

### 3. Künstliche Umweltradioaktivität (*Artificial radioactivity in the environment*)

#### 3.1 Luft und Niederschlag, Gamma-Ortsdosisleistung (*Air and precipitation, ambient gamma dose rate*)

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt, Freiburg, vom Deutschen Wetterdienst, Offenbach am Main und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Braunschweig

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), der Deutsche Wetterdienst (DWD) und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) sind mit der Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre gesetzlich beauftragt.

Die Messnetze des BfS und des DWD sowie dessen radiochemisches Zentrallabor in Offenbach sind Bestandteile des Integrierten Mess- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS). Das IMIS wird vom BfS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fachlich und technisch betreut. Die auf Plausibilität geprüften Ergebnisse der Messnetze des BfS und des DWD werden täglich an die Zentralstelle des Bundes für IMIS (ZdB) weitergeleitet.

Zur kontinuierlichen Überwachung der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung (ODL) betreibt das BfS ein ODL-Messnetz mit ca. 2150 Messorten. Zusätzlich wird an 12 Stationen die Luft kontinuierlich bezüglich natürlicher  $\alpha$ -Aktivität, künstlicher  $\beta$ -Aktivität und gasförmiger radioaktiver Iodisotope überwacht (ABI-Messnetz, **Alpha-Beta-Iod**). Weiterhin verfügt das BfS über 6 Messfahrzeuge, die mit Messsystemen zur In-situ- $\gamma$ -Spektrometrie ausgerüstet sind. Diese werden zur nuklidspezifischen Bestimmung der Beiträge der Bodenaktivität (natürlichen und insbesondere künstlichen Ursprungs) zur  $\gamma$ -Ortsdosisleistung an den Messorten des ODL-Messnetzes eingesetzt. Im Ereignisfall dienen sie zur schnellen Ermittlung der Aktivität frisch auf dem Boden deponierter Radionuklide.

Das Radioaktivitätsmessnetz des DWD umfasst 40 Messorte. Dort werden unter anderem nuklidspezifisch messende  $\gamma$ -Schrittfilteranlagen zur kontinuierlichen Überwachung der an luftgetragenen Schwebstoffen gebundenen Radionuklide sowie Messgeräte zur Erfassung der künstlichen  $\alpha$ - und der künstlichen  $\beta$ -Aktivität betrieben. Darüber hinaus stehen im Falle eines Intensivbetriebs Niederschlagsproben von 7 weiteren Messorten zur Verfügung. Zusätzlich sind 39 der Stationen dieses Messnetzes mit stationären Messsystemen zur In-situ- $\gamma$ -Spektrometrie ausgerüstet. An 20 dieser Messorte werden  $\gamma$ -spektrometrisch gasförmiges Iod, an Aerosolpartikel gebundene Radionuklide und die Radioaktivität im Niederschlag ermittelt.

Die Spurenanalyse ist die Überwachung der Umweltradioaktivität auf dem Niveau sehr geringer Aktivitätskonzentrationen und ermöglicht die Beobachtung von Langzeittrends in der Umweltradioaktivität. Diese Messungen werden vom BfS, Freiburg, dem DWD, der PTB und der GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in München-Neuherberg durchgeführt. Im Rahmen dieser Spurenanalyse werden die Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in der bodennahen Luft und im Niederschlag mittels  $\gamma$ -Spektrometrie,  $\alpha$ -Spektrometrie und integraler Messung der  $\beta$ -Aktivität bestimmt, wobei den Messungen teilweise radiochemische Aufbereitungsschritte vorangehen. Die Messergebnisse aus diesen Bereichen stellen einen weiteren Schwerpunkt dieses Berichts dar.

Die erhobenen Daten werden nicht nur für IMIS verwendet, sondern auch im Rahmen der europaweiten Überwachung der Umweltradioaktivität für die EU-Berichterstattung nach Art. 35 / 36 EURATOM bereitgestellt.

In diesem Bericht kann die Vielzahl sämtlicher Einzelmesswerte nicht dokumentiert werden. Die Abbildungen und die Tabellen stellen repräsentative Beispiele dar. Die Einzelwerte sind in den Leitstellen verfügbar.

#### **Ergebnisse der Routinemessungen**

Sowohl die Messwerte der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung als auch die ermittelten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide in Luft und Niederschlag sind auch im Jahr 2002 verglichen mit denen des Vorjahres weitgehend unverändert geblieben. Die Werte lagen in der Regel nur noch wenig über dem Pegel, der vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl gemessen wurde.

### 3.1.1 Radionuklide in der bodennahen Luft (Radionuclides in air close to ground-level)

Die Ergebnisse der kontinuierlich arbeitenden Messsysteme wiesen im Berichtsjahr keine Werte oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze auf. Für die Tagesmessungen liegt diese typischerweise bei ca. 10 mBq/m<sup>3</sup> Luft, bezogen auf Cäsium-137.

Als über 8 Messstationen errechneter arithmetischer Mittelwert der langlebigen Gesamt- $\beta$ -Aktivität der Luft resultiert für das Jahr 2002 ein Wert von <0,84 mBq/m<sup>3</sup> (Vorjahreswert: <0,84 mBq/m<sup>3</sup>).

#### Edelgase

Die am BfS durchgeführten Messungen des radioaktiven Xenons ergaben keine auffälligen Ergebnisse. Die Messwerte der Aktivitätskonzentrationen von Xenon-133 an den 6 deutschen Probenentnahmestationen lagen wie schon in den vergangenen Jahren zwischen 1 und 100 mBq/m<sup>3</sup> Luft. Als Beispiel ist in Abbildung 3.1-1 die Zeitreihe der Aktivitätskonzentration der radioaktiven Xenonisotope in Freiburg dargestellt.

Insgesamt ist der Grundpegel von Krypton-85 im Jahr 2002 weiter leicht angestiegen (siehe Abbildung 3.1-2). Der Medianwert für den Probenentnahmeort Freiburg – repräsentativ für die 10 mitteleuropäischen Stationen - betrug im Berichtsjahr 1,5 Bq/m<sup>3</sup> Luft. Dieser Wert liegt geringfügig unter dem Vorjahreswert. Dies ist durch den insgesamt ruhigeren Zeitverlauf der Messwerte im Jahr 2002 zu erklären, der wesentlich weniger kurzzeitige Erhöhungen als im vorangegangenen Jahr zeigt. Der jährliche Anstieg von ca. 30 mBq/m<sup>3</sup> Luft entspricht dem globalen Trend, da die Freisetzungsrate von Kr-85 größer ist als seine Zerfallsrate. Die kurzzeitigen Schwankungen, die ein Vielfaches des jährlichen Anstiegs des Grundpegels ausmachen können, sind auf Emissionen aus den europäischen Wiederaufbereitungsanlagen (La Hague/Frankreich und Sellafield/England) zurückzuführen. Derartige kurzzeitige Erhöhungen können mit Hilfe der parallel zur wöchentlichen Probennahme durchgeführten täglichen Probennahme genauer analysiert werden. In einigen Fällen - abhängig von den meteorologischen Verhältnissen - ist es möglich, unter Zuhilfenahme von Trajektorienrechnungen den Emittenten zu bestimmen. Die Summe der Beiträge von Kr-85 und Xe-133 zur Ortsdosisleistung liegt unter 30 nSv/a und ist gegenüber den durchschnittlichen Werten der Ortsdosisleistung in Deutschland vernachlässigbar.

#### Gammaskpektrometrie

Für spurenanalytische Messungen werden wöchentlich beaufschlagte Staubfilter verwendet, die zunächst  $\gamma$ -spektrometrisch ausgewertet werden. Diese Messungen werden vom DWD an 20 Standorten durchgeführt; in Tabelle 3.1.1-1 für Aachen, Berlin, Offenbach und Schleswig dargestellt. Weiterhin sind die Ergebnisse der GSF (München-Neuherberg), des BfS (Schauinsland) und der PTB (Braunschweig) enthalten. Bei den aufgeführten Ergebnissen handelt es sich um Monatsmittelwerte der an den jeweiligen Stationen langjährig beobachteten Radionuklide.

