	0.442	0.845	0.379	0.442	0.415	0.676
	1999	0.418	1.082	0.403	0.627	0.356	0.449	0.420	0.746
	2000	0.321	0.455	0.399	0.393	0.252	0.271	0.345	0.634
	2001	0.413	0.494	0.444	0.478	0.197	0.343	0.318	0.693
	2002	0.32	0.277	0.512	0.437	0.405	0.528	0.227	0.215
	2003	0.254	0.202	0.512	0.616	0.256	0.301	0.270	0.602
Mittlere individuelle Dosis (mSv/Jahr)	1994	1.4	0.7	2.2	1.1	2.0	1.7	1.7	1.5
	1995	2.0	1.4	2.1	1.1	1.6	1.3	8.0	0.9
	1996	1.6	1.0	2.0	0.9	1.6	0.9	1.3	1.0
	1997	0.9	0.7	1.9	1.2	1.1	0.9	1.3	0.8
	1998	0.8	0.4	1.6	1.1	1.3	0.9	1.1	0.8
	1999	1.2	1.2	1.5	0.9	1.2	1.3	0.8	0.9
	2000	0.9	1.0	1.5	0.7	0.8	0.6	1.0	0.8
	2001	1.1	1.2	1.6	0.8	0.6	0.7	0.9	0.8
	2002	0.9	0.7	1.9	0.7	1.3	1.0	0.6	0.3
	2003	0.7	0.5	1.9	0.9	0.8	0.6	0.7	0.6

Tabelle 9



Figur 9

2.4 Vergleich der TLD-Messwerte mit den Messwerten der EPD

Die Elektronischen Personen-Dosimeter (EPD) liefern vom anerkannten Thermolumineszenz-Dosimeter (TLD) abweichende Messwerte. Die Unterschiede sind vom EPD-Typ des Kernkraftwerks sowie von den Eigenschaften des Strahlungsfeldes abhängig und daher nicht identisch für die einzelnen Anlagen.

2.4.1 Zusammenstellung der mit EPD und TLD ermittelten Kollektivdosen (Pers.-Sv; pro KKW)

Tabelle 10

Werk	TLD* (Pers.-Sv/Jahr)	EPD* (Pers.-Sv/Jahr)	EPD/TLD*
KKB I + II**	EP 0.2540	EP 0.2540	EP -
	FP 0.2017	FP 0.2017	FP -
	EP+FP 0.4557	EP+FP 0.4557	EP+FP -
KKM	EP 0.5122	EP 0.5442	EP 1.06
	FP 0.6161	FP 0.7234	FP 1.17
	EP+FP 1.1283	EP+FP 1.2676	EP+FP 1.12
KKG**	EP 0.2560	EP 0.2560	EP -
	FP 0.3010	FP 0.3010	FP -
	EP+FP 0.5570	EP+FP 0.5570	EP+FP -
KKL	EP 0.2700	EP 0.3069	EP 1.14
	FP 0.6023	FP 0.6495	FP 1.08
	EP+FP 0.8723	EP+FP 0.9565	EP+FP 1.10

* Je nach Kernkraftwerk erfolgt die Meldung der Kollektivdosen unterschiedlich. KKM und KKL melden sowohl EPD als auch TLD – Dosen, wobei die arbeits- und gruppenspezifischen Dosen auf dem EPD basieren. Im Bericht erscheinen, wenn nicht anders vermerkt, auf TLD-Werte umgerechnete EPD-Dosen.

** KKB und KKG melden sämtliche Dosen als TLD Dosen, wobei für die Ermittlung der Werte intern EPD-Daten hinzugezogen werden.

3 Aufteilung der Gesamtexposition

3.1 Kollektivdosisanteile der Betriebsphasen

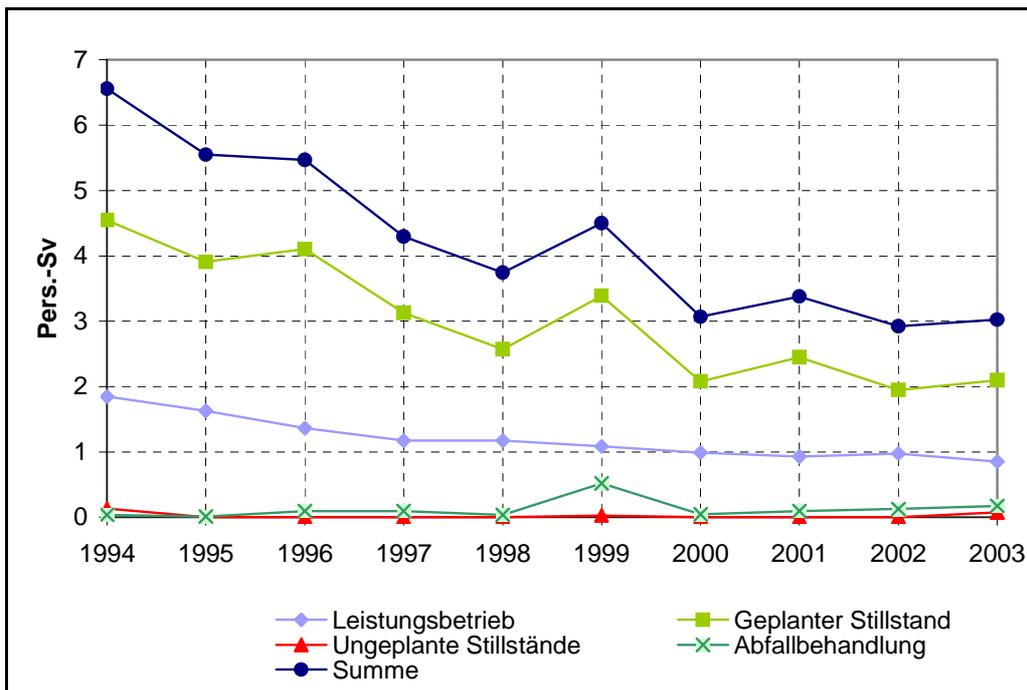
3.1.1 Entwicklung der Kollektivdosen in den einzelnen Betriebsphasen (Pers.-Sv; alle Kernkraftwerke der Schweiz)

Betriebsphase	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Leistungsbetrieb	1.845	1.629	1.363	1.170	1.172	1.085	0.990	0.930	0.975	0.853
Geplanter Stillstand	4.545	3.907	4.104	3.127	2.572	3.387	2.078	2.450	1.947	2.096
Ungeplante Stillstände	0.132	-	-	-	-	0.027	-	-	-	0.072
Summe	6.559	5.551	5.467	4.297	3.744	4.499	3.068	3.380	2.922	3.021
Abfallbehandlung	0.037	0.015	0.097	0.094	0.035	0.518	0.045	0.098	0.126	0.175

Tabelle 11

Ungeplante Stillstände
Abfallbehandlung

1994 im KKL, 1999 im KKB und 2003 im KKM
Die Dosiswerte für die Abfallbehandlung sind seit 1996 in den Kollektivdosen für Leistungsbetrieb und Stillstand von KKB und KKG enthalten. Die Dosiswerte in der Zeile Abfallbehandlung stammen von KKM und KKL.



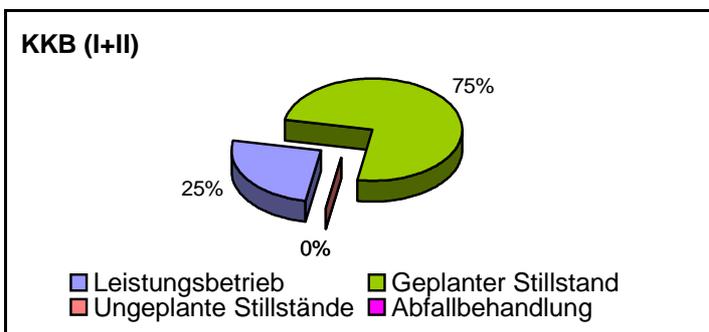
Figur 10

**3.1.2 Kollektivdosen in den einzelnen Betriebsphasen
(Pers.-Sv; pro KKW im Berichtsjahr)**

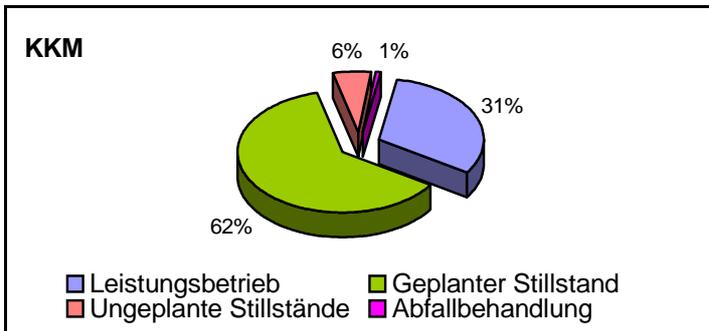
Betriebsphasen	KKB (I+II)	KKM	KKG	KKL
Leistungsbetrieb	0.116	0.358	0.107	0.273
Geplanter Stillstand	0.340	0.707	0.450	0.600
Ungeplante Stillstände	-	0.064	-	-
Summe	0.456	1.128	0.557	0.872
Abfallbehandlung	-	0.010	-	0.164

Tabelle 12

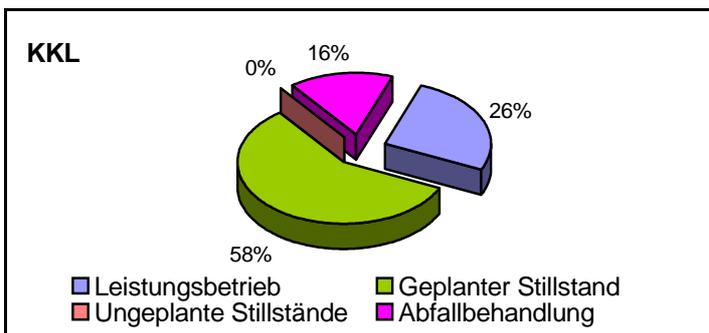
Abfallbehandlung: Die Dosiswerte für die Abfallbehandlung sind in den Kollektivdosen für Leistungsbetrieb und Stillstand von KKB und KKG enthalten, während sie von KKM und KKL separat ausgewiesen werden.



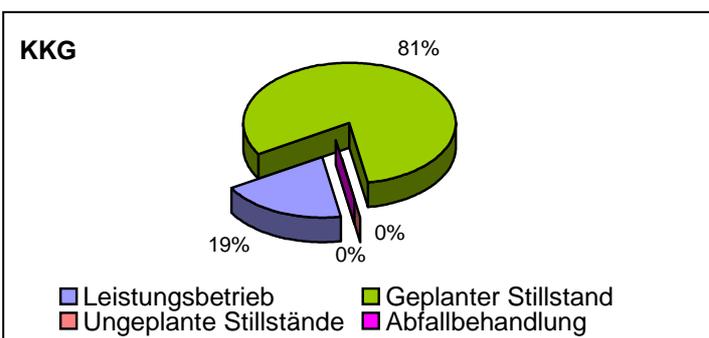
Figur 11/1



Figur 11/2



Figur 11/3



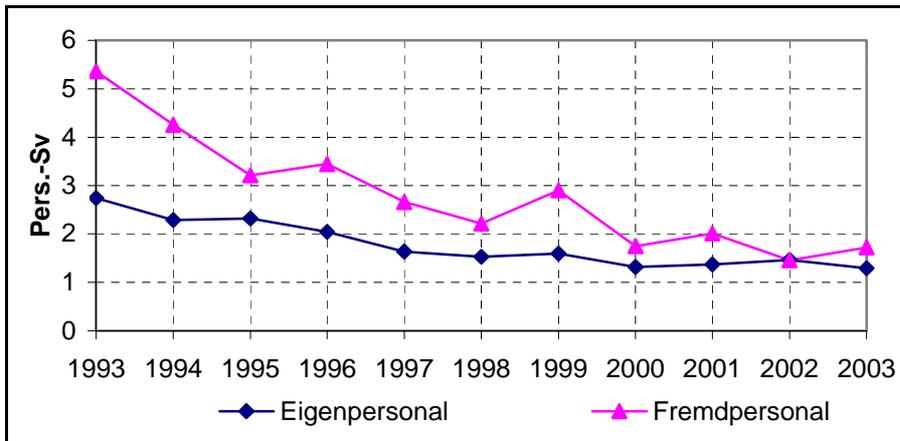
Figur 11/4

3.2 Kollektivdosisanteile von Eigen- und Fremdpersonal

3.2.1 Entwicklung der Kollektivdosen von Eigen- und Fremdpersonal (Pers.-Sv; alle Kernkraftwerke der Schweiz)

Jahr	Eigenpersonal	Fremdpersonal	Summe
1993	2.740	5.360	8.100
1994	2.290	4.260	6.550
1995	2.323	3.212	5.535
1996	2.039	3.448	5.487
1997	1.634	2.663	4.297
1998	1.531	2.212	3.743
1999	1.596	2.903	4.499
2000	1.316	1.753	3.068
2001	1.372	2.008	3.380
2002	1.464	1.457	2.922
2003	1.292	1.721	3.013

