

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung

Jahresbericht 2022

Impressum

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und
nukleare Sicherheit(BMUKN)
Referat S II 2
Postfach 12 06 29
53048 Bonn

Redaktion: Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Dr. Josef Peter
Vanessa Bednarz
Anita Lovsky
Andreas Balbach

Redaktioneller Stand: Dezember 2023

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokuments immer auf folgende URN:

[urn:nbn:de:0221-2025090954859](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2025090954859)

Vorbemerkung

Seit 1958 werden die von den amtlichen Messstellen gemessenen Werte der Radioaktivität in der menschlichen Umwelt in Form von Vierteljahresberichten, seit 1968 in Jahresberichten veröffentlicht.

Das neue Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) vom 27. Juni 2017 ist am 31. Dezember 2018 in Kraft getreten und dient deshalb diesem Bericht als Grundlage. Zum gleichen Zeitpunkt ist die neue Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) in Kraft getreten. Wo auf die vorher gültige Strahlenschutzverordnung Bezug genommen wird, ist sie als StrlSchV 2001 gekennzeichnet.

Dieser Bericht ist in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil „Bericht“ werden die aktuellen Daten wiedergegeben und bewertet. Detaillierte Tabellen und Werte aus dem aktuellen Berichtsjahr befinden sich hierzu im letzten Teil „Tabellen“. Allgemeine Angaben, eine Einführung in die jeweilige Thematik sowie ausführliche Hintergrundinformationen werden in einem separaten Bericht „Grundlagen zur Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (Grundlagenbericht, nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2023032136841) dargestellt.

INHALTSVERZEICHNIS

BERICHT 2022 - AKTUELLE DATEN UND DEREN BEWERTUNG

ZUSAMMENFASSUNG 9

I NATÜRLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT

1.	Natürliche Umweltradioaktivität	15
2.	Zivilisatorisch veränderte natürliche Umweltradioaktivität	15
2.1	Hinterlassenschaften und Rückstände aus Bergbau und Industrie	15
2.2	Radon in Gebäuden	18
2.3	Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten	18

II KÜNSTLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT

1.	Quellen künstlicher Radioaktivität	21
1.1	Kernwaffenversuche	21
1.2	Zivile Freisetzen	21
1.3	Tschornobyl - Strahlenexposition durch den Reaktorunfall	24
1.4	Anlagen nach Atomgesetz	25
1.5	Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen nach Atomgesetz	25
1.6	Exposition durch Anlagen nach Atomgesetz	31
2.	Allgemeine Umweltüberwachung (Immissionen)	36
2.1	Luft und Niederschlag, Gamma-Ortsdosisleistung/Spurenanalyse	36
2.2	Nord- und Ostsee	47
2.3	Binnengewässer	60
2.4	Böden	66
2.5	Lebensmittel, Grund- und Trinkwasser	67
2.6	Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände	76
2.7	Abwasser und Klärschlamm	77
2.8	Abfälle	79
2.9	Inkorporationsüberwachung der Bevölkerung	81

III BERUFLICHE EXPOSITIONEN

1.	Erfassung und Auswertung von Daten über berufliche Expositionen in Deutschland	84
1.1	Erfasste Daten	84
1.2	Datenermittlung und Auswertung	84
2.	Auswertungen aus dem Strahlenschutzregister	85
2.1	Anzahl strahlenschutzüberwachter und messbar exponierter Personen	85
2.2	Die Kollektivdosis	87
2.3	Die mittlere effektive Jahresdosis	87
2.4	Zeitlicher Verlauf der mittleren effektiven Jahresdosis	88
2.5	Die Organ-Äquivalentdosis der Hand und der Augenlinse	88
3.	Anzahl der Grenzwertüberschreitungen	90

IV STRAHLENEXPOSITION DURCH MEDIZINISCHE MAßNAHMEN

1.	Diagnostische Strahlenanwendungen	92
1.1	Röntgendiagnostik	92
1.2	Nuklearmedizin, Diagnostik	95
1.3	Strahlenhygienische Bewertung der Strahlenexposition durch diagnostische Untersuchungen	97
1.4	Magnetresonanztomographie als alternatives Untersuchungsverfahren	99

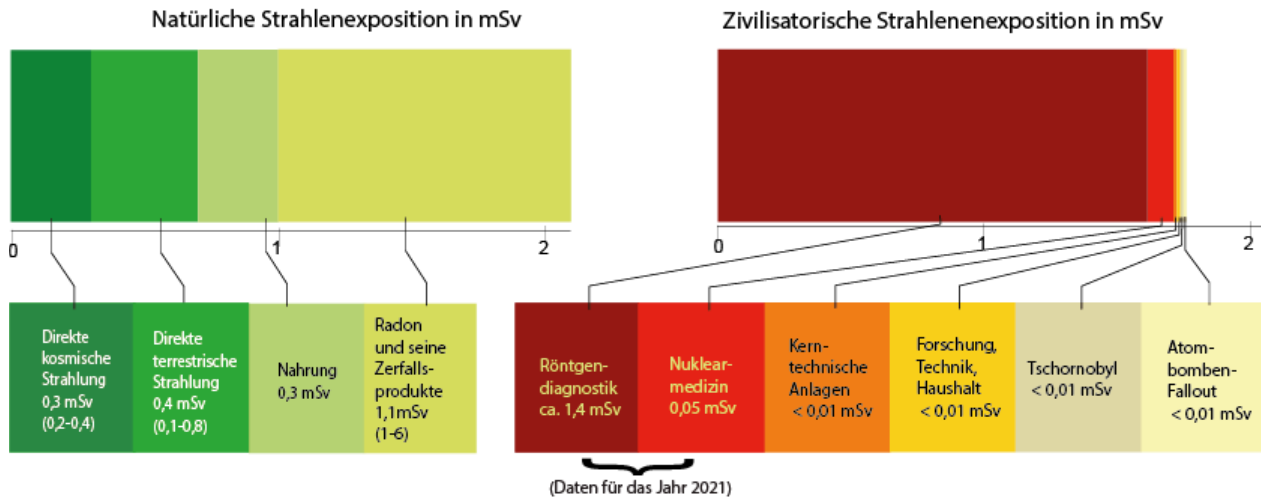
2.	Therapeutische Strahlenanwendungen	99
2.1	Therapie mit ionisierender Strahlung	100
2.2	Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen	101
3.	Medizinische Forschung	101
4.	Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin nach Anlage 14 StrlSchV	101
V	UMGANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN UND IONISIERENDER STRAHLUNG	
1.	Grenzüberschreitende Verbringung radioaktiver Stoffe	104
1.1	Übersicht über die Ein- und Ausfuhrstatistik radioaktiver Stoffe	104
1.2	Einfuhrstatistik	104
1.3	Ausfuhrstatistik	105
1.4	Genehmigungen und Anmeldungen	106
2.	Beförderung radioaktiver Stoffe	106
2.1	Übersicht über Zulassungen, Beförderungsgenehmigungen und Transporte radioaktiver Stoffe	107
2.2	Beförderung radioaktiver Stoffe im Schienen- und Schiffsverkehr der Eisenbahnen	107
3.	Umgang mit radioaktiven Stoffen, Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung, Röntgeneinrichtungen und Störstrahler	108
3.1	Behördliche Kontrolle der Nutzung ionisierender Strahlung	108
3.2	Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	109
3.3	Hochradioaktive Quellen (HRQ)	109
3.4	Störstrahler	109
3.5	Konsumgüter und sonstige Anwendungen	110
3.6	Bestand radioaktiver Abfälle	110
4.	Bedeutsame Vorkommnisse	110
VI	NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG	
1.	Elektromagnetische Felder - Forschung und aktuelle Themen	113
1.1	Elektromagnetische Felder allgemein	113
1.2	Statische elektrische und magnetische Felder	113
1.3	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder (NF)	113
1.4	Strahlenschutz beim Stromnetzausbau	113
1.5	Zwischenfrequente Felder - Elektromobilität	115
1.6	Hochfrequente elektromagnetische Felder (HF)	115
1.7	Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)	117
1.8	Runder Tisch Elektromagnetische Felder	118
1.9	Umweltzeichen „Blauer Engel“	118
2.	Ultraschall - Forschung und allgemeine Themen	119
2.1	Ultraschall im Körper	119
3.	Optische Strahlung	120
3.1	Solares UV-Monitoring	120
3.2	Forschung	120
3.3	Hautkrebspräventionsmaßnahmen	122
3.4	Klimawandel und UV-Strahlung	122
3.5	Rechtliche Regelungen	123

TABELLEN

I.	Tabellen zur natürlichen Umweltradioaktivität	125
II.	Tabellen zur künstlichen Umweltradioaktivität	130
III.	Tabellen zur beruflichen Strahlenexposition	217
IV.	Tabellen zur medizinischen Strahlenexposition	218
V.	Tabellen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung	219
VI.	Tabellen zur nichtionisierenden Strahlung	246
VII.	Abkürzungen und Glossar	247
VIII.	Physikalische Einheiten	255
	Tabellenverzeichnis	260

BERICHT 2022 - AKTUELLE DATEN UND DEREN BEWERTUNG

(Überarbeitungsstand 2023)



Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2022,
gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands (Wertebereich, wo vorhanden, in Klammern)

ZUSAMMENFASSUNG

Seit 1958 werden die von den amtlichen Messstellen gemessenen Werte der Radioaktivität in der menschlichen Umwelt in Form von Vierteljahresberichten, seit 1968 in Jahresberichten veröffentlicht. Diese Berichte enthalten neben den Ergebnissen der Überwachung der Umwelt-radioaktivität Angaben über die Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche und künstliche Quellen.

Die mittlere Strahlenexposition für eine Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2022 ist in der unten aufgeführten Tabelle nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die mittlere effektive Dosis beträgt etwa 3,6 Millisievert (mSv) pro Jahr und Person. Der niedrigere Wert verglichen mit dem Vorjahr ergibt sich durch eine neue Auswertung der medizini-

schen Strahlenexposition. Eine Grafik über die zeitliche Entwicklung der berichteten mittleren Dosis findet sich im Bericht „Grundlagen zur Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (Grundlagenbericht, nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2023032136841).

Der größte Beitrag erfolgt durch medizinische Anwendungen, insbesondere aus Computertomografie-Untersuchungen. Eine weitere wesentliche Quelle der Strahlenexposition ist das natürlich vorkommende Edelgas Radon und die Inhalation seiner Folgeprodukte, welche sich insbesondere in schlecht gelüfteten Räumen ansammeln. Hierbei ist zu beachten, dass die Werte über die gesamte Bevölkerung gemittelte effektive Dosen darstellen. Die tatsächliche Jahresdosis einer Person hängt stark von den individuellen Gegebenheiten ab.

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung im Jahr 2022, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung

mittlere effektive Dosis in Millisievert pro Jahr			
1. natürliche Strahlenexposition			
1.1	durch kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3	
1.2	durch terrestrische Strahlung von außen	ca. 0,4	
	davon bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)		ca. 0,1
	davon bei Aufenthalt in Häusern (19 Std./Tag)		ca. 0,3
1.3	durch Inhalation von Radonfolgeprodukten	ca. 1,1	
	davon bei Aufenthalt im Freien (5 Std./Tag)		ca. 0,2
	davon bei Aufenthalt im Gebäude (19 Std./Tag)		ca. 0,9
1.4	durch Ingestion von natürlich radioaktiven Stoffen	ca. 0,3	
Summe der natürlichen Strahlenexposition		ca. 2,1	
2. zivilisatorische Strahlenexposition			
2.1	durch Fallout von Kernwaffenversuchen	<0,01	
2.2	Strahlenexposition durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschornobyl	<0,01	
2.3	durch kerntechnische Anlagen	<0,01	
2.4	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin* (ohne Therapie)	ca. 1,5	
	davon durch nuklearmedizinische Untersuchungen		ca. 0,05
Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition		ca. 1,5	
* Daten von 2021			

Natürliche Strahlenquellen

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus einer externen und einer internen Komponente, verursacht durch natürliche radioaktive Stoffe in der Umwelt sowie der Höhenstrahlung, zusammen. Zur externen Strahlenexposition tragen im Wesentlichen die Höhenstrahlung und die Strahlung des natürlichen Radionuklids K-40 sowie der Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen des U-238 und des Th-232 aus dem Boden und den Gebäuden bei. Die interne Komponente der Strahlenexposition wird zum Großteil durch die Inhalation der Zerfallsprodukte des natürlichen Edelgases Radon (Radonfolgeprodukte) verursacht, zum Teil auch durch die Aufnahme natürlicher radioaktiver Stoffe mit der Nahrung sowie Trinkwasser. Typischerweise liegt die jährliche effektive Dosis durch natürliche Strahlenquellen im Bereich von 2 bis

3 mSv. Unter Verwendung der von der Strahlenschutzkommission empfohlenen Dosisfaktoren ergibt sich ein mittlerer nomineller Wert von 2,1 mSv pro Jahr, wofür insbesondere die Inhalation von Radon in Gebäuden maßgeblich ist. Die Unterschiede der Exposition durch natürliche Strahlenquellen im jährlichen Vergleich sind gering. Die Einzelbeiträge zur jährlichen mittleren effektiven Dosis gehen aus der vorstehenden Tabelle hervor.

Hinterlassenschaften aus Bergbau und Industrie

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH im ehemaligen Uranerzbergbaugebiet in Sachsen und Thüringen werden über Luft und Wasser Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe freigesetzt, die mit Genehmigung der zuständigen Behörden in die Umwelt abgeleitet werden. Eine bergbaubedingt erhöhte Radonkonzentration in der

bodennahen Luft tritt nur in der unmittelbaren Nähe bergbaulicher Anlagen auf und nimmt mit zunehmender Entfernung rasch ab. Insgesamt ergibt sich aus den vorliegenden Messergebnissen für die o. g. Uranbergbaugebiete eine für geologisch vergleichbare Gebiete zu erwartende hohe Radonkonzentration natürlichen Ursprungs. Die Ableitung von Uran, Radium und deren Zerfallsprodukten aus bergbaulichen Anlagen in die Vorfluter der Bergbaugebiete ergibt keine oder nur geringfügige Veränderungen des natürlichen Niveaus dieser Radionuklide in den Vorflutern. Die Ableitungen radioaktiver Stoffe (Rn-222 und langlebige Alpha-Strahler, Uran und Ra-226) mit Fortluft und Abwasser der untertägigen Grubenfelder im Bereich der Wismut-Sanierungsbetriebe unterliegen je nach Sanierungs- und Witterungsverlauf Schwankungen und weisen insgesamt eine abnehmende Tendenz auf.

Radon in Gebäuden

Der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Radon in Aufenthaltsräumen beträgt in Deutschland ca. 50 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³); dies entspricht einer mittleren jährlichen effektiven Dosis von ca. 0,9 mSv. Dazu kommen 0,2 mSv im Außenbereich. In den letzten Jahren durchgeführte Messungen haben beträchtliche regionale Unterschiede der natürlichen Strahlenexposition aufgezeigt, die durch erhebliche Unterschiede in der Konzentration natürlicher radioaktiver Stoffe in Boden und Luft bedingt sind. Die Errichtung von Häusern auf Baugrund mit erhöhtem Uran- und Radiumgehalt und in geringem Maße die Verwendung von Baumaterialien mit erhöhtem Gehalt radioaktiver Stoffe bewirken eine Erhöhung der Strahlenexposition der Bevölkerung durch die Inhalation von Radon und seinen Zerfallsprodukten. Das Strahlenschutzgesetz sieht einen Referenzwert von 300 Bq/m³ vor. Bis 2020 mussten die Bundesländer die Gebiete mit hohem Radon-Vorkommen ermitteln und bekannt geben. Die Anforderungen an Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Wohngebäuden und an Arbeitsplätzen wurden in der Strahlenschutzverordnung ausgearbeitet und werden durch Normen untersetzt.

Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten

Aktuelle Untersuchungen der Konzentrationen der natürlichen Radionuklide Ra-226, Th-232 sowie K-40 in üblichen industriell gefertigten Baumaterialien für den Innenraumbereich bestätigen, dass die durch sie verursachte Dosis im Mittel bei etwa 0,3 mSv pro Jahr liegt und nur in Einzelfällen 1 mSv pro Jahr erreicht oder überschritten werden. Damit wird der im Strahlenschutzgesetz festgelegte Referenzwert zur Begrenzung der Strahlenexposition aus Baustoffen in aller Regel eingehalten. Es wurde auch die Abgabe von Rn-222 aus mineralischen Baumaterialien berücksichtigt, doch diese erwies sich generell als gering. Auch bei im häuslichen Bereich verwendeten Naturwerksteinmaterialien wurde festgestellt, dass diese in den überwiegenden Fällen selbst bei großflächiger Anwendung keine erhöhte Strahlenexposition verursachen.

Kernwaffenversuche

In den Jahren 1945 bis 1980 wurde eine große Anzahl oberirdischer Kernwaffenversuche durchgeführt; seit 1981 gab es nur noch unterirdische Kernwaffenversuche. In den Jahren 2006, 2009, 2013, 2016 und 2017 wurden insgesamt sechs unterirdische Kernwaffentests in Nordkorea durchgeführt (siehe auch Abbildung B II 1.1-1). Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch die früheren Kernwaffenversuche in der Atmosphäre ist seit dem Vertrag über das Verbot von oberirdischen Kernwaffenversuchen von 1963 stetig zurückgegangen. Ihr Anteil an der gesamten Strahlenexposition des Menschen beträgt zurzeit weniger als 0,01 mSv pro Jahr.

Reaktorunfall von Tschornobyl

Im April 1986 kam es im Kernkraftwerk Tschornobyl (russ. Tschernobyl) zu einem folgenschweren Reaktorunfall. In den folgenden Tagen wurden große Mengen Radionuklide in die Atmosphäre freigesetzt und über ganz Europa verteilt. In Deutschland waren vor allem Gebiete in Süddeutschland vom radioaktiven Niederschlag betroffen. Die Bodenkontamination mit Cs-137 erreichte hier teilweise bis zu 100 000 Bq/m².

Im Jahr 2022 nahm die Strahlenbelastung infolge des Reaktorunfalls weiter geringfügig ab; die mittlere effektive Dosis betrug weniger als 0,01 mSv. Sie lag damit deutlich unter einem Prozent der natürlichen Strahlenexposition und wird zu rund 90 % durch die Bodenstrahlung von Cs-137 verursacht. Die mittlere effektive Dosis durch mit der Nahrung aufgenommenes radioaktives Cäsium für das Jahr 2022 beträgt geschätzt 0,001 mSv. In Süddeutschland kann diese Strahlenexposition um eine Größenordnung höher sein. Insbesondere Wildschweinfleisch überschreitet weiterhin in einigen Fällen den zulässigen Höchstwert (EU 2020/1158) der Cs-137-Kontamination von 600 Bq/kg.

Kerntechnik

Die für 2022 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten) berechneten Werte der Exposition haben die in der Strahlenschutzverordnung festgelegten Dosisgrenzwerte von 0,3 mSv nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen weniger als 6 % des jeweiligen Grenzwertes für die effektive Dosis. Damit sind die oberen Werte der Exposition durch Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen deutlich kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Gesamtstromerzeugung aus drei in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken verringerte sich im Jahr 2022 auf 34,7 Terawattstunden (TWh).

Berufliche Expositionen

In Deutschland unterliegen alle Personen, die in ihrem Arbeitsumfeld ionisierender Strahlung ausgesetzt sind, der Strahlenschutzüberwachung. Dies betrifft sowohl Arbeitsplätze im Zusammenhang mit geplanten Expositi-

onssituationen (Medizin, Kerntechnik, allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, fliegendes Personal und NORM) als auch im Zusammenhang mit bestehenden Expositionssituationen (Radon, radioaktive Altlasten). Im Rahmen der beruflichen Überwachung werden Dosiswerte aller betroffenen Beschäftigten erhoben und im Strahlenschutzregister (SSR) gespeichert und bilanziert.

Im Jahr 2022 wurden in Deutschland ca. 424 000 Personen strahlenschutzüberwacht. Die Beschäftigten aus dem Bereich der Medizin stellten mit 76 % die größte Gruppe aller durch das SSR überwachten Personen dar. Die mittlere effektive Jahresdosis aller strahlenschutzüberwachten Personen betrug 0,2 mSv.

Mit ca. 103 000 Personen hat jedoch nur ein Viertel aller strahlenschutzüberwachten Personen eine messbare Dosis erhalten. Deren mittlere effektive Jahresdosis betrug 0,7 mSv. Die beiden größten Gruppen unter den messbar exponierten Personen stellten mit etwa 53 000 Personen (51 %) das medizinische und mit ca. 36 000 Personen (34 %) das fliegende Personal dar.

Für Arbeitsplätze im Zusammenhang mit geplanten Expositionssituationen kann festgestellt werden, dass die mittleren beruflichen Expositionen, verglichen mit der mittleren natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung (2,1 mSv pro Person und Jahr), auf einem niedrigen Niveau liegen. Dies spricht allgemein für eine erfolgreiche Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen im beruflichen Strahlenschutz. So lag die mittlere effektive Jahresdosis für messbar exponierte Beschäftigte aus dem Bereich der Medizin bei 0,3 mSv, aus dem kerntechnischen Bereich bei 0,6 mSv, aus der allgemeinen Industrie bei 0,7 mSv, aus dem Bereich Forschung und Lehre bei 0,3 mSv, für fliegendes Personal bei 1,2 mSv, für NORM-Arbeitsplätze bei 0,6 mSv sowie für sonstige Beschäftigte bei 0,2 mSv.

Von den Personen, die im Rahmen einer bestehenden Expositionssituation im Jahr 2022 dosimetrisch überwacht wurden, wiesen Beschäftigte im Bereich der Altlasten-Sanierung eine mittlere effektive Jahresdosis von 0,9 mSv und Personen an Radon-Arbeitsplätzen einen Wert von 2,9 mSv auf. Damit liegen die Durchschnittswerte im Bereich Radon deutlich über denen aller anderen Berufsgruppen. Der höhere Durchschnittswert im Bereich Radon gegenüber den Personen in geplanten Expositionssituationen ist so zu erwarten, da bei Radon die verpflichtende dosimetrische Überwachung erst ab einer möglichen effektiven Jahresdosis von 6 mSv einsetzt, bei allen anderen Berufsgruppen bereits ab 1 mSv.

Im Jahr 2022 kam es nach den dem SSR vorliegenden Daten zu zwei Überschreitungen des Jahresgrenzwertes für die effektive Dosis von 20 mSv für Erwachsene, zu einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes für die effektive Dosis von 1 mSv für Personen unter 18 Jahren, zu einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes für die Organ-Äquivalentdosis der Hand von 500 mSv, zu 32 Überschreitungen des Monatsgrenzwertes für die Organ-Äquivalentdosis der Gebärmutter von 2 mSv und zu keiner Überschreitung der Berufslebensdosis von 400 mSv.

Medizinische Anwendung

Der größte Beitrag zur zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung wird durch die medizinische Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe, insbesondere durch die Röntgendiagnostik, verursacht. Daher erhebt das BfS seit 1991 regelmäßig Daten zur medizinischen Strahlenexposition in Deutschland und wertet diese aus. Im vorliegenden Bericht werden Daten der Jahre 2007 bis 2021 präsentiert. Der Zeitraum wurde somit um drei Jahre gegenüber dem Vorjahresbericht erweitert. Die Ergebnisse für 2020 weisen darauf hin, dass die Covid-19-Pandemie dazu geführt hat, dass weniger diagnostische Maßnahmen durchgeführt wurden als erwartet.

Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2021 auf ca. 1,4 mSv. 2007 bis 2021 haben die Häufigkeit von CT-Untersuchungen sowie die damit assoziierte effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zugenommen. Demgegenüber nahm die effektive Dosis pro Einwohner für die Summe der restlichen Untersuchungsverfahren über diesen Zeitraum ab. Die höchsten Beiträge zur röntgenbedingten kollektiven effektiven Dosis („Bevölkerungsdosis“) lieferten die CT sowie die Angiographie (einschließlich vaskulärer interventioneller Maßnahmen). Diese beiden Kategorien trugen 2021 zusammen lediglich etwa 15 % zu der Gesamthäufigkeit von rund 125 Mio. Röntgenuntersuchungen (durchschnittlich etwa 1,5 pro Einwohner und Jahr) bei, ihr Anteil an der Bevölkerungsdosis betrug jedoch ca. 85 %.

Die mittlere Anzahl von nuklearmedizinischen Untersuchungen für die Jahre 2019 bis 2021 ist mit ca. 25 pro 1 000 Einwohnern – verglichen mit der Häufigkeit von Untersuchungen – gering. Mit ca. 30 % werden Schilddrüsenuntersuchungen am häufigsten durchgeführt. Für die nuklearmedizinische Diagnostik wurde eine über den Zeitraum 2019 bis 2021 gemittelte effektive Dosis von etwa 0,05 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt (mit Berücksichtigung der CT-Dosis bei Hybriduntersuchungen: ca. 0,07 mSv). Die relativ dosisintensive Positronen-Emissions-Tomographie (PET) gewinnt auf Grund der hohen diagnostischen Aussagekraft als nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren immer mehr an Bedeutung. Dabei ersetzen PET/CT-Untersuchungen immer mehr isolierte PET-Untersuchungen.

Zwischen 2005 und 2009 wurde in Deutschland das qualitätsgesicherte und bevölkerungsbezogene Mammografie-Screening-Programm eingeführt und wird seither flächendeckend angeboten. Zielgruppe sind alle symptom freien Frauen im Alter zwischen 50 und 69 Jahren. Anspruchsberechtigt sind ca. 12 Mio. Frauen, die alle zwei Jahre eine Einladung erhalten. Die Teilnahmerate lag 2020 bei lediglich 49 %; 2021 wurden – nach einem durch die Covid-19-Pandemie bedingten Rückgang der Häufigkeit 2020 – ca. 3,0 Mio. Screening-Untersuchungen durchgeführt. Dies entspricht einer Teilnahmerate von ca. 52 %.

Radioaktive Abfälle

Insgesamt lagerten bei allen Abfallverursachern am 31. Dezember 2022, mit dem Endlagerziel Konrad oder einem anderen, 23 735 t Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle. Der Bestand an Abfallprodukten in Innenbehältern belief sich auf ca. 20 180 m³, von denen 6 080 m³ schon produktkontrolliert sind. Dies beinhaltet zum derzeitigen Zeitpunkt mindestens den radiologischen Teil der Produktkontrolle. Der größte Bestand entfällt auf die Abfallprodukte in Konradbehältern mit ca. 110 447 m³, hiervon ist bei etwa 2 936 m³ die Produktkontrolle abgeschlossen, so dass sie zur Einlagerung in das zukünftige Endlager Konrad abgerufen werden könnten. Lediglich 145 m³ und 1 956 t an radioaktiven Abfällen sind derzeit nicht für das Endlager Konrad vorgesehen, sie sollen bei der Standort-suche für das Endlager nach dem Standortauswahlgesetz berücksichtigt werden.

Bis zum 31. Dezember 2022 sind in Deutschland insgesamt ca. 16 106 Tonnen SM (Schwermetall = Uran + Plutonium) in Form bestrahlter Brennelemente angefallen. Davon wurden 6 673 t SM zur Wiederaufarbeitung im Ausland oder in andere Anlagen abgegeben.

Zusätzlich sind in Deutschland insgesamt 190 t SM in Form von bestrahlten Brennelementen aus Versuchs- und Demonstrationsreaktoren angefallen, von denen der Großteil wiederaufgearbeitet wurde.

Nichtionisierende Strahlung

Die Sonne ist eine natürliche Quelle nichtionisierender Strahlung. Nichtionisierende Strahlung kann aber auch künstlich erzeugt werden. Mit zunehmender Technisierung der Umwelt steigt die Zahl künstlicher Quellen, die zu einer Exposition der allgemeinen Bevölkerung gegenüber nichtionisierender Strahlung beitragen. Diese Tatsache stellte auch 2022 eine Herausforderung für den Strahlenschutz dar. Um die Risikobewertung bezüglich gesundheitlicher Wirkungen nichtionisierender Strahlung auf einer soliden Datenbasis leisten zu können, wurden im Rahmen des Ressortforschungsplans des Bundesumweltministeriums (BMUV) vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in den Bereichen „elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder“ sowie „optische Strahlung“ auch 2022 Forschungsvorhaben initiiert und koordiniert. Die Statusberichte und Ergebnisse der 2021 abgeschlossenen Studien sind im Programmreport 2021 veröffentlicht. Ausgehend von dem wissenschaftlichen Kenntnisstand werden zum Schutz der Menschen und der Umwelt vor nachgewiesenen Risiken durch nichtionisierende Strahlung interdisziplinär und in Kooperation mit weiteren Behörden und Institutionen Strahlenschutzkonzepte erarbeitet und umgesetzt sowie die Bevölkerung umfassend informiert.

Um die Forschung und Kommunikation im Bereich „elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder“ zu intensivieren, wurde am 5. Februar 2020 das Kompetenzzentrum elektromagnetische Felder (KEMF) als Teil des BfS gegründet.

Ein Schwerpunkt der Forschungs- und Kommunikationsaktivitäten von BMUV und KEMF liegt im Jahr 2022 bei der Einführung der 5. Mobilfunkgeneration (5G). Hierbei

handelt es sich um einen Mobilfunkstandard, der neben zahlreichen Anwendungen in der Industrie unter anderem dazu benutzt werden soll, Smart Homes zu vernetzen und ein autonomes Fahren zu ermöglichen. Bei der Frequenzauktion im Frühjahr 2019 wurden Frequenzbereiche bei 2 GHz und 3,6 GHz versteigert, die für vergleichbare Mobilfunknutzungen bereits eingesetzt werden. UMTS (3G) wurde bis Ende 2021 vollständig abgeschaltet und die freigewordenen Frequenzen werden nun größtenteils für 5G genutzt. Zukünftig werden für 5G und den weiteren Mobilfunkgenerationen noch wesentlich höhere Frequenzbereiche als bisher genutzt werden, die aber auf Grund ihrer kurzen Reichweite nicht flächendeckend zum Einsatz kommen, sondern für lokale Anwendungen eingesetzt werden (sogenannte Campuslösungen). Diese höheren Frequenzen (über 20 GHz) befinden sich in einigen Regionen Deutschlands in einer Testphase. Auf Grund stets steigender Datenübertragungsraten werden mehr Sendeanlagen benötigt und mit dem voranschreitenden Rollout von 5G wird eine weitere Zunahme erwartet. Auch kommen neue Antennentypen mit speziellen Abstrahlcharakteristika zum Einsatz. Diese Neuerungen führen zu einer erhöhten Besorgnis der Bevölkerung. Gleichzeitig wurden im Bereich der hohen Frequenzen Wissenslücken identifiziert. Das BfS hat hierzu begleitende Forschung initiiert.

Ein weiterer Schwerpunkt ist der Ausbau der Stromnetze. Bei der Errichtung und wesentlichen Änderung von Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen (z. B. Stromleitungen) sind vom Netzbetreiber die Möglichkeiten zu prüfen und ggf. auszuschöpfen, um die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Grundsätzlich gilt, dass bei Einhaltung der Grenzwerte gesundheitliche Risiken bis dato nicht nachgewiesen sind. Es bestehen jedoch in einigen Bereichen wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung, z. B. ist die Ursache für einen beobachteten Zusammenhang zwischen einem schwach erhöhten Leukämieerkrankungsrisiko im Kindesalter und einer erhöhten häuslichen Magnetfeldexposition weiterhin nicht geklärt. Um die daraus und aus anderen offenen wissenschaftlichen Fragestellungen resultierenden Unsicherheiten in der Risikobewertung zu verringern, führt das BfS ein begleitendes Forschungsprogramm zum „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ durch. In insgesamt elf Themenfeldern werden 49 einzelne Forschungsvorhaben durchgeführt. Über die Ergebnisse informiert das BfS transparent auf der Webseite https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/forschung-netzausbau_table.html.

Im Bereich „Optische Strahlung“ sind vor allem die stetige Zunahme an Hautkrebsneuerkrankungen sowie die Verwendung künstlich erzeugter optischer Strahlung zu kosmetischen Zwecken und im Wellnessbereich Grund für Forschung und Erarbeitung effektiver Strahlenschutzkonzepte sowie Optimierung der Risikokommunikation und der Informationsmaßnahmen des BfS. Auch die missbräuchliche Verwendung starker optischer Strahlungs-

quellen wie beispielsweise Laserpointer ist ein strahlenschutzrelevantes Thema.

Das Thema „Nutzung von UV-C-Strahlung zu Desinfektionszwecken“ blieb auch im Jahr 2022 relevant. Da es sich auch bei UV-C um einen von der IARC in Gruppe 1 (krebserregend beim Menschen) eingestuften Teil der optischen Strahlung handelt, ist die Sicherheit exponierter Personen zu bedenken. Im Februar 2022 ist die Technische Spezifikation zu UV-C - Sekundärluftgeräten (DIN TS 67506) erschienen, an deren Erarbeitung das BfS beteiligt war. Zeitgleich starteten die Arbeiten zur Überführung der Spezifikation in eine Norm.

Eine weitere aktuelle Fragestellung ist die Beurteilung der Sicherheit von Fern-UV-C-Quellen (meist mit Wellenlängen um 222 nm), die beispielsweise zur Desinfektion von Raumluft in Anwesenheit von Personen genutzt werden sollen. Hier gilt das besondere Augenmerk der Sicherheit empfindlicher Personengruppen. Die kontinuierlichen Messungen der bodennahen, erythemwirksamen solaren UV-Bestrahlungsstärke im UV-Messnetz (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) ergaben, dass im Jahr 2022 die höchsten ermittelten Tagesspitzenwerte des UV-Index in Nord- und Mitteldeutschland im Juni und Juli im Bereich von 6 bis 8 und in Süddeutschland im Bereich von 8 bis 9 lagen. Im Hochgebirge wurden im Mai, Juni und Juli 2022 UV-Indexwerte von 10 bis 11 erreicht. Eine

außergewöhnlich hohe Anzahl an Sonnenstunden im Sommer führte 2022 zu überdurchschnittlich vielen Tagen mit hohen und sehr hohen UV-Indexwerten in Deutschland.

Die Forschung, die vom BfS initiiert und im Rahmen des Ressortforschungsplans des BMUV fachlich begleitet wird, konzentrierte sich im Bereich „Optische Strahlung“ 2022 auf die Themen „Mikroskalige Modellierung von UV-Belastung“, „Verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen“ und „Missbrauch starker optischer Strahlungsquellen - Blendattacken und Augenschäden“. Zum Thema Fern-UVC-Strahlung zu Desinfektionszwecken wurde im Dezember 2022 das Ressortforschungsvorhaben „Wirkung von Fern-UVC-Strahlung auf sensitive menschliche Haut: Induktion von DNA-Schäden in der Epidermis“ (FKZ 3622S32430) vergeben.

Das Thema „Klimawandel und UV-Strahlung“ wurde mit der Veröffentlichung der Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 (KWRA 2021) und der S3-Leitlinie „Prävention von Hautkrebs“ in den Fokus des Interesses gebracht.

In Bezug auf die gesetzlichen Regelungen des Solarienbetriebs unterstützten das BfS und das BMUV auch 2022 die Landesbehörden bei ihrer Kontrollaufgabe.

I NATÜRLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Natürliche Umweltradioaktivität

Die natürliche Strahlenexposition in Deutschland zeigt große regionale Unterschiede. Diese sind bedingt durch die unterschiedlichen Gehalte des Erdbodens an Uran, Thorium und Kalium-40 (terrestrische Strahlung), durch die unterschiedliche Höhe über dem Meeresspiegel (kosmische Strahlung), durch die unterschiedlichen Konzentrationen des radioaktiven Edelgases Radon in der Atemluft und die regional unterschiedliche Aufnahme natürlich radioaktiver Stoffe mit der Nahrung und dem Trinkwasser. Dies führt, wie im Grundlagenbericht in Kapitel I zur natürlichen Umweltradioaktivität erläutert, insgesamt zu einer jährlichen Exposition von etwa 2 bis 3 mSv. Gegenüber den regionalen Schwankungen sind die Unterschiede der Exposition von Jahr zu Jahr gering, eine jährliche Neuerhebung dieser Daten ist deshalb nicht notwendig. Im Berichtsjahr wurden keine Untersuchungen durchgeführt, die die natürliche Komponente der Strahlenexposition weiter differenzieren. Untersuchungen dazu werden unregelmäßig zu spezifischen Fragen durchgeführt. Die Ergebnisse finden sich jeweils im Programmreport.

2. Zivilisatorisch veränderte natürliche Umweltradioaktivität

2.1 Hinterlassenschaften und Rückstände aus Bergbau und Industrie

Hinterlassenschaften der Uranproduktion in Sachsen und Thüringen

Bei den Sanierungsarbeiten der Wismut GmbH werden mit Genehmigung der zuständigen Behörden vor allem Radionuklide der Uran-/Radiumzerfallsreihe mit der Fortluft bzw. mit den Schacht- oder Abwässern in die Umwelt abgeleitet.

Nachfolgend wird ein Überblick über die Emissions- und Immissionssituation in den betroffenen Regionen gegeben, der auf ausgewählten Daten aus der Umweltüberwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung bei bergbaulichen Tätigkeiten (REI Bergbau) beruht.

Detailinformationen über die Sanierungstätigkeit und die Ergebnisse der Umweltüberwachung geben der Bericht der zuständigen Landesbehörde/Messstelle und die jährlichen Umweltberichte der Wismut GmbH (www.wismut.de).

2.1.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft¹ und Abwasser infolge der Tätigkeit der Wismut GmbH (Emissionen)

In [Tabelle T I.1](#) sind die Fortluftmengen und die Ableitungen radioaktiver Stoffe aller Wismut-Sanierungsbetriebe in den Jahren von 1998 bis 2022 zusammengestellt. Die Tabelle zeigt, dass die Ableitungen mit der Fortluft insgesamt seit Jahren deutlich unter den in Klammern angegebenen behördlich genehmigten Werten liegen.

¹ Hier sind im Wesentlichen Abwetter von Untertage gemeint.

In [Tabelle T I.2](#) ist diese Gesamtentwicklung für die Jahre 2021 und 2022 des Standorts Schlema/Alberoda der Wismut-Sanierung aufgeschlüsselt. Einen Überblick gibt [Abbildung B I 2.1-1](#). Es wurden die aus dem Betrieb in den beiden Jahren insgesamt in die Atmosphäre abgeleiteten Mengen radioaktiver Stoffe zusammengestellt. In Schlema/Alberoda liegen die Jahresableitungen von Rn-222 und langlebigen Alphastrahlern etwas niedriger als im Vorjahr. Die mittlere Radonkonzentration der Abwetter hat sich gegenüber dem Vorjahreswert um etwa 3 % verringert. Dadurch hat sich auch die Jahresableitung an Radon von 117 TBq auf 114 TBq verringert. In Dresden-Gittersee konnte die aktive Bewetterung eingestellt werden, so dass lediglich noch geringfügige Rn-222-Freisetzungen mit jahreszeitlich bedingten Schwankungen mit der natürlichen Bewetterung erfolgen. Deren Überwachung geschieht im Rahmen der Immissionsmessungen in der Umgebung.

Die berechnete Jahresableitung an langlebigen Alphastrahlern ist im Vergleich zum Vorjahr leicht gesunken. Dies steht im Zusammenhang mit der Festlegung der REI Bergbau, dass Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze bei der Bilanzierung unberücksichtigt bleiben. Die Anzahl der Monate, bei der die Konzentration langlebiger Alphastrahler unter der geforderten Nachweisgrenze (1 mBq/m^3) des Messverfahrens lag und die deshalb bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt wurden, blieb im Jahr 2022 bei acht Monaten. Die bilanzierte Jahresableitung an langlebigen Alphastrahlern verringerte sich geringfügig von 1,7 MBq im Vorjahr auf jetzt 1,5 MBq.

In Dresden-Gittersee erfolgten 2022 keine Ableitungen mehr und waren wegen zu geringer Konzentrationen bereits 2018 nicht mehr bilanzierbar. Die gesamten Ableitungen von Rn-222 und langlebigen Alphastrahlern werden inzwischen nur noch vom Standort Schlema/Alberoda verursacht. Die daraus resultierende jährliche Strahlenexposition unterschreitet größtenteils deutlich den geltenden Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung, in Einzelfällen lagen die Werte darüber.

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwässern in die Oberflächengewässer (Vorfluter), die in [Tabelle T I.3](#) und [Abbildung B I 2.1-2](#) zusammengestellt sind, liegen ebenfalls seit Jahren deutlich unter den behördlichen Genehmigungswerten. Die gesamte Abwassermenge ist 2022 gegenüber dem Vorjahr auf $13,6 \text{ m}^3$ leicht gesunken und setzte sich aus den Niederschlagswässern sowie den hoch belasteten Wässern aus der Flutung, Porenwässern aus den verbliebenen industriellen Absetzanlagen sowie den Sickerwässern zusammen. Die Reduzierung der Abwassermengen an allen Vorflutern ist witterungs- sowie sanierungsbedingt. Die Freisetzungen von Uran und Ra-226 sind in ihrer Gesamtmenge etwas niedriger gegenüber denen des Jahres 2021. Die geringeren Abwassermengen im Jahr 2022 in den Vorfluter Weiße Elster in Thüringen und Zwickauer Mulde in Sachsen führen zu einer etwas geringeren Freisetzung von Uran sowie einer etwas geringeren Freisetzung von Ra-226 im Vergleich zum Vorjahr. Die Abwassermengen in die Elbe sind 2022 im Vergleich zum Vorjahr etwas weniger geworden, damit einhergehend verringerte sich auch die Radioaktivi-

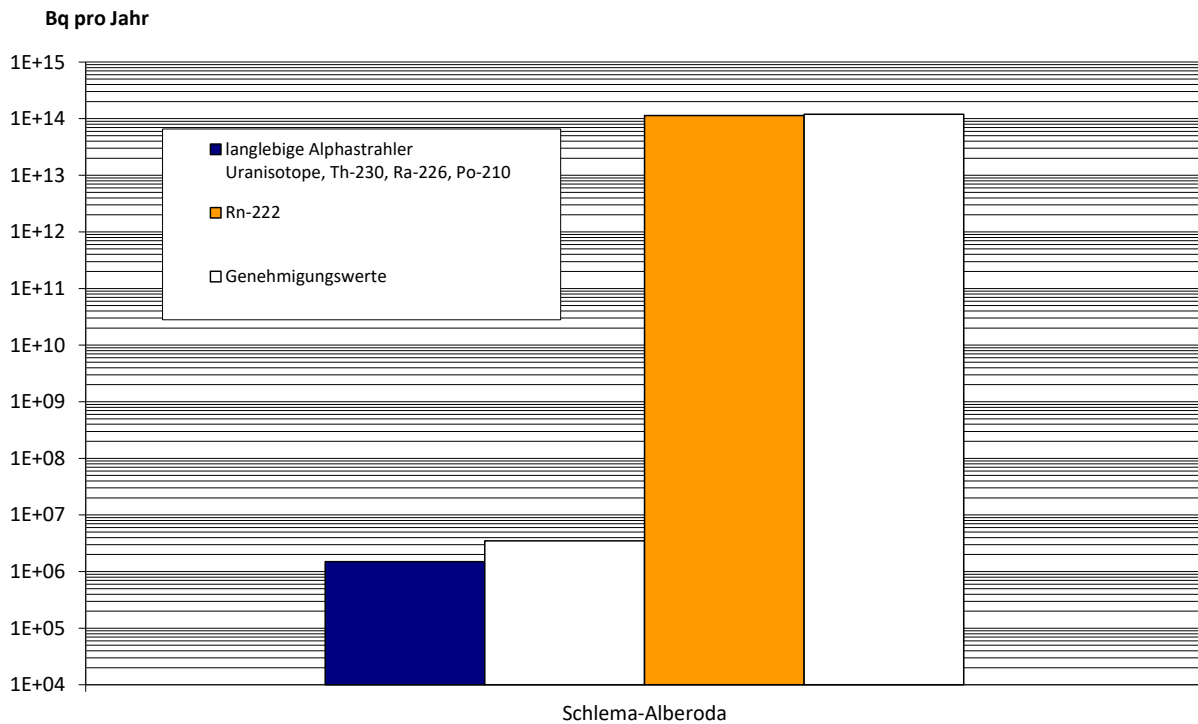


Abbildung B I 2.1-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2022

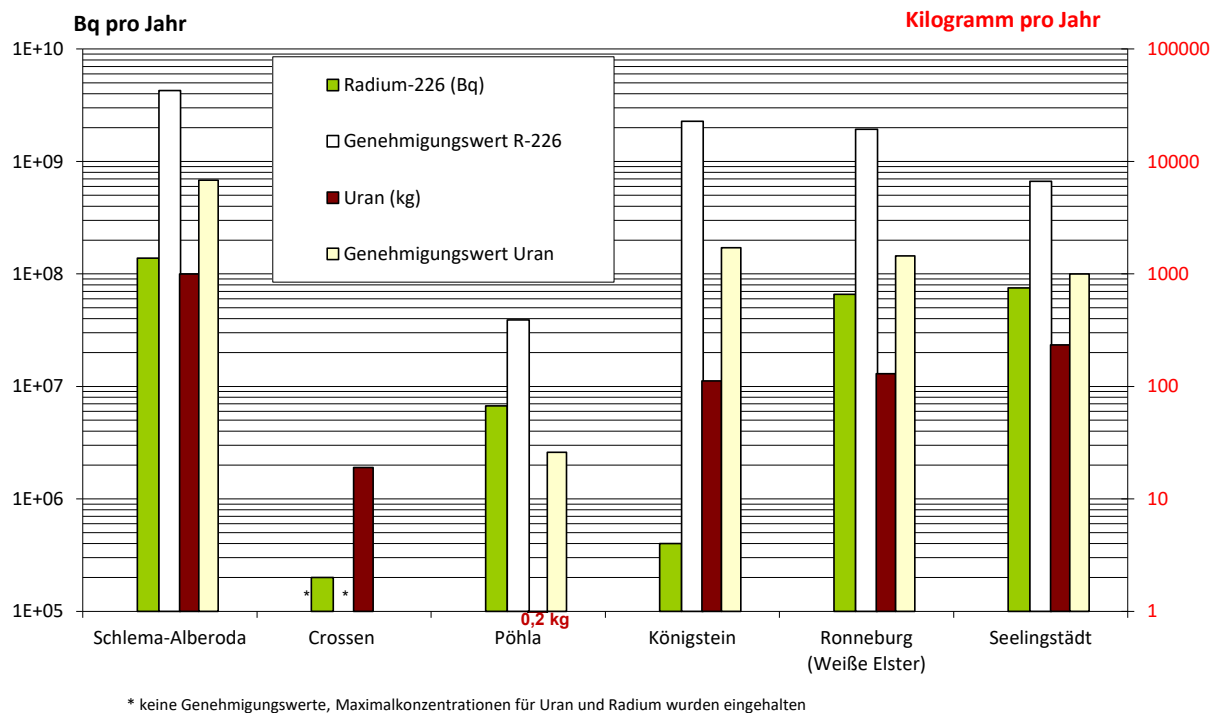


Abbildung B I 2.1-2 Flüssige Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2022

tätsfreisetzung (siehe [Tabelle T I.4](#)). Alle Ableitungen liegen deutlich unter den Genehmigungswerten. Insgesamt belegen diese Werte die sichere Betriebsweise der weiter optimierten und teils erneuerten größeren Wasserbehandlungsanlagen.

Aus den Ableitungen in die betroffenen Gewässer resultiert an keiner Stelle eine nennenswerte Strahlenexposition. Sie kann bei Unterstellung realistischer Nutzungsszenarien (äußere Strahlenexposition auf dem Ufersediment, innere Strahlenexposition durch Ingestion

von Trinkwasser, innere Strahlenexposition durch Ingestion von kontaminiertem Fisch) im Einzelfall für die kritische Personengruppe bis zu 0,33 mSv/a betragen, so dass der geltende Referenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung in jedem Fall unterschritten wird.

Infolge des im fortschreitenden Sanierungsprozess verstärkt anfallenden Anteils der Sicker- und Porenwässer aus Absetzanlagen und Halden sowie der Behandlung kontaminierter Flutungswässer kann es teilweise zur Erhöhung oder Stagnation der Menge an abgeleiteten Radionukliden und Schadstoffen kommen. Infolge der Behandlung weiterer bergbaulich beeinflusster Wässer setzt langfristig jedoch eine Mengen- bzw. Konzentrationsabnahme ein.

Insgesamt wird deutlich, dass das jetzt erreichte Niveau der Ableitungen auch weiterhin durch meteorologische Verhältnisse geprägten Schwankungen unterliegen wird und somit keine steuerbare Größe darstellt. Die Funktion der Wasserbehandlungsanlagen (WBA) ist infolge ihrer Kapazitätserhöhung zuverlässig, da die genehmigten maximalen und mittleren Schadstoffkonzentrationen stets unterschritten wurden.

Die behördlichen Genehmigungswerte für Abwässer aus den WBA (siehe [Tabelle T I.5](#)) wurden jeweils aus der von der zuständigen Landesbehörde genehmigten mittleren oder maximalen Wassermenge, multipliziert mit der Maximalkonzentration bzw. mit dem genehmigten Jahresmittelwert der Konzentration, errechnet.

2.1.2 Überwachung der Konzentrationen radioaktiver Stoffe in den Umweltmedien in der Umgebung der Sanierungsbetriebe (Immissionen)

Im Folgenden werden die Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft und die Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern betrachtet, die durch die Sanierungstätigkeiten der Wismut GmbH beeinflusst werden können.

Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Luft

Zur Überwachung der Luft werden gemäß der REI Bergbau Messstellen zur Ermittlung der Rn-222-Konzentration der bodennahen Atmosphäre betrieben. Die Messnetze gewährleisten nicht nur eine Kontrolle der Auswirkungen von Ableitungen über die dafür vorgesehenen technischen Einrichtungen wie z. B. Lüfter; sie dienen auch zur Erfassung der aus diffusen Freisetzungen, beispielsweise aus Haldenoberflächen, resultierenden Umweltkontamination sowie zur Kontrolle der Auswirkungen der Sanierungsarbeiten. Für die Beurteilung der Gesamtstrahlenexposition in der Umgebung der Bergbauanlagen sind alle genannten Prozesse von Bedeutung. Die freigesetzte Rn-222-Menge aus den in industriellen Absetzanlagen und Halden deponierten Materialien kann dabei in der Größenordnung der jährlichen Ableitungsmengen nach [Tabelle T I.2](#) liegen.

In [Tabelle T I.6](#) sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an bergbaulich beeinflussten Messstellen im Zeitraum Winter 2021/2022

bis Sommer 2022 zusammengefasst. Die teilweise hohen Maximalwerte der Rn-222-Konzentration resultieren aus der Lage einiger Messpunkte auf oder in unmittelbarer Nähe von Anlagen (z. B. Abwetterschächte, große Halden) und Betriebsflächen. Insbesondere im Raum Schlema/Alberoda treten solche Situationen in Tallagen häufiger auf, die bei Trockenheit durch höhere Radonexhalation aus dem Boden verstärkt werden. In Abhängigkeit von den Witterungseinflüssen unterliegen diese Rn-222-Freisetzungen aus den bergbaulichen Anlagen großen Fluktuationen.

In [Tabelle T I.7](#) sind die Ergebnisse der von der Wismut GmbH durchgeführten Überwachung an bergbaulich **nicht** beeinflussten Messstellen zusammengefasst. Die an diesen Messstellen ermittelten Rn-222-Konzentrationen repräsentieren den lokalen natürlichen Konzentrationspegel der jeweiligen Bergbaugebiete und können deshalb als Vergleichswerte herangezogen werden. Sie sind in allen Regionen sehr stabil und zeigen im langjährigen Mittel keine Veränderungen.

Entsprechend der REI Bergbau wurden von unabhängigen Messstellen im Auftrag der jeweiligen zuständigen Landesbehörde zusätzlich Kontrollmessungen an einigen Messpunkten des von der Wismut GmbH betriebenen Messnetzes zur Überwachung der Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre durchgeführt. Die Ergebnisse stimmen unter Berücksichtigung der jeweiligen Messunsicherheiten im Wesentlichen überein.

Auch durch das BfS wurden von 1991 bis 2005 in den Bergbaugebieten umfangreiche Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung der Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Freiluft durchgeführt. Insgesamt ergab sich aus den Messungen, dass in großen Teilen der Bergbaugebiete mittlere Radonkonzentrationen gemessen wurden, die zwar über den für große Gebiete Nord- und Mitteldeutschlands charakteristischen Konzentrationswerten von 5 bis 15 Bq/m³ liegen, aber auch in den Gebieten ohne bergbaulichen Einfluss in ähnlicher Höhe festgestellt wurden und deshalb offensichtlich nicht auf menschliche Einflussnahme zurückzuführen sind. Messtechnisch nachweisbare, bergbaubedingt erhöhte Konzentrationen treten vor allem in der unmittelbaren Nähe von Abwetterschächten, an großen Halden oder an Absetzanlagen der Erzaufbereitung auf. Die Verringerung der Radonexposition der Bevölkerung aus solchen Hinterlassenschaften mit in der Nähe liegender Wohnbebauung ist weiterhin eines der Ziele der Sanierung von Wismut-Hinterlassenschaften.

Überwachung der Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern

Die Überwachung der Urankonzentrationen und Ra-226-Aktivitätskonzentrationen wird in allen Oberflächengewässern durchgeführt, in die radioaktive Ableitungen erfolgen. Zur Ermittlung des bergbaulichen Einflusses werden die Immissionsmessungen der Wismut GmbH in der Regel an Messstellen vor und nach der betrieblichen, hier nicht genannten, Einleitung vorgenommen.

In Vorflutern wurden die in [Tabelle T I.8](#) angegebenen Werte bestimmt. In den hier nicht genannten durch die Ableitung radioaktiver Stoffe betroffenen Vorflutern liegen die Uran- und Radiumkonzentrationen in den gleichen Konzentrationsbereichen.

Die im Jahr 2022 ermittelten Werte der Uran- und Radiumkonzentration in den großen Vorflutern Elbe, Zwickauer Mulde und Weiße Elster weisen im Vergleich zum Vorjahr nur geringe Veränderungen auf.

Im Oberlauf von Wismut-Ableitungen wurden an den Messpunkten m-131, m-115 und E-312 Urankonzentrationen bis zu einer Höhe von 1,6 µg/l und Aktivitätskonzentrationen bis zu einer Höhe von 13 mBq/l für Ra-226 ermittelt. Diese Werte liegen im Bereich des allgemeinen geogenen Niveaus, das in Oberflächengewässern der Bundesrepublik Deutschland ermittelt wurde. Die in bergbaulich unbeeinflussten Oberflächengewässern in Deutschland festgestellten Aktivitätskonzentrationen überschreiten den Wert von 3 µg/l für U-238 und von 30 mBq/l für Ra-226 nicht und beinhalten mit den ebenfalls im Oberlauf von Wismut-Einleitungen gelegenen Messpunkten auch den Einfluss lokaler geologischer Besonderheiten oder des Altbergbaus.

In kleineren Bächen, die eine geringe Wasserführung aufweisen, wird das o. a. geogene Niveau im Unterlauf von Wismut-Einleitungen bei Ra-226 leicht überschritten und reicht von Werten unter der Nachweisgrenze (<10 mBq/l) bis knapp darüber (13 mBq/l), während es bei Uran bis zum Faktor 100 erhöht ist und Werte zwischen 4 und 280 µg/l aufweist (vgl. Messpunkte k-0018, M-204, M-232, s-609 und E-369 in [Tabelle T I.8](#)).

Diese kleinen Bäche unterliegen stark dem Einfluss der Sanierungsarbeiten und der Witterung und weisen daher jährliche Schwankungen auf. Dies wird besonders bei geringeren Niederschlagsmengen wie im weiteren Trockenjahr 2022 deutlich.

In den großen Vorflutern wurden an den Messpunkten k-0028, m-111, E-314, E-321, M-205 und e-419 im Unterlauf von Wismut-Ableitungen Werte der Urankonzentration ermittelt, die gegenüber dem o. a. geogenen Niveau bis fast zum Zweifachen erhöht sind (1 - 6,2 µg/l). Mit Werten von <10 bis 10 mBq/l liegen die Ra-226-Aktivitätskonzentrationen dagegen im Bereich des o. a. geogenen Niveaus.

Aus der Sicht des gesundheitlichen Strahlenschutzes stellen die infolge von radioaktiven Ableitungen der Wismut GmbH erhöhten Werte der Urankonzentration und der Ra-226-Aktivitätskonzentration weder in den Bächen noch in den Vorflutern Zwickauer Mulde, Elbe und Weiße Elster ein Problem dar, da deren Wasser nicht im unmittelbaren Einflussbereich für Trinkwasserzwecke genutzt wird und somit keine nennenswerten Strahlenexpositionen entstehen.

2.2 Radon in Gebäuden

Aktueller Stand

Über die in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen und Ergebnisse finden sich ausführliche Infor-

mationen im Grundlagenbericht, Kapitel I. Für die regionale Verteilung der Radonaktivitätskonzentration wird auf die Abbildung im selben Kapitel verwiesen.

In Kapitel 4 „Strahlenschutz bei bestehenden Expositionssituationen“ regelt das Strahlenschutzgesetz den Schutz vor Radon (§§ 121 bis 132). Auf Basis verschiedener Kriterien, die u. a. in § 153 der Strahlenschutzverordnung geregelt sind, entscheidet jedes Bundesland für sich, welche Regionen in seinem Hoheitsgebiet sogenannte Radon-Vorsorgegebiete sind. Alle Länder, die Radon-Vorsorgegebiete festlegen, mussten ihre Entscheidung bis Ende Dezember 2020 in ihren jeweiligen Amtsblättern veröffentlichen. In Radon-Vorsorgegebieten wird der Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter in einer „beachtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen“ überschritten. In Radon-Vorsorgegebieten gelten unterschiedliche Regelungen zum Schutz vor Radon – je nachdem, ob es sich um ein Wohngebäude oder einen Arbeitsplatz handelt. An Arbeitsplätzen gilt eine Messpflicht in Erd- und Untergeschossen. Für private Neubauten besteht für Bauherren die Pflicht, durch bauliche Maßnahmen weitgehend zu verhindern, dass Radon in das Gebäude eindringen kann. Welche baulichen Maßnahmen das sein können, ist in der Strahlenschutzverordnung festgelegt. Im Zusammenhang mit der Festlegung von Radon-Vorsorgegebieten wurden umfangreiche Messprogramme von Bund und Ländern initiiert. Die Ergebnisse werden zukünftig hier zusammengefasst.

Der Einfluss der Radonabgabe aus mineralischen Baumaterialien wird im Vergleich zum geogenen Radon allgemein als gering angesehen.

2.3 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten

Gesetzliche Grundlagen

Im Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 wurden erstmalig verpflichtende Vorgaben hinsichtlich der natürlichen Radioaktivität in Baustoffen geschaffen, die zur Begrenzung der durch sie verursachten äußeren Gammastrahlung in Aufenthaltsräumen dienen. In Übereinstimmung mit bisher geltenden Empfehlungen der Europäischen Kommission gilt dafür ein Referenzwert von 1 mSv pro Jahr zusätzlich zum natürlichen Untergrund im Freien. Um eine Messung aller Baumaterialien zu vermeiden, erfolgte eine Angabe von Ausgangsgesteinen mit potenziell erhöhten Konzentrationen natürlicher Radionuklide, die mit einer Liste von industriellen Rückständen ergänzt wurde, die sich als Zuschlagstoff zur Herstellung von Baumaterialien eignen. Bei Verwendung der im Strahlenschutzgesetz gelisteten Gesteine oder Zuschläge besteht die Pflicht des Herstellers, vor dem Inverkehrbringen eines solchen Baumaterials dessen spezifische Aktivität der Radionuklide K-40, Ra-226 und Th-232 bestimmen zu lassen und daraus einen so genannten Indexwert zu berechnen. Dieser gibt ein Maß für die aus dem Baumaterial resultierende Dosis für die Bewohner an und wird als Nachweis der uneingeschränkten Verwendbarkeit für Aufenthaltsräume genutzt. Bei Überschreitung des Referenzwertes ist die zuständige Behörde zu informieren, die

über Einsatzbeschränkungen oder Einzelnachweise zur Einhaltung des Dosisrichtwertes entscheidet.

Die Berechnung des Indexwertes wird in der Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 konkretisiert. Diese Bestimmungen sind seit 31. Dezember 2018 in Kraft. Mit diesen Regelungen wurden die Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz (RL 2013/59/Euratom) umgesetzt.

Untersuchungen und Ergebnisse

Die von den Baustoffen ausgehende Gammastrahlung führt zu einer mittleren Umgebungsäquivalentdosisleistung in Wohngebäuden von rund 0,6 mSv/a, was einer jährlichen effektiven Dosis von 0,3 mSv entspricht.

Das durch radioaktiven Zerfall aus Ra-226 entstehende Rn-222 ist aus der Sicht des Strahlenschutzes von besonderem Interesse. In den wichtigen mineralischen Baustoffen Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sowie in den Naturwerksteinen wurden allerdings Ra-226-Konzentrationen gemessen, die in der Regel nicht die Ursache für im Sinne des Strahlenschutzes relevante Radonkonzentration in Wohnungen (siehe Kapitel 2.2) sind.

Vor dem Hintergrund der neuen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz (RL 2013/59/Euratom) und der Regelungen zu den von Baustoffen ausgehenden Gammastrahlungen wurde 2007/08 in einem Projekt in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Baustoffe - Steine und Erden e. V. (bbs) die Nuklidkonzentration und Radonexhalation von über 100 in Deutschland aktuell üblichen, repräsentativen Innenraumprodukten untersucht. Die Spannweite der Ergebnisse der massespezifischen Aktivitätsmessungen in den Baustoffen ist in [Tabelle T I.9](#) zusammengefasst.

Bei der Mehrzahl der Baustoffgruppen wurde eine Gesamtdosis deutlich unterhalb von 1 mSv/a abgeschätzt.

Dieser Wert kann bei den Produktgruppen Ziegel, Leichtbeton und Beton, die allerdings die Massenprodukte darstellen, von wenigen Produkten überschritten werden. Selbstverständlich sind bei wechselnden Rohstoffen oder Zusätzen von Rückständen mit erhöhten Radionuklidgehalten Veränderungen der durchschnittlichen Exposition von 0,3 mSv/a nach oben und unten möglich. Die durchgeführten Untersuchungen haben weiterhin gezeigt, dass der baustoffbedingte Anteil an der Radonkonzentration in Innenräumen grundsätzlich unter 20 Bq/m³ liegt. 20 Bq/m³ würden zu einer Dosis von 0,4 mSv pro Jahr führen. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass - wie national und international in der Vergangenheit beobachtet - in Einzelfällen Materialien eingesetzt werden können, die zu einer erhöhten Radoninnenraumkonzentration führen.

Wegen der zunehmenden Verwendung von Naturwerksteinen im häuslichen Bereich kommt der von diesen Materialien ausgehenden Strahlenexposition für die Bevölkerung besondere Bedeutung zu. Deshalb wurden mit Unterstützung des Deutschen Naturwerkstein-Verbandes e. V. 2006 eine Reihe marktgängiger Fliesen und anderer Plattenmaterialien unterschiedlichster Herkunft untersucht. Die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide (Ra-226, Th-232 und K-40) variiert auch innerhalb der einzelnen Materialarten in einem großen Bereich. Unter den Natursteinen besitzen vor allem kieselsäurereiche Magmasteine infolge natürlicher Radionuklide vergleichsweise hohe spezifische Aktivitäten mit einer entsprechend höheren effektiven Dosis durch Gammastrahlung.

Eine breitere Übersicht über die spezifische Aktivität natürlicher Radionuklide in Baustoffen, beruhend auf den Daten der Messreihe in den 90er Jahren, gibt die entsprechende Tabelle im Grundlagenbericht, Kapitel I.

II KÜNSTLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, vom Deutschen Wetterdienst, der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, von der Bundesanstalt für Gewässerkunde, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, vom Johann Heinrich von Thünen-Institut und vom Max Rubner-Institut

1. Quellen künstlicher Radioaktivität

1.1 Kernwaffenversuche

Der allgemeine Pegel der Umweltradioaktivität durch Kernwaffenversuche (s. Abbildung B II 1.1-1) ist seit Inkrafttreten des internationalen „Vertrages über die Einstellung von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre, im Weltraum und unter Wasser“ (Partial Nuclear-Test-Ban Treaty, PTBT) im Jahr 1963 ständig zurückgegangen. Dennoch sind langlebige Radionuklide wie Sr-90 und Cs-137 aus den Kernwaffenversuchen auch heute noch in der Umwelt vorhanden.

Die Strahlendosis durch die in großer Zahl (ca. 500) bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts und letztmals im Jahr 1980 in der Atmosphäre - insbesondere der Nordhalbkugel - durchgeführten Kernwaffenversuche ist weiterhin rückläufig und betrug 2022 weniger als 0,01 mSv (siehe auch Grundlagenbericht, Kapitel II).

Nach langjährigen Bemühungen der internationalen Staatengemeinschaft wurde am 24. September 1996 der Vertrag über das umfassende Verbot von Nuklearversuchen (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, CTBT) zur Unterzeichnung ausgelegt. Damit sollen die Weiterentwicklung und Weiterverbreitung dieser Waffen verhindert und auch unterirdische Tests verboten werden. Es handelt sich daher nicht um ein Umweltschutzabkommen, sondern um einen Vertrag gegen die Proliferation von Massenvernichtungswaffen. Zur Überwachung der Einhaltung dieses Vertrages betreibt die Vertragsorganisation mit Sitz in Wien (CTBTO) mit Hilfe der Signatarstaaten ein weltweites Überwachungssystem aus Seismik, Infraschall, Hydroakustik und Radionuklidstationen (International Monitoring System, IMS). Von den vorgesehenen 337 Stationen (inklusive 16 Radionuklidlaboren) sind derzeit schon über 300 Messstationen installiert und das Messnetz damit weitestgehend fertiggestellt. 72 (von 80) der operationellen und nach den Vorgaben der CTBTO zertifizierten Stationen sind mit Radionuklidmesssystemen ausgerüstet, die die Atmosphäre auf radioaktive Spuren überwachen, die an Luftstaub gebunden sind (siehe <https://www.ctbto.org/map/#>). Zusätzlich sind bzw. werden 40 von ihnen mit Systemen zur Detektion der radioaktiven Isotope des Edelgases Xenon ausgestattet. Die dabei eingesetzten Systeme wurden speziell für die Aufgabe entwickelt, in der Luft auch noch geringste Freisetzungen von Radionukliden aus unterirdischen Kernexplosionen nachzuweisen, auch wenn die freigesetzte Menge hinsichtlich der resultierenden Strahlenbelastung sehr gering ist.

Seine Einsatzbereitschaft wie auch seine Sensitivität stellte das Überwachungssystem nach den sechs unterirdischen Kernwaffentests in Nordkorea in den Jahren 2006, 2009, 2013, 2016 und 2017 unter Beweis. Das Verifikationssystem der CTBTO war mit Hilfe der seismischen Stationen zeitnah in der Lage, die Tests zu detektieren. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover konnte mit Hilfe der seismischen Signale die Quellorte schnell und mit hoher Präzision lokalisieren sowie eine Abschätzung der Sprengkraft vorneh-

men. Die mit Hilfe der Seismik bestimmten Explosionsstärken nahmen mit den Versuchen zu. Sie betrugen im Jahr 2017 wenige hundert Kilotonnen (kT) TNT-Äquivalent. Nach den Tests in den Jahren 2006 und 2013 wurde der nukleare Charakter der Explosionen durch den Nachweis von ungewöhnlichen Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsverhältnissen von Xe-133 und Xe-131m bestätigt. Atmosphärische Ausbreitungsrechnungen lokalisierten ebenfalls das nordkoreanische Testgelände als möglichen Emissionsort. In den Jahren 2009 und 2016 konnten keine Radionuklide nachgewiesen werden, die einen Kernwaffentest eindeutig belegen. Hier war die Explosionsstärke ein starker Hinweis auf den nuklearen Charakter des seismischen Ereignisses.