Für die Messstellen Offenbach und Berlin werden die Messergebnisse von Be-7 und Cs-137 in Abbildung 3.1-3 grafisch dargestellt. Für künstliche Radionuklide wurden im Wesentlichen keine Aktivitätskonzentrationen oberhalb der Nachweisgrenzen von ca. 3  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup> Luft (für Cs-137) festgestellt. Das kosmogene Be-7 lag mit Werten zwischen 2,0 und 4,3 mBq/m<sup>3</sup> Luft im üblichen Schwankungsbereich. An allen Messstationen lässt sich eine Erhöhung der Be-7-Aktivitätskonzentration im 2. und 3. Quartal feststellen, die auf einen erhöhten Austausch von Luftmassen zwischen Stratosphäre und Troposphäre im Frühjahr (Tropopausenbruch) zurückzuführen ist.

Aus den Messungen der GSF am Probenentnahmeort München-Neuherberg ergaben sich ähnliche Aktivitätskonzentrationen wie im Vorjahr. Die Aktivitätskonzentration für Cs-137 lag im Jahresmittel bei 1,4  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup> Luft (s. Tabelle 3.1.1-1b). Bedingt durch die regional unterschiedlich starke Deposition von Aktivität beim Reaktorunfall von Tschernobyl werden im Mittel in Bayern etwas höhere Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 als an den anderen Probenentnahmeorten in Deutschland beobachtet.

An der Station Schauinsland lag der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Cs-137 bei 0,4  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup> Luft (vgl. Abbildung 3.1-4, Tabelle 3.1.1-1d), was in etwa dem Vorjahreswert entspricht. Die Nachweisgrenze für Cs-137 liegt bei 0,2  $\mu$ Bq/m<sup>3</sup> Luft. Außer Cs-137 wurden keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen.

Auch in Braunschweig liegen die Messergebnisse im Bereich der Werte, die auch in den vorangegangenen Jahren beobachtet wurden. Frische Spalt- oder Aktivierungsprodukte wurden 2002 nicht nachgewiesen.

In der 35. Kalenderwoche (26.08. bis 02.09.2002) wurde mit  $7,9 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  ein auffallend hoher Messwert für Cs-137 gemessen, der wahrscheinlich durch einen Ferntransport von Bodestaub aus der Ukraine und Weißrussland hervorgerufen wurde (s. u.). Mit Ausnahme dieser Erhöhung war der zeitliche Verlauf des Cs-137-Gehaltes in der Luft ähnlich wie in den vorherigen Jahren. In den beiden Silvesterwochen wurde durch den Eintrag von Kalium-40 aus dem Silvesterfeuerwerk ein deutlicher Anstieg der Aktivitätskonzentration von K-40 in der Luft beobachtet (vgl. Abbildung 3.1-5), der bei 14 bzw.  $16 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  lag und das Nuklidverhältnis Cs-137/K-40 auf 1,5% und 1,8% in den beiden Wochenproben erniedrigte.

In den langjährigen Messreihen für die natürlichen gammastrahlenden Radionuklide wird eine stetig abnehmende Aktivitätskonzentration des K-40 beobachtet, die durch die allgemeinen Maßnahmen zur Luftreinhaltung erklärt werden kann.

### **Erhöhte Messwerte für Cs-137 in der 35. Kalenderwoche 2002**

In der 35. Kalenderwoche 2002 (Sammelzeitraum 26.08. – 02.09.02) wurde in Teilen Nord- und Mitteleuropas eine geringfügige Erhöhung der Cs-137-Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft beobachtet. Der höchste Wert auf deutschem Gebiet in einer Wochenprobe wurde mit  $18,4 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  an der DWD-Station in Westermarkelsdorf (Fehmarn) gemessen. Die Aktivitätskonzentrationen nehmen innerhalb Deutschlands in südwestlicher Richtung ab. An der Spurenmessstelle der PTB in Braunschweig wurde für die Aktivitätskonzentration von Cs-137 ein Wert von  $7,9 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  ermittelt, an der Spurenmessstelle des BfS auf dem Schauinsland lag der Wert bei  $0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , was dem derzeitigen durchschnittlichen Grundpegel der Cs-137-Aktivitätskonzentration in Deutschland in Wochenproben entspricht.

Zum Vergleich: nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurden im Süden Deutschlands Tagesmittelwerte der Cs-137-Aktivitätskonzentrationen von bis zu  $10 \text{Bq}/\text{m}^3$  Luft beobachtet.

Nach Informationen von anderen europäischen Spurenmessstellen wurden auch an Stationen in Dänemark, den Niederlanden und in Schweden geringfügige Erhöhungen der Cs-137 Aktivitätskonzentration in der Luft beobachtet. Die Werte entsprechen in etwa den in Norddeutschland ermittelten Aktivitätskonzentrationen. In Frankreich und Finnland wurden keine Erhöhungen beobachtet.

Außer Cs-137 wurden in den gammaspektrometrischen Analysen keine weiteren künstlichen Radionuklide nachgewiesen. Die Ursache der Erhöhung ist nicht eindeutig geklärt. Die wahrscheinlichste Ursache ist die sogenannte Resuspension aus den stark mit Cäsium belasteten Gebieten in der Nähe von Tschernobyl. Das dort auf dem Boden abgelagerte bzw. in Pflanzen eingelagerte Cäsium kann z. B. durch dort in dieser Jahreszeit häufiger auftretende Wald- und Moorbrände in die Atmosphäre gelangen und über große Entfernungen transportiert werden. Die Aktivitätskonzentration des Isotops Cs-134, das in den ersten Jahren nach Tschernobyl noch in Luftproben gemessen wurde, ist aufgrund seiner Halbwertszeit von 2,06 Jahren inzwischen so stark abgesunken, dass es in den vorliegenden Proben nicht mehr nachweisbar ist. Das Fehlen anderer künstlicher Radionuklide schließt aus, dass die Ursache für die beobachtete Erhöhung eine Freisetzung aus einem Kernkraftwerk oder bei einem Kernwaffentest war.

Ein Vergleich der Aktivitätskonzentration des Cs-137 mit der des K-40, das vornehmlich aus resuspendiertem Bodestaub und Pflanzenteilen stammt, ergänzt die Herkunftsbestimmung über Trajektorien, die erschwert wird, wenn Sammelzeiträume einer Woche vorliegen. In der Messreihe von Braunschweig liegt das Verhältnis Cs-137/K-40 im Verlauf eines Jahres im Mittel bei 5%. Beobachtungen der letzten Jahre, dass bei trockenen Ostwindwetterlagen das Verhältnis auf bis zu 15% anstieg, führten zu dem Schluss, dass von Zeit zu Zeit höher kontaminierter Bodestaub aus Osteuropa nach Norddeutschland verfrachtet wird. In der 35. Kalenderwoche 2002 stieg es auf 46%, was durch den ungewöhnlich hohen Anteil an Bodestaub aus der Ukraine und Weißrusslands erklärbar ist, der eine relativ hohe spezifische Cs-137-Aktivität enthält. Eine weitere Bestätigung dieser These sind Messungen des Cs-137 und des K-40 an zwei Bodenproben aus den Pripjat-Sümpfen (Ukraine), die der DWD und die PTB durchgeführt haben.

Die über Deutschland gemessene Cs-137-Aktivitätskonzentration in der Luft war so gering, dass sich weder durch die Inhalation der Luft, noch durch eine mögliche Ablagerung des Cs-137 auf dem Boden und auf Pflanzen eine nachweisbare Erhöhung der Strahlenexposition für die Bevölkerung ergibt. Rechnerisch ergibt sich ein Beitrag von weniger als einem Millionstel zur natürlichen Strahlenbelastung von  $2,1 \text{mSv}$  pro Jahr.

Dieses Beispiel belegt, dass mit Hilfe der Spurenanalyse auch kurzzeitige Änderungen der Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in der Luft auf niedrigstem Aktivitätsniveau zuverlässig verfolgt werden können. Die Zusammenarbeit der deutschen und auch der europäischen Spurenmessstellen ermöglicht eine großräumige Lagedarstellung. Dies erleichtert die Identifizierung und Lokalisierung möglicher Ursachen für eine Erhöhung und erlaubt Aussagen über die Ausbreitung der Aktivität in der Umwelt.