Tabelle 13

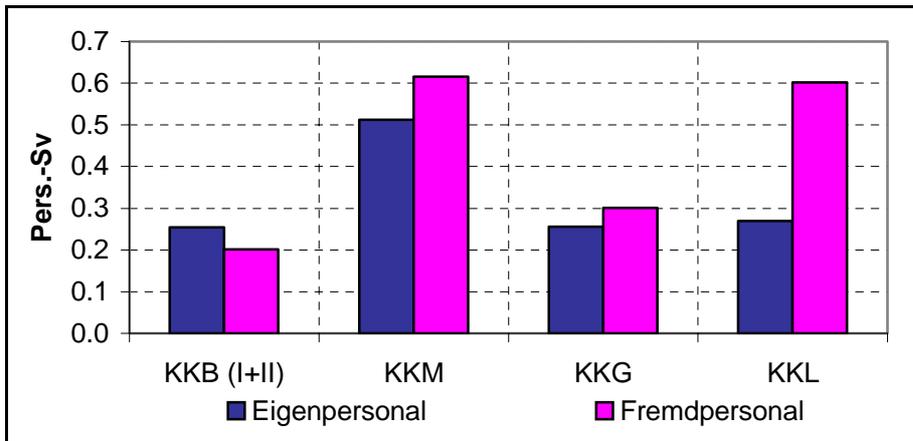


Figur 12

**3.2.2 Kollektivdosen von Eigen- und Fremdpersonal
(Pers.-Sv; pro KKW)**

Personengruppe	KKB (I+II)	KKM	KKG	KKL
Eigenpersonal	0.254	0.512	0.256	0.270
Fremdpersonal	0.202	0.616	0.301	0.602
Summe	0.456	1.128	0.557	0.872

Tabelle 14



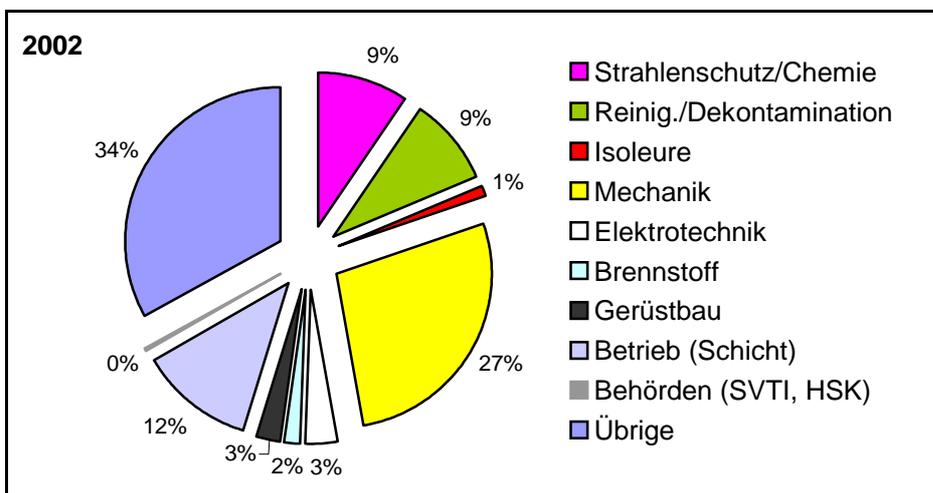
Figur 13

3.3 Kollektivdosisanteile von Personengruppen

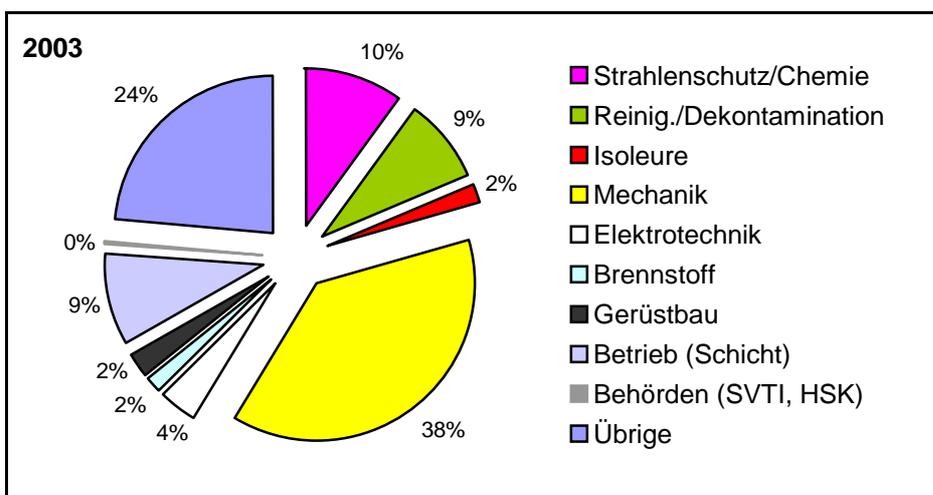
3.3.1 Entwicklung der Kollektivdosisanteile von Personengruppen (Pers.-Sv; alle Kernkraftwerke der Schweiz)

Personengruppe	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Strahlenschutz/Chemie	0.570	0.453	0.377	0.396	0.410	0.333	0.315	0.276	0.294
Reinig./Dekontamination	0.379	0.416	0.357	0.355	0.360	0.259	0.255	0.272	0.256
Isoleure	0.119	-	0.060	0.105	0.156	0.037	0.076	0.026	0.056
Mechanik	1.834	2.131	1.640	1.303	1.249	0.941	1.075	0.803	1.122
Elektrotechnik	0.219	0.285	0.210	0.207	0.205	0.132	0.130	0.101	0.117
Brennstoff	0.092	0.059	0.111	0.069	0.072	0.070	0.066	0.050	0.049
Gerüstbau	0.464	0.643	0.094	0.138	0.172	0.099	0.099	0.074	0.073
Betrieb (Schicht)	0.048	-	0.299	0.308	0.360	0.324	0.326	0.345	0.274
Behörden (SVTI, HSK)	0.012	0.016	0.015	0.012	0.014	0.016	0.017	0.011	0.012
Übrige	1.813	1.484	1.133	0.838	1.426	0.857	1.021	0.964	0.695
Summe	5.551	5.488	4.297	3.731	4.425	3.068	3.380	2.922	2.949

Tabelle 15



Figur 14/1



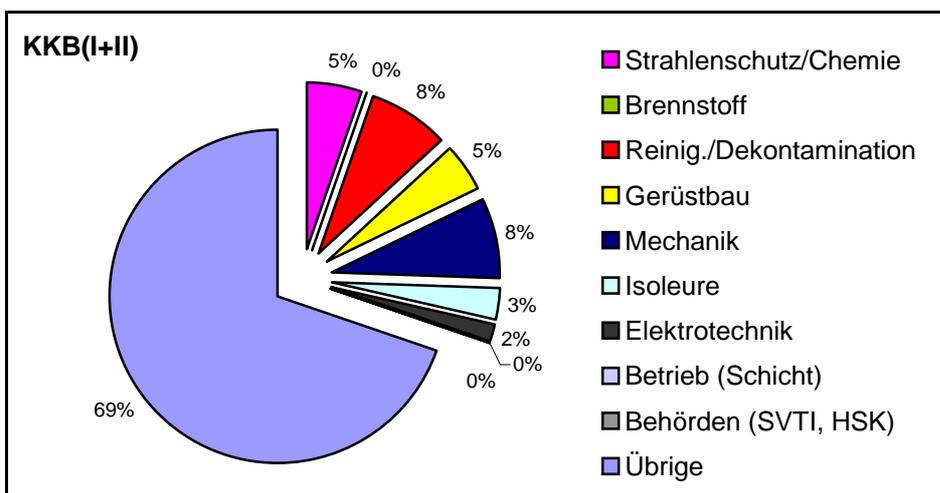
Figur 14/2

**3.3.2 Kollektivdosisanteile von Personengruppen
(Pers.-Sv; pro KKW im Berichtsjahr)**

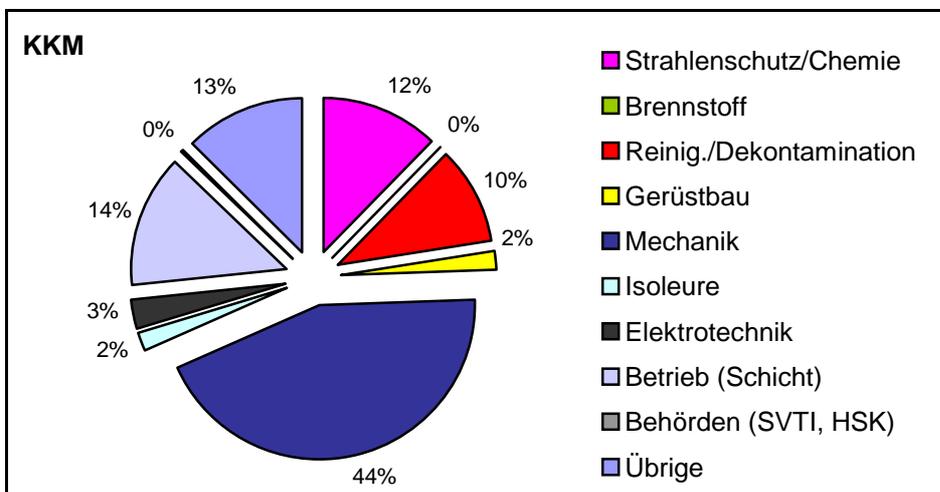
Personengruppe	KKB(I+II)	KKM	KKG	KKL
Strahlenschutz/Chemie	0.024	0.129	0.041	0.100
Brennstoff	-	0.002	0.012	0.036
Reinig./Dekontamination	0.035	0.108	0.078	0.035
Gerüstbau	0.022	0.023	-	0.028
Mechanik	0.035	0.465	0.138	0.485
Isoleure	0.015	0.023	-	0.019
Elektrotechnik	0.007	0.031	0.026	0.052
Betrieb (Schicht)	-	0.146	0.027	0.101
Behörden (SVTI, HSK)	-	0.003	0.005	0.004
Übrige	0.318 *	0.134	0.230	0.013
Summe	0.456	1.064	0.557	0.872

Tabelle 16

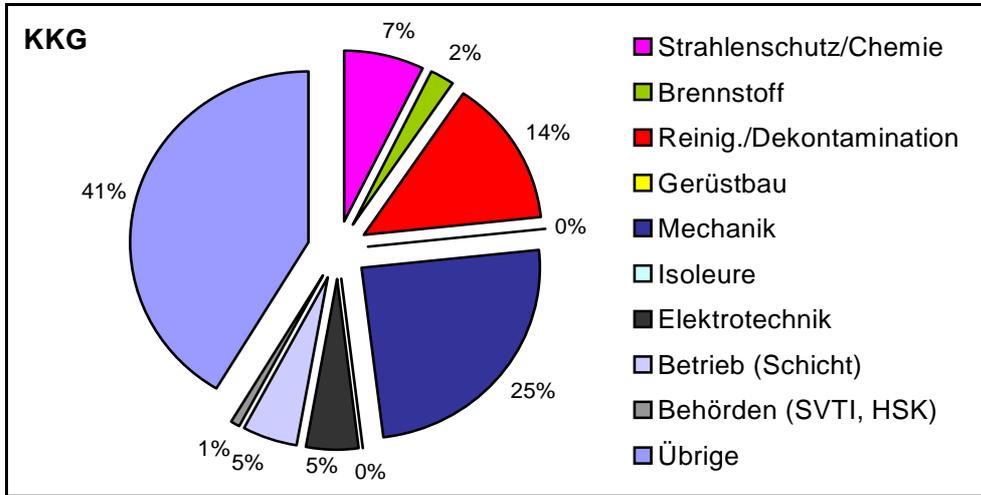
* inkl. 0.008 Pers.-Sv für Personal, welches Abschirmungen errichtet und abbaut



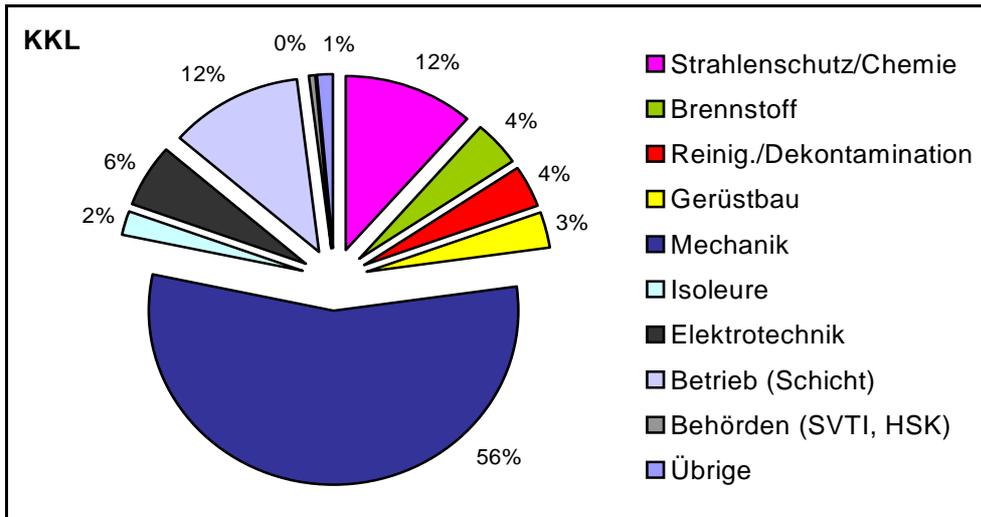
Figur 15/1



Figur 15/2



Figur 15/3



Figur 15/4

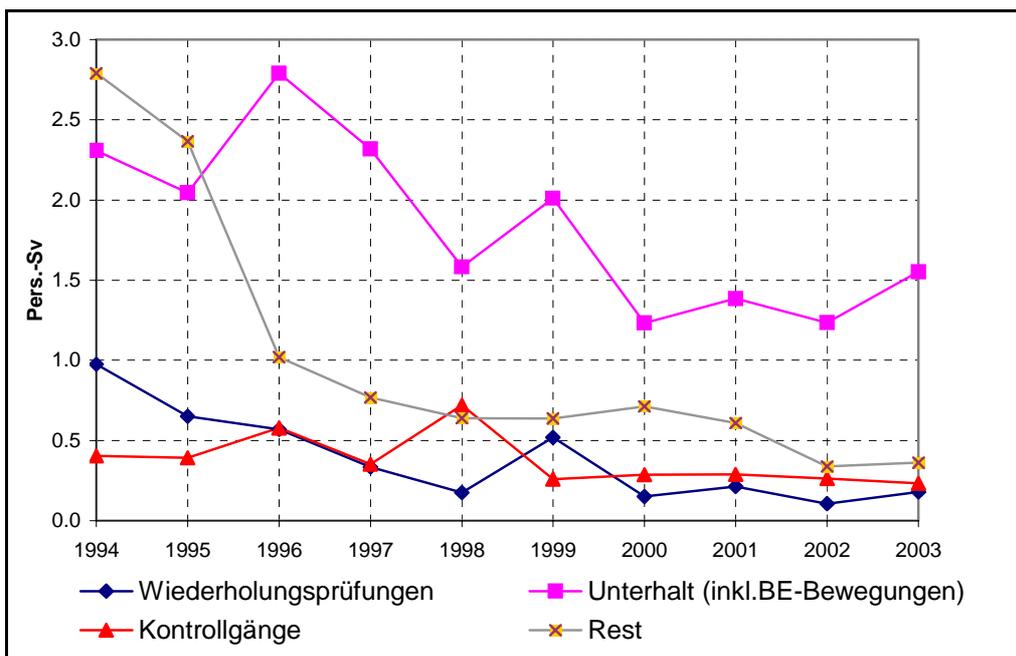
3.4 Kollektivdosisanteile von Tätigkeiten