Die einzige Radionuklidstation der CTBTO in Mitteleuropa befindet sich an der deutschen Messstation Schauinsland des BfS (RN 33), die auf 1 200 m in der Nähe von Freiburg im Schwarzwald gelegen ist. Dort sind automatische Messsysteme für den Nachweis an Luftstaub gebundener Radionuklide sowie der radioaktiven Xenonisotope Xe-135, Xe-133m, Xe-133 und Xe-131m in Betrieb. Das Messsystem für den Nachweis partikelgebundener Radionuklide (RASA) wurde bereits 2004 zertifiziert. Im Jahr 2018 wurde der bisher verwendete Messcontainer durch ein festes Gebäude ersetzt, welches das Stationsgebäude auf dem Schauinsland ergänzt. Mit dem Neubau wurde das alte RASA-System ersetzt und im Oktober 2018 nach den Vorgaben der CTBTO rezertifiziert. Das Edelgasmesssystem SPALAX, seit 2004 als Bestandteil des sogenannten internationalen Edelgasexperiments in Betrieb, wurde nach einer mehrjährigen Entwicklungs- und Testphase am 11. November 2013 von der CTBTO zertifiziert.

1.2 Zivile Freisetzungen

Die hohe Sensitivität der Messsysteme führt dazu, dass regelmäßig Spuren künstlicher Radionuklide nachgewiesen werden. Dabei kann es sich beispielsweise um Spuren von resuspendiertem Cs-137 aus altem Kernwaffenfallout oder der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl handeln oder auch um Radionuklide aus aktuellen Quellen ziviler Anwendungen, insbesondere von radiopharmazeutischen Produktionsanlagen.

Die mengenmäßig weitaus größten atmosphärischen Freisetzungen von Radioaktivität aus zivilen nuklearen Anlagen sind auf radioaktive Edelgase zurückzuführen. Diese sind sehr flüchtig und chemisch inert und daher schwer zurückzuhalten. Wegen dieser Eigenschaft sind sie einerseits schwierig zu messen, tragen andererseits aber auch nur sehr wenig zur Strahlenbelastung bei. Da radioaktive Edelgase so schwer zurückzuhalten sind, legt das CTBT-Verifikationssystem gerade auf den Nachweis radioaktiven Xenons einen besonderen Wert. Das Messnetz der CTBTO ist dabei auch in der Lage, Schwankungen des weltweiten Untergrundpegels an radioaktivem Xenon zu erfassen, die auf die variierenden Emissionen ziviler Anlagen zurückzuführen sind. Überraschenderweise hat man mit Inbetriebnahme des Messnetzes festgestellt, dass der relative Beitrag von Kernkraftwerken zu dem weltweiten Untergrundpegel weniger dominant war als angenommen. Weitaus größere Emissionen beobachtet

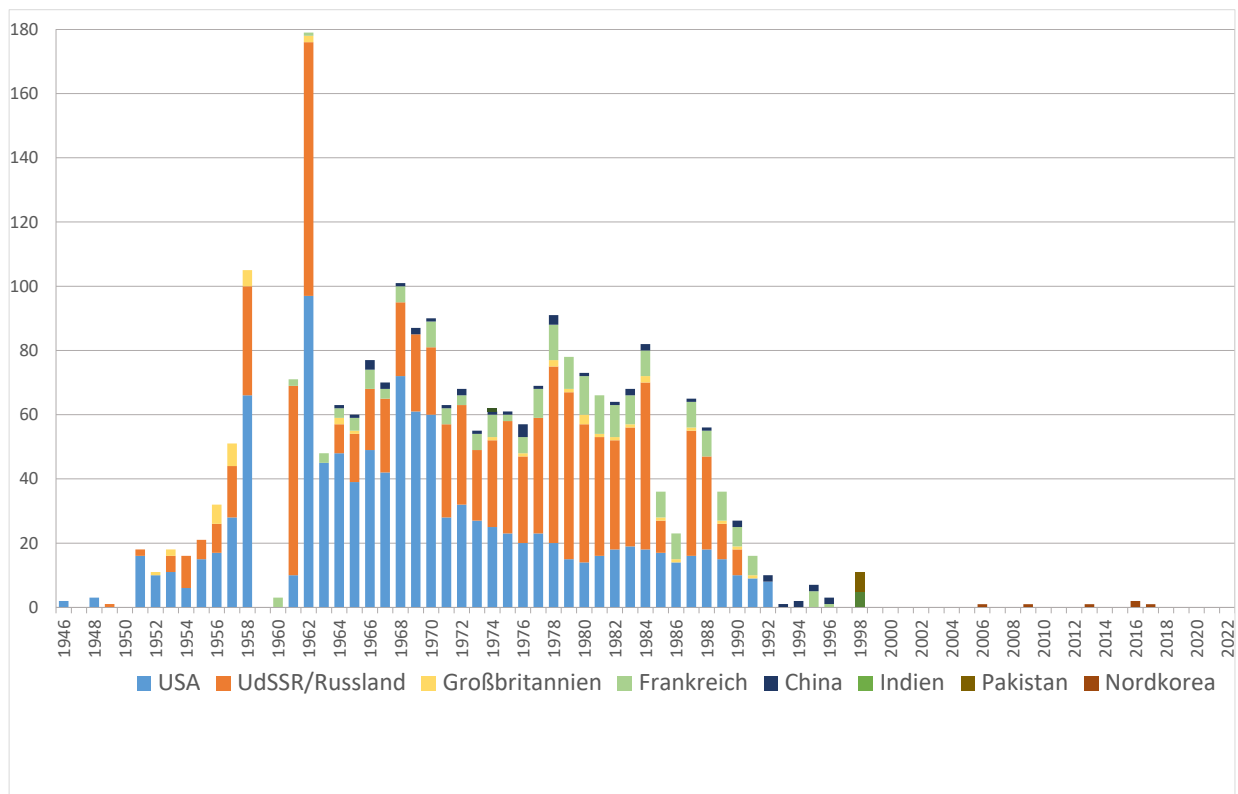


Abbildung B II 1.1-1 Weltweite Kernwaffentests von 1945 bis 2022

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

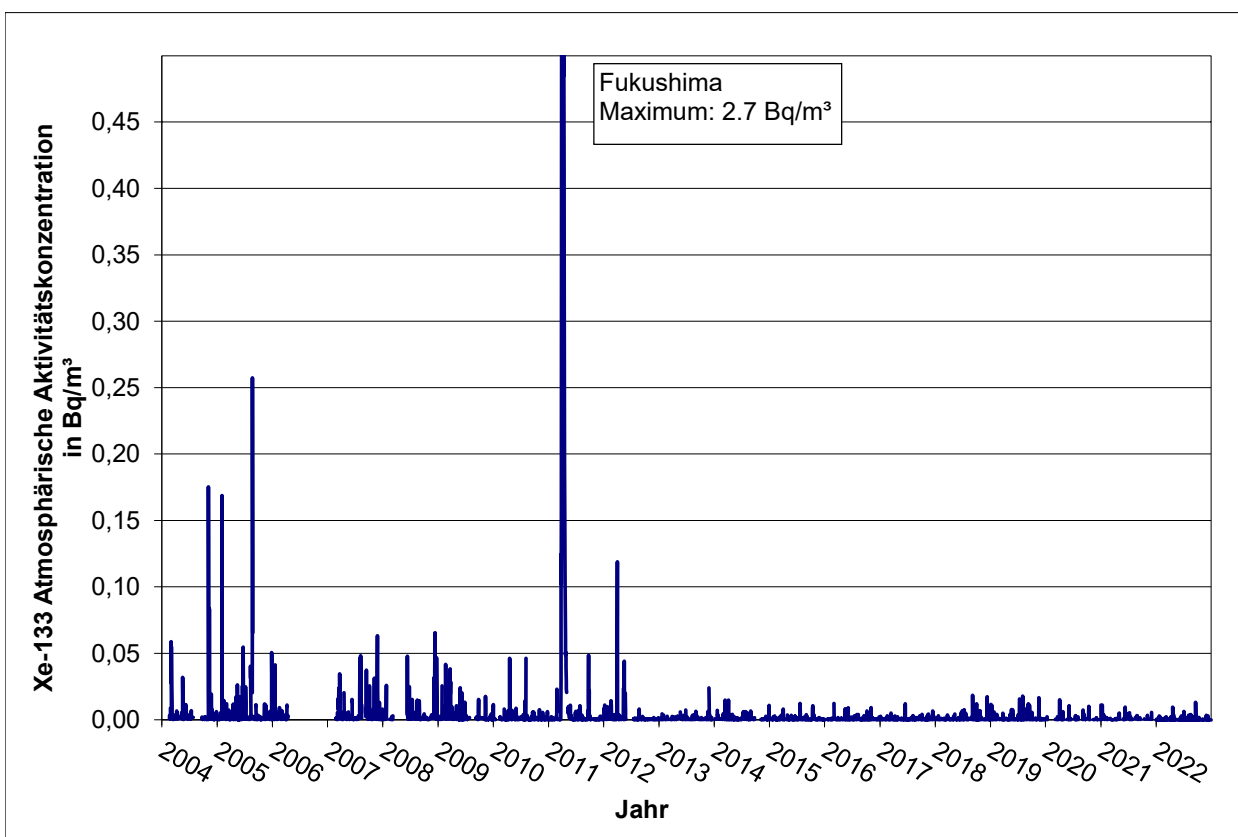


Abbildung B II 1.2-1 Zeitreihe der Xe-133-Aktivitätskonzentration in den Jahren 2004 bis 2022 an der CTBT-Station RN33 auf dem Schauinsland

man bei medizinischen Isotopenproduktionsanlagen für Mo-99, welches als Mutternuklid von Technetium-99m (Tc-99m) in großem Maßstab für die medizinische Diagnostik benötigt wird. Beim Produktionsprozess entweicht radioaktives Xenon, welches je nach Anlagentyp und Betriebsprozess mit sehr unterschiedlicher Effizienz zurückgehalten wird. Das in die Atmosphäre freigesetzte Xenon wird über große Distanzen transportiert und zeigt Auswirkungen auf die Messungen auch an weitab gelegenen Stationen. Auf Grund des ständig steigenden Bedarfs an radiopharmazeutischen Isotopen werden weltweit neue Produktionsanlagen in Betrieb genommen oder sind in Planung.

Ein durch zivile Quellen geografisch und zeitlich sehr variabler Untergrund an Xe-133 und anderer Xenonisotope erschweren die eindeutige Detektion und damit die Identifikation von möglichen Xenon-Emissionen aus unterirdischen Kernwaffentests. Dies bedeutet, dass ein großes Interesse seitens der CTBTO und ihrer Mitgliedstaaten darin besteht, zur Verbesserung der Fähigkeiten des Verifikationssystems die Emissionen aus radiopharmazeutischen Produktionsanlagen zu reduzieren, auch wenn dies aus Gründen des Strahlenschutzes nicht erforderlich wäre. Zwischen Radionuklidexperten der CTBTO und der Mitgliedstaaten existiert ein sehr produktiver Informationsaustausch, sowohl über die Belange beider Seiten als auch über Möglichkeiten weiterer Emissionsreduzierung. Der intensive Informationsaustausch zwischen Radionuklidexperten der CTBTO, Betreibern medizinischer Isotopenproduktionsanlagen und mit Verifikationsaufgaben betrauter Wissenschaftler über die letzten Jahre hat bewirkt, dass Xenon-Emissionsdaten einiger Anlagen vom Betreiber für die Modellierung des zivilen Xenon-Untergrundes an den IMS-Stationen zur Verfügung gestellt werden.

Während man anhand der Messergebnisse und der vorliegenden Emissionsdaten für das Jahr 2005 noch davon ausgehen musste, dass radiopharmazeutische Anlagen pro Jahr eine Größenordnung mehr Xe-133 (ca. 10 000 TBq/a) freisetzen als alle Kernkraftwerke weltweit, beobachtet man in den letzten Jahren einen deutlichen Rückgang des Untergrundpegels von Xe-133 an der Station auf dem Schauinsland. Die Ursache hierfür ist u. a. die vorübergehende Stilllegung einer der größten und ältesten Produktionsanlagen für radiopharmazeutisches Molybdän-99/Technetium-99m (Mo-99/Tc-99m) in Chalk River, Kanada, sowie die Implementierung emissionsreduzierender Maßnahmen in anderen Anlagen innerhalb Europas, insbesondere der belgischen Anlage des Institut National des Radioéléments (IRE) in Fleurus im Jahre 2008. Im Oktober 2016 wurde die Produktion von Mo-99/Tc-99m am Chalk-River Forschungsreaktor (135 MW_{therm}), in Ontario, Kanada, schließlich ganz eingestellt. Die Chalk-River Laboratories waren einer der weltweit größten Produzenten von Mo-99/Tc-99m, aber auch einer der größten Emittenten an radioaktivem Xenon, welches den Untergrund in der Nordhemisphäre maßgeblich beeinflusste. Letzteres hatte auch Auswirkungen auf die Xenonmessungen im Rahmen der Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens. Emissio-

nen dieser Anlagen wurden trotz der großen Entfernung von Zeit zu Zeit an der Station auf dem Schauinsland nachgewiesen.

Erhöhte Xe-133-Aktivitätskonzentrationen auf dem Schauinsland sind derzeit meistens auf Emissionen der näher gelegenen Isotopenproduktionsanlage in Fleurus, Belgien, zurückzuführen. Als Beispiel zeigt Abbildung B II 1.2-1 den Verlauf der gemessenen Tagesmittelwerte der Xe-133-Aktivitätskonzentration an der Station Schauinsland für die Jahre 2004 bis 2022. Die bisher ermittelte maximale Xe-133-Aktivitätskonzentration lag am 30.03.2011 bei 2,7 Bq/m³ und ist auf den Unfall im Kernkraftwerk Fukushima zurückzuführen. Der höchste Wert der Xe-133-Aktivitätskonzentration für das Jahr 2022 betrug am 19.09.2022 13 mBq/m³.

Der Jahresmittelwert der Xe-133-Aktivitätskonzentration an der Messstation Schauinsland ist von 5,3 mBq/m³ im Jahr 2005 mittlerweile auf Werte unter 1 mBq/m³ gesunken und liegt 2022 nur noch bei 0,65 mBq/m³, der Median beträgt 0,33 mBq/m³ Xe-133. Die Auswirkungen der Emissionsreduzierungen und die Entwicklung neuer, Xenon-emissionsarmer Methoden zur Herstellung von Radiopharmazeutika in Nordamerika und Europa lassen sich in ähnlicher Form auch an anderen Messstationen der Nordhemisphäre nachweisen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz unterstützt mit seinem Edelgaslabor in der Dienststelle Freiburg weiterhin die CTBTO als sog. „Support Laboratory“ beim Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems für das Edelgas-messnetz. In diesem Zusammenhang wurden auch 2022 durch die Vertragsorganisation zwei informelle Ringversuche für die CTBTO-Radionuklidlabore mit Xenonmess-technik und das Freiburger Support-Labor ausgerichtet.

Anfang 2022 endete der Test des Prototyps eines neu entwickelten, zeitlich höherauflösenden Edelgasmesssystems auf dem Schauinsland. Das neue System (Xe-International) hat einen 6-stündigen Probennahmezyklus und wurde parallel zu dem bestehenden SPALAX-System (Tagesproben) betrieben, um es auf seine Eignung für das Edelgasmessnetz der CTBTO zu testen. Dieses Messnetz (vgl. 1.1) wird seit ca. 3 Jahren mit verbesserten Edelgas-messsystemen ausgebaut, die bei höherer zeitlicher Auflösung empfindlicher messen als die bestehenden Systeme. Der Test des neuen Systems verlief erfolgreich, somit steht der CTBTO ein weiteres Messsystem zur automatischen Messung radioaktiven Xenons in der Atmosphäre zur Verfügung. Diese neuen Systeme sollen über die nächsten Jahre die teilweise fast 20 Jahre alten Systeme der ersten Generation an den IMS-Stationen ersetzen, auch auf dem Schauinsland.

Ein wichtiges Anliegen ist die Förderung der internationalen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern und der CTBTO. Deutschland unterstützt diese Zusammenarbeit und die damit verbundene Thematik der wissenschaftlichen und zivilen Nutzung der Daten und Informationen aus dem Verifikationssystem. Die zivile Nutzung der Radionuklid-daten für den Notfallschutz und die Information der Öffentlichkeit hat sich insbesondere 2011 nach der Reaktorkatastrophe in Fukushima bewährt.

1.3 Tschornobyl - Strahlenexposition durch den Reaktorunfall

Die mittlere Exposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschornobyl (russisch: Tschernobyl) wurde 2022 fast ausschließlich durch die Bodenstrahlung des im Jahr 1986 deponierten Cs-137 verursacht. Andere Radionuklide spielen keine Rolle mehr. Auf Grund seiner physikalischen Halbwertszeit von 30 Jahren liegen noch ca. 43 % der 1986 deponierten Aktivität vor. Bei ausschließlicher Berücksichtigung des physikalischen Zerfalls nahm die äußere Strahlenexposition gegenüber dem Vorjahr um 2,3 % ab. Unter Berücksichtigung von Abschirmeffekten durch den Boden sowie durch den Aufenthalt in Gebäuden ergibt sich eine mittlere effektive Dosis der Bevölkerung durch Bodenstrahlung von weniger als 0,009 mSv pro Jahr (zum Vergleich: 1986 0,07 mSv).

Südlich der Donau und in einigen Gebieten des Bayerischen Waldes und Ostdeutschlands kann die Bodenstrahlung infolge örtlich und zeitlich begrenzter starker Regenfälle während des Durchzugs der radioaktiven Wolke, die zu einer erhöhten Ablagerung des Radiocäsiums am Boden geführt haben, um bis zu einer Größenordnung höher sein.

Grundnahrungsmittel wie Milch, Gemüse, Getreide, Obst und Fleisch sind durch radioaktives Cäsium aus dem Reaktorunfall nur noch geringfügig belastet. In einem umfangreichen Messprogramm nach dem Strahlenschutzgesetz im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS) werden jährlich mehrere tausend Lebensmittelproben auf ihren Radioaktivitätsgehalt untersucht. Dadurch wird eine bundesweite Überwachung der Radioaktivitätspegel in Lebensmitteln sichergestellt [1, 2, 3].

Die Messwerte der Aktivitätskonzentration von Cs-137 lagen im Berichtsjahr wie in den Vorjahren in den meisten Fällen unter 1 Bq pro Kilogramm Frischmasse bzw. pro Liter. Im Durchschnitt wurde mit der Gesamtnahrung eine Aktivität von ca. 0,22 Bq Cs-137 pro Tag zugeführt, woraus eine Ingestionsdosis von 0,001 mSv resultierte (zum Vergleich 1986: 0,04 mSv). Diese ist gegenüber der mittleren Strahlenexposition von ca. 0,3 mSv durch Ingestion natürlich radioaktiver Stoffe (K-40, radioaktive Nuklide von Uran und Thorium und deren Folgeprodukte) sehr klein.

In Lebensmitteln aus Waldgebieten und vereinzelt auch bei Fischen wurden bei der Datenerhebung im Rahmen von IMIS weiterhin höhere Werte gemessen. Die Kontamination von Pilzen ist sowohl vom Cäsium-137-Gehalt in der Umgebung des Pilzgeflechts (Myzel) als auch vom speziellen Anreicherungsvermögen der jeweiligen Pilzart abhängig. Die Belastung einer Pilzart schwankt innerhalb eines Standorts wesentlich stärker als die Änderungen von Jahr zu Jahr. Weiterführende Informationen liefert ein BfS-Bericht [4].

Cs-137 wird von Wild über das Futter aufgenommen. Bei Schwarzwild spielen Hirschtrüffeln eine besondere Rolle, da diese sehr viel höher belastet sind als Speisepilze und von Wildschweinen besonders gerne gefressen werden. Die höchsten Aktivitäten weist das Fleisch von Wild-

schweinen aus großen geschlossenen Waldgebieten auf, da die Tiere hier weniger auf landwirtschaftliche Flächen ausweichen können. Aus demselben Grund sind Wildschweine aus Gehegen, die ausschließlich mit landwirtschaftlichen Erzeugnissen gefüttert werden, nur geringfügig belastet.

Wildbret ist je nach Region und Tierart sehr unterschiedlich belastet. In den stärker belasteten Gebieten werden bei Wildschweinen noch heute vereinzelt Werte gemessen, die den Grenzwert für die Vermarktung von 600 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm um mehr als das Zehnfache überschreiten. Die in einem Forschungsvorhaben zur aktuellen Kontaminationssituation bei Wildschweinen [5] in Deutschland im Zeitraum 2017 bis 2020 ermittelten Spitzenwerte lagen im Bayerischen Wald bei rund 17 000 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm. Die im Rahmen des bundesweiten Messprogramms IMIS erhobenen Daten erreichten in den letzten drei Jahren Maximalwerte

- für Wildschweine von rund 1 200 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm,
- für Rehwild von rund 330 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm und
- für Hirsche von rund 63 Becquerel Cäsium-137 pro Kilogramm.

Meist wurden deutlich niedrigere Werte ermittelt.

Der einmalige Verzehr von 500 g Wildschweinfleisch des am höchsten kontaminierten Tieres (1200 Bq/kg Cs-137) würde bei Erwachsenen zu einer effektiven Dosis von 0,01 mSv führen. Es ist grundsätzlich ratsam, jede Strahlenexposition so gering wie möglich zu halten. Das BfS stellt auf seiner Internetseite Informationen zum Verzehr von Pilzen und Wildbret bereit (www.bfs.de/de/themen/ion/umwelt/lebensmittel/pilze-wildbret/pilze-wildbret_node.html).

Ausführliche Informationen zum Unfall in Fukushima im Jahr 2011 sind im Kapitel II des Grundlagenberichts enthalten.

Literatur

- [1] BMUB (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz. Stand 2014. Daten und Bewertung, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2015103013753, Bonn, April 2015
- [2] BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz. Stand 2017. Daten und Bewertung, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018100516201, Bonn, Oktober 2018
- [3] BMU (Hrsg): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland: Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz; Stand 2021, Daten und Bewertung, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022010530428

- [4] Kabai E, Hamer A, Steiner M: Radioaktive Kontamination von Speisepilzen: (Stand: 2023, Messwerte 2020 bis 2022), August 2023, [nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2023081838878](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2023081838878)
- [5] Fielitz U: Erfassung der aktuellen Kontaminationssituation bei Wildschweinen in Deutschland - Vorhaben 3617S52531, August 2021, [nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021080227845](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2021080227845)

1.4 Anlagen nach Atomgesetz

Allgemeine Angaben

In der Bundesrepublik Deutschland existierten im Jahr 2022 folgende kerntechnische Anlagen:

- drei in Betrieb befindliche Kernkraftwerke ([Tabelle T II.1](#)) mit einer elektrischen Bruttoleistung von insgesamt 4 291 MW, einer Gesamtstromerzeugung von 34,7 TWh und einem Anteil von 6 % an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung im Jahr 2022. Drei Kernkraftanlagen wurden im Jahr 2021 endgültig abgeschaltet; dies waren die Kernkraftwerke Brokdorf, Grohnde und Gundremmingen C. Acht Kernkraftanlagen wurden bereits im Jahr 2011 endgültig abgeschaltet. Davon betroffen waren die Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel. Die Reaktoren MZFR Karlsruhe, AVR Jülich, KNK Karlsruhe sowie die Leistungskraftwerke Rheinsberg, Grafenrheinfeld, Greifswald, Gundremmingen A und B, Hamm-Uentrop, Lingen, Mülheim-Kärlich, Obrigheim, Philippsburg 2, Stade und Würgassen haben den Betrieb ebenfalls beendet.
- zwei Forschungsreaktoren ([Tabelle T II.2](#)) mit einer thermischen Leistung von insgesamt 20,1 MW.
- zwei Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe: ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH (ANF) Brennelement-Fertigungsanlage Lingen und URENCO D Urananreicherungsanlage Gronau.
- 16 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente ([Tabelle T II.3](#)).
- Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM). Seit dem 25.09.1998 nimmt das ERAM keine radioaktiven Abfälle zur Endlagerung mehr an ([Tabelle T II.4](#)).
- Die Schachanlage Asse II ([Tabelle T II.4](#)).

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser der Kernkraftwerke, der Forschungseinrichtungen sowie der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe, der Forschungsreaktoren, des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben und der Schachanlage Asse II für das Jahr 2022 sind in den Kapiteln [1.5.1 Fortluft](#) und [1.5.2 Abwasser](#) getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. Forschungseinrichtungen befinden sich in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching und Erlangen. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2022 ermittelten Aktivitätsableitungswerten geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte

für die jährlichen Emissionen in allen Fällen eingehalten und mit Ausnahme der Ableitungen von Tritium deutlich unterschritten wurden.

Die aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen berechneten Werte der Exposition der Bevölkerung sind in Kapitel [1.6 Exposition durch Anlagen nach Atomgesetz](#) zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Im benachbarten Ausland waren 2022 in Grenznähe bis zu einer Entfernung von 30 km zur deutschen Grenze die in [Tabelle T II.5](#) aufgeführten kerntechnischen Anlagen in Betrieb. Das Kernkraftwerk Mühleberg in der Schweiz wird trotz seiner großen Entfernung zur Grenze ebenfalls aufgeführt, weil es im Einzugsgebiet des Rheins liegt. Über die jährlichen Emissionsraten kerntechnischer Anlagen in EU-Ländern informiert die Kommission der Europäischen Union über die Datenbank der Europäischen Kommission für radioaktive Ableitungen (RADD, europa.eu/radd). Die jährlichen Emissionen der Schweizer Anlagen werden im Strahlenschutzbericht 2022 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.en-si.ch/de).

Zentrale und dezentrale Zwischenlager

Bei den in Betrieb befindlichen zentralen Zwischenlagern für bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle (HAW-Glaskokillen) aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken wie dem Transportbehälterlager (TBL) Ahaus, dem TBL Gorleben sowie dem Zwischenlager Nord (Rubenow bei Greifswald) treten im Normalbetrieb keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Für die in Betrieb befindlichen dezentralen Standort-Zwischenlager an den Kernkraftwerksstandorten treten im Normalbetrieb ebenfalls keine messbaren Emissionen radioaktiver Stoffe auf. Daher ist die hieraus resultierende Exposition der Bevölkerung vernachlässigbar gering. Messbar ist je nach Lagerbelegung lediglich die Dosis bzw. Dosisleistung der Gamma- und Neutronenstrahlung in unmittelbarer Nähe dieser Anlagen. Sie wird zusammen mit der Direktstrahlung der entsprechenden Kernkraftwerksanlage erfasst. [Abbildung B II 1.4-1](#) und [Tabelle T II.3](#) zeigen eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen Zwischenlager, die Anzahl der Stellplätze und die Belegung im Jahr 2022.

Bei Einrichtungen wie z. B. Abklingbecken für Brennelemente oder Anlagen zur Abfallkonditionierung, die sich innerhalb von Kernkraftwerken, Kernforschungszentren und sonstigen kerntechnischen Betrieben befinden und in deren Fortluftführung bzw. Fortluftplan und ggf. deren Abwasserbehandlung einbezogen sind, werden die Emissionen in den bilanzierten Ableitungen des jeweiligen Standortes erfasst und bei der Ermittlung der Exposition der Bevölkerung berücksichtigt.

1.5 Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen nach Atomgesetz

Die für das Jahr 2022 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser

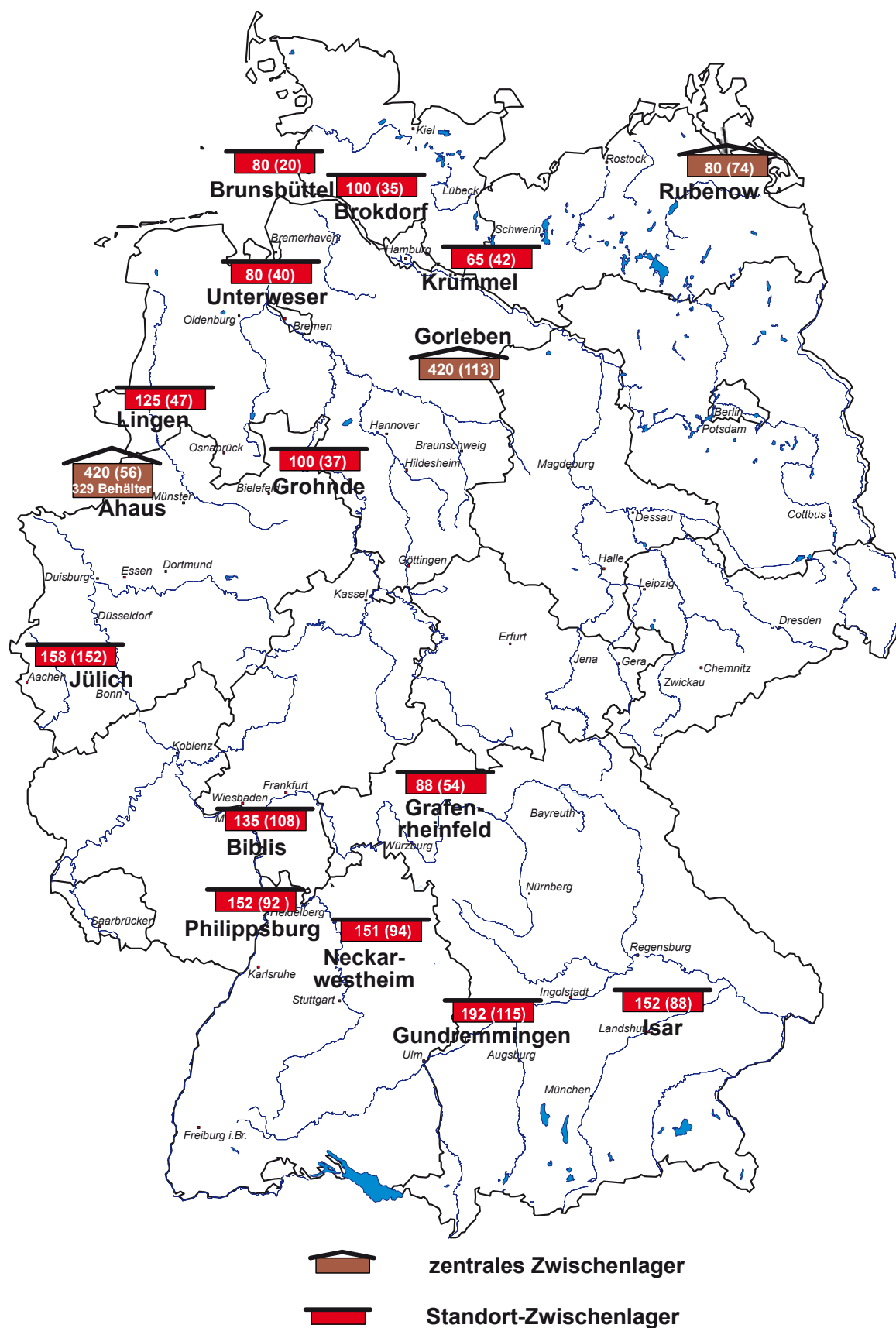


Abbildung B II 1.4-1 Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2022 mit Anzahl der Stellplätze (Belegung in Klammern, Stand 31.12.2022)

aus kerntechnischen Anlagen sind in den Kapiteln [1.5.1 Fortluft](#) bzw. [1.5.2 Abwasser](#) zusammengefasst. Sie dienen als Grundlage für die Berechnung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung der einzelnen Anlagen. Diese Berechnung wurde entsprechend der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten)“ durchgeführt. Bei allen Anlagen wurden für die Fortluft das Partikelmodell ARTM (Atmosphärisches Radionuklid-Transport-Modell) zur Ausbreitungsrechnung sowie das verbesserte DARTM (Dosisprogramm für ARTM) zur Dosisberechnung verwendet.

1.5.1 Fortluft

Die nuklidspezifisch nachgewiesenen Aktivitätsableitungen werden vom Betreiber vierteljährlich und jährlich do-

kumentiert und an die zuständige Aufsichtsbehörde übermittelt. Aus der lückenlosen Bilanzierung der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe wird die Exposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen ermittelt und die Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach § 99 StrlSchV überprüft. Auf die Bestimmung der Exposition aus den Emissionsdaten muss deshalb zurückgegriffen werden, weil die Aktivitätskonzentrationen und spezifischen Aktivitäten der aus kerntechnischen Anlagen abgeleiteten Radionuklide in den Umweltmedien Luft und Wasser und in Lebensmitteln im Allgemeinen so gering sind, dass sie messtechnisch nicht nachgewiesen werden können. Die Aktivitätsableitungen sind dagegen genügend genau erfassbar ([Tabelle T II.6](#) bis [Tabelle T II.12](#)).

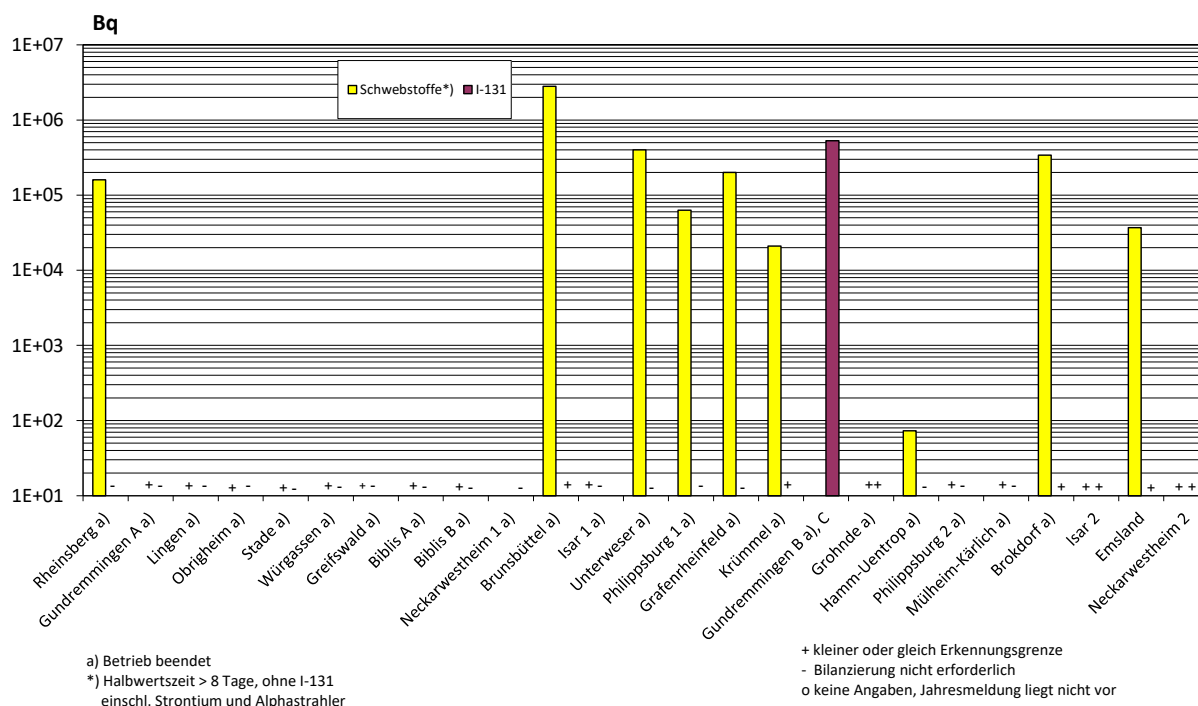


Abbildung B II 1.5-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022 (Schwebstoffe und I-131)

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft der Kernkraftwerke im Jahr 2022 sind in [Tabelle T II.6](#) für die Radionuklidgruppen radioaktive Edelgase und an Schwebstoffen gebundene Radionuklide mit Halbwertszeiten größer als acht Tage sowie für die Radionuklide I-131, C-14 (als Kohlenstoffdioxid) und H-3 aufgeführt (s. a. [Abbildung B II 1.5-1](#) und [B II 1.5-2](#)). Die Jahresaktivitätsableitungen der Reaktoren MZFR, KNK und AVR (siehe [Tabelle T II.1](#)) sind in den Ableitungswerten der Forschungszentren Karlsruhe und Jülich enthalten ([Tabelle T II.10](#) und [Abbildung B II 1.5-3](#)). Die einzelnen in einer Radionuklidgruppe zusammengefassten Radionuklide zeigen entsprechend ihrer chemisch-physikalischen Natur in den Umweltmedien und im menschlichen Körper unterschiedliches Verhalten. Daher ist für die Berechnung der Strahlendosis die Kenntnis der Zusammensetzung des abgeleiteten Radionuklidgemisches erforder-

lich. Die auf Grund von Einzelnuklidmessungen ermittelte Zusammensetzung der 2022 abgeleiteten radioaktiven Edelgase ist aus [Tabelle T II.7](#) zu ersehen. [Tabelle T II.8](#) enthält die nuklidspezifischen Aktivitätsableitungen der an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide einschließlich der Betastrahler Sr-89 und Sr-90 sowie der Alphastrahler Pu-238, Pu-(239+240), Am-241, Cm-242 und Cm-244.

[Tabelle T II.9](#) zeigt die zeitliche Entwicklung der jährlichen Gesamtaktivitätsableitungen für radioaktive Edelgase, an Schwebstoffen gebundene Radionuklide und I-131 mit der Fortluft und die Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Die Summe der Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Edelgase war 2022 mit $1,5 \cdot 10^{12}$ Bq kleiner als 2021 mit $8,5 \cdot 10^{12}$ Bq. Die Summe der Jahresaktivitätsableitungen

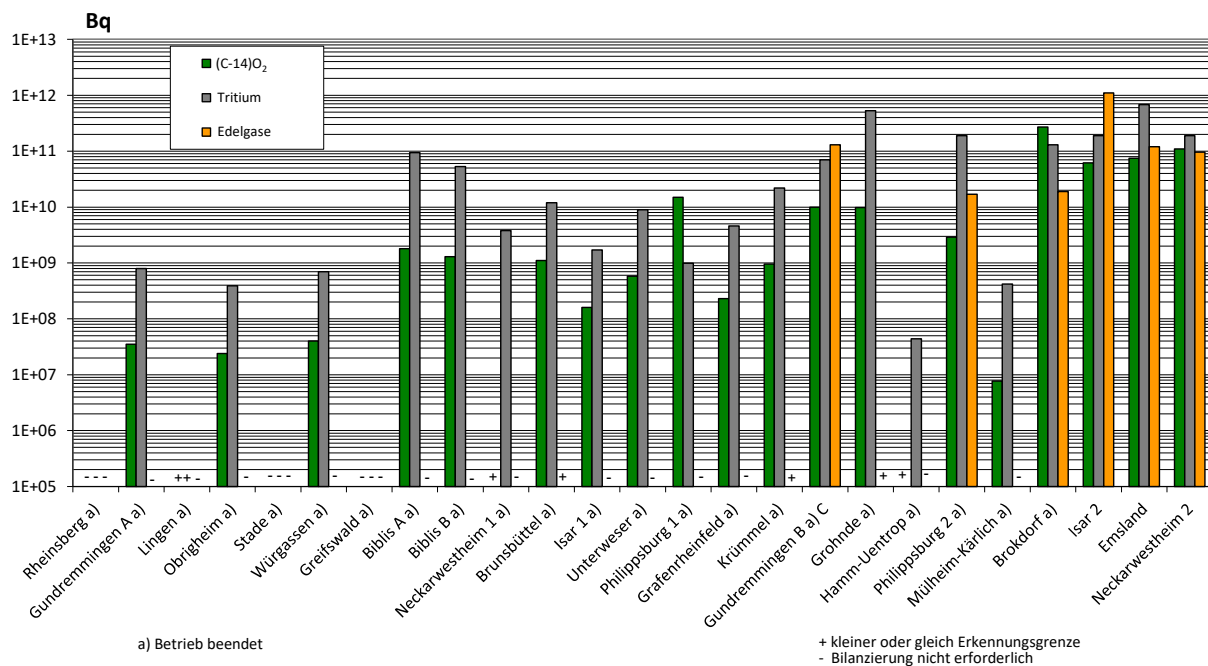


Abbildung B II 1.5-2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022 (C-14 als Kohlenstoffdioxid, Tritium und Edelgase)

von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden lag mit $4,0 \cdot 10^6$ Bq über dem Vorjahreswert von $3,2 \cdot 10^6$ Bq. Die Gesamtaktivitätsableitung von I-131 lag 2022 mit $5,3 \cdot 10^5$ Bq deutlich unter dem Vorjahreswert von $6,7 \cdot 10^7$ Bq. Diese jährlichen Schwankungen sind abhängig von den Betriebsbedingungen der Kernkraftwerke.

In [Tabelle T II.10](#) und [Abbildung B II 1.5-3](#) sind die Angaben über die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Forschungseinrichtungen in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Erlangen und den Forschungsreaktoren in Garching und Mainz im Jahr 2022 für die Radionuklidgruppen radioaktive Edelgase und an Schwebstoffen gebundene Radionuklide mit Halbwertszeiten größer als 8 Tage, inklusive Strontiumisotope und Alphastrahler, sowie für die Radionuklide I-131, C-14 (in allen chemischen Verbindungen) und H-3 zusammengefasst.

Bei den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben werden die mit der Fortluft emittierten, an Schwebstoffen gebundenen, alphastrahlenden Radionuklide ermittelt ([Tabelle T II.11](#)). Die 2022 abgeleitete Gesamt-Alpha-Aktivität der Anlagen Gronau und Lingen betrug weniger als $4,8 \cdot 10^4$ Bq.

Einen Überblick über die Aktivitätsableitungen mit der Fortluft für das Endlager Morsleben und die Schachanlage Asse gibt [Abbildung B II 1.5-4](#). Die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus dem Endlager Morsleben ist in [Tabelle T II.12](#) zusammengestellt. An der Schachanlage Bartensleben und am Abwetterbauwerk Marie, welche Teile der Anlage „Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben“ (ERAM) und genehmigte Emittenten sind, werden jährlich etwa 2 Milliarden Kubikmeter Abwetter aus dem untertägigen Kontrollbereich über Stahl-

blech-Rohrleitungen (Abwetterluten) nach Übertage gefördert und in die Umgebung abgegeben.

Die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse II ist in der [Tabelle T II.12](#) für gasförmige Verbindungen von H-3, C-14 und Rn-222 sowie für die an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide zusammengestellt.

Die für das Jahr 2022 ermittelten Werte für die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus kerntechnischen Anlagen entsprechen in der Summe etwa den Werten der vorhergehenden Jahre, wenn auch Einzelwerte je nach den betrieblichen Bedingungen erheblich voneinander abweichen können. Sie unterschreiten deutlich die jeweiligen Genehmigungswerte. Dies zeigt beispielsweise für Kernkraftwerke der Vergleich zwischen den Werten der [Tabelle T II.6](#) und üblichen Genehmigungswerten von ca. 10^{15} Bq für radioaktive Edelgase, ca. $3 \cdot 10^{10}$ Bq für an Schwebstoffen gebundene Radionuklide und ca. 10^{10} Bq für I-131. Auch zusätzlich auftretende Exposition z. B. durch Direktstrahlung führt nicht zu einer Überschreitung des Dosisgrenzwertes von 1 mSv nach § 80 StrlSchG.

Die im Rahmen der Emissionsüberwachung ermittelten jährlichen Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe dienen als Grundlage für die Berechnung der Exposition der Bevölkerung in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen. Maß des Strahlenrisikos ist nicht die abgeleitete Aktivität, sondern die effektive Dosis (Grundlagen, Kapitel II). Die aus den Jahresaktivitätsableitungen unter Berücksichtigung von meteorologischen, ökologischen und biologischen Parametern berechneten Jahresdosen sind in [Kapitel II 1.5](#) angegeben.

Aktivitätsableitungen aus Anlagen nach Beendigung des Betriebes werden bis zum Ablauf der atomrechtlichen

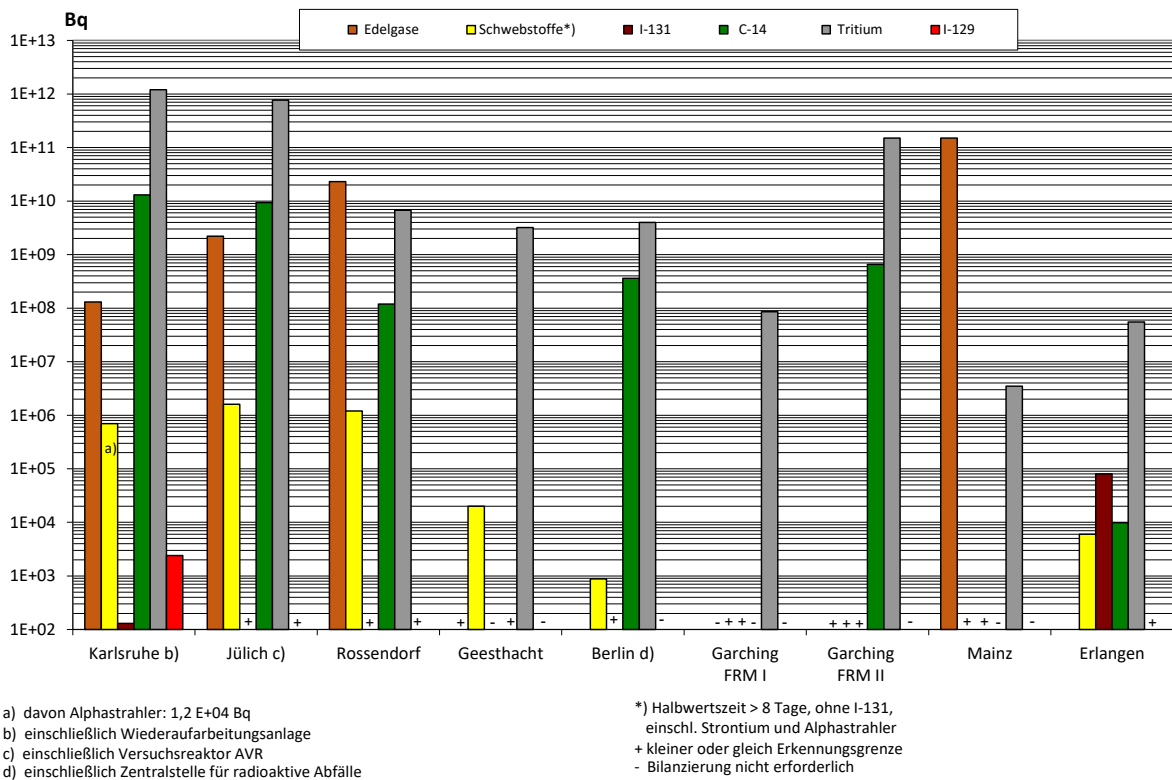


Abbildung B II 1.5-3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2022 (Schwebstoffe, I-131 und I-129, C-14 (gesamt), Tritium und Edelgase)

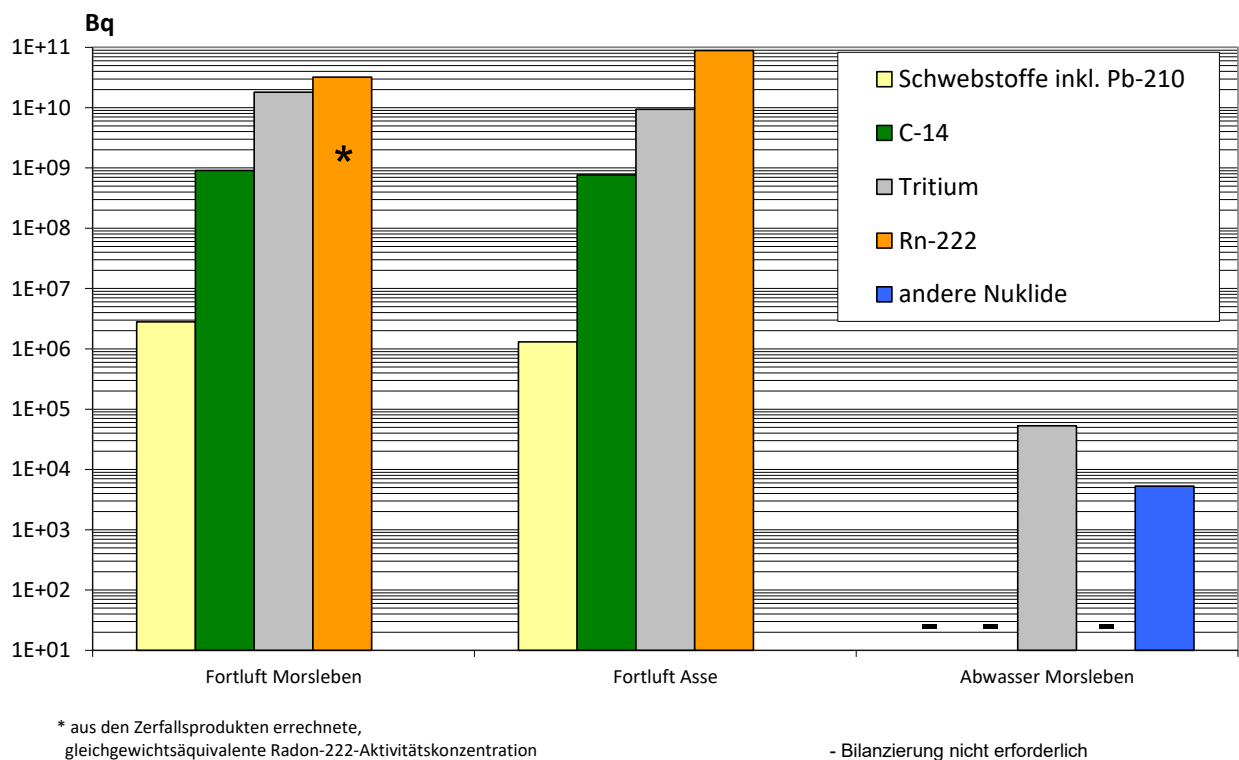


Abbildung B II 1.5-4 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und der Schachanlage Asse im Jahr 2022

Genehmigung berichtet. Die deutlich kleineren Aktivitätsableitungswerte werden vom restlichen radioaktiven Inventar sowie von Rückbau- und Dekontaminationsarbeiten verursacht.

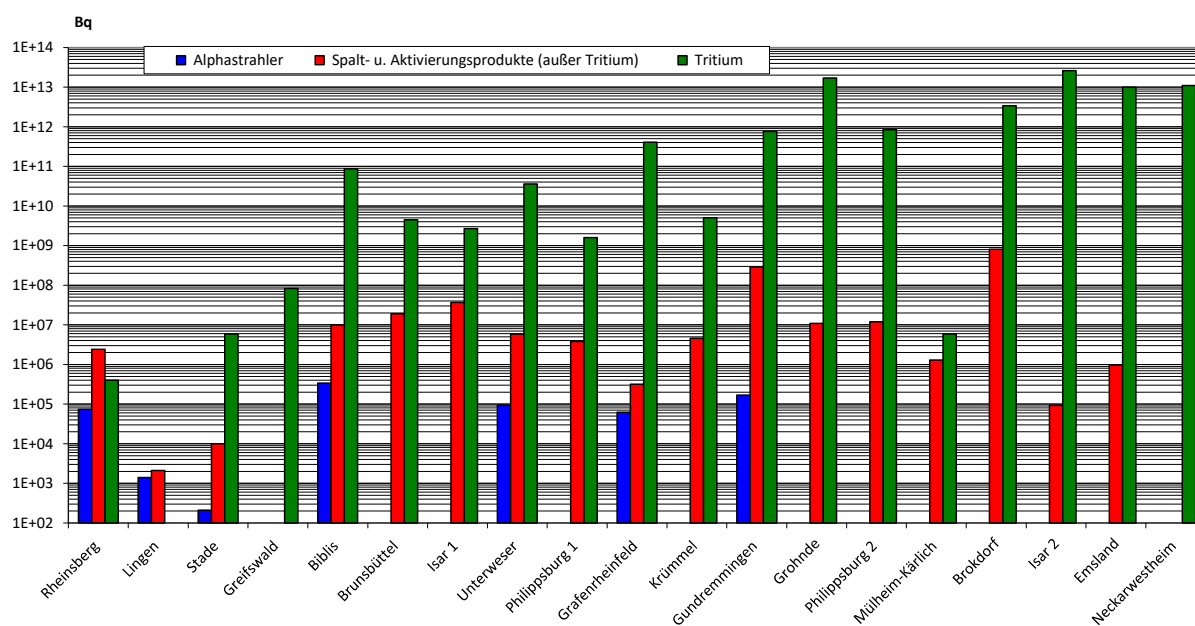
C-14 wird in Abbildung B II 1.5-2 und Tabelle T II.6 als chemische Verbindung Kohlenstoffdioxid angegeben, hauptsächlich, weil Kohlenstoffdioxid über Assimilation in die Nahrungskette gelangt und damit zu einer Ingestionsdosis führt. Besonders von Druckwasserreaktoren wird zusätzlich organisch gebundenes C-14 abgeleitet, dessen Dosisbeitrag aber vernachlässigbar ist, weil organisch gebundenes C-14 nicht über Assimilation in die Nahrungskette gelangt. Die gesamte abgeleitete Aktivität von C-14 in allen chemischen Verbindungen über die Fortluft im

Jahr 2022 beträgt an den in Abbildung B II 1.5-2 und Tabelle T II.6 aufgeführten Standorten etwa $1,0 \cdot 10^{12}$ Bq.

Die Jahresaktivitätsableitungen der Forschungsreaktoren FRJ1, FRJ2, RFR, FRG1, FRG2 und BER II sind in den Ableitungen der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin enthalten (Tabelle T II.10).

1.5.2 Abwasser

In den Tabellen T II.13 bis T II.16 sind die von den Kernkraftwerken, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben sowie End- und Zwischenlagern in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2022 mit dem Abwasser abgegebenen Aktivitäten zusammengestellt.



Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsableitung unterhalb der Erkennungsgrenze.

Abbildung B II 1.5-5 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2022 (Alphastrahler, Summenwerte und Tritium)

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken (Tabelle T II.13 und Abbildung B II 1.5-5) sind dank optimierter Betriebsführung und Reinigungstechnologien sowie durch die sukzessive Abschaltung und den fortschreitenden Rückbau der Kernkraftwerke im langjährigen Trend rückläufig. Der weitaus überwiegende Anteil (>99,99 %) der abgeleiteten Aktivität entfällt auf Tritium, das radioaktive Nuklid des Wasserstoffs. Tritium liegt chemisch gebunden als überschweres Wasser vor. Dies kann auf Grund seiner chemischen Ähnlichkeit zum gewöhnlichen leichten Wasser nicht mit vertretbarem Aufwand aus dem Abwasser abgetrennt werden. Weitere radioaktive Nuklide machen nur einen Bruchteil der abgeleiteten Aktivität aus und liegen deutlich unter den Genehmigungswerten, womit sichergestellt ist, dass die gesetzlichen Dosisgrenzwerte eingehalten werden.

Aus Druck- und Siedewasserreaktoren wurden mit dem Abwasser insgesamt Aktivitäten von 0,85 GBq bzw.

0,36 GBq an Spalt- und Aktivierungsprodukten (ohne Tritium) abgegeben. Die abgeleiteten Tritium-Aktivitäten betrugen aus Druckwasserreaktoren 69 TBq und aus Siedewasserreaktoren 0,78 TBq. Die abgegebenen Aktivitäten an Alphastrahlern liegen deutlich darunter und betragen insgesamt etwa 0,7 MBq.

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus den Forschungszentren (Tabelle T II.14 und Abbildung B II 1.5-6), den Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben (Tabelle T II.15), dem Endlager Morsleben und dem Zwischenlager Nord (Tabelle T II.16 bzw. Abbildung B II 1.5-4) unterliegen betriebsbedingten Schwankungen, befanden sich aber 2022 in der Größenordnung der Abgaben der vorherigen Jahre.

Wie in den Vorjahren wurden aus der Schachthanlage Asse II keine radioaktiven Stoffe mit dem Abwasser abgeleitet. Die Exposition in der Umgebung der Schachthanlage Asse II resultiert daher ausschließlich aus Ableitungen

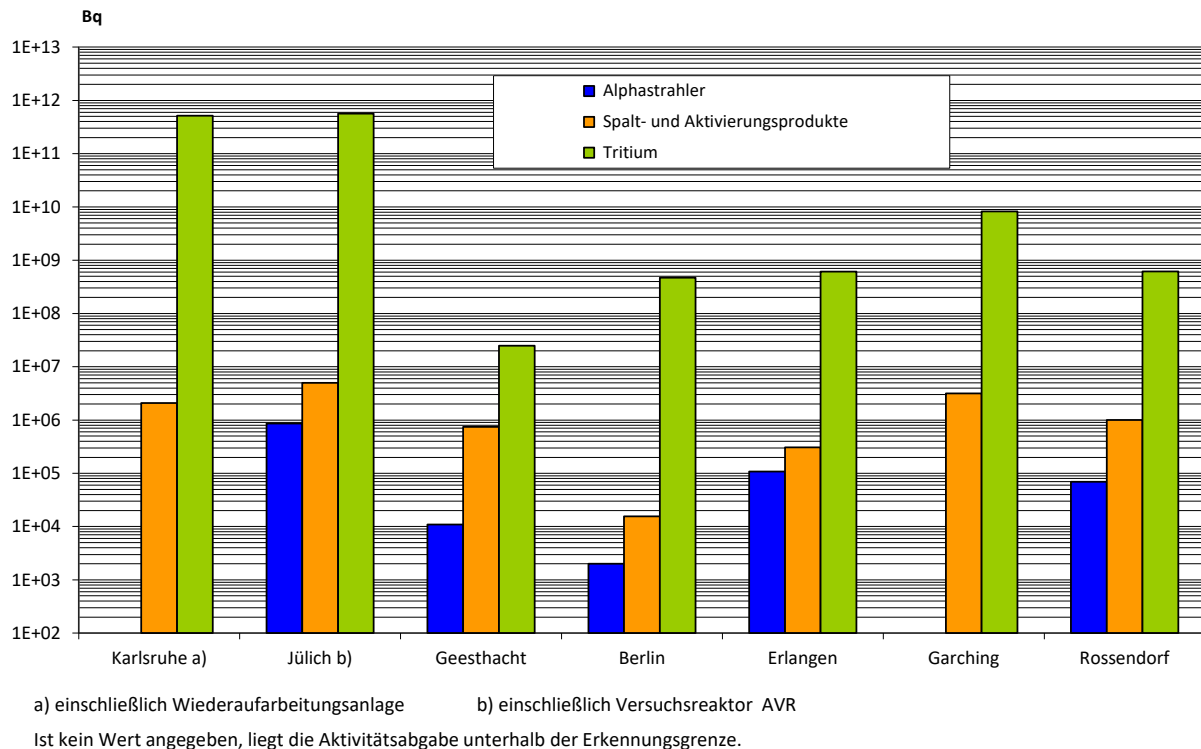


Abbildung B II 1.5-6 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2022 (Alphastrahler, Summenwerte und Tritium)

über den Luftpfad (vgl. Teil B II 1.5). Die aus dem Deckgebirge zutretende Salzlösung der Schachanlage Asse II wird im Rahmen des betrieblichen Lösungsmanagements unter Tage gesammelt. Die Entsorgung der Zutrittslösung erfolgt als Freigabe radioaktiver Stoffe nach Kapitel 3 der neuen StrlSchV (von 2018).

1.6 Exposition durch Anlagen nach Atomgesetz

Berechnete obere Werte der Exposition

Entsprechend gesetzlicher Vorgaben ist für die aus Anlagen nach Atomgesetz mit der Fortluft und dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe zu berechnen, wie hoch die erhaltene Exposition für eine repräsentative Person der Bevölkerung ist. Seit 2020 werden dabei die neuen Berechnungsvorschriften der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu §§ 100 und 101 StrlSchV (AVV Tätigkeiten) angewendet.

Das neue Berechnungsmodell für den Fortluftpfad und den Abwasserpfad ist insbesondere hinsichtlich der Annahmen für die Verzehrsmengen realitätsnäher als das bisherige Modell nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV (von 2001). Bedingt durch das neue Modell ist ein unmittelbarer Vergleich der berechneten Expositionen mit den Werten bis 2019 nur eingeschränkt möglich.

Die in den Tabellen angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen stellen möglichst realitätsnahe aber gleichzeitig obere Werte dar, da sie gemäß der AVV Tätigkeiten zu § 101 StrlSchV für eine repräsentative

Person an möglichst ungünstigen Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Die repräsentative Person ist eine fiktive Person, für die in der Strahlenschutzverordnung (Anlage 11, Teil A bis C) die zu berücksichtigenden Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen mit dem Ziel festgelegt sind, dass bei deren Anwendung die Exposition des Menschen möglichst realitätsnah berechnet, jedoch gleichzeitig nicht unterschätzt wird. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen sind die Stellen in der Umgebung einer Anlage, bei denen auf Grund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Exposition der repräsentativen Person zu erwarten ist. Es wird die effektive Dosis ermittelt. Nach der Strahlenschutzverordnung darf die effektive Dosis hierbei höchstens 300 µSv pro Jahr betragen.

Für die Zwecke der Berichterstattung zu Kernkraftwerken, Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben und Forschungszentren werden nur die effektiven Dosen für Kleinkinder und Erwachsene angegeben.

Die berechneten Expositionen berücksichtigen noch nicht, wie nach der AVV Tätigkeiten vorgesehen, die Direktstrahlung der kerntechnischen Anlagen. Die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen ist in Teil 2.1.4 beschrieben. Die Datenübermittlung dazu ist noch Gegenstand von Abstimmungen zwischen dem BfS, den Ländern und dem BMUV.

Kernkraftwerke

Tabelle T II.17 enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Exposition der Bevölkerung im Jahr 2022 in der Um-

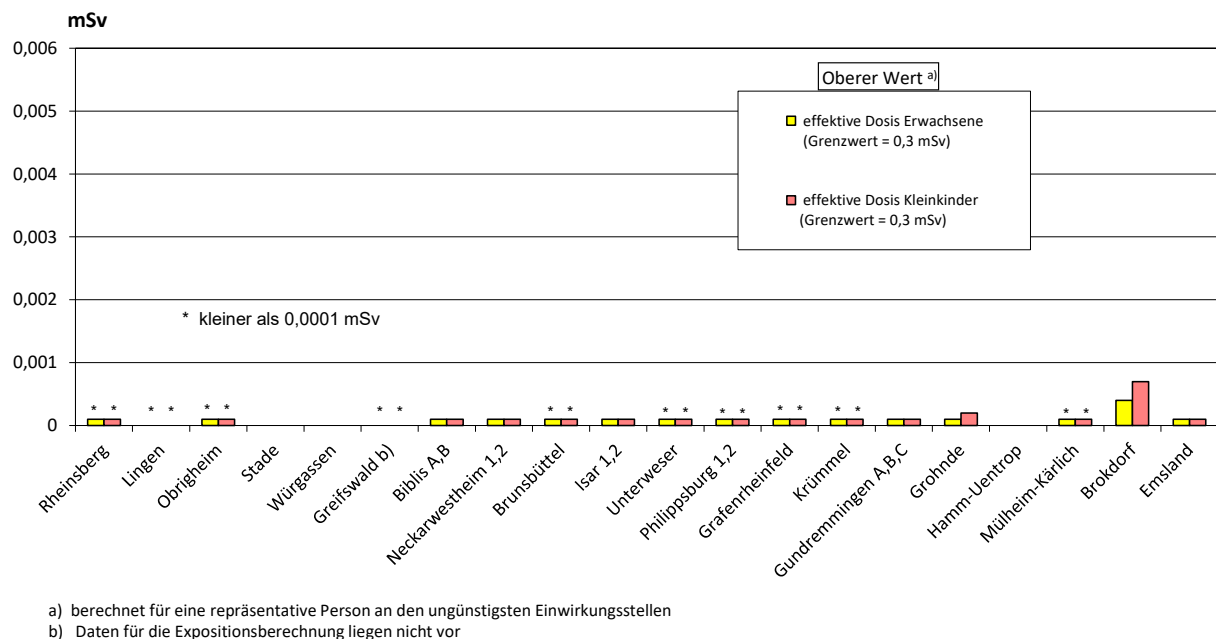


Abbildung B II 1.6-1 Exposition im Jahr 2022 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

gebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft**. Angegeben ist die effektive Dosis für Erwachsene (Altersgruppe > 17 Jahre) und Kleinkinder (Altersgruppe von > 1 bis 2 Jahre). [Tabelle T II.17](#) zeigt als größten berechneten Wert der ef-

fektiven Dosis für Erwachsene 0,4 μ Sv (unter 1 % des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) sowie für Kleinkinder 0,7 μ Sv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) jeweils beim Standort Brokdorf (s. a. [Abbildung B II 1.6-1](#)).

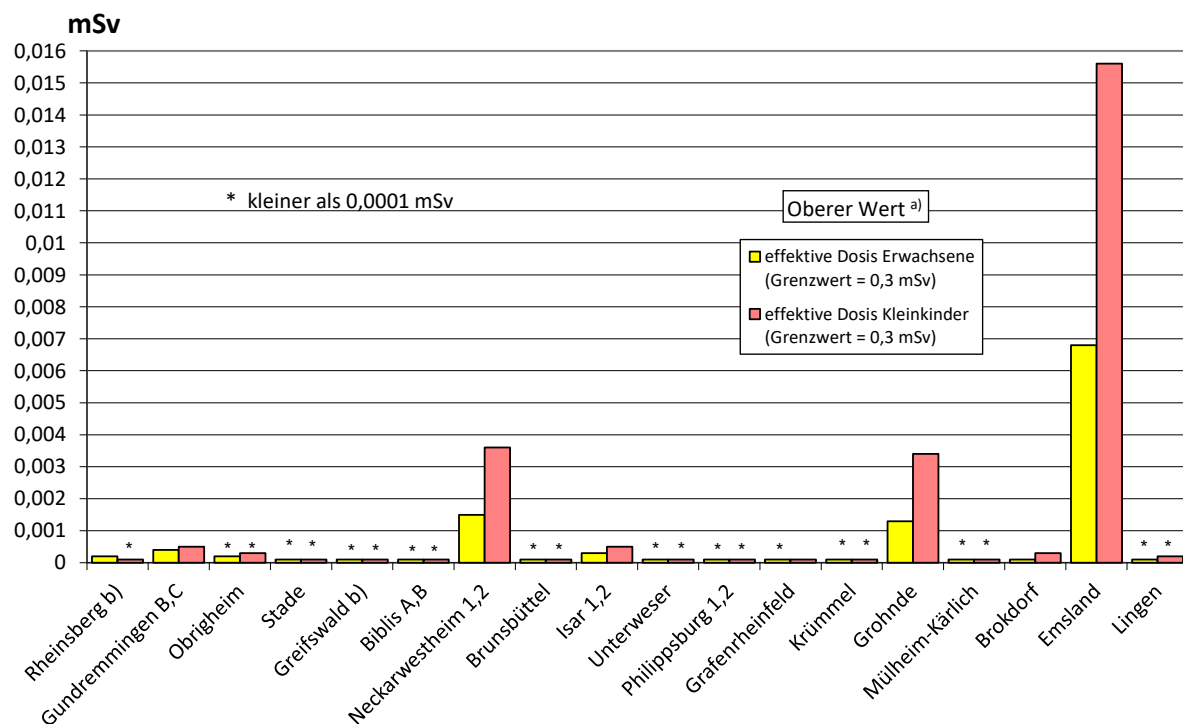


Abbildung B II 1.6-2 Exposition im Jahr 2022 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Die sich aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** aus Kernkraftwerken rechnerisch ergebenden effektiven Dosen sind in [Tabelle T II.18](#) zusammengestellt. Der größte berechnete Wert der effektiven Dosis beträgt für Kleinkinder 16 μSv (5,3 % des Grenzwertes) und für Erwachsene 6,8 μSv (2,3 % des Grenzwertes), jeweils am Standort des Kernkraftwerkes Emsland (s. a. [Abbildung B II 1.6-2](#)). Die berechneten Expositionen liegen auf sehr niedrigem Niveau deutlich unter dem Grenzwert von 300 μSv .

Forschungszentren

Die in [Tabelle T II.19](#) angegebenen Werte für die Expositionen durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft** für das Jahr 2022 der Forschungszentren Berlin, Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Garching, Geesthacht, Jülich und Karlsruhe. Die Tabelle weist für die effektive Dosis im Jahr 2022 als höchsten Wert 3,4 μSv (1 % des Grenzwertes) für Erwachsene sowie 5,6 μSv (2 % des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Die maximalen Werte sind höher als im Vorjahr (s. a. [Abbildung B II 1.6-3](#)).