### Radiochemie

Für eine Auswahl von 4 Messstellen des DWD wurden zur Ermittlung von Monatsmittelwerten jeweils vier Wochenfilter zusammengefasst und zur Bestimmung von Radionukliden des Urans, Plutoniums und Strontiums radiochemisch untersucht. Die erreichten Nachweisgrenzen für Uran- und Plutoniumisotope betragen zwischen 0,01 und 0,5  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  Luft, für Strontium-90 zwischen 0,2 und 0,4  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  Luft.

Die Messreihe der PTB zeigt für Braunschweig bei Aktivitätskonzentrationen der Pu-Isotope Pu-(239+240) und Pu-238 keine auffälligen Abweichungen vom Verlauf seit 1990 (vgl. Abbildung 3.1-6). Die Aktivitätsverhältnisse Pu-238/Pu-(239+240) liegen in den Proben meistens mit Werten zwischen 5 % und 15 % im üblichen Schwankungsbereich. Lediglich das Messergebnis für das 4. Quartal 2002 fällt mit einem Wert von 35 % aus diesem Bereich heraus. Er ist etwa einen Faktor 11 bis 12 höher als der gegenwärtige Erwartungswert für globalen Fallout und etwa 2,8-fach höher als der Mittelwert aus den bisherigen Proben, die ein Verhältnis unter etwa 30% zeigen.

**Tabelle 3.1.1-1 Einzelnuclid-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft**  
(*Activity concentrations of individual nuclides in air close to ground level*)

a Messungen der Physikalisch Technischen Bundesanstalt, Braunschweig  
Probenentnahmestelle: Braunschweig

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	K-40	Cs-137	Pb-210
1994	3393	0,34	10,2	0,86	300
1995	3446	0,34	9,9	0,82	309
1996	3161	0,31	9,9	0,95	400
1997	3669	0,37	11,0	0,73	372
1998	3235	0,35	8,4	0,63	298
1999	3361	0,42	8,8	0,50	319
2000	2855	0,35	9,7	0,50	283
2001	2609	0,32	8,3	0,41	273
2002	2530	0,3	9	0,7	310
Januar	2090	0,2	5	0,38	305
Februar	1890	0,2	4	0,19	86
März	2800	0,4	8	0,45	289
April	3090	0,5	10	0,80	370
Mai	2860	0,4	10	0,33	287
Juni	2960	0,4	10	0,23	217
Juli	2860	0,4	9	0,63	238
August	3330	0,4	17	2,63	513
September	2960	0,3	9	0,68	353
Oktober	1780	0,2	6	0,53	214
November	1530	0,1	5	0,40	279
Dezember	2260	0,2	10	1,50	575

- b Messungen des Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit (GSF),  
München-Neuherberg,  
Probenentnahmestelle: München-Neuherberg

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	Cs-134	Cs-137	Pb-210
1994	3500	0,4	< 0,2	2,3	420
1995	3500	0,4	< 0,12	2,3	425
1996	3300	0,4	0,1	2,4	480
1997	3400	0,4	< 0,1	2,2	480
1998	3660	0,5	< 0,11	2,1	400
1999	3320	0,4	< 0,06	1,5	380
2000	3030	0,4	< 0,06	1,7	420
2001	2820	0,34	< 0,059	1,53	417
2002	3040	< 0,31	*)	1,44	475
Januar	2910	0,21		3,59	797
Februar	2960	< 0,19		1,28	380
März	3290	0,31		1,58	518
April	4190	0,43		1,77	531
Mai	3520	0,41		0,81	362
Juni	4460	0,63		0,85	572
Juli	3690	0,50		0,84	404
August	2830	0,27		0,7	472
September	2570	< 0,25		0,84	426
Oktober	2660	< 0,19		1,25	374
November	1690	< 0,15		1,71	348
Dezember	1650	< 0,14		2,05	517

\*) Daten lagen nicht vor

- c Messungen des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach/Main  
Probenentnahmestellen: Schleswig, Offenbach/Main, Berlin und Aachen

Zeitraum	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$							
	Schleswig		Offenbach am Main		Berlin		Aachen	
	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137
1994	2720	<10	3789	<2,7	3001	<1,8	3920	<1,6
1995	3028	<3,9	3667	<3,6	3772	<3,6	3942	<2,3
1996	3080	<4,4	2850	<3,6	3360	< 2,1	3480	<2,4
1997	3368	<3,1	3709	<3,4	3751	<2,2	3878	<2,1
1998	2646	<3,4	3443	<3,1	3066	<3,2	3140	<2,0
1999	2750	<3,6	3460	<3,0	3590	<3,3	3360	<1,8
2000	2168	<3,3	2892	<2,9	2898	<3,8	2735	<1,6
2001	1930	<3,4	2760	<3,1	2870	<3,7	2550	<2,2
2002	2284	<3,6	2769	1,3	2821	1,6	2803	<2,6
Januar	2059	< 2,6	2294	< 3,1	2496	< 3,1	2632	< 2,0
Februar	2086	< 2,5	2503	< 4,1	2537	< 3,8	2360	< 2,4
März	3432	< 4,5	3653	1,2	3305	1,9	3773	< 2,5
April	3282	< 4,4	3568	1,0	3661	1,1	4058	< 2,8
Mai	2695	< 3,4	2889	0,3	3455	1,0	2826	< 2,0
Juni	2531	< 3,6	3225	0,3	3259	0,5	3068	< 2,4
Juli	2174	< 3,6	2994	0,3	2599	0,5	2635	< 3,0
August	2587	< 4,5	3096	1,5	3637	3,3	3150	< 2,8
Sept.	1885	< 4,2	3085	0,5	2788	1,5	3243	< 2,7
Oktober	940	< 3,3	2202	0,4	1742	0,5	2318	< 2,8
November	1322	< 3,3	1574	0,4	1783	0,6	1730	< 3,2
Dezember	2413	< 3,4	2146	1,9	2592	1,7	1840	< 2,9

< : Messwert kleiner Nachweisgrenze

- d Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz, Freiburg,  
Probenentnahmestelle: Freiburg, Schauinsland

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	
	Be-7	Cs-137
1994	3525	0,61
1995	3348	0,63
1996	3454	0,4
1997	4916	0,6
1998	4488	1,0
1999	4106	0,63
2000	3754	0,47
2001	3494	0,43
2002	3767	0,45
Januar	4635	0,54
Februar	2284	0,45
März	4776	0,51
April	4934	0,87
Mai	4139	0,49
Juni	5328	0,41
Juli	3790	0,41
August	3673	0,40
September	3973	0,64
Oktober	3560	0,25
November	2021	0,22
Dezember	1857	0,29

- e Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz  
Probenentnahmestellen: Freiburg, Schauinsland

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\text{mBq}/\text{m}^3$			
	Freiburg		Schauinsland	
	Kr-85	Xe-133	Kr-85	Xe-133
1994	1301	4	1327	5
1995	1526	5,0	1544	5,5
1996	1438	5,1	1466	5,9
1997	1580	5,8	1590	6,8
1998	1623	5,1	1619	4,3
1999	1699	3,6	1736	5,0
2000	1641	3,4	1692	5,6
2001	1573	5,4	1593	8,0
2002	1604	5,0	1695	5,7
Januar	1552	2,5	1580	2,0
Februar	1603	2,5	1687	4,0
März	1457	5,6	1518	5,1
April	1536	3,3	1616	6,8
Mai	1796	6,4	1929	4,6
Juni	1703	11,4	1767	9,8
Juli	1447	4,4	1683	5,7
August	1560	5,8	1610	12,6
September	1862	3,9	1897	6,1
Oktober	1528	4,2	1636	4,5
November	1503	4,7	1592	4,1
Dezember	1704	4,1	1812	2,9

### 3.1.2 Radioaktive Stoffe im Niederschlag (Gesamtdeposition) (Total wet deposition of radionuclides)

Zur Fortsetzung einer langjährigen Messreihe wurde die Gesamt- $\beta$ -Aktivität im Niederschlag (Gesamtdeposition) ermittelt. Der stationsspezifische Jahreswert der Deposition errechnet sich aus der Summe der Tagesproben. Für das Jahr 2002 resultiert ein über alle Mess- und Sammelstationen des DWD arithmetisch gemittelter Jahreswert für die Deposition von 62 Bq/m<sup>2</sup> (Vorjahreswert: 64 Bq/m<sup>2</sup>). Die Messwerte bewegen sich im Niveau der Werte vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl, das heißt im Bereich der natürlichen Schwankungen. Abbildung 3.1-7 zeigt den zeitlichen Verlauf der über alle Messstellen gemittelten Jahressummen der dem Boden durch Deposition zugeführten Gesamt- $\beta$ -Aktivität von 1957 bis 2002 in Bq/m<sup>2</sup>. Die stationsspezifischen Depositionen im Berichtsjahr als Jahressummenwerte in Bq/m<sup>2</sup> zeigt Abbildung 3.1-8.