3.4.1 Entwicklung der Kollektivdosisanteile von Tätigkeiten (Pers.-Sv; alle Kernkraftwerke der Schweiz)

Tätigkeit	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Wiederholungsprüfungen	0.975	0.652	0.569	0.335	0.175	0.518	0.151	0.213	0.105	0.179
Unterhalt (inkl.BE-Bewegungen)	2.309	2.045	2.790	2.319	1.583	2.010	1.233	1.385	1.235	1.552
Ausserordentlicher Unterhalt	0.081	0.008	0.238	0.493	0.086	-	0.008	0.190	0.007	0.001
Nachrüsten	-	0.088	0.294	0.029	0.081	0.018	0.156	0.156	0.005	0.056
Kontrollgänge	0.404	0.392	0.579	0.352	0.720	0.260	0.287	0.287	0.264	0.232
Rest	2.790	2.366	1.019	0.768	0.640	0.638	0.712	0.609	0.338	0.362

Tabelle 17

Da für die Kategorien „Ausserordentlicher Unterhalt“ und „Nachrüstungen“ nicht in jedem Jahr Meldungen erfolgen und hier ein zeitlicher Vergleich wenig Sinn macht, zeigt die untenstehende Graphik nur die zeitliche Entwicklung der Kollektivdosen für die restlichen Kategorien.



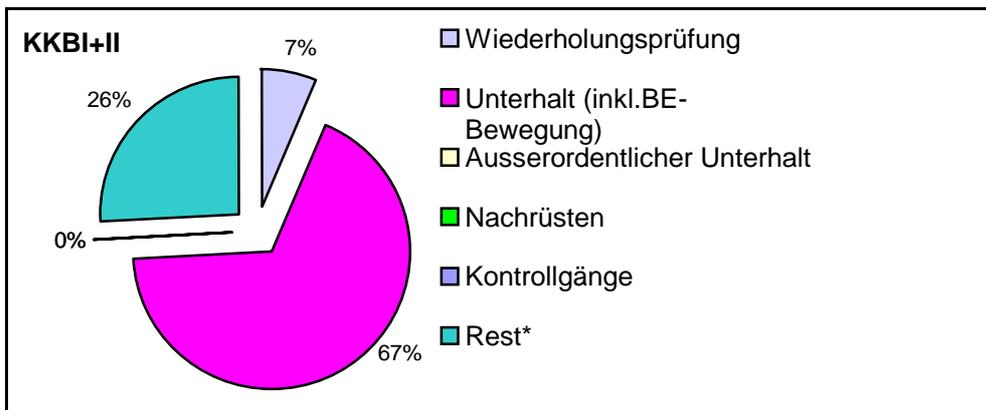
Figur 16

3.4.2 Kollektivdosisanteile von Tätigkeiten im Berichtsjahr (Pers.-Sv)

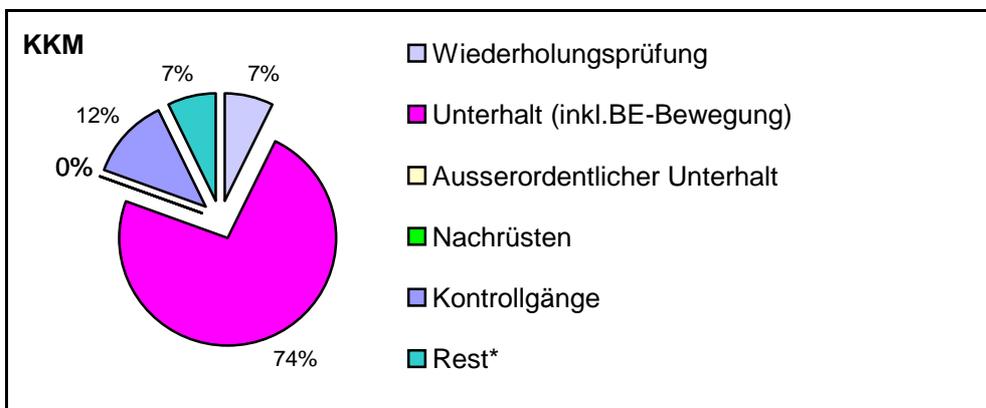
Tätigkeit	KKBI+II	KKM	KKG	KKL
Wiederholungsprüfung	0.029	0.077	-	0.073
Unterhalt (inkl.BE-Bewegung)	0.301	0.781	-	0.471
Ausserordentlicher Unterhalt	-	-	-	0.001
Nachrüsten	-	-	-	0.056
Kontrollgänge	-	0.131	-	0.101
Rest*	0.116	0.076	-	0.170
Summe	0.446	1.064	-	0.872

Tabelle 18

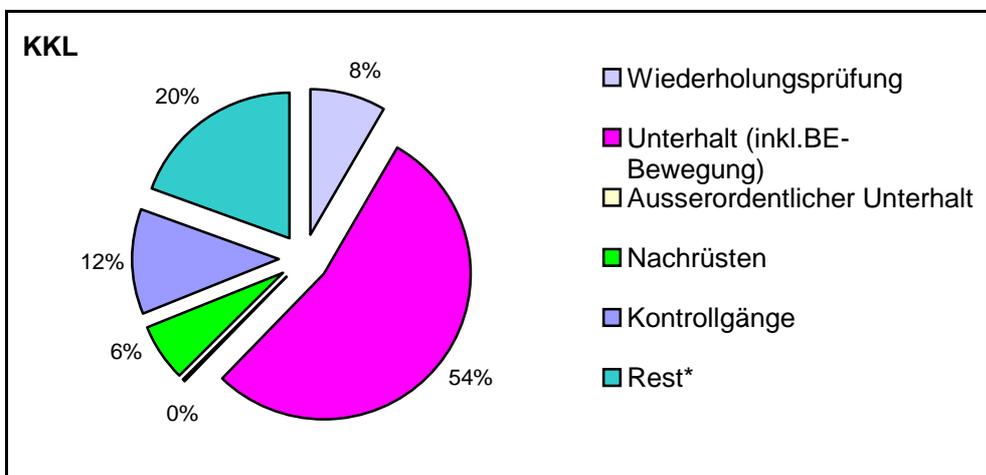
* In der Tätigkeit *Rest* sind bei KKM und KKL die Abfallbehandlungen enthalten



Figur 17/1



Figur 17/2



Figur 17/3

4 Detaillierte Aufteilung der Exposition in den einzelnen Anlagen

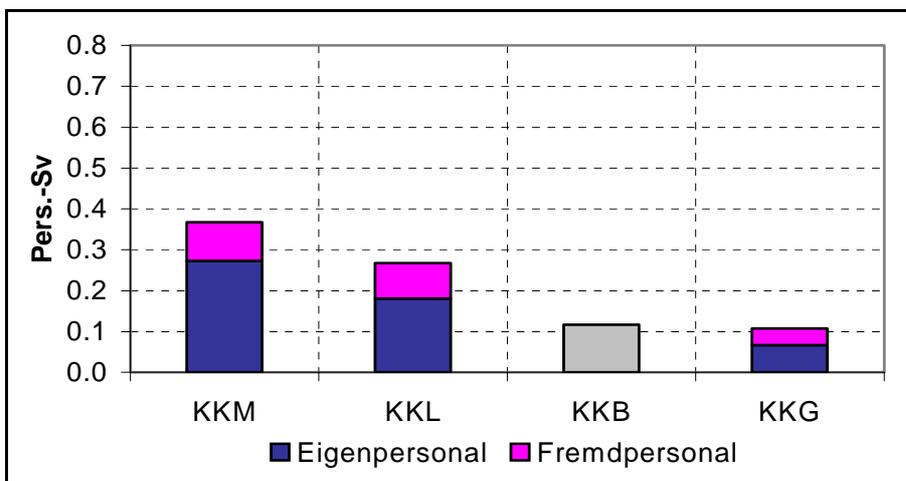
Im Berichtsjahr 2003 war ein ungeplanter Stillstand des KKM zu verzeichnen.

4.1 Kollektivdosen des Eigen- und Fremdpersonals in den Betriebsphasen

4.1.1 Kollektivdosen von Eigen- und Fremdpersonal im Leistungsbetrieb (Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppe	KKM	KKL	KKB	KKG
Eigenpersonal	0.273	0.180	-	0.067
Fremdpersonal	0.096	0.087	-	0.040
Summe	0.358	0.273	0.116	0.107

Tabelle 19

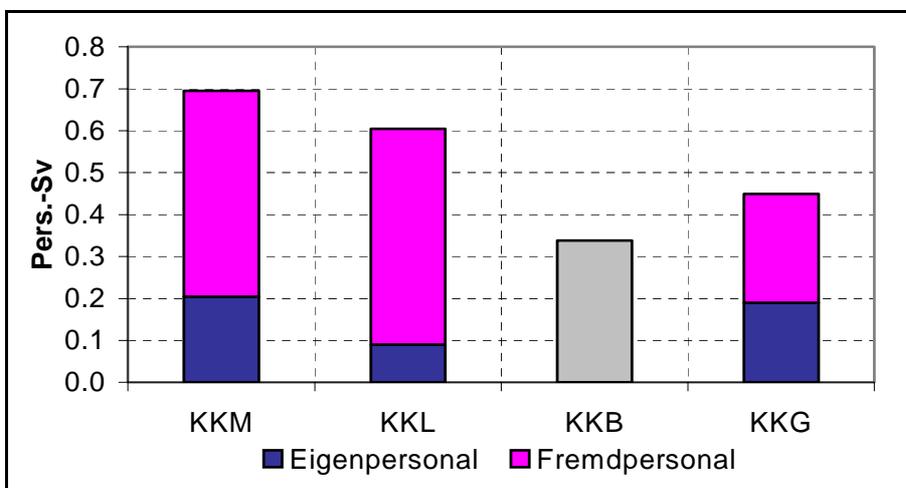


Figur 18

4.1.2 Kollektivdosen von Eigen- und Fremdpersonal; geplanter Stillstand (Pers.-Sv pro KKW)

Personengruppe	KKM	KKL	KKB	KKG
Eigenpersonal	0.204	0.090	-	0.190
Fremdpersonal	0.492	0.515	-	0.260
Summe	0.707	0.600	0.340	0.450

Tabelle 20



Figur 19

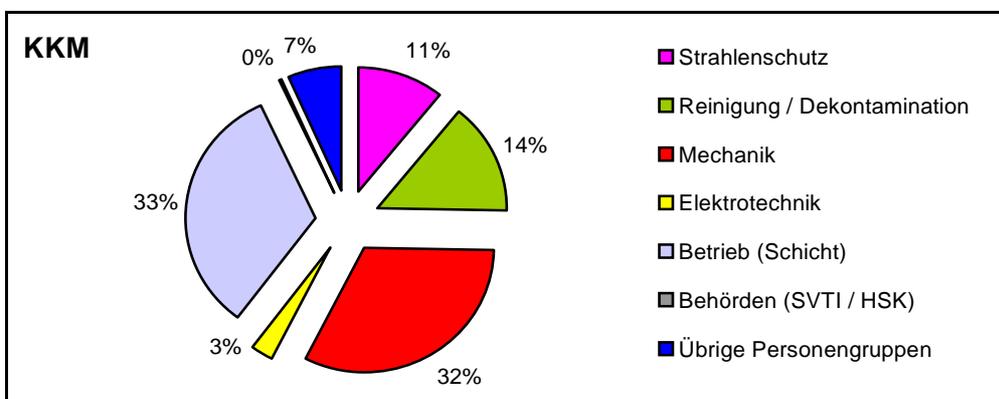
KKB gibt bei den arbeitsspezifischen Kollektivdosen für den Leistungsbetrieb und bei den Stillständen nur die Summe von EP+FP an.