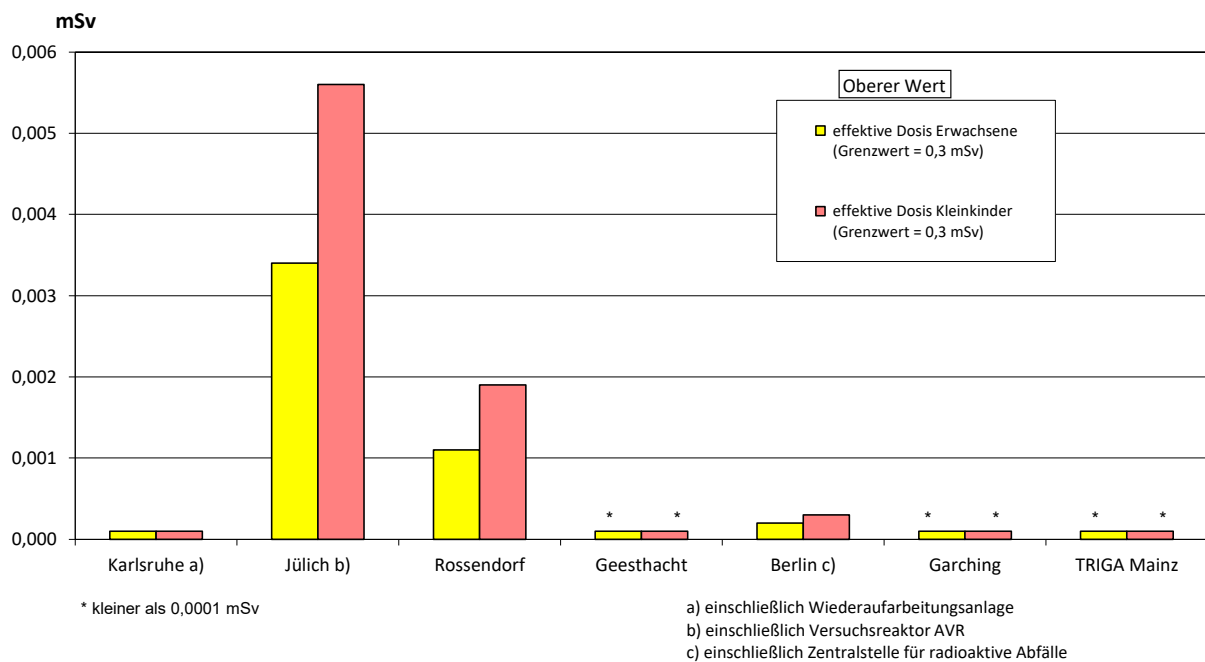


Abbildung B II 1.6-3 Exposition im Jahr 2022 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

In [Tabelle T II.20](#) wird die effektive Dosis durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** aus den Forschungszentren angegeben. Der höchste Wert ergibt sich mit 0,8 μSv für Kleinkinder für das Forschungszentrum Jülich und 0,7 μSv für Erwachsene am Forschungsstandort Rossendorf.

Kernbrennstoff verarbeitende Betriebe

Für die Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe in Lingen und Gronau sind in [Tabelle T II.21](#) die für eine repräsentative Person an den ungünstigsten Einwirkungsstellen berechneten oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder durch die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft** angegeben. Die Messwerte zur Direktstrahlung ([Tabelle T II.22](#)) beinhalten den natürlichen Untergrund.

Die berechneten Effektivdosen für die kerntechnischen Anlagen in Lingen (ANF) und Gronau (Urenco) sind in [Tabelle T II.21](#) dargestellt. Die Effektivdosis für Ableitungen mit dem **Abwasser** liegt seit vielen Jahren in beiden Fällen jeweils unter 0,1 μSv pro Kalenderjahr.

Exposition am Unterlauf der Flüsse

Die Ableitungen verschiedener Anlagen kumulieren sich im Unterlauf der Flüsse, so dass dort die effektive Dosis erhöht sein kann. Auf Grund der Vermischung mit den größeren Wassermengen am Unterlauf der Flüsse tritt jedoch auch ein Verdünnungseffekt ein. Für die Mündungsgebiete bzw. die Grenzübertrittsstellen der Flüsse Donau, Elbe, Ems, Isar, Main, Neckar, und Rhein wurden jeweils Expositionen von unter 0,1 μSv ermittelt. Der Effektivdosisgrenzwert von 300 μSv wird somit auch unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens mehrerer Anlagen am Unterlauf der Fließgewässer sicher eingehalten.

Endlager Morsleben und Zwischenlager Nord Lubmin

Die Exposition in Folge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und mit dem Abwasser aus dem Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) und dem Zwischenlager Nord sind in [Tabelle T II.23](#) aufgeführt und in [Abbildung B II 1.6-4](#) dargestellt. Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft** ermittelte obere Wert der effektiven Dosis für Erwachsene beträgt im Jahr 2022 1,8 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 2,7 μSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 2,9 μSv ; dies sind jeweils 0,6 %, 0,9 % bzw. 1 % des Grenz-

wertes nach der StrlSchV. Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft am Standort Morsleben erfolgt. Bei der Berechnung der Exposition durch Radon wurde der Gleichgewichtsfaktor (GGF) von 1,0 angewendet. Der GGF ist ein Maß für das Verhältnis zwischen Radon-222 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten. Die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** rechnerisch ermittelte effektive Dosis liegt 2022 sowohl für das ERAM als auch für das ZLN unterhalb von 0,1 μSv für Einzelpersonen der Bevölkerung.

Schachtanlage Asse II

Seit dem 1. Januar 2009 wird die Schachtanlage Asse II verfahrensrechtlich wie ein Endlager für radioaktive Abfälle behandelt.

Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radonfolgeprodukte beträgt im Jahr 2022 für Erwachsene 1,0 μSv , für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 1,1 μSv und für Säuglinge 1,1 μSv (ca. 0,3 %, ca. 0,4 % bzw. 0,4 % des Grenzwertes nach der StrlSchV). Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr gesunken. Grund dafür sind die unterschiedlichen meteorologischen Verhältnisse. Für die Berechnungen wurde der Gleichgewichtsfaktor von 0,5 angewandt.

Die potenzielle Exposition wird in der Schachtanlage Asse II insbesondere durch das radioaktive Edelgas Radon und das Radionuklid Pb-210 verursacht. Das Radionuklid Pb-210 entsteht durch radioaktiven Zerfall aus Radon-222 und wird zum Teil bereits mit den Frischwetterern in die Grube eingebracht. Radon-222 ist ebenfalls bereits in den Frischwetterern vorhanden, wird aber auch aus den in der Schachtanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfällen freigesetzt. Bei der Berechnung der potenziellen Exposition wurde nicht zwischen natürlichen und abfallbürtigen Radionukliden unterschieden, sondern konservativ angenommen, dass die in der Fortluft vorhandenen Radionuklide vollständig aus den eingelagerten Abfällen freigesetzt werden. Die berechneten potenziellen Expositionen sind in [Tabelle T II.23](#) aufgeführt und in [Abbildung B II 1.6-4](#)

dargestellt. Es erfolgte keine Ableitungen über das Abwasser.

Zentrale Zwischenlager

Für das zentrale Zwischenlager Nord und die zentralen Transportbehälterlager Ahaus (BZA) und Gorleben (BZG) ist die Exposition durch Direktstrahlung in [Tabelle T II.24](#) aufgeführt. Die Messwerte erfassen sowohl die Direktstrahlung aus den Zwischenlagern als auch den natürlichen Untergrund. Um den Beitrag der Anlage abzuschätzen, ist ein Vergleich mit Messwerten des natürlichen Untergrundes notwendig, die während der Beweissicherungsphase vor dem Betrieb der Anlage gemessen wurden oder an Referenzmessstellen gemessen werden. Im Falle des BZG Gorleben haben Messungen ergeben, dass auf Grund des die Anlage umgebenden Erdwalls die ermittelte Gamma-Ortsdosis am Zaun natürlichen Ursprungs ist und kein Anteil des Zwischenlagers nachweisbar ist. Dies wurde durch Messprogramme der PTB zum natürlichen Untergrund im Bereich des nördlichen Anlagenzauns zur Ermittlung der Beiträge der natürlichen Strahlung im Jahr 2011 bestätigt. Der Beitrag der Höhenstrahlung zur Neutronen-Ortsdosis wurde zu 0,065 mSv/a bestimmt.

Bewertung

Die für 2022 aus den Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe nach der AVV Tätigkeiten berechneten Werte der Exposition haben die in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten Dosisgrenzwerte nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen weniger als 6 % des jeweiligen Grenzwertes für die effektive Dosis. Damit sind die oberen Werte der Exposition durch Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen deutlich kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Exposition in der Bundesrepublik Deutschland.

Der Beitrag der kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland sowie im angrenzenden Ausland zur mittleren effektiven Dosis einer Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland lag auch im Jahr 2022 deutlich unter 20 μSv pro Jahr.

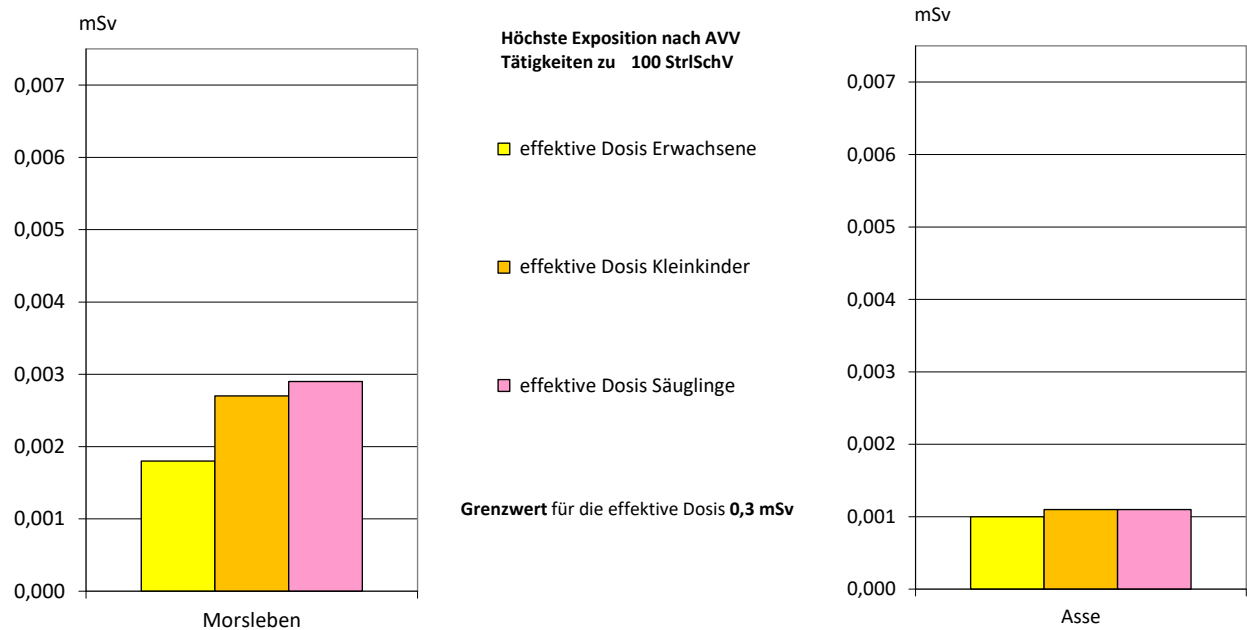


Abbildung B II 1.6-4 Exposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachtanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2022

2. Allgemeine Umweltüberwachung (Immissionen)

2.1 Luft und Niederschlag, Gamma-Ortsdosisleistung/Spurenanalyse

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 sind Bestandteile des Integrierten Mess- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS). Die geprüften Messergebnisse werden täglich der Zentralstelle des Bundes (ZdB) für IMIS bereitgestellt. Weitere Informationen zu den Radioaktivitätsmessnetzen von BfS und DWD sind im Grundlagenbericht, Kapitel II „Grundlagen zur künstlichen Umweltradioaktivität“ enthalten.

Messungen im Rahmen der Spurenanalyse dienen primär der Überwachung der Umweltradioaktivität auf dem Niveau sehr geringer Aktivitätskonzentrationen sowie der Beobachtung von Langzeittrends. Diese Messungen werden vom BfS, dem DWD und der PTB durchgeführt. Die von DWD, BfS und PTB erhobenen Daten werden nicht nur für IMIS, sondern auch für die Berichterstattung gegenüber der EU gemäß Artikel 36 des Euratom-Vertrages bereitgestellt.

Im vorliegenden 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

Die Messwerte der γ -Ortsdosisleistung sind auch im Jahr 2022, verglichen mit denen des Vorjahres, weitgehend unverändert geblieben. Die ermittelten Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide in Luft und Niederschlag lagen überwiegend im Bereich des Pegels, der vor dem Reaktorunfall von Tschornobyl gemessen wurde.

2.1.1 Radionuklide in der bodennahen Luft

Monitoring

Die Ergebnisse der 41 kontinuierlich arbeitenden Luftmonitore des DWD wiesen im Berichtsjahr keine Werte oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze von typischerweise ca. 10 mBq/m³ Luft bezogen auf Cs-137 auf.

Edelgase

Auch im Jahr 2022 wurden am BfS Messungen des radioaktiven Xenons und des Kr-85 weitergeführt. An den sieben deutschen Probenentnahmestationen wurden in den Wochenproben Messwerte der Aktivitätskonzentrationen von Xe-133, wie schon in den vergangenen Jahren, in der Regel zwischen unter 1 mBq/m³ und wenigen Millibecquerel pro Kubikmeter Luft beobachtet. Bedingt durch den Rückgang der Emissionen von medizinischen Isotopenproduktionsanlagen liegen die Aktivitätskonzentrationen für Xe-133 in den letzten Jahren vermehrt im Bereich oder auch unterhalb der Nachweisgrenzen, die mit

den manuellen Analysesystemen des BfS erreicht werden können. Die Probenentnahmen an diesen sieben Stationen werden teilweise durch das BfS selbst durchgeführt (Schauinsland, Freiburg), an anderen Orten übernehmen dies der DWD (Offenbach, Potsdam, Trier) und die PTB (Braunschweig); die Analyse der Proben erfolgt im Edelgaslabor des BfS in Freiburg. Als Beispiel für die Messergebnisse ist in [Abbildung B II 2.1-1](#) die Zeitreihe der Aktivitätskonzentration des radioaktiven Xe-133 an der Messstation auf dem Schauinsland bei Freiburg dargestellt. Auch hier wird, wie auch an der deutschen Radionuklidmessstation des BfS für die CTBTO auf dem Schauinsland, in den letzten Jahren eine Abnahme der mittleren Aktivitätskonzentration beobachtet (siehe Kapitel [II 1.1](#)).

Nachdem der Grundpegel von Kr-85 in der Luft über lange Zeit mit ca. 30 mBq/m³ pro Jahr kontinuierlich angestiegen ist, war in den Jahren 2003 bis 2013 ein Abflachen der Kurve zu beobachten (siehe [Abbildung B II 2.1-2](#)). Ein Ansteigen des Grundpegels wird dann hervorgerufen, wenn die globale Freisetzungsrate von Kr-85 größer ist als die durch die Halbwertszeit von 10,76 Jahren bestimmte Zerfallsrate.

Der Medianwert für die Aktivitätskonzentration von Kr-85, beispielsweise für den Probenentnahmeort Freiburg, betrug im Jahr 2022 1,49 Bq/m³ (2021: 1,48 Bq/m³). Kurzzeitige Schwankungen, die ein Vielfaches des jährlichen Anstiegs des Grundpegels ausmachen können, sind auf Emissionen aus den europäischen Wiederaufarbeitungsanlagen für Kernbrennstoffe (La Hague/Frankreich und Sellafield/England) zurückzuführen. Abhängig von der Wetterlage im jeweiligen Sammelzeitraum und ggf. mit Hilfe der Analyse von parallel genommen Tagesproben am Probenentnahmeort Freiburg ist eine Ermittlung der Quelle mit Hilfe atmosphärischer Ausbreitungsrechnungen möglich.

Im Jahr 2022 wurden nur vereinzelt erhöhte Kr-85-Aktivitätskonzentrationen an den deutschen Sammelstationen ermittelt.

Die maximalen Aktivitätskonzentrationen wurden in den Wochenproben vom 25.07.2022 bis 01.08.2022 mit 4,17 Bq/m³ in Trier und 3,44 Bq/m³ auf dem Schauinsland gemessen. Als Quelle ist die Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague am wahrscheinlichsten, die Anlage in Sellafield hat am 22.07.2022 ihren Betrieb eingestellt.

Die Summe der Beiträge von Kr-85 und Xe-133 zur γ -Ortsdosisleistung liegt unter 30 nSv/a und ist gegenüber den durchschnittlichen Werten der γ -Ortsdosisleistung in Deutschland sehr klein.

Gammaspektrometrie

Für spurenanalytische Messungen werden wöchentlich beaufschlagte Staubfilter zunächst γ -spektrometrisch gemessen und anschließend ausgewertet. In [Tabelle T II. 25](#) werden exemplarisch die Messergebnisse des DWD für Aachen, Potsdam, Offenbach und Schleswig dargestellt. Weiterhin sind die Ergebnisse des BfS (Schauinsland) und der PTB (Braunschweig) enthalten. Es handelt

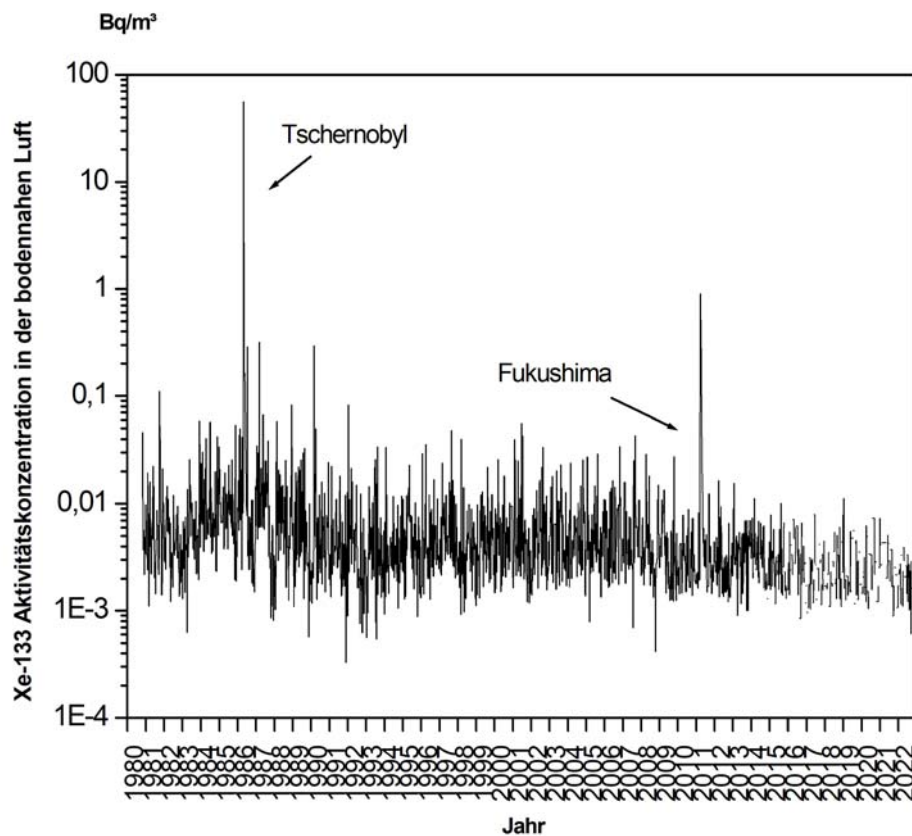


Abbildung B II 2.1-1 Xe-133-Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg/Schauinsland

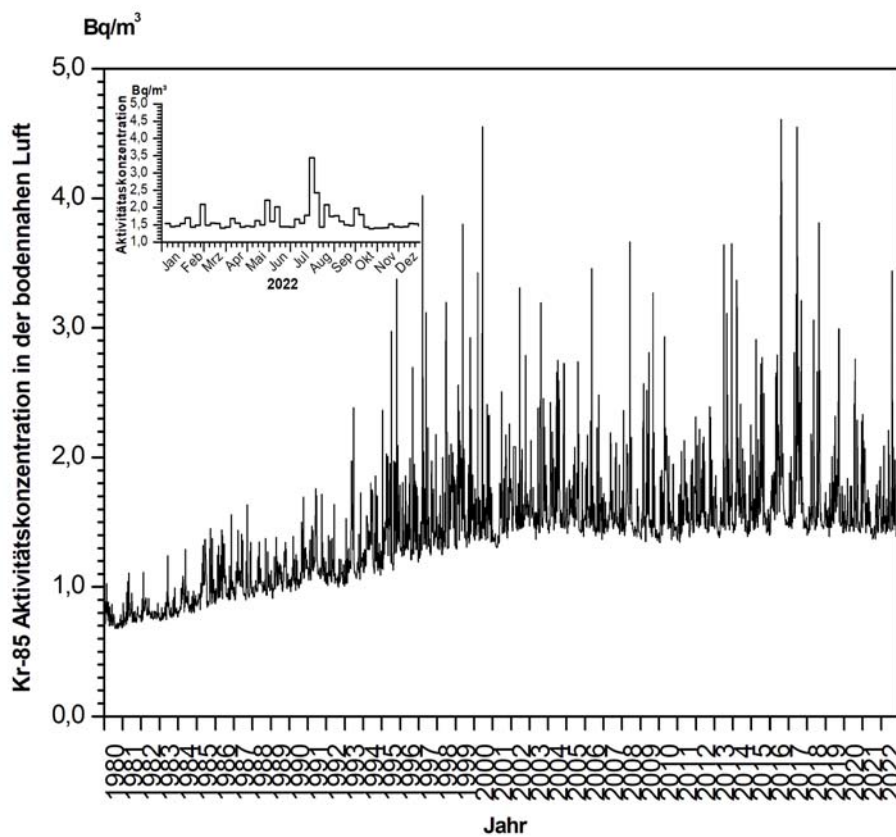


Abbildung B II 2.1-2 Kr-85-Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg/Schauinsland

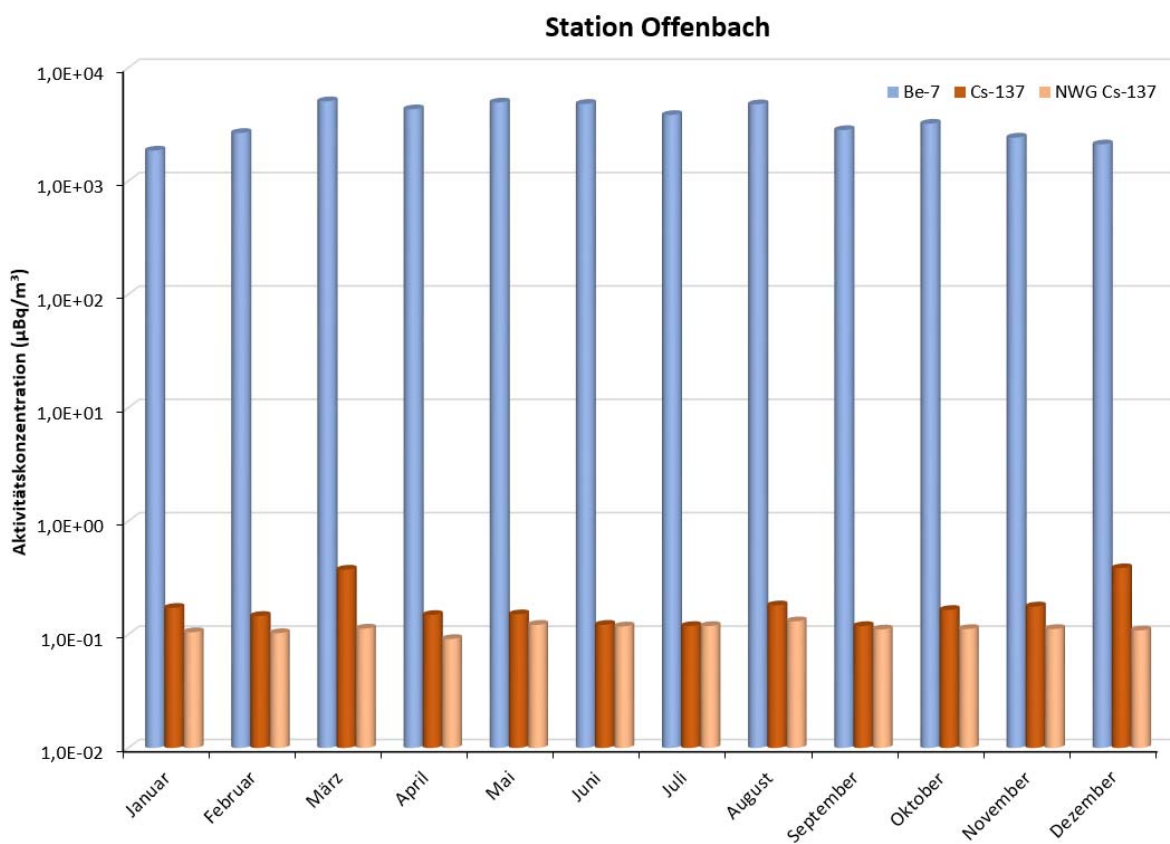
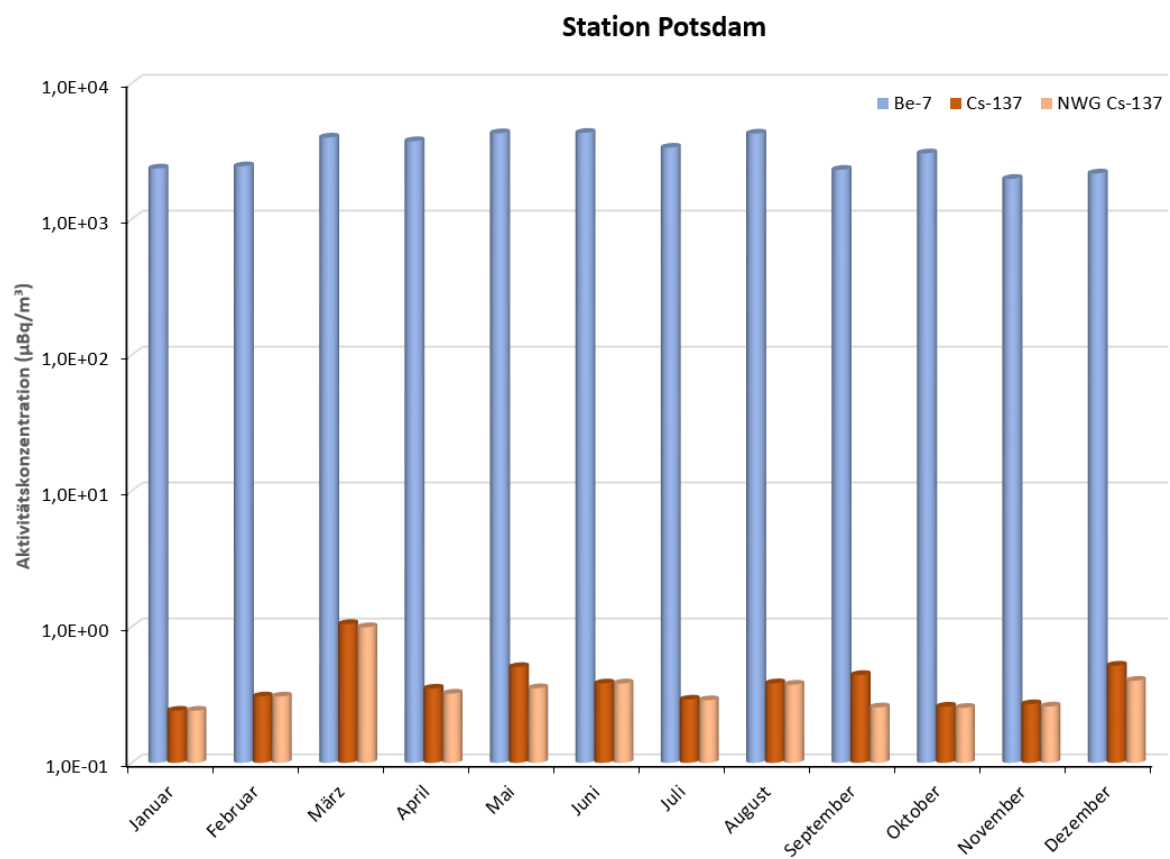


Abbildung B II 2.1-3 Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Be-7 sowie die Nachweisgrenze (NWG) für Cs-137 in der bodennahen Luft im Jahr 2022 - DWD-Stationen Potsdam und Offenbach

sich um Monatsmittelwerte und die daraus abgeleiteten Jahresmittelwerte.

Die Messergebnisse von Be-7 und Cs-137 an den Messstellen Potsdam und Offenbach werden in [Abbildung B II 2.1-3](#) grafisch dargestellt. Das Radionuklid Cs-137 ließ sich im Berichtsjahr in Potsdam mit Werten zwischen $0,26 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,52 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft und in Offenbach mit Werten zwischen $0,15 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,39 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft detektieren. Das kosmogene Be-7 wurde in Potsdam mit Werten zwischen $2,0 \text{ mBq}/\text{m}^3$ und $4,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$ und in Offenbach mit Werten zwischen $1,9 \text{ mBq}/\text{m}^3$ und $5,1 \text{ mBq}/\text{m}^3$ Luft nachgewiesen, die Werte liegen im üblichen Schwankungsbereich.

An der Station Schauinsland des BfS lag der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Cs-137 bei $0,17 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft (vgl. [Abbildung B II 2.1-4](#), [Tabelle T II.25c](#)). Die in den Wochenproben gemessenen

Aktivitätskonzentrationen lagen im Bereich der üblichen Schwankungen der Werte der vergangenen Jahre. Durch längere Trockenperioden und jahreszeitlich bedingte Bodenbearbeitung wird zeitweise verstärkt Staub und damit Cäsium aus dem Boden aufgewirbelt, das dann in den Luftstaubproben nachgewiesen werden kann. Dieser Effekt wurde auch im Berichtsjahr beobachtet. Insbesondere wurden im März 2022 großräumig geringfügig erhöhte Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 in der Atmosphäre, verbunden mit einer hohen Staubbelastung, nachgewiesen (vgl. [Tabelle T II.25](#)). Diese sind höchstwahrscheinlich auf den Eintrag durch Staub aus der Sahara zurückzuführen. Die Nachweisgrenze für Cs-137 beträgt etwa $0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft. Die Aktivitätskonzentrationen für Be-7 lagen in den Wochenproben mit Werten von ca. $1,6 \text{ mBq}/\text{m}^3$ bis zu $9,3 \text{ mBq}/\text{m}^3$ Luft ebenfalls innerhalb des für die Station Schauinsland üblichen Rahmens.

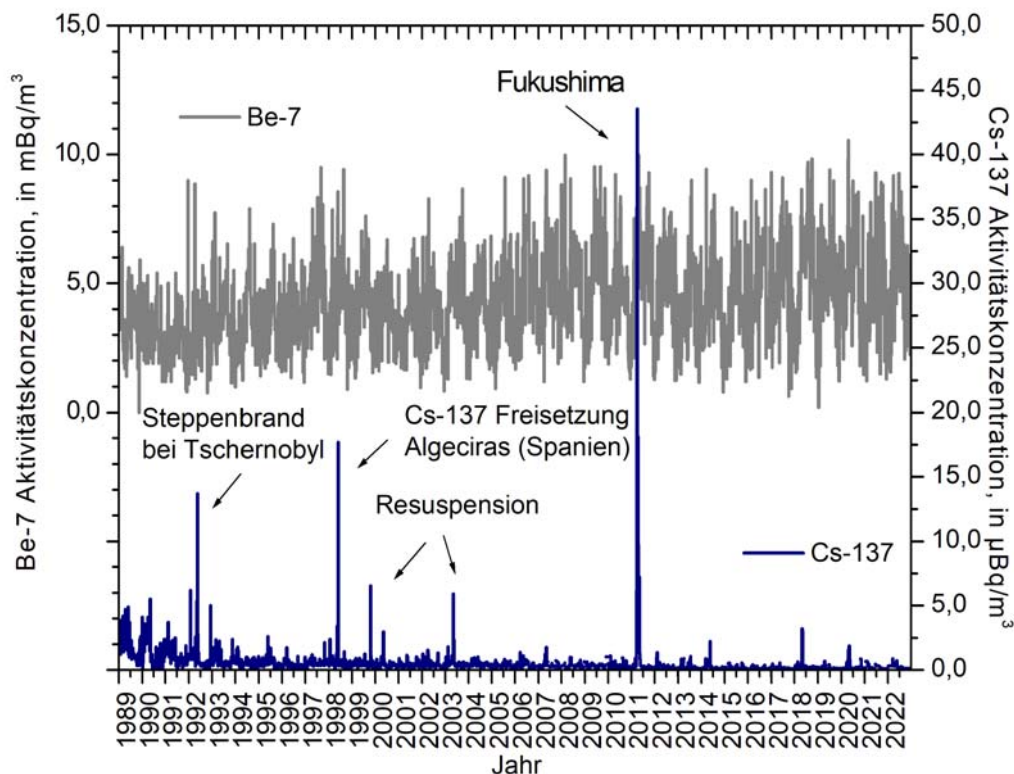


Abbildung B II 2.1-4 Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Schauinsland

Im Berichtszeitraum lagen in Braunschweig (PTB) die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und der im Routinebetrieb zu bestimmenden natürlichen Radionuklide im üblichen Schwankungsbereich. Die Nachweisgrenze für Cs-137 beträgt etwa $0,03 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft. Die Zeitreihe der Cs-137-Aktivitätskonzentration für 2022 (vgl. auch [Abbildung B II 2.1-5](#)) zeigt keine Auffälligkeiten. Andere künstliche Radionuklide wurden in diesem Zeitraum nicht nachgewiesen.

Radiochemie

Im radiochemischen Labor des DWD in Offenbach wurden Luftfilter der Messstationen Potsdam, München, Offenbach und Schleswig zur Bestimmung von Sr-90 sowie Uran-, Plutonium- und Americium-Isotopen in Monatsmischproben radiochemisch analysiert. Gemäß den Vorgaben des Routinemessprogramms werden für die Alphastrahler in der Luft Nachweisgrenzen von $0,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und für Sr-90 eine Nachweisgrenze von $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ gefordert.

Für das aerosolgebundene U-234 wurden Aktivitätskonzentrationen von $0,0196 \pm 0,0035 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis zu einem

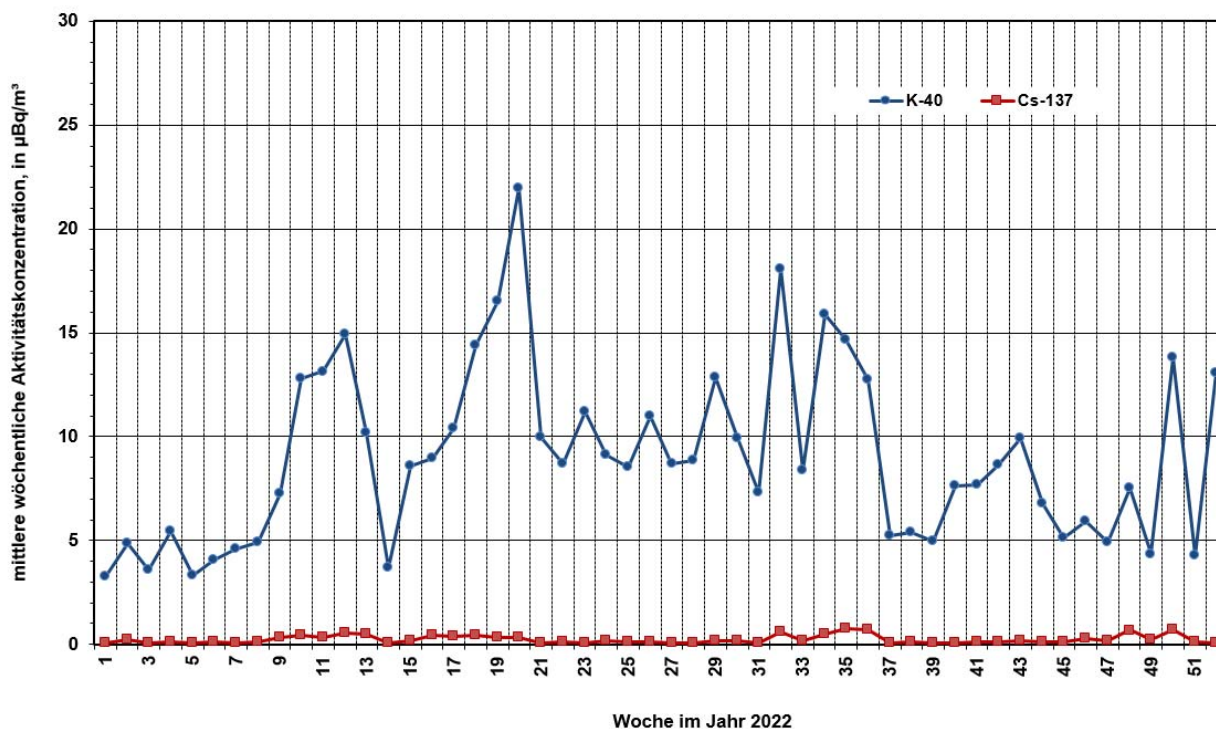


Abbildung B II 2.1-5 Aktivitätskonzentrationen von K-40 und Cs-137 in der bodennahen Luft im Jahr 2022 am Probenentnahmeort Braunschweig

Wert von $1,1600 \pm 0,1140 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ermittelt, für U-238 lagen die Werte zwischen $0,0188 \pm 0,0032 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $1,1900 \pm 0,1240 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Für U-235 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen $0,0045 \pm 0,0012 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0124 \pm 0,0019 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ festgestellt. Die erreichten Nachweisgrenzen für die Uran-Isotope lagen zwischen $0,0031 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,2109 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Diese Messwerte spiegeln die natürlich vorkommenden Aktivitätskonzentrationen wider.

In [Abbildung B II 2.1-6](#) sind die entsprechenden Monatswerte exemplarisch für die Messstation Potsdam dargestellt.

Für Pu-238 und Pu-(239+240) ergaben die Analysen im Berichtsjahr keine Aktivitätskonzentrationen oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze, nur ein Messwert lag oberhalb der Erkennungsgrenze. Die Nachweisgrenzen lagen für Pu-238 zwischen $0,0009 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0661 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und für Pu-(239+240) zwischen $0,0008 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0921 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Für Am-241 ergaben die Analysen an der Station in Schleswig in den Monaten Januar bis Dezember 2022 sowie an der Station in München in drei Monaten des Jahres 2022 jeweils eine Aktivitätskonzentration oberhalb der Nachweisgrenze. An der Station in Schleswig wurden bereits in den beiden Vorjahren Am-241-Aktivitätskonzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt. Diese Messwerte wurden durch externe Messungen bestätigt. Die Herkunft des Am-241 konnte bislang nicht geklärt werden. Die Ergebnisse für die Station Schleswig sind in [Abbildung B II 2.1-7](#) zusammen mit den Aktivitätskonzentrationen für U-234, U-235 und U-238 dargestellt. Die nachgewiesenen Am-241-Aktivitätskonzentrationen

lagen zwischen $0,0101 \pm 0,0022 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,1608 \pm 0,0276 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Die Nachweisgrenzen für Am-241 lagen zwischen $0,0035 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0778 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Für Sr-90 ergaben die Analysen im Berichtsjahr keine Aktivitätskonzentrationen oberhalb der jeweiligen Erkennungs- und Nachweisgrenze. Die erreichten Nachweisgrenzen lagen zwischen $0,0943 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,1951 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Bei der PTB in Braunschweig liegen für das Berichtsjahr keine Messergebnisse für Alpha- und Betaeichen emittierende Radionuklide vor, da das Radiochemielabor wegen umfangreicher Umbau- und Sanierungsmaßnahmen nicht zur Verfügung stand.

Beim BfS in Freiburg wurden im Berichtsjahr die radiochemischen Analysen für Sr-90, Uran und Plutonium an Luftstaufiltern der Messstation Schauinsland fortgeführt. Die Aktivitätskonzentrationen für Sr-90 lagen im Zeitraum Oktober 2020 bis Mai 2022 in den analysierten Proben zwischen $0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,09 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ mit einer durchschnittlichen Gesamtmessunsicherheit von ca. 4,5 %. Die Nachweisgrenzen für dieses Radionuklid lagen bei $0,009 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (vgl. [Abbildung B II 2.1-8](#)).

Die Aktivitätskonzentrationen der Uranisotope U-234 und U-238 lagen in den 2021 und 2022 analysierten Proben zwischen $0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,62 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Deren Nachweisgrenzen bewegten sich zwischen $0,0002 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0009 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Das Radionuklid U-235 war mit Aktivitätskonzentrationen zwischen $0,002 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,02 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ nachweisbar, die Nachweisgrenzen lagen im Bereich von $0,000 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis $0,0009 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. [Abbildung B II 2.1-9](#) zeigt die zum Berichtszeitpunkt verfügbaren Ergebnisse für die Aktivitäts-

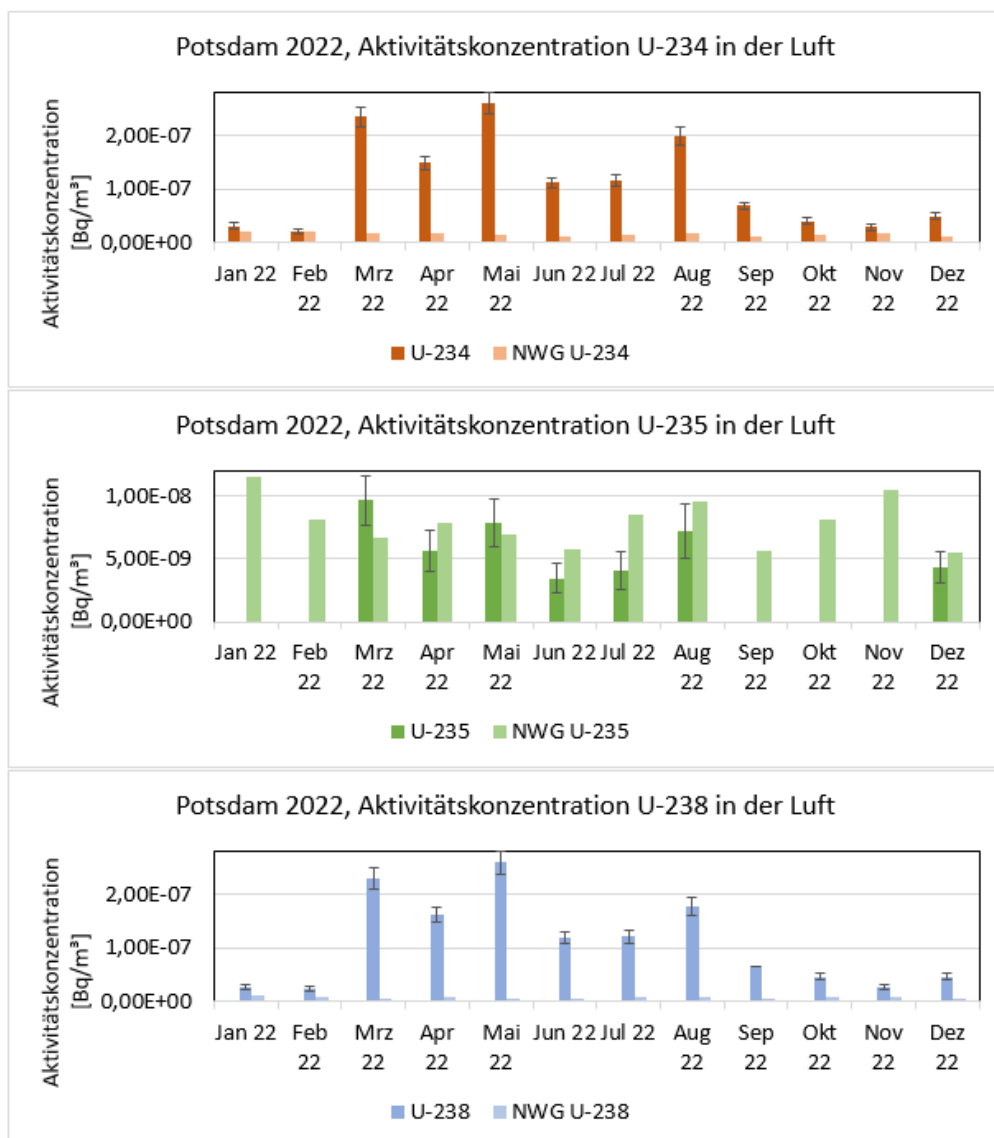


Abbildung B II 2.1-6 Aktivitätskonzentrationen von Uranisotopen in der bodennahen Luft für das Jahr 2022 am Probenentnahmeort Potsdam

konzentrationen der Uranisotope von Januar 2020 bis März 2022, im Vergleich ist der Aschegehalt der Proben dargestellt.

Die Radionuklide Pu-(239+240) waren in vereinzelt Proben mit Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,0005 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und 0,01 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ nachweisbar. Die Nachweisgrenzen für Pu-238 sowie für Pu-(239+240) lagen in diesem Zeitraum zwischen 0,0003 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und 0,04 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

2.1.2 Radioaktive Stoffe im Niederschlag (Gesamtdosition)

Gammastrahlenspektrometrie

Monatssammelproben von 40 DWD-Messstationen wurden γ -spektrometrisch analysiert. Die Niederschlagsmenge liegt im Durchschnitt je nach Jahreszeit und Standort zwischen ca. 10 und ca. 100 Liter pro Quadratmeter und Monat, so dass für die Deposition in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge Nachweisgrenzen zwischen

0,05 Bq/m^2 und 0,5 Bq/m^2 resultieren können. Die für 2022 ermittelten Nachweisgrenzen für Cs-137 lagen zwischen 0,04 Bq/m^2 und 0,10 Bq/m^2 . Exemplarisch sind die Messwerte der Radionuklide Be-7 und Cs-137 für die Messstellen Aachen, Potsdam, Offenbach und Schleswig in [Tabelle T II.26](#) als Monatswerte und als aufsummierte Jahreswerte zusammengefasst. Diese Daten dienen als Vergleichsgrößen, um Veränderungen gegenüber den Vorjahren festzustellen. Die Werte waren im Jahr 2022 ähnlich denen der Jahre vor dem Reaktorunfall von Fukushima. [Abbildung B II 2.1-10](#) zeigt für die Messstationen Offenbach und Potsdam die aus den Aktivitätskonzentrationen und der Niederschlagsmenge errechneten Werte für die monatliche Deposition von Be-7 und Cs-137. Für kosmogenes Be-7 wurden anhand von Monatsproben Messwerte zwischen $4,2 \pm 0,5 \text{ Bq}/\text{m}^2$ und $69,7 \pm 7,9 \text{ Bq}/\text{m}^2$ (Offenbach) und zwischen $5,4 \pm 0,6 \text{ Bq}/\text{m}^2$ und $43,3 \pm 4,9 \text{ Bq}/\text{m}^2$ (Potsdam) bestimmt.

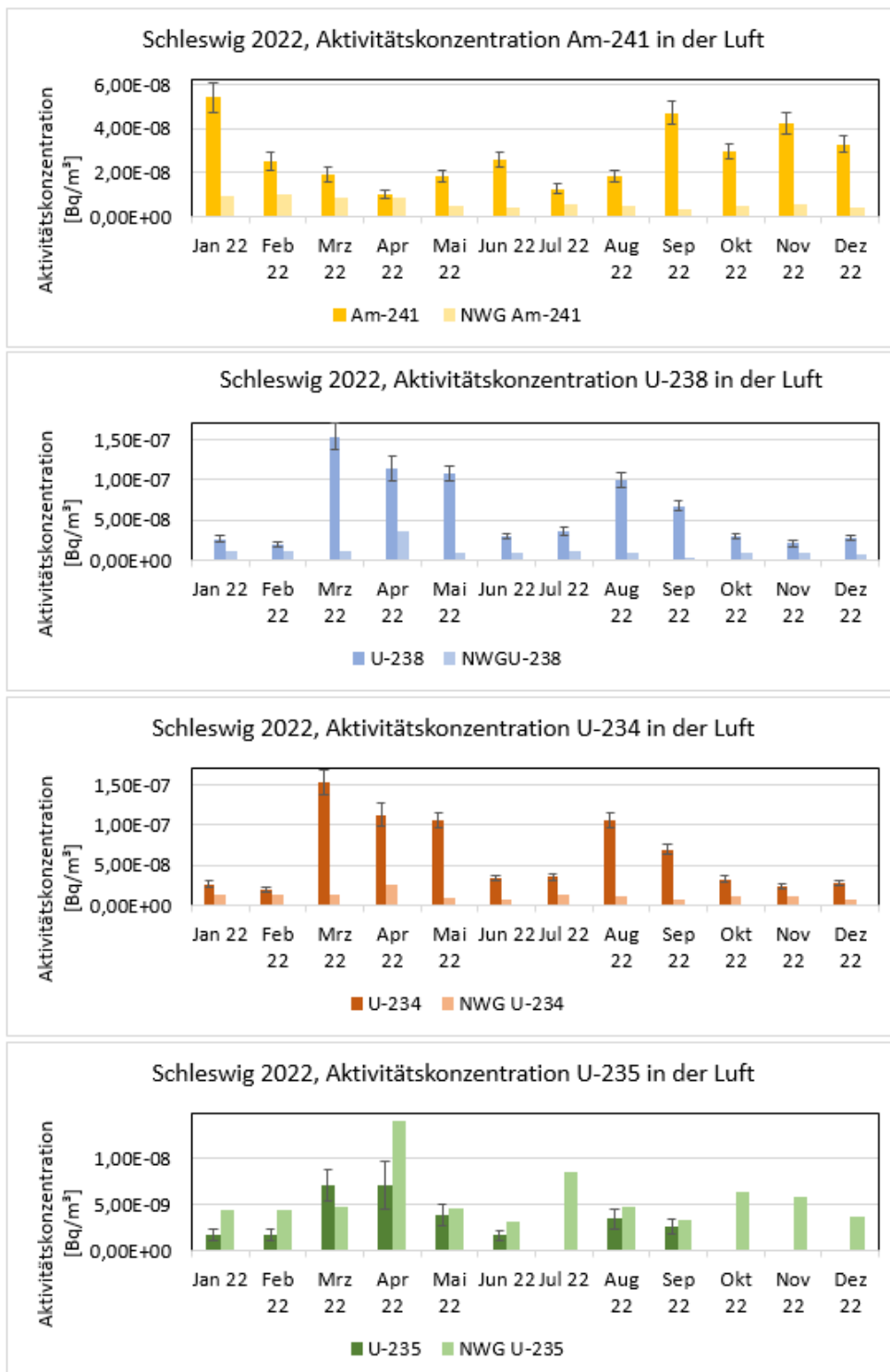


Abbildung B II 2.1-7 Aktivitätskonzentrationen von Uranisotopen und Am-241 in der bodennahen Luft für das Jahr 2022 am Probenentnahmeort Schleswig

Radiochemie

Im Labor des DWD in Offenbach wurden Niederschlagsproben der Messstationen Potsdam, München, Offenbach und Schleswig, bezogen auf ein Sammelintervall von einem Monat, analysiert. Die Niederschlagsmengen lagen zwischen 1,3 l/m² und 195,6 l/m², in Abhängigkeit vom Monat und der Lage der Station. Dies entsprach einem Probenvolumen zwischen 1,0 l und 138,4 l. In den Proben

wurden die deponierten Aktivitäten für Sr-90, H-3 sowie für die Isotope von Uran, Plutonium und Americium bestimmt. Die erreichten Nachweisgrenzen betrugen je nach Niederschlagsmenge für Sr-90 ca. 1,31 mBq/m² bis 108,37 mBq/m², für Pu-238 0,14 mBq/m² bis 1,87 mBq/m², für Pu-(239+240) 0,12 mBq/m² bis 1,28 mBq/m² und für Am-241 0,28 mBq/m² bis 2,42 mBq/m². Die geforderten Nachweisgrenzen für die

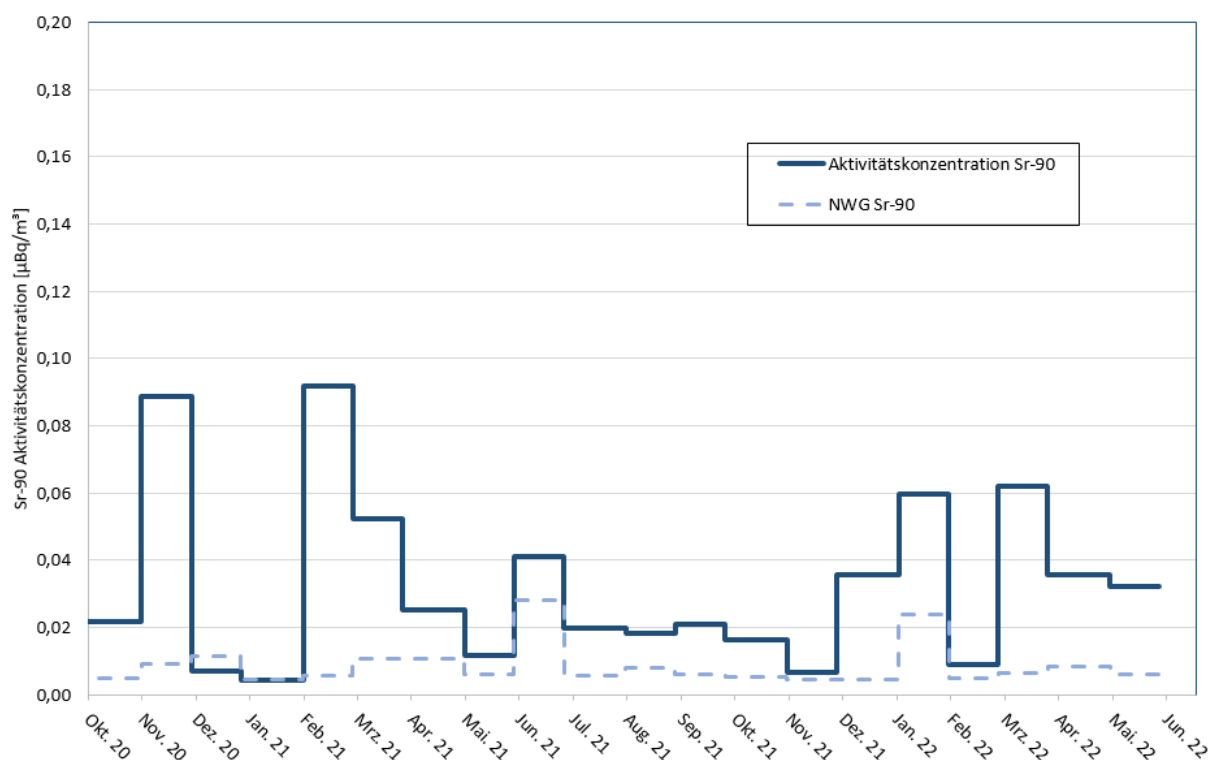


Abbildung B II 2.1-8 Aktivitätskonzentrationen von Strontium-90 in der bodennahen Luft von Oktober 2020 bis Juni 2022 am Probenentnahmeort Schauinsland

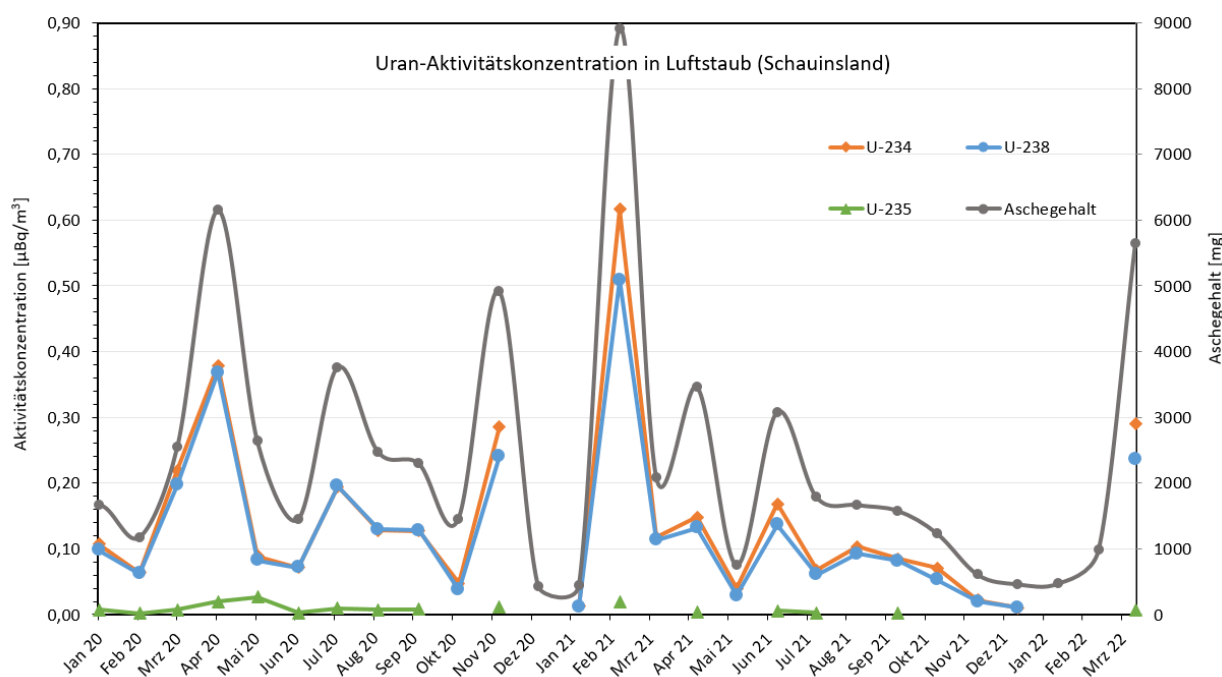


Abbildung B II 2.1-9 Aktivitätskonzentrationen von Uran-Isotopen in der bodennahen Luft von Januar 2020 bis März 2022 am Probenentnahmeort Schauinsland

bestimmten Alpha-Strahler liegen bei 0,02 mBq/l. Entsprechend der gefallenen Niederschlagsmengen resultieren daraus als zu erreichende Nachweisgrenzen Werte zwischen 0,02 mBq/m² und 3,91 mBq/m². Die geforderte Nachweisgrenze für Sr-90 liegt bei 1 mBq/l, woraus sich

rechnerisch als zu erreichende Nachweisgrenzen Werte zwischen 1,0 mBq/m² und 138,4 mBq/m² ergeben.

In München wurde im März eine Aktivitätskonzentration an Pu-(239+240) von $3,72 \pm 0,44$ mBq/m² oberhalb der Nachweisgrenze nachgewiesen. Auch die Am-241 Aktivitätskonzentration lag mit $0,89 \pm 0,21$ mBq/m² oberhalb

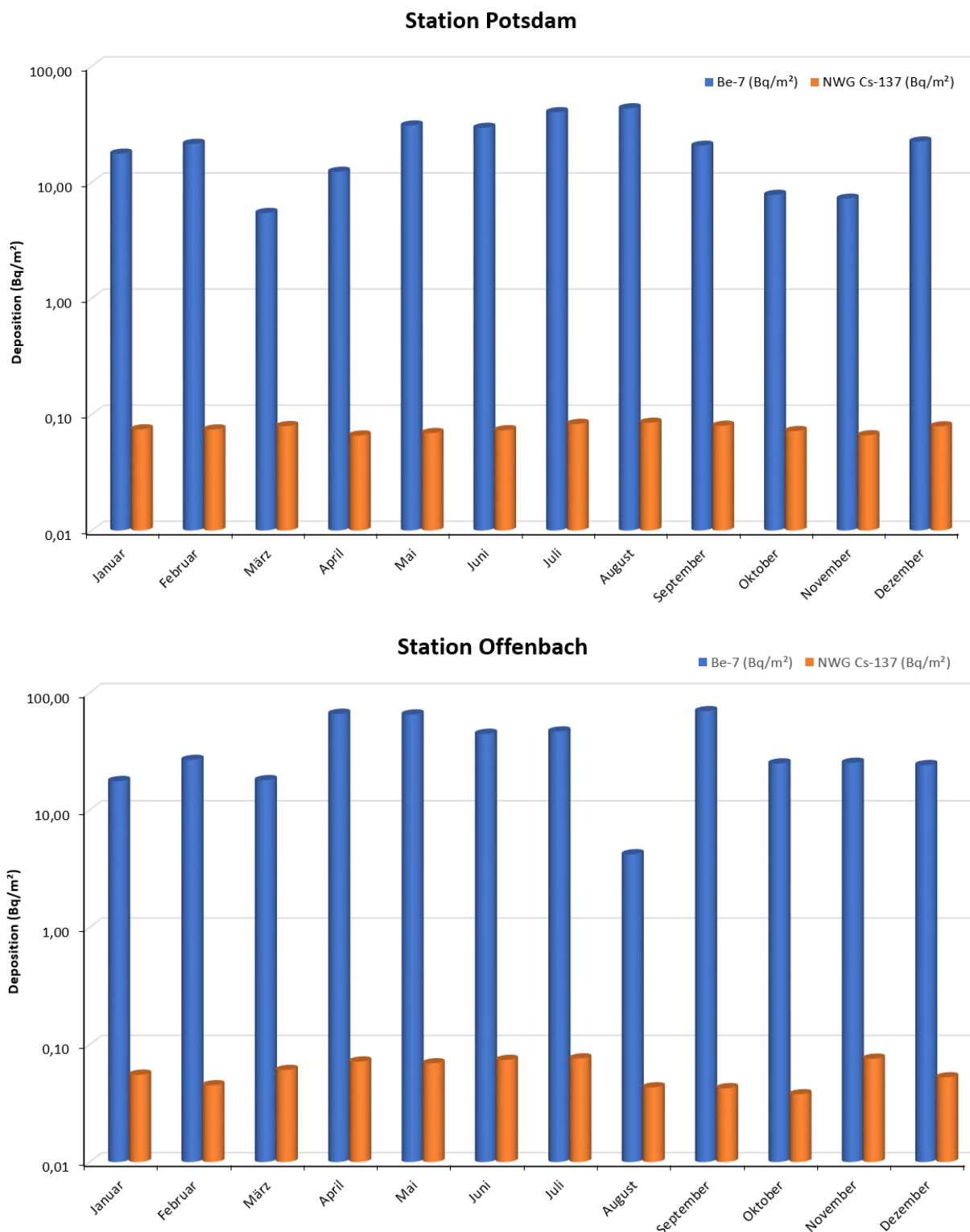


Abbildung B II 2.1-10 Deposition von Radionukliden mit dem Niederschlag im Jahr 2022 - DWD-Stationen Potsdam und Offenbach

der Nachweisgrenze, was mit dem Eintrag von Sahara-raustaub zu erklären ist. In acht Fällen lag die gemessene Aktivitätskonzentration von Pu-(239+240) zwischen Erkennungs- und Nachweisgrenze, alle anderen Werte lagen unterhalb der jeweiligen Erkennungsgrenze.

Natürlich vorkommendes aerosolgebundenes Uran wurde mit den Niederschlägen ausgewaschen, die Deposition

für U-234 und U-238 lag zwischen $0,53 \pm 0,11 \text{ mBq/m}^2$ und $66,80 \pm 5,27 \text{ mBq/m}^2$, für U-235 zwischen $0,17 \pm 0,03 \text{ mBq/m}^2$ und $3,39 \pm 0,40 \text{ mBq/m}^2$. In drei Proben der Station Schleswig lagen die Flächendepositionen von U-234 und U-238 unterhalb der Erkennungsgrenze, in allen anderen Proben wurden Flächendepositionen von U-234 und U-238 oberhalb der Nachweisgrenze beobachtet. Für U-235 wurde bei 13 Proben eine Flächendeposition

on oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt, bei 18 Proben eine Deposition zwischen Erkennungs- und Nachweisgrenze. In den übrigen Proben lagen die Werte unterhalb der Erkennungsgrenze. Die erreichten Nachweisgrenzen lagen für die Uranisotope zwischen 0,16 mBq/m² und 8,83 mBq/m².

Für H-3 wurden Messergebnisse zwischen 0,4 Bq/l und 2,2 Bq/l nach elektrolytischer Anreicherung ermittelt.

2.1.3 Gamma-Ortsdosisleistung

Die im Rahmen der kontinuierlichen Überwachung im ODL-Messnetz des BfS gemessenen Werte der γ -Ortsdosisleistung in Deutschland sind im Vergleich zum Vorjahr nahezu 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 γ -Ortsdosisleistung in Norddeutschland liegen zwischen 60 nSv/h und 105 nSv/h, entsprechend einer Jahresdosis von 0,5 mSv bzw. 0,9 mSv, während in den Mittelgebirgen Spitzenwerte bis zu 230 nSv/h (Jahresdosis 2 mSv) beobachtet werden. Dabei beträgt der Anteil durch kosmische Strahlung in Meereshöhe ca. 40 nSv/h (Jahresdosis 0,3 mSv); dieser Wert verdoppelt sich etwa alle 1 500 Höhenmeter.

Die auf den Reaktorunfall von Tschornobyl 1986 zurückzuführenden künstlichen Beiträge zur γ -Ortsdosisleistung (praktisch ausschließlich von Cs-137) werden routinemäßig auch an den Sondenstandorten der ODL-Messstellen mit In-situ-Messfahrzeugen des Bundes und der Länder nuklidspezifisch ermittelt. Wegen der hohen Variabilität des natürlichen Untergrundes sind diese Gegenden in der Kartendarstellung praktisch nicht erkennbar. Mit Hilfe der im Ereignisfall durchzuführenden In-situ-Messungen lassen sich für eine eventuelle, frische Kontamination des Untergrundes/Bodens die Radionuklide und deren Aktivität schnell bestimmen.

Kurzzeitige, meist lokal auftretende Erhöhungen der γ -Ortsdosisleistung, die insbesondere bei starken Niederschlägen in den Sommermonaten zu beobachten sind, sind auf das Auswaschen von natürlichen 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.

Die Sonden und Messstellen im ODL-Messnetz unterliegen einem strengen Qualitätssicherungsverfahren wie z. B. wiederkehrende radiologische Sondenprüfung, elektrische Betriebsmittelprüfung, Blitzschutz und Standortdokumentation. Seit einigen Jahren läuft eine umfangreiche, langjährige Modernisierung der Messdatenaufnahme, -verarbeitung und Datenfernübertragung im ODL-Messnetz. Im Berichtsjahr wurden im Messnetz weiterhin Messstellen auf neueste Sonden-, Messdatenlogger- und LTE-Technik umgerüstet. Ende 2020 konnte die LTE-Umrüstung abgeschlossen werden. Die Integration einer kleinen Anzahl von autarken Sonden ohne Strom- und festem Telekommunikationsanschluss in den operationellen Betrieb des ODL-Messnetzes konnte 2022 ebenfalls fortgesetzt werden. Durch den Einsatz der neuen

Technik werden beispielsweise rund 140 ODL-Messstellen an Liegenschaften des DWD kostenneutral durch Nutzung des gesicherten DWD-WAN (Weitverkehrsnetz) integriert. Diese Messstellen liefern ihre Daten online im Routinebetrieb alle 10 Minuten.

Seit 2012 liefen im ODL-Messnetz Feldversuche, bei denen spektrometrierende ODL-Sonden mit Cadmium-Zink-Tellurid- oder Lanthanbromid-Detektoren verschiedener Hersteller eingesetzt wurden. Diese können, mit Hilfe von spektrometrischen Messdaten mittlerer Energieauflösung, nuklidspezifische Informationen zusätzlich zur gemessenen ODL liefern. Im Vergleich zu den herkömmlichen In-situ-Messsystemen mit hochauflösenden Reinstgermaniumdetektoren zeigen diese Systeme zwar eine geringere Energieauflösung, sind aber erheblich preiswerter und robuster und können bei normaler Umgebungstemperatur betrieben werden. Auf Grund des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) werden seit 2017 spektrometrierende ODL-Sonden schwerpunktmäßig stationär in der Zentralzone um grenznahe, ausländische Kernkraftwerke sukzessive aufgebaut und operationell im 10 Minuten-Takt betrieben.