Monatssammelproben von 40 Messstationen wurden  $\gamma$ -spektrometrisch analysiert. Exemplarisch sind die Messwerte der Radionuklide Be-7 und Cs-137 für die Messstellen Aachen, Berlin, Offenbach und Schleswig in den Tabellen 3.1.2-1a) und 1b) zusammengefasst. Es wurden Messwerte für Cs-137 zwischen 1 und 2,5 mBq/l ermittelt. In dieser Größenordnung liegt auch die Nachweisgrenze des Messverfahrens. In den Vorjahren wurden vergleichbare Werte beobachtet; diese Werte lassen sich durch "wash-out"-Prozesse von resuspendiertem Cs-137 im Bodenmaterial erklären. Exemplarisch zeigt Abbildung 3.1-9 für die Messstationen Offenbach und Berlin Messergebnisse für die Deposition von Be-7 und Cs-137. Für Cs-137 wurden Messwerte bis zu 0,2 Bq/m<sup>2</sup> bzw. Nachweisgrenzen in dieser Größenordnung ermittelt, während für kosmogenes Be-7 deutlich höhere Messwerte zwischen 10 und 220 Bq/m<sup>2</sup> bestimmt wurden.

Radiochemische Analysen an Niederschlagsproben von 4 Messstationen wurden zur Bestimmung von Strontium-90 und einzelner Isotope der  $\alpha$ -Strahler (Uran, Plutonium) sowie für Tritium durchgeführt. Die erreichten Nachweisgrenzen betragen für Strontium-90 ca. 0,4 bis 1,6 mBq/l, für die  $\alpha$ -Strahler zwischen 0,01 bis 0,08 mBq/l und für Tritium 3 bis 5 Bq/l.

**Tabelle 3.1.2-1 Deposition von Einzelnucliden mit dem Niederschlag  
(Wet deposition of individual nuclides)**

a Messungen des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach und Berlin

Zeitraum	Offenbach am Main			Berlin		
	l/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>		l/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
1994	533,3	849	<0,61	703,6	991	<0,47
1995	607,3	1117	<4,0	925,8	1258	<0,83
1996	551,0	559	<2,25	462,9	629	<0,67
1997	436,2	580	<0,53	526,2	628	<1,25
1998	636,5	813	<0,61	623,5	766	<1,50
1999	645,3	832	<0,60	449,2	408	<1,30
2000	736,2	828	<0,55	590,3	449	<1,48
2001	826,1	725	<0,84	596,2	501	1,7
2002	735,9	718	< 0,82	736,8	608	< 1,83
Januar	31,5	11	< 0,06	37,2	19	< 0,09
Februar	92,9	90	< 0,05	89,8	39	< 0,19
März	28,7	25	< 0,08	44,1	27	< 0,14
April	29,5	40	< 0,08	37,6	35	< 0,14
Mai	82,7	65	< 0,07	67,4	82	< 0,17
Juni	16,3	26	< 0,06	31,2	25	< 0,15
Juli	123,5	164	< 0,11	55,9	31	< 0,13
August	53,6	86	< 0,07	156,3	216	< 0,18
September	36,4	46	< 0,06	49,7	42	< 0,20
Oktober	101,8	82	< 0,07	106,2	47	< 0,13
November	78,4	39	< 0,07	49,6	36	< 0,17
Dezember	60,6	44	< 0,06	11,8	9	< 0,16

< : Messwert kleiner Nachweisgrenze

## b Messungen des Deutschen Wetterdienstes in Aachen und Schleswig

Zeitraum	Aachen			Schleswig		
	I/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>		I/m <sup>2</sup>	Bq/m <sup>2</sup>	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
1996	620,6	2080	< 0,03	530,6	611	<0,56
1997	658,1	904	< 0,88	638,4	582	<0,79
1998	892,6	1251	< 0,96	1049,1	820	<1,14
1999	833,1	1005	< 1,01	908,0	766	<1,05
2000	946,3	1028	< 1,06	736,3	619	<1,08
2001	950,8	935	< 1,24	874,9	515	<1,22
2002	945,0	1019	< 1,08	1083,3	771	< 2,06
Januar	60,0	38	< 0,12	97,5	88	< 0,12
Februar	147,7	97	< 0,15	145,5	82	< 0,12
März	58,0	92	< 0,07	34,4	12	< 0,12
April	51,0	57	< 0,21	49,7	20	< 0,07
Mai	68,3	53	< 0,12	58,3	49	< 0,13
Juni	45,6	71	< 0,07	109,6	97	< 0,09
Juli	128,9	223	< 0,05	169,4	192	0,81*
August	70,4	109	< 0,05	150,7	25	< 0,11
September	30,1	55	< 0,07	21,2	17	< 0,13
Oktober	105,0	120	< 0,05	125,8	75	< 0,12
November	90,7	49	< 0,06	85,7	86	< 0,08
Dezember	89,3	56	< 0,06	35,5	27	< 0,16

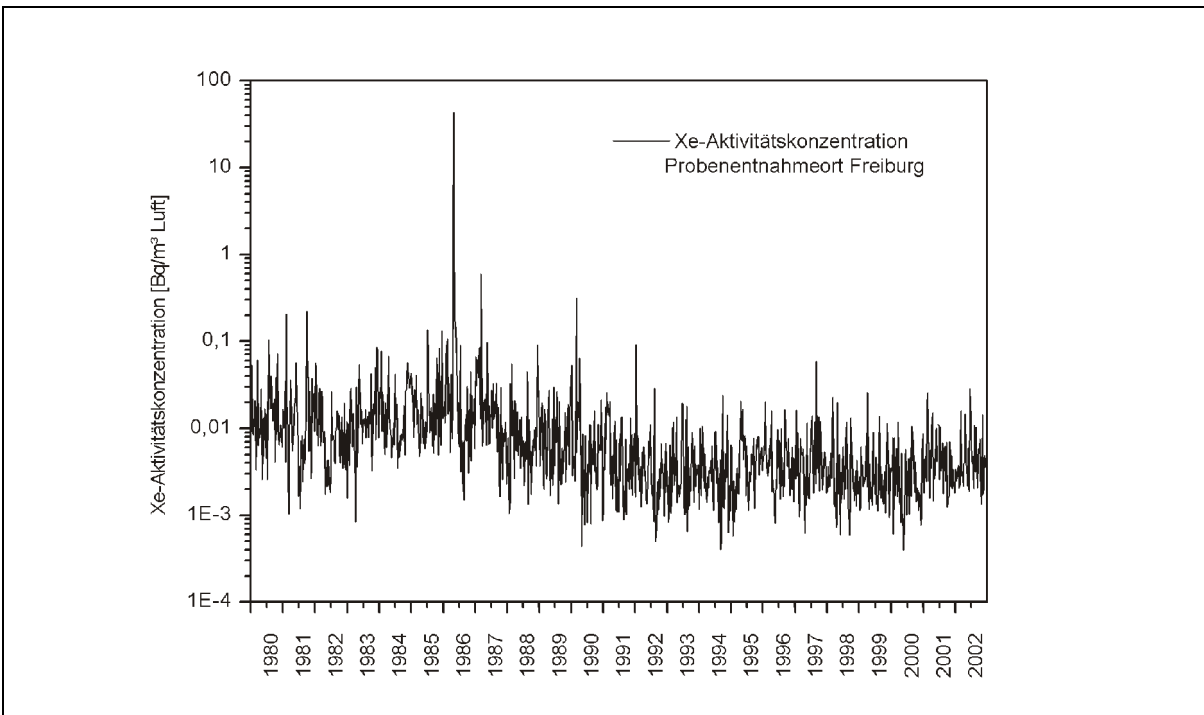
< : Messwert kleiner Nachweisgrenze

\* Dieser höhere Wert ist vermutlich auf das Auswaschen von resuspendiertem Bodenstaub mit Anteilen von Cs-137 zurückzuführen.