4.2 Kollektivdosen von Personengruppen in den Betriebsphasen

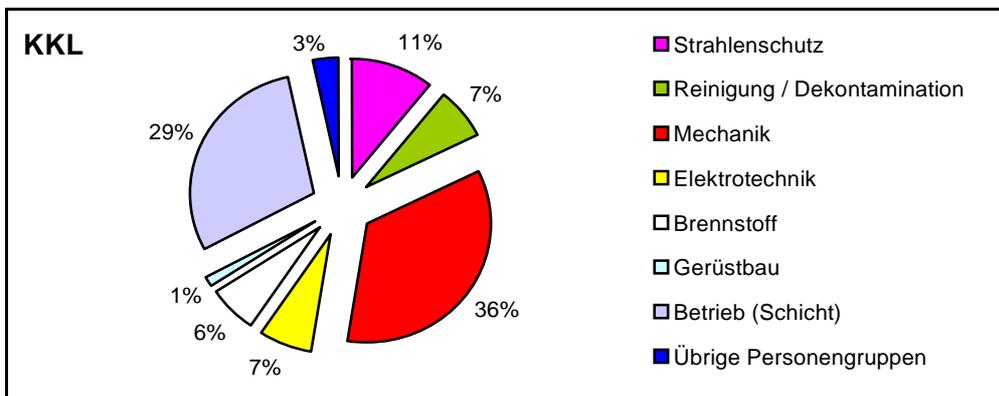
4.2.1 Kollektivdosisanteile von Personengruppen im Leistungsbetrieb (Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppen	KKM	KKL	KKB	KKG
Strahlenschutz	0.039	0.030	-	0.017
Reinigung / Dekontamination	0.051	0.019	-	0.018
Mechanik	0.115	0.094	-	0.014
Elektrotechnik	0.010	0.019	-	0.002
Brennstoff	0.001	0.017	-	0.006
Gerüstbau	-	0.004	-	-
Isoleure	-	0.001	-	-
Betrieb (Schicht)	0.116	0.080	-	0.016
Behörden (SVTI / HSK)	0.001	0.001	-	0.000
Übrige Personengruppen	0.024	0.009	0.116	0.035

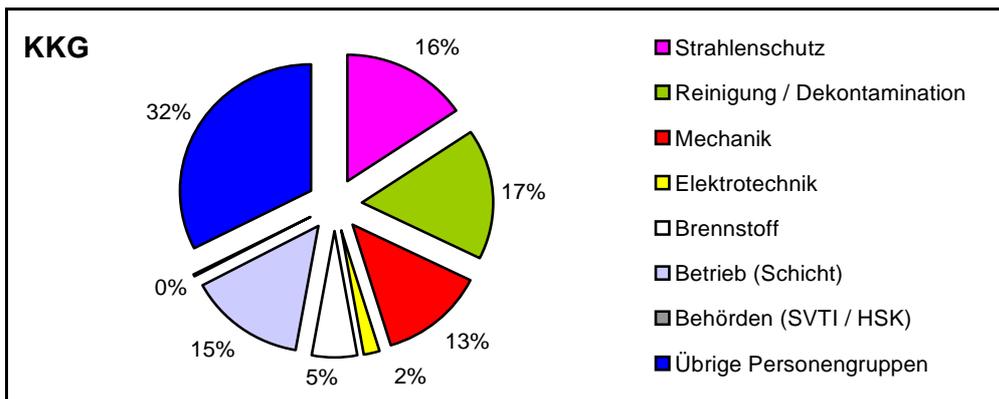
Tabelle 21



Figur 20/1



Figur 20/2



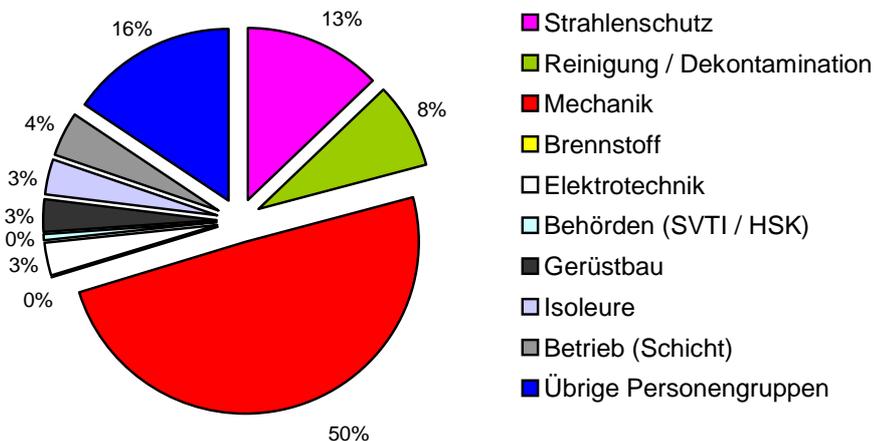
Figur 20/3

4.2.2 Kollektivdosisanteile von Personengruppen; geplanter Stillstand (Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Personengruppe	KKM	KKL	KKB	KKG
Strahlenschutz	0.090	0.071	0.024	0.024
Reinigung / Dekontamination	0.057	0.016	0.035	0.060
Mechanik	0.350	0.390	0.035	0.124
Brennstoff	0.001	0.019	-	0.006
Elektrotechnik	0.022	0.033	0.007	0.024
Behörden (SVTI / HSK)	0.002	0.003	-	0.005
Gerüstbau	0.023	0.024	0.022	-
Isoleure	0.023	0.018	0.015	-
Betrieb (Schicht)	0.030	0.021	-	0.012
Übrige Personengruppen	0.110	0.004	0.194	0.195
Abschirmungen	-	-	0.008	-

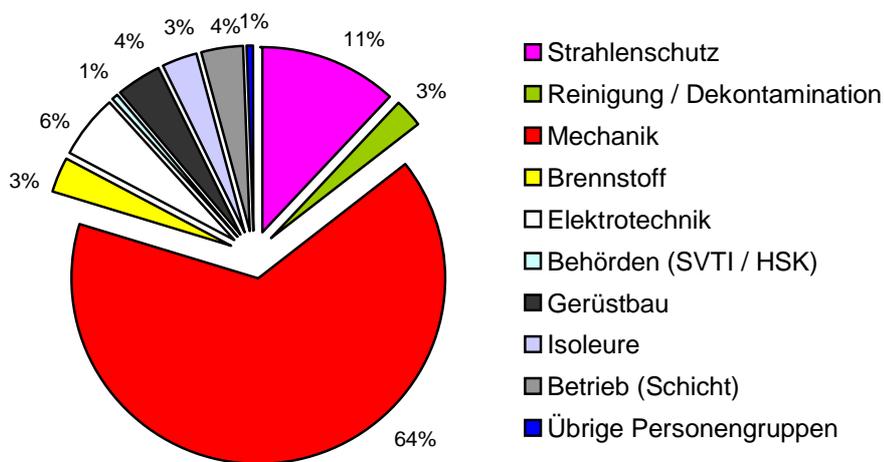
Tabelle 22

KKM



Figur 21/1

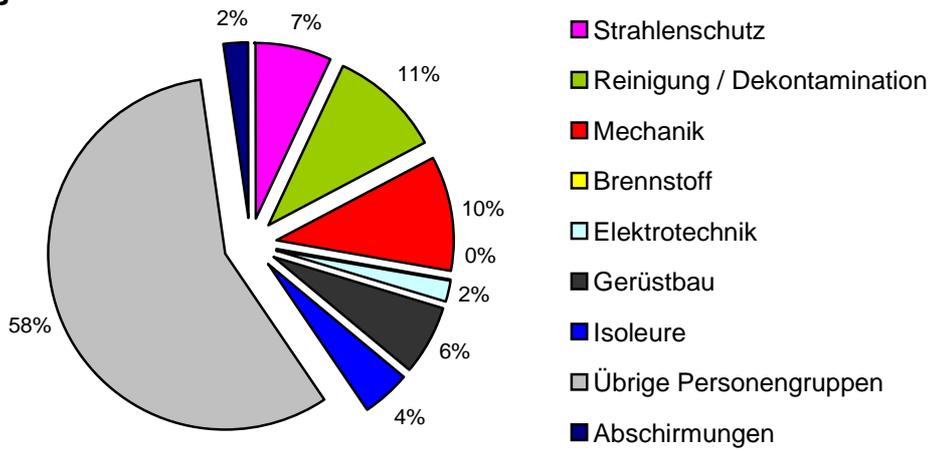
KKL



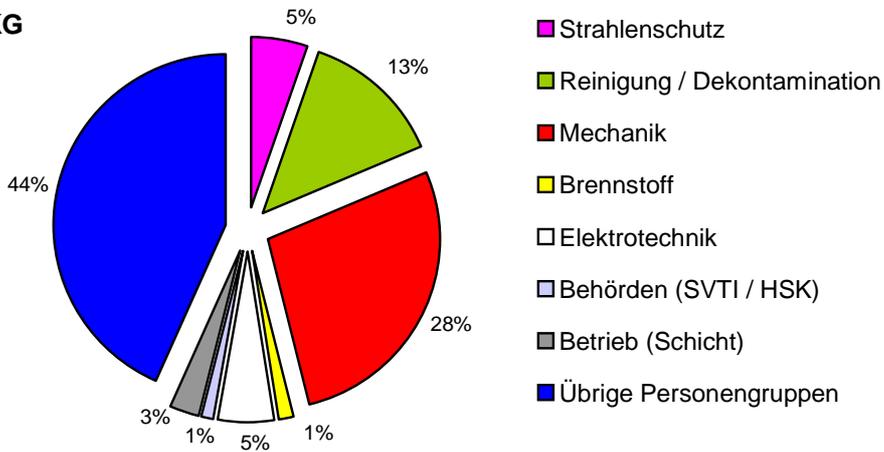
Figur 21/2

Figur 21/3

KKB



KKG



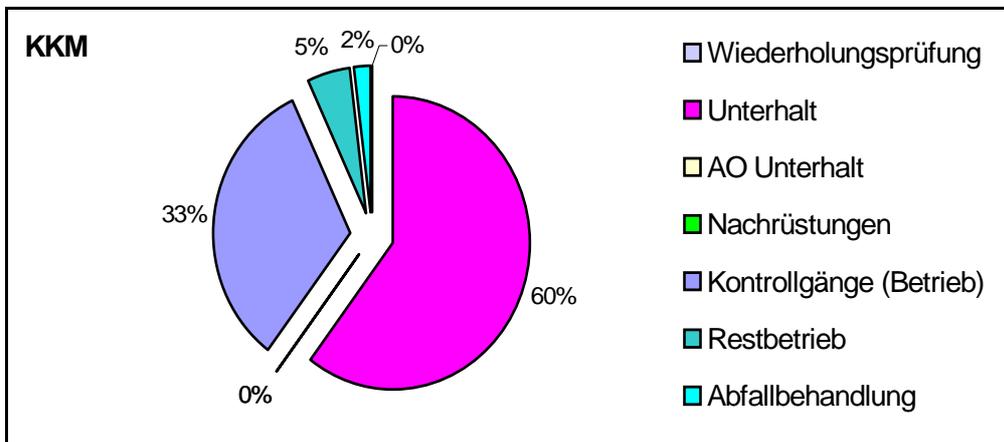
Figur 21/4

4.3 Kollektivdosen der Tätigkeiten in den Betriebsphasen

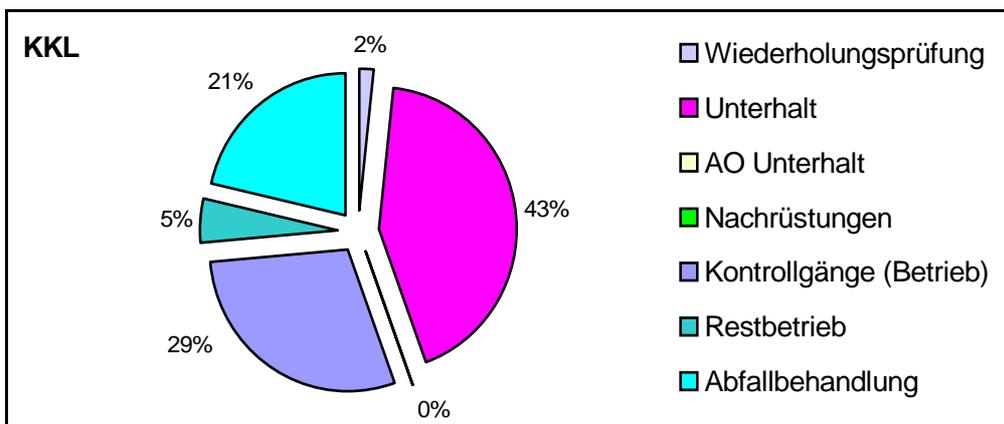
4.3.1 Kollektivdosisanteile von Tätigkeiten im Leistungsbetrieb (Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Tätigkeit	KKB	KKG	KKM	KKL
Wiederholungsprüfung	-	-	-	0.004
Unterhalt	-	-	0.216	0.117
AO Unterhalt	-	-	-	-
Nachrüstungen	-	-	-	-
Kontrollgänge (Betrieb)	-	-	0.116	0.080
Restbetrieb	0.116	-	0.018	0.013
Abfallbehandlung	-	-	0.007	0.059
Total	0.116	-	0.358	0.273