Im Rahmen von groß angelegten internationalen oder nationalen Messübungen konnte der operationelle Einsatz und Betrieb von zusätzlich ausgebrachten, quasistationären autarken Sonden, spektrometrierenden ODL-Sonden und drohnen- und fahrzeuggestützten mobilen ODL-Messungen im Messnetz seit 2014 erfolgreich verifiziert werden. Ebenso konnte das Konzept des Einsatzes von mobilen In-situ-Messungen an nicht ortsfesten ODL-Messstellenstandorten erweitert und DV-technisch umgesetzt werden. Die zentrale Datenbank wurde um mobile und spektrometrische Messungen grundlegend erweitert und kann auch z.B. mobile ODL-Messdaten der CBRN-Erkundungsfahrzeuge der Länder mit aufnehmen.

Zur Umsetzung des Konzepts der Integration von urbanen ODL-Messstellen in Bevölkerungsschwerpunkten (z.B. in Großstädten) in das Messnetz wurden erste prototypische Messstellen aufgebaut. In den folgenden Jahren soll dieses Konzept verstärkt umgesetzt werden.

2.1.4 Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen

Im § 101 der Strahlenschutzverordnung wird die Ermittlung der realitätsnahen Jahresdosis (effektive Dosis) von Einzelpersonen der Bevölkerung gefordert. Die realitätsnahe Exposition durch die Direktstrahlung kerntechnischer Anlagen kann aus den Messwerten der Gamma-Ortsdosisleistung sowie der Neutronen-Ortsdosisleistung an geeigneten Messorten berechnet werden. Da die erforderlichen Informationen dem Bundesamt für Strahlenschutz meistens nicht vorlagen, wurden ersatzweise die Messwerte aus den REI-Jahresberichten der Betreiber der kerntechnischen Anlagen und der zuständigen Landesbehörden herangezogen. In den Messwerten ist neben der Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen auch der natürliche Hintergrund durch terrestrische und kosmische Strahlung enthalten. Für jede kerntechnische Anlage wurde die höchste über das Jahr gemittelte Gam-

ma-Ortsdosisleistung bzw. Neutronen-Ortsdosisleistung außerhalb des Betriebsgeländes für die Dosisberechnung herangezogen, ungeachtet dessen, ob an dieser Stelle längere Aufenthalte von Einzelpersonen der Bevölkerung möglich sind. Das Ergebnis sind effektive Jahresdosen, die die reale Exposition der Bevölkerung durch Direktstrahlung erheblich überschätzen. In zwei Fällen (KGR Greifswald und ZLN Nord) enthielt der REI-Jahresbericht 2022 keine Messwerte, so dass die Exposition der Bevölkerung durch Direktstrahlung aus den betreffenden kerntechnischen Anlagen nicht ermittelt werden konnte.

Die Ergebnisse für die Dosisberechnung für das Jahr 2022 zeigt [Tabelle T II.27](#). Die aus der Gamma-Ortsdosisleistung (Gamma-ODL) berechneten Beiträge zur effektiven Jahresdosis liegen bis auf drei Ausnahmen im Bereich von 0,19 mSv bis 0,57 mSv. Diese Dosiswerte liegen im erwartbaren Bereich, da abgesehen von FZ Karlsruhe, UAG Gronau und THTR Hamm-Uentrop nur die Summe der natürlichen Hintergrundstrahlung und der Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen berichtet wurde. Die aus der Neutronen-Ortsdosisleistung (Neutronen-ODL) berechneten Beiträge zur effektiven Jahresdosis betragen bis auf die oben genannten drei Ausnahmen 0,03 mSv bis 0,18 mSv. Diese Wertebereiche sind insgesamt weit unterhalb des Grenzwerts für die effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung nach § 80 StrlSchG (1 mSv im Kalenderjahr). Wie bereits erwähnt, ermittelten lediglich FZ Karlsruhe, UAG Gronau und THTR Hamm-Uentrop die Expositionen durch die kerntechnischen Anlagen realitätsnah und berichteten deutlich geringere Gamma-ODL-Werte von 0,04 bis 0,09 mSv. Da anhand lokaler Messungen die natürliche Hintergrundstrahlung bestimmt wurde, konnten die effektiven Jahresdosen, die aus diesen kerntechnischen Anlagen resultieren, wie von § 101 StrlSchV gefordert, realitätsnah berechnet werden.

2.1.5 Radioaktivität in Luft und Niederschlag in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz

Luft

Gemäß der REI sind die Aktivitätskonzentrationen von gasförmigem I-131 und von schwebstoffpartikelgebundenen Radionukliden gammaspektrometrisch zu ermitteln. Die geforderten Nachweisgrenzen liegen für I-131 bei 5 mBq/m³ und bei den aerosolpartikelgebundenen Radionukliden, bezogen auf Co-60, bei 0,4 mBq/m³.

Für das gasförmige I-131 wurden im Allgemeinen nur Nachweisgrenzen gemessen - mit Ausnahme der zeitweise durch Fukushima beeinflussten Einzelmesswerte 2011 (siehe Tabelle B-II-2.1.4-1a im [Jahresbericht 2011](#) des

BMU über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“). Im Berichtsjahr hat sich die Konzentration des emittierten I-131 gegenüber den Vorjahren nicht verändert ([Tabelle T II.28](#)). Dasselbe gilt für die Aktivitätskonzentrationen der schwebstoffpartikelgebundenen Radionuklide, die 2022 wie im Vorjahr an allen Messstellen unterhalb der jeweils erreichten Nachweisgrenzen lagen. Die Messergebnisse sind in [Tabelle T II.29](#) für das Bezugsnuklid Co-60 zusammengefasst.

Die Veränderungen der Jahresmittelwerte der kontinuierlich gemessenen γ -Ortsdosisleistung ([Tabelle T II.30](#)) sind im Vergleich zum Vorjahr im Allgemeinen gering und entsprechen den natürlichen Schwankungen. Durch den Austausch von Messsystemen treten bauart- und empfindlichkeitsbedingte Veränderungen des gemessenen Pegels der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung auf. Zum einen können stark differierende Eigennulleffekte der Messgeräte oder die Überschätzung der kosmischen Komponente des Strahlungsfeldes hierfür der Grund sein, zum anderen bauartbedingte Einschränkungen der axialen oder radialen Empfindlichkeit des Messgerätes. Bauliche Veränderungen im Umfeld einer Messstelle, wie z. B. die Errichtung eines Gebäudes oder Bodenarbeiten, beeinflussen den vorhandenen Grundpegel an der Messstelle und können in den gemessenen Ortsdosisleistungswerten sichtbar werden.

Seit dem 1. August 2011 gilt verbindlich die neue dosimetrische Messgröße Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $dH^*(10)/dt$ (siehe Kapitel II, „Allgemeine Angaben“ im Grundlagenbericht).

Niederschlag

Gemäß REI ist die Aktivitätskonzentration des Niederschlags gammaspektrometrisch zu ermitteln (siehe „Allgemeine Angaben“ im Grundlagenbericht). Aus den Aktivitätskonzentrationen und den Niederschlagsmengen wird die Deposition berechnet. Aus den Monatsdepositionen in Becquerel pro Quadratmeter werden Jahresmittelwerte gebildet und berichtet. Als Nachweisgrenze für die Konzentrationsmessung, bezogen auf Co-60, werden 0,05 Bq/l gefordert. Die Niederschlagsmenge liegt im Durchschnitt je nach Jahreszeit und Standort zwischen 10 und 100 Liter pro Quadratmeter und Monat, so dass für die Deposition Nachweisgrenzen zwischen 0,5 Bq/m² und 5 Bq/m² resultieren können. Es liegen keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen vor. In [Tabelle T II.31](#) sind die erzielten Nachweisgrenzen, bezogen auf Co-60, zusammengefasst.

2.2 Nord- und Ostsee

In diesem Kapitel wird die Kontamination von Nord- und Ostsee durch künstliche Radionuklide beschrieben. Grundlage der Bewertung ist mindestens eine Seereise pro Jahr in das jeweilige Meeresgebiet. Dafür stehen Schiffe des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und gecharterte ausländische Forschungsschiffe zur Verfügung. Die Entnahme zusätzlicher Meerwasserproben vervollständigt das Überwachungsprogramm: eine möglichst monatliche Beprobung, bewerkstelligt von anderen Schiffen des Bundes. Es ist sowohl eine Beschreibung der räumlichen Verteilung als auch des zeitlichen Trends der Kontamination möglich. Im Meerwasser werden die Radionuklide Cs-137 bzw. Cs-134, Sr-90, Pu-238, Pu-(239+240), Am-241 und H-3 (Tritium) radiochemisch analysiert. Meeresschwebstoff und -sediment werden gamma-spektrometrisch gemessen. Ausgewählte Meeressedimentproben werden zusätzlich auf Pu-238, Pu-(239+240) und Am-241 untersucht. Die Aktivitätskonzentrationen und spezifischen Aktivitäten waren gering in den letzten Jahren: unbedenklich für Mensch und Umwelt aus radiologischer Sicht.

Tritiumauswertungen für die Nordsee waren für die Berichtsjahre 2016, 2017 und 2020 noch nicht verfügbar. Diese werden in vorliegendem Bericht nachgeliefert. Die

Auswertungen für das Berichtsjahr 2022 sind, bis auf die Tritiumwerte der großräumigen Nordseereise, vollständig.

2.2.1 Radionuklide im Nordseewasser

Die Aktivitätskonzentration von Cs-137 nach 1961 und Sr-90 nach 1980 an den beiden Stationen ELBE1 und BORKUMRIFF liegen seit einigen Jahren in einem sehr niedrigen Bereich: zwischen 1 Bq/m³ und 2 Bq/m³ (Abbildungen B II 2.2-1 und B II 2.2-2). Der Grund ist, dass aus den Wiederaufarbeitungsanlagen Sellafield (Vereinigtes Königreich) und La Hague (Frankreich) nur noch sehr geringe Mengen dieser beiden Radionuklide ins Meer eingeleitet werden. Diese geringen Konzentrationen der Deutschen Bucht liegen nur wenig über denen des Oberflächenwassers des Atlantiks. Letztere sind im Wesentlichen durch die Rückstände des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests der 1960er Jahre gekennzeichnet. Ein Eintrag von Cs-137 aus der Elbe ist nicht festzustellen. Die Auswirkungen des Tschornobyl-Fallouts waren in der Deutschen Bucht bereits zwei bis drei Jahre nach dem Unfall nicht mehr messbar. Cs-134 ist im Wasser der Nordsee nicht mehr nachweisbar (NWG < 0,3 Bq/m³) aufgrund dessen kurzer physikalischen Halbwertszeit von etwa zwei Jahren.

Zeitreihe der Cs-137-Aktivitätskonzentration an zwei Positionen in der Deutschen Bucht

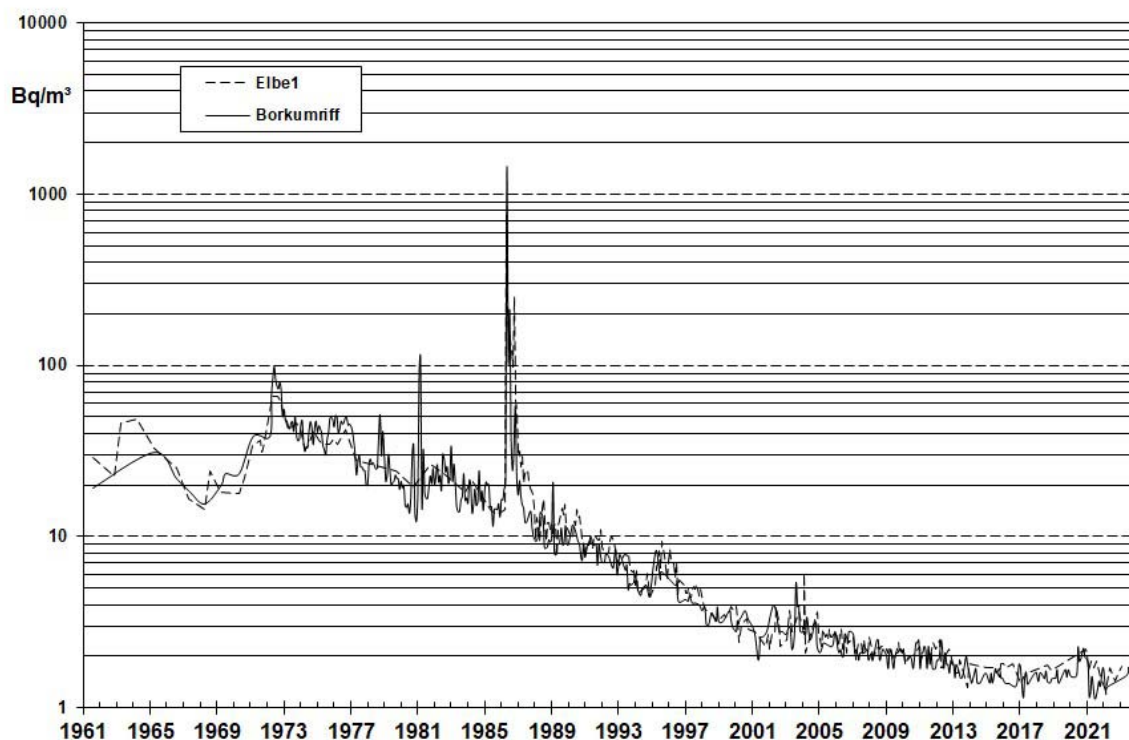


Abbildung B II 2.2-1 Zeitlicher Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (in Bq/m³) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961

Die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 im Oberflächenwasser und in der Wassersäule der Nordsee von 50° bis 60° nördlicher Breite im Jahr 2022 sind in Abbildung B II 2.2-3 dargestellt. Die Konzentrationen sind niedrig;

mit einer Erhöhung im Bereich des Skagerraks: eine Auswirkung des aus der Ostsee fließenden Oberflächenwassers. Dort ist der höchste Wert von $(7,7 \pm 0,4)$ Bq/m³ – im Vergleich zu Aktivitätskonzentrationen in früheren Jahr-

Zeitreihe der Strontium-90-Aktivitätskonzentration an zwei Positionen in der Deutschen Bucht

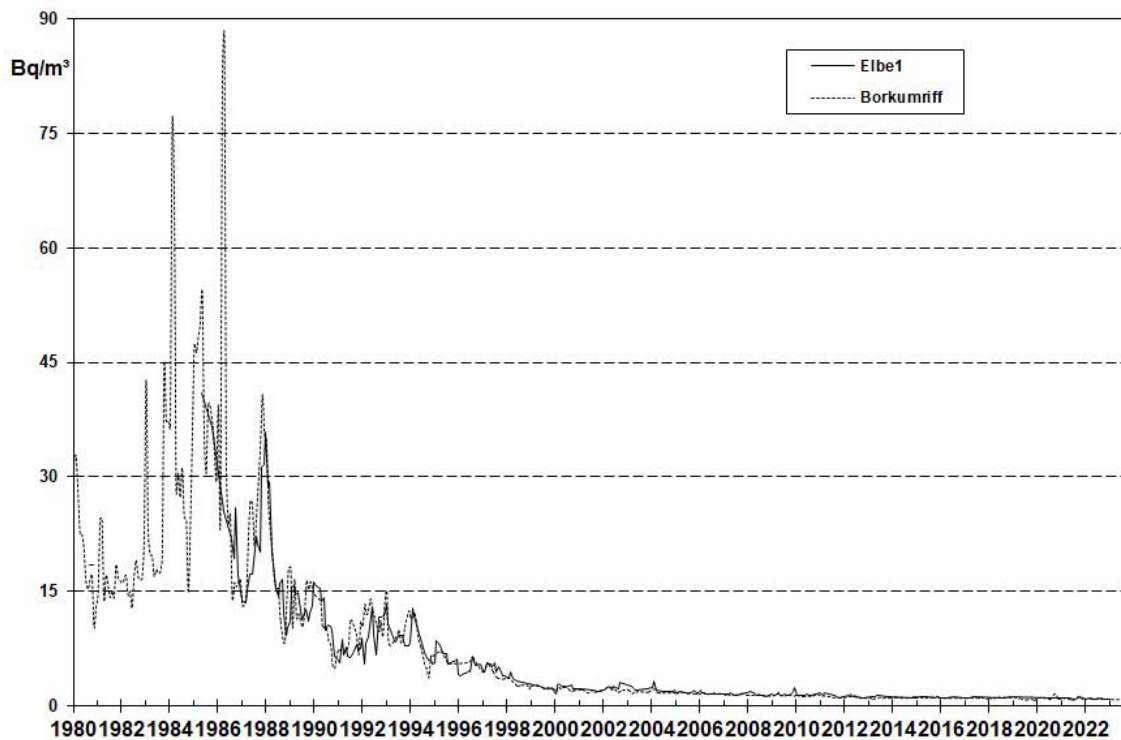


Abbildung B II 2.2-2 Zeitlicher Verlauf der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (in Bq/m³) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1980

zehnten – immer noch gering. Ebenfalls erhöht sind die Aktivitätskonzentrationen an der englischen Ostküste: Diese Erhöhung ist nicht auf aktuelle Einleitungen der Anlage Sellafield zurückzuführen, sondern auf Resuspension aus dem Meeressediment der Irischen See. Dort wurden, vor allem in den 1970er Jahren, große Mengen künstlicher Radionuklide abgelagert, die aus dieser Senke langsam in das Wasser freigesetzt werden. Auch in der Umgebung der Anlage La Hague sind keine aktuellen Cs-137-Einleitungen nachweisbar.

Die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 im Oberflächenwasser der Deutschen Bucht sind in der Abbildung [B II 2.2-4](#) veranschaulicht.

Neben Cs-137 konnte Sr-90 im Jahr 2022 analysiert werden. In der Abbildung [B II 2.2-5](#) sind die Aktivitätskonzentrationen von Sr-90 im Oberflächenwasser und in der Wassersäule der Nordsee von 50° bis 60° nördlicher Breite dargestellt, in Abbildung [B II 2.2-6](#) im Oberflächenwasser der Deutschen Bucht

Die Sr-90-Konzentrationen sind homogen verteilt. Die gegenüber Cs-137 geringeren Konzentrationen sind auf die unterschiedliche Spaltausbeute dieser Nuklide bei der Kernspaltung zurückzuführen. Die Hauptquelle von Sr-90 sind oberirdische Kernwaffenversuche der 1960er Jahre. Im Elbästuar ist die Sr-90-Konzentration im Gegensatz zu

der des Cs-137 geringfügig erhöht: Sr-90 wird weniger stark an Tonminerale der Landfläche adsorbiert, was eine stärkere Eintragung ins Meer zur Folge hat.

Die Aktivitätskonzentrationen von Tritium im Oberflächenwasser und in der Wassersäule der Nordsee von 50° bis 60° nördlicher Breite der Jahre 2016, 2017 und 2020 sind in den Abbildungen [B II 2.2-7](#) bis [B II 2.2-9](#) gezeigt.

Für die Deutsche Bucht sind die H-3-Aktivitätskonzentrationen im Oberflächenwasser der Jahre 2020 und 2022 in den Abbildungen [B II 2.2-10](#) und [B II 2.2-11](#) dargestellt. Die Konzentration des Tritiums ist um drei Größenordnungen höher als die der radiotoxikologisch relevanten Nuklide Cs-137 und Sr-90. Die Tritiumgehalte sind in den Küstengewässern höher als in der zentralen Nordsee. Dies ist sowohl auf die Einleitungen der Anlage La Hague als auch auf die Ableitungen der kontinentalen kerntechnischen Anlagen über die Flüsse zurückzuführen. Während des langen Transportweges – nördlich um die britischen Inseln – wird das Tritium verdünnt: es ergeben sich für die zentrale Nordsee sehr geringe Konzentrationen. Deutlich erkennbar sind die Tritiumeinleitungen der Anlage La Hague im Bereich des Ärmelkanals: Hier wurden in allen dargestellten Jahren erhöhte Konzentrationen gemessen, im Jahr 2017 von bis zu 4,3 kBq/m³.

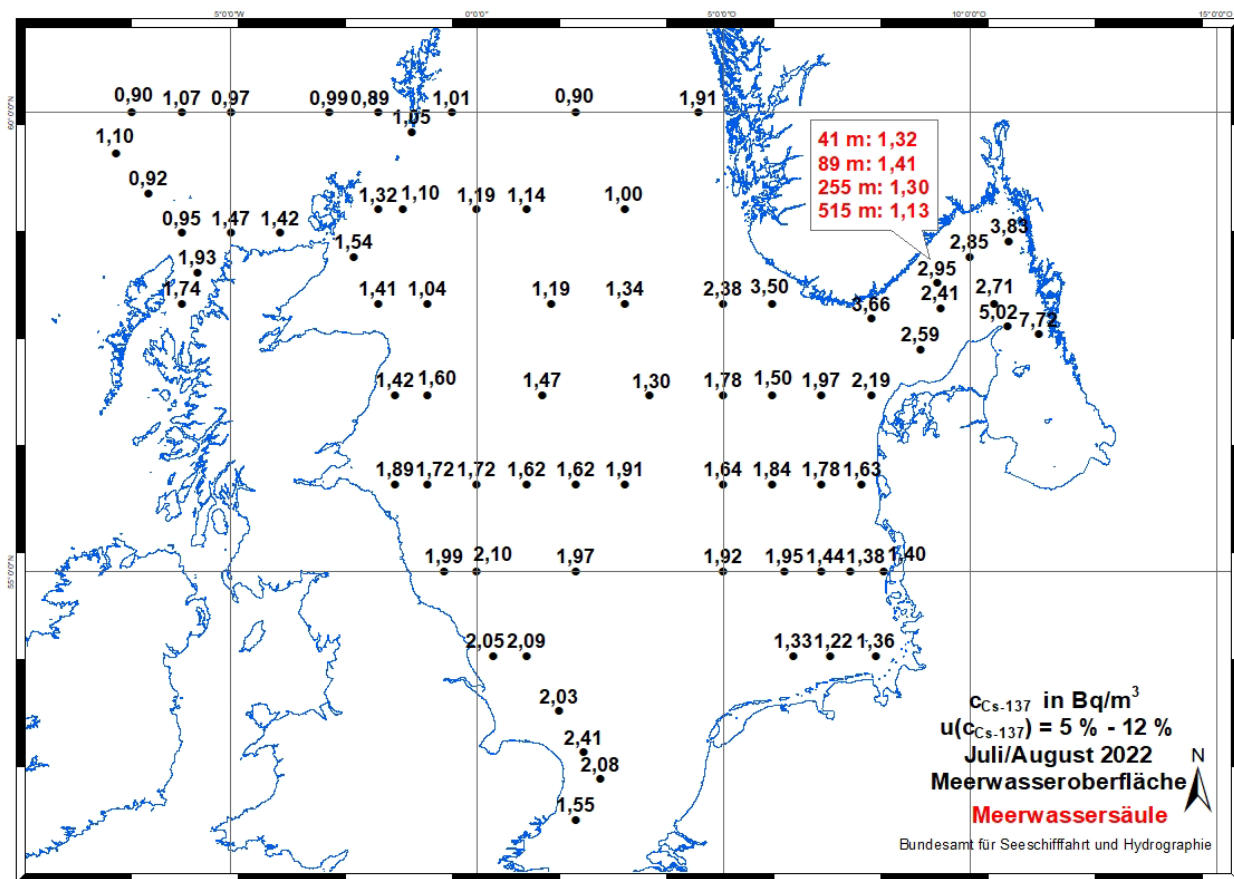


Abbildung B II 2.2-3 Aktivitätskonzentration von Cs-137 in Bq/m^3 im Wasser der Nordsee im Juli/August 2022

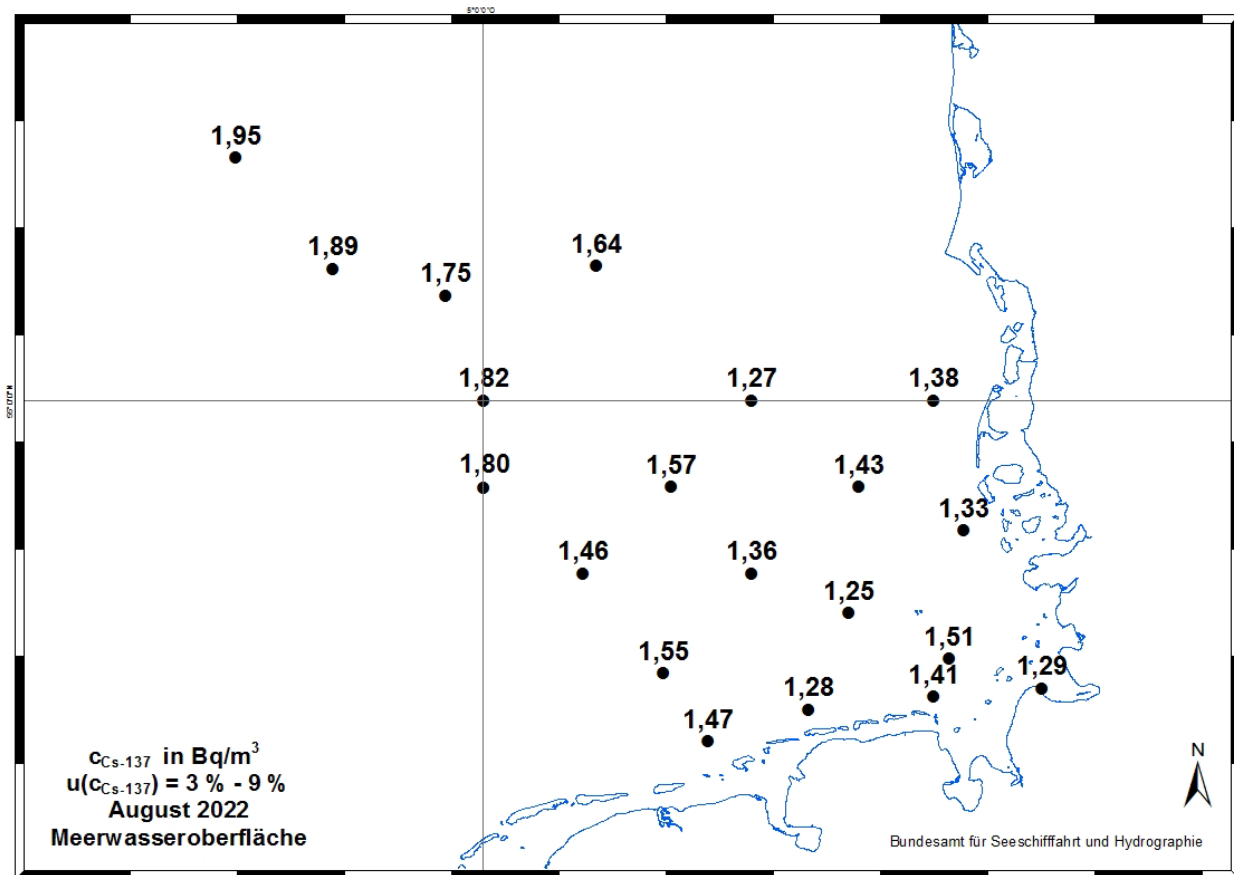


Abbildung B II 2.2-4 Aktivitätskonzentration von Cs-137 in Bq/m^3 im Wasser der Deutschen Bucht im August 2022

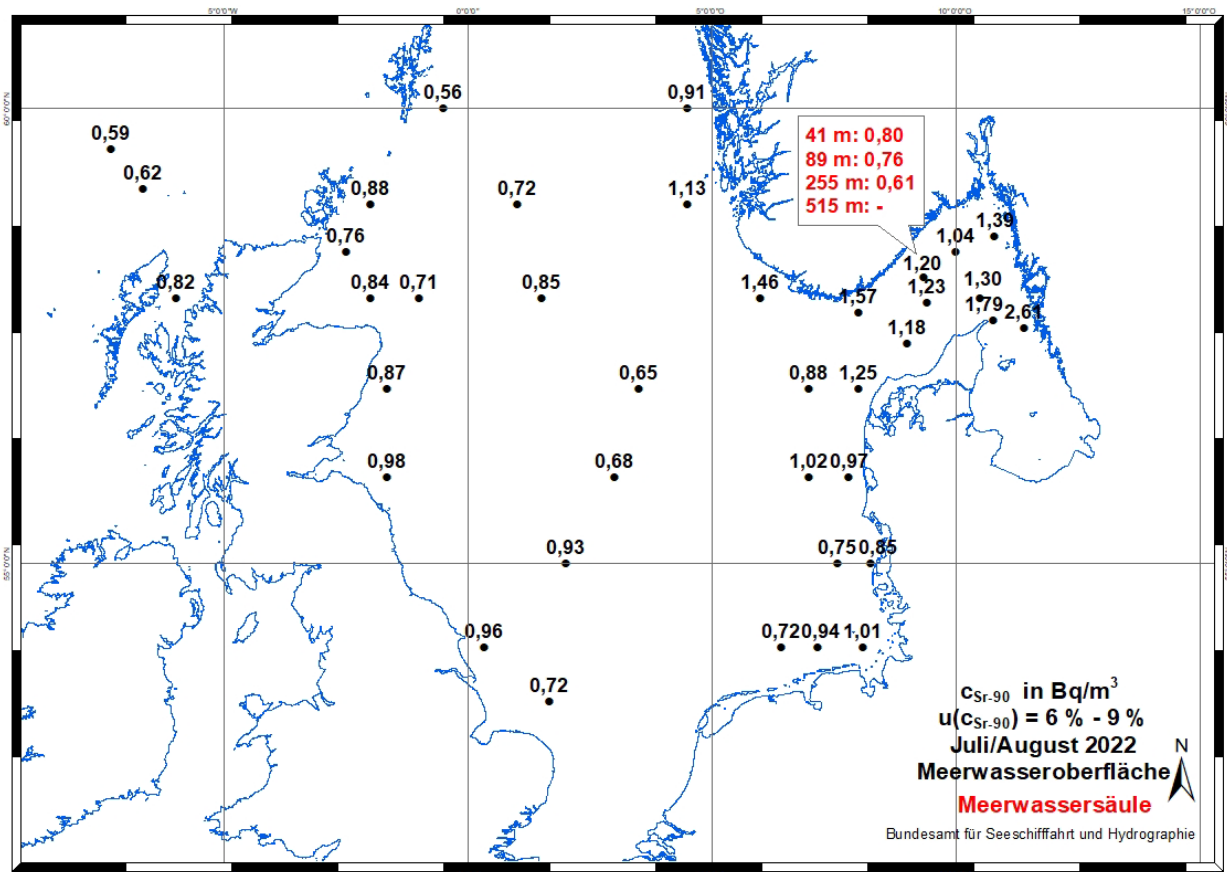


Abbildung B II 2.2-5 Aktivitätskonzentration von Sr-90 in Bq/m^3 im Wasser der Nordsee im Juli/August 2022

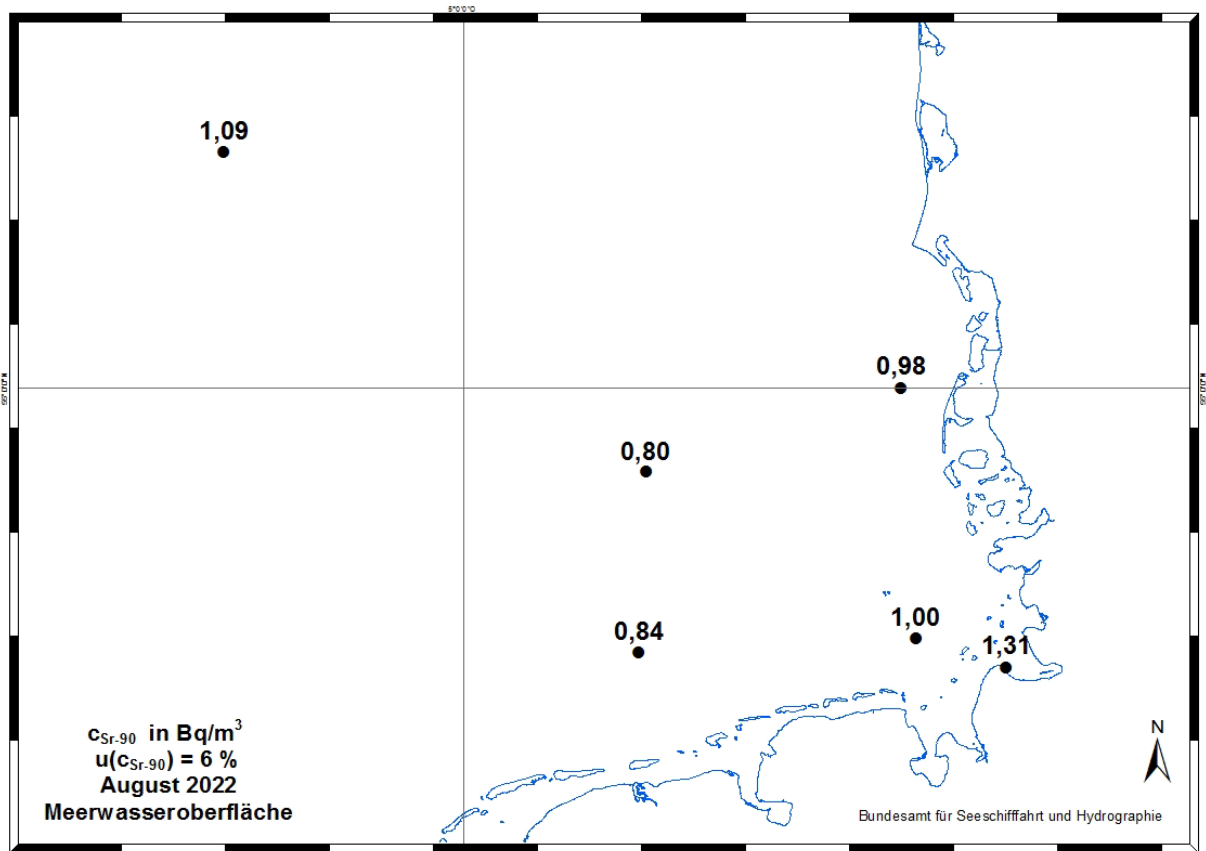


Abbildung B II 2.2-6 Aktivitätskonzentration von Sr-90 in Bq/m^3 im Wasser der Deutschen Bucht im August 2022

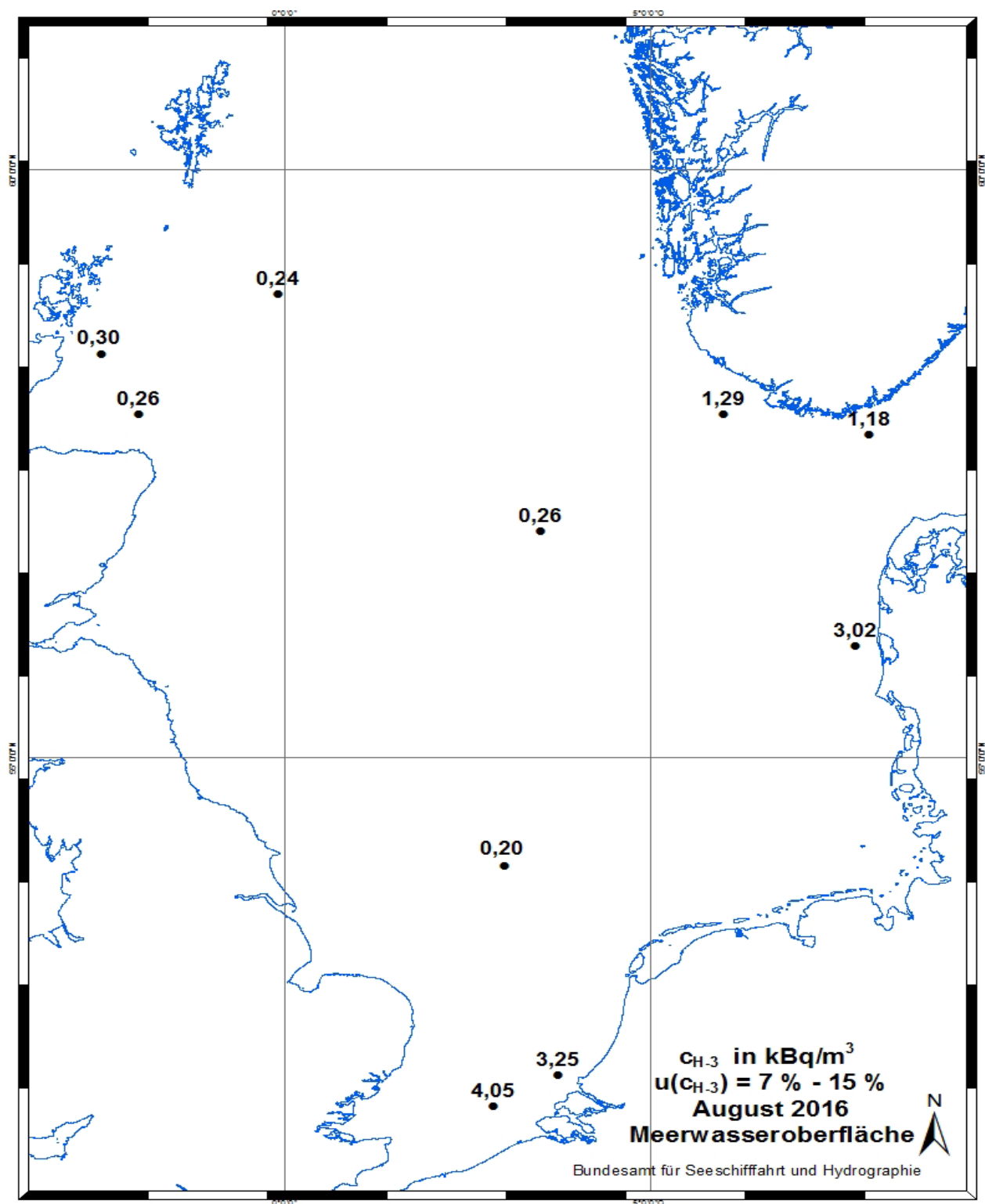


Abbildung B II 2.2-7 Aktivitätskonzentration von H-3 in kBq/m³ im Wasser der Nordsee im August 2016

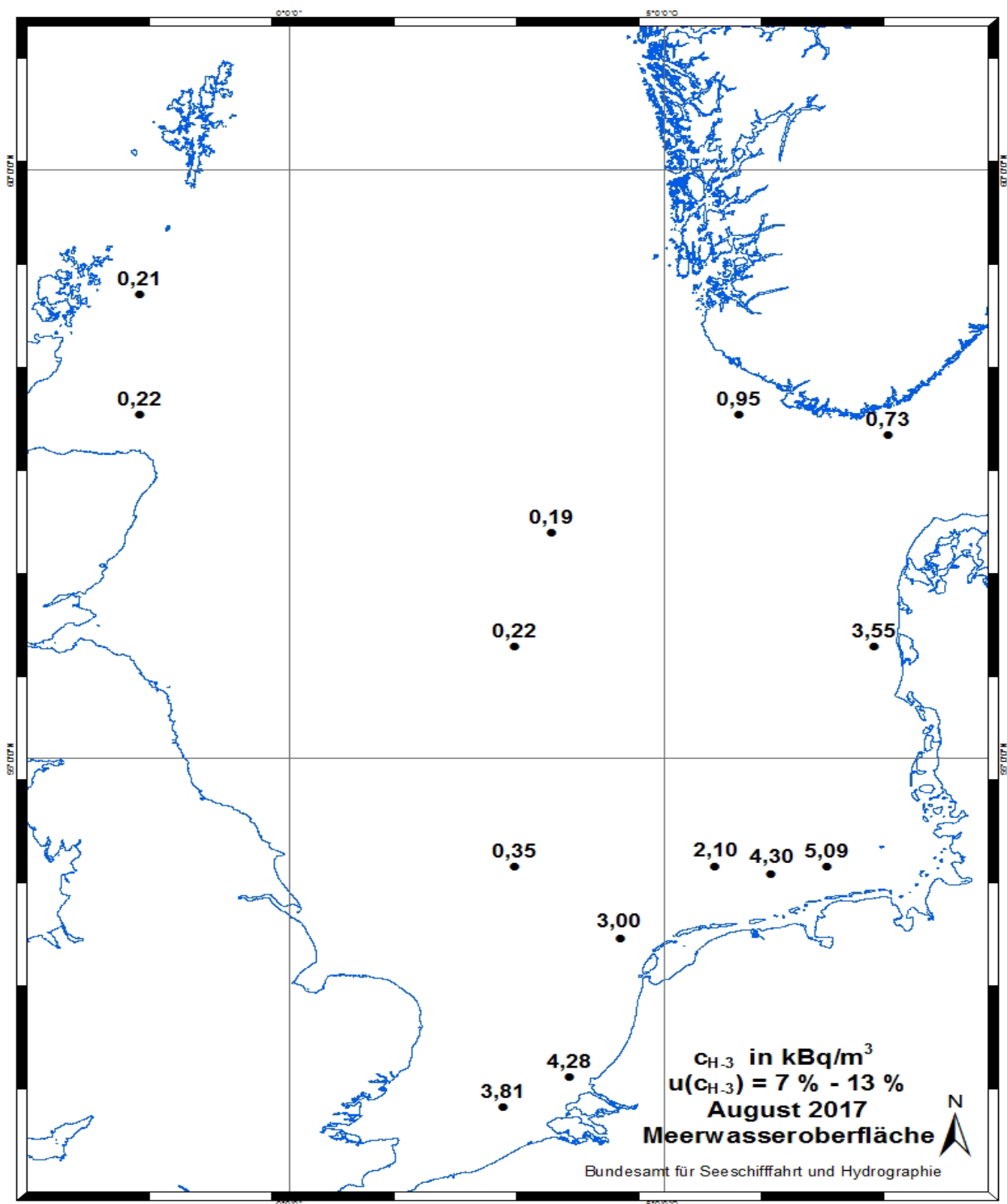


Abbildung B II 2.2-8 Aktivitätskonzentration von H-3 in kBq/m^3 im Wasser der Nordsee im August 2017

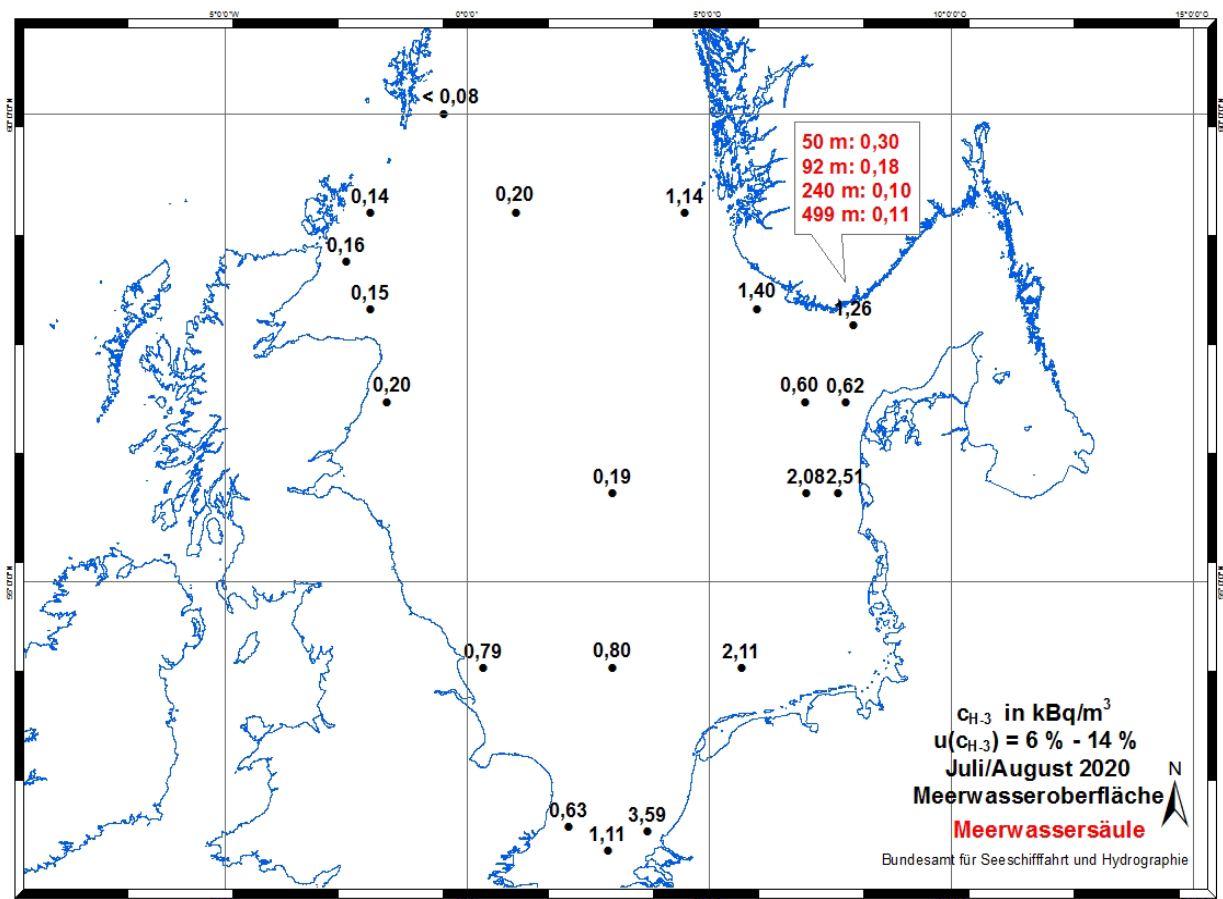


Abbildung B II 2.2-9 Aktivitätskonzentration von H-3 in kBq/m³ im Wasser der Nordsee im Juli/August 2020

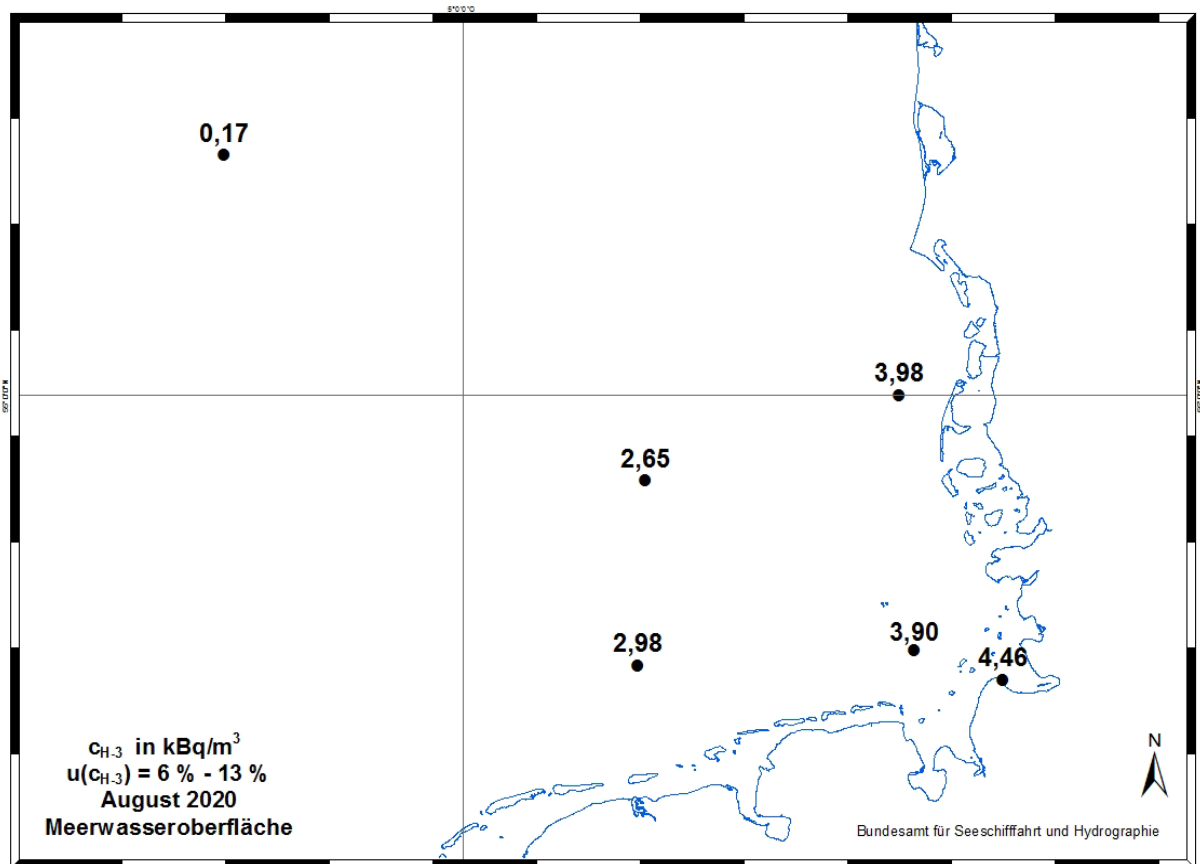


Abbildung B II 2.2-10 Aktivitätskonzentration von H-3 in kBq/m³ im Wasser der Deutschen Bucht im August 2020

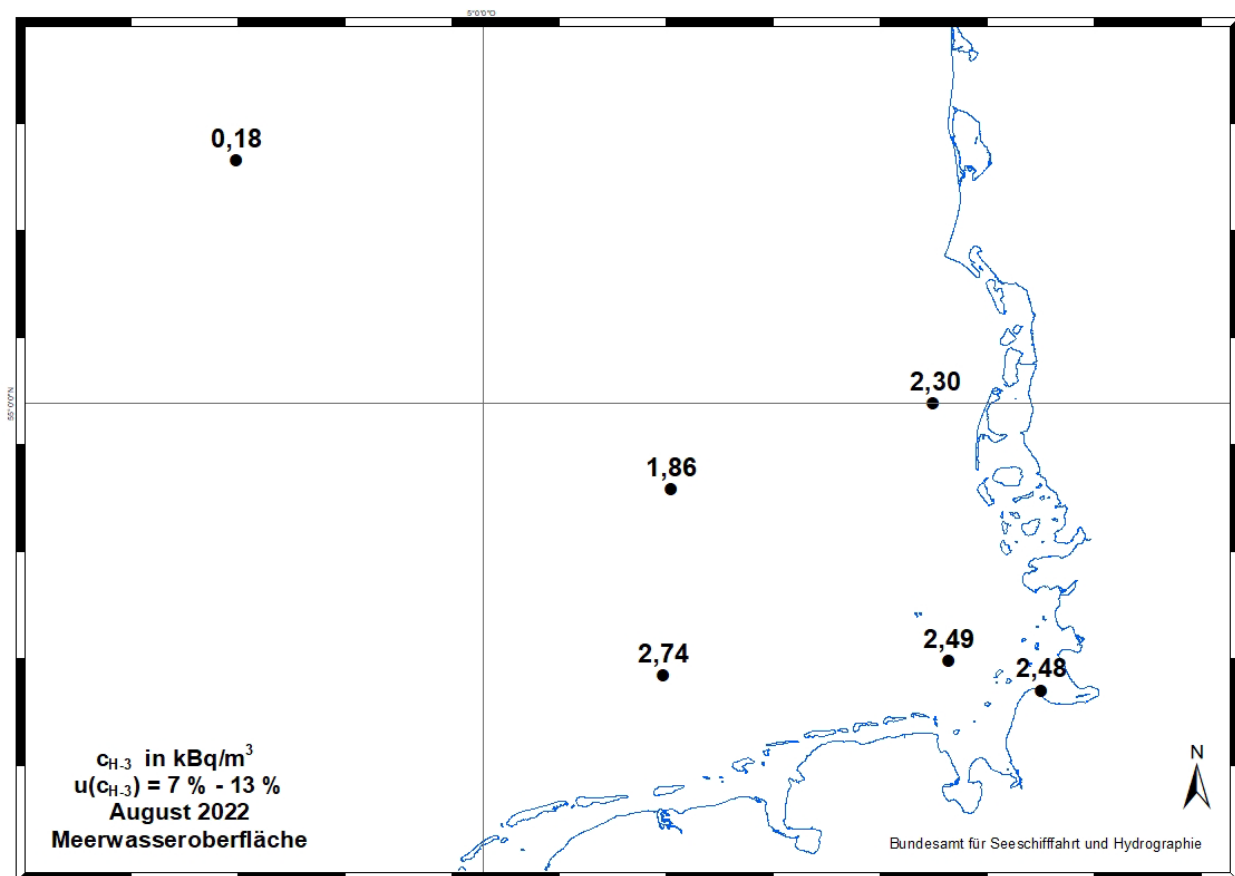


Abbildung B II 2.2-11 Aktivitätskonzentration von H-3 in kBq/m^3 im Wasser der Deutschen Bucht im August 2022

Zeitreihe der Cs-137- und Sr-90-Aktivitätskonzentrationen an der Position SCHLEI 54°40' N 10°08' O

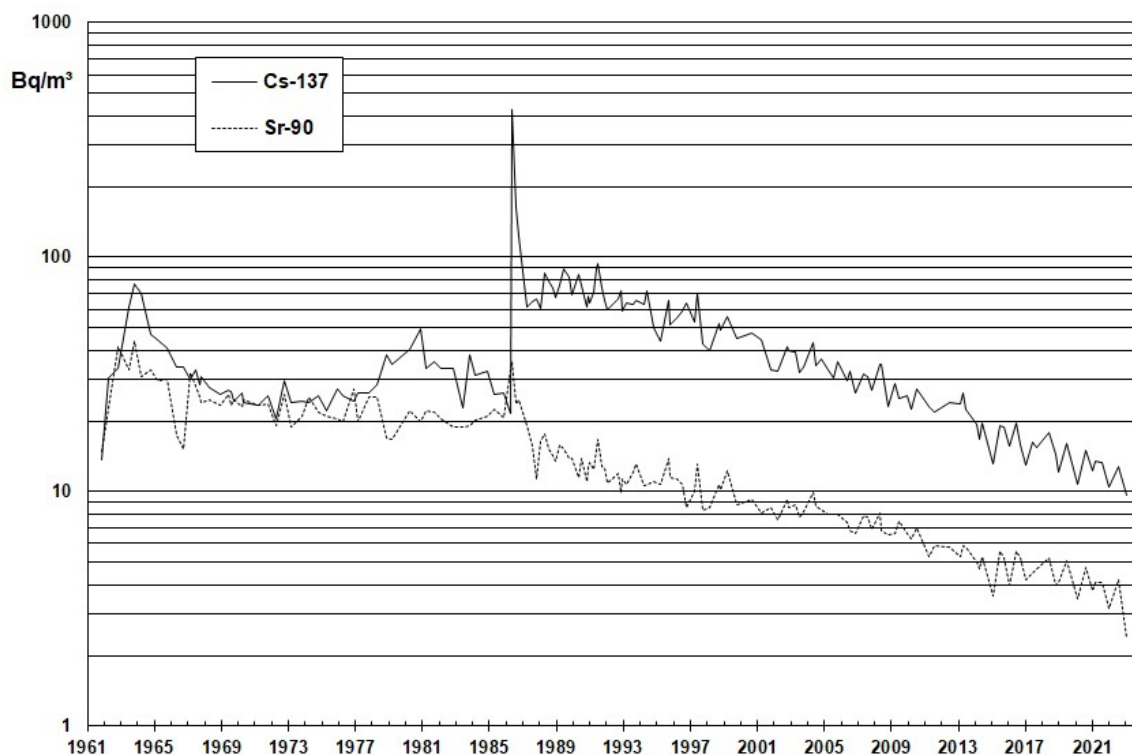


Abbildung B II 2.2-12 Zeitlicher Verlauf der Cs-137- und Sr-90-Aktivitätskonzentrationen in Bq/m^3 an der Position „Schleimündung“ seit 1961

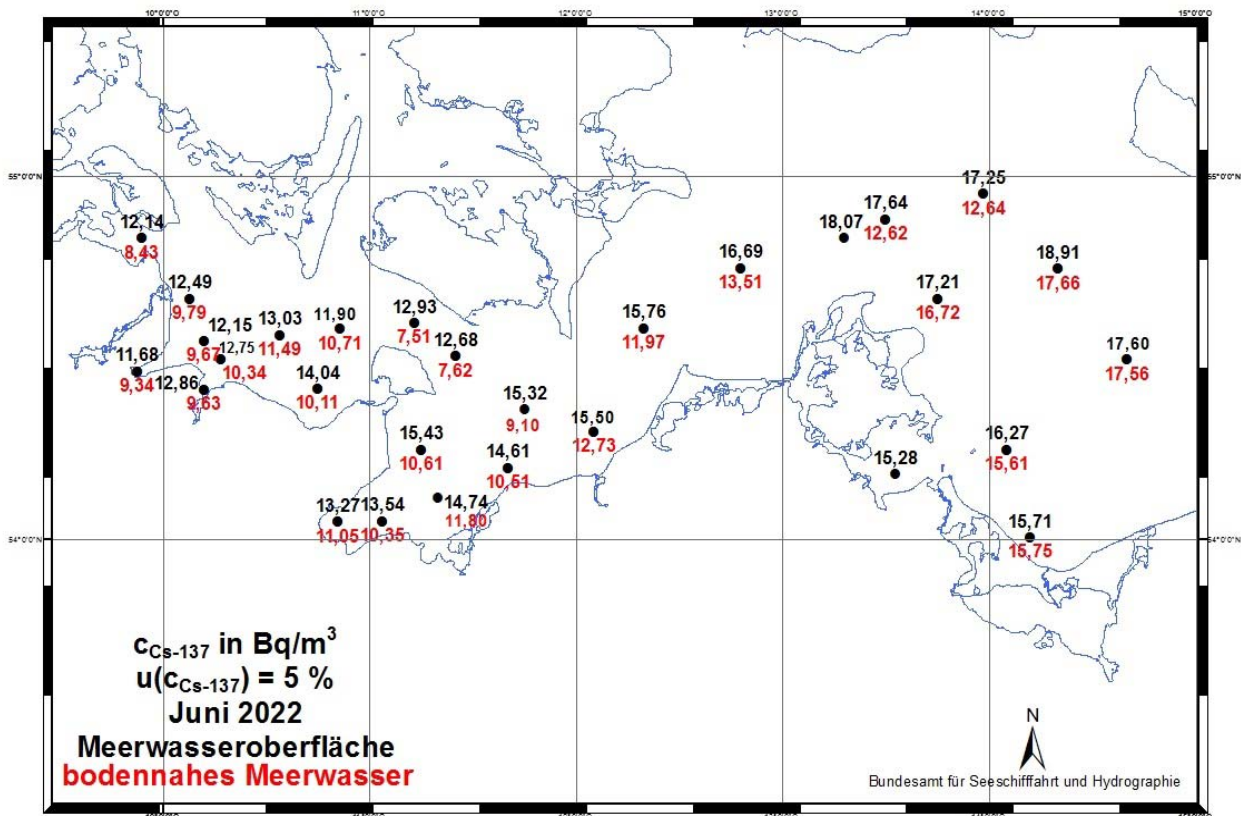


Abbildung B II 2.2-13 Aktivitätskonzentration von Cs-137 in Bq/m³ im Oberflächen- und Bodenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2022

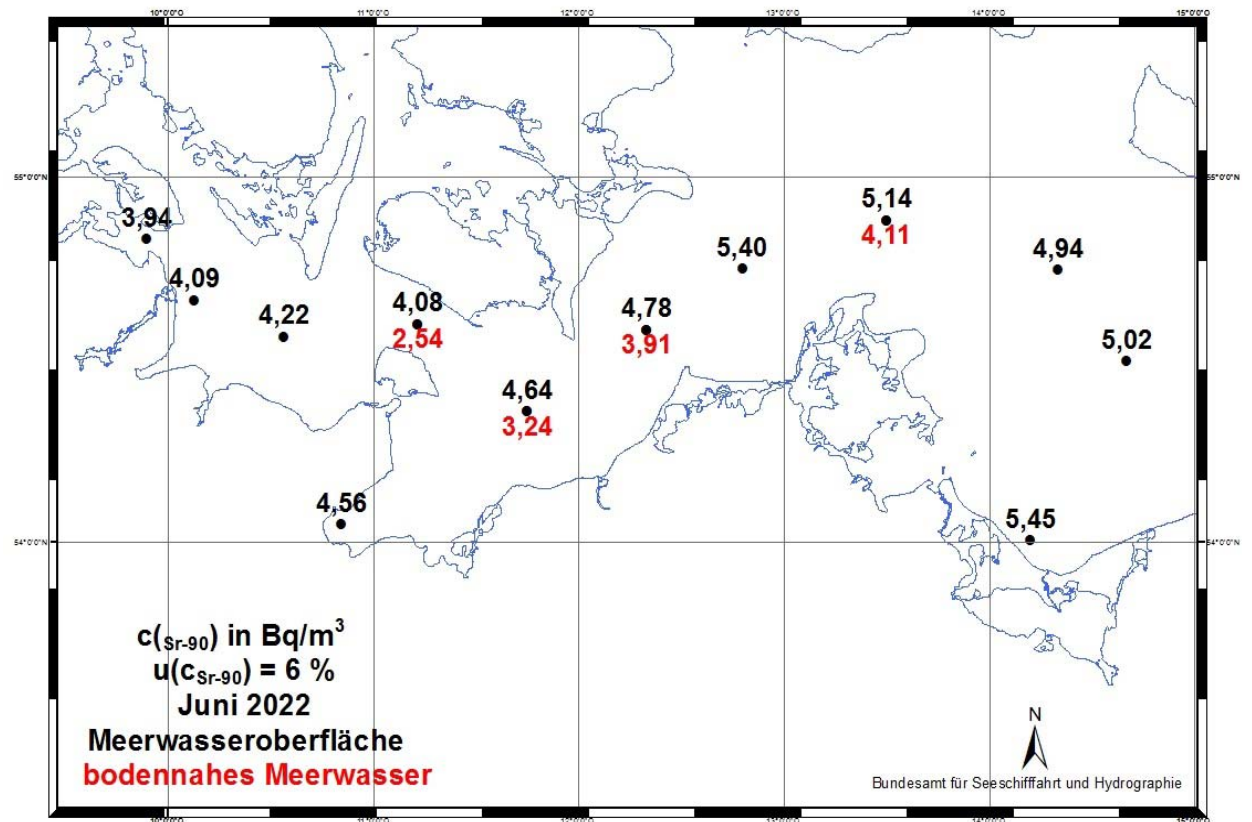


Abbildung B II 2.2-14 Aktivitätskonzentration von Sr-90 in Bq/m³ im Oberflächen- und Bodenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2022

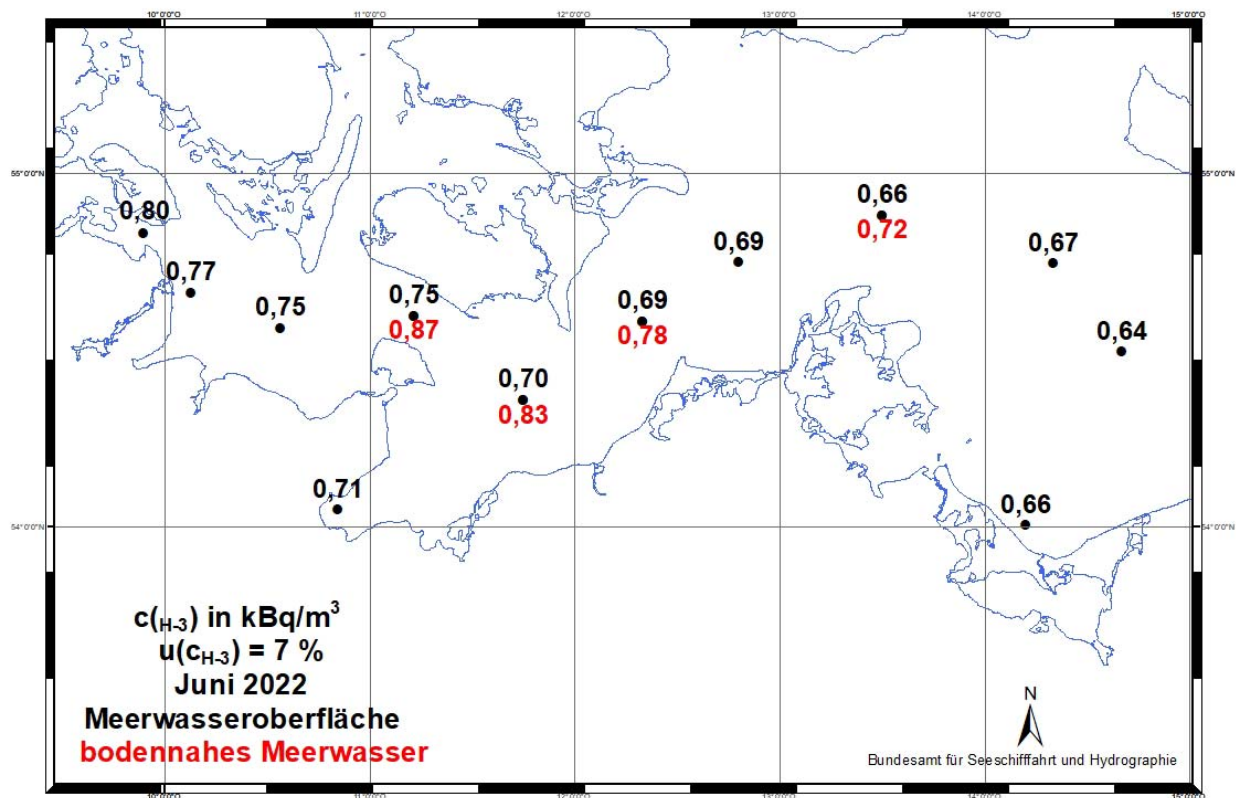


Abbildung B II 2.2-15 Aktivitätskonzentration von H-3 in kBq/m^3 im Oberflächen- und Bodenwasser der westlichen Ostsee im Juni 2022

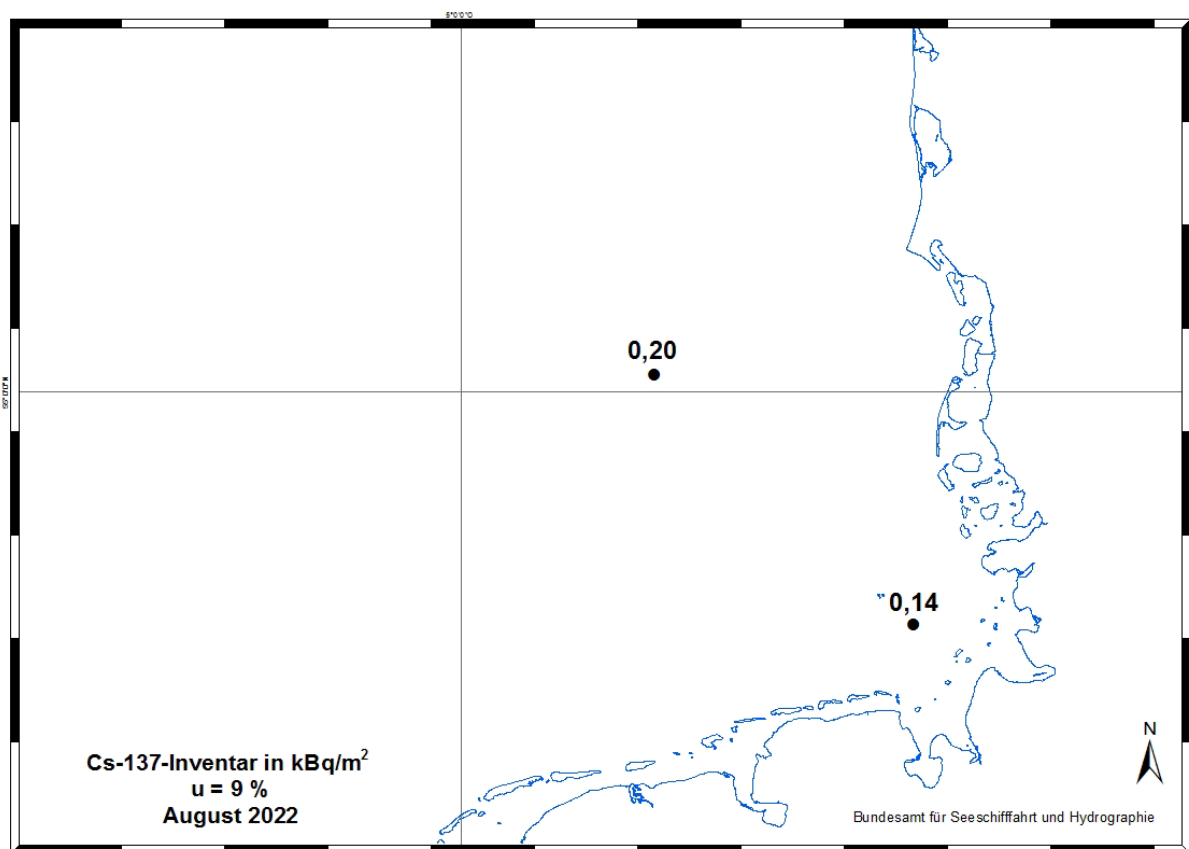


Abbildung B II 2.2-16 Cs-137-Inventar in kBq/m^2 in Sedimentkernen der Deutschen Bucht im August 2022

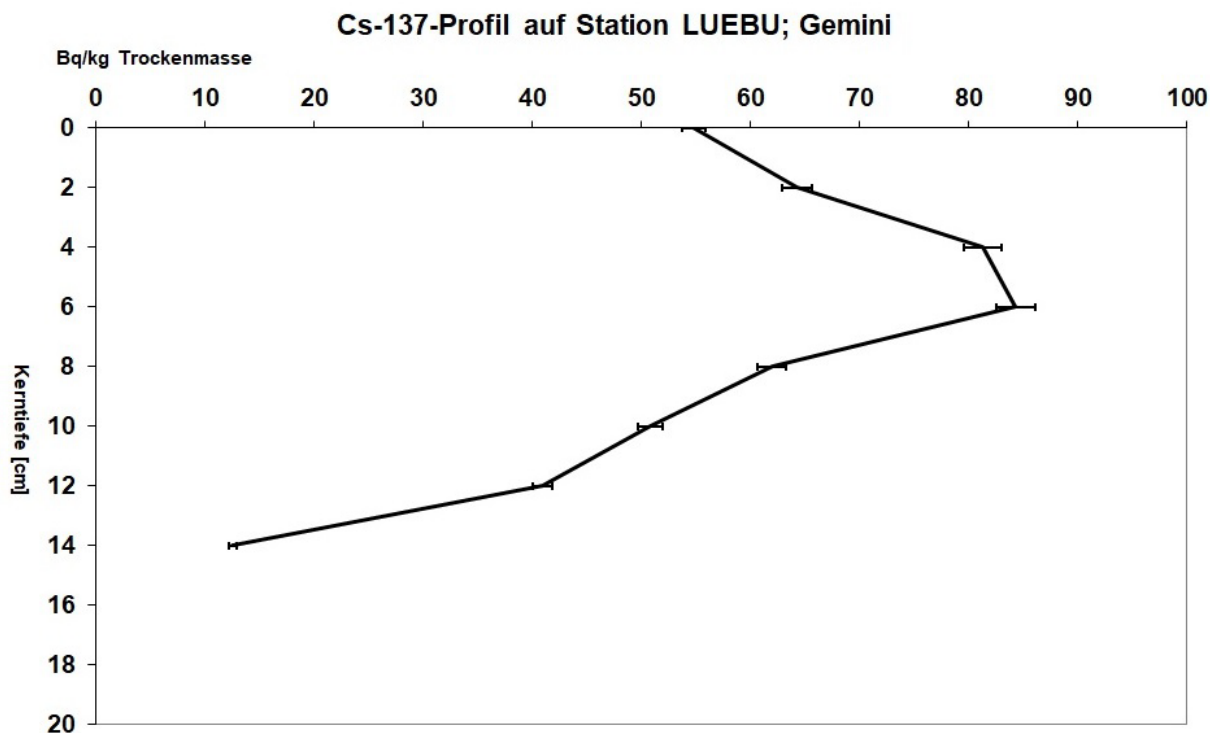


Abbildung B II 2.2-17 Sedimentprofil der spezifischen Aktivität von Cs-137 in Bq/kg Trockenmasse der Station in der Lübecker Bucht im Juni 2022

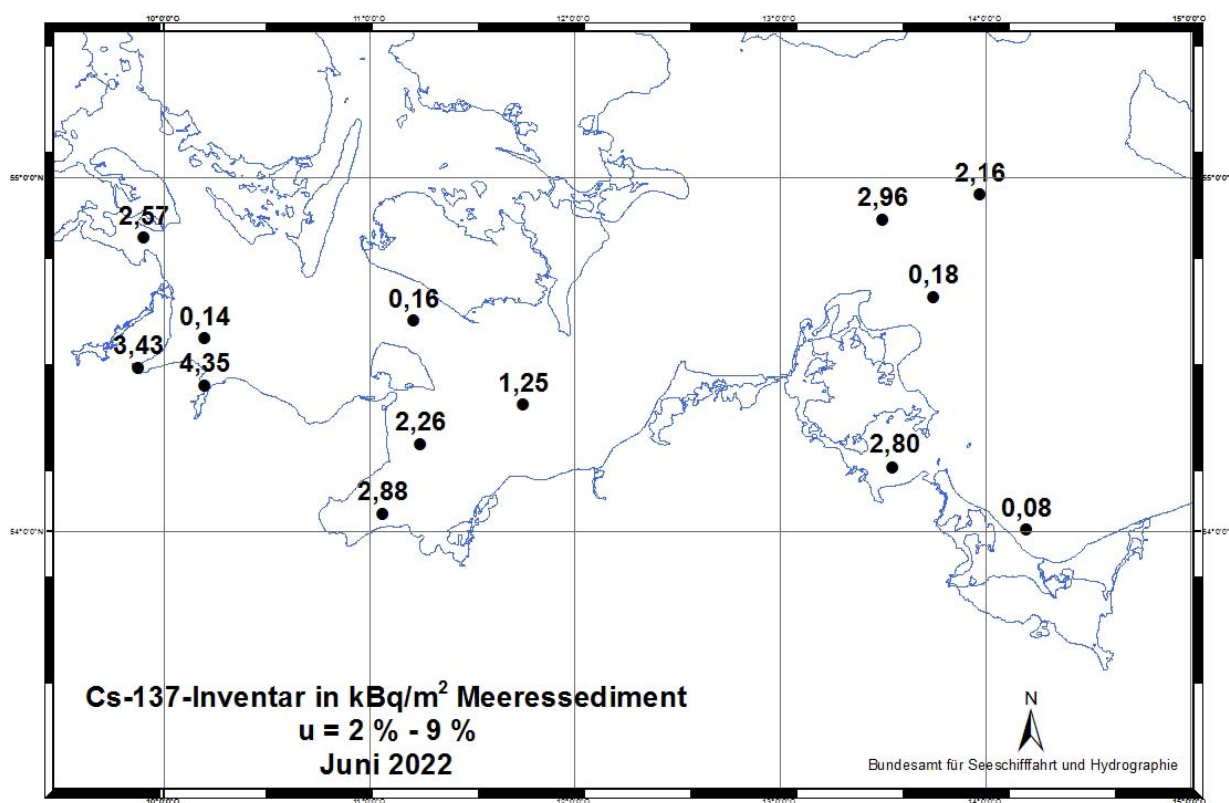


Abbildung B II 2.2-18 Cs-137-Inventar in kBq/m² in Sedimentkernen der westlichen Ostsee im Juni 2022

2.2.2 Radionuklide im Ostseewasser

Der Eintrag von Radionukliden, insbesondere von Cs-137 und Cs-134 in der Ostsee durch den Fallout des Reaktorunfalls von Tschornobyl war hoch. Dessen Schwerpunkte

lagen in der südlichen Bottenensee, dem Finnischen Meerbusen und – in geringerem Maße – in der Lübecker Bucht. Es dauert Jahrzehnte, bis Schadstoffe aus der Ostsee durch Meeresströmungen wegen des geringen Wasseraustausches mit der Nordsee verteilt werden. Zu beob-

achten ist das nunmehr seit fast 40 Jahren auch für das Cs-137 aus dem Tschornobyl-Fallout. Das ebenfalls eingetragene Cs-134 ist wegen dessen kurzer physikalischen Halbwertszeit von etwa zwei Jahren in der Ostsee nicht mehr nachweisbar.