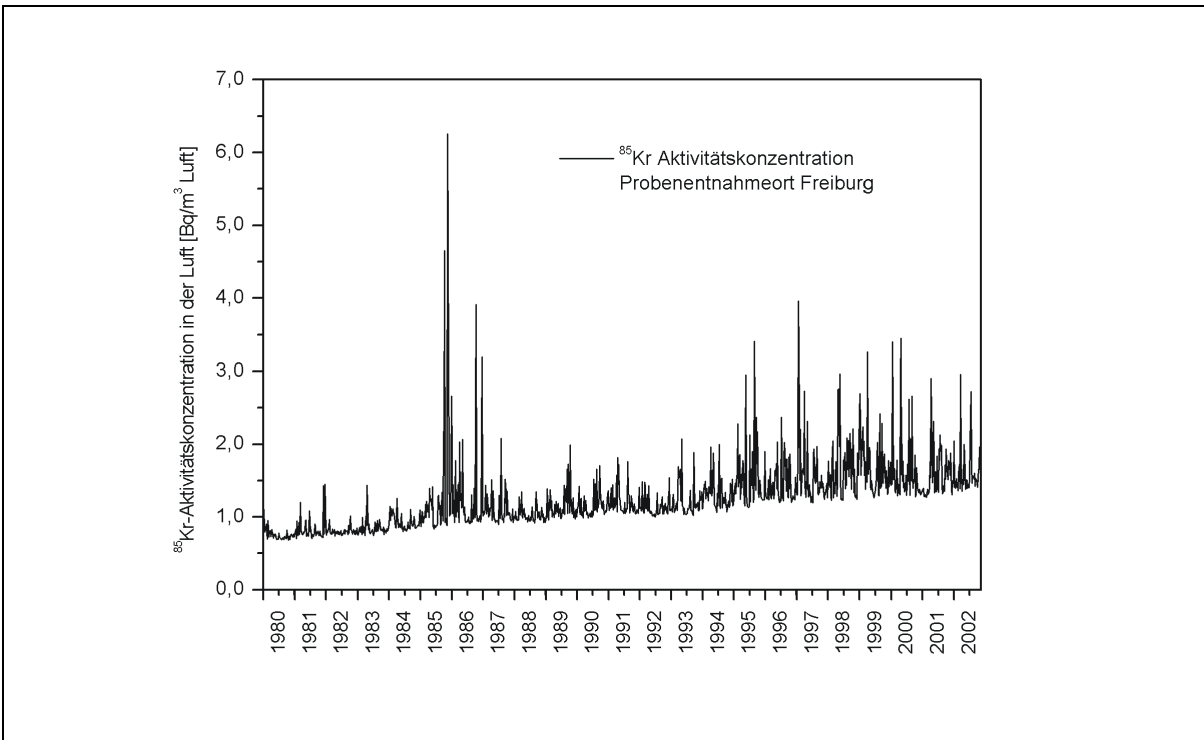
### 3.1.3 Gamma-Ortsdosisleistung (Ambient gamma dose rate)

Die im Rahmen der kontinuierlichen Überwachung im ODL-Messnetz des BfS gemessenen Werte der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung sind im Vergleich zum Vorjahr unverändert. Die geographischen Unterschiede sind Ausdruck des unterschiedlichen Gehaltes an natürlichen Radionukliden im Boden sowie der mit der Höhe zunehmenden kosmischen Strahlung. Typische Werte für die  $\gamma$ -Ortsdosisleistung in Norddeutschland liegen zwischen 75 und 105 nSv/h, entsprechend einer Jahresdosis von 0,67 bzw. 0,9 mSv, während in den Mittelgebirgen Werte bis zu 230 nSv/h (Jahresdosis 2 mSv) beobachtet werden (vgl. Abbildung 3.1-10). Dabei beträgt der Anteil durch kosmische Strahlung in Meereshöhe ca. 40 nSv/h (Jahresdosis 0,3 mSv); dieser Wert verdoppelt sich etwa alle 1500 Höhenmeter. Die auf den Reaktorunfall von Tschernobyl zurück zu führenden Beiträge (praktisch ausschließlich von Cs-137) werden routinemäßig auch an den Sondenstandorten mit In-situ-Messfahrzeugen nuklidspezifisch ermittelt. Wegen der hohen Variabilität des natürlichen Untergrundes sind diese Gegenden aus der Kartendarstellung praktisch nicht erkennbar. Kurzzeitige, meist lokal auftretende Erhöhungen der  $\gamma$ -Ortsdosisleistung, die insbesondere bei starken Niederschlägen in den Sommermonaten zu beobachten sind, sind auf das Auswaschen von Radon-Folgeprodukten aus der Luft zurückzuführen. Üblicherweise sind dabei nur wenige Messstellen betroffen, und es stellen sich innerhalb weniger Stunden wieder die für die betroffenen Standorte typischen Werte ein.