Tabelle 23



Figur 22/1

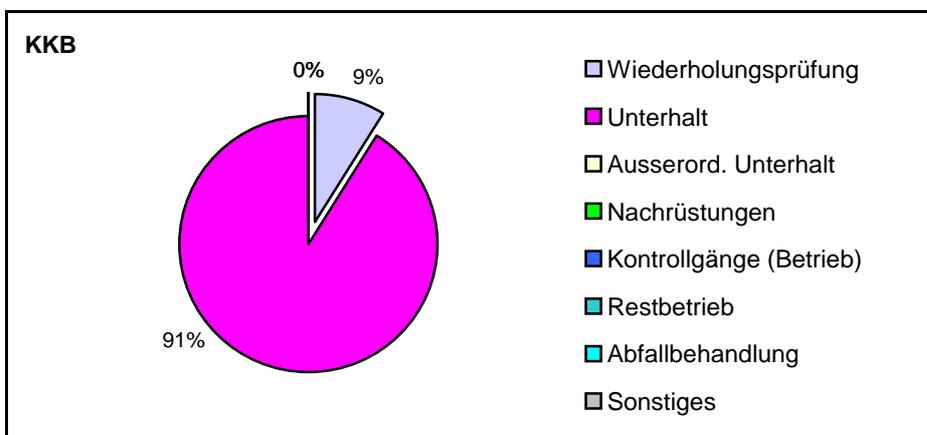


Figur 22/2

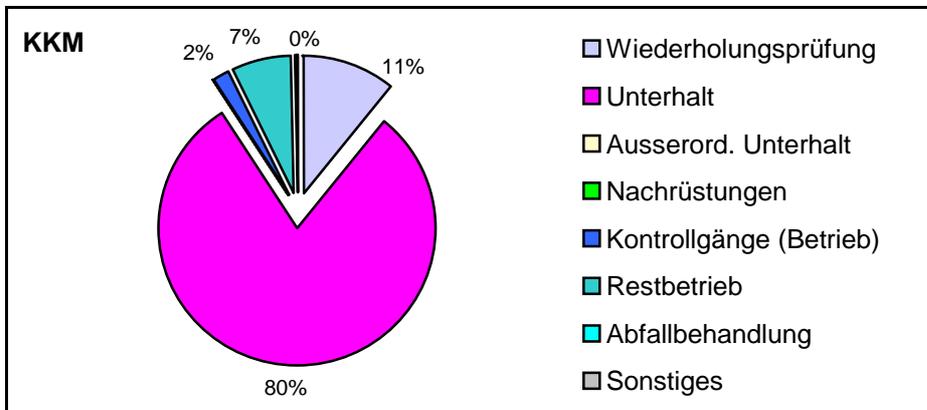
4.3.2 Kollektivdosisanteile von Tätigkeiten; geplanter Stillstand (Pers.-Sv pro KKW im Berichtsjahr)

Tätigkeit	KKB	KKG	KKM	KKL
Wiederholungsprüfung	0.029	-	0.077	0.069
Unterhalt	0.301	-	0.565	0.354
Ausserord. Unterhalt	-	-	-	0.001
Nachrüstungen	-	-	-	0.056
Kontrollgänge (Betrieb)	-	-	0.015	0.021
Restbetrieb	-	-	0.048	0.008
Abfallbehandlung	-	-	0.002	0.091
Sonstiges	-	-	-	-
Total	0.330	-	0.707	0.600

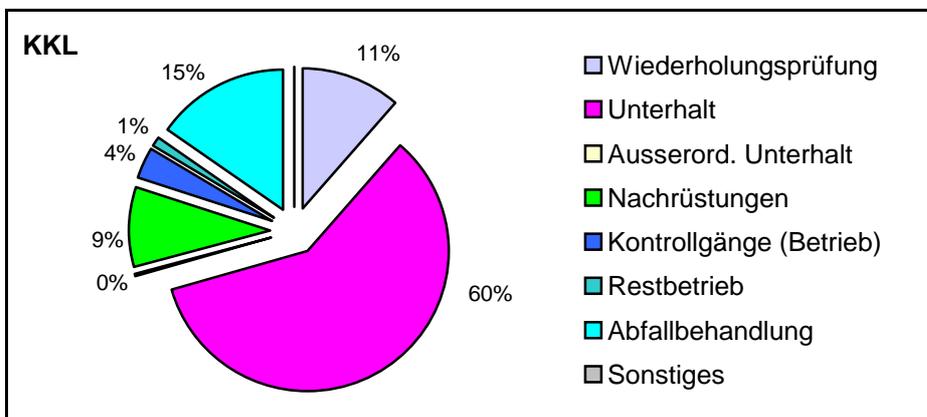
Tabelle 24



Figur 23/1



Figur 23/2



Figur 23/3

4.4 Tätigkeitsbezogene Kollektivdosen bei Druck- (DWR) bzw. Siedewasserreaktoren (SWR)

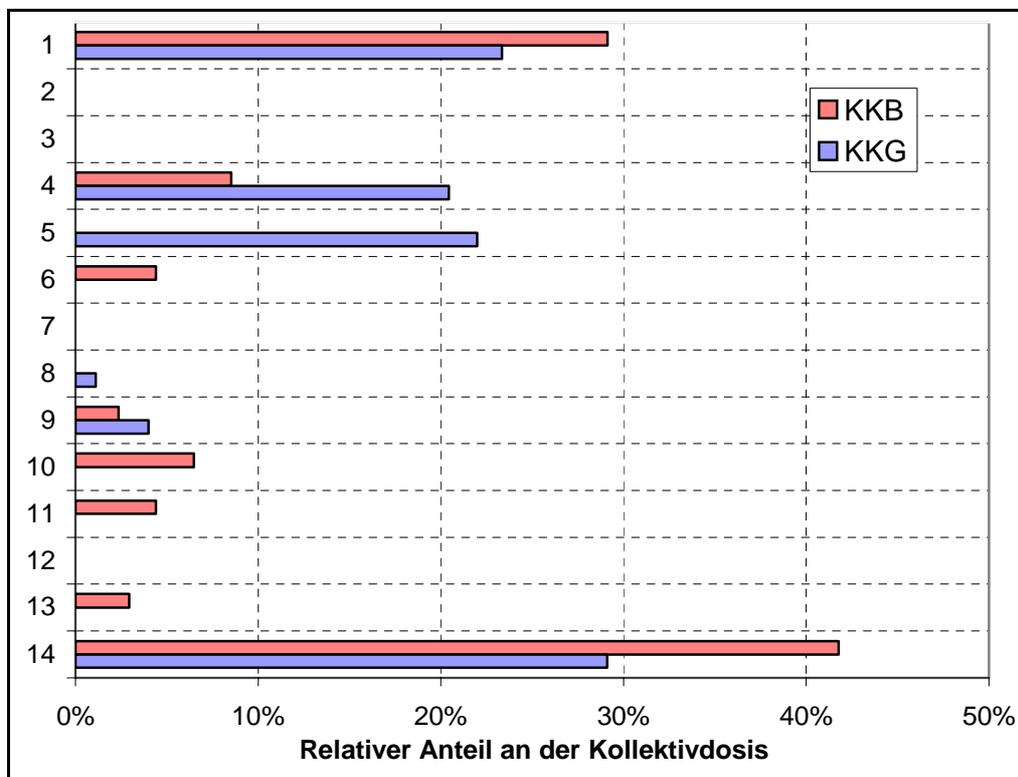
4.4.1 Tätigkeitsbezogene Kollektivdosen in DWR; geplanter Stillstand (Pers.-Sv im Berichtsjahr)

Anlage	KKB			KKG			
	EPD korrigiert			TLD			
Dosimeter	EP	FP	Total KKB	EP	FP	Total KKG	
RDB auf/zu Grubenreinigung	1	-	-	0.099	-	-	0.105
BE-Bewegungen (alle)	2	-	-	-	-	-	-
Wiederholungsprüfung DE	3	-	-	-	-	-	-
Wiederholungsprüfung Primärsystem	4	-	-	0.029	-	-	0.092
Wiederholungsprüfung Rest	5	-	-	-	-	-	0.099
DE-Arbeiten ohne Wiederholungsprüfung	6	-	-	0.015	-	-	-
Arbeiten am Primärsystem	7	-	-	-	-	-	-
Arbeiten an Hauptkühlmittelpumpen	8	-	-	-	-	-	0.005
Abschirmarbeiten	9	-	-	0.008	-	-	0.018
Gerüstbau	10	-	-	0.022	-	-	-
Isolationsarbeiten	11	-	-	0.015	-	-	-
Arbeiten mit Jobdosen > 50 Pers.-mSv	12	-	-	-	-	-	-
Arbeiten von speziellem Interesse	13	-	-	0.010	-	-	-
Übrige Stillstandsarbeiten	14	-	-	0.142	-	-	0.131
Total				0.340			0.450

Tabelle 25

Arbeiten mit Jobdosen > 50 Pers.-mSv waren:

- Im KKB: keine
- Im KKG: Schweißnahtprüfungen an der Dampferzeuger-Primärkalotte YB20B001
Prüfung der RDB-Bolzen und Gewindesacklöcher



Figur 24

4.4.2 Tätigkeitsbezogene Kollektivdosen in SWR; geplanter Stillstand (Pers.-Sv im Berichtsjahr)

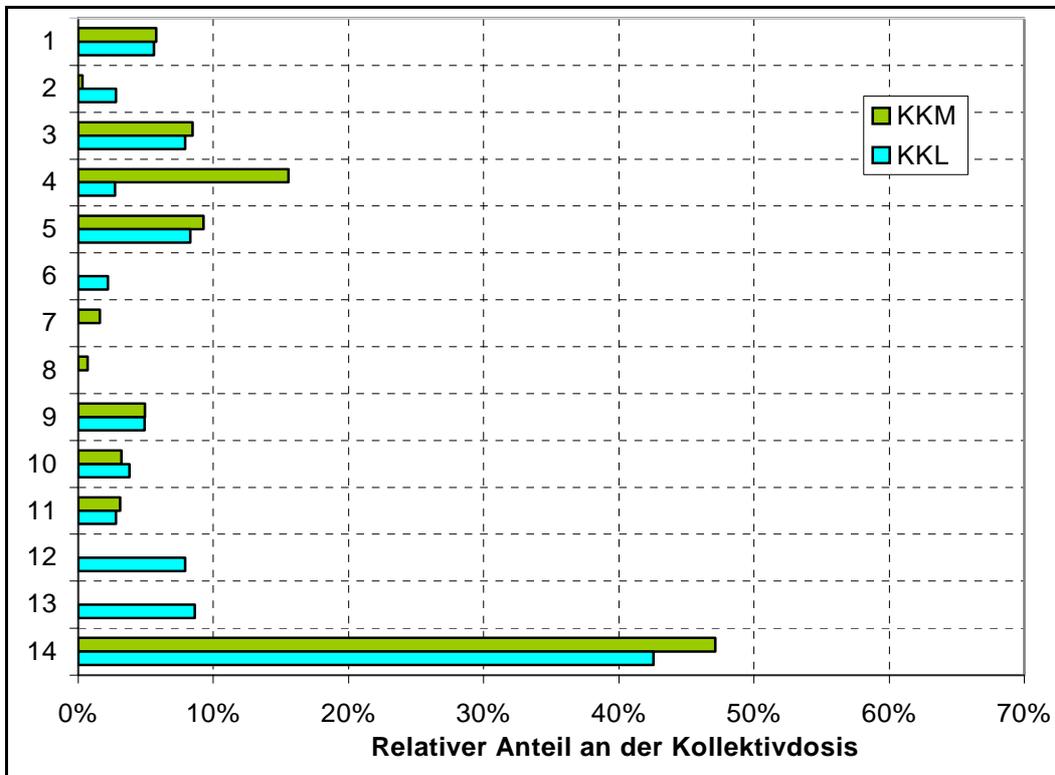
Anlage	KKM			KKL			
	EPD unkorrigiert			EPD unkorrigiert			
Tätigkeit	EP	FP	Total KKM	EP	FP	Total KKL	
RDB auf/zu Grubenreinigung	1	0.018	0.022	0.040	0.004	0.033	0.037
BE-Bewegungen (alle)	2	0.002	-	0.002	0.013	0.005	0.018
Wiederholungsprüfung Drywell	3	0.028	0.031	0.059	-	0.052	0.052
Wiederholungsprüf. MH* und Rest	4	0.036	0.072	0.108	0.001	0.017	0.018
CRD Arbeiten	5	0.028	0.036	0.064	0.001	0.054	0.054
Umwälzpumpenarbeiten	6	-	-	-	-	0.014	0.014
RWCU / KRA Arbeiten	7	0.006	0.006	0.011	-	-	-
Arbeiten am TK	8	-	0.005	0.005	-	-	-
Abschirmarbeiten	9	-	0.034	0.034	0.005	0.027	0.032
Gerüstbau	10	0.005	0.017	0.022	-	0.025	0.025
Isolationsarbeiten	11	-	0.021	0.021	-	0.018	0.018
Arbeiten > 50 Pers.-mSv	12	-	-	-	-	0.052	0.052
Arbeiten von speziellem Interesse	13	-	-	-	0.001	0.055	0.057
Übrige Stillstandsarbeiten	14	0.080	0.247	0.328	0.064	0.215	0.279
Total		0.204	0.492	0.695	0.088	0.460	0.657

Tabelle 26

MH* Maschinenhaus

Arbeiten mit Jobdosen > 50 Pers.-mSv waren:

- Im KKL: Wechsel der Steuerstabantriebe, Ultraschallprüfung der RDB-Bodenkalotte
- Im KKM: keine