Die Ostsee ist das größte Brackwassermeer der Welt. Ein Süßwasserüberschuss besteht, der mit salzarmem Oberflächenwasser über die Beltsee in die Nordsee transportiert wird. Über die Tiefenschicht des Meerwassers findet der Einstrom salzreichen Nordseewassers statt. Dieses Wechselspiel spiegelt sich auch in den Konzentrationen des Radionuklids Cs-137 wider: im Oberflächenwasser sind jene höher, im Tiefenwasser niedriger.

Seit 1961 wird der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Sr-90 an der Position Schleimündung (westliche Ostsee) bestimmt (Abbildung B II 2.2-12): erkennbar sind die höheren Konzentrationen bei der Nuklide in den 1960er Jahren sowie die von Cs-137 seit dem Reaktorunfall von Tschornobyl. Die Schwankungen der Cs-137-Konzentrationen sind bestimmt durch den jahreszeitabhängigen Ein- und Ausstrom des Ostseewassers.

Die Aktivitätskonzentration von Cs-137 an der Wasseroberfläche liegt zwischen $(12,9 \pm 0,7)$ Bq/m³ im westlichen Teil und $(18,9 \pm 0,9)$ Bq/m³ im östlichen Teil des im Jahr 2022 beprobten Gebietes (Abbildung B II 2.2-13). Verglichen mit 2021 zeigen diese Werte eine Abnahme. Die Konzentrationen nehmen von West nach Ost, in Richtung des Schwerpunktes des Tschornobyl-Fallouts, zu. Obwohl die Cs-137-Kontamination der westlichen Ostsee sich in den letzten Jahren deutlich verringert hat, liegt sie immer noch um den Faktor 10 über derjenigen der Deutschen Bucht. Die Wassersäule der zentralen Ostsee weist eine homogene Cs-137-Verteilung auf, meist bis zum Meeresboden. Im Bodenwasser der Beltsee jedoch wird der Einstrom des Nordseewassers mit deutlich geringerem Gehalt an Cs-137 nachgewiesen. Die größten Unterschiede zwischen Oberflächen- und Bodenwasser sind im Bereich des Fehmarnbelts. Hier wurde im Jahr 2022 erneut eine Aktivitätskonzentration unter 10 Bq/m³ im Bodenwasser nachgewiesen – wie erstmals 2016 und nach dem Tschornobyl-Unfall.

Eine Cs-137-Aktivitätskonzentration unter 15 Bq/m³ entspricht der „Vor-Tschornobyl-Konzentration“ und wurde von HELCOM als langfristiges, ökologisches Qualitätsziel für die Ostsee festgelegt. Diese Konzentration wird allerdings bislang in kaum einem Seegebiet der Ostsee erreicht. Es gibt noch ein weiteres Kriterium zur Beurteilung des Umweltzustands der Ostsee: eine Aktivitätskonzentration von 40 Bq/m³. Die Grundlage dieses Kriteriums sind Dosisberechnungen, welche die tatsächliche Expositionssituation annehmen. Sind gemessene Werte kleiner als 40 Bq/m³, kann man von einem guten Umweltzustand in Bezug auf Cs-137 ausgegangen werden. Dieser gute Umweltzustand liegt in der gesamten westlichen Ostsee vor: alle gemessenen Aktivitätskonzentrationen sind geringer als 40 Bq/m³.

Der Zufluss an Nordseewasser wird kompensiert durch einen stetigen Ausfluss an Oberflächenwasser aus der Ostsee in den Skagerrak (siehe Abschnitt 2.2.1 Radionuklide

im Nordseewasser). Die Ostsee stellt daher die stärkste Quelle für Cs-137 im Nordatlantik dar. Die Dauer für einen vollständigen Wasseraustausch der Ostsee wird mit 20 bis 30 Jahren angenommen.

Die Sr-90-Aktivitätskonzentration im Oberflächen- und Bodenwasser des Jahres 2022 ist in Abbildung B II 2.2-14 dargestellt. Die Verteilung von Sr-90 ist homogen: sie wird vom globalen Kernwaffenfallout und nicht vom Tschornobyl-Unfall bestimmt. In der Ostsee sind die Sr-90-Aktivitätskonzentrationen um den Faktor 5 höher als in der Deutschen Bucht, bedingt durch den geringen Wasseraustausch mit der Nordsee.

In Abbildung B II 2.2-15 ist die Aktivitätskonzentration des Tritiums des Jahres 2022 zu sehen. Die H-3-Aktivitätskonzentrationen sind über Jahre hinweg in der westlichen Ostsee sehr homogen, weil sie sowohl vom Kernwaffenfallout als auch von natürlichen Quellen und nicht vom Tschornobyl-Unfall beeinflusst werden. Es gibt im Einzugsbereich der Ostsee keine kerntechnische Anlage, die vergleichbar hohe Tritium-Aktivitätskonzentrationen einleitet wie z. B. die Anlage La Hague im englischen Kanal. Die Aktivitätskonzentrationen von Tritium haben sich seit dem Jahr 2000 um die Hälfte verringert.

2.2.3 Radionuklide in Meeressedimenten der Nordsee

Auf zwei Positionen (in der mittleren Deutschen Bucht und in der Nähe von Helgoland) wurden im August 2022 Sedimentproben genommen. Die höchsten Werte der spezifischen Cs-137-Aktivitäten betrugen $(1,2 \pm 0,1)$ Bq/kg Trockenmasse bzw. $(2,2 \pm 0,1)$ Bq/kg Trockenmasse; die gefundenen Inventare bis in 18 cm Sedimenttiefe ergaben $(0,20 \pm 0,02)$ kBq/m² bzw. $(0,14 \pm 0,01)$ kBq/m² (Abbildung B II 2.2-16). Ein Vergleich mit Daten aus dem Jahr 2008 zeigt, dass sich die Aktivitätskonzentrationen auf beiden Stationen jeweils etwa halbiert haben. Die Ursache: Es besteht zwischen Wasser und Sediment ein Gleichgewicht; der ständige Zustrom von sehr gering kontaminiertem Wasser führt dazu, dass lösliche Substanzen – in diesem Fall Cs-137 – aus dem Sediment resuspendiert werden. Allerdings läuft dieser Prozess in Zeitskalen von Jahrzehnten ab. Im Vergleich zur Ostsee sind die höchsten spezifischen Aktivitäten des Cs-137 in der Deutschen Bucht um den Faktor 40 geringer.

2.2.4 Radionuklide in Meeressedimenten und -schwebstoffen der Ostsee

Das Cs-137 aus dem Tschornobyl-Unfall kann auch in den Schwebstoffen und Sedimenten der Ostsee nachgewiesen werden. Im Jahr 2022 konnte aus personellen Gründen keine Schwebstoffprobeentnahme erfolgen.

Regional sehr unterschiedlich abgelagert wurde das Cs-137 aus dem Tschornobyl-Unfall in den Sedimenten der westlichen und zentralen Ostsee. Die höchste Konzentration findet sich oft nicht mehr an der Sedimentoberfläche, sondern – je nach Ort – in Tiefen von zwei bis acht Zentimetern. Der höchste Wert der spezifischen Aktivität wurde jahrelang im Greifswalder Bodden in Sedimenttiefen zwischen vier und acht Zentimetern gemessen.

sen; im Jahr 2022 jedoch in der Lübecker Bucht. Dort wurde eine spezifische Aktivität des Cs-137 von (84 ± 2) Bq/kg Trockenmasse bestimmt. Das Profil der spezifischen Aktivität des Cs-137 der Station in der Lübecker Bucht im Jahr 2022 ist in Abbildung B II 2.2-17 zu sehen. Die spezifische Aktivität nimmt innerhalb der ersten acht Zentimeter auf den Maximalwert (84 ± 2) Bq/kg Trockenmasse zu, bevor sie zu sinken beginnt und in einer Tiefe zwischen 14 und 16 Zentimetern bei 13 Bq/kg Trockenmasse liegt.

Das Inventar in kBq/m² der Sedimentstationen des Jahres 2022 ist in Abbildung B II 2.2-18 gezeigt. Die höchsten Werte mit 3,43 kBq/m² (Eckernförder Bucht) bzw. 4,35 kBq/m² (Kieler Förde) sind in den wasseraustausch-
armen Buchten zu finden. Auch der Greifswalder Bodden und das Arkonabecken sind eine Senke für Schadstoffe im Sediment. Selbst 36 Jahre nach dem Tschornobyl-Unfall

werden noch Ablagerungen von Cs-137 gefunden. Die Inventare hängen stark von der Feinkörnigkeit der Sedimente ab. Die in diesem Teil der Ostsee gefundenen Cs-137-Inventare sind wesentlich geringer als z. B. im Finnischen oder Bottnischen Meerbusen, jedoch höher als in fast allen Gebieten des Weltmeeres – mit Ausnahme der Irischen See. An vier Stationen hat sich die Probeentnahmetechnik in den letzten Jahren geändert. Betroffen waren Stationen nahe der Odermündung, im Fehmarnbelt, beim Stollergrund und nordöstlich von Rügen. Der Grund ist die Beschaffenheit des dortigen Meeressediments: sandig und zum Teil sehr muschelhaltig. Dort wird daher auf die Entnahme eines Sedimentkerns verzichtet und ausschließlich die Sedimentoberfläche beprobt: Die Cs-137-Inventare können somit mit Probeentnahmen vor der Umstellung nicht verglichen werden.

2.3 Binnengewässer

2.3.1 Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment der Binnengewässer

In diesem Kapitel wird über die Ergebnisse der Messstellen der Länder sowie der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) aus der großräumigen Überwachung der Binnengewässer gemäß dem Routinemessprogramm (RMP) zum Strahlenschutzgesetz (StrlSchG, §§ 161, 162) für das Jahr 2022 berichtet.

Die gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) von den Messstellen der Länder und den Betreibern ermittelten Ergebnisse der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind in Kapitel 2.3.2 zusammengefasst und bewertet. Eine Übersicht über die insgesamt erhaltenen Ergebnisse von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrlSchG bzw. REI ist in der [Tabelle T II.32](#) zusammengestellt.

Im Rahmen der Überwachung nach dem StrlSchG wurden im Berichtsjahr Messungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben aus 160 Gewässern mit insgesamt ca. 20 500 Einzelwerten durchgeführt. Zur Auswertung wurden für repräsentative Entnahmestellen Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifischen Aktivitäten berechnet und zusammen mit den jeweiligen minimalen und maximalen Einzelwerten den Mittelwerten des Vorjahres gegenübergestellt. Weiterhin sind die Anzahl der Werte (N) und die der Werte unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) aufgelistet. Bei gemischten Datenreihen sind die Jahresmittelwerte unter Berücksichtigung von Messwerten und NWG berechnet worden, so dass möglichst realistische Aussagen erhalten wurden. Sind Jahresmittelwerte mit „<“ gekennzeichnet, so lagen weniger als die Hälfte der Messwerte über der NWG. Damit stellen diese Mittelwerte obere Grenzen dar, die die tatsächlichen mittleren Aktivitätsgehalte eher überschätzen. Waren alle Werte als Nachweisgrenzen mitgeteilt worden, ist in der Auflistung „nn“ angegeben. [Tabelle T II.33](#) enthält die Auswertungen für Fließgewässer und [Tabelle T II.34](#) die für Seen bzw. Talsperren. Zur Darstellung langfristiger Trendentwicklungen künstlicher Radionuklide in Binnengewässern sind die Jahresmittelwerte der letzten 20 Jahre für ausgewählte Entnahmestellen beispielhaft in den Abbildungen [B II 2.3-1](#) bis [B II 2.3-8](#) aufgetragen, wobei die geforderte NWG des RMP (Messstellen der Länder) jeweils zum Vergleich als Orientierungshilfe angegeben ist.

Eine Bewertung der bei der großräumigen Überwachung nach dem StrlSchG im Berichtsjahr erhaltenen Messergebnisse ergibt für den radiologischen Gütezustand der Binnengewässer folgendes Bild:

Oberflächenwasserproben wiesen H-3-Aktivitätskonzentrationen im Jahresmittel überwiegend unterhalb der geforderten Nachweisgrenze des RMP von 10 Bq/l auf. Selbst in Flüssen, in die H-3 aus kerntechnischen Anlagen eingeleitet wurde, betrugen die Jahresmittelwerte höchstens 24 Bq/l (Mosel). Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen von Sr-90 und Cs-137 lagen in den meisten Fäl-

len unter 0,01 Bq/l und somit ebenfalls unter den Vorgaben zu Nachweisgrenzen des RMP. Die im Jahresbericht 2020 erwähnten leicht erhöhten Messwerte für Sr-90 sind nach dem bereits im letzten Jahr beobachteten Rückgang auch 2022 weiter in den Bereich der Vorjahre zurückgegangen ([Abb. B II 2.3-3](#)). Die von kerntechnischen Anlagen eingeleiteten Spalt- und Aktivierungsprodukte waren, abgesehen von H-3, im Fernbereich der Emittenten im Allgemeinen in Wasserproben nicht mehr nachweisbar. Das in der Nuklearmedizin eingesetzte kurzlebige I-131 trat nur gelegentlich mit Einzelwerten bis 0,01 Bq/l auf. Die Bestimmungen von Alpha-Strahlern ergaben für U-234, U-235 und U-238 durchweg Werte, die den natürlichen Gehalten der Binnengewässer entsprechen. Für U-238 traten beispielsweise regional Werte bis 0,06 Bq/l auf. Pu-239/240 wurde im Jahr 2022 nur in einzelnen Wasserproben mit maximal 5 µBq/l (Elbe, Hamburg) nachgewiesen.

In **Schwebstoffproben** lagen die mittleren spezifischen Aktivitäten von Cs-137 vorwiegend unter 50 Bq/kg Trockenmasse (TM). In Flüssen betrug der maximale Jahresmittelwert 52 Bq/kg TM (Donau, Baden-Württemberg). Auch in der Elde (Mecklenburg-Vorpommern) und der Untertrave (Schleswig-Holstein) wurden noch Einzelwerte von Cs-137 über 50 Bq/kg TM gemessen. Höhere Werte für Cs-137 wurden von einzelnen Seen berichtet: Der maximale Jahresmittelwert lag bei 206 Bq/kg TM (Steinhuder Meer, Niedersachsen). Ein Einzelwert über 50 Bq/kg TM Cs-137 wurde im Bederkesaer See (Niedersachsen) gemessen. Co-58 und Co-60 wurden regelmäßig in der Mosel nachgewiesen, wobei alle Werte unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM lagen. Im Rhein wurde in einzelnen Proben Co-60 nachgewiesen. Für die kurzlebigen Radionuklide I-131 bzw. Lu-177 wurden in Schwebstoffproben Einzelwerte bis 20 Bq/kg TM (Prims, Saarland) bzw. 34 Bq/kg TM (Rhein, Baden-Württemberg) gemessen; in beiden Fällen werden nuklearmedizinische Anwendungen als Quelle angenommen.

In **Sedimentproben** betrugen die mittleren spezifischen Aktivitäten von Cs-137 ebenfalls meist weniger als 50 Bq/kg TM. In Flüssen lag der maximale Jahresmittelwert bei 51 Bq/kg TM (Saale, Thüringen), wobei der höchste Einzelwert im Jahr 2022 mit 255 Bq/kg TM in der Mosel (Rheinland-Pfalz) gemessen wurde. In einzelnen Seen traten weiterhin höhere mittlere Gehalte an Cs-137 auf: Der maximale Jahresmittelwert lag bei 182 Bq/kg TM (Steinhuder Meer, Niedersachsen). Der höchste Einzelwert in Seesediment wurde 2022 im Frillensee (Bayern) mit 244 Bq/kg TM Cs-137 bestimmt. Einzelwerte für Cs-137 über 100 Bq/kg TM wurden zudem in weiteren Seen in Bayern (Staffelsee, Königssee, Starnberger See) sowie in Schleswig-Holstein (Großensee und Ostroher Meer) gemessen. Co-60 wurde vereinzelt in Sedimenten der Mosel nachgewiesen; alle Werte lagen jedoch im Berichtsjahr 2022 unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM. Co-58 wurde 2022 in Sedimentproben nicht bestimmt. In einer einzelnen Sedimentprobe (Rhein, Nordrhein-Westfalen) wurden 2,6 Bq/kg TM Cs-134 gemessen.

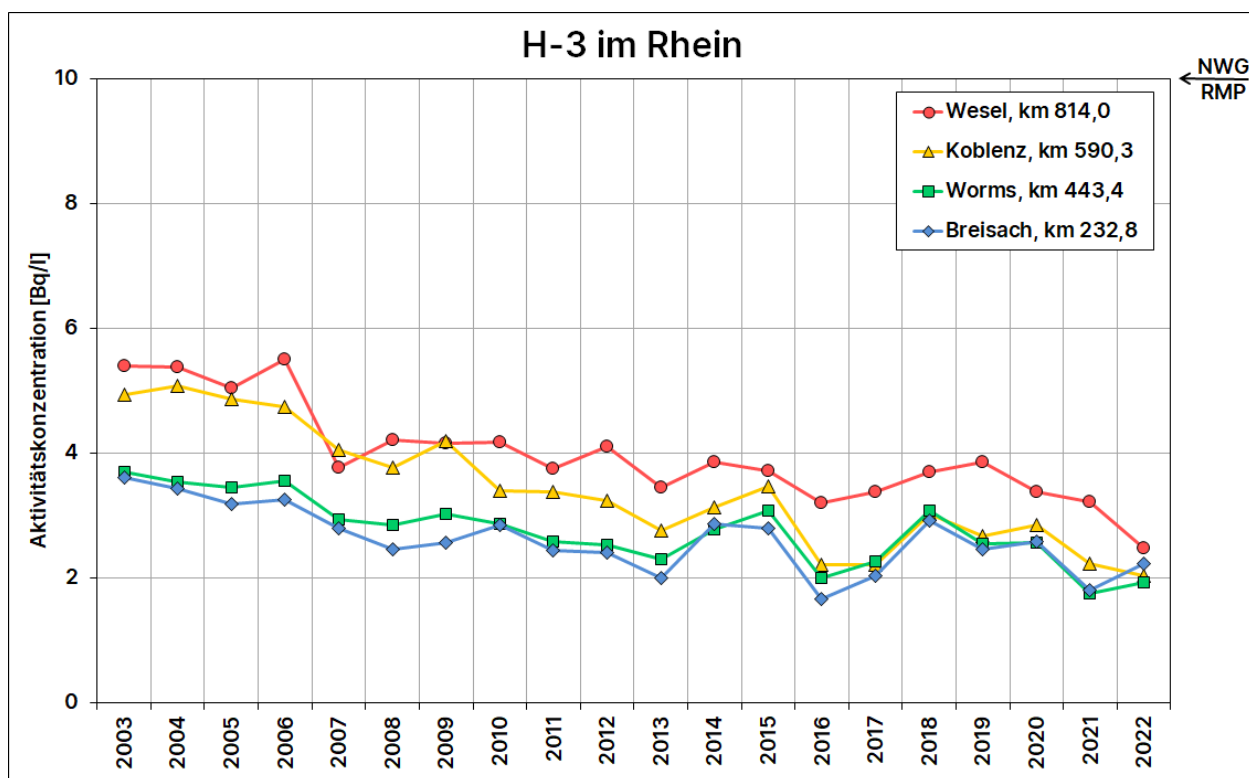


Abbildung B II 2.3-1 Tritiumgehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser aus dem Rhein (Jahresmittelwerte)

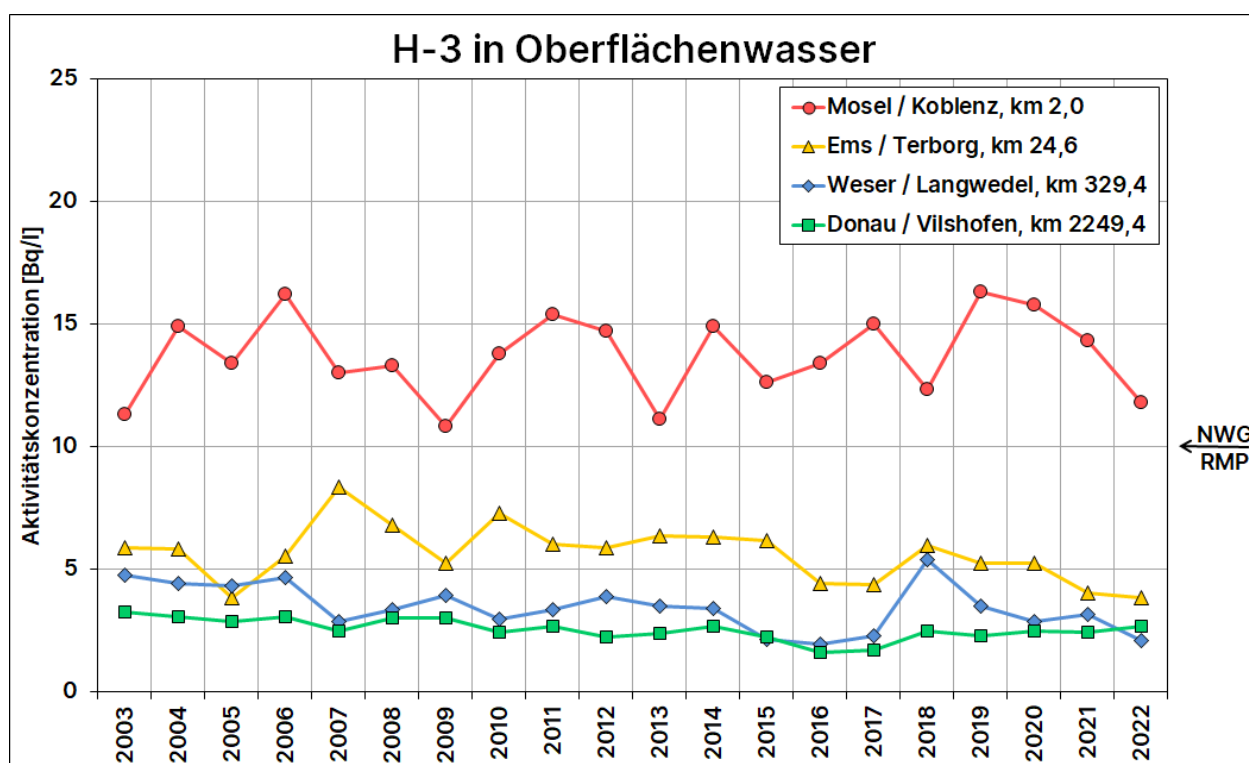


Abbildung B II 2.3-2 Tritiumgehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

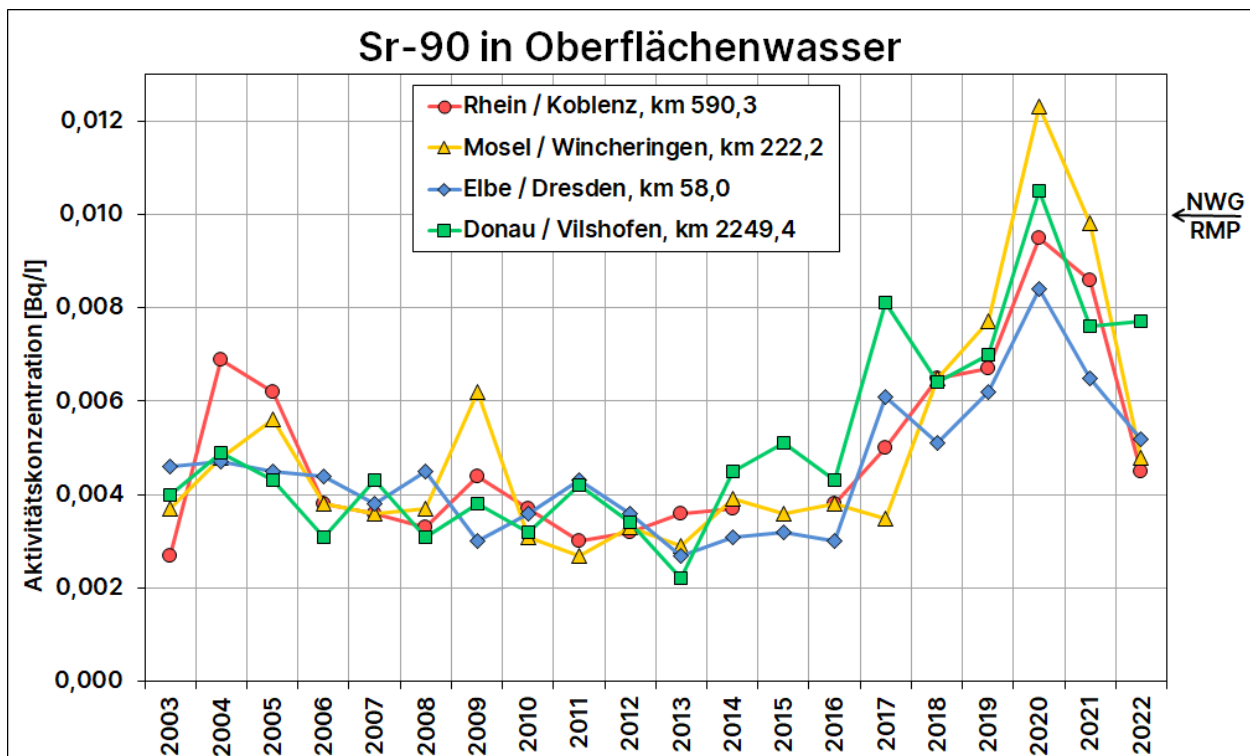


Abbildung B II 2.3-3 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Strontium-90 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

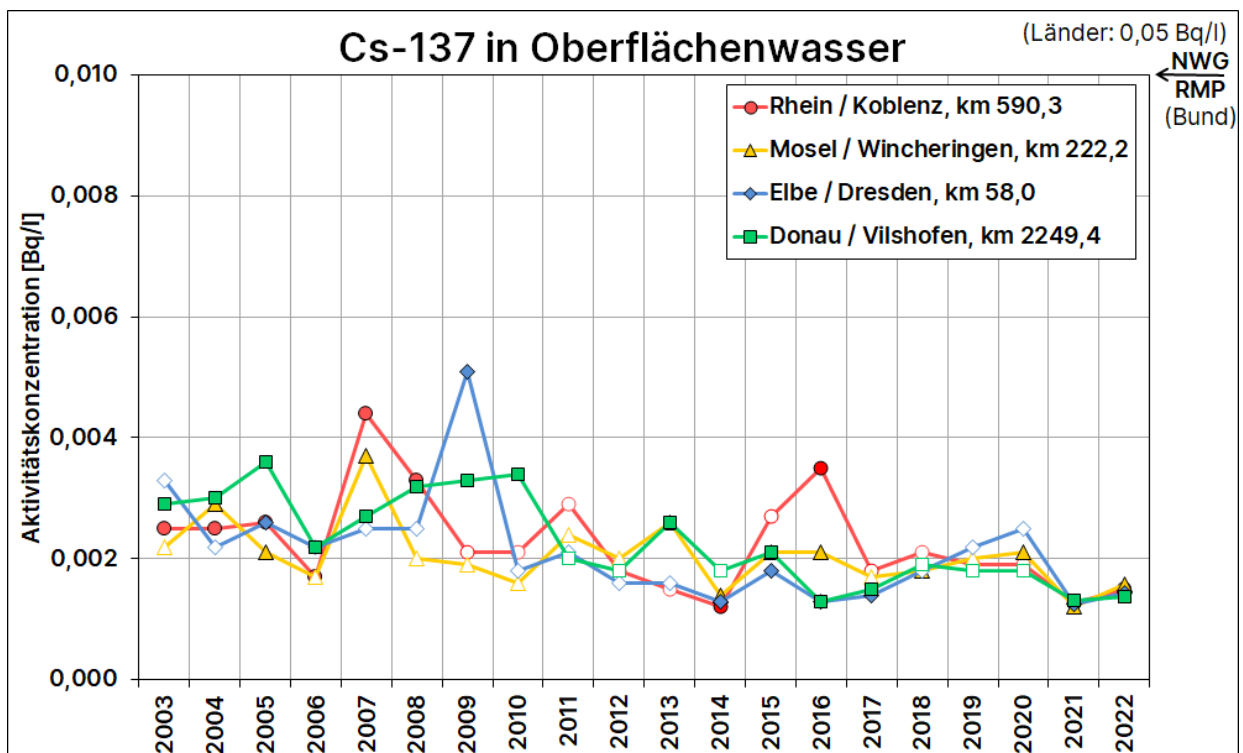


Abbildung B II 2.3-4 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Cäsium-137 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte). Weißer Symbolinhalt kennzeichnet Datensätze mit allen Werten <NWG.

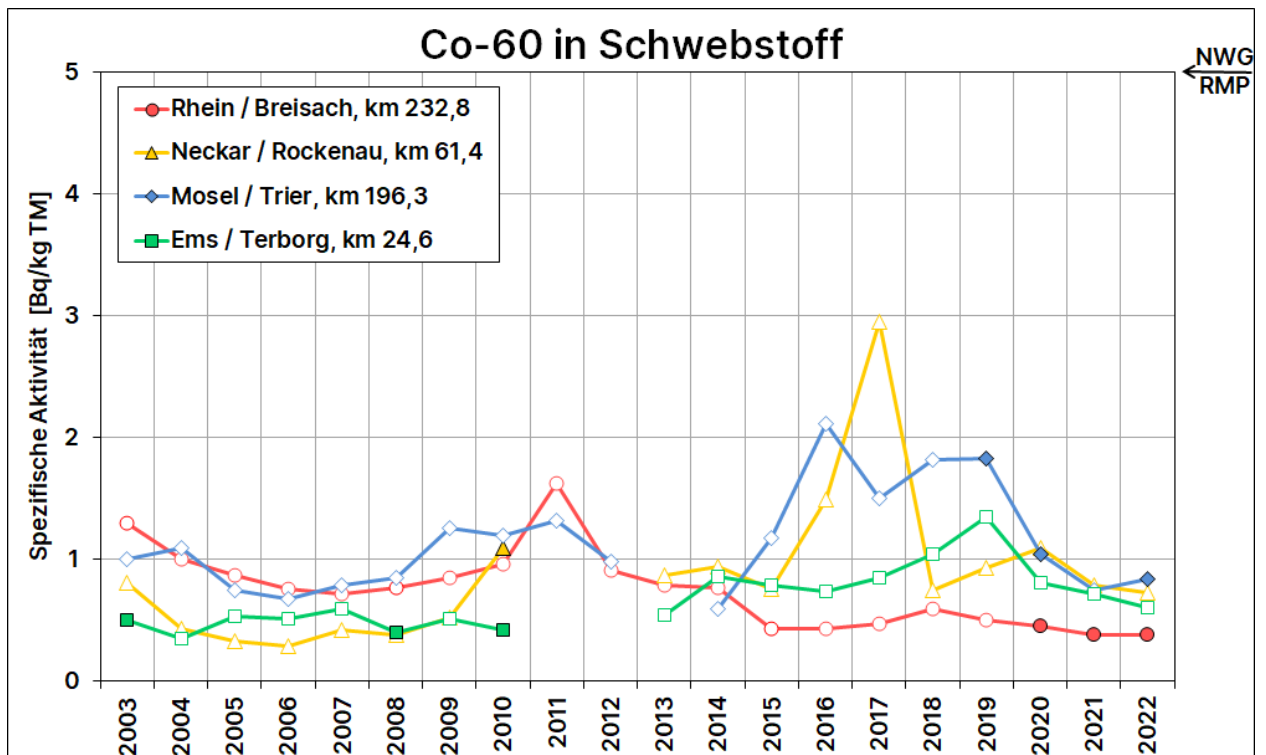


Abbildung B II 2.3-5 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Kobalt-60 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte). Weißer Symbolinhalt kennzeichnet Datensätze mit allen Werten <NWG.

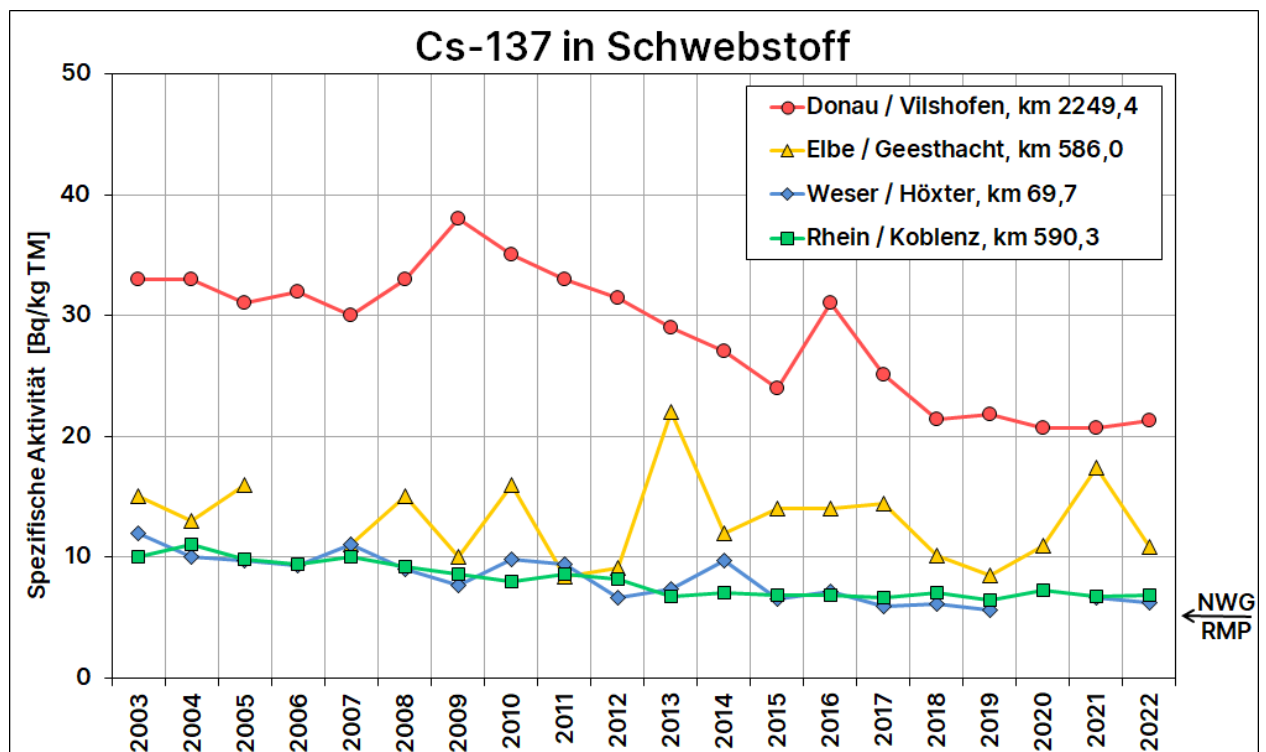


Abbildung B II 2.3-6 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cäsium-137 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

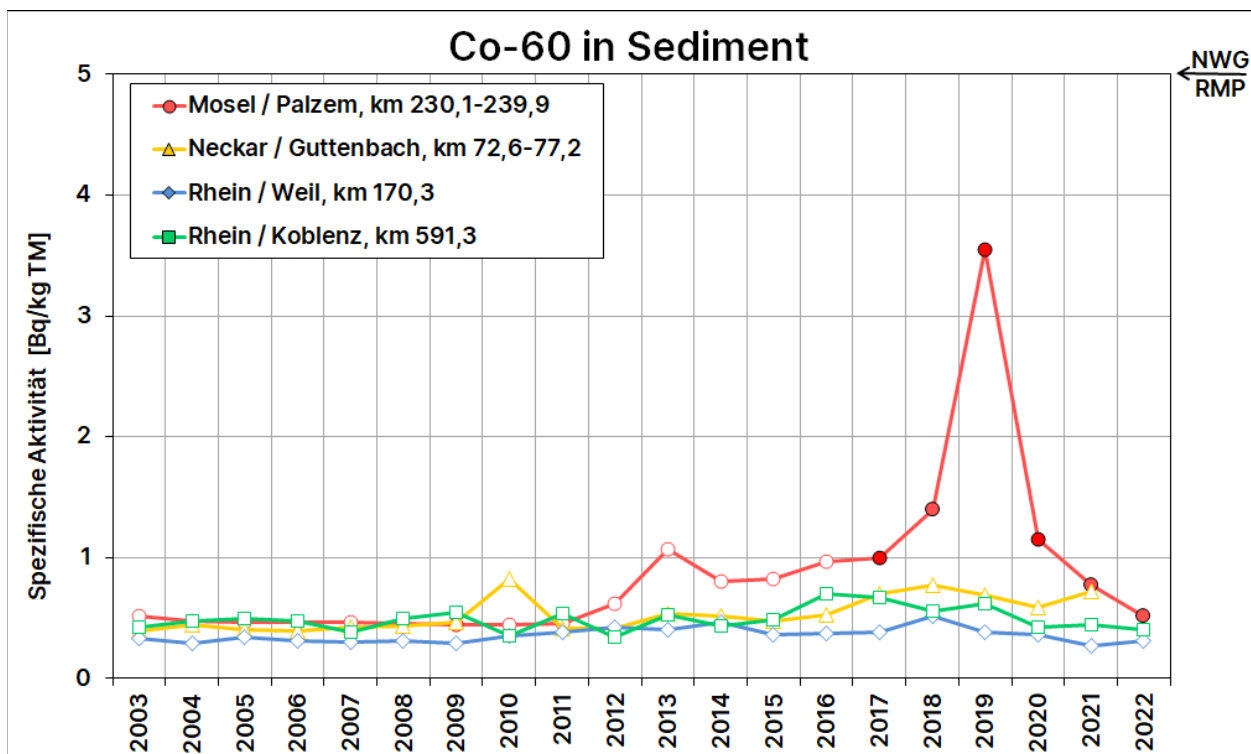


Abbildung B II 2.3-7 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Kobalt-60 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte). Weißer Symbolinhalt kennzeichnet Datensätze mit allen Werten <NWG.

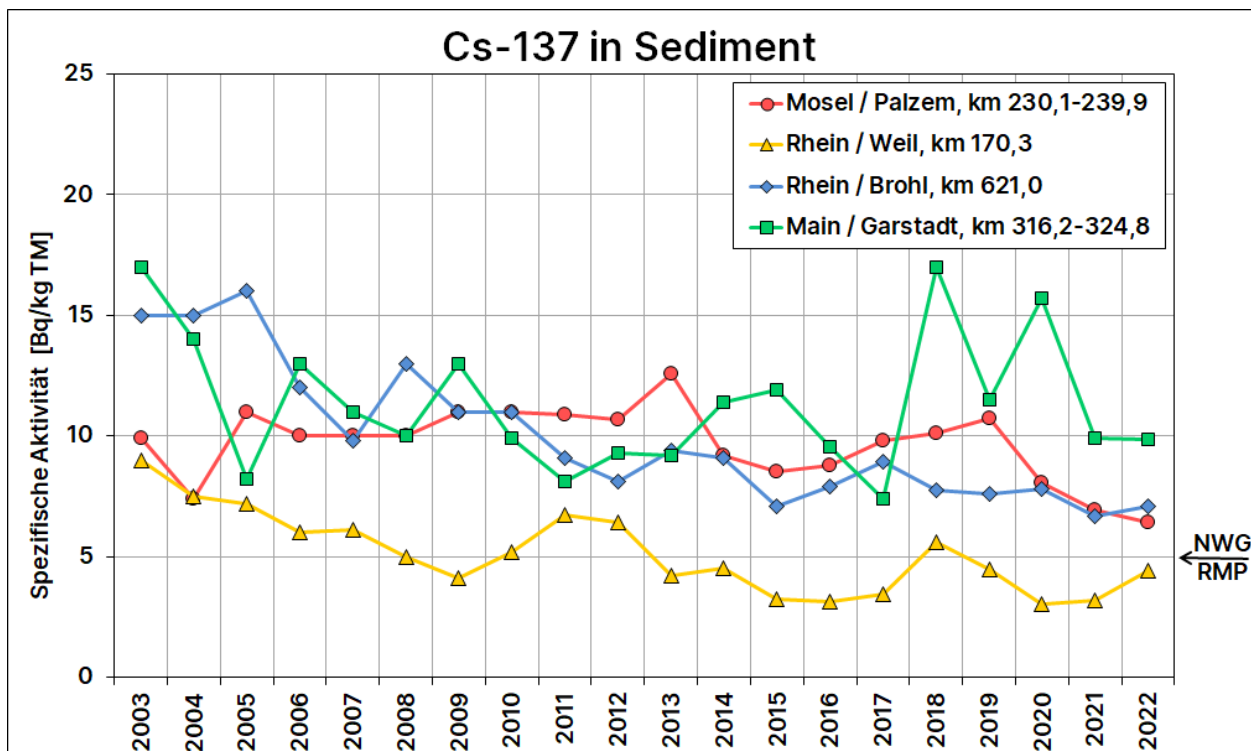


Abbildung B II 2.3-8 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cäsium-137 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

Aus radioökologischer Sicht ist der Gütezustand der Binnengewässer im Berichtsjahr mit dem der letzten Vorjahre vergleichbar. Die Schwankungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifischen Aktivitäten der langlebigen künstlichen Radionuklide können, vom radioaktiven Zerfall abgesehen, mit den in Gewässern ablaufenden dynamischen Austausch- und Transportprozessen erklärt werden. Diese können zu sehr heterogenen und zeitlich variablen Verteilungen der Radionuklide innerhalb der Gewässer führen. In Sedimenten variieren die Radionuklidgehalte zudem, genauso wie bei anderen Schadstoffen, mit der Korngrößenverteilung (siehe auch [Grundlagenbericht](#)). Zu beachten ist außerdem, dass Radionuklide aus kerntechnischen Anlagen und von nuklearmedizinischen Anwendungen meist intermittierend in die Gewässer eingeleitet bzw. eingetragen werden.

Strahlenexposition¹

Die aus den verschiedenen Quellen in die Binnengewässer anthropogen eingetragenen Radionuklide können über die für den aquatischen Bereich sensitiven Expositionspfade „Trinkwasser“ und „Aufenthalt auf Spülfeldern“ eine zusätzliche interne bzw. externe Strahlenexposition von Personen bewirken. Nimmt man beispielsweise, entsprechend der Daten, eine Kontamination von Oberflächenwasser mit H-3 von 10 Bq/l sowie mit Sr-90 und Cs-137 von jeweils 0,01 Bq/l an, so errechnet sich die zusätzliche effektive Dosis für Erwachsene (>17 a; 350 l/a Konsum) auf dem „Trinkwasser“-Pfad zu ca. 0,21 µSv/a, falls derartiges Wasser nicht aufbereitet als Trinkwasser genutzt würde. Für Kleinkinder (≤1 a; 215 l/a Konsum) beträgt die zusätzliche effektive Dosis hier ca. 0,68 µSv/a. Allein der von dem natürlichen Radionuklid K-40 für einen mittleren Gehalt von 0,4 Bq/l zu erwartende Dosisbeitrag liegt jedoch mit ca. 0,87 µSv/a bzw. 5,3 µSv/a deutlich über dem anthropogen verursachten.

Insbesondere Cs-137 war auch 2022 in Sedimenten noch deutlich nachweisbar. Würde Sediment mit einem Cs-137-Gehalt von 100 Bq/kg TM bei Ausbaumaßnahmen für die Schifffahrt gebaggert und an Land gelagert, so kann die auf dem Expositionspfad „Aufenthalt auf Spülfeldern“ für Standardbedingungen für Erwachsene (>17 a, 760 Stunden Aufenthalt pro Kalenderjahr) zu erwartende zusätzliche effektive Dosis mit ca. 8,1 µSv/a abgeschätzt werden. Im Vergleich hierzu liegt der Dosisbeitrag der natürlichen Radionuklide K-40, Th-nat und U-nat bei typischen Gehalten von 500, 40 und 40 Bq/kg TM für diesen Expositionspfad mit insgesamt ca. 21 µSv/a wesentlich höher.

2.3.2 Oberflächenwasser und Sediment der Binnengewässer in der Umgebung der Anlagen nach dem Atomgesetz

Dieses Kapitel enthält die Auswertung der Ergebnisse der Immissionsüberwachung des aquatischen Nahbereichs kerntechnischer Anlagen aus dem Berichtsjahr 2022 gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI). In die Auswertung

wurden insgesamt ca. 6 720 Einzelwerte von Messungen an Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben einbezogen; diese erfolgte wie in Kapitel [2.3.1](#) beschrieben.

Die Auswirkungen kerntechnischer Anlagen waren in **Oberflächenwasserproben** aus dem Nahbereich der jeweiligen Standorte in Einzelfällen nachweisbar ([Tabelle T II.35](#)). Erhöhte H-3-Aktivitätskonzentrationen wurden in Proben gemessen, die direkt an Auslaufbauwerken genommen wurden; die Mittelwerte betrugen hier maximal 1 411 Bq/l in der Ems (KKE Emsland). In Folge der Durchmischung gingen die H-3-Gehalte aber entlang der Fließstrecke auf niedrigere Aktivitätskonzentrationen zurück (siehe auch Kapitel [2.3.1](#)). Die Aktivitätskonzentrationen anderer relevanter Spalt- und Aktivierungsprodukte unterschritten meist die Nachweisgrenze der REI von 0,05 Bq/l. Für Cs-137 beispielsweise war der Einfluss kerntechnischer Anlagen wegen der Vorbelastung aus anderen Quellen (Kernwaffen-Fallout und Reaktorunfall in Tschernobyl) nicht eindeutig zuordenbar. Dies gilt auch für I-131, das auf nuklearmedizinische Anwendungen zurückgeführt werden kann. Transurane wurden in Wasserproben nicht nachgewiesen.

In **Sedimentproben** - und vereinzelt Schwebstoffproben - aus dem Nahbereich kerntechnischer Anlagen lagen die mittleren spezifischen Aktivitäten der anlagentypischen Radionuklide meist unterhalb der Nachweisgrenze der REI von 5 Bq/kg TM. I-131 und Cs-137 wurden nachgewiesen, Einflüsse der jeweiligen kerntechnischen Anlagen waren aber auf Grund anderweitiger Vorbelastungen praktisch nicht aufzuzeigen bzw. auszuschließen. Co-60 wurde gelegentlich, Co-58 und Ag-110m vereinzelt nachgewiesen. Sr-90 wurde mit maximalen Einzelwerten bis 5,6 Bq/kg TM gemessen. Für Alphastrahler wurden erhöhte mittlere Werte für die Gesamt-Alpha-Aktivität (G-α) mit 574 Bq/kg TM und für Am-241 mit 3,3 Bq/kg TM im Hirschkanal (KIT Karlsruhe) gemessen. Darüber hinaus wurden keine Transurane nachgewiesen.

Strahlenexposition²

Die durch Ableitungen radioaktiver Abwässer aus kerntechnischen Anlagen verursachte Aufstockung der Gehalte an Spalt- und Aktivierungsprodukten in Oberflächenwasser ist aus radiologischer Sicht vernachlässigbar. Geringfügig erhöhte H-3-Aktivitätskonzentrationen traten als Folge von Ableitungen aus Kernkraftwerken auf. Unter der Annahme, dass Oberflächenwasser mit 25 Bq/l H-3 nicht aufbereitet als Trinkwasser genutzt würde, ergibt sich die aus dem „Trinkwasser“-Pfad für Erwachsene (>17 a; 700 l/a Konsum) von H-3 resultierende effektive Dosis zu ca. 0,3 µSv/a. Für Kleinkinder (≤1 a; 430 l/a Konsum) beträgt der entsprechende Wert ca. 0,69 µSv/a. Hierdurch würde der Dosisgrenzwert von 300 µSv/a nach § 99 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zu ca. 0,1 bzw. 0,2 % ausgeschöpft werden.

¹ Die angenommenen Trinkwasser-Verzehrmengen und Aufenthaltsdauern sind der StrlSchV (Stand 2018) entnommen: Anlage 11 Teil B Tabelle 1 bzw. Tabelle 3.

² Die angenommenen Trinkwasser-Verzehrmengen und Aufenthaltsdauern sind der StrlSchV (Stand 2018) entnommen: Anlage 11 Teil B Tabelle 1 bzw. Tabelle 3. Nach § 101 sind für den Betrieb kerntechnischer Anlagen für Kleinkinder, die nicht gestillt werden, 55 + 160 Liter Trinkwasser mit einem Faktor 2 anzusetzen. Dies ergibt eine Trinkwassermenge von 430 Liter.

Co-60 wurde vereinzelt in Sedimentproben gemessen. Für den Fall, dass Sediment mit 10 Bq/kg TM Co-60 gebaggert und an Land gelagert werden würde, lässt sich die auf dem sensitiven Expositionspfad „Aufenthalt auf Spülfeldern“ zu erwartende zusätzliche externe effektive Dosis für Erwachsene (>17 a) für Standardbedingungen mit ca. 2,4 µSv/a abschätzen. Sie würde damit ebenfalls weit unter dem Dosisgrenzwert nach § 99 StrlSchV von 300 µSv/a liegen.

2.4 Böden

2.4.1 Boden, Pflanzen und Futtermittel

Die Wanderung der Radionuklide Cs-137 und Sr-90 in den Boden hinein erfolgt nur sehr langsam. Da beide Radionuklide eine lange Halbwertszeit aufweisen, verändert sich ihre spezifische Aktivität im Boden gegenwärtig von Jahr zu Jahr nur geringfügig. Gelegentliche stärkere Schwankungen der Messwerte an einem Ort, wie sie in den Tabellen für Boden und Bewuchs ausgewiesen sind, gehen auf Probenentnahmeprobleme zurück. Die Kontamination des Bodens mit Cs-137 war natürlich auch im Jahr 2022 durch die Deposition nach dem Tschornobyl-Unfall geprägt, während das Sr-90 zum überwiegenden Teil noch aus der Zeit der oberirdischen Kernwaffenversuche stammt.

In [Tabelle T II.36](#) sind Messwerte für als Weiden oder Wiesen genutzte Böden zusammengefasst. In [Tabelle T II.37](#) sind entsprechende Werte für Ackerböden und in [Tabelle T II.38](#) für Waldböden wiedergegeben. Für nicht genannte Bundesländer liegen jeweils keine vergleichbaren Daten vor.

In der Vegetationsperiode 2022 wurden verschiedene Pflanzenproben gammaspektrometrisch gemessen. Im Vordergrund standen dabei Proben solcher Pflanzen, die als Futtermittel dienen, insbesondere Weide- und Wiesenbewuchs. Die Kontamination pflanzlichen Materials ist gegenüber dem Vorjahr wieder etwas zurückgegangen, was vor allem auf Verdünnungs- und Bindungseffekte im Boden zurückzuführen ist.

In [Tabelle T II.39](#) sind für die genannten Aufwuchsarten die ermittelten Mittel- und Maximalwerte für Cs-137 und - sofern vorhanden - Sr-90 zusammengefasst. Zum Vergleich sind die entsprechenden Mittelwerte für die beiden Vorjahre aufgenommen worden. In einigen Ländern

wurden weitere im Inland erzeugte und importierte Futtermittelrohstoffe überwacht. Entsprechende Messergebnisse sind in [Tabelle T II.40](#) und [Tabelle T II.41](#) zusammengestellt. In [Tabelle T II.42](#) sind Messergebnisse von pflanzlichen Indikatoren (Blätter, Nadeln, Gras, Farne) wiedergegeben. In [Tabelle T II.40](#), [Tabelle T II.41](#) und [Tabelle T II.42](#) sind die Ergebnisse aus Platzgründen nur summarisch für das Bundesgebiet und nicht für einzelne Länder aufgeführt.

2.4.2 Boden und Bewuchs in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

In der Umgebung kerntechnischer Anlagen ist die Situation nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschornobyl-Unfall im Jahr 1986 geprägt, wobei die aktuellen Aktivitätskonzentrationen auf einem sehr niedrigen Niveau liegen. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Boden und Bewuchs in den [Tabelle T II.43](#) und [Tabelle T II.44](#) zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

Bei der Betrachtung des Bodens in der näheren Umgebung von Kernkraftwerken erfolgen Wanderungen der Radionuklide Cäsium-137 und Strontium-90 in den Boden hinein nur langsam. Da beide Radionuklide eine lange Halbwertszeit aufweisen, verändert sich ihre spezifische Aktivität im Boden gegenwärtig nur geringfügig. Gelegentliche stärkere Schwankungen der Messwerte an einem Ort gehen auf Probenentnahmeprobleme zurück. Die Kontamination des Bodens mit Cs-137 ist durch die Deposition nach dem Tschornobyl-Unfall geprägt, während das Sr-90 zum überwiegenden Teil noch aus der Zeit der oberirdischen Kernwaffenversuche stammt.

In der Vegetationsperiode werden verschiedene Pflanzenproben γ-spektrometrisch aus der näheren Umgebung von Kernkraftwerken gemessen. Im Vordergrund stehen dabei Proben solcher Pflanzen, die als Futtermittel dienen, insbesondere Weide- und Wiesenbewuchs. Die Kontamination des pflanzlichen Materials geht leicht zurück, was vor allem auf Verdünnungs- und Bindungseffekte im Boden zurückzuführen ist.

2.5 Lebensmittel, Grund- und Trinkwasser

2.5.1 Grundwasser und Trinkwasser

Bezüglich allgemeiner Aspekte zur Radioaktivitätsüberwachung von Grund- und Trinkwasser wird auf den Grundlagenbericht, Kapitel II verwiesen.

Die von den amtlichen Messstellen der Länder im Rahmen der Überwachung von Grund- und Trinkwasser nach dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) im Jahr 2022 erhobenen und von der Leitstelle als plausibel und repräsentativ bewerteten Daten für K-40, Cs-137, Sr-90, H-3 und die Uranisotope U-234, U-235 und U-238 sind in [Tabelle T II.45](#) zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Gesamtanzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben, die als „kleiner Nachweisgrenze“ (NWG) bewertet wurden, der kleinste und der größte bestimmte tatsächliche Messwert sowie der daraus ermittelte arithmetische Mittelwert, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind. Zusätzlich wird der Median angegeben, bei dem Ergebnisse kleiner der Nachweisgrenze gleichrangig wie tatsächliche Messwerte mit dem Wert der erzielten Nachweisgrenze berücksichtigt wurden. Die im Rahmen der routinemäßigen Überwachung der Umweltradioaktivität nach Strahlenschutzgesetz geforderten Nachweisgrenzen betragen für die gammaspektrometrische Untersuchung 50 mBq/l bezogen auf Co-60, für die H-3-Bestimmung 10 000 mBq/l, für die Sr-90-Bestimmung und für die Messung der Alphastrahler (Uran- und Plutoniumisotope) je 10 mBq/l. Zudem werden die nach AVV IMIS bei der gammaspektrometrischen Untersuchung mit im Mindesten zu dokumentierenden Radionuklide Co-60, Ru-103, I-131, Cs-134 und Ce-144 überprüft. Sofern tatsächliche Messwerte für diese genannten Radionuklide erhoben wurden, werden die Messergebnisse für die jeweiligen Umweltbereiche berichtet. Eine ergänzende Ausweisung in [Tabelle T II.45](#) wird nicht vorgenommen.

Zusätzlich sind die Trinkwasserdaten, welche im Rahmen des ergänzenden Messprogramms mit erhöhten Anforderungen nach AVV IMIS erhoben werden, separiert erfasst und im entsprechenden Berichtsteil zu Trinkwasser berücksichtigt. Eine zusätzliche Tabellendarstellung erfolgt nicht. Dieses Messprogramm dient zur Erfüllung der Anforderungen des weitmaschigen Überwachungsnetzes (sparse network) der EU. Zu diesem Zweck sind die vier geographischen Regionen Nord, Mitte, Süd und Ost in Deutschland benannt und durch jeweils eine repräsentative Probenentnahmestelle ausgewiesen. Zu messen sind die Radionuklide H-3, Sr-90 und Cs-137. Die geforderten Nachweisgrenzen sind mit Ausnahme von H-3 niedriger als die Nachweisgrenzen des Messprogramms für den Normalbetrieb nach AVV IMIS und betragen für die Sr-90-Bestimmung 6 mBq/l und für die Cs-137-Bestimmung 10 mBq/l.

Kalium-40 und die Uranisotope U-234, U-235 und U-238 sind natürlicher Bestandteil in Boden und Gestein und gelangen durch Lösungsprozesse ins Grundwasser. Diese Radionuklide sind demnach geogenen Ursprungs und variieren in ihrer Aktivitätskonzentration im Grund- und

Trinkwasser in Abhängigkeit von regionalen geologischen Gegebenheiten.

Cäsium-137 und Strontium-90 stammen aus den Kernwaffenversuchen der Jahre 1950 bis 1980 und aus Kontaminationen in Folge der Reaktorkatastrophe in Tschornobyl im Jahr 1986. Diese Radionuklide gelangten aus der Atmosphäre (Fallout) und mit dem Niederschlag (Wash-out) auf die Erdoberfläche und von dort in das Grund- und Trinkwasser.

Tritium (H-3) entsteht durch die kosmische Strahlung in der oberen Atmosphäre (kosmogenes Radionuklid) und gelangt mit dem Niederschlag in den Wasserkreislauf. Darüber hinaus wird H-3 als genehmigte Ableitung (nach Atomgesetz) mit der Abluft und dem Abwasser aus kerntechnischen Anlagen in die Umwelt abgegeben.

Grundwasser

Im Jahr 2022 wurde Grundwasser von 56 Probenentnahmestellen untersucht.

Die Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 liegen ausschließlich unterhalb der bei den Messungen ermittelten Nachweisgrenzen von 0,66 mBq/l bis 49 mBq/l. Die Größenordnung der Nachweisgrenze hängt dabei im Wesentlichen vom Volumen des zur Messung aufbereiteten Wassers ab. Der Median sämtlicher Nachweisgrenzen beträgt <7,6 mBq/l (2021: <6,8 mBq/l).

In 44 % der gemessenen Proben konnte Sr-90 mit Aktivitätskonzentrationen von 0,11 mBq/l bis 37 mBq/l (2021: 0,24 mBq/l bis 11 mBq/l) nachgewiesen werden. Ein Median von 2,5 mBq/l (2021: <3,9 mBq/l) wurde berechnet.

In 58 von 65 auf H-3 untersuchten Grundwasserproben wurde als Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ erhalten, wobei die Nachweisgrenzen zwischen 1 000 mBq/l und 10 000 mBq/l lagen. In den restlichen Proben wurden tatsächliche Messwerte fast ausschließlich deutlich unterhalb der mittleren Nachweisgrenze von ca. 5 000 mBq/l angegeben. Der Median liegt bei <4 600 mBq/l (2021: <4 400 mBq/l).

Im Rahmen des Routinemessprogramms wurden auch alphaspektrometrische Messungen von Uran- und Plutoniumisotopen durchgeführt. Die erhobenen Messwerte für die Uranisotope U-238 und U-234 im Jahr 2022 sind mit einer Aktivitätskonzentration von bis zu 130 mBq/l und einem Median von <1,3 mBq/l und <1,2 mBq/l (2021: 1,9 mBq/l und 1,2 mBq/l) mit den Daten aus der vom BfS durchgeführten Trinkwasserstudie in Deutschland [1] vergleichbar. In dieser wurde für 565 Rohwasserdaten ein Median für U-238 von 3,7 mBq/l ermittelt.

Für die Plutoniumisotope Pu-238 und Pu-239/240 wurden für das Berichtsjahr 2022 nur Ergebnisse übermittelt, die als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet wurden. Der aus allen 52 Ergebnissen jeweils berechnete Median liegt bei <0,68 mBq/l bzw. <0,6 mBq/l (2021: <0,81 mBq/l bzw. <0,59 mBq/l).

Der Medianwert für das natürliche Radionuklid K-40 im Grundwasser beträgt 180 mBq/l (2021: 200 mBq/l). Die höchste K-40-Aktivitätskonzentration im Jahr 2022 wurde in einer Probe mit 680 mBq/l ermittelt (2021: 750 mBq/l).

Trinkwasser

Die 2022 untersuchten Roh- und Reinwässer stammten aus jeweils 83 Probenentnahmestellen.

Für das ergänzende Messprogramm lagen die Daten von drei Probenentnahmeregionen (Nord, Ost und Süd) bis zum Stichtag 30.06.2023 vor.

In der [Tabelle T II.45](#) wird zwischen Rohwasser (dem unbehandelten Grund- oder Oberflächenwasser als Zulauf der Wasserwerke) und Reinwasser (dem im Wasserwerk aufbereiteten Wasser, das als Trinkwasser in das Netz eingespeist wird) unterschieden.

Für Cs-137 im Rohwasser, Reinwasser und den Proben des ergänzenden Messprogramms sind alle Ergebnisse als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet worden. Als Median aller mitgeteilten Ergebnisse für das Jahr 2022 wurden <9,8 mBq/l (2021: <6,9 mBq/l) für das Rohwasser, <7,7 mBq/l (2021: <7,3 mBq/l) für das Reinwasser und <2,1 mBq/l (2021: <2,2 mBq/l) für das ergänzende Messprogramm berechnet.