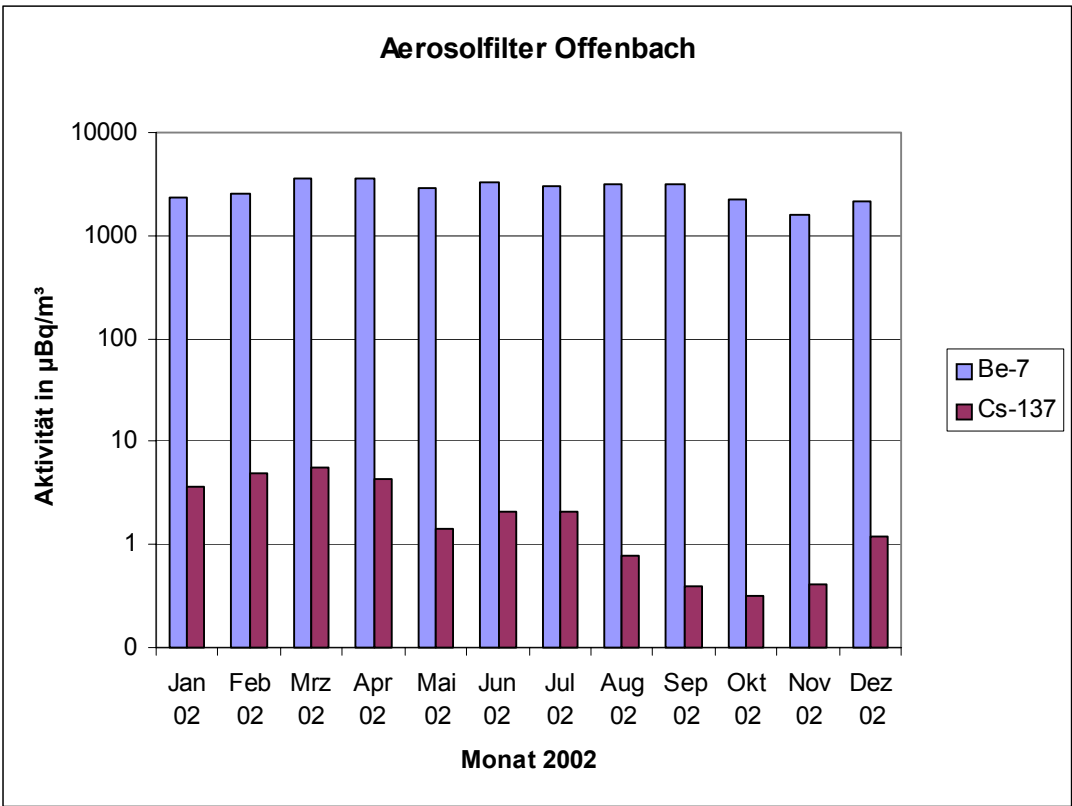
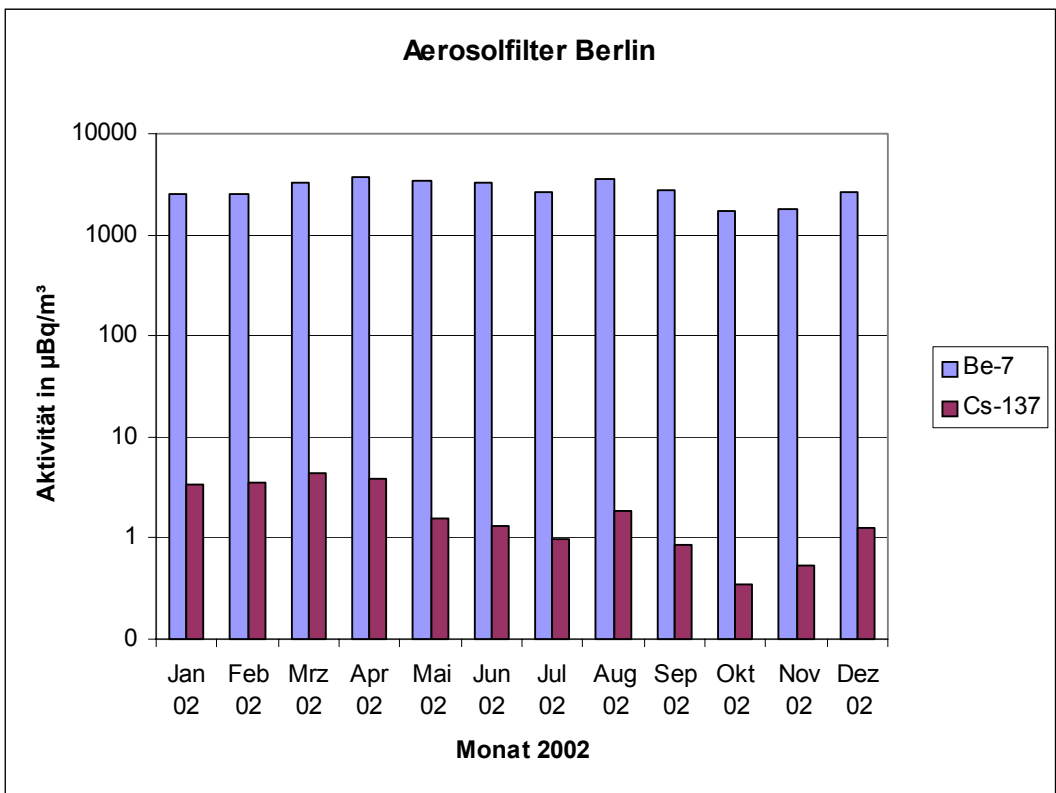




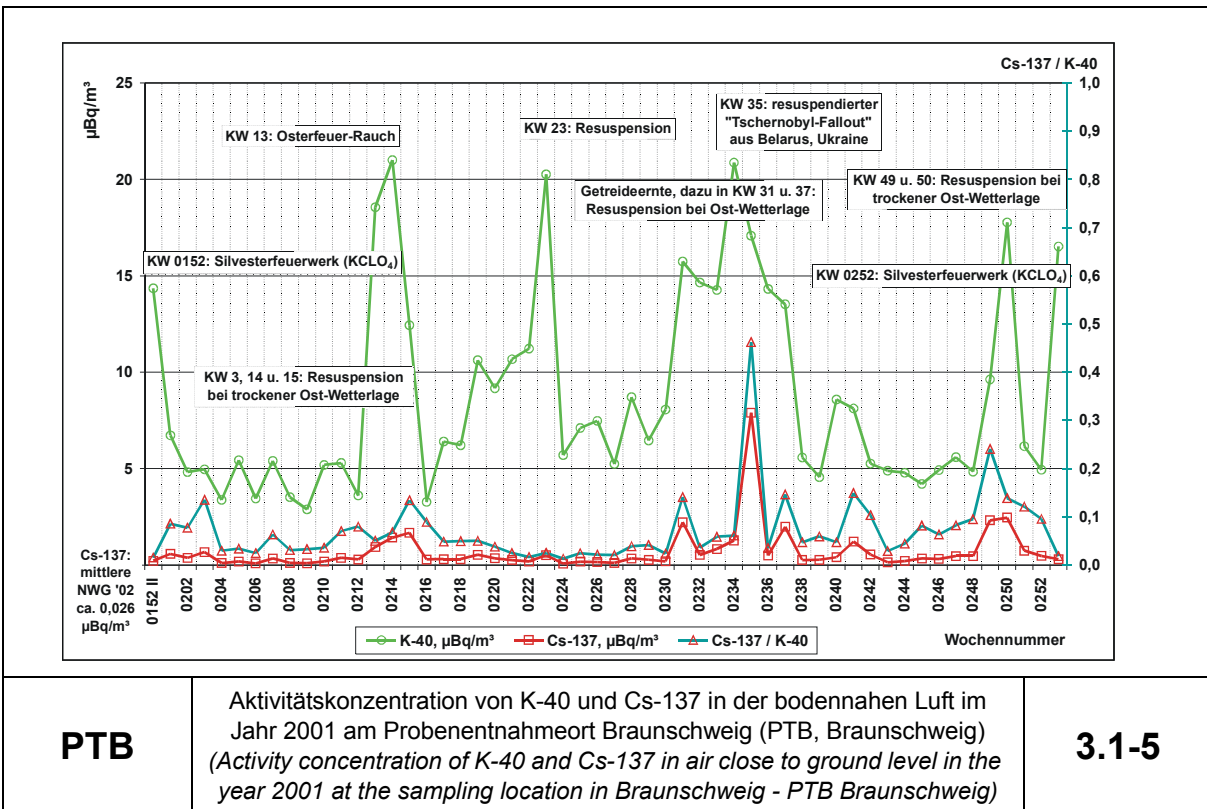
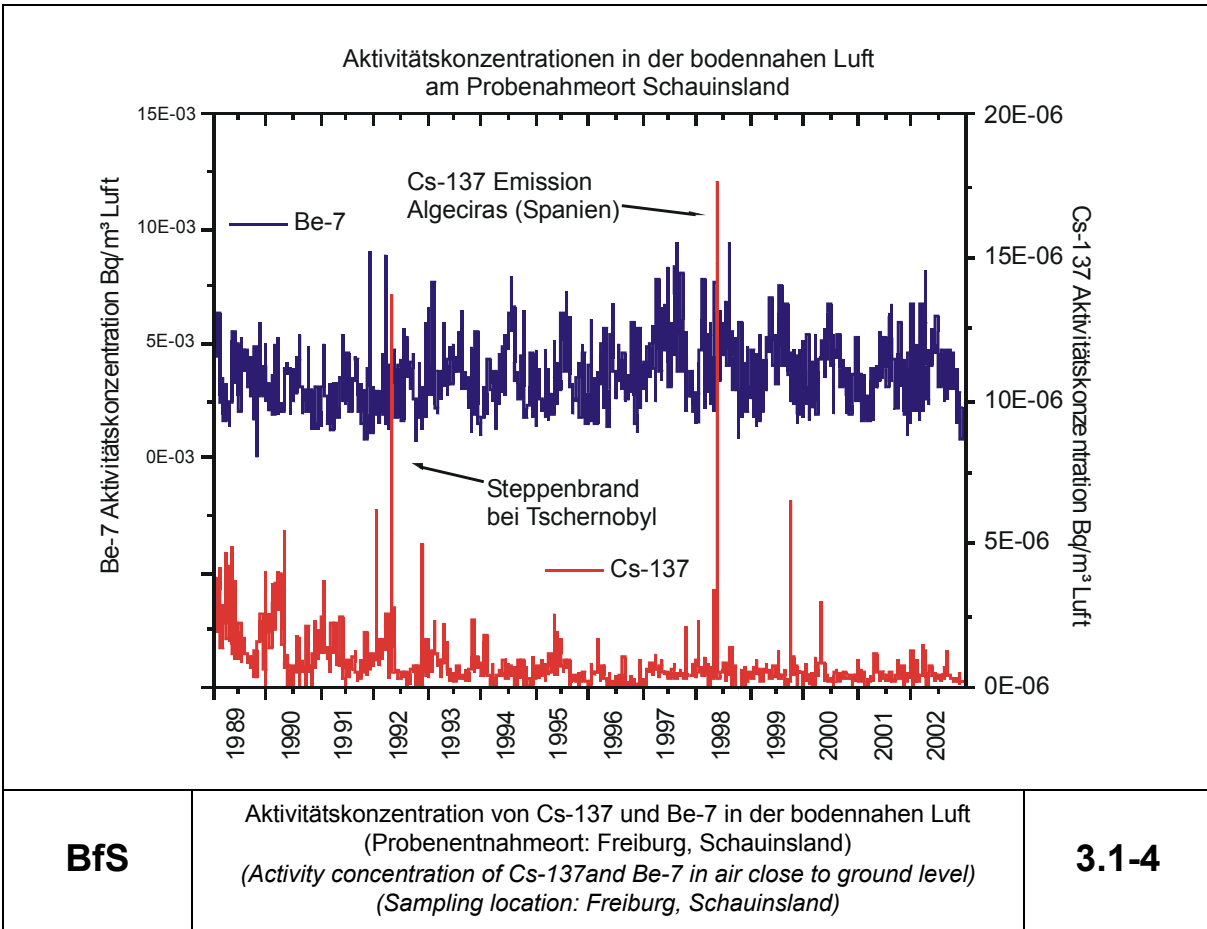
<b>BfS</b>	Xenon-Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg (BfS, Freiburg) <i>(Xenon activity concentration in air close to ground level at the sampling location in Freiburg - BfS Freiburg)</i>	<b>3.1-1</b>
------------	--	--------------