Figur 25

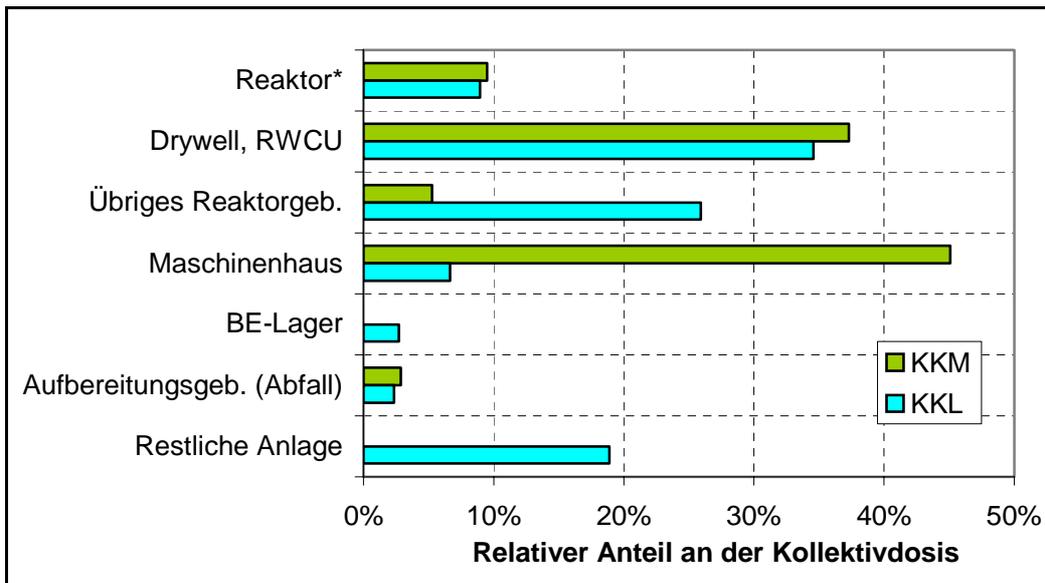
4.5 Verteilung der Kollektivdosen auf Gebäude und Gebäudeteile

4.5.1 Verteilung der Kollektivdosen auf Gebäude und Gebäudeteile (Pers.-mSv; SWR im Berichtsjahr)

Gebäude Dosimeter	KKM			KKL		
	EPD korrigiert			TLD		
	EP	FP	Total KKM	EP	FP	Total KKL
Reaktor*	48.37	58.66	107.03	17.28	60.87	78.15
Drywell, RWCU	138.30	282.44	420.74	23.04	278.49	301.53
Übriges Reaktorgeb.	28.62	30.82	59.44	54.85	171.17	226.03
Maschinenhaus	278.24	230.44	508.68	22.85	35.16	58.01
BE-Lager				8.18	15.55	23.72
Aufbereitungsgeb. (Abfall)	18.54	13.77	32.31	14.53	5.71	20.24
Restliche Anlage				129.29	35.32	164.61
Total	512.07	616.13	1128.21	270.03	602.26	872.29

Tabelle 27

* KKM: +29m; KKL: +28m, BE-Bühne



Figur 26

Für Druckwasserreaktoren liegt eine Aufteilung nach Gebäudeteilen nicht vor.

5 Vergleich zwischen schweizerischen und deutschen Anlagen

5.1 Exposition des Eigen- und Fremdpersonals nach Anlagentyp

5.1.1 Anzahl Personen und Jahreskollektivdosen nach Anlagentyp und Land (Pers.-Sv; BRD: 2001; CH: 2002)

	DWR		SWR		beide Typen	
	EP	FP	EP	FP	EP	FP
Anzahl Personen D	3'824	14'322	1'853	6'404	5'677	20'726
Anzahl Personen CH	703	900	646	1'688	1'349	2'588
Mittel Personen je Anl. D ¹	294	1'102	309	1'067	299	1'091
Mittel Personen je Anl. CH ²	234	300	323	844	270	518
Jahreskoll.-dosis (JKD) D ³	1.570	14.430	1.520	4.660	3.090	19.090
Jahreskoll.-dosis (JKD)CH	0.510	0.503	0.782	1.218	1.292	1.721
Mittlere JKD je Anlage D	0.121	1.110	0.253	0.777	0.163	1.005
Mittlere JKD je Anlage CH	0.170	0.168	0.391	0.609	0.258	0.344

Tabelle 28

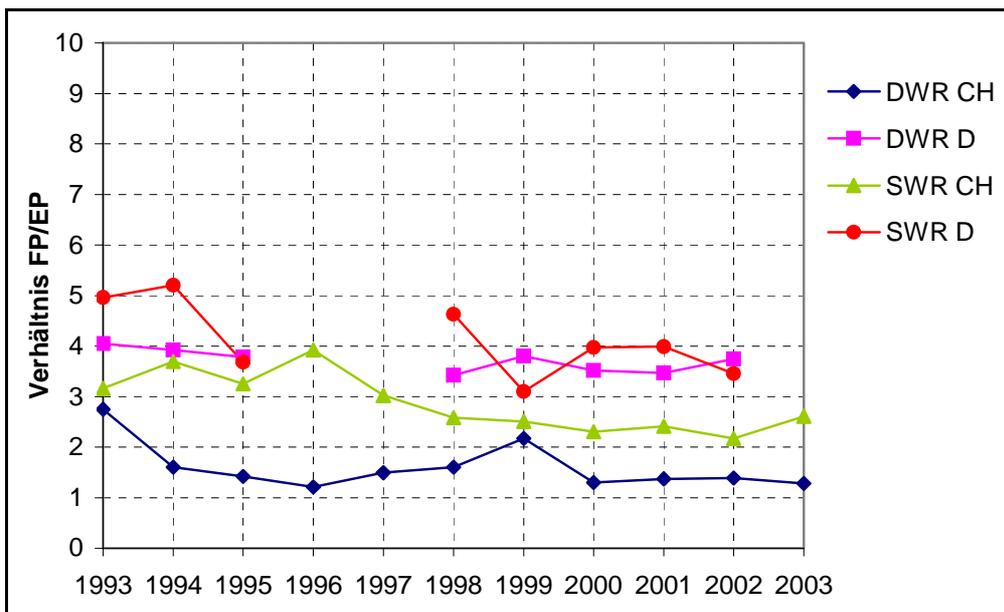
1 D: DWR: 13 Blöcke, SWR: 6 Blöcke

2 CH: DWR: 3 Blöcke, SWR: 2 Blöcke

3 seit 1998 werden von Deutschland nur noch 2 Stellen nach dem Komma gemeldet

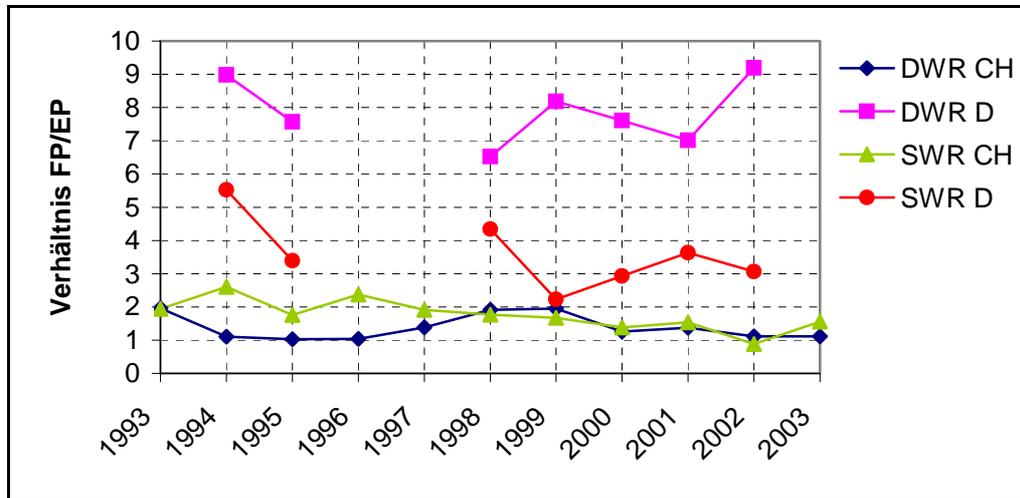
5.1.2 Entwicklung der Verhältnisse Eigenpersonal / Fremdpersonal, mittlere Anzahl und mittlere Jahreskollektivdosen, nach Anlagentyp und Land

Figur 27 zeigt die Entwicklung des Verhältnisses von Fremd- zu Eigenpersonal, wobei die Anzahl Personen über die Anlagen eines Typs gemittelt wurden.



Figur 27

Figur 28 zeigt die Entwicklung des Verhältnisses der Kollektivdosen von Fremd- zu Eigenpersonal, bezogen auf einen Block (zeitliche Entwicklung der Zeilen 2 und 4 von Tabelle 28)



Figur 28

In Deutschland sind absolut gesehen mehr Personen im Kontrollbereich tätig.

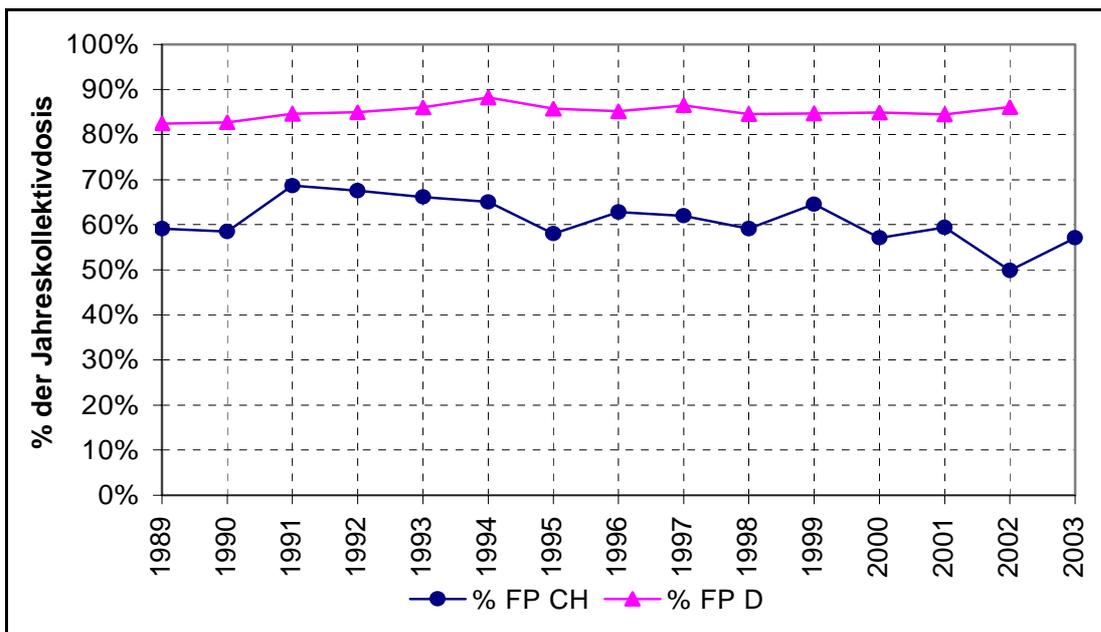
Sowohl in Deutschland wie auch in der Schweiz benötigen die Siedewasserreaktoren im Kontrollbereich erwartungsgemäss etwas mehr Fremdpersonal als die Druckwasserreaktoren.

Während in der Schweiz das Verhältnis der mittleren Kollektivdosis des Fremdpersonals zum Eigenpersonal leicht unter demjenigen der Anzahl liegt, deuten die Zahlen auf eine genau umgekehrte Situation in Deutschland hin. Wenn man berücksichtigt, dass das Eigenpersonal in den deutschen Anlagen vornehmlich Führungs- und Ingenieuraufgaben übernimmt, dann wird diese Beobachtung verständlich.

5.1.3 Kollektivdosisanteil des Fremdpersonals an der Jahreskollektivdosis, Deutschland und Schweiz (Pers.-Sv; %)

Jahr	EP CH	FP CH	Total CH	% FP CH	EP D	FP D	Total D	% FP D
1989	5.034	7.274	12.308	59.10%	9.240	43.330	52.570	82.42%
1990	3.382	4.765	8.147	58.49%	7.000	33.480	40.480	82.71%
1991	2.842	6.226	9.068	68.66%	7.200	39.530	46.730	84.59%
1992	2.764	5.750	8.514	67.54%	6.360	35.910	42.270	84.95%
1993	2.744	5.361	8.105	66.14%	5.220	32.120	37.340	86.02%
1994	2.290	4.260	6.550	65.04%	5.500	41.110	46.610	88.20%
1995	2.323	3.212	5.535	58.03%	5.220	31.350	36.570	85.73%
1996	2.039	3.448	5.487	62.84%	4.730	27.160	31.890	85.17%
1997	1.634	2.663	4.297	61.97%	3.800	24.260	28.060	86.46%
1998	1.531	2.212	3.743	59.10%	3.640	19.920	23.560	84.55%
1999	1.596	2.903	4.499	64.53%	3.370	18.660	22.030	84.70%
2000	1.316	1.753	3.068	57.12%	3.170	17.850	21.020	84.92%
2001	1.372	2.008	3.380	59.42%	2.930	15.900	18.830	84.44%
2002	1.464	1.457	2.922	49.88%	3.090	19.090	22.180	86.07%
2003	1.292	1.721	3.013	57.12%				

Tabelle 29



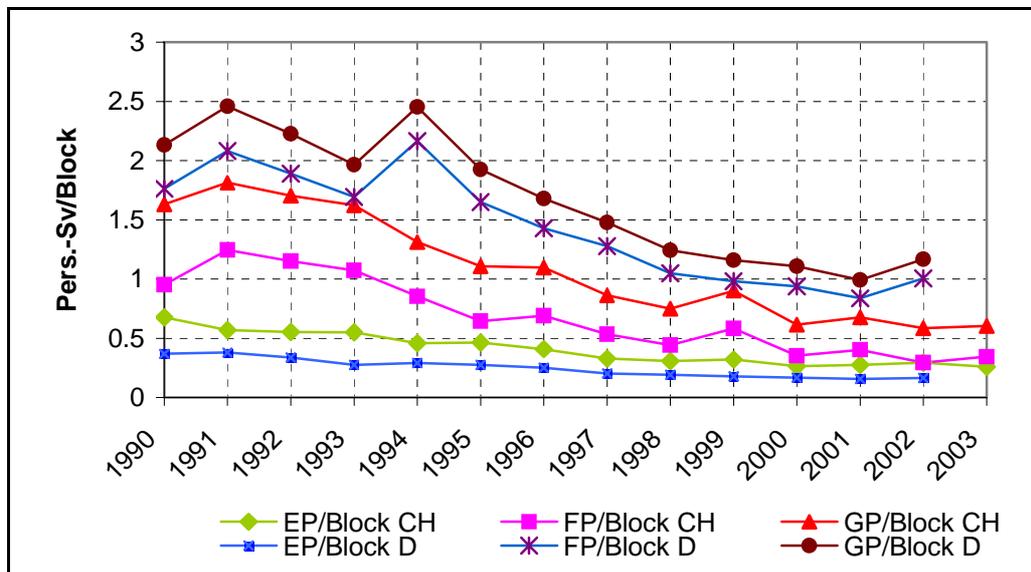
Figur 29

Bei den Kernkraftwerken in Deutschland liegt der Anteil der Kollektivdosis für das Fremdpersonal zwischen 80% und 90%, wobei das Verhältnis bis etwa 1994 stetig angestiegen ist und seither auf einem Niveau von ca. 85% bleibt.