In 51 % der untersuchten Proben im Rohwasser und in 55 % der untersuchten Proben im Reinwasser konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen sind mit 1,1 mBq/l bis 34 mBq/l im Rohwasser und 0,43 mBq/l bis 16 mBq/l im Reinwasser (2021: 1,0 mBq/l bis 15 mBq/l im Rohwasser und 1,0 mBq/l bis 12 mBq/l im Reinwasser) angegeben worden, der Median sämtlicher Ergebnisse beträgt <4,0 mBq/l für das Rohwasser und <4,7 mBq/l für das Reinwasser (2021: <3,6 mBq/l im Rohwasser und <4,2 mBq/l im Reinwasser). Im ergänzenden Messprogramm konnte in 73 % der untersuchten Proben Sr-90 nachgewiesen werden. Der aus den vorliegenden Daten berechnete Median betrug <2,2 mBq/l. Diese Messwerte zeigen den aus dem Fallout der Kernwafferversuche herrührenden Einfluss auf Oberflächenwässer, oberflächennahe Grundwässer und damit auch auf Trinkwässer.

Die für 2022 angegebenen Mediane für die Uranisotope U-238 und U-234 von 1,5 mBq/l bis 2,8 mBq/l liegen im Bereich des in der Trinkwasserstudie in Deutschland [1] für 582 Proben ermittelten Medians für U-238 von 3,2 mBq/l. Für eines von 43 Rohwässern wurde für die Plutoniumisotope Pu-239/240 ein Messwert mit 0,00063 mBq/l (NWG: 0,001 mBq/l) angegeben. Dieser liegt um ein Vielfaches unter dem bestimmten Median von <1,0 mBq/l für das Rohwasser. Die Übermittlung von Messwerten ist in diesem konkreten Fall mit der überdurchschnittlich hohen Menge an eingesetztem Probenmaterial zu begründen. Zusammen mit dem gewählten messtechnischen Verfahren entscheidet die Probenmenge maßgeblich über die zu erreichende Größenordnung der Erkennungs- und Nachweisgrenze. Alle weiteren übermittelten Ergebnisse zu Pu-238 und Pu-239/240 im Roh- und Reinwasser wurden als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet.

Die Medianwerte für das natürliche Radionuklid K-40 im Roh- und Reinwasser betragen <210 mBq/l bzw. <170 mBq/l. Die höchste K-40-Aktivitätskonzentration im Jahr 2022 wurde mit 3 300 mBq/l im Rohwasser und mit

2 900 mBq/l im Reinwasser ermittelt (2021: 770 mBq/l im Rohwasser und 1 100 mBq/l im Reinwasser).

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch künstliche radioaktive Stoffe im Trinkwasser ist gegenüber der natürlichen Strahlenexposition, die im Mittel 2 100 μ Sv/a beträgt, sehr klein. Legt man die maximale aus den Messungen erreichte Nachweisgrenze für Cs-137 von 52 mBq/l und den Maximalwert für Sr-90 von 16 mBq/l im Reinwasser zu Grunde, ergeben sich, mit einer angenommenen jährlichen Verzehrsgeschwindigkeit von 700 Liter für eine erwachsene Referenzperson gemäß StrlSchV Anlage 11 Teil B, Ingestionsdosen von 0,47 μ Sv/a bzw. 0,31 μ Sv/a. Für den Säugling (0 bis 1 Jahr) errechnen sich entsprechend einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 366 Liter Ingestionsdosen von 0,40 μ Sv/a bzw. 1,4 μ Sv/a.

2.5.2 Grundwasser und Trinkwasser in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz

Die von den amtlichen Messstellen der Länder nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen im Jahr 2022 erhobenen Daten sind für Co-60, K-40, Cs-137, Sr-90 und H-3 sowie - wenn ermittelt - für die Rest-Beta- und Gesamt-Alpha-Aktivität in [Tabelle T II.46](#) zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Gesamtanzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben mit dem Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ (<NWG), der kleinste und größte bestimmte tatsächliche Messwert sowie der daraus ermittelte arithmetische Mittelwert, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte (>NWG) sind. Zusätzlich wird der Median angegeben, bei dem das Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ gleichrangig wie ein tatsächlicher Messwert (=NWG) berücksichtigt wird.

Grundwasser

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen wurden der Leitstelle Messwerte von 141 Grundwassermessstellen mitgeteilt.

Für Cs-137 sind für 298 von 299 untersuchten Grundwasserproben ausschließlich Nachweisgrenzen zwischen 0,46 mBq/l bis 80 mBq/l berichtet worden. Ein Cs-137-Messwert wurde im Rahmen der Umgebungsüberwachung des KKW Gundremmingen für einen Brunnen in Gundelfingen an der Donau mit 78 mBq/l berichtet. Der Median aller Cs-137-Ergebnisse beträgt <25 mBq/l (2021: <29 mBq/l).

In 57 % der untersuchten Proben wurde Sr-90 nachgewiesen. Es wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,27 mBq/l und 5,0 mBq/l gemessen. Ein Median von 3,2 mBq/l (2021: 4,8 mBq/l) wurde ermittelt.

Die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 17 mBq/l und 140 mBq/l (2021: 20 mBq/l und 99 mBq/l), mit einem Median sämtlicher Ergebnisse von 27 mBq/l (2021: <40 mBq/l).

In 13 % der untersuchten Wasserproben wurde H-3 im Konzentrationsbereich von 1 100 mBq/l bis 9 900 mBq/l nachgewiesen (2021: 840 mBq/l bis 11 000 mBq/l), der Median aller Ergebnisse beträgt <5 500 mBq/l (2021: <5 600 mBq/l). Einige Werte liegen damit deutlich über

den derzeitigen Messergebnissen für H-3 im Niederschlag im Bereich von 1 000 mBq/l bis 2 000 mBq/l (siehe 2.1.2 Radioaktive Stoffe im Niederschlag (Gesamtdeposition)).

Trinkwasser

Im Jahr 2022 wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz 16 Rohwasser- und 30 Reinwasser-Entnahmestellen beprobt. In [Tabelle T II.46](#) sind die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen getrennt nach Roh- und Reinwasser dokumentiert.

Für Cs-137 ist für alle 107 untersuchten Reinwasserproben als Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ angegeben worden, wobei die Nachweisgrenzen zwischen 0,27 mBq/l und 56 mBq/l liegen. Der Median aller mitgeteilten Werte beträgt <10 mBq/l (2021: <8,1 mBq/l).

In sechs Reinwasserproben konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 0,16 mBq/l und 18 mBq/l (2021: 0,18 mBq/l und 13 mBq/l), der Median sämtlicher Ergebnisse liegt bei <2,6 mBq/l (2021: <6,9 mBq/l).

In 9 von 117 gemessenen Reinwasserproben wurde H-3 mit Aktivitätskonzentrationen von 2 400 mBq/l bis 11 000 mBq/l (2021: 1 500 mBq/l und 13 000 mBq/l) nachgewiesen. Der Median aller Ergebnisse liegt bei <4 300 mBq/l (2021: <4 200 mBq/l). Erhobene Werte für Reinwasser über den durchschnittlich erreichten Nachweisgrenzen von etwa 5 000 mBq/l können auf den Eintrag von H-3-Emissionen kerntechnischer Anlagen geringfügig belasteter Oberflächenwasser (z. B. als Uferfiltrat) hindeuten. Der H-3-Wert von 11 000 mBq/l stammt aus einer Einzelwasserversorgung in der Nähe eines Altrheinarms, der in der Fließrichtung von Grund- und Oberflächenwasser des Karlsruher Institutes für Technologie, Campus Nord (KIT) liegt. In der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [2] ist für Tritium ein Parameterwert von 100 Bq/l (100 000 mBq/l) angegeben. Die Überschreitung des Parameterwertes im Sinne der TrinkwV löst einen Prüfprozess der zuständigen Behörde aus, inwiefern das Vorhandensein des radioaktiven Stoffes ein Risiko für die menschliche Gesundheit darstellt, das ein Handeln erfordern würde. Von einer gesundheitlichen Besorgnis ist aus diesem Grund nicht auszugehen, da selbst unter der Annahme, dass der gesamte Trinkwasserbedarf mit Wasser aus dieser Einzelwasserversorgung gedeckt werden würde, sich nur eine sehr geringe Erhöhung gegenüber der natürlichen Strahlenexposition durch das Vorhandensein von Tritium für die betroffenen Personen ergeben würde.

Insgesamt zeigen die Daten, dass künstliche radioaktive Stoffe auf dem Weg über das Trinkwasser nur sehr wenig zu einer Exposition der Bevölkerung führen, die zudem deutlich geringer als die natürliche Strahlenexposition ist.

Literatur

- [1] Beyermann M, Bünger T, Gehrcke K, Obrikat D: Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland. Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.), BFS SW

06/09, Salzgitter, 2009, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-20100319945>

- [2] Bundesministerium für Gesundheit: Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. September 2021 (BGBl. I S. 4343) geändert worden ist

2.5.3 Milch und Milchprodukte

Die Kontamination von Milch und Milchprodukten mit dem vor und nach dem Tschornobyl-Unfall deponierten Cs-137, die bereits in den Vorjahren ein sehr niedriges Niveau erreicht hatte, vermindert sich gegenwärtig von Jahr zu Jahr nur noch äußerst geringfügig. Cs-134 war wegen der kürzeren Halbwertszeit nicht mehr nachzuweisen. Die Sr-90-Aktivitätskonzentration ist gegenüber dem Jahr 2021 auf extrem niedrigem Niveau ebenfalls nahezu konstant geblieben.

Die Messwerte, die für Milch und Milchprodukte ermittelt wurden, können in diesem Bericht wegen dessen begrenzten Umfangs nur in komprimierter Form wiedergegeben werden. In [Tabelle T II.47](#) sind für die Radionuklide Sr-90 und Cs-137 die Anzahl der Messwerte, die Mittelwerte und die Bereiche der Einzelwerte für Rohmilchproben aufgeführt. Zum Vergleich sind die Mittelwerte der beiden Vorjahre aufgenommen worden. Die Proben, an denen die Messungen vorgenommen wurden, stammen fast ausschließlich aus größeren Sammeltanks von Molkeleien, so dass aus dieser Sicht eine Mittelung sinnvoll erschien. Allerdings fehlten zu den Messwerten in der Regel ergänzende Angaben, so dass bei der Mittelwertbildung keinerlei Wichtung durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus überschätzen die Mittelwerte, die mit dem Zeichen „<“ gekennzeichnet sind, die Realität, weil in die Berechnungen zahlreiche Werte von Nachweisgrenzen eingegangen sind, die über den realen Werten lagen. Es verbleiben also einige Unsicherheiten, die es zu beachten gilt, wenn die in der Tabelle enthaltenen Jahresmittelwerte interpretiert werden. [Abbildung B II 2.5-1](#) gibt einen Überblick über den Verlauf der Jahresmittelwerte des Sr-90- und Cs-137-Gehaltes der Milch für den Zeitraum von 1960 bis 2022.

[Tabelle T II.48](#) gibt global für das Bundesgebiet einen Überblick über die Anzahl der Messwerte N und die Bereiche der Einzelwerte für wichtige Radionuklide in einigen Milchprodukten.

2.5.4 Milch in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz

Wie bei Boden und Bewuchs ist die Situation in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwafferversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschornobyl-Unfall im Jahr 1986 geprägt. Die aktuellen Aktivitätskonzentrationen liegen auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind in [Tabelle T II.49](#) zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit Orten, die nicht in der Umgebung kerntechnischer Anlagen liegen, in

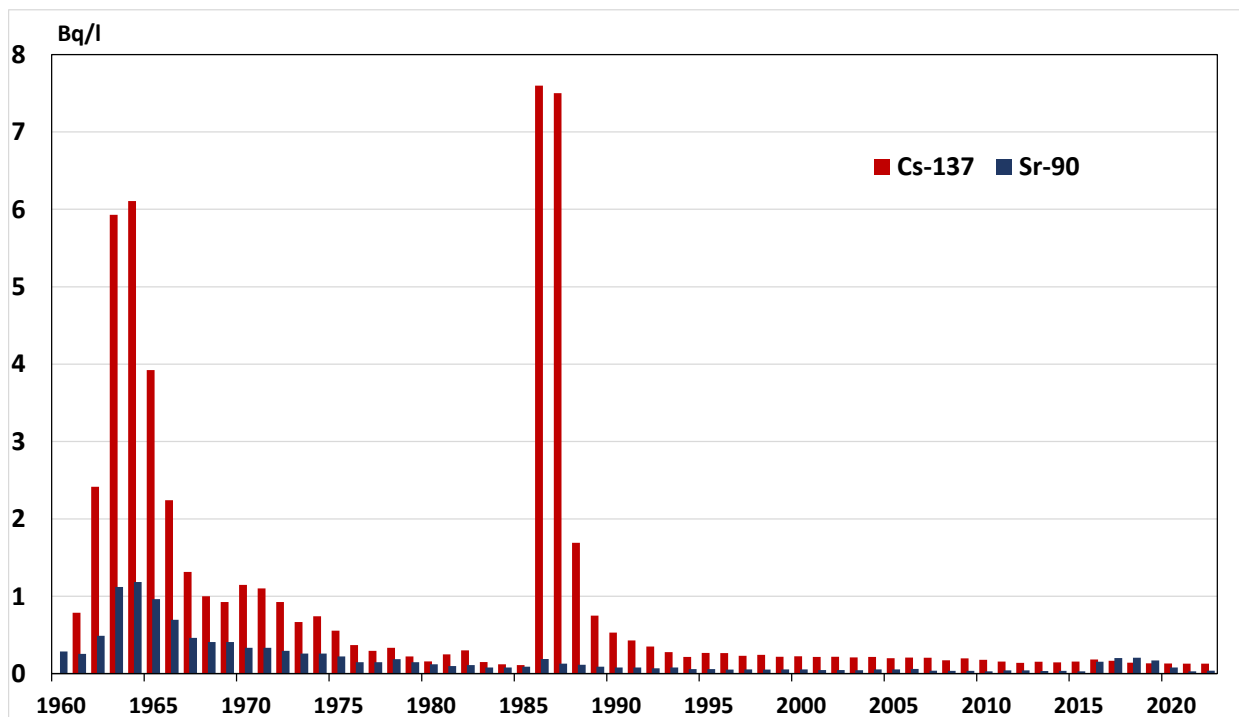


Abbildung B II 2.5-1 Jahresmittelwerte der Sr-90- und Cs-137-Aktivitäten der Rohmilch in der Bundesrepublik Deutschland

der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen. Die Milchproben aus der näheren Umgebung von Kernkraftwerken, an denen die Messungen vorgenommen werden, stammen fast ausschließlich aus größeren Sammel tanks/Stapeltanks von Molkereien/Betrieben, so dass aus dieser Sicht Mittelwertbildungen sinnvoll erscheinen. Allerdings fehlten zu den Messwerten in der Regel ergänzende Angaben, so dass bei der Mittelwertbildung keinerlei Wichtung durchgeführt werden konnte.

2.5.5 Fische und Produkte des Meeres und der Binnengewässer

Im Folgenden werden Messergebnisse der spezifischen Aktivitäten einzelner Radionuklide in Fischen, Fischereiprodukten sowie Krusten- und Schalentieren der Binnengewässer und der Meere für das Jahr 2022 vorgestellt und diskutiert.

Methodik

Bei der Auswertung der Daten wird im Allgemeinen nicht zwischen Fischarten unterschieden. Die Aktivitätsangaben von Fischen, Fischereiprodukten, Krusten- und Schalentieren sind in Bq/kg Feuchtmasse (FM) der Muskulatur angegeben, falls nicht explizit auf eine andere Bezugsgröße verwiesen wird.

Für die Auswertung der Daten aus dem Süßwasserbereich nach dem IMIS-Routinemessprogramm werden jeweils mehrere Bundesländer zu Regionen zusammengefasst:

- Norddeutschland mit Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Berlin und Brandenburg
- Mitteldeutschland mit Nordrhein-Westfalen, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Sachsen

- Süddeutschland mit Baden-Württemberg und Bayern

Bei der Bestimmung der spezifischen Aktivität einer Umweltprobe kann es aus diversen Gründen vorkommen, dass statt eines Messwertes nur ein Wert unterhalb der Nachweisgrenze des Messverfahrens ermittelt werden kann. In solchen Fällen wird die Nachweisgrenze des Messverfahrens mit vorgestellte „<“-Zeichen angegeben; die Anzahl solcher Messwerte im Datensatz ist in den Tabellen jeweils in der Spalte „nn“ ausgewiesen. Für die statistische Auswertung der Messwerte in den zuvor genannten Regionen wird der Median als repräsentativer Mittelwertschätzer verwendet, weil die ermittelten Messwerte eher log-normalverteilt sind und der arithmetische Mittelwert daher nicht verwendet werden darf. Um dabei auch die Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze einbeziehen zu können, wird das Verfahren nach „Helsel und Cohn“ eingesetzt [1].

Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse der Messstellen der Bundesländer und der Leitstelle

Die mittleren Cs-137-Aktivitäten von Fischen aus Binnenseen Nord- und Süddeutschlands (Abbildung B II 2.5-2) waren auch im Jahr 2022 deutlich höher als jene aus Fischteichen und Fließgewässern (Tabelle T II.50).

Die höchsten spezifischen Aktivitäten in Binnenseen wurden im Jahr 2022 in der Region Norddeutschland (11,1 Bq/kg und 10,1 Bq/kg) in Proben von Kaulbarschen (*Gymnecephalus cernuus*) aus dem Selenter See in Schleswig-Holstein und einer Probe von Flussbarschen (*Perca fluviatilis*) (10,5 Bq/kg) aus dem Stechlinsee in Brandenburg ermittelt (Tabelle T II.50). Der im Vergleich zu den Vorjahren deutlich niedrigere Median in der Region Mitteldeutschland ergibt sich daraus, dass auch im Jahr 2022 keine Messwerte für die Fische aus dem Arendsee oder

dem Schollener See in Sachsen-Anhalt übermittelt wurden. In diesen beiden Seen wurden in den vergangenen Jahren die höchsten spezifischen Cs-137-Aktivitäten beobachtet. Seit dem Jahr 2007 gingen die maximalen Cs-137-Aktivitäten von etwa 190 Bq/kg im Schollener See und 45 Bq/kg im Arendsee (siehe auch Jahresbericht 2007 [2]) auf Werte von etwa 20 Bq/kg bis 15 Bq/kg zurück.

Fische aus Teichhaltung zeigten seit dem Jahr 1990 regelmäßig höhere Cs-137-Mittelwerte in der Region Norddeutschland als in der Region Süddeutschland (Abbildung B II 2.5-3). Die Verläufe der Cs-137-Werte von Proben aus Fischteichen und Fließgewässern Mitteldeutschlands über die Zeit unterscheiden sich allerdings nicht von denen dersel-

ben Gewässertypen Nord- und Süddeutschlands (Abbildung B II 2.5-3 und Abbildung B II 2.5-4).

Für Forellen und Karpfen, die wirtschaftlich bedeutendsten Zuchtfischarten Deutschlands, wurden die mittleren Cs-137-Aktivitäten (zusammengefasst aus allen Gewässern, Messungen aller Bundesländer) in Tabelle T II.51 zusammengestellt. Der Vergleich der Cs-137-Werte ergibt, dass Forellen bis 1999 weniger Cäsium enthielten als Karpfen; ab 1999 sind die festgestellten Unterschiede nicht mehr signifikant (vgl. Abbildung B II 2.5-5).

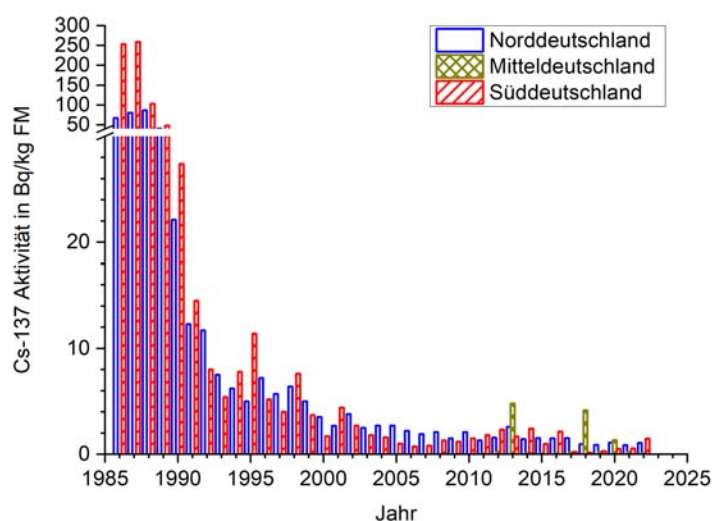


Abbildung B II 2.5-2
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Binnenseen in Bq/kg FM

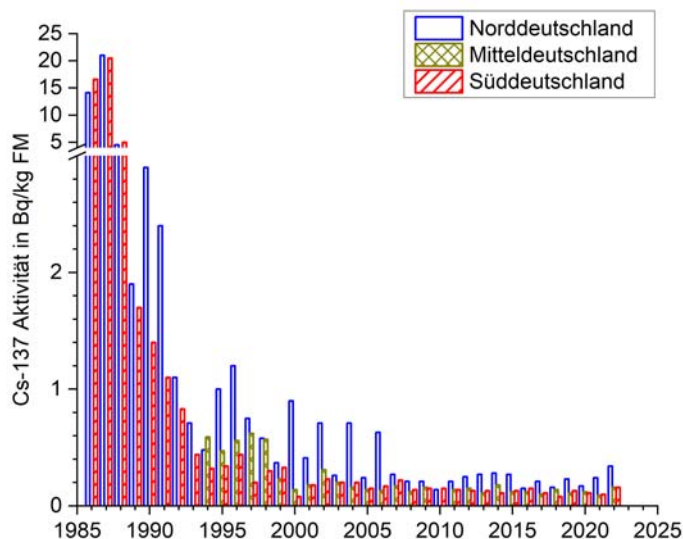


Abbildung B II 2.5-3
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fischteichen in Bq/kg FM

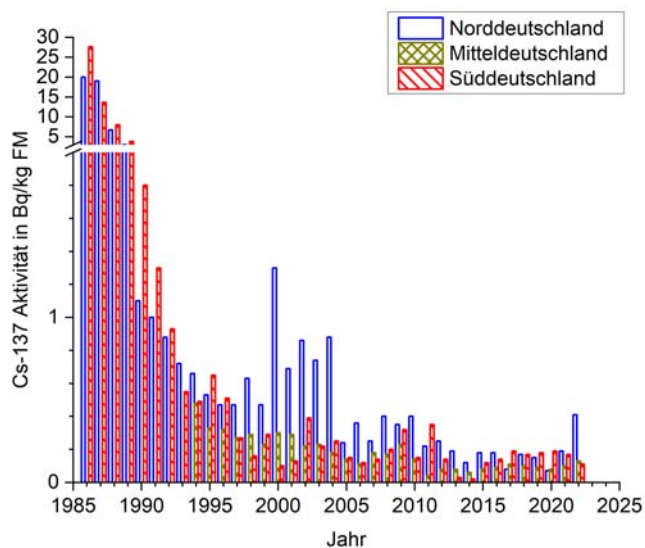


Abbildung B II 2.5-4
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in
Fischen aus Fließgewässern in Bq/kg FM

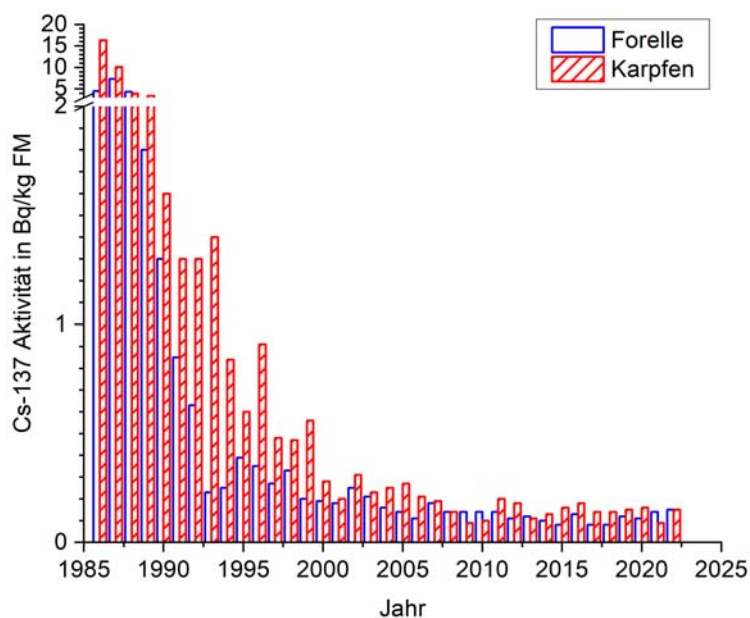


Abbildung B II 2.5-5
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in
Karpfen und Forellen in Bq/kg FM

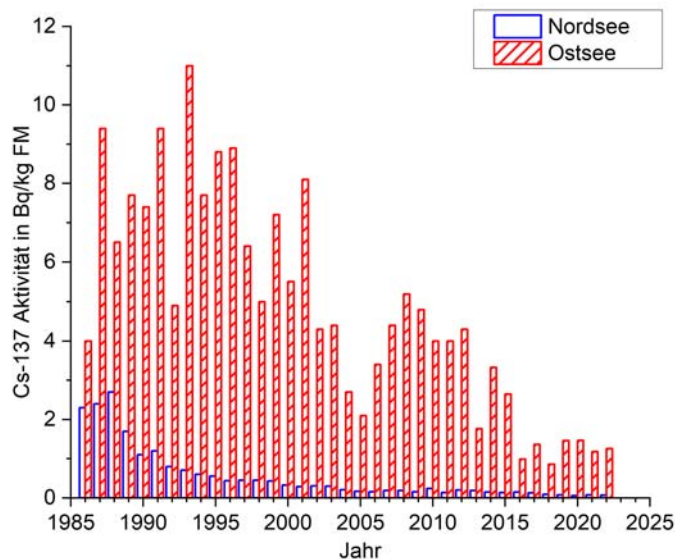


Abbildung B II 2.5-6
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Nord- und Ostsee in Bq/kg FM

In [Tabelle T II.52](#) sind die mittleren spezifischen Cs-137-Aktivitätswerte für Biota aus der Nord- und Ostsee zusammengestellt. In Fischen aus der Nordsee blieben die Messwerte im Jahr 2022 unterhalb von 0,28 Bq/kg. Die mittlere Cs-137-Aktivität in Fischen der Nordsee beträgt 0,07 Bq/kg. Auch im Jahr 2022 waren die spezifischen Aktivitäten von Cs-137 in Fischen der Ostsee im Mittel höher als jene der Nordsee ([Tabelle T II.52](#)). Dies ist unter anderem mit dem höheren Wasseraustausch der Nordsee im Vergleich zur Ostsee erklärbar, wodurch der Eintrag von Cs-137 aus dem Reaktorunglück von Tschornobyl in Fischen aus der Nordsee seit Mitte der 1990er Jahre nicht mehr nachweisbar ist (siehe [Abbildung B II 2.5-6](#)). Im Gegensatz dazu dominiert der Eintrag aus dem Reaktorunglück von Tschornobyl noch immer die ermittelte Cs-137-Aktivität in Fischen aus der Ostsee. Die in [Abbildung B II 2.5-6](#) festgestellte Variation der Jahresmittelwerte in Fischen der Ostsee geht im Wesentlichen auf den stark schwankenden Anteil von Proben aus der östlichen Ostsee (in diesem Fall östlich Rügen) zurück, in denen in vergangenen Jahren höhere Cs-137-Aktivitäten nachgewiesen wurde. Gleichzeitig spiegelt sich auch der Einstrom von Wasser aus der Nordsee in die Ostsee in den Messdaten wider. Insgesamt nähern sich die aktuellen Messwerte von Fischen aus der Ostsee den vor dem Reaktorunfall von Tschornobyl gemessenen Werten immer weiter an [3].

In Proben von Nordseegarnelen (*Crangon crangon*) und Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) wurden im Jahr 2022 erneut einzelne Cs-137-Aktivitäten oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt (vgl. [Tabelle T II.52](#)), nachdem für Garnelen im Zeitraum 2006 bis 2020 und für Miesmuscheln seit dem Jahr 2013 ununterbrochen ausschließlich Werte darunter übermittelt wurden. Dennoch sind die Messwerte im Mittel unterhalb der Nachweisgrenze und damit sehr niedrig.

Die ermittelten Mediane der Cs-137-Aktivität lagen in Proben von Importen aus Fischerei und Aquakultur ([Ta-](#)

[belle T II.53](#)) im Jahr 2022 in allen Probenarten unterhalb der Nachweisgrenze.

Wegen der Reaktorkatastrophe von Fukushima im März 2011 werden Importe aus dem Pazifik zusätzlich separat betrachtet. Die Ergebnisse der Untersuchungen der deutschen Landesmessstellen auf Cs-137 sind in [Tabelle T II.54](#) zusammengestellt. Die im Jahr 2022 in Meeresfischen aus dem Pazifik nachgewiesenen Aktivitäten von Cs-137 lagen mit einem Median von 0,12 Bq/kg und einem Maximalwert von 0,27 Bq/kg in derselben Größenordnung wie die von Meeresfischen der Nordsee (Vergleich [Tabelle T II.54](#) und [Tabelle T II.52](#)).

Die Ergebnisse der Sr-90-Analysen aus dem IMIS-Routinemessprogramm sind in [Tabelle T II.55](#) aufgeführt. Insgesamt bewegen sich die nachgewiesenen spezifischen Sr-90-Aktivitäten auf einem sehr niedrigen Niveau. Bei einer Bewertung ist generell zu beachten, dass bereits geringfügige Änderungen der Haut- bzw. Grätenanteile der analysierten Fischproben einen erheblichen Einfluss auf die gemessenen spezifischen Sr-90-Aktivitäten bewirken können.

Messergebnisse der Leitstelle im Routinemessprogramm

Aus wissenschaftlichen Fängen mit dem Fischereiforschungsschiff „Walther Herwig III“ und kommerziellen Fängen wurden Fisch-, Muschel- und Garnelenproben aus verschiedenen Seegebieten von Ost- und Nordsee genommen. Die bereits vorliegenden Ergebnisse sind in [Tabelle T II.56](#) und [Tabelle T II.57](#), geordnet nach Seegebieten, Art, Probenotyp und Radionukliden, zusammengestellt.

Die Messwerte von Cs-137 in Fischen aus der Nordsee unterscheiden sich kaum von den Hintergrundwerten (z. B. Grönlandsee oder Barentssee (siehe auch [4])). Die Ergebnisse der Analysen auf Transurane (Plutonium-Isotope und Americium-241) zeigen, dass die Aktivität in Muscheln etwa eine Zehnerpotenz höher ist als jene von Fischen. Im Vergleich zu Messwerten aus dem Monito-

ring-Programm des Vereinigten Königreiches aus dem Jahr 2021 [5] sind alle Messwerte aus [Tabelle T II.56](#) um eine bis vier Größenordnungen geringer und bewegen sich damit auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Untersuchungen der kommenden Jahre werden zeigen, ob diese Werte konstant bleiben.

Die Werte für Cs-137 in Wasserpflanzen ([Tabelle T II.57](#)) entsprechen, umgerechnet auf die Frischmasse, der Größenordnung der Aktivitäten in Fischen des jeweiligen Seegebietes. Auch sind die Aktivitäten der Transurane in derselben Größenordnung wie Ergebnisse aus UK [5]. Auch hier bleibt abzuwarten, ob die Ergebnisse in den kommenden Jahren bestätigt werden können.

Literatur

- [1] Kanisch G, Kirchhoff K, Michel R, Rühle H, Wiechen A: „Genauigkeit von Messwerten, Empfehlungen zur Dokumentation“. Kapitel IV.4. In: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen. Stand: 1.10.2000, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/strlsch_messungen_dokum_genau.pdf
- [2] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn 2008: „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2007“, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-20100331975>
- [3] HELCOM, 2023: [3] HELCOM (2023) Radioactive substances: Caesium-137 in fish and surface seawater. HELCOM core indicator report. Online. SSN 2343-2543. Zugriff am 23.08.2023, <https://indicators.helcom.fi/indicator/radioactive-substances/>
- [4] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bonn 2016: „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2014“, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016091514109>
- [5] Environment Agency, Food Standards Agency, Food Standards Scotland, Natural Resources Wales, Northern Ireland Environment Agency, Scottish Environment Protection Agency (2022): Radioactivity in Food and the Environment, 2021. RIFE 27, 332 Seiten, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1114928/RIFE-27-Radioactivity-in-food-and-the-environment-2021.pdf

2.5.6 Fische und Wasserpflanzen in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz

Im Berichtsjahr 2022 wurden für 19 kerntechnische Anlagen Werte gamma-spektrometrischer Messungen (vor allem Cs-137) an 58 Fischfiletproben und 11 Proben von Wasserpflanzen gemeldet. Die Proben stammen von 22 Fischarten bzw. ihren Mischungen inkl. „Friedfischen“ und „Raubfischen“ sowie Fischen ohne Angabe der Artbezeichnung. Ergebnisse von Sr-90-Messungen wurden für

8 Fischfiletproben berichtet. Die statistische Auswertung der Daten wurde, wie im vorangegangenen [Kapitel 2.5.5](#) beschrieben, durchgeführt. Die spezifischen Aktivitäten verschiedener Radionuklide, die in Fischen und Wasserpflanzen ermittelt wurden, sind in [Tabelle T II.58](#) - nach Fließgewässer und überwachter Anlage sortiert - zusammengestellt.

Die höheren Cs-137-Aktivitäten in Fischen aus dem Greifswalder Bodden, die im Rahmen der Überwachung des Kernkraftwerks Greifswald genommen wurden, werden auf die höheren spezifischen Aktivitäten im Bereich der östlichen Ostsee zurückgeführt (siehe dazu auch [Kapitel 2.5.5](#)).

Bei den in [Tabelle T II.58](#) enthaltenen Messdaten von Wasserpflanzen, die als Indikatoren für im Wasser vorhandene künstliche Radionuklide aus genehmigten Ableitungen kerntechnischer und klinischer Anlagen dienen, wurden, wie in den vorherigen Jahren, keine Auffälligkeiten festgestellt.

2.5.7 Einzelebensmittel, Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung

Einzelebensmittel

Das vor und nach dem Tschornobyl-Unfall deponierte Cs-137 in Nahrungsmitteln führte auch in diesem Jahr zu Kontaminationen, die auf einem sehr niedrigen Niveau liegen. Im Vergleich zu den Vorjahren vermindert sich die Aktivitätskonzentration von Jahr zu Jahr nur noch äußerst geringfügig. Wegen der kürzeren Halbwertszeit war Cs-134 nicht mehr nachweisbar. Auf einem sehr niedrigen Niveau befindet sich ebenfalls die Sr-90-Aktivitätskonzentration. Daten zu Weizen aus dem Inland ([Tabelle T II.59](#)) und aus Import ([Tabelle T II.60](#)), sonstige Getreide ([Tabelle T II.61](#)), Kalbfleisch ([Tabelle T II.62](#)), Rindfleisch ([Tabelle T II.63](#)), Schweinefleisch ([Tabelle T II.64](#)) und sonstiges Fleisch ([Tabelle T II.65](#)) finden sich im Tabellenteil. Ebenfalls niedrige Aktivitätskonzentrationen finden sich in Kartoffeln ([Tabelle T II.67](#)) und Gemüse ([Tabelle T II.68](#)). Eine Übersicht über den zeitlichen Verlauf der spezifischen Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in einigen ausgewählten Lebensmitteln seit Beginn der Messungen 1960 findet sich in [Tabelle T II.72](#).

Eine Ausnahme bilden die meisten Wildfleischarten ([Tabelle T II.66](#)), Speisepilze ([Tabelle T II.69](#)) mit Ausnahme von Kulturpilzen, Wildbeeren ([Tabelle T II.70](#)) und Blütenhonig ([Tabelle T II.71](#)). Für diese Umweltbereiche liegt die Aktivitätskonzentration des Cs-137 erheblich höher als in anderen Lebensmitteln.

Die Messwerte für Einzelebensmittel, Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung können in diesem Bericht wegen dessen begrenzten Umfangs nur in komprimierter Form wiedergegeben werden ([Tabelle T II.72](#), [Tabelle T II.73](#) und [Tabelle T II.74](#)).

In den Tabellen sind für die Radionuklide Sr-90 und Cs-137 die Anzahl der Messwerte, die Mittelwerte und die Bereiche der Einzelwerte aufgeführt. Bei den Messwerten fehlen in der Regel ergänzende Angaben, so dass bei der Mittelwertbildung keine Wichtung durchgeführt

werden konnte. Darüber hinaus überschätzen die Mittelwerte, die mit dem Zeichen „<“ gekennzeichnet sind, die Realität, weil in der Berechnung zahlreiche Werte von Nachweisgrenzen eingegangen sind, die über den realen Werten lagen. Aus diesen Gründen beinhaltet der gebildete Mittelwert einige Unsicherheiten, die bei der Interpretation der Jahresmittelwerte berücksichtigt werden müssen.

Gesamtnahrung

Die Beprobung der Gesamtnahrung (siehe [Tabelle T II.73](#)) dient der Abschätzung der ingestionsbedingten Strahlendosis gesunder Erwachsener in der Bundesrepublik

Deutschland. Dazu werden verzehrfertige Menüs der Gemeinschaftsverpflegung aus Kantinen, Heimen, Krankenhäusern und Restaurants vermessen. Daraus resultiert eine Mittelung der Verzehrmenge und der Zusammensetzung.

Die mittlere tägliche Cs-137-Aktivitätszufuhr einer Person über die Nahrung kann für 2022 mit 0,22 Bq/(d·p) (d = Tag; p = Person) nach oben abgeschätzt werden und zeigt somit kaum eine Veränderung zum Vorjahr. Abbildung B II 2.5-7 zeigt die Aktivitätszufuhr in Bq pro Tag (d) und Person (p) seit 1960.

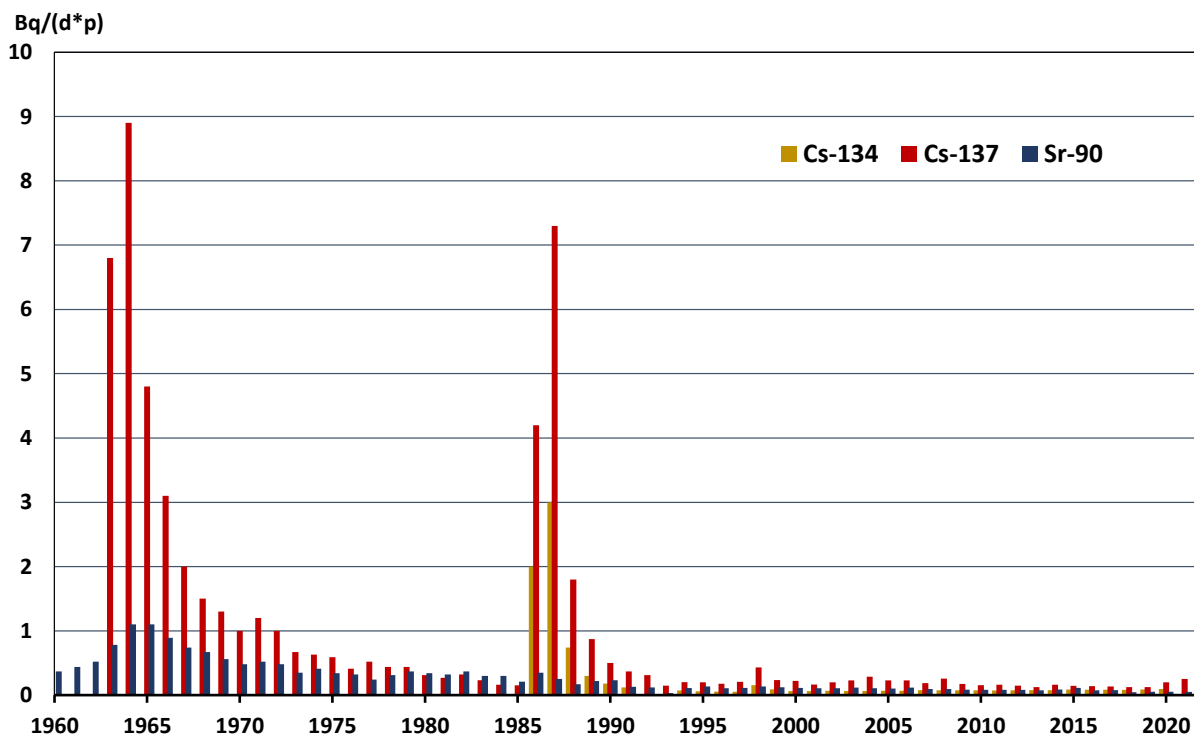


Abbildung B II 2.5-7 Jahresmittelwerte der Sr-90-, Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten in der Gesamtnahrung

Da in diese Mittelung ein hoher Prozentsatz von Messwerten unterhalb der Nachweisgrenzen eingeht, wird der Wert der Aktivitätszufuhr überschätzt, was bei einer Interpretation des Wertes berücksichtigt werden muss. Für Sr-90, mit einer mittleren Aktivitätszufuhr von 0,05 Bq/(d·p), gilt die gleiche Betrachtungsweise wie für Cs-137, allerdings muss hier noch berücksichtigt werden, dass die Messwerte nahe oder unterhalb der Nachweisgrenzen der angewendeten Analyseverfahren liegen, was zu einer zusätzlichen Unsicherheit führt.

Die mittlere jährliche ingestionsbedingte Aktivitätszufuhr lässt sich somit wie folgt abschätzen:

Cs-137: 80,30 Bq/(a·p) (Vorjahr 76,65 Bq/(a·p))

Sr-90: 18,25 Bq/(a·p) (Vorjahr 18,25 Bq/(a·p))

2.5.8 Pflanzliche Nahrungsmittel in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz

Die Aktivitätskonzentrationen in Pflanzen in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz liegen auf einem sehr

niedrigen Niveau. Sie spiegeln damit die Situation bei den Böden wider, die nach wie vor durch die Depositionen nach den Kernwaffenversuchen und dem Unfall in Tschornobyl geprägt ist. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Gemüse und Getreide in [Tabelle T II.75](#) und [Tabelle T II.76](#), für Obst in [Tabelle T II.77](#) und für Kartoffeln in [Tabelle T II.78](#) zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

Für pflanzliche Nahrungsmittel liegen die nach dem Tschornobyl-Unfall deponierten Cäsium-137-Kontaminationen auf einem sehr niedrigen Niveau. Über die Jahre betrachtet, verändern sich die Aktivitätskonzentration nur noch äußerst geringfügig. Wegen der kürzeren Halbwertszeit ist Cäsium-134 nicht mehr in pflanzlichen Nahrungsmitteln nachweisbar. Auf einem sehr niedrigen Niveau befinden sich ebenfalls die Strontium-90-Aktivitätskonzentrationen.

2.6 Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände

Die Leitstelle für Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände überwacht routinemäßig vor allem Arzneimittelpflanzen bzw. Pflanzen, die als Ausgangsstoffe für Arzneimittel und Tees dienen. Der Schwerpunkt der Überwachung liegt bei gammastrahlenden Radioisotopen, insbesondere Cäsium-137 (Cs-137), einem Falloutbestandteil der oberirdischen Kernwaffentests sowie des Reaktorunfalls von Tschornobyl.

Die spezifischen Aktivitäten des Radionuklids Cs-137 können je nach Art und lokalen Gegebenheiten, z. B. der Bodenbeschaffenheit oder -kontamination in den Anbaubereichen, erheblich variieren.

Im Jahr 2022 wurden fünf Proben untersucht. Die mit Cs-137 am höchsten kontaminierte Arzneimittelprobe

waren Bitterkleeblätter ([Tabelle T II.79](#)). In [Tabelle T II.81](#) und [Tabelle T II.82](#) sind die Messdaten von Islandmoos und Gänsefingerkraut von 2000 bis 2022 aufgelistet, in [Tabelle T II.80](#) die Messdaten von Bitterkleeblättern von 2005 bis 2022. Bitterkleeblätter zählten in den vergangenen Jahren zu den pflanzlichen Ausgangsstoffen mit den höchsten Cs-137-Kontaminationen.

Die spezifischen Aktivitäten des natürlich vorkommenden Radionuklids K-40 lagen 2022 mit maximal 970 Bq/kg (TM) bei Bitterkleeblättern und minimal 54 Bq/kg (TM) bei Islandmoos im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite. Die Aktivitäten von K-40 schwanken im Wesentlichen entsprechend dem Kaliumgehalt der untersuchten Proben.

2.7 Abwasser und Klärschlamm

Bezüglich allgemeiner Aspekte zur Radioaktivitätsüberwachung von Abwasser und Klärschlamm wird auf den Grundlagenbericht, Kapitel II Abschnitt 2.7 verwiesen.

Dem Bericht für das Jahr 2022 liegen die von den amtlichen Messstellen der Länder erhobenen Messergebnisse aus 93 Abwasserreinigungsanlagen zu Grunde. Die Messwerte für Abwässer beziehen sich auf gereinigte kommunale Abwässer (Klarwässer) aus den Abläufen der Kläranlagen und die Messwerte für Klärschlämme auf konditionierte oder stabilisierte Schlämme in der Form, in der sie die Kläranlagen verlassen, z. B. als teilentwässerte Schlämme oder Faulschlämme.

In [Tabelle T II.83](#) sind die von der Leitstelle als plausibel und repräsentativ bewerteten Ergebnisse für K-40, Co-60, Cs-137, I-131, Sr-90 und die Uranisotope U-234, U-235 und U-238 aus der allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität von Abwasser und Klärschlamm für das Jahr 2022 basierend auf der geografischen Lage der Probenentnahmeorte zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Anzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben, die als „kleiner Nachweisgrenze“ (NWG) bewertet wurden, der kleinste und größte bestimmte tatsächliche Messwert sowie der daraus ermittelte arithmetische Mittelwert, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind. Zusätzlich wird der Median angegeben, bei dem das Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ (<NWG) gleichrangig wie ein tatsächlicher Messwert (=NWG) berücksichtigt wird. Zum Vergleich werden die Medianwerte des Vorjahres ebenfalls mit angegeben. Die im Rahmen der routinemäßigen Überwachung der Umweltradioaktivität im Abwasser nach Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) geforderten Nachweisgrenzen betragen für die gammaspektrometrische Untersuchung, bezogen auf Co-60, für die Sr-90-Bestimmungen und für die Bestimmung von Alphastrahlern (Uran- und Plutoniumisotopen) jeweils 0,1 Bq/l, im Klärschlamm jeweils 5 Bq/kg TM (Trockenmasse). Zudem werden die nach AVV-IMIS bei der gammaspektrometrischen Untersuchung im Mindesten mit zu dokumentierenden Radionuklide Ru-103, Cs-134 und Ce-144 überprüft. Sofern tatsächliche Messwerte für diese genannten Radionuklide erhoben wurden, werden die Messergebnisse für die jeweiligen Umweltbereiche berichtet. Eine ergänzende Ausweisung in [Tabelle T II.83](#) wird nicht vorgenommen.

Kalium-40 und die Uranisotope U-234, U-235 und U-238 sind natürliche Bestandteile des Bodens und damit geogenen Ursprungs. Die Gehalte in Abwasser und Klärschlamm können in Abhängigkeit von den regionalen geologischen Gegebenheiten beträchtlich variieren. Die Messwerte im Jahr 2022 lagen im üblichen Bereich, z. B. im Klärschlamm für K-40 bis 1 100 Bq/kg TM (2021: bis 1 300 Bq/kg TM) und für U-234 und U-238 bis 140 Bq/kg TM bzw. 100 Bq/kg TM (2021: 2400 Bq/kg TM bzw. 220 Bq/kg TM). Die Messstelle in Bremen konnte kapazitätsbedingt nicht vollumfänglich die Anforderungen des Messprogramms nach AVV IMIS für den Umweltbereich Abwasser erfüllen. Die Anzahl der übermittelten Daten der Messstelle in Baden-Württemberg für das Berichtsjahr

2022 für die Umweltbereiche Klärschlamm und Abwasser entsprachen nicht den Vorgaben der AVV IMIS.

Das in der oberen Atmosphäre durch Einwirkung der kosmischen Strahlung gebildete und daher an der Erdoberfläche allgegenwärtige kurzlebige Be-7 (Halbwertszeit: 53 Tage) wurde wie stets im Klärschlamm mit spezifischen Aktivitäten bis zu 1 500 Bq/kg TM (2021: 1 800 Bq/kg TM) bestimmt.

Bezogen auf den vorliegenden Datenumfang konnte in 24 % der Abwasserproben und 88 % der Klärschlammproben das hauptsächlich aus nuklearmedizinischen Anwendungen stammende Radionuklid I-131 (Halbwertszeit: 8 Tage) nachgewiesen werden (Medianwert für Klärschlamm: 23 Bq/kg TM; Maximalwert: 930 Bq/kg TM). In einzelnen Klärschlammproben konnten zudem das kurzlebige Tc-99m (Maximalwert: 15 000 Bq/kg TM), Lu-177 (Maximalwert: 2 800 Bq/kg TM), Se-75 (Maximalwert: 2,3 Bq/kg TM) sowie das in der Produktion von Lu-177 unerwünscht entstehende langlebige Lu-177m (Maximalwert: 3,1 Bq/kg TM) bestimmt werden. Für den Umweltbereich Abwasser wurden Messergebnisse für Lu-177 in neun Proben (Maximalwert: 28 Bq/l) und für Tc-99m in zwei Proben (Maximalwert: 5,0 Bq/l) übermittelt.

In vier Klärschlammproben der Kläranlage Hamburg-Köhlbrandhöft konnten Pu-239/240 (Maximalwert: 0,009 Bq/kg TM) und Pu-238 (Maximalwert: 0,004 Bq/kg TM) nachgewiesen werden. Jeweils ein weiterer Wert liegt für Pu-239/240 mit 0,42 Bq/kg TM für die Kläranlage Meerbusch und für Pu-238 mit 0,22 Bq/kg TM (NWG: 0,001 Bq/l bis 0,138 Bq/kg TM) für die Kläranlage Arnstorf vor. Für eine Abwasserprobe der Kläranlage München I wurde ein Messwert zu Pu-239/240 (Einzelwert: 0,004 Bq/l, NWG: 0,006 Bq/l) und zu Pu-238 (Einzelwert: 0,001 Bq/l, NWG: 0,004 Bq/l) übermittelt.

Von den in Folge der atmosphärischen Kernwaffenversuche von 1945 bis etwa 1980 und der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl 1986 in die Umwelt gelangten Spalt- und Aktivierungsprodukten sind für Abwässer und Klärschlämme nur noch Cs-137 und Sr-90 von Bedeutung. Das kurzlebige Cs-134 (Halbwertszeit ca. 2 Jahre) war bis 2010 dagegen nicht mehr nachzuweisen. Infolge der Havarien mehrerer Reaktoren des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi konnten im Jahr 2011 in einigen wenigen Klärschlammproben erstmals auch wieder geringe Mengen an Cs-134 nachgewiesen werden (Maximalwert 2011: 1,4 Bq/kg TM). Mit einer Ausnahme im Berichtsjahr 2018 wurde in allen anderen Jahren seit 2012 kein Cs-134 mehr in Klärschlammproben bestimmt.

Die Aktivitätskonzentration von Cs-137 in Abwässern lag bei nahezu 100 % der Proben unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenze. Lediglich für jeweils eine Probe der Kläranlage Münster und eine der Kläranlage Plauen wurden Cs-137-Aktivitätskonzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze mit 0,16 Bq/l und 0,092 Bq/l berichtet. Der Median sämtlicher Werte lag bei <0,041 Bq/l (2021: <0,036 Bq/l). In 51 % der Proben konnte Sr-90 mit Werten zwischen 0,0012 Bq/l und 0,044 Bq/l nachgewiesen werden. Der Median aller Ergebnisse beträgt 0,0073 Bq/l (2021: <0,006 Bq/l).

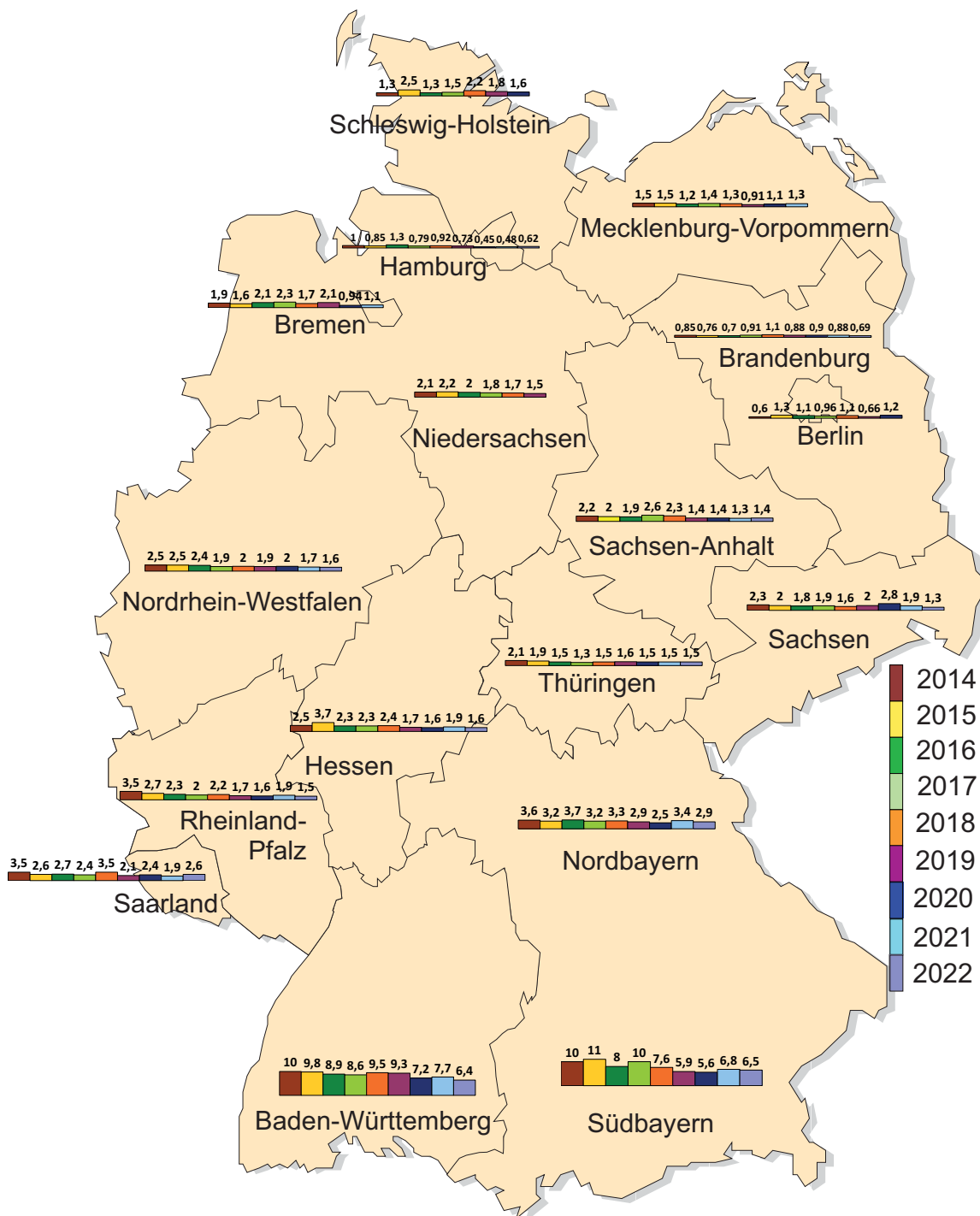


Abbildung B II 2.7-1 Cs-137 im Klärschlamm in Bq/kg TM (Jahresmittelwerte in den Bundesländern)

Die im Vergleich zu der Zeit vor der Reaktorkatastrophe in Tschornobyl z. T. noch immer erhöhten Cs-137-Kontaminationen der Klärschlämme dürften vorwiegend auf mit dem Niederschlagswasser in die Kläranlagen eingeschwemmte kontaminierte Bodenpartikel zurückzuführen sein. Deutliche Unterschiede in den spezifischen Aktivitäten der Klärschlämme können dabei bis heute auf den regional unterschiedlichen Eintrag radioaktiver Stoffe nach der Reaktorkatastrophe in Tschornobyl in Folge der starken Niederschläge Anfang Mai 1986 zurückgeführt

werden. Die höchsten Werte treten etwa östlich bzw. südlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwickau auf. In [Tabelle T II.83](#) werden daher die Daten der süddeutschen Länder ergänzt durch Angaben, bei denen jeweils zwischen den gering und den höher kontaminierten Landesteilen unterschieden wird, z. B. Nord-Bayern und Süd-Bayern.

Die im Jahresmittel höchsten Kontaminationen in Süddeutschland zeigten im Jahr 2022 - wie in allen vorherigen Berichtsjahren seit dem Tschornobyl-Ereignis - die Klär-

schlämme aus der Kläranlage Tannheim (Baden-Württemberg). Seit 2000 ergaben sich als Jahresmittelwerte für Cs-137 im Klärschlamm dieser Kläranlage folgende mittlere spezifische Aktivitäten: 140, 140, 110, 110, 98, 86, 71, 65, 56, 47, 43, 46, 40, 31, 31, 25, 23, 31, 21, 20, 22 und 20 Bq/kg TM.

In [Abbildung B II 2.7-1](#) sind für alle Bundesländer die Cs-137-Gehalte der Klärschlämme der letzten Jahre dargestellt.

In den vorangegangenen Jahren war eine kontinuierliche Abnahme der Kontamination der Klärschlämme zu erkennen. Ergaben Messungen des Klärschlammes im südlichen Bayern im Jahr 1988 noch einen Jahresmittelwert an Cs-137 von 970 Bq/kg TM, so schwanken die mittleren spezifischen Aktivitäten in dieser Region seit 2018 zwischen 5,6 Bq/kg TM und 6,8 Bq/kg TM. Auf Grund dieses inzwischen erreichten sehr niedrigen Niveaus der spezifischen Aktivität der Klärschlämme sind die zu beobachtenden Schwankungen hauptsächlich durch die Probenentnahme und messtechnisch bedingten Unsicherheiten erklärbar.

Zur Bewertung der Klärschlammkontamination aus radioökologischer Sicht ist vorrangig die landwirtschaftliche Nutzung der Klärschlämme zu betrachten. Wird z. B. Klärschlamm mit einer spezifischen Aktivität von etwa 20 Bq/kg TM (Jahresmittelwert der Kläranlage Tannheim) in einer Menge von 0,5 kg auf einer Fläche von einem Quadratmeter innerhalb von drei Jahren (gemäß Klärschlammverordnung) ausgebracht, entspricht dies einer mittleren jährlichen Aktivitätszufuhr von etwa 3 Bq/m² Cs-137. Dies bedeutet bei einer für das Einzugsgebiet einer entsprechenden Kläranlage typischen Flächenbelastung von zurzeit ca. 15 000 Bq/m² Cs-137 eine jährliche Aktivitätszufuhr in den Boden von weniger als 0,05 %. Hierbei ist aber anzumerken, dass eine solche berechnete Erhöhung der Cs-137-Aktivität durch den radioaktiven Zerfall von 2,3 % pro Jahr des bereits im Boden befindlichen Cs-137 in der Höhe um ein Vielfaches kompensiert wird.

2.8 Abfälle

Bezüglich allgemeiner Aspekte zur Radioaktivitätsüberwachung von Abfällen wird auf den Grundlagenbericht, Kapitel II Abschnitt 2.8 verwiesen.

Die Leitstelle Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Abfälle und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen überprüft routinemäßig die im Rahmen des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) erhobenen Messdaten von Abfällen und wiederverwertbaren Reststoffen, die von radioökologischer Bedeutung sein könnten. Zu überwachen sind nach dem Messprogramm für den Normalbetrieb dabei folgende Medien:

- Sickerwasser und oberflächennahes Grundwasser von Hausmülldeponien,
- Asche, Schlacke, feste und flüssige Rückstände aus Rauchgasreinigungen von Verbrennungsanlagen für Klärschlamm und Hausmüll sowie
- in den Handel gelanger Kompost aus Kompostierungsanlagen.

Die im Jahr 2022 von den amtlichen Messstellen der Bundesländer übermittelten und von der Leitstelle als plausibel und repräsentativ bewerteten Daten für Co-60, Cs-137, I-131, K-40 und H-3 sind in [Tabelle T II.84](#) zusammengefasst. Angegeben werden jeweils die Gesamtanzahl der untersuchten Proben, die Anzahl der untersuchten Proben, die als „kleiner Nachweisgrenze“ (NWG) bewertet wurden, der kleinste und größte bestimmte tatsächliche Messwert sowie der daraus ermittelte, arithmetische Mittelwert, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind. Zusätzlich wird der Median angegeben, bei dem das Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ (<NWG) gleichrangig wie ein tatsächlicher Messwert (=NWG) berücksichtigt wird. Zum Vergleich werden die Medianwerte des Vorjahres ebenfalls mit angegeben. Die im Rahmen des Strahlenschutzgesetzes in der routinemäßigen Überwachung geforderten Nachweisgrenzen betragen für die gammaspektrometrische Untersuchung der festen Medien 5 Bq/kg TM und für die flüssigen Medien 0,1 Bq/l, jeweilig bezogen auf Co-60. Für das Sickerwasser und oberflächennahe Grundwasser von Hausmülldeponien wird zusätzlich die Bestimmung von H-3 mit einer Nachweisgrenze von 10 Bq/l gefordert. Zudem werden die nach AVV-IMIS bei der gammaspektrometrischen Untersuchung im Mindesten mit zu dokumentierenden Radionuklide Ru-103, Cs-134 und Ce-144 überprüft. Sofern tatsächliche Messwerte für diese genannten Radionuklide erhoben wurden, werden sie für die jeweiligen Umweltbereiche berichtet. Eine ergänzende Ausweisung in [Tabelle T II.84](#) wird nicht vorgenommen.

Für Cs-137 erfolgt in [Tabelle T II.84](#) eine zusätzliche Differenzierung zwischen Probenentnahmeorten nördlich und südlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiessel, da diese etwa die Grenze zwischen den durch die Reaktorkatastrophe von Tschornobyl höher belasteten Gebieten in Bayern und im südöstlichen Baden-Württemberg und den weniger belasteten Gebieten in der übrigen Bundesrepublik bildet. Da eine regionale Abhängigkeit auf Grund der geringen Menge an Datenpunkten im südlichen Raum jedoch nicht valide zu stützen ist, werden in der Auswertung die Daten des gesamten Bundesgebietes betrachtet.

Im **Sickerwasser bzw. oberflächennahen Grundwasser von Hausmülldeponien** wurde in 30 % der untersuchten Proben Cs-137 nachgewiesen. Die Werte der Cs-137-Aktivitätskonzentration liegen zwischen 0,003 Bq/l und 0,14 Bq/l (2021: 0,005 Bq/l und 0,14 Bq/l). Der Median aller Ergebnisse beträgt <0,04 Bq/l (2021: <0,04 Bq/l).

Bei dem natürlich vorkommenden Nuklid K-40 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,32 Bq/l und 59 Bq/l gemessen und aus sämtlichen Ergebnissen ein Median von 11 Bq/l (2021: 0,26 Bq/l und 57 Bq/l, Median: 9,9 Bq/l) berechnet.

Tritium wurde in 81 % der untersuchten Proben mit Werten zwischen 4,0 Bq/l und 210 Bq/l (2021: 1,2 Bq/l bis 190 Bq/l) nachgewiesen. Der Median liegt bei 16 Bq/l (2021: 14 Bq/l).

Bei den **Abfällen der Verbrennungsanlagen** ergibt sich folgendes Bild:

Der Maximalwert der spezifischen Aktivität von Cs-137 in **Flugasche / Filterstaub** wurde in der Müllverbrennungsanlage Landshut mit 100 Bq/kg TM (2021: 180 Bq/kg TM ebenfalls in Landshut) gemessen. Der Median sämtlicher Ergebnisse wurde für Cs-137 mit 15 Bq/kg TM (2021: 16 Bq/kg TM) bestimmt.

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 320 Bq/kg TM bis 3 500 Bq/kg TM, der Median aller mitgeteilten Ergebnisse bei 1 300 Bq/kg TM (2021: 330 Bq/kg TM bis 5 200 Bq/kg TM, Median: 1 100 Bq/kg TM).

Die Aktivitätskonzentrationen für Co-60 sind ausschließlich unterhalb der geforderten Nachweisgrenze, der Median beträgt <0,4 Bq/kg TM (2021: <0,37 Bq/kg TM).

In 12 von insgesamt 48 Proben wurde das aus nuklearmedizinischen Anwendungen stammende Radionuklid I-131 mit Werten von 0,51 Bq/kg TM bis 150 Bq/kg TM bestimmt. Der Median aller I-131-Ergebnisse beträgt <0,8 Bq/kg TM (2021: <0,74 Bq/kg TM).

In vereinzelt Proben konnten die ebenfalls in der Nuklearmedizin zum Einsatz kommenden Radionuklide Lu-177 (Maximalwert: 64 Bq/kg TM) und Lu-177m (Einzelwert: 0,68 Bq/kg TM) nachgewiesen werden.

Für **Rohschlacke mit und ohne Filterstaub** beträgt die maximale bestimmte spezifische Aktivität von Cs-137 16 Bq/kg TM (2021: 19 Bq/kg TM). Der Median aller Ergebnisse liegt bei 1,4 Bq/kg TM (2021: 1,4 Bq/kg TM).

In allen Proben konnte K-40 mit spezifischen Aktivitäten zwischen 95 Bq/kg TM und 940 Bq/kg TM (2021: 130 Bq/kg TM bis 1 200 Bq/kg TM) gemessen werden.

Für den Berichtszeitraum sind alle Co-60-Werte als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet worden. Der Median aller Ergebnisse beträgt <0,22 Bq/kg TM (2021: <0,23 Bq/kg TM).

Für I-131 wurden für 14 von 76 Proben Messergebnisse im Bereich von 2,7 Bq/kg TM bis 20 Bq/kg TM (2021: 5,2 Bq/kg TM bis 44 Bq/kg TM) ausgewiesen. In 13 Proben der Klärschlammverbrennungsanlage Berlin-Ruhleben wurde das kurzlebige Radionuklid Lu-177 (Maximalwert: 912 Bq/kg TM) und in jeweils einer Probe Tc-99m (Maximalwert: 14 Bq/kg TM) und In-111 (Maximalwert: 1,0 Bq/kg TM) nachgewiesen.

Bei den **festen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** (Gips und Sorptionsprodukte) konnte in 65 % der untersuchten Proben Cs-137 nachgewiesen werden. Der größte bestimmte Messwert lag bei 43 Bq/kg TM (2021: 52 Bq/kg TM). Der Median sämtlicher Ergebnisse im Bundesgebiet beträgt < 1,4 Bq/kg TM (2021: 1,8 Bq/kg TM).

Die spezifischen K-40-Aktivitäten liegen im Bereich von 2,7 Bq/kg TM bis 1 700 Bq/kg TM (2021: 1,8 Bq/kg TM bis 1 700 Bq/kg TM) mit einem Median sämtlicher Ergebnisse von 120 Bq/kg TM (2021: 260 Bq/kg TM).

Für I-131 wurden in 65 % der Proben spezifische Aktivitäten von 0,09 Bq/kg TM bis 170 Bq/kg TM (2021: 0,19 Bq/kg TM bis 150 Bq/kg TM) bestimmt. In drei Proben der Klärschlammverbrennungsanlage Berlin-Ruhleben wurde zudem Se-75 (Maximalwert: 6,1 Bq/kg TM)

und in einer Probe der Hausmüllverbrennungsanlage Mannheim I-125 (Einzelwert: 0,33 Bq/kg TM, NWG: 0,42 Bq/kg TM) nachgewiesen.

Die Aktivitätskonzentrationen für Co-60 sind ausschließlich unterhalb der geforderten Nachweisgrenze. Für das Jahr 2022 wurde ein Median von <0,28 Bq/kg TM (2021: <0,3 Bq/kg TM) berechnet.