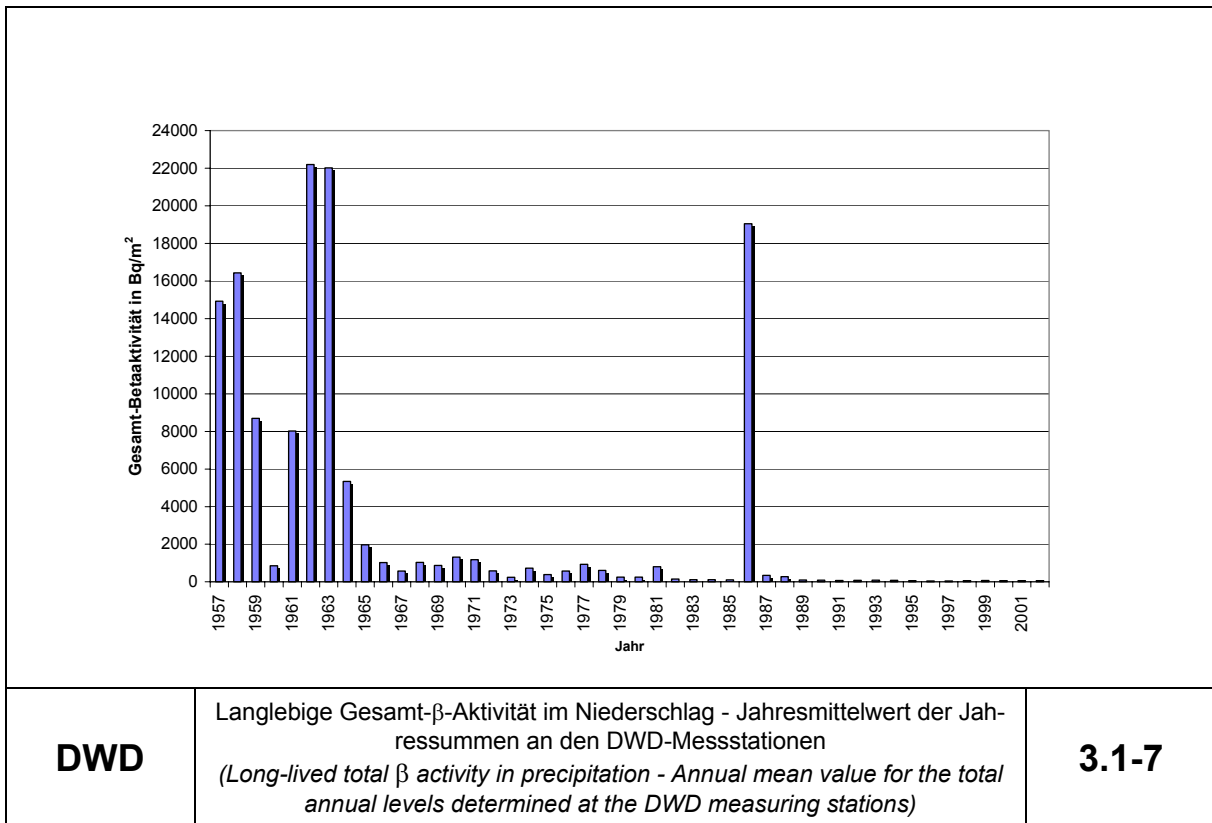
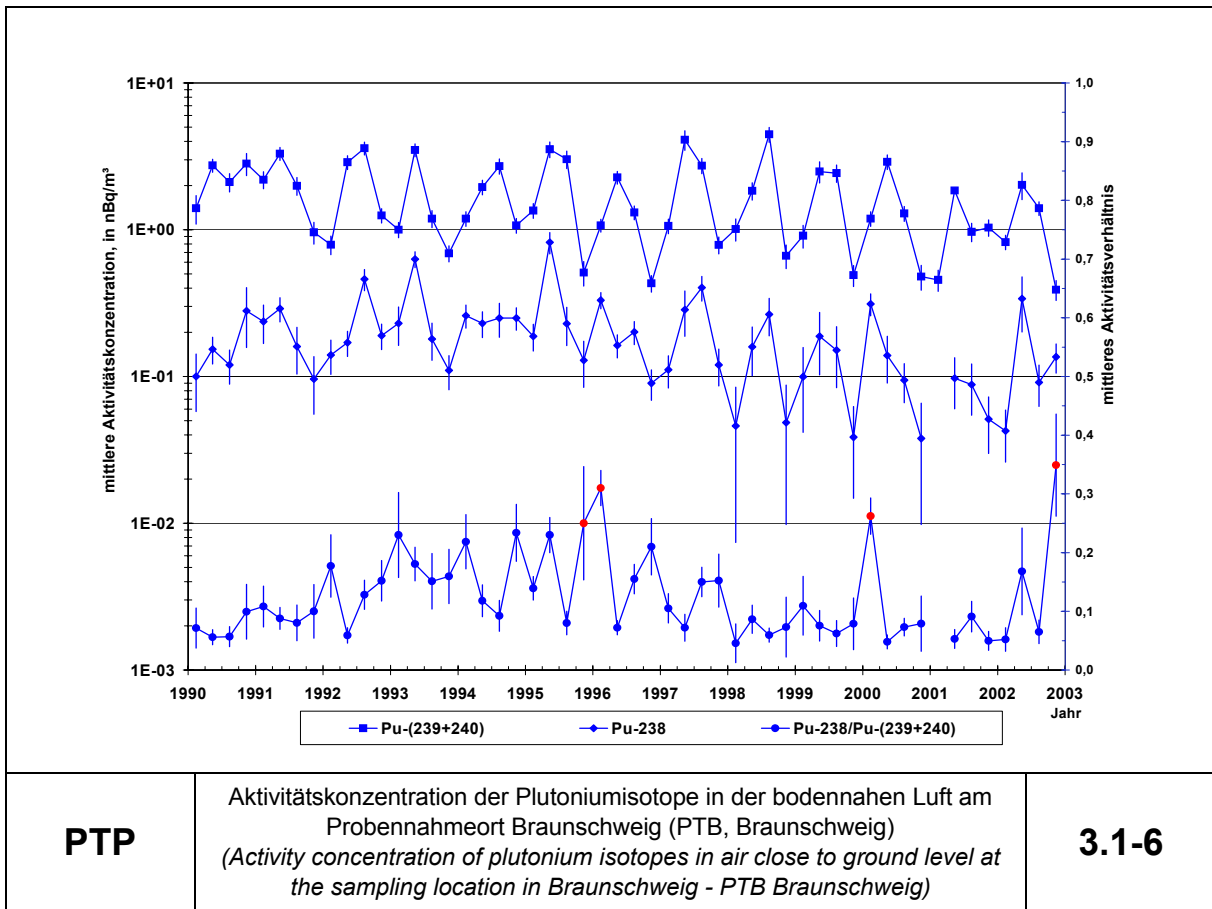