In den schweizerischen Kernkraftwerken schwankte der Wert deutlicher, er liegt um die 60%. Die Schwankungen sind auf die unterschiedlichen Arbeitsaufkommen während den Revisionen zurückzuführen.

Gemäss ISOE (OECD, Fifth Annual Report 1969-1995) betragen die Anteile der Kollektivdosen durch das Fremdpersonal für die Anlagen in Europa im Jahre 1995 bei Druckwasserreaktoren 85% und bei Siedewasserreaktoren 77%, für Anlagen in Japan bei Druckwasserreaktoren 97% und bei Siedewasserreaktoren 95%. Für die USA werden bei Druckwasserreaktoren 52% und bei Siedewasserreaktoren 32% angegeben.

5.1.4 Entwicklung der Kollektivdosen von Eigen- und Fremdpersonal je Anlage; Deutschland und Schweiz (Pers.-Sv pro Block)



Figur 30

Die Absolutzahlen der Kollektivdosen dürfen nicht direkt miteinander verglichen werden, denn die Mittelung findet über Reaktoren unterschiedlichen Typs und Alters statt. Hingegen zeigen die Kurven einen Trend zu tieferen Expositionen des Personals. Die Zunahme der Kollektivdosen bei den schweizerischen Anlagen in den Jahren 1996 und 1999 stehen im Zusammenhang mit grösseren Nachrüstungen; analoges gilt auch für die Spitzen 1994 bei den Dosen der deutschen Anlagen.

5.2 Individualdosen

5.2.1 Mittlere Individualdosen des Eigen- und Fremdpersonals nach Anlagentyp, Deutschland und Schweiz (mSv/Jahr)

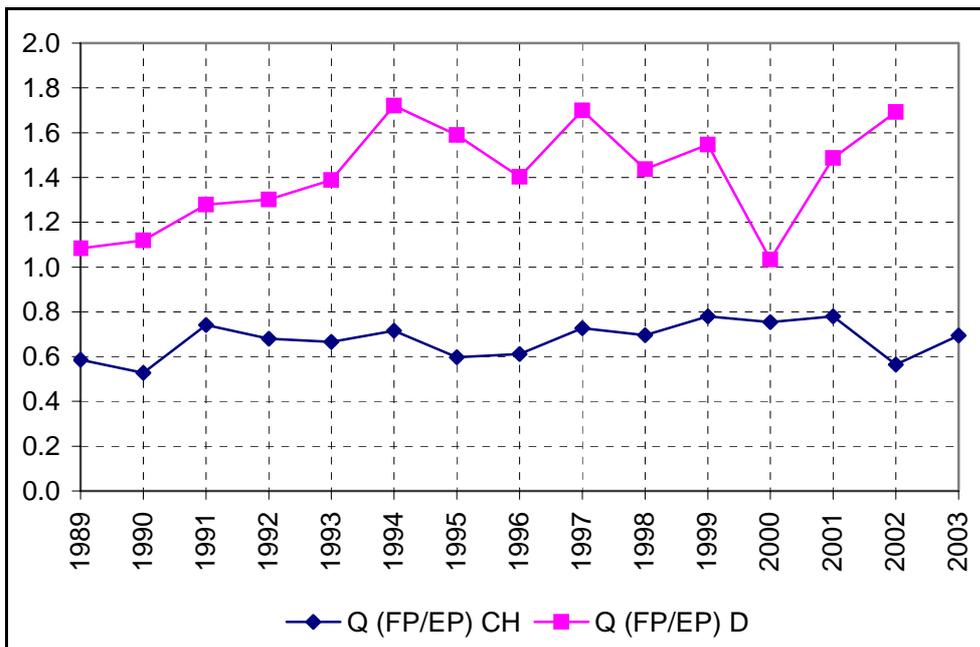
	DWR		SWR		DWR+SWR	
	EP	FP	EP	FP	EP	FP
Mittlere Individualdosen Deutschland (2002)	0.411	1.008	0.820	0.728	0.544	0.921
Mittlere Individualdosen Schweiz (2003)	0.725	0.559	1.211	0.722	0.958	0.665

Tabelle 30

5.2.2 Entwicklung des Verhältnisses zwischen mittleren Individualdosen von Eigen- und Fremdpersonal, Deutschland und Schweiz (mSv/Jahr)

Jahr	EP CH	FP CH	Q (FP/EP) CH	EP D	FP D	Q (FP/EP) D
1989	4.427	2.594	0.586	1.499	1.624	1.084
1990	2.941	1.550	0.527	1.098	1.228	1.119
1991	2.378	1.764	0.742	1.108	1.418	1.279
1992	2.206	1.501	0.680	0.962	1.253	1.302
1993	2.156	1.434	0.665	0.789	1.095	1.388
1994	1.795	1.285	0.716	0.830	1.428	1.721
1995	1.804	1.078	0.598	0.778	1.237	1.590
1996	1.594	0.974	0.611	0.759	1.064	1.402
1997	1.265	0.920	0.728	0.615	1.046	1.700
1998	1.169	0.813	0.695	0.593	0.852	1.437
1999	1.230	0.959	0.779	0.561	0.868	1.546
2000	1.015	0.765	0.754	0.491	0.892	1.033
2001	1.053	0.822	0.780	0.516	0.767	1.486
2002	1.131	0.638	0.564	0.544	0.921	1.692
2003	0.958	0.665	0.694			

Tabelle 31



Figur 31

Zunächst ist festzustellen, dass sich die mittlere Exposition des Eigenpersonals in den vergangenen zehn Jahren sowohl in Deutschland als auch in der Schweiz halbiert hat. Beim Fremdpersonal Q(FP/EP) ist ebenfalls eine Reduktion der mittleren Exposition festzustellen.

Aus der Entwicklung der Verhältnisse zwischen den mittleren Individualdosen von Eigen- und Fremdpersonal kann zunächst festgestellt werden, dass in Deutschland die Exposition des Fremdpersonals im Verhältnis zum Eigenpersonal in der Vergangenheit stetig zugenommen hat. Die Werte für 1996, 1998, 2000 und 2001 weisen auf eine mögliche Trendwende hin. In der Schweiz ist dieses Verhältnis mehr oder weniger konstant geblieben und das Fremdpersonal wird im Mittel etwas weniger exponiert als das Eigenpersonal.

5.3 Kollektivdosen der Betriebsphasen

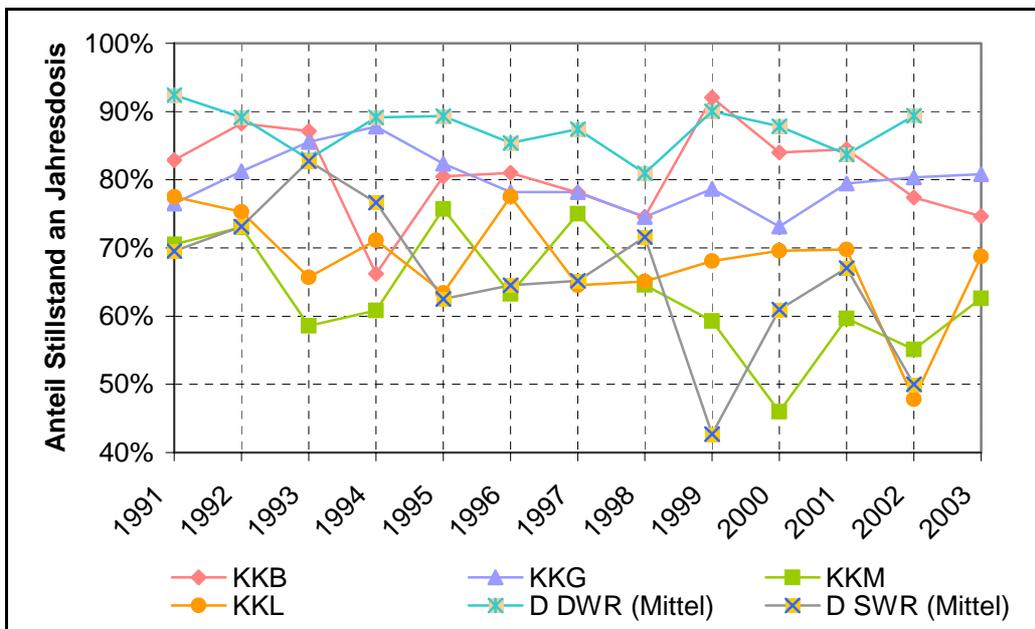
5.3.1 Entwicklung des Anteils der Stillstands- an der Jahreskollektivdosis, Deutschland und Schweiz (%)

Der in Deutschland üblichen Revisions- und Stillstands-dosis entspricht in der Schweiz die Stillstands-dosis.

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Druckwasserreaktoren											
BRD (Mittelwert)	83.0	89.2	89.3	85.4	87.4	80.9	90.0	87.8	83.7	89.4	-
CH: KKB 1+2	87.1	66.2 ¹	80.5	81.0	78.1	74.5	92.0	84.0	84.4	77.4	74.6
CH: KKG	85.6	87.8	82.3	78.2	78.2	74.5	78.7	73.2	79.4	80.3	80.8
Siedewasserreaktoren											
BRD (Mittelwert)	82.8	76.6	62.5	64.5	65.2	71.6	42.7	61.0	67.1	50.0	-
CH: KKM	58.6	60.8	75.7	63.3	75.0	64.6	59.3	46.0	59.7	55.1	62.6
CH: KKL	65.7	71.1	63.4	77.5	64.5	65.1	68.1	69.6	69.8	47.8	68.7

Tabelle 32

¹ KKB: Im Jahr 1994 kein Stillstand im Block 2



Figur 32

Der Anteil der Revisionsdosis an der Gesamtkollektivdosis schwankt, da nicht in jedem Jahr der gleiche Umfang an Arbeiten durchgeführt wird. Bei den Druckwasseranlagen der Schweiz ist auffällig, dass sich der Anteil der Revisionsdosis beim KKG, der in der 2. Hälfte der 90er Jahre zurückgegangen ist, bei etwa 75% stabilisiert hat. KKB liegt nach dem Dampferzeugeraustausch von 1999 wieder auf einem ähnlich hohen Niveau wie die deutschen Anlagen, ab 2002 gibt es eine Tendenz zu niedrigeren Werten. Bei den Siedewasserreaktoren stellt man fest, dass diese - bedingt durch ihre Bauart - einen höheren Anteil an Betriebsdosis (und damit einen tieferen Revisionsdosisanteil) aufweisen. Bedingt durch den grossen Einfluss, den der Umfang von Revisionen auf die Personendosen haben, ist ein klarer Trend derzeit nicht festzustellen.

Im Zusammenhang mit der Elektrizitätsmarktöffnung werden bei allen schweizerischen Anlagen die Revisionen so kurz wie möglich gehalten. Dies wird in Zukunft möglicherweise zu noch tieferen Revisionsdosen führen. Bei neueren Anlagen, welche unabhängige Redundanzen haben, führt es zu einer Verlagerung von Revisionsarbeiten in die Phase des Leistungsbetriebs. Als Folge wird allenfalls eine weitere Verschiebung von Kollektivdosen zu beobachten sein.