Bei den **flüssigen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** wurden Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 zwischen 0,031 Bq/l und 2,2 Bq/l (2021: 0,014 Bq/l und 3,1 Bq/l) angegeben. Der Median aller Ergebnisse liegt bei <0,083 Bq/l (2021: <0,091 Bq/l).

Für Co-60 wurden alle Werte als „kleiner Nachweisgrenze“ gemeldet. Der Median für den Berichtszeitraum 2022 beträgt wie im Vorjahr <0,071 Bq/l.

Iod-131 wurde in 25 von 32 untersuchten Proben mit Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,14 Bq/l und 380 Bq/l (2021: 0,17 Bq/l und 190 Bq/l) bestimmt; ein Median von 2,0 Bq/l (2021: 1,0 Bq/l) wurde über sämtliche Werte ermittelt. Eine Probe der Klärschlammverbrennungsanlage Berlin-Ruhleben enthielt zudem Se-75 (Einzelwert: 0,021 Bq/l, NWG: 0,12 Bq/l).

Die Untersuchung des **Kompostes** ergab für Cs-137 spezifische Aktivitäten zwischen 1,0 Bq/kg TM und 21 Bq/kg TM (2021: 1,5 Bq/kg TM bis 23 Bq/kg TM). Der Median aller Ergebnisse beträgt 4,1 Bq/kg TM (2021: 4,1 Bq/kg TM).

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 140 Bq/kg TM bis 870 Bq/kg TM, der Median aller erhobenen Daten bei 470 Bq/kg TM (2021: 480 Bq/kg TM bis 690 Bq/kg TM, Median: 480 Bq/kg TM).

Zur radiologischen Beurteilung des Kompostes aus Kompostierungsanlagen ist anzumerken, dass dieser im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Nutzung des Klärschlammes vorzugsweise im Gartenbaubereich (Gärtnereien, Baumschulen, Parkanlagen usw.) verwendet wird. Inwiefern dieser zusätzlich aufgebrauchte Kompost zu einer signifikanten Erhöhung der Cs-137-Aktivität im angebauten Produkt führen kann, hängt nicht nur von der Cs-137-Aktivitätskonzentration im Kompost und im Boden ab. Vielmehr beeinflussen chemische, physikalische und biologische Prozesse im Boden, physiologische Prozesse in der Pflanze selbst sowie externe Faktoren wie Klima oder Bodenbearbeitungspraxen, in welcher Größenordnung Cs-137 in einer Pflanze angereichert werden kann [1, 2]. In der Literatur sind Transferfaktoren Boden-Pflanze für Böden mit hohem Anteil an organischer Substanz tendenziell höher angegeben als für ton- bzw. lehmhaltige Böden [1, 2, 3]. Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten) hat den Transferfaktor Boden / Pflanze für Cäsium auf 0,01 abgesenkt, ergänzt durch die Möglichkeit der standortspezifischen Anpassung des Transferfaktors, sofern dies insgesamt zu keiner Unterschätzung der Exposition führt. In der vorhergehend gültigen Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung war der Transferfaktor mit

0,05 angegeben unabhängig von Bodentyp und Pflanze. Vorausgesetzt, eine Pflanze würde auf einem Boden, nur bestehend aus dem maximal mit Cs-137 angereicherten Kompost von 21 Bq/kg TM, angepflanzt werden, so würde das nach den Berechnungsvorgaben der AVV Tätigkeiten zu einer Aktivitätskonzentration in der Pflanze von bis zu 0,21 Bq/kg, bezogen auf die Feuchtmasse (FM), führen. Wäre die Pflanze als Importprodukt für den Handel in Deutschland vorgesehen, so würde dieses den für landwirtschaftliche Erzeugnisse (ausgenommen Milch und Kleinkindnahrung) in der EU-Durchführungsverordnung 2020/1158 hinterlegten Grenzwert von 600 Bq/kg FM für Cs-137 weit unterschreiten. Berechnet man die Dosis anhand der maximal aufgenommenen Aktivitätskonzentration von 0,21 Bq/kg FM in der Pflanze (Annahme: Wurzelgemüse, Kartoffel, Säfte) für die Altersgruppe <1 a und den Erwachsenen (>17 a), würde man Werte von 0,4 und 0,45 µSv/a erhalten. Diese Werte liegen deutlich unterhalb der mittleren jährlichen Strahlenexposition aus natürlichen Quellen von 2 100 µSv in Deutschland. Somit würde die Nutzung des Kompostes bzw. der Verzehr des angebauten Produktes keine gesundheitliche Gefährdung für die Bevölkerung darstellen.

Literatur

- [1] Rigol A, Vidal M, Rauret G: An overview of the effect of organic matter on soil-radiocaesium interaction: implications in root uptake. *Journal of Environmental Radioactivity* (58): 191-216, 2002
- [2] Ehlken S, Kirchner G: Environmental processes affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review. *Journal of Environmental Radioactivity* (58): 97-112, 2002
- [3] IAEA Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and

Freshwater Environments. Technical Reports Series 472: 47-48, Vienna 2010

2.9 Inkorporationsüberwachung der Bevölkerung

Seit dem Unfall im Kernkraftwerk Tschornobyl im April 1986 werden an der Inkorporationsmessstelle des Bundesamtes für Strahlenschutz in München (Neuherberg) monatlich Ganzkörpermessungen an einer Referenzgruppe der Bevölkerung zur Bestimmung der Körperaktivitäten von Cs-137 durchgeführt. Mittlerweile kann beim Großteil der gemessenen Personen kein Cs-137 mehr nachgewiesen werden: im Jahr 2022 bei 90 % der einzelnen Messungen an Frauen und bei 74 % der einzelnen Messungen an Männern; bei 51 % der Frauen und 49 % der Männer wurde bei keiner einzigen Messung im Jahr 2022 Cs-137 nachgewiesen. Bei einer Person konnte eine erhöhte Körperaktivität nach dem Verzehr von Pilzgerichten gemessen werden (3,3 Bq/kg bzw. 185 Bq). Bei den übrigen Personen reichten die Körperaktivitäten bis zu 1,8 Bq/kg bzw. 116 Bq bei Frauen und bis zu 1,6 Bq/kg bzw. 117 Bq bei Männern ([Abbildung B II 2.9-1](#)).

Auch an der Inkorporationsmessstelle des Bundesamtes für Strahlenschutz in Berlin werden Ganzkörpermessungen an einer Referenzgruppe der Bevölkerung durchgeführt. Auch dort kann beim Großteil der gemessenen Personen kein Cs-137 mehr nachgewiesen werden: im Jahr 2022 bei 90 % der einzelnen Messungen an Frauen und bei 82 % der einzelnen Messungen an Männern. Die höchste im Jahr 2022 gemessene Körperaktivität von Cs-137 betrug 1,2 Bq/kg bzw. 80 Bq ([Abbildung B II 2.9-2](#)).

Die maximal gemessenen Körperaktivitäten verursachen äußerst geringe Beiträge zur effektiven Dosis im Bereich von wenigen Mikrosievert pro Jahr.

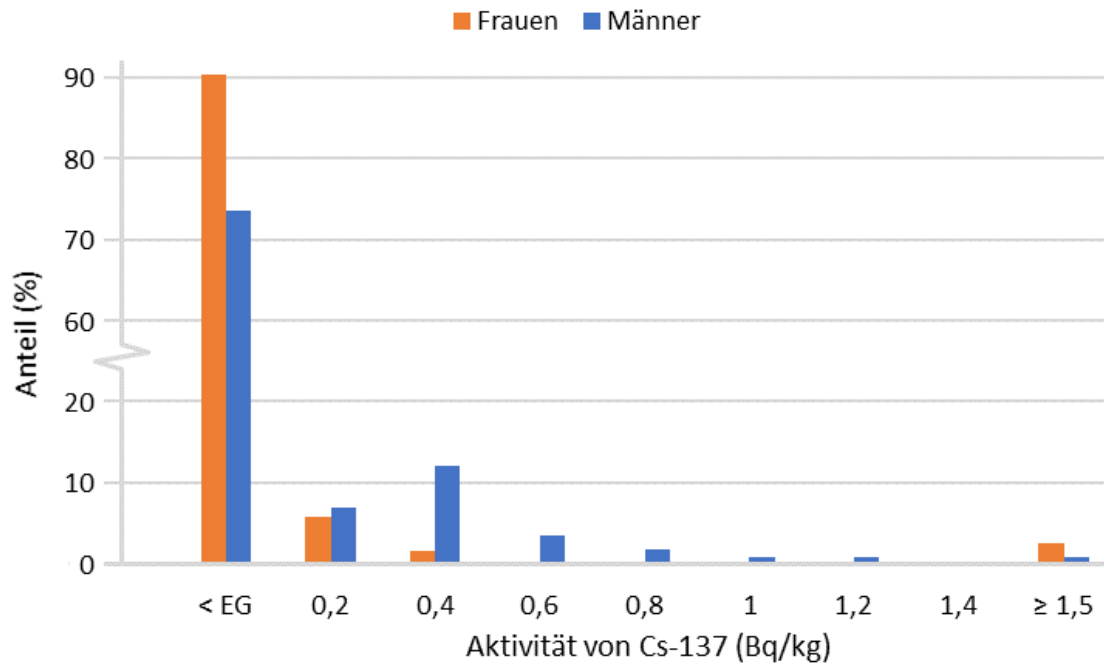


Abbildung B II 2.9-1 Häufigkeitsverteilung der Körperaktivitäten von Cs-137 in der Bevölkerung, die im Jahr 2022 in der Inkorporationsmessstelle des BfS in München gemessen wurde.
EG: Erkennungsgrenze des Messverfahrens bei ca. 0,15 Bq/kg; darunter kann kein Cs-137 identifiziert werden.

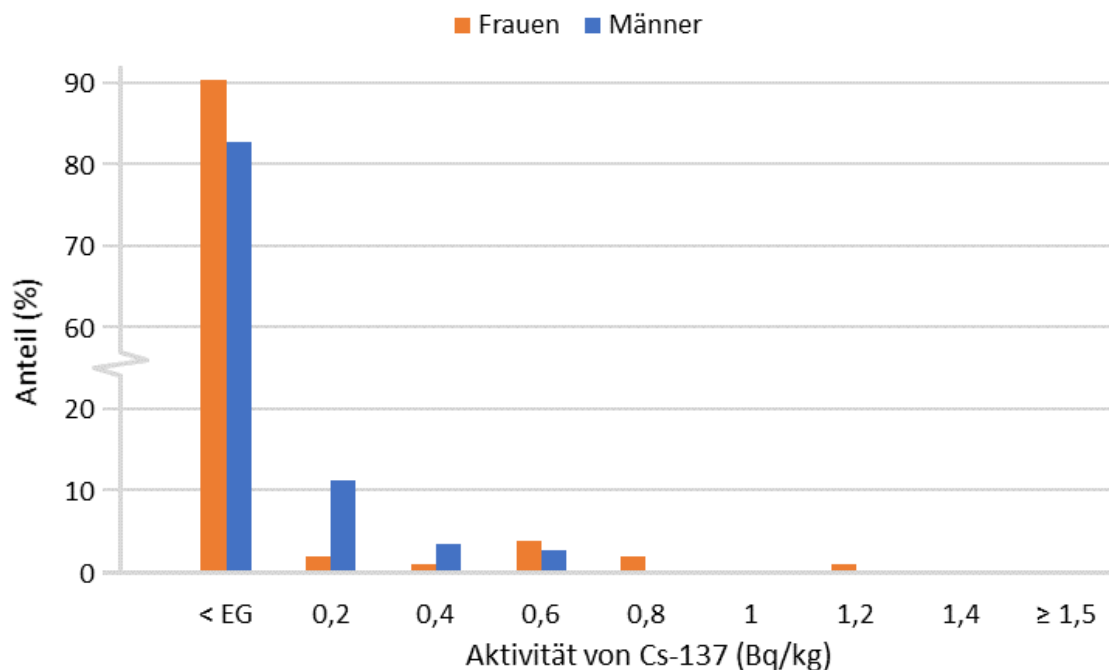


Abbildung B II 2.9-2 Häufigkeitsverteilung der Körperaktivitäten von Cs-137 in der Bevölkerung, die im Jahr 2022 in der Inkorporationsmessstelle des BfS in Berlin gemessen wurde.
EG: Erkennungsgrenze des Messverfahrens bei ca. 0,15 Bq/kg; darunter kann kein Cs-137 identifiziert werden.

III BERUFLICHE EXPOSITIONEN

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Erfassung und Auswertung von Daten über berufliche Expositionen in Deutschland

Daten über berufliche Expositionen werden im Strahlenschutzregister (SSR) des BfS zentral erfasst und personenbezogen zusammengeführt. Zweck der Datenerfassung ist die Überwachung der gesetzlichen Dosisgrenzwerte und der Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze. Des Weiteren dienen die erfassten Expositionsdaten der Prüfung des Bestehens eines Anspruchs gegen einen Träger der gesetzlichen Unfallversicherung sowie zum Zweck der wissenschaftlichen Forschung im Bereich des Strahlenschutzes.

1.1 Erfasste Daten

Berufliche Expositionen sind Expositionen, die vor allem bei der Ausübung von Tätigkeiten gemäß § 4 StrlSchG anfallen. Dies betrifft alle geplanten Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Umgang mit Strahlungsquellen stehen. Hierzu zählen z. B. Expositionen, die beim Umgang mit radioaktiven Stoffen oder mit Bestrahlungsanlagen auftreten, aber auch die Exposition des fliegenden Personals durch kosmische Strahlung.

Berufliche Expositionen können jedoch nicht nur in geplanten, sondern auch in bestehenden Expositionssituationen (z. B. Radon am Arbeitsplatz oder radioaktive Altlasten) oder in Notfallexpositionssituationen (z. B. Einsatz von Feuerwehren in einem radiologischen Notfall) auftreten. Eine berufliche Exposition kann auch im Rahmen eines Ausbildungsverhältnisses, bei ehrenamtlicher Betätigung oder bei freiwilliger dosimetrischer Überwachung auftreten.

Da freiwillig überwachte Personen, Beschäftigte an Radon-Arbeitsplätzen sowie Einsatzkräfte, die ausschließlich in einer Notfallexpositionssituation oder einer anderen Gefahrenlage eine Exposition erhalten, nach dem Gesetz nicht als beruflich exponierte Personen gelten, wurden alle im SSR registrierten Personen in diesem Bericht unter dem Oberbegriff „strahlenschutzüberwachte Personen“ zusammengefasst.

Im Jahr 2022 wurden im SSR ca. 424 000 strahlenschutzüberwachte Personen erfasst. Diese wurden in diesem Bericht gemäß ihrer beruflichen Tätigkeiten in folgende Berufsgruppen gruppiert: Medizin, Kerntechnik, Allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, Fliegendes Personal, NORM (Umgang mit natürlich vorkommenden Radionukliden außer Radon), Altlasten (Bewältigung oder Sanierung radioaktiver Altlasten), Radon (Beschäftigung an Arbeitsplätzen mit erhöhter Exposition durch Radon).

1.2 Datenermittlung und Auswertung

Die Ermittlung der infolge beruflicher Exposition angefallenen Dosiswerte erfolgt je nach Art der Exposition, nämlich nach äußerer Exposition, innerer Exposition, Exposition durch kosmische Strahlung und Exposition durch Radon.

Die Überwachung der äußeren Exposition wird von vier behördlich bestimmten Personendosismessstellen durch-

geführt. Da die Schutzgrößen „effektive Dosis“ bzw. „Organ-Äquivalentdosis“ nicht direkt gemessen werden können, werden bei äußerer Exposition operative Messgrößen (Tiefen-Personendosis, Oberflächen-Personendosis, etc.) genutzt. Diese können mittels amtlicher Personendosimeter (Ganzkörper- bzw. Teilkörperdosimeter) direkt gemessen werden und dienen dann als Maß für die entsprechenden Schutzgrößen. Die Dosimeter sind an repräsentativen Stellen an der Körperoberfläche zu tragen und werden in der Regel einmal pro Monat ausgewertet. Die Messwerte der amtlichen Ganzkörperdosimeter werden dem SSR mit einer Genauigkeit von 0,1 mSv, diejenigen der Teilkörperdosimeter mit einer Genauigkeit von 1 mSv mitgeteilt. Bei Messwerten unterhalb von 0,05 mSv für Ganzkörperdosimeter, bzw. 0,5 mSv bei Teilkörperdosimetern, wird dem SSR ein Dosiswert von 0,0 mSv gemeldet. Eine gesonderte Rundungsregel gilt bei der Messung der Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse mittels spezieller Augenlinsendosimeter. Die Messwerte der amtlichen Augenlinsendosimeter werden dem SSR mit einer Genauigkeit von 0,1 mSv gemeldet, wobei die untere Meldeschwelle bei 0,25 mSv liegt.

Die Überwachung der inneren Exposition des überwachten Personals wird von behördlich bestimmten Inkorporationsmessstellen übernommen. Im Jahr 2022 gab es in Deutschland 24 dieser Messstellen. Insgesamt 14 bestimmte Inkorporationsmessstellen haben im Jahr 2022 Dosisdaten an das SSR gemeldet. Die Ermittlung der inneren Exposition wird regelmäßig oder bei besonderen Anlässen durchgeführt, wobei Ausscheidungs- und Ganzkörpermessungen durchgeführt oder auch Raumluftaktivitätsmessungen herangezogen werden. Auf Basis dieser Messungen werden dann mit Hilfe biokinetischer und dosimetrischer Modelle die effektive Dosis bzw. die Organ-Äquivalentdosis ermittelt. Personen, die auf Inkorporation überwacht werden, unterliegen in der Regel auch der Personendosisüberwachung und können aus allen Bereichen stammen, in denen mit künstlichen Radionukliden umgegangen wird. In Deutschland wurden im Jahr 2022 von den Inkorporationsmessstellen 1 127 Personen (Vorjahr: 1 051) überwacht. Die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug 0,03 Personen-Sv. Die höchste effektive Jahresdosis infolge von Inkorporation lag bei 5,39 mSv. Von den 1 127 Überwachten hatten lediglich 86 Personen Dosiswerte größer null. Dem Wert null zugeordnet werden Messergebnisse unter der Erkennungsgrenze der Aktivität sowie unter einer berechneten effektiven Dosis von 0,05 mSv.

Für die Überwachung der Exposition des fliegenden Personals durch kosmische Strahlung wird die effektive Dosis durch spezielle vom Luftfahrt-Bundesamt anerkannte Computerprogramme berechnet. Die für die Zulassung erforderliche Prüfung dieser Rechenprogramme übernimmt das BfS. Die Programme ermitteln auf der Basis von physikalischen Messungen (z. B. der Neutronenflussdichte) und anhand der Flugdaten (Start- und Zielflughafen, Flugdauer und -höhe, Datum) die effektive Dosis, die aus dem jeweiligen Flug resultiert. Das SSR erhält die Dosiswerte in Form von Monatswerten.

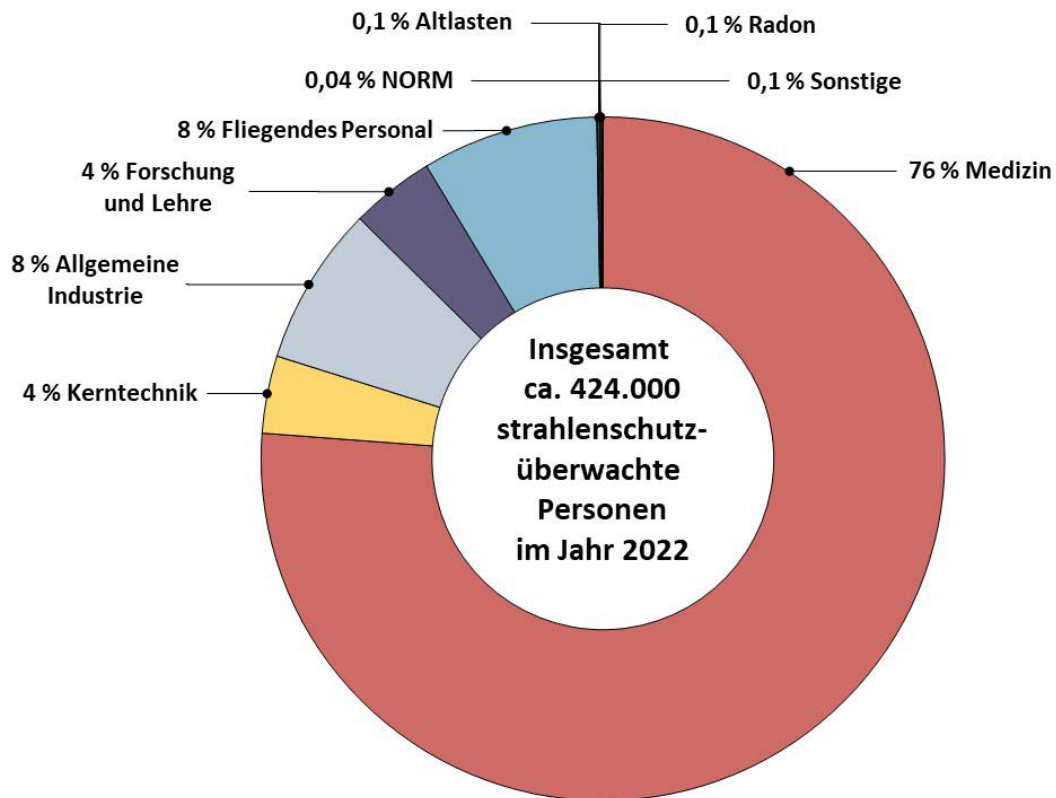


Abbildung B III 2.1-1 Strahlenschutzüberwachte Personen im Jahr 2022

Personen, die in ihrem Arbeitsumfeld einer erhöhten Exposition durch Radon ausgesetzt sind, unterliegen unter bestimmten Bedingungen ebenfalls der beruflichen Strahlenschutzüberwachung. An welchen Arbeitsplätzen und unter welchen Bedingungen die Exposition durch Radon überwacht werden muss, ergibt sich aus einem im Strahlenschutzgesetz (§§ 126-132) festgelegten mehrstufigen Prozess. Dabei wird an sogenannten Radon-Arbeitsplätzen insbesondere die durch Inhalation von Radon und Radonzerfallsprodukten verursachte Exposition und die daraus resultierende effektive Dosis betrachtet.

Für viele Personen liegt der während eines Überwachungsintervalls ermittelte Dosiswert unterhalb der Nachweisgrenze des einzelnen Messverfahrens. In diesem Fall wird dem SSR ein Wert von 0,0 mSv gemeldet. Liegt mindestens ein pro Überwachungsintervall ermittelter Dosiswert oberhalb der Nachweisgrenze bzw. wird für eine Person ein Dosiswert von mehr als 0,0 mSv an das SSR gemeldet, so wird die Person in diesem Bericht zu den „messbar exponierten Personen“ gezählt.

2. Auswertungen aus dem Strahlenschutzregister

2.1 Anzahl strahlenschutzüberwachter und messbar exponierter Personen

Im Jahr 2022 umfasste die Überwachung beruflicher Expositionen in Deutschland insgesamt ca. 424 000 Personen aus den Berufsgruppen Medizin, Kerntechnik, Allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, Fliegendes

Personal, NORM, Altlasten und Radon ([Abbildung B III 2.1-1](#)). Mit 76 % stellte der medizinische Bereich den mit Abstand größten Anteil der strahlenschutzüberwachten Personen. An zweiter Stelle standen gleichauf mit jeweils 8 % die Beschäftigten der allgemeinen Industrie und das fliegende Personal. Die Bereiche Forschung und Lehre sowie Kerntechnik machten im Jahr 2022 jeweils 4 % aller strahlenschutzüberwachten Personen aus. Die kleinsten Gruppen bildeten 2022 die Beschäftigten aus den Bereichen NORM (0,04 %), Altlasten (0,1 %) und Radon (0,1 %). Beschäftigte, die nach den übermittelten Tätigkeiten nicht in die vorher benannten Berufsgruppen eingeteilt werden konnten, sind in der Gruppe „Sonstige“ zusammengefasst und machten im Jahr 2022 0,1 % der strahlenschutzüberwachten Personen aus.

Nicht alle strahlenschutzüberwachten Personen wurden auch tatsächlich, das heißt zumindest „messbar exponiert“. So wurden nur bei etwa einem Viertel der strahlenschutzüberwachten Personen innerhalb eines Kalenderjahres Dosiswerte über der Nachweisgrenze bzw. größer als 0,0 mSv ermittelt. Hierbei wurden sowohl die effektive Dosis als auch die Organ-Äquivalentdosis berücksichtigt. Demnach wurden von den insgesamt etwa 424 000 strahlenschutzüberwachten Personen im Jahr 2022 ca. 103 000 Personen im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit messbar exponiert (Ganzkörper- und Teilkörperexposition). Davon haben ca. 100 000 Personen mindestens eine messbare effektive Dosis erhalten. Die restlichen ca. 3 000 Personen wiesen eine messbare Organ-Äquivalentdosis, jedoch keine messbare effektive Dosis auf.

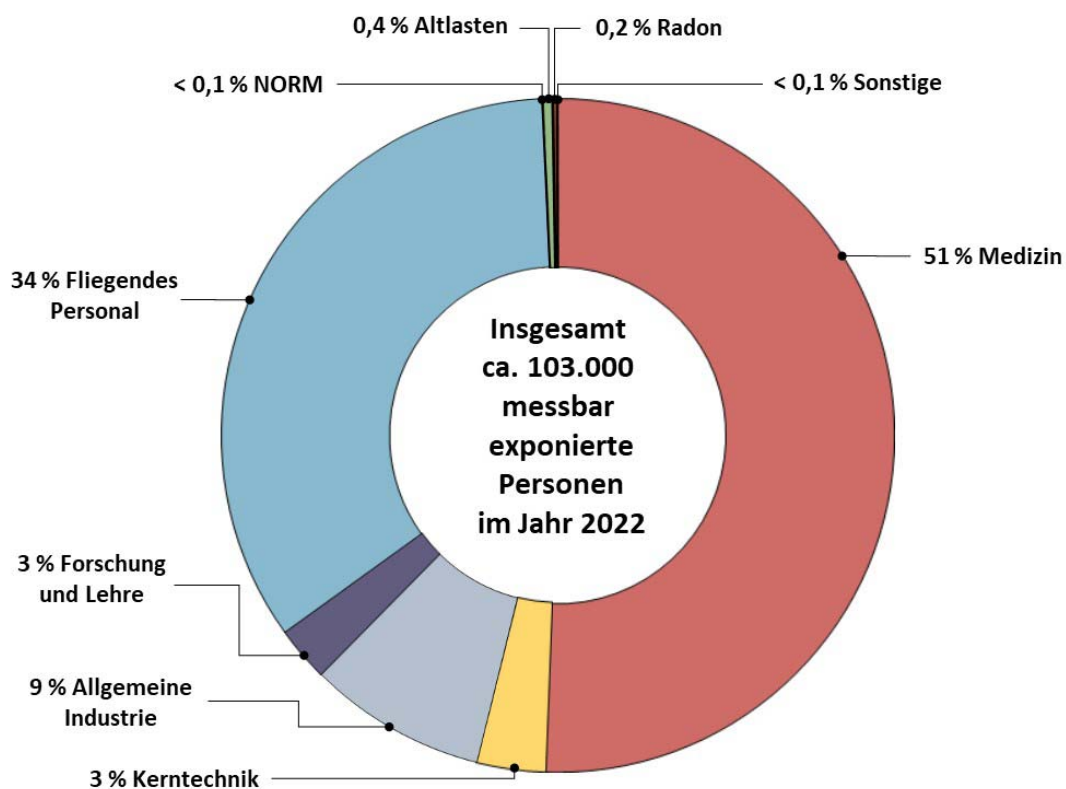


Abbildung B III 2.1-2 Messbar exponierte Personen im Jahr 2022 in Bezug auf Ganzkörper- und Teilkörperexposition

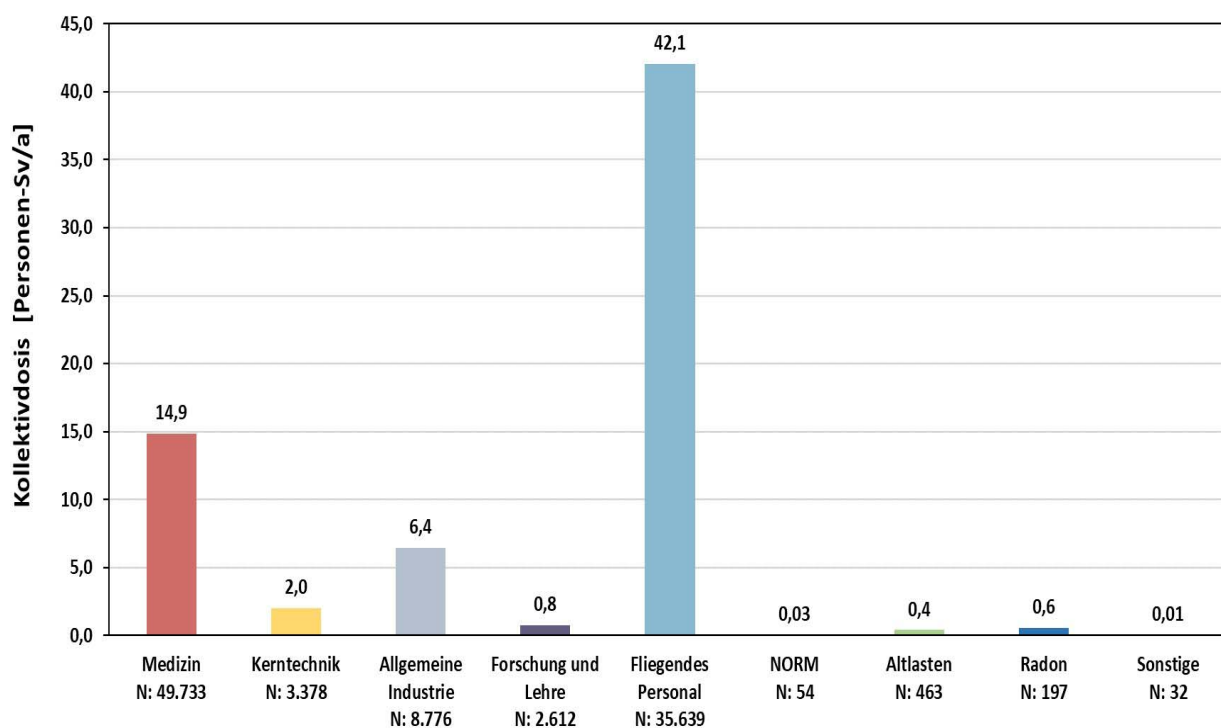


Abbildung B III 2.2-1 Kollektivdosis der messbar exponierten Personen im Jahr 2022; N = Anzahl der Personen.

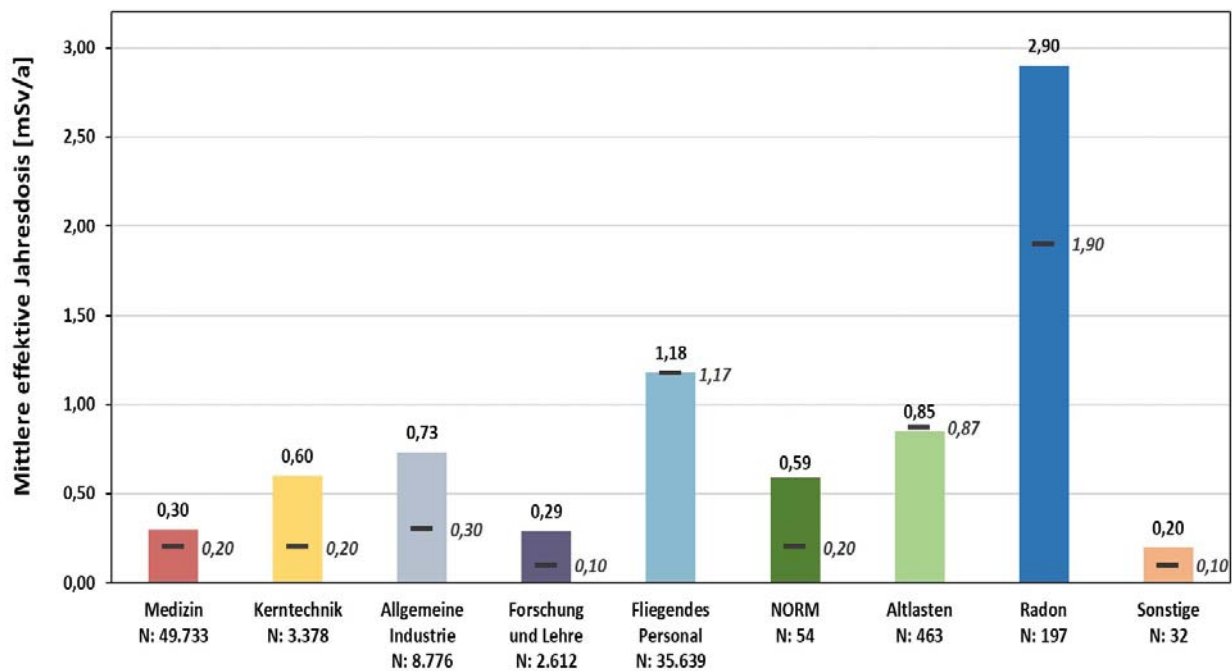


Abbildung B III 2.3-1 Mittlere effektive Jahresdosis der messbar exponierten Personen im Jahr 2022;
N = Anzahl der Personen; Querstrich = Median.

Abbildung B III 2.1-2 zeigt die Anteile der Gesamtgruppe der messbar exponierten Personen im Jahr 2022. Davon waren etwa 53 000 Personen (51 %) dem Bereich der Medizin und ca. 36 000 Personen (34 %) dem fliegenden Personal zuzuordnen, die damit die beiden größten Berufsgruppen darstellen, wenn allein die messbaren Expositionswerte betrachtet werden.

2.2 Die Kollektivdosis

Im folgenden Balkendiagramm (Abbildung B III 2.2-1) ist die Kollektivdosis für verschiedene Berufsgruppen in Personen-Sv im Jahr 2022 dargestellt. Die Kollektivdosis wurde berechnet als Summe der effektiven Dosen aller messbar exponierten Personen der jeweiligen Berufsgruppe pro Kalenderjahr. Demnach erhielt das fliegende Personal mit 42,1 Personen-Sv (für ca. 36 000 Personen) annähernd zwei Drittel des im Jahr 2022 erfassten Gesamtwerts von 67,1 Personen-Sv. Im Vergleich zu den Vorjahren 2020 und 2021, die durch einen deutlichen Einbruch des Flugverkehrs aufgrund der COVID-19-Pandemie geprägt waren, steigt die Kollektivdosis des fliegenden Personals mit Zunahme des Flugverkehrs nach der COVID-19-Pandemie wieder an. Somit nähert sich der Anteil der Kollektivdosis des fliegenden Personals an der Gesamtkollektivdosis wieder den Werten vor der COVID-19-Pandemie an.

2.3 Die mittlere effektive Jahresdosis

Abbildung B III 2.3-1 zeigt die mittlere effektive Jahresdosis pro Berufsgruppe für das Jahr 2022. Sie wurde berechnet aus dem Quotienten der Jahreskollektivdosis und der Anzahl der messbar exponierten Personen der jeweiligen Berufsgruppe. Für Arbeitsplätze im Zusammenhang mit

geplanten Expositionssituationen (Medizin, Kerntechnik, Allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, Fliegendes Personal und NORM) kann festgestellt werden, dass die individuellen beruflichen Expositionen im Vergleich zur mittleren natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung (2,1 mSv pro Person und Jahr) auf einem niedrigen Niveau liegen. So lag 2022 die mittlere effektive Jahresdosis für messbar exponierte Beschäftigte aus dem Bereich Medizin bei 0,3 mSv, aus dem Bereich Kerntechnik bei 0,6 mSv, aus der allgemeinen Industrie bei 0,7 mSv, aus dem Bereich Forschung und Lehre bei 0,3 mSv, für fliegendes Personal bei 1,2 mSv sowie für Beschäftigte im Bereich NORM-Arbeitsplätze bei 0,6 mSv.

Von den Personen, die im Rahmen einer bestehenden Expositionssituation im Jahr 2022 dosimetrisch überwacht wurden, wiesen Beschäftigte im Bereich der Altlasten-Sanierung eine mittlere effektive Jahresdosis von 0,9 mSv und Personen an Radon-Arbeitsplätzen einen Wert von 2,9 mSv auf. Damit traten im Bereich Radon im Durchschnitt pro Person deutlich höhere Dosiswerte auf als bei allen anderen Berufsgruppen. Dies ist damit zu erklären, dass bei Radon die verpflichtende dosimetrische Überwachung erst ab einer möglichen effektiven Jahresdosis von 6 mSv einsetzt, bei allen anderen Berufsgruppen bereits ab 1 mSv. Dennoch zeigen die Ergebnisse, dass die Exposition durch Radon an Arbeitsplätzen ein relevantes Thema für den beruflichen Strahlenschutz darstellt.

Neben dem arithmetischen Mittel der effektiven Jahresdosis ist in Abbildung B III 2.3-1 für die einzelnen Berufsgruppen ebenfalls der Median als Querstrich innerhalb der Säulen angegeben. Das bedeutet, dass 50 % der Beschäftigten der jeweiligen Gruppe eine geringere individuelle effektive Jahresdosis als der Wert des Medians und die übrigen 50 % eine höhere individuelle effektive Jah-

resdosis erhalten haben. Wie sich zeigt, ist der Wert des Medians bei den Berufsgruppen Medizin, Kerntechnik, allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, NORM, Radon sowie Sonstige geringer als der Wert für die mittlere effektive Jahresdosis. Daraus lässt sich schließen, dass die Dosisverteilung in diesen Berufsgruppen zu kleineren Dosiswerten hin verschoben ist. Für das fliegende Personal und Beschäftigte in der Altlasten-Sanierung entsprechen die Werte des Medians in etwa den Werten des arithmetischen Mittels, was bedeutet, dass die Dosisverteilungen näherungsweise normal verteilt sind. Die Dosisverteilung des fliegenden Personals verschiebt sich im Jahr 2022 wieder zu höheren Dosiswerten im Vergleich zu der 2020 und 2021 beobachteten Verschiebung der Dosisverteilungen hin zu kleineren Werten in Folge der COVID-19-Pandemie. Die Verschiebung der Dosisverteilung des fliegenden Personals zu höheren Dosiswerten im Jahr 2022 ist sicherlich darin begründet, dass neben dem allgemeinen Anstieg des Flugverkehrs nach der COVID-19-Pandemie auch zunehmend wieder vermehrt längere Strecken geflogen werden und sich somit im Mittel höhere Expositionswerte ergeben.

2.4 Zeitlicher Verlauf der mittleren effektiven Jahresdosis

Abbildung B III 2.4-1 zeigt die zeitliche Entwicklung der mittleren effektiven Jahresdosiswerte der messbar exponierten Personen. Insgesamt kann für Arbeitsplätze im Zusammenhang mit geplanten Expositionssituationen festgestellt werden, dass die mittleren beruflichen Expositionen, verglichen mit der mittleren natürlichen Strahlenexposition der Bevölkerung (2,1 mSv pro Person und Jahr), auf einem niedrigen Niveau liegen. Über die letzten Jahre hinweg konnte zudem ein tendenzieller Rückgang der Durchschnittswerte beobachtet werden, was allgemein für eine erfolgreiche Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen im beruflichen Strahlenschutz spricht. Bemerkenswert sind die aktuellen Werte aus dem Bereich der Kerntechnik. Der über viele Jahre zu beobachtende Trend eines kontinuierlichen Rückgangs der durchschnittlichen Expositionswerte wurde 2021 offensichtlich gebrochen. So stieg der Durchschnittswert von 0,5 mSv im Jahr 2020 auf 0,7 mSv das erste Mal seit Jahren wieder leicht an und verbleibt mit 0,6 mSv im Jahr 2022 auf einem höheren Niveau im Vergleich mit dem Jahr 2020. Möglicherweise ist dies auf zunehmende Aktivitäten im Bereich des Rückbaus und der Stilllegung kerntechnischer Anlagen zurückzuführen, so dass die Entwicklungen hier genau beobachtet werden sollten.

Die Exposition durch Radon ist auf Grund kleiner Fallzahlen (jährlich zwischen 90 und 300 Exponierte) starken Schwankungen unterworfen.

Die Strahlenexposition des fliegenden Personals ist durch den 11-jährigen Zyklus zu- und abnehmender Sonnenaktivität bestimmt, welche die Intensität der Höhenstrahlung beeinflusst: In Jahren starker Sonnenaktivität sind die mittleren Jahresdosiswerte des fliegenden Personals geringer als in Jahren schwächerer Sonnenaktivität, da die Erde durch das Magnetfeld der Sonne und den Sonnenwind stärker vor hochenergetischen kosmischen Teil-

chenströmen geschützt wird. Nach einem Minimum der Sonnenaktivität im Jahr 2009 stieg diese kontinuierlich über die Jahre an und erreichte 2014 ihr Maximum. Der Zeitpunkt des darauffolgenden Minimums der Sonnenaktivität lag im Jahr 2019. Der Verlauf der mittleren Jahresdosis für fliegendes Personal verhält sich annähernd gegenläufig. Dass im Jahr 2019 das eigentlich zu erwartende Maximum des Dosisverlaufs nicht zu beobachten war, hängt sicherlich damit zusammen, dass zur Mitte des Jahres 2019 die Dosiskonversionsfaktoren für die Berechnung der Flugdosis aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse überarbeitet und entsprechend angepasst wurden. Die Anpassung der Parameter führte zu einer rechnerischen Reduktion des Wertes für die effektive Dosis um bis zu 30 % im Vergleich zur vorhergehenden Berechnungsmethode. Da die Flugdosis für einen Großteil des Personals mit den neuen Dosiskonversionsfaktoren berechnet wurde, fiel der Wert für die mittlere effektive Dosis im Jahr 2019 vergleichsweise niedrig aus. Der periodische Verlauf der mittleren effektiven Jahresdosis des fliegenden Personals wurde durch die COVID-19-Pandemie unterbrochen, lag daher 2020 mit 0,6 mSv auf einem Rekordtief und stieg 2021 wieder leicht auf 0,9 mSv an, was mit der erneuten Zunahme des Flugverkehrs zu erklären ist. Im Jahr 2022 setzt sich der Trend des Anstiegs der mittleren effektiven Jahresdosis auf 1,2 mSv fort.

2.5 Die Organ-Äquivalentdosis der Hand und der Augenlinse

Im Folgenden sind die Auswertungen für die Organ-Äquivalentdosis der Hand und für die Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse für messbar exponierte Personen gezeigt. Neben dem arithmetischen Mittel ist in den Grafiken jeweils auch der Median angegeben.

Im Jahr 2022 wurden etwa 24 000 Beschäftigte hinsichtlich der Organ-Äquivalentdosis der Hände überwacht. Dies entspricht etwa 5,7 % der vom SSR strahlenschutzüberwachten Personen. Von den etwa 24 000 hinsichtlich der Hand-Dosis überwachten Personen wurden 6 858 Personen im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit messbar exponiert. Dies entspricht etwa 6,6 % aller messbar exponierten Personen. Abbildung B III 2.5-1 zeigt die Auswertungen für die Organ-Äquivalentdosis der Hände für messbar exponierte Personen verschiedener Berufsgruppen für das Jahr 2022. Die größte hinsichtlich der Hand-Dosis überwachte Gruppe stellt mit 6 061 messbar exponierten Personen das medizinische Personal dar. Deren mittlere Organ-Äquivalentdosis betrug 18,2 mSv. Die 534 messbar exponierten Personen der allgemeinen Industrie hatten im Mittel mit 26,7 mSv die höchste mittlere Organ-Äquivalentdosis für die Hände erhalten. Der Wert für Beschäftigte aus dem Bereich Forschung und Lehre betrug 10,1 mSv und der für kerntechnisches Personal 2,6 mSv. Aus der Berufsgruppe NORM liegen lediglich für eine messbar exponierte Person Daten vor. Für sie betrug die Organ-Äquivalentdosis der Hände 4,0 mSv. Sieben messbar exponierte Personen des Bereichs Altlasten-Sanierung erhielten einen mittleren Wert von 6,7 mSv.

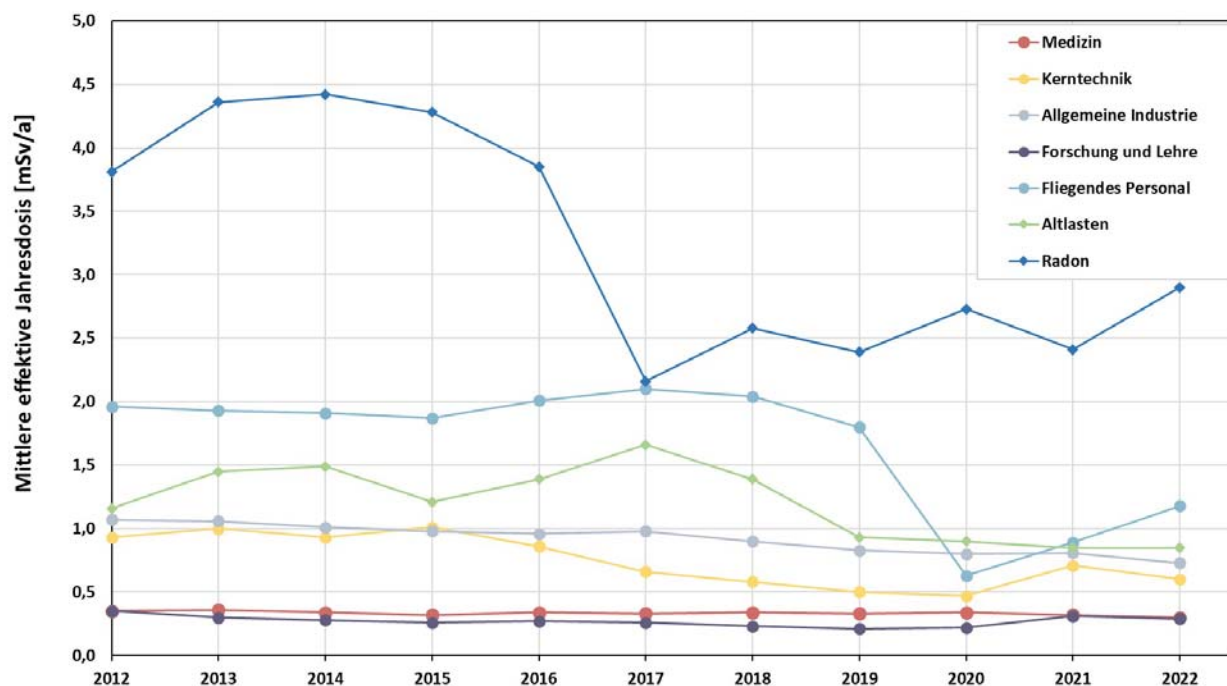


Abbildung B III 2.4-1 Zeitlicher Verlauf der mittleren effektiven Jahresdosis der messbar exponierten Personen im Jahr 2022.

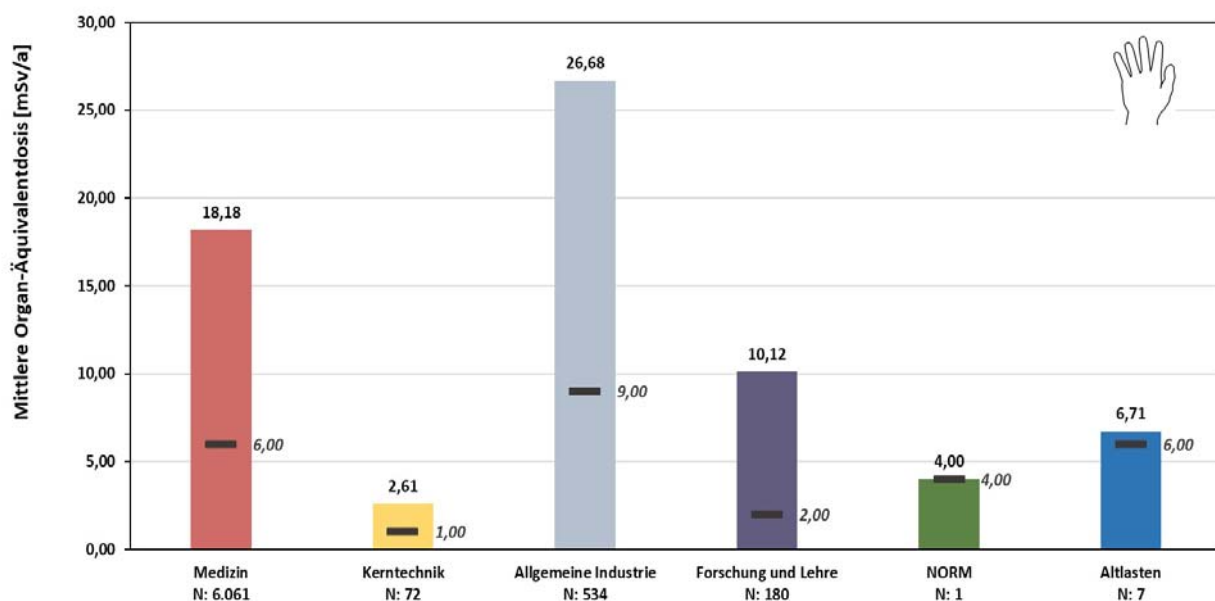


Abbildung B III 2.5-1 Mittlere Organ-Äquivalentdosis der Hand der messbar exponierten Personen im Jahr 2022; N = Anzahl der Personen; Querstrich = Median.

Insgesamt liegen die Werte des Medians für die Berufsgruppen Medizin, Kerntechnik, allgemeine Industrie sowie Forschung und Lehre unterhalb der Werte des arithmetischen Mittels. Dies bedeutet, dass ein Großteil der überwachten Personen zwar nur jeweils geringe Expositionen, wenige Personen jedoch durchaus vergleichsweise hohe Dosiswerte erhalten haben. Für Beschäftigte im Bereich NORM-Arbeitsplätze und Altlasten-Sanierung sind der Median und das arithmetische Mittel aufgrund der geringen Anzahl an messbar exponierten Personen annä-

hernd gleich. Im Jahr 2022 kam es zu einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes der Organ-Äquivalentdosis der Hand von 500 mSv. Dieser Fall wird genau betrachtet und ausgewertet, um insbesondere die Ursachen für die aufgetretene hohe Exposition zu untersuchen und Optimierungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Im Jahr 2022 wurden etwa 22 00 Beschäftigte hinsichtlich der Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse überwacht. Dies entspricht etwa 0,5 % der vom SSR strahlenschutzüberwachten Personen. Von den etwa 2 200 hinsichtlich

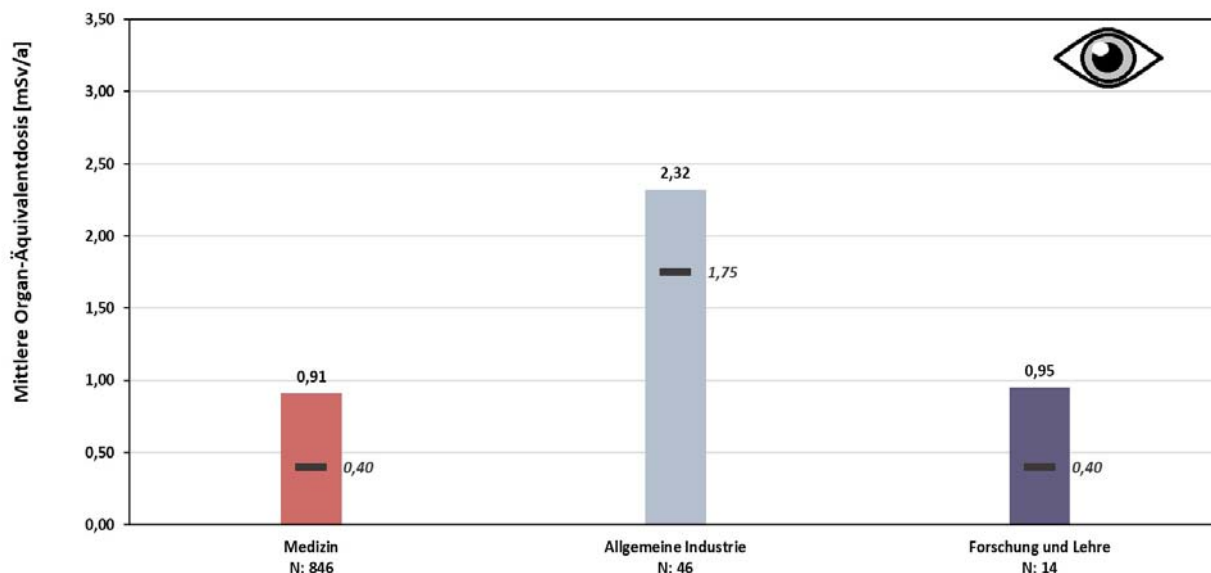


Abbildung B III 2.5-2 Mittlere Organ-Aquivalentdosis der Augenlinse der messbar exponierten Personen im Jahr 2022; N = Anzahl der Personen; Querstrich = Median.

der Augenlinsen-Dosis überwachten Personen wurden 906 Personen im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit messbar exponiert. Dies entspricht etwa 0,9 % aller messbar exponierten Personen. [Abbildung B III 2.5-2](#) zeigt die mittlere Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse für messbar exponierte Personen verschiedener Berufsgruppen für das Jahr 2022. Im Vergleich zum Jahr 2019, in dem lediglich 147 Personen hinsichtlich der Augenlinsendosis messbar exponiert wurden, setzt sich der Trend steigen der Zahlen der messbar exponierten Personen hinsichtlich der Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse wie im Vorjahr fort. Dies hängt sicherlich mit der gestiegenen Sensibilisierung und Notwendigkeit zur betrieblichen Überwachung der Augenlinsendosis zusammen, da im Rahmen der gesetzlichen Neuerungen der berufliche Grenzwert von 150 mSv auf 20 mSv pro Jahr deutlich gesenkt wurde. Nichtsdestotrotz erscheint die vorliegende Überwachungszahl angesichts der Gesamtzahlen an exponierten Personen im Bereich der Medizin, insbesondere im Bereich der interventionellen Radiologie, wo bekanntermaßen hohe Augenlinsendosen auftreten können, nach wie vor sehr niedrig. Die dem SSR vorliegenden Werte für 2022 ergeben für messbar exponierte Personen aus dem Bereich Medizin eine mittlere Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse von 0,9 mSv. Die ebenfalls angegebenen Werte des Medians deuten darauf hin, dass die jeweiligen Dosisverteilungen in Richtung kleiner Werte verschoben sind, so dass der Großteil der aufgetretenen Expositionen niedrige Werte aufweist, in weniger Fällen hohe Werte zu verzeichnen sind. Eine Grenzwertüberschreitung wurde für das Jahr 2022 durch das SSR jedoch nicht beobachtet.

3. Anzahl der Grenzwertüberschreitungen

Im Jahr 2022 kam es nach Auswertungen der dem SSR zugrundeliegenden Daten zu zwei Überschreitungen des beruflichen Jahresgrenzwertes der effektiven Dosis für

Erwachsene von 20 mSv und zu einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes der effektiven Dosis von 1 mSv für Personen unter 18 Jahren. Der Jahresgrenzwert der Organ-Äquivalentdosis der Hand für Erwachsene von 500 mSv wurde ein Mal und der Monatsgrenzwert der Organ-Äquivalentdosis der Gebärmutter von 2 mSv 32 Mal überschritten. In Bezug auf den Grenzwert der Berufslebensdosis von 400 mSv wurde im Jahr 2022 keine Überschreitung festgestellt.

Für die Überwachung der Gebärmutterdosis muss Folgendes erwähnt werden: Für die routinemäßige Überwachung des Monatsgrenzwertes für die Organ-Äquivalentdosis der Gebärmutter wird in der Regel kein separates Dosimeter getragen. Stattdessen wird für die Ermittlung der Gebärmutterdosis in der Regel das für die Bestimmung der effektiven Dosis verwendete Ganzkörperdosimeter herangezogen. Unter der Annahme, dass die damit gemessene Ganzkörperdosis eine konservative Abschätzung der Gebärmutterdosis darstellt, wird zur Überwachung des Monatsgrenzwertes für die Gebärmutter für alle als „weiblich (gebärfähig)“ gemeldeten Personen überprüft, ob pro Kalendermonat eine Ganzkörperdosis von mehr als 2,0 mSv aufgetreten ist. Entsprechende Überschreitungen werden von den Messstellen direkt an die zuständigen Behörden gemeldet.

Insgesamt ist die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen der effektiven Dosis (Jahresgrenzwert und Grenzwert für Berufslebensdosis) über die Jahre betrachtet rückläufig. Die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen der Organ-Äquivalentdosis der Hand liegt seit Beginn der beruflichen Strahlenschutzüberwachung gleichbleibend auf einem niedrigen Niveau. Die Überschreitung des Grenzwertes der Gebärmutterdosis ist von einem dreistelligen Bereich vor 20 Jahren auf einen nun zweistelligen Bereich gesunken.

IV STRAHLENEXPOSITION DURCH MEDIZINISCHE MAßNAHMEN

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Diagnostische Strahlenanwendungen

Nach § 125 Abs. 3 StrlSchV ermittelt das Bundesamt für Strahlenschutz mindestens alle zwei Jahre die medizinische Exposition der Bevölkerung und ausgewählter Bevölkerungsgruppen. Hauptquellen für die Abschätzung der Häufigkeiten diagnostischer Maßnahmen sind die Kassenärztliche (KBV) und Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV), der Verband der privaten Krankenversicherung e. V. (PKV) sowie das Statistische Bundesamt (siehe auch Grundlagenbericht, Kapitel IV, „Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen“).

1.1 Röntgendiagnostik

Die Daten in diesem Bericht beziehen sich auf die Jahre 2007 bis 2021. Der Zeitraum wurde somit um drei Jahre gegenüber dem Vorjahresbericht erweitert. Zu beachten ist, dass die Covid-19-Pandemie aller Wahrscheinlichkeit nach einen Einfluss auf die Zahlen, insbesondere 2020, hatte.

Es wird darauf hingewiesen, dass Abweichungen zu Ergebnissen vorliegen, die in älteren Berichten mit Daten vor 2016 präsentiert wurden. Aktuell fließen in die Abschätzungen neue Datensätze ein, die dem BfS für die Jahre ab 2016 von der PKV zur Verfügung gestellt wurden. Aufgrund einer deutlich größeren Stichprobe und validierter Methoden der Hochrechnung werden diese Daten als zuverlässiger angesehen als die Daten vor 2016. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Erhebungen für die Jahre vor 2016 deutet die neue Datenbasis jedoch auf eine zum Teil deutlich geringere Anzahl von bei Privatpatienten durchgeführten diagnostischen Strahlenanwendungen hin. Insbesondere betrifft dies den Bereich der zahnärztlichen Röntgendiagnostik, für den die Daten vor 2016 auf eine Übererfassung und die Daten ab 2016 auf eine Untererfassung hinweisen. Insbesondere wäre nach Datenlage die Anzahl von Röntgenuntersuchungen der Zähne und Kiefer pro Privatversicherten deutlich geringer als die entsprechenden Häufigkeiten für Kassenpatienten. Da dies nicht plausibel erscheint, wurde für dentale Untersuchungen für die vorliegende Analyse von der Annahme ausgegangen, dass die Häufigkeiten pro Privatversicherten für den gesamten Zeitraum 2007 bis 2021 denen pro Kassenpatienten gleichen. Trotz dieser Korrektur liegt die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen für Privatpatienten noch deutlich unterhalb derjenigen nach der alten Datenbasis. Bei Trendanalysen zur Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen werden die Daten der Privatpatienten daher nicht berücksichtigt, da dies aufgrund des Wechsels der Datenbasis die Effekte verfälschen würde.

Für die Abschätzung der kollektiven effektiven Dosis bzw. der mittleren effektiven Dosis pro Kopf werden überwiegend repräsentative Werte aus Daten der ärztlichen Stellen (ÄS) berücksichtigt, die für häufige und/oder dosisintensive Untersuchungen regelmäßig zum Zweck der Aktualisierung der diagnostischen Referenzwerte an das BfS übermittelt werden. Für Untersuchungen, die hiermit nicht abgedeckt werden, wird auf die Ergebnisse von stichprobenartigen Messungen des BfS in Krankenhäusern und

Arztpraxen, auf Dosiserhebungen im Rahmen von BMUV-geförderten Forschungsvorhaben und auf Literaturangaben zurückgegriffen. In Fällen, in denen keine Zeitreihen von Dosisdaten vorliegen, wird jeweils eine über die Jahre konstante Einzeldosis pro Untersuchungsart angenommen. Die effektiven Dosen wurden auf Basis von Gewebe-Wichtungsfaktoren nach ICRP 103 abgeschätzt. Bezüglich der mittleren jährlichen Pro-Kopf-Dosis ergeben sich ab 2014 Abweichungen zu Ergebnissen früherer Berichte, da vormalig für einen Teil der Röntgenuntersuchungen deutlich konservativere Annahmen bezüglich der effektiven Dosis pro Untersuchung getroffen wurden.

In [Tabelle T IV.1](#) sind für häufige oder dosisintensive Röntgenuntersuchungen die Bereiche „typischer“ effektiver Dosen gegeben. Es handelt sich dabei um Dosisangaben, die aus Messwerten von an Patientinnen und Patienten durchgeführten Untersuchungen ermittelt wurden, und nicht um theoretisch erreichbare Werte bei optimalen Untersuchungsbedingungen an einem idealisierten „Normalpatienten“.

Im Folgenden beinhaltet der Begriff „Untersuchung“ – gemäß internationaler Standards – alle Röntgenleistungen, die – bezogen auf ein Organ – zur Beantwortung einer klinischen Fragestellung mittels einer Röntgenmodalität (konventionelle Röntgenuntersuchung, Durchleuchtung, CT) notwendig sind. So werden für die Abschätzung der Häufigkeit z. B. bei einer Angiographie am Herzen nicht alle Teilschritte (Kontrastmitteleinbringung, 1. Serie, 2. Serie etc.) einzeln gezählt, sondern alle Teilschritte zusammen als eine Untersuchung. Zahnaufnahmen werden als gesonderte Untersuchungen gerechnet, wenn sie unterschiedliche Zähne bzw. Zahngruppen betreffen.

Auswertung der Jahre 2007 bis 2021 – Häufigkeit von Untersuchungen

Für das Jahr 2021 wurde für Deutschland eine Gesamtzahl von rund 125 Millionen Untersuchungen abgeschätzt (ohne zahnmedizinischen Bereich: etwa 75 Mio. Röntgenuntersuchungen). Etwa 80 % aller Untersuchungen werden im ambulanten Bereich durchgeführt und hiervon ca. 90 % bei Kassenpatienten. Im kassenärztlichen ambulanten Bereich verlief die Gesamtzahl von Untersuchungen während des betrachteten Zeitraums 2007 bis 2021 leicht abnehmend; auffallend ist ein pandemiebedingter Rückgang der Häufigkeit 2020 mit anschließendem Wiederanstieg 2021. Die Anzahl der meisten konventionellen Untersuchungen im betrachteten Zeitraum ging zurück (z. B. Untersuchungen des Schädels um etwa 25 %, des Thorax um etwa 35 %, der Wirbelsäule um etwa 30 %). Die Häufigkeit von Mammographien nahm infolge der Einführung des Mammographie-Screening-Programms (MSP) zwischen 2007 und 2010 um ca. 35 % zu und verläuft – nach anschließender geringfügiger Abnahme – seit 2011 weitgehend konstant (Ausnahme: Abfall 2020). Die Häufigkeit von Untersuchungen im zahnmedizinischen Bereich blieb über die Jahre weitgehend unverändert. Jedoch hat die Anzahl von Kieferaufnahmen, die inzwischen beinahe 25 % aller zahnmedizinischen Untersuchungen bei gesetzlich Versicherten ausmachen, zugenommen.

Eine starke Zunahme zwischen 2007 und 2021 ist für CT-Untersuchungen zu verzeichnen: im ambulanten kas- senärztlichen Bereich lag diese bei ca. 40 %, wobei die Häufigkeit 2020 pandemiebedingt gegenüber dem Vor- jahr unverändert blieb. Im stationären Bereich hat zwi- schen 2007 und 2021 eine Verdoppelung der CT-Untersu- chungen stattgefunden; hier wurden 2020 etwas weniger CT-Untersuchungen durchgeführt als 2019, zudem er- reichte die Häufigkeit 2021 nicht den Wert, der aufgrund des 2007 bis 2019 beobachteten nahezu linearen Trends zu erwarten gewesen wäre. Während konventionelle Un-

tersuchungen überwiegend ambulant durchgeführt wer- den, findet etwa die Hälfte der CT-Untersuchungen im stationären Bereich statt. Ein noch deutlicherer Anstieg der Häufigkeit ist auch bei der Magnetresonanztomogra- phie (MRT) zu verzeichnen, einem Schichtbildverfahren, das keine ionisierende Strahlung verwendet (siehe Ab- schnitt 1.4). Welches der beiden Verfahren im Einzelfall anzuwenden ist, hängt von der diagnostischen Fragestel- lung, der klinischen Situation (z. B. Notfall) und natürlich auch der Verfügbarkeit ab.

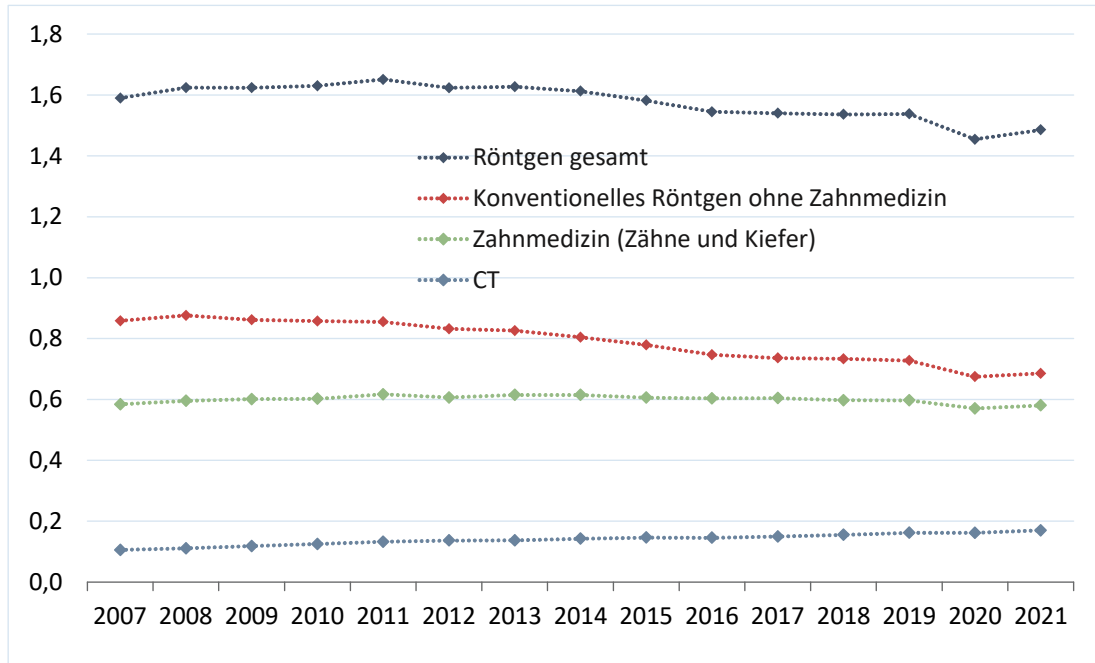


Abbildung B IV 1.1-1 Häufigkeit von Untersuchungen pro Einwohner in Deutschland

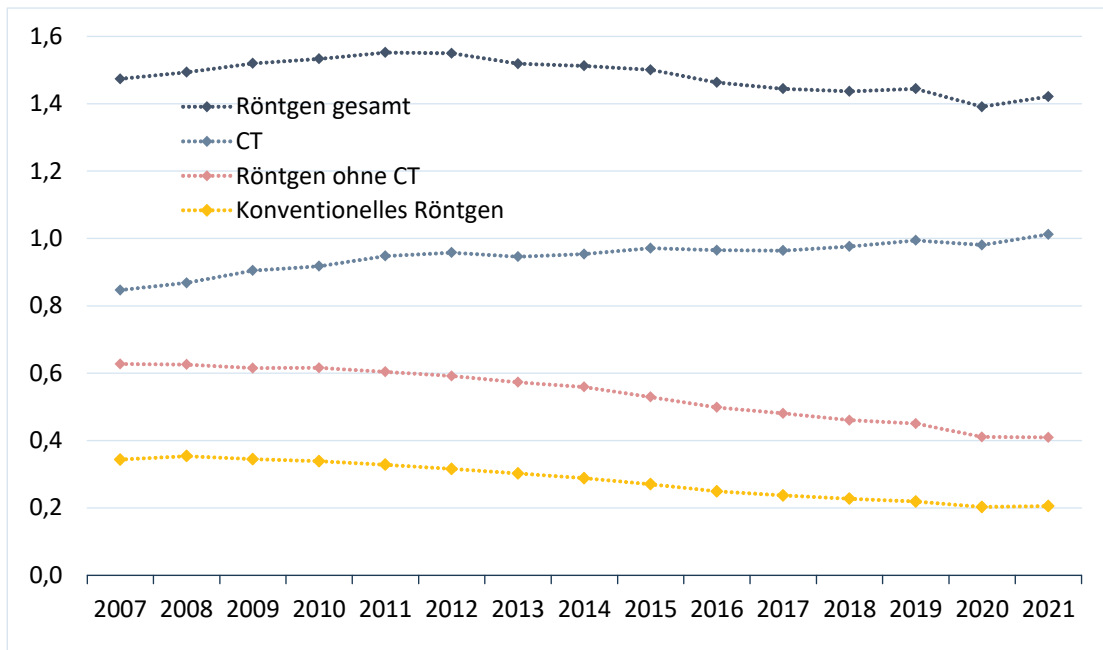


Abbildung B IV 1.1-2 Mittlere effektive Dosis (in mSv) pro Einwohner und Jahr durch Untersuchungen in Deutsch- land

B IV 1.1-1 gibt die Häufigkeit aller Untersuchungen - also inklusive der Daten für den privaten ambulanten Sektor - für 2007 bis 2021 wieder. Demnach liegt die Häufigkeit 2021 bei 1,5 Untersuchungen pro Einwohner. Bezüglich der Häufigkeit von CT-Untersuchungen siehe Abschnitt 1.4.