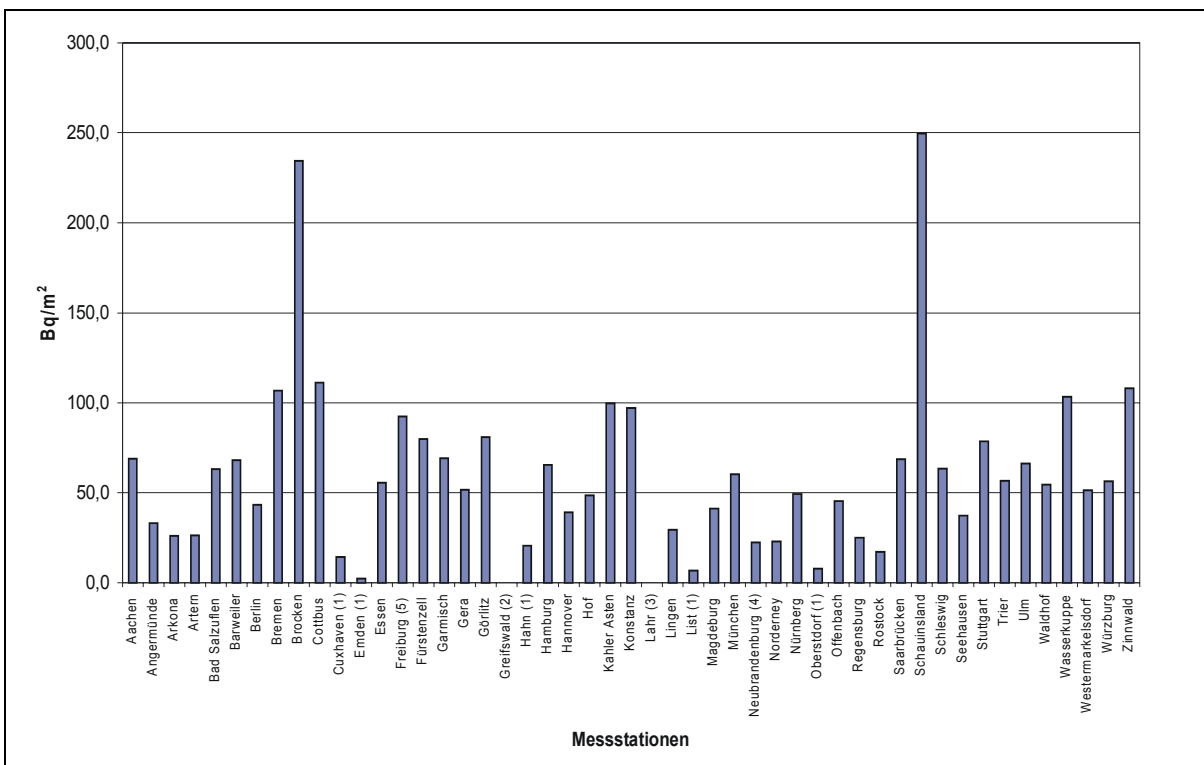
<b>BfS</b>	Aktivitätskonzentrationen von Kr-85 in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg (BfS, Freiburg) <i>(Activity concentrations of Kr-85 in air close to ground level at the sampling location Freiburg - BfS Freiburg)</i>	<b>3.1-2</b>
------------	---	--------------



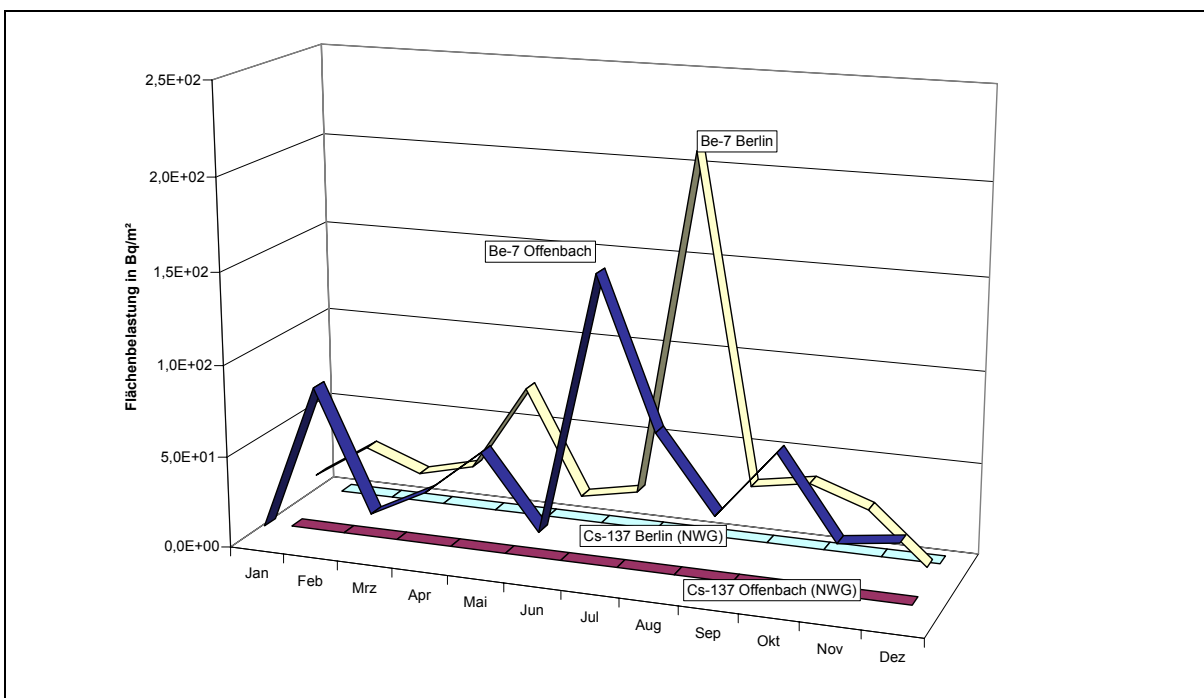
<b>DWD</b>	Einzelnuklid-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft DWD-Stationen Berlin und Offenbach 2002 <i>(Activity concentrations of individual nuclides in air close to ground level at the DWD stations in Berlin and Offenbach in the year 2002)</i>	<b>3.1-3</b>
------------	---	--------------







<b>DWD</b>	Dem Erdboden durch Niederschläge im Jahr 2002 zugeführte langlebige Gesamt-β-Aktivität - stationsspezifische Jahressummen <i>(Deposition of additional long-lived total β activity due to precipitation - station specific annual total values in the year 2002)</i>	<b>3.1-8</b>
------------	---	--------------



<b>DWD</b>	Deposition von Einzelnukliden mit dem Niederschlag DWD-Stationen Berlin und Offenbach <i>(Deposition of individual nuclides with precipitation - DWD stations in Berlin and Offenbach)</i>	<b>3.1-9</b>
------------	--	--------------