5.4 Kollektivdosen von Personengruppen in Kernkraftwerken

5.4.1 Dosen von Personengruppen in DWR; EU 1990: 10-Jahres Durchschnitt (Pers.-Sv pro Jahr)

Tabelle 33

Personalgruppe	EU90 p. a.	KKB 1997	KKB 1998	KKB 1999	KKB 2000	KKB 2001	KKB 2002	KKB 2003	KKG 1997	KKG 1998	KKG 1999	KKG 2000	KKG 2001	KKG 2002	KKG 2003
Strahlenschutz/Chemie	0.167	0.040	0.025	0.077	0.034	0.061	0.032	0.024	0.032	0.057	0.074	0.051	0.036	0.053	0.041
Reinigung/Dekontam.	0.299	0.049	0.045	0.093	0.053	0.080	0.045	0.035	0.085	0.132	0.117	0.083	0.063	0.101	0.078
Abfallbehandlung	0.042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mechanik	1.333	0.056	0.036	0.063	0.051	0.057	0.038	0.035	0.113	0.210	0.123	0.095	0.087	0.237	0.138
Elektrotechnik	0.192	0.024	0.019	0.044	0.013	0.016	0.010	0.007	0.025	0.026	0.020	0.018	0.019	0.029	0.026
Brennstoff	0.102	-	-	-	-	-	-	-	0.011	0.023	0.028	0.026	0.010	0.022	0.012
Betrieb (Kontrollgänge)	0.263	-	-	-	-	-	-	-	0.021	0.037	0.094	0.037	0.025	0.049	0.027
Gerüstbau	0.098	0.035	0.038	0.126	0.046	0.050	0.036	0.022	-	-	-	-	-	-	-
Isoleure	0.279	0.018	0.012	0.077	0.016	0.024	0.012	0.015	-	-	-	-	-	-	-
Behörden (SVTI, HSK)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.003	0.005	0.006	0.008	0.005	0.005
Übrige	0.199	0.467	0.371	1.020	0.562	0.619	0.424	0.318	0.451	0.333	0.344	0.207	0.291	0.438	0.230

5.4.2 Dosen von Personengruppen in SWR; EU 1990: 10-Jahres Durchschnitt (Pers.-Sv pro Jahr)

Tabelle 34

Personalgruppe	EU90 p. a.	KKM 1997	KKM 1998	KKM 1999	KKM 2000	KKM 2001	KKM 2002	KKM 2003	KKL 1997	KKL 1998	KKL 1999	KKL 2000	KKL 2001	KKL 2002	KKL 2003
Strahlenschutz/Chemie	0.188	0.159	0.187	0.136	0.126	0.116	0.137	0.129	0.146	0.127	0.123	0.122	0.101	0.054	0.100
Reinigung/Dekontam.	0.213	0.116	0.116	0.087	0.070	0.077	0.103	0.108	0.107	0.062	0.063	0.053	0.035	0.023	0.035
Abfallbehandlung	0.134	0.017	0.055	0.017	0.013	0.053	0.017	0.009	0.077	0.035	0.035	0.028	0.031	0.092	0.150
Mechanik	1.374	0.841	0.543	0.408	0.294	0.338	0.356	0.465	0.630	0.514	0.655	0.501	0.593	0.172	0.485
Elektrotechnik	0.175	0.078	0.048	0.048	0.027	0.041	0.024	0.031	0.083	0.144	0.092	0.074	0.054	0.038	0.052
Brennstoff	0.078	0.005	-	0.004	0.003	0.005	-	0.002	0.095	0.045	0.040	0.041	0.050	0.028	0.036
Betrieb (Kontrollgänge)	0.160	0.144	0.149	0.142	0.163	0.193	0.198	0.146	0.134	0.122	0.123	0.124	0.108	0.098	0.101
Gerüstbau	0.077	0.024	0.056	0.018	0.022	0.027	0.026	0.023	0.035	0.044	0.028	0.031	0.021	0.012	0.028
Isoleure	0.198	0.020	0.057	0.053	0.009	0.032	0.009	0.023	0.022	0.036	0.026	0.013	0.020	0.005	0.019
Behörden (SVTI, HSK)	-	0.007	0.007	0.006	0.004	0.005	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003	0.005	0.004	0.002	0.004
Übrige	0.157	0.182	0.122	0.128	0.074	0.087	0.092	0.134	0.033	0.026	0.017	0.014	0.023	0.010	0.013

Der weitaus grösste Teil der Kollektivdosis entfällt, wie zu erwarten, auf die Personengruppe "Mechanik". Die Ausnahme bildet KKB; wobei es sich hier um eine Abweichung handelt, die durch die Systematik der Jobdosiserfassung gegeben ist. Daneben fällt bei den schweizerischen Druckwasserreaktoren die Stärke der Personengruppe "Übrige" auf – auch hier handelt es sich um Effekte der Zuordnung von Personendosen in den Systemen der Jobdosimetrie. Es ist anzustreben, dass bei zukünftigen Anpassungen der Jobdosissysteme diese Effekte reduziert werden.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Allgemeine Bewertung

Die HSK hat als zuständige Aufsichtsbehörde zu prüfen, ob bei der Exposition des Personals die gesetzlichen Limiten sowie die regulatorischen Richtwerte eingehalten werden.

In der Richtlinie HSK-R-11, Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken, war bis Mai 2003 für die jährliche Kollektivdosis einer Anlageneinheit ein Richtwert von 4 Pers.-Sv festgelegt. Ein solch hoher Wert wird in der Schweiz schon lange nicht mehr erreicht; er entspricht auch nicht mehr dem Stand der Technik. Deshalb ist in der Revision der Richtlinie HSK-R-11 „Strahlenschutzziele im Normalbetrieb von Kernanlagen“ eine Anpassung auf 1.5 Pers.-Sv vorgenommen worden.

Die Strahlenschutzverordnung schreibt vor, dass die maximale Exposition jeder einzelnen Person des beruflich strahlenexponierten Personals 20 mSv pro Jahr nicht überschreiten darf. Mit Zustimmung der Aufsichtsbehörde ist eine Exposition bis 50 mSv pro Jahr möglich, wenn die Fünfjahres-Dosis unter 100 mSv bleibt und die Exposition optimiert ist. Davon wurde seit Einführung dieser Regelung im Jahre 1994 im Aufsichtsbereich der HSK kein Gebrauch gemacht. Der Jahresgrenzwert für die Individualdosis des beruflich strahlenexponierten Personals wurde im Jahr 2003, wie in den Vorjahren, nicht überschritten.

Weiter schreibt die Strahlenschutzverordnung vor, dass die Schutzmassnahmen optimiert werden müssen. Die HSK informiert sich vor jeder geplanten Abstellung eines Kernkraftwerks über die Strahlenschutzplanungen. Für Arbeiten mit einer erwarteten Jobdosis über 50 Pers.-mSv legen die Bewilligungsinhaber die ausgearbeiteten Planungen rechtzeitig der Behörde vor.

Obschon ein direkter Vergleich mit den Kollektivdosen und den mittleren Individualdosen ausländischer Anlagen irreführend sein kann, weil in den einzelnen Ländern unterschiedliche Wartungs, Prüf- und Aufsichtsregelungen bestehen, können immerhin die Trends bei den Dosen in einigen Fällen interpretiert werden. Hier kann festgestellt werden, dass die Exposition des Personals in den schweizerischen Anlagen in gleicher Weise gesunken ist, wie jene in den deutschen Anlagen. Daraus kann geschlossen werden, dass der Strahlenschutz in beiden Ländern ein gleich gutes Niveau hat und sich auch ähnlich entwickelt. Differenzen bei der Exposition des Fremdpersonals sind den Unterschieden der Einsatzdoktrin für Fremdpersonal zuzuordnen.

6.2 Bewertung der Exposition in schweizerischen Anlagen

Zur *Kollektivdosis* in den schweizerischen Kernkraftwerken ist zu bemerken, dass sie in den vergangenen Jahren auf die Hälfte reduziert werden konnte. Weiter fällt auf, dass sich die Jahreskollektivdosis von Alt- (KKB; KKM) und Neuanlagen (KKG; KKL) im Laufe der Zeit immer mehr angenähert haben, wobei Nachrüstungen und ausserordentlicher Unterhalt berücksichtigt werden müssen. Dabei kann festgehalten werden, dass die älteren Anlagen im Durchschnitt ihre Kollektivdosis stärker reduzieren konnten als die neueren.

Als Folge von Dosisreduktion, Verkürzung der Stillstände und Leistungserhöhungen ist der QSE, der Quotient aus Dosis pro erzeugte elektrische Energie, in der Vergangenheit stetig gefallen. Nun ist eine Stabilisierung bei etwa 0.125 Pers.-Sv pro GWh_{el} abzusehen.

Bei der *mittleren Individualdosis* ist das gleiche Bild wie bei den Kollektivdosen zu beobachten: die mittleren Individualdosen konnten um einen Faktor 2 gesenkt werden. Die mittleren Expositionen des Personals in den einzelnen Anlagen haben sich angeglichen und liegen heute im Bereich von 1 mSv pro Jahr, was dem Grenzwert der Äquivalentdosis für nichtberuflich strahlenexponierte Personen nach Strahlenschutzverordnung entspricht. Es kann beobachtet werden, dass mit wenigen Ausnahmen in den schweizerischen Anlagen die mittlere Exposition des Eigenpersonals über derjenigen des Fremdpersonals liegt. Dies lässt sich mit der Philosophie der

schweizerischen Kernkraftwerke begründen, wonach das Eigenpersonal während den Revisionen die Arbeiten in den Anlagen vor Ort mitverfolgt und anleitet.

Bei zwei von vier Kernkraftwerken der Schweiz konnte im Jahr 2003 eine deutlich geringere Kollektivdosis als im Vorjahr beobachtet werden. Zwei Werke haben eine höhere Kollektivdosis gezeigt. Die Werke liegen seit 2000 im Jahr zwischen 0.5 und etwas über 1 Pers.-Sv pro Anlage. Die HSK meint, dass das Potenzial von Dosisersparungen nahezu ausgeschöpft scheint. Ausserdem muss nun ein Zweijahreszyklus betrachtet werden, da die Anlagenbetreiber abwechselnd einen Kurzstillstand nur zum Brennstoffwechsel und eine Revision mit Brennstoffwechsel und Wiederholungsprüfungen vorgeben.

Aus Sicht der zuständigen Aufsichtsbehörde kann dem Strahlenschutz in den schweizerischen Kernkraftwerken ein gutes Zeugnis ausgestellt werden: Die Anstrengungen, die seit den 90er Jahren zur Reduktion der Dosis führten, haben sich gelohnt. Sowohl im nationalen wie auch im internationalen Vergleich schneidet der Strahlenschutz immer wieder sehr gut ab.

6.3 Erwartete Entwicklung der Exposition

Aussagen über die Zukunft sind schwierig, insbesondere in einem komplexen Gebiet wie dem Strahlenschutz in Kernkraftwerken. Dennoch kann versucht werden, Tendenzen bei der Exposition des beruflich strahlenexponierten Personals herauszulesen.

Das Potential der *technischen Massnahmen*, welche für die Reduktion der Dosis eingesetzt werden, wie zum Beispiel temporäre Abschirmungen aus Bleiblechen, ist vermutlich weitgehend ausgeschöpft. Optimierungen sowie Beschleunigungen beim Auf- und Rückbau der Abschirmungen, Verfeinerungen beim Design und bei der Planung und Ähnliches erlauben die Effizienz dieser Mittel noch zu steigern. Signifikante Beiträge zur Dosisreduktion dürfen aber nicht mehr erwartet werden. Vielmehr muss die Diskussion über mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Blei- und Bleioxidabrieb bei der Handhabung der Abschirmungen vermehrt aufgegriffen werden.

Änderungen in der *chemischen Fahrweise* könnten in der Zukunft zur Dosisreduktion, aber auch zu einem Anstieg der Dosis, beitragen. In ausländischen DWR-Anlagen konnte durch die Einspeisung von Zink, dessen Isotop Zn-64 vorher angereichert wurde, die Dosisleistungen an Komponenten des Primärkreislaufes halbiert werden. Die Einspeisung von Wasserstoff bei SWR verursacht hingegen bei Betrieb der Anlagen einen massiven Anstieg der durch N-16 verursachten Dosisbelastung.

Mit der Einführung von modernen Strahlenschutzplanungen und laufender Jobdosimetrie wurde auf Seiten der *organisatorischen Massnahmen* zur Reduktion der Dosis bereits viel erreicht. Hier gilt, dass durch stetige Verbesserungen und Optimierungen noch eine Steigerung der Effektivität dieser Mittel erreicht werden kann.

Zur Dosisreduktion beigetragen haben aber auch *ökonomische Massnahmen*: Der Kostendruck führte dazu, dass Revisionen verkürzt wurden und sich die Anlagenbetreiber überlegen, welche Arbeiten unbedingt notwendig sind und auf welche verzichtet werden kann. Zudem versucht man, mit verbesserten Planungen die Produktivität während der Stillstandszeit weiter mit Augenmass zu erhöhen. Eine Straffung der Stillstände führte häufig zu einer merkbaren Reduktion der Revisionsdosis. Man bemerkt aber, dass diese Straffung auch zu Verzögerungen beim Wiederanfahren der Anlage führen kann.

In Zukunft muss durch die Einführung von Hybridzyklen mit einer stärkeren Fluktuation der Jahreskollektivdosen gerechnet werden. Im Hybridzyklus wird eine Anlage während eines Jahres betrieben und danach zum kurzen Stillstand abgefahren in dem nur der Brennstoff gewechselt wird. Die Anlage läuft dann für ein weiteres Jahr bevor sie zur Revision mit Brennstoffwechsel und umfangreicheren Wartungsarbeiten abgestellt wird. Stillstände mit eigentlichen Revisions-, Prüf- und Unterhaltsarbeiten finden also nur alle zwei Jahre statt. KKB und KKL haben dieses Betriebsregime bereits realisiert, die beiden anderen Anlagen werden voraussichtlich folgen.

Zusammenfassend erwartet die HSK für den Strahlenschutz, dass sich der sehr gute Zustand in den schweizerischen Kernkraftwerken halten und vielleicht sogar noch verbessern wird. Für die Exposition des Anlagenpersonals bedeutet das eine weitere, wenn auch im Durchschnitt nur geringe Reduktion ihrer Exposition, die mit einem Mittelwert von rund 1 mSv pro Jahr schon seit einigen Jahren an der Grenze zur Gruppe der nichtberuflich strahlenexponierten Personen liegt.