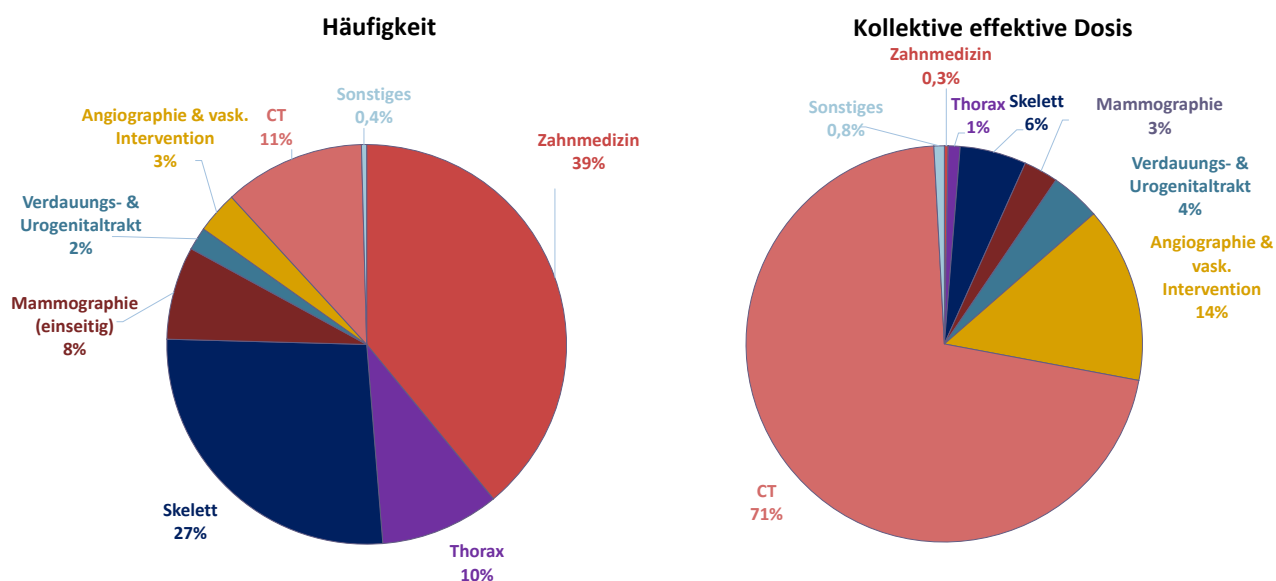
Im Jahr 2021 wurden etwa 40 % aller Untersuchungen im zahnmedizinischen Bereich durchgeführt. Daneben entfällt der größte Teil aller Untersuchungen auf konventionelle Untersuchungen des Skeletts (Schädel, Schultergürtel, Wirbelsäule, Beckengürtel, Extremitäten). Untersuchungen des Thorax (Brustkorb) und Computertomographien tragen zu ca. 10 % bzw. 11 % zur Gesamthäufigkeit bei (siehe B IV 1.1-3).

Auswertung der Jahre 2007 bis 2021 – kollektive effektive Dosis

Die mittlere effektive Dosis aus Untersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2021 auf 1,4 mSv. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2021 ist insgesamt ein zunächst ansteigender, dann abfallender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen (siehe B IV 1.1-2). Die mittlere effektive Dosis durch CT-Untersuchungen pro Einwohner und Jahr hat im betrachteten Zeitraum zugenommen,

wobei dieser Anstieg wegen der über die Jahre abnehmenden Dosis pro CT-Untersuchung deutlich moderater ausfällt als die zugehörige Zunahme der CT-Häufigkeit. Demgegenüber nahm die effektive Dosis pro Einwohner für die Summe der restlichen Untersuchungsverfahren über die Jahre 2007 bis 2021 ab (siehe B IV 1.1-2). Dieser Rückgang ist bedingt sowohl durch die zurückgehende Häufigkeit konventioneller Untersuchungen als auch den Rückgang der effektiven Dosis pro Maßnahme einiger dieser Untersuchungen. Im kassenärztlichen ambulanten Bereich hat sich die Pro-Kopf-Dosis durch konventionelle Untersuchungen zwischen 2007 und 2021 nahezu halbiert.

Erwartungsgemäß ist der relative Anteil konventioneller Untersuchungen an der kollektiven effektiven Dosis eher gering. Beispielsweise beträgt dieser für Untersuchungen des Skelettsystems nur etwa 6 %, obgleich der Anteil an der Häufigkeit bei ca. einem Viertel liegt. Die CT und die ebenfalls dosisintensive Angiographie (einschließlich vaskulärer interventioneller Maßnahmen) tragen dagegen zwar lediglich 15 % zu der Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2021 jedoch etwa 85 % (siehe B IV 1.1-3).



Die Prozentwerte sind auf signifikante Stellen gerundet und ergeben daher nicht in jedem Falle 100 %

Abbildung B IV 1.1-3 Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der Röntgendiagnostik 2021 in Deutschland

Untersuchungen zur Früherkennung von Brustkrebs (Mammographie-Screening)

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung und die häufigste Krebstodesursache bei Frauen. Im Jahr 2019 wurde laut Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) des Robert Koch-Instituts (https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Krebsarten/Brustkrebs/brustkrebs_node.html, abgerufen am 18. September 2023) bei etwa 71 400 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt (Vergleich 2018 (Datenbankabfrage beim ZfKD): etwa 71 000). Die 5-Jahres-Prävalenz für Brustkrebs, also die Zahl der lebenden

Frauen, bei denen innerhalb der vorherigen fünf Jahre diese Erkrankung neu diagnostiziert wurde, ist, verglichen mit anderen Krebserkrankungen, relativ hoch (ca. 306 000 Fälle für 2019). Die relative 5- bzw. 10-Jahres-Überlebensrate von 88 bzw. 83 % ist, verglichen mit anderen Krebserkrankungen, eine der höchsten. Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts verstarben im Jahr 2019 insgesamt etwa 18 600 Frauen an den Folgen einer Brustkrebserkrankung. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt, kann dies den Erfolg einer Therapie und damit die Überlebenswahrscheinlichkeit der Betroffenen erhöhen.

Die Untersuchung der Brust (Mammographie) gilt als effektive Methode zur Früherkennung von Brustkrebs bei Frauen zwischen 50 und 69 Jahren. Daher hatte sich der Deutsche Bundestag bereits 2002 für die Einführung eines organisierten und qualitätsgesicherten Mammographie-Screening-Programms (MSP) auf der Grundlage der europäischen Leitlinien ausgesprochen und die gemeinsame Selbstverwaltung der Ärzte und Krankenkassen gebeten, die hierzu erforderlichen Voraussetzungen in Form von Richtlinien nach Maßgabe des Sozialrechts zu schaffen.

Zur schrittweisen Einführung des MSP wurde 2003 die Kooperationsgemeinschaft Mammographie GbR (www.mammo-programm.de) gegründet. Im Jahr 2005 wurde die erste Screening-Einheit (SE) zertifiziert und konnte ihren Betrieb aufnehmen; 2009 ist die letzte der insgesamt 95 SE in Betrieb gegangen. Zielgruppe des MSP sind alle (symptomfreien) Frauen im Alter zwischen 50 und 69 Jahren. Die Screening-Mammographie-Untersuchung wird alle 2 Jahre angeboten. Anspruchsberechtigt sind etwa 12 Mio. Frauen. Die Teilnahmequote lag laut „Jahresbericht Evaluation 2020“, S. 6, bei 49 % (allerdings musste aufgrund der zu Beginn des Jahres 2020 einsetzenden COVID-19-Pandemie das Programm für ca. 4-6 Wochen ausgesetzt werden).

In den in B IV 1.1-3 gezeigten Anteilen, die aus Mammographien stammen, wurden zu etwa einem Drittel Mammographien berücksichtigt, die als „kurative Mammographien“ über die Kassen abgerechnet wurden, also als Mammographien, für die zur Abklärung eines Symptoms in der Brust eine Indikation für die Untersuchung bestand. Bei einem gewissen Prozentsatz dieser „kurativen Mammographien“ könnte es sich jedoch auch um Früherkennungs-Mammographien handeln, die außerhalb des MSPs und damit ohne die hier gültige Qualitätssicherung durchgeführt wurden („opportunistisches Screening“). Die Anzahl der als „kurative Mammographie“ abgerechneten Untersuchungen hat in den ersten fünf Jahren nach Einführung des MSPs im kassenärztlichen Bereich um ca. ein Drittel abgenommen und ist seither in etwa konstant.

Übergeordnetes Ziel des MSPs ist die nachhaltige Verringerung der Brustkrebs-Mortalität. Im Jahr 2010 wurden vom BMUV in Kooperation mit dem BfS erste konkrete Schritte zur Evaluation der Brustkrebsmortalität in die Wege geleitet. An der Finanzierung des seit Juli 2012 laufenden komplexen Vorhabens beteiligen sich das BMUV, das BMG sowie die Träger des MSPs. Die Geldgeber sowie das BfS, das Robert Koch-Institut, eine Vertreterin der obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) und die Patientenvertretung bilden ein sogenanntes Steuerungsgremium. Die Aufgaben des Steuerungsgremiums sind u. a. die Schaffung der organisatorischen und finanziellen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Abwicklung der Vorhaben zur Mortalitätsevaluation sowie die Festlegung der Konzeption und des Inhalts der Evaluation des deutschen MSPs. Das Steuerungsgremium wird hinsichtlich der Konzeption und Gestaltung der Inhalte des Forschungsvorhabens sowie der Projektbegleitung von einem Wissenschaftlichen Beirat unterstützt. Die administrative Abwicklung der Mortalitätsevaluation er-

folgt seitens des BMUV im Rahmen von Ressort-Forschungsvorhaben. Auf Grund der komplexen Situation in Deutschland mit seiner föderalen Struktur - z. B. liegen unterschiedliche Datenschutzbestimmungen mit jeweils hohem Schutzniveau in den einzelnen Bundesländern vor - wurde zunächst in einer Machbarkeitsstudie geprüft, auf welche Weise in Deutschland eine Evaluation der Brustkrebsmortalität organisatorisch und technisch realisiert werden kann. Die Machbarkeitsstudie begann im Juli 2012 mit einer Laufzeit von zwei Jahren (siehe Programmreport 2014, S. 249, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2015082013351). An diese schloss sich eine erweiterte Machbarkeitsphase bis September 2016 an; siehe:

- Programmreport 2015, S. 128, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2016080114068,
- Programmreport 2016, S. 45, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2017102314426

Auf der Grundlage der Ergebnisse der beiden Machbarkeitsstudien wurde im Zeitraum 2018 bis 2021 der erste Teil der Hauptstudie durchgeführt; siehe:

- Programmreport 2017, S. 192, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018071915600,
- Programmreport 2018, S. 143, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019102319808,
- Programmreport 2019, S. 155, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424 und
- Programmreport 2020, S. 154, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257.

Zum 15. Dezember 2021 wurde der zweite (abschließende) Teil der Hauptstudie gestartet, deren Abschluss für Ende 2024 geplant ist.

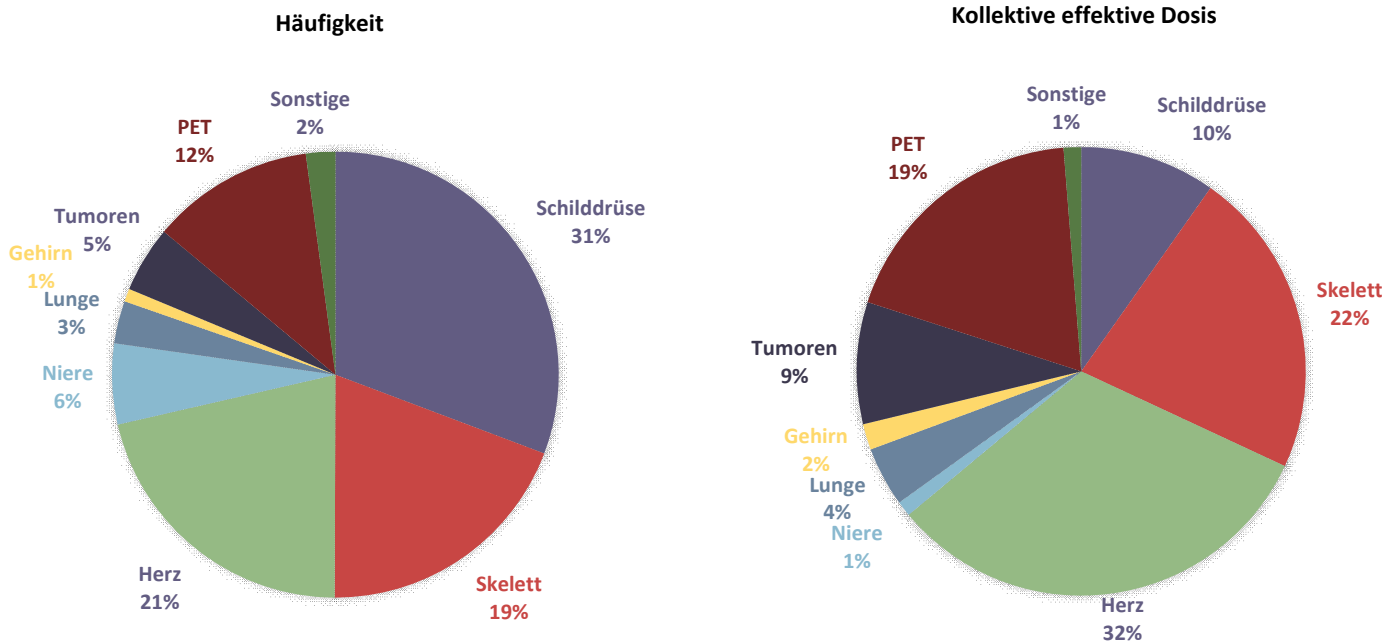
Literatur

- [1] Jahresbericht Evaluation 2020. Deutsches Mammographie-Screening-Programm. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, Dezember 2022. <https://fachservice.mammo-programm.de/download/evaluationsberichte/Jahresbericht-Evaluation-2020.pdf>
- [2] Abschlussbericht zur Hauptstudie I zur Evaluation der Brustkrebs-assoziierten Sterblichkeit im deutschen Mammographie-Screening-Programm - Vorhaben 3617S42402. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, März 2022. [http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022030131647](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022030131647)

1.2 Nuklearmedizin, Diagnostik

Erhebung der medizinischen Strahlenexposition

Ähnlich der Vorgehensweise bei der Röntgendiagnostik werden für den ambulanten kassenärztlichen Bereich vollständige Datensätze bezüglich der Abrechnungen nuklearmedizinischer Untersuchungsleistungen von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) verwendet. Die Gesamthäufigkeiten der nuklearmedizinischen Untersuchungen von privaten ambulanten Patienten werden aus den Abrechnungsstatistiken des Verbandes der privaten Krankenversicherung (PKV) bestimmt. Ebenso wie bei der Abschätzung zur Häufigkeit von Untersuchungen ge-



Die Prozentwerte sind auf signifikante Stellen gerundet und ergeben daher nicht in jedem Falle 100 %

Abbildung B IV 1.2-1 Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der nuklearmedizinischen Diagnostik 2021 in Deutschland

hen nachfolgend Datensätze der PKV ab dem Jahr 2016 ein, die auf Grund einer deutlich größeren Stichprobe und validerer Methoden der Hochrechnung als zuverlässiger angesehen werden als die Daten, die dem BFS für die Jahre bis 2015 von der PKV zur Verfügung gestellt wurden. Auch für nuklearmedizinische Anwendungen ist die Anzahl für 2016 bis 2021 im Vergleich zu der Erhebung für die Jahre vor 2016 geringer. Für den stationären Bereich stehen wiederum Daten des statistischen Bundesamtes zur Verfügung (Statistiken der Operationen- und Prozedurschlüssel OPS). In die Abschätzung fließen zudem die Resultate aktueller Literatur ein [1,2].

Für die Abschätzung der mittleren effektiven Dosis pro nuklearmedizinische Untersuchung müssen sowohl repräsentative Werte der applizierten Aktivität pro Untersuchung als auch Dosiskoeffizienten für die Umrechnung in die effektive Dosis berücksichtigt werden. Basis für Erstere sind die von den ärztlichen Stellen erhobenen Aktivitätswerte zur Überprüfung der Einhaltung der diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen sowie der Abschlussbericht eines Forschungsvorhabens. Die Dosiskoeffizienten stammten aus der Publikation 128 der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2015. Hierbei ist zu beachten, dass die ICRP-Publikation 128 die Koeffizienten aus den ICRP-Publikationen 80 (von 1998) und 106 (von 2008) im Wesentlichen zusammenfasst; es wurden lediglich einige Dosiskoeffizienten neu berechnet bzw. Fehler korrigiert.

Für die Abschätzung der kollektiven effektiven Dosis werden für die verschiedenen nuklearmedizinischen Untersuchungsarten - beispielsweise Schilddrüsenszintigraphien - jeweils das Produkt von Häufigkeit und effektiver

Dosis pro Untersuchung ermittelt und anschließend aufsummiert.

Auswertung der Jahre 2016 - 2021

Die Häufigkeit von nuklearmedizinischen Untersuchungen in Deutschland hat über die Jahre 2016 bis 2021 um ca. 7 % geringfügig abgenommen. Im Dreijahres-Zeitraum 2019 bis 2021 wurden pro Jahr im Mittel ca. 2,1 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt, was einer jährlichen Anwendungshäufigkeit von etwa 25 Untersuchungen pro 1 000 Einwohner entspricht. B IV 1.2-1 gibt die Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für einzelne Untersuchungskategorien für das Jahr 2021 wieder. Am häufigsten wurden Szintigraphien (bzw. Einzelphotonen-Emissionscomputertomographien = SPECT-Untersuchungen) der Schilddrüse und des Skeletts durchgeführt, gefolgt von Myokard (Herz)-Untersuchungen. Hier ist zu beachten, dass die nuklearmedizinischen Untersuchungen des Herzens in Ruhe und unter körperlicher Belastung jeweils separat gezählt wurden, auch wenn diese meistens im Rahmen einer Untersuchung hintereinander (während eines Tages oder über zwei Tage) stattfinden. Untersuchungen der Schilddrüse und des Skeletts nahmen zwischen 2016 und 2021 um ca. 25 % ab, die des Herzens hingegen um ca. 20 % zu. Die Beobachtungen zu den relativen Anteilen und den Trends sind mit den Ergebnissen eines aktuellen Forschungsvorhabens gut vereinbar [3].

Wie bei der Röntgendiagnostik finden auch in der Nuklearmedizin im ambulanten Bereich deutlich mehr Untersuchungen statt als in Krankenhäusern. Nahezu alle Szintigraphien der Schilddrüse und die weit überwiegende

Mehrheit aller Untersuchungen des Skeletts und des Herzens werden im ambulanten Sektor durchgeführt.

Es wurde eine über den Zeitraum 2019 bis 2021 gemittelte effektive Dosis von rund 0,05 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. Rund zwei Drittel der kollektiven effektiven Dosis werden durch Schilddrüsen-, Skelett- und Myokarduntersuchungen verursacht (B IV 1.2-1).

Die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) gewinnt wegen der hohen diagnostischen Aussagekraft als nuklearmedizinisches Untersuchungsverfahren immer mehr an Bedeutung. Entsprechend nimmt die Anzahl von PET kontinuierlich zu. Auf Grund der relativ hohen Dosis pro Untersuchung spielt die PET daher bei der durch alle nuklearmedizinischen Untersuchungen verursachten kollektiven effektiven Dosis zunehmend eine Rolle. Nach aktueller Abschätzung beträgt der Dosisanteil durch die PET ca. ein Fünftel für das Jahr 2021. Die Abschätzung der PET-Häufigkeiten erfolgt auf Basis von Daten aus der Literatur [1], da die übliche Methode nach Abrechnungsdaten als unzuverlässig angesehen wird. Letztere wäre sowohl mit [1] als auch mit [3] nicht vereinbar, sondern würde zu einer erheblichen Unterschätzung führen.

PET/CT-Untersuchungen ersetzen immer mehr isolierte PET-Untersuchungen [3]. Im stationären Bereich wurden 2016 bis 2021 bereits ca. 85 % aller PET-Untersuchungen mittels eines PET/CT-Systems durchgeführt. Etwa 95 % aller Ganzkörperuntersuchungen und ca. 40 % aller Hirnuntersuchungen finden laut [3] mittels PET/CT statt. Der Dosisbeitrag durch die CT ist bei B IV 1.2-1 nicht berücksichtigt. Bei Berücksichtigung der CT läge der Dosisbeitrag der PET und PET/CT schätzungsweise um etwa die Hälfte höher, und es ergäbe sich eine mittlere effektive Dosis pro Einwohner von ca. 0,07 mSv durch nuklearmedizinische Untersuchungen.

Die mittlere effektive Dosis pro nuklearmedizinische Untersuchung beträgt für die beiden am häufigsten durchgeführten nuklearmedizinischen Untersuchungen 0,7 mSv (Schilddrüse) bzw. 2,5 mSv (Skelett). Für Herzuntersuchungen ist die Dosis mit etwa 5 bis 6 mSv vergleichsweise hoch (jeweils zwei Szintigraphien; Protokoll über zwei Tage bzw. einen Tag). Die insgesamt selten, bei Kindern jedoch relativ häufig durchgeführten Nierenuntersuchungen sind durch eine niedrige Strahlenexposition gekennzeichnet (durchschnittlich 0,4 mSv pro Untersuchung).

Literatur

- [1] Kotzerke J, Oehme L, Grosse J, Hellwig D: Arbeitsausschuss PET der DGN: Positronenemissionstomographie 2013 in Deutschland - Ergebnisse der Erhebung und Standortbestimmung. Nuklearmedizin 54: 53-59, 2015
- [2] Lindner O, Burchert W, Schäfer W, Hacker M: Myocardial perfusion SPECT 2015 in Germany. Results of the 7th survey. Nuklearmedizin 56: 31-38, 2017
- [3] Borowski M, Pirl L.: Erhebung von Häufigkeit und Dosis nuklearmedizinischer Untersuchungsverfahren - Vorhaben 3617542443. Hrsg. Bundesamt für Strahlenschutz 2020. Ressortforschungsberichte

zum Strahlenschutz; 164/20, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020091722831>

1.3 Strahlenhygienische Bewertung der Strahlenexposition durch diagnostische Untersuchungen

Die nominelle Strahlenexposition der Bevölkerung durch röntgendiagnostische und nuklearmedizinische Untersuchungen betrug im Jahr 2021 etwa 1,5 mSv pro Einwohner und Jahr. Damit resultiert die zivilisatorische Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland in der Hauptsache aus medizinischen Strahlenanwendungen. Ins Gewicht fällt dabei insbesondere die Röntgendiagnostik mit ca. 1,4 mSv pro Person im Jahr 2021. Verglichen damit ist die Exposition durch die nuklearmedizinische Diagnostik relativ gering.

Für niedrige Dosen, wie sie für strahlendiagnostische Untersuchungen typisch sind, lassen sich keine sicheren Angaben zur Höhe des dadurch möglicherweise erhöhten Krebsrisikos machen. Daher ist man darauf angewiesen, das Strahlenrisiko, das in großen strahlenepidemiologischen Studien erst im höheren Dosisbereich beobachtet wurde, auf den niedrigen Dosisbereich zu übertragen. Dabei wird von einem linearen (proportionalen) Zusammenhang zwischen Dosis und Risiko ohne Annahme einer Schwellendosis (linear non threshold, LNT) ausgegangen. Die LNT-Hypothese stellt eine vorsorgliche Annahme für den praktischen Strahlenschutz dar. Unter dieser Annahme birgt jede strahlenmedizinische Untersuchung ein (wenn auch entsprechend geringes) zusätzliches Risiko für eine strahlenbedingte Krebserkrankung. Eine eingehende Nutzen-Risiko-Abwägung vor jeder Anwendung einer strahlendiagnostischen Untersuchung, die sogenannte rechtfertigende Indikation, ist daher von zentraler Bedeutung. Wird die sorgfältige Feststellung der rechtfertigenden Indikation durch den fachkundigen Arzt bzw. die fachkundige Ärztin sowie eine Optimierung der Dosis vorausgesetzt, dann überwiegt für den Einzelnen der Nutzen der radiologischen Untersuchung das damit einhergehende Strahlenrisiko.

Bei den oben angegebenen Schätzungen der Häufigkeit von strahlendiagnostischen Untersuchungen und der assoziierten Dosis pro Einwohner handelt es sich um Durchschnittswerte bezogen auf die Gesamtbevölkerung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass gewisse Teile der Bevölkerung davon wenig oder überhaupt nicht und andere in stärkerem Maße betroffen sind. Entsprechend differenziert sollte bei der Bewertung der medizinischen Strahlenexposition vorgegangen werden. Bei der Mehrheit der Patientinnen und Patienten handelt es sich um ältere Menschen, für die die Wahrscheinlichkeit einer strahlenbedingten Krebserkrankung deutlich geringer ist als für jüngere Personen. Dosisintensivere Untersuchungsverfahren, wie die Computertomografie oder Untersuchungen des Herzens oder der Blutgefäße, werden vor allem im höheren Alter durchgeführt. Beispielsweise wird die deutliche Mehrheit aller CT-Untersuchungen des Abdomens oder des Beckens bei Patientinnen oder Patienten vorgenommen, die 50 Jahre oder älter sind. In jun-

gen Jahren überwiegen Untersuchungen des Skelettsystems, die mit einer relativ geringen Dosis einhergehen.

Auch schwer erkrankte Patientinnen und Patienten werden häufig auf Grund ihrer Erkrankung - und dann in kurzer Zeit oftmals mehrfach - radiologisch untersucht. Im Vergleich zur Normalbevölkerung ist die Lebenserwartung dieser Patientinnen und Patienten oft deutlich verkürzt. In die Bewertung einer medizinischen Strahlenexposition muss somit neben dem Alter insbesondere auch die Indikationsstellung einbezogen werden. Studien zu dieser Fragestellung sind allerdings rar. Die vorliegenden Arbeiten für Deutschland bestätigen jedoch, dass z. B. Patientinnen oder Patienten mit Krebs oder mit kardiovaskulären Erkrankungen eine weit überdurchschnittliche Anzahl von zumeist auch dosisintensiveren Untersuchungen erhalten [2,3].

Im Rahmen des europäischen Dose Datamed 2 (DDM2)-Projektes [1] wurden für die europäische Bevölkerung (27 EU- Länder sowie Norwegen, Island und die Schweiz) eine mittlere Häufigkeit von Untersuchungen von 1,1 und eine daraus resultierende mittlere effektive Dosis von 1,1 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. Im europäischen Vergleich liegt Deutschland vor allem bezüglich der jährlichen Anzahl der Untersuchungen pro Einwohner im oberen Bereich. Insgesamt unterscheiden sich im europäischen Raum die Schätzwerte zur Häufigkeit von Untersuchungen pro Einwohner zum Teil erheblich; im DDM2-Projekt betrug der Faktor im Extremfall 7. Teilweise können die Differenzen auf die verschiedenen Gesundheitssysteme zurückgeführt werden. Charakteristisch für Deutschland ist beispielsweise, dass der Großteil aller Untersuchungen im ambulanten Bereich - und hier oftmals von Teilgebietsradiologen - durchgeführt wird. In Ländern, in denen radiologische Untersuchungen vorwiegend in Kliniken stattfinden, wie beispielsweise im Vereinigten Königreich, ist in der Regel auch die Untersuchungsfrequenz niedriger. Für Deutschland ist jedoch zu berücksichtigen, dass es sich bei einem großen Teil der im ambulanten Bereich durchgeführten Untersuchungen um konventionelle Röntgenaufnahmen – insbesondere auch Zahnuntersuchungen – mit entsprechend niedrigerer Dosis handelt (siehe 1.1). Im aktuellen UNSCEAR-Bericht der Vereinten Nationen [4], in dem auf Basis von Daten aus 58 Ländern die medizinische Strahlenexposition auf internationaler Ebene abgeschätzt wurde, wird ein „globaler Schätzwert“ von 0,6 mSv pro Kopf und Jahr angegeben. Eine Kategorisierung nach „Income Levels“ der Länder ergab für die Gruppe der Länder mit den höchsten durchschnittlichen Einkommen eine mittlere Häufigkeit von 1,6 Untersuchungen sowie eine mittlere effektive Dosis von 1,7 mSv pro Kopf und Jahr, wobei beispielsweise Südkorea, Japan und die USA deutlich über diesen Durchschnittswerten liegen. Aktuelle Zahlen aus Österreich [5] deuten auf eine Häufigkeit und Pro-Kopf-Dosis von 1,5 Untersuchungen bzw. 1,6 mSv pro Einwohner/in und Jahr im Jahr 2019 hin. In Österreich trug die CT 2019 ca. 12 % zur Häufigkeit aller Untersuchungen sowie ca. 72 % zur durch Röntgen verursachten kollektiven effektiven Dosis bei. Die Zahlen sind somit vergleichbar mit denen in Deutschland.

Die relativ hohe Pro-Kopf-Anzahl röntgendiagnostischer Untersuchungen bzw. der resultierenden Pro-Kopf-Dosis in Deutschland spiegelt den Stand der hiesigen Gesundheitsversorgung wider. Eine Bewertung dieser Zahlen darf den Nutzen für die Patientinnen und Patienten nicht unberücksichtigt lassen. Hier existiert sicherlich noch ein gewisses Einsparpotenzial ohne Beeinträchtigung der Patientenversorgung. Hierzu können die diagnostischen Referenzwerte zur Optimierung der medizinischen Exposition (bessere Qualität der Untersuchung, niedrigere Dosis) ebenso einen wesentlichen Beitrag leisten wie strengere Kriterien bei der Indikationsstellung zur Durchführung röntgendiagnostischer Untersuchungen [6], die Vermeidung von Doppeluntersuchungen (höhere Transparenz zwischen Arztpraxen; Röntgenpass) und die vermehrte Nutzung „alternativer“ diagnostischer Verfahren ohne die Verwendung ionisierender Strahlung (Sonografie, MRT, siehe auch 1.4). Nur bei gewissenhafter Indikationsstellung sowie Minimierung der Dosis durch qualitätssichernde Maßnahmen kann das Strahlenrisiko für die einzelne Patientin bzw. den einzelnen Patienten gegenüber dem Nutzen in den Hintergrund treten.

Literatur

- [1] European Commission, Radiation Protection No.180, Part 1: Medical Radiation Exposure of the European Population (<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d2c4b535-1d96-4d8c-b715-2d03fc927fc9>); Part 2: Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries. Directorate-General for Energy (Directorate D, Unit D 3) 2014 (<https://circabc.europa.eu/ui/group/8f5f9424-a7ef-4dbf-b914-1af1d12ff5d2/library/94f225ea-810e-4db3-bf01-5153de0ec6ac/details?download=true>)
- [2] Brix G, Berton M, Nekolla E, Lechel U, Schegerer A, Süsselbeck T, Fink C: Cumulative radiation exposure and cancer risk of patients with ischemic heart diseases from diagnostic and therapeutic imaging procedures. Eur J Radiol 82:1926-1932, 2013
- [3] Brix G, Nissen-Meyer S, Lechel U, Nissen-Meyer J, Griebel J, Nekolla EA, Becker C, Reiser M: Radiation exposures of cancer patients from medical X-rays: how relevant are they for individual patients and population exposure? Eur J Radiol 72:342-347, 2009
- [4] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, Effects and Risk of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes VOLUME I, Scientific Annex A: Evaluation of Medical Exposure to Ionizing Radiation. United Nations Publication, New York 2022, https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publications/UNSCEAR_2020_21_Annex-A.pdf
- [5] https://jasmin.goeg.at/2323/1/H%C3%A4ufigkeit%20med%20Anwendungen%20ionisierender%20Strahlung_bf.pdf

- [6] https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/diagnostik/referenzwerte/referenzwerte_node.html

1.4 Magnetresonanztomographie als alternatives Untersuchungsverfahren

Wie in Abschnitt 1.1 bereits erwähnt, ist nicht nur für CT- sondern auch für MRT-Untersuchungen eine starke Zunahme zwischen 2007 und 2021 zu verzeichnen. Im ambulanten kassenärztlichen Bereich hat sich die MRT-Häufigkeit im betrachteten Zeitraum verdoppelt; hier ist die Zunahme somit sehr viel deutlicher als der Anstieg für CT-Untersuchungen. Auch im stationären Bereich ist der Anstieg mit ca. 60 % erheblich. Im Gegensatz zum ambulanten Bereich lässt sich hier jedoch eine Abflachung der Häufigkeit in den Jahren seit 2017 beobachten. Hinzu kommt, dass ein pandemiebedingt recht deutlicher Rückgang der Untersuchungshäufigkeit 2020 erfolgte und aus unbekannten Gründen auch 2021 der Wert unterhalb des Plateaus der Jahre 2017 bis 2019 lag.

Bemerkenswert ist die gleichzeitige Zunahme von MRT- und CT-Untersuchungen, wobei beinahe ebenso viele MRT- wie CT-Untersuchungen durchgeführt werden. Wird der stationäre Bereich getrennt betrachtet, so ist hier die Anzahl von CT-Untersuchungen allerdings deutlich höher als die von MRT-Untersuchungen (ca. Faktor 3,5).

Entsprechend stellt sich die Situation im ambulanten Bereich umgekehrt dar: Hier ist eine deutlich höhere Anzahl von MRT-Untersuchungen festzustellen. Gleichzeitig nimmt die Häufigkeit von MRT-Untersuchungen kontinuierlich sowie in stärkerem Maße zu als die von CT-Untersuchungen. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist dies eine begrüßenswerte Entwicklung. Die vermehrte Nutzung der MRT – sofern als Alternative zum Röntgen und nicht als zusätzliche Untersuchung eingesetzt – kann wesentlich zur Verringerung der Strahlenexposition beitragen.

Der entgegengesetzte Trend im stationären Bereich ist wahrscheinlich dem Umstand geschuldet, dass hier akute Fälle vorherrschen, bei denen die schneller durchzuführende CT bei vielen Fragestellungen die Methode der Wahl ist. Diese Annahme wird von den deutlich unterschiedlichen Indikationsspektren der durchgeführten CT- und MRT-Untersuchungen im ambulanten bzw. stationären Bereich gestützt: Im ambulanten Bereich überwiegen MRTs der Wirbelsäule und Extremitäten, im stationären Sektor dagegen CTs des Schädels.

Insgesamt wurden 2021 etwa 20 % aller MRT-Untersuchungen im Bereich des Schädels und jeweils etwa 30 % im Bereich der Wirbelsäule und der Extremitäten durchgeführt.

Ebenso wie bei der Abschätzung zur Häufigkeit von Untersuchungen gehen in die Schätzung für MRT-Untersuchungen für 2016 bis 2021 Datensätze der PKV ein, die auf Grund einer deutlich größeren Stichprobe und validerer Methoden der Hochrechnung als zuverlässiger angesehen werden als die Daten vor 2016. Die neuen Daten deuten darauf hin, dass für die MRT-Häufigkeit bei Privatver-

sicherten in den Jahren vor 2016 zu hohe Werte berichtet wurden.

B IV 1.4-1 gibt die Häufigkeit aller MRT-Untersuchungen – also inklusive der Daten für den privaten ambulanten Sektor – für 2007 bis 2021 wieder. Demnach liegt im Jahr 2021 die Häufigkeit von MRT-Untersuchungen bei ca. 16 pro 100 Personen der deutschen Bevölkerung (im Vergleich zu ca. 17/100 CT-Untersuchungen 2021). Nach den PKV-Daten der Jahre 2016 bis 2021 werden ca. 11 % aller MRT-Untersuchungen im ambulanten Bereich bei Privatversicherten durchgeführt. Unter der Annahme, dass in den Jahren 2007 bis 2015 eine Übererfassung der MRT-Untersuchungen bei Privatversicherten erfolgt ist und der Anteil in diesen Jahren dem Anteil von 11 % für 2016 bis 2021 gleicht, erhält man die in Abbildung B IV 1.4-1 zusätzlich gezeigten Werte (Kreuze). Demnach wären die Häufigkeiten für MRT-Untersuchungen für 2007 bis 2015 im Mittel um ca. 6 % überschätzt worden. Für die Abbildung wurde nach der gleichen Methode auch für CT-Untersuchungen vorgegangen, wobei in diesem Fall für Privatversicherte – gemäß PKV-Daten für 2016 bis 2021 – 13,5 % als Anteil an allen ambulant durchgeführten CT-Untersuchungen angenommen wurde. Demzufolge hätte für die Jahre vor 2016 eine geringere Überschätzung der CT-Gesamthäufigkeit von ca. 3,5 % stattgefunden.

2. Therapeutische Strahlenanwendungen

Die Zahl der jährlich auftretenden Neuerkrankungen an Krebs in Deutschland wird für das Jahr 2019 auf ca. 267 700 Erkrankungen bei Männern und auf ca. 234 900 bei Frauen geschätzt. Für das Jahr 2022 wird eine Zunahme der neu diagnostizierten Krebserkrankungen auf rund 510 000 Erkrankungsfälle prognostiziert [1,3]. Das mittlere Erkrankungsalter liegt für Männer bei etwa 70 und für Frauen bei etwa 69 Jahren. Die Therapie einer Krebserkrankung erfolgt üblicherweise als Kombination von Chirurgie, Strahlentherapie und Chemotherapie, wobei die Strahlentherapie in den letzten Jahren eine immer größere Bedeutung erlangt hat. Wenn eine Heilung möglich ist, spricht man von einer kurativen Strahlentherapie. Andernfalls wird die Strahlentherapie als palliativ bezeichnet. In diesem Fall ist die Therapie darauf ausgerichtet, dass Schmerzen und andere Symptome eines fortgeschrittenen Krebsgeschehens, bei dem keine Heilung zu erwarten ist, gelindert werden.

Bei der Strahlentherapie wird zwischen perkutaner Therapie (oder Teletherapie) und Brachytherapie unterschieden. Bei der perkutanen Therapie wirkt die Strahlung (zumeist Photonenstrahlung, erzeugt in einem Linearbeschleuniger) von außen auf den Körper ein. Bei der Brachytherapie wird hingegen ein umschlossenes Radionuklid als Strahlenquelle in die unmittelbare Nähe des Zielvolumens gebracht. Auch gutartige Erkrankungen können mittels Strahlentherapie behandelt werden, nicht nur gutartige Tumore, sondern beispielsweise auch degenerativ-entzündliche Erkrankungen wie „Tennisellbogen“ oder Fersensporn. Die Strahlendosen sind in diesen Fällen allerdings deutlich niedriger als bei der Therapie bösartiger Erkrankungen.

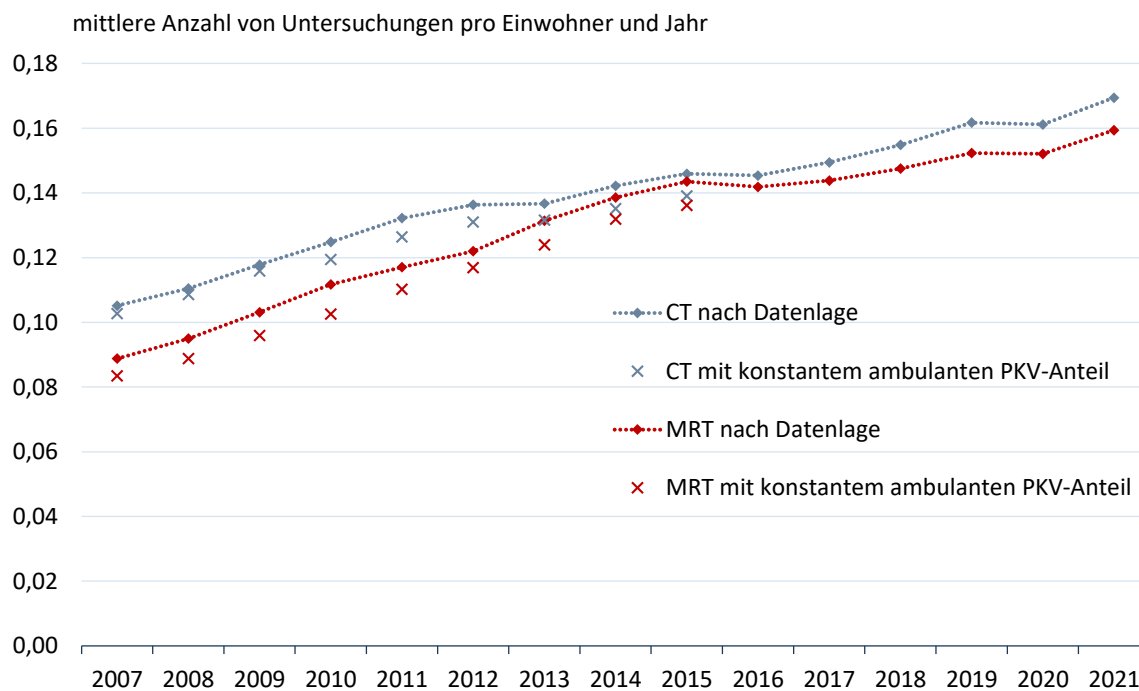


Abbildung B IV 1.4-1 Vergleich der Häufigkeit von CT- und MRT-Untersuchungen in Deutschland

2.1 Therapie mit ionisierender Strahlung

Im Zuge eines Ressortforschungsvorhabens [2] hat die deutsche Gesellschaft für Radioonkologie e. V. (DEGRO) auf Basis von Abrechnungsstatistiken des Einheitlichen Bewertungsmaßstabes (EBM), der Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ) und dem Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) sowie ergänzenden Erhebungen die Anzahl von in Deutschland durchgeführten Strahlentherapien bestimmt. Unter einer Strahlentherapie wird hierbei ein in sich abgeschlossener Bestrahlungszyklus unabhängig von der Wahl des Verfahrens sowie der Anzahl der betroffenen Körperregionen und der bestrahlten Zielvolumina (einschließlich der zu dieser Therapie zählenden Beratung, Aufklärung, Planung, Simulation, Verifikation, Dokumentation usw.) verstanden. Entscheidend für die zeitliche Zuordnung der Therapie war das Jahr des Therapiebeginns. Für das Jahr 2016 wurde hiermit eine Zahl von rund 470 000 $\pm$ 12 % durchgeführten Strahlentherapien ermittelt. [Tabelle T IV.2](#) schlüsselt diese Zahl auf den ambulanten und stationären sowie gesetzlich- und privat-versicherten Bereich auf. Demnach wird die weit überwiegende Mehrzahl der Strahlentherapien im ambulanten Bereich durchgeführt. Für detailliertere Ergebnisse wird einerseits auf die vorangegangenen Jahresberichte des BMUV verwiesen (https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2015060312762/browse?type=dateissued&submit_browse=Erscheinungsdatum) und andererseits auf den Abschlussbericht des Ressortforschungsvorhabens [2].

Eine Aktualisierung der Zahlen für die Folgejahre ist zwar möglich, jedoch konnte diese durch das BfS nur in einem deutlich größeren Rahmen durchgeführt werden. Dies liegt daran, dass hinter einigen Zahlen aus dem Ressort-

forschungsvorhaben [2] hochkomplexe Berechnungen sowie diverse Annahmen stecken, für die entsprechende strahlentherapeutische sowie datenverarbeitungstechnische Expertise notwendig ist. Im Forschungsvorhaben wurden Daten der Jahre 2015 bis 2017 verarbeitet. Die Anzahl der durchgeführten Strahlentherapien bewegte sich dabei auf einem gleichbleibenden Niveau. Bei Betrachtung der dem Vorhaben zugrunde liegenden Abrechnungsziffern lässt sich diese Aussage auch auf den Zeitraum bis einschließlich 2020 erweitern. Einzig ist eine Abnahme der Strahlentherapien bei gutartigen Erkrankungen um ca. 10 % im Jahr 2020 zu beobachten. Grund hierfür dürfte vermutlich die in 2020 beginnende COVID-19-Pandemie sein.

Zum 1. Januar 2021 wurde das Kapitel 25 (Strahlentherapie) des EBM grundlegend verändert. Weitere Anpassungen sowohl in den einzelnen EBM-Ziffern selbst als auch in deren Bewertung folgten in den Jahren 2021 und 2022. Bei den Änderungen wurde dem technischen Fortschritt Rechnung getragen. So wurden die verschiedenen Verfahren und Bestrahlungsmodalitäten im neuen EBM präziser abgebildet. Bei einer möglichen Fortschreibung der Zahlen aus dem Forschungsvorhaben müssten daher die alten EBM-Ziffern in die neue Struktur transkodiert werden. Allerdings dürften die Daten aus den Jahren 2021 und 2022 aufgrund der häufigen Anpassungen in den EBM-Ziffern nicht verwertbar sein.

Die Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ) soll ebenfalls novelliert werden. Ein konkreter Zeitpunkt ist jedoch hierfür noch nicht absehbar.

2.2 Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen

In der Radionuklidtherapie wird die Möglichkeit genutzt, durch die Wahl geeigneter radioaktiver Arzneimittel direkt in bzw. an der (Tumor-) Zelle zu bestrahlen. Das bekannteste Beispiel ist die Behandlung von Schilddrüsentumoren mit dem Radionuklid Iod-131. Radioiodtherapien finden im vollstationären Bereich statt. Nach Daten der Krankenhausstatistik des statistischen Bundesamtes belief sich die Zahl im Jahr 2021 auf ca. 19 700, zu 70 % waren hiervon Frauen betroffen. Die Häufigkeit von Radioiodtherapien ist rückläufig (Abnahme um etwa 70 % zwischen 2007 und 2021). Die Radiosynoviorthese, d. h. die nuklearmedizinische Behandlung spezieller Gelenkerkrankungen wie Arthrose oder Gelenkrheuma, findet hingegen vorwiegend im ambulanten Bereich statt, wo sie im Jahr 2021 in ca. 59 000 Fällen durchgeführt wurde.

Literatur

- [1] Krebs in Deutschland für 2017/2018. 13. Ausgabe. Robert Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V. (Hrsg) Berlin, 2021; https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/kid_2021/krebs_in_deutschland_2021.html

- [2] Popp W, Sickinger C, Schaller-Steiner J, Willich N: Erfassung der Häufigkeit von Strahlentherapien in Deutschland. Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz, 173/20. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021010424620>
- [3] Zentrum für Krebsregisterdaten des Robert Koch-Instituts. https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Krebsarten/Krebs_gesamt/krebs_gesamt_node.htm

3. Medizinische Forschung

Im Jahr 2022 wurden vom BfS 95 Genehmigungsverfahren nach § 31 StrlSchG (inkl. 49 Änderungsverfahren) und 499 Anzeigeverfahren nach § 32 StrlSchG (inkl. 322 Änderungsverfahren) zur Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen zum Zweck der medizinischen Forschung positiv abgeschlossen (Vorjahr: 98 Genehmigungen nach § 31 StrlSchG und 471 Anzeigen nach § 32 StrlSchG) und 81 anderweitig abgeschlossen. Die Zahl der jährlichen Einreichungen nimmt seit 2001 kontinuierlich zu, im Vergleich zum Vorjahr des Wirksamwerdens des Strahlenschutzgesetzes sogar um 65 % (auf insgesamt 651 Einreichungen im Jahr 2022, siehe B IV 3-1).

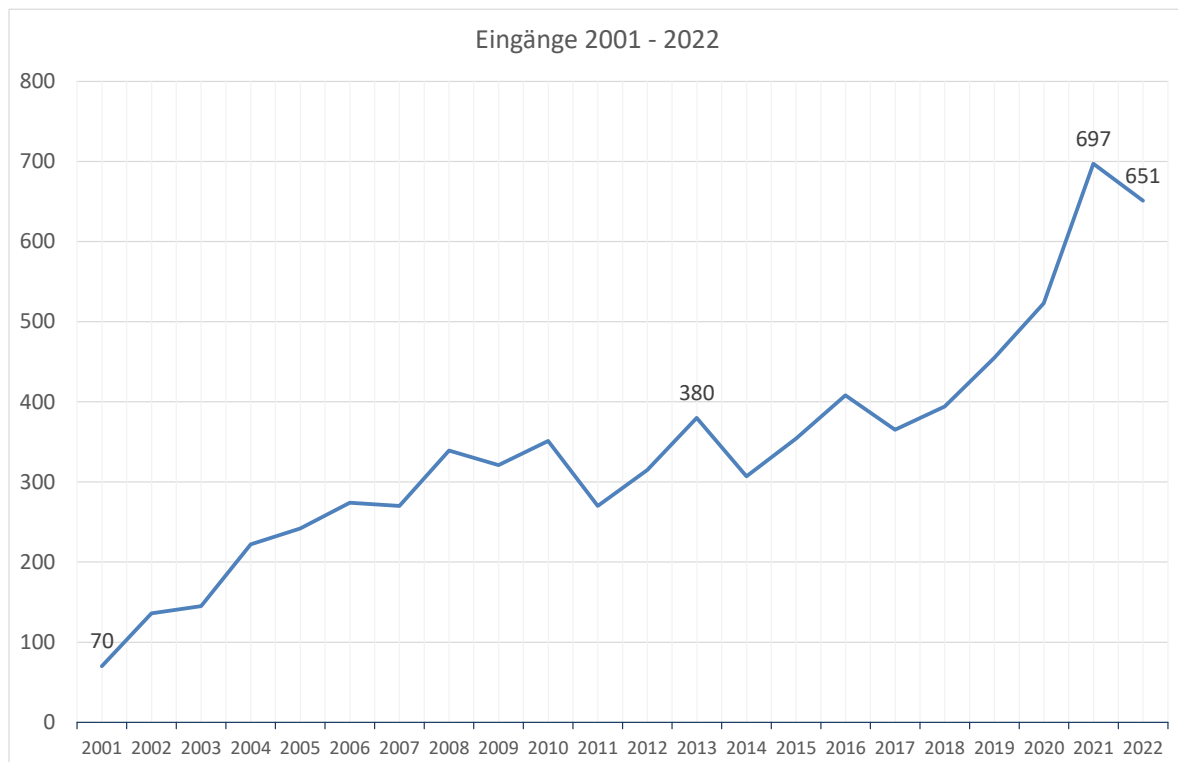


Abbildung B IV 3-1 Jährliche Anzahl der eingegangenen Anträge gemäß § 31 StrlSchG und Anzeigen gemäß § 32 StrlSchG

4. Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin nach Anlage 14 StrlSchV

Gemäß § 108 Abs.1 StrlSchV hat der Strahlenschutzverantwortliche dafür zu sorgen, dass der Eintritt eines be-

deutsamen Vorkommnisses der zuständigen Behörde gemeldet wird. Ein Vorkommnis bei Strahlenanwendungen am Menschen ist insbesondere dann bedeutsam, wenn eines der in Anlage 14 StrlSchV genannten Kriterien erfüllt ist. In diesem Fall übermittelt die zuständige Behörde

(gemäß § 110 Abs. 2 S.1 Nr. 2 StrlSchV) die Informationen über das bedeutsame Vorkommnis in pseudonymisierter Form an die zentrale Stelle im BfS nach § 111 StrlSchV.

Nach § 111 Abs. 1 Nr. 3 StrlSchV wertet das BfS die gemeldeten Vorkommnisse insbesondere im Hinblick auf die Übertragbarkeit und Bedeutsamkeit der Erkenntnisse auf andere Anwendungen und andere Anwender aus. Gemäß § 111 Abs. 1 Nr. 6 StrlSchV führt das BfS eine regelmäßige systematische wissenschaftliche Aufarbeitung der durchgeführten Auswertungen durch und veröffentlicht die Ergebnisse einschließlich der daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Strahlenschutz. Diese Veröffentlichung erfolgt in Form eines Jahresberichts. Darüber hinaus sollen die aus der Aufarbeitung von Vorkommnissen gewonnenen Erkenntnisse, die auch für andere Anwendungen und andere Anwender relevant sind, zeitnah in Form von kurzfristigen Informationen auf der Homepage des BfS in anonymisierter Form veröffentlicht werden.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben wurde ein webbasiertes IT-System BeVoMed („Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse bei Strahlenanwendungen am Menschen“) implementiert. Es ermöglicht die bundesweite Erfassung, Verarbeitung und Auswertung der von den zuständigen Behörden übermittelten Informationen über bedeutsame Vorkommnisse.

Für das Jahr 2022 lagen der zentralen Stelle Mitte Juli 2023 Informationen zu 182 Erstmeldungen vor. Zu 168 Erstmeldungen lagen Abschlussmeldungen vor, die ausgewertet wurden. Bei 35 Abschlussmeldungen wurde festgestellt, dass es sich um kein bedeutsames Vorkommnis handelte. Die Meldungen zu Vorkommnissen bezogen sich ausschließlich auf medizinische Expositionen. Zu Expositionen von untersuchten Personen bei nichtmedizinischen Anwendungen erfolgte keine Meldung.

[Tabelle T IV.3](#) zeigt die Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse mit Abschlussmeldung.

Mit knapp 60 % gingen die meisten Abschlussmeldungen aus dem Bereich der Röntgendiagnostik ein. Dabei wurden am häufigsten erhöhte Expositionen bei CT-Untersuchungen im Zusammenhang mit Bolus-Tracking beschrieben, gefolgt von Grenzwertüberschreitungen durch Unzulänglichkeiten bei der Kontrastmittelgabe. In Anbetracht der ca. 14 Millionen CT-Untersuchungen, die pro Jahr in Deutschland durchgeführt werden, erscheint diese Anzahl weiterhin sehr gering. Bedeutsame Vorkommnisse aus der interventionellen Radiologie gab es ähnlich zum Vorjahr nur wenige; im Verlauf deutlich gesunken ist die Anzahl an Meldungen aus der Nuklearmedizin.

Bedeutsame Vorkommnisse aus der Strahlentherapie betrafen ca. 36 % der eingegangenen Meldungen. Die Mehrzahl davon bildeten mit ca. 48 % Bestrahlungsplanverwechslungen (Vorjahr: ca. 20 %). Hier kann evtl. bereits eine kritische Analyse der Prozessabläufe entlang der gesamten Behandlungskette zu einer Senkung der Fehlerrate führen (siehe dazu auch die Empfehlungen von BfS, DEGRO, DGMP und DGN zur Risikoanalyse bei therapeutischen Strahlenanwendungen [1]). Am zweithäufigsten kamen mit ca. 25 % Personenverwechslungen vor (Vorjahr: ca. 40 %). Grundsätzlich sollte die Patientenidentität unmittelbar vor Bestrahlungsbeginn (erneut)

überprüft werden. Zudem sollte vor Bestrahlungsbeginn die Übereinstimmung der Patientenidentität mit der angewählten Person an der Konsole mittels Vier-Augen-Prinzip überprüft werden.

Literatur

- [1] Bundesamt für Strahlenschutz, www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/fachinfo/ion/empfehlungen-risikoanalyse.html (abgerufen am 16.08.2023)

V UMGANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN UND IONISIERENDER STRAHLUNG

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz, vom Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit und vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

1. Grenzüberschreitende Verbringung radioaktiver Stoffe

1.1 Übersicht über die Ein- und Ausfuhrstatistik radioaktiver Stoffe

Mit dem Begriff „hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ)“ werden Quellen bezeichnet, deren Aktivität den durch die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) festgelegten nuklidspezifischen Grenzwert (StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4) überschreitet.

Die Gesamteinfuhr Radionuklide in [Tabelle T V.1](#) setzt sich aus „Radionuklide ohne HRQ“ (siehe [Tabelle T V.3](#)) und „umschlossene hochradioaktive Quellen (HRQ)“ (siehe [Tabelle T V.4](#)) zusammen.

Die Gesamteinfuhr an Radionukliden in Gigabecquerel (GBq) hat sich 2022 gegenüber dem Vorjahr um ca. 75 % verringert.

Wobei die Einfuhren für Radionuklide ohne HRQ in GBq 2022 im Vergleich zu 2021 um das ca. 16-fache gestiegen ist und damit den höchsten Wert innerhalb der letzten 10 Jahre erreicht hat. Die Einfuhr von umschlossenen hochradioaktiven Quellen in GBq ist hingegen 2022 um gut 82 % gesunken und hat damit den niedrigsten Wert innerhalb der letzten 10 Jahre erreicht.

Die Einfuhr von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in GBq (siehe [Tabelle T V.5](#)) hat sich 2022 gegenüber dem Vorjahr um ca. 12 % verringert und damit den niedrigsten Wert innerhalb der letzten zehn Jahre erreicht.

Die in [Tabelle T V.2](#) dargestellte Gesamtausfuhr an Radionukliden setzt sich analog aus „Radionuklide ohne HRQ“ (siehe [Tabelle T V.6](#)) und „umschlossene hochradioaktive Quellen (HRQ)“ (siehe [Tabelle T V.7](#)) zusammen.

Die Gesamtausfuhr von Radionukliden in GBq liegt 2022 wieder ungefähr auf dem Niveau von 2020. Der Anstieg um den 3,5-fachen Wert von 2020 auf 2021 hat sich 2022 nicht fortgesetzt. Auch der Anstieg 2021 (aufgrund des Brexits) bei der Gesamtausfuhr bei Exporten in das Vereinigte Königreich, hat sich 2022 nicht weiter fortgesetzt (2021: 6,1 Mio GBq; 2022: 66 600 GBq).

Die Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe (siehe [Tabelle T V.8](#)) liegt 2022 mit 727 278 kg auf einem Vergleichbarem Niveau wie 2021 (791 259 kg). Nachdem der Wert im Jahr 2021 gegenüber dem Niveau der Jahre 2020 und 2019 stark zurückgegangen war, liegt die Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe nun wieder in etwa bei der Größenordnung der Jahre 2016 bis 2018.

In den Tabellen wurde zur besseren Übersicht und einheitlichen Darstellung der Werte in der Einheit GBq ([Tabelle T V.3](#) und [Tabelle T V.4](#) sowie [Tabelle T V.6](#) und [Tabelle T V.7](#)) sowie kg ([Tabelle T V.5](#) und [Tabelle T V.8](#)) verwendet. Einzelwerte, die unterhalb von 50 MBq- ([Tabelle T V.3](#) und [Tabelle T V.4](#) sowie [Tabelle T V.6](#) und [Tabelle T V.7](#)) bzw. 50 g-Grenze ([Tabelle T V.5](#) und [Tabelle T V.8](#)) liegen, werden in den Tabellen jeweils abgerundet und als „0,0“ dargestellt. Zu unterscheiden davon sind

leere Zellen, für die keine Werte vorhanden sind bzw. diese tatsächlich Null betragen.

1.2 Einfuhrstatistik

Einfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ)

[Tabelle T V.3](#) gibt die Aktivitäten der eingeführten radioaktiven Stoffe wieder. Ausgenommen sind hier umschlossene hochradioaktive Strahlenquellen HRQ gemäß StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4.

Radionuklide, deren Aktivität in Summe unter 100 GBq liegt, sind in der Spalte „sonstige Radionuklide“ zusammengefasst. Analog sind Länder, aus denen die Gesamteinfuhr unter 100 GBq lag, in der Zeile „sonstige Länder“ zusammengefasst.

In Summe ist die Aktivität der eingeführten Radionuklide ohne HRQ 2022 gegenüber 2021 um gut das 16-fache gestiegen.

Bei den Einfuhren für Radionuklide ohne HRQ gab es 2022 im Vergleich zum Vorjahr jeweils einen auffälligen Anstieg bei Import aus

- Kanada (2021: 14 920 GBq; 2022: 2 940 474 GBq; 150-fache),
- Russland (2021: 9 312 GBq; 2022: 880 083 GBq; 94-fache),
- der Volksrepublik China (2021: 464 GBq; 19 751 GBq; 42-fache),
- den Vereinigte Staaten (2021: 53 311 GBq; 2022: 615 612 GBq; 11-fache) und
- Südafrika (2021: 172 294 GBq; 2022: 299 130 GBq; knapp 2-fache).

In absoluten Zahlen beträgt der Anstieg für Einfuhren für Radionuklide ohne HRQ 2022 im Vergleich zu 2021 aus

- Kanada (+1.925.554 GBq),
- Russland (+870 771 GBq),
- den Vereinigte Staaten (+562 301 GBq),
- Südafrika (+126 836 GBq) und
- der Volksrepublik China (+19 287 GBq).

Auch die Einfuhren für Radionuklide ohne HRQ aus der Ukraine sind stark gestiegen (2021: 0 GBq; 2022: 1 200 GBq).

Bei den einzelnen Radionukliden ohne HRQ gibt es teilweise erhebliche Änderungen gegenüber dem Vorjahr.

Zuwächse, die sich deutlich auf die Gesamtsumme bei den Einfuhren ohne HRQ auswirken, gab es mit einem Plus von

- 2,7 PBq bei H-3 (140-fache),
- 740 581 GBq bei Lu-177 (7-fache),
- 664 647 GBq bei Ir-192 (1 623-fache),
- 232 660 GBq bei Se-75 (29-fache) und
- 24 929 GBq bei Ge-68+ (20-fache).

Weitere Zuwächse in absoluten Zahlen gab es ferner mit einem Plus von

- 79,8 TBq bei I-131 (+ 137 %),
- 7,7 TBq bei Mo-99+ (+ 48 %),
- 2,3 TBq bei Pm-147 (+ 455 %),

- 74 GBq bei S-35 (+ 18 %),
- 51 GBq bei Am-241 (knapp + 46 %) und
- 33 GBq bei Co-57 (knapp + 22 %).

Einen besonders starken prozentualen Rückgang gab es bei Cs-137+ (- 43 %). Das entspricht absolut einem Minus von gut 144 GBq. Mit einem Minus von 994 GBq bei Ho-166 (- 32 %) und einem Minus von 358 GBq bei W-188+ (- 30 %) gab es in absoluten Zahlen gesehen die deutlichsten Rückgänge bei den Einfuhren offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ).

Tritium in Form von Tritiumgaslichtquellen (LQ) wurde im Berichtszeitraum mit einer Aktivität von 4 022 GBq eingeführt, im Wesentlichen aus Kanada (61 %), gefolgt von der Schweiz (29 %) und Norwegen (10 %). Das als Tritiumgaslichtquelle eingeführte Tritium ist in [Tabelle T V.3](#) in den Werten für die Gesamteinfuhr von Tritium (H-3) enthalten. Leuchtstoffe (LU) wurden im Betrachtungszeitraum nicht eingeführt.

Die Aktivitätswerte der Einfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen „XX“ (2022: 7,4 GBq, 2021: 0,019 GBq) kontaminierten Werkzeugen „YY“ (2022: 12,6 GBq, 2021: 10,14 GBq) sowie von sonstigen radioaktiven Gemischen „ZZ“ (2022: 0,1 GBq, 2021: 678 GBq) sind in [Tabelle T V.3](#) berücksichtigt. Sie sind dort aufgrund ihrer geringen Aktivität mit anderen Radionuklide in der Spalte „sonstige Radionuklide“ zusammengefasst.

Einfuhr umschlossener hochradioaktiver Strahlenquellen (HRQ)

[Tabelle T V.4](#) zeigt die Gesamtaktivitäten der Einfuhr an umschlossenen hochradioaktiven Strahlenquellen der Radionuklide Co-60, Se-75, Cs-137+, Ir-192 und Am-241.

Knapp 73 % der Gesamtaktivität der als HRQ eingeführten Radionuklide entfällt auf Co-60. Die Einfuhr von Co-60 erfolgte hauptsächlich aus Vereinigten Königreich (94 %).

Einfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe

[Tabelle T V.5](#) zeigt die Gesamteinfuhr 2022 an unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in Kilogramm. Die Schwerpunkte liegen bei Natururan als größtem Posten (2,3 PBq), gefolgt von angereichertem Uran mit einem Anreicherungsgrad bis zu 10 % (192 390 GBq). Weitere Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen wie hochangereichertes Uran, Plutonium oder Thorium wurden 2022 nicht eingeführt.

Die Einfuhr von abgereichertem Uran teilt sich in das in Abschirm-, Transport- und Lagerbehältern (z. B. für umschlossene Strahlenquellen) enthaltene Uran und sonstiges abgereichertes Uran auf. Diese Darstellungsform wurde ebenfalls so in den Vorjahren gewählt. Dabei fällt auf, dass 2022 keine Einfuhr an angereichertem Uran, das nicht Bestandteil von Transport- und Abschirmbehältern ist, stattfand.

In Tabelle 5 sind unter „sonstige Länder“ alle Länder zusammengefasst, aus denen außer dem in Transport- und Abschirmbehältern enthaltenen Uran keine weiteren Kernbrennstoffe eingeführt wurden.

1.3 Ausfuhrstatistik

Ausfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ)

[Tabelle T V.6](#) gibt die Aktivitäten der ausgeführten radioaktiven Stoffe wieder. Ausgenommen sind hier umschlossene hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) gemäß StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4.

Radionuklide, deren Aktivität in Summe unter 100 GBq liegt, sind in der Spalte „sonstige Radionuklide“ zusammengefasst. Analog sind Länder, in die die Gesamtausfuhr unter 100 GBq lag, in der Zeile „sonstige Länder“ zusammengefasst.

Die Summe der Aktivität der ausgeführten Radionuklide ohne HRQ ist 2022 gegenüber dem Vorjahr stark gesunken und liegt mit knapp 496 TBq nur noch bei knapp 1/6 des Vorjahreswertes (2021: 2,8 PBq). Auffällig ist dabei, dass die Summe der Radionuklide, die 2022 ins Vereinigte Königreich ausgeführt wurden, nur noch ein Bruchteil von 2021 beträgt (2022: 7,363 TBq zu 2021: 2,6 PBq).

Die mit Abstand meisten Ausfuhren, gemessen an der Summe der Aktivität (ohne HRQ), gingen 2022 nach Japan mit ca. 33 % (162 603 GBq, 36-fache im Vergleich zum Vorjahr) und in die Vereinigten Staaten mit 28 % (139 046 GBq, fast 2-fache im Vergleich zum Vorjahr). Im Vergleich hierzu gingen 2021 die meisten Ausfuhren mit mehr als 90 % noch in das Vereinigte Königreich. Ausfuhren ohne HRQ nach Russland sind 2022 im Vergleich zu 2021 stark gesunken (2022: 2 262 BGq; 2021: 22 982 GBq). Ausfuhren ohne HRQ in die Ukraine sind 2022 im Vergleich zu 2021 leicht gestiegen (2022: ca. 1 106 BGq; 2021: 1 070 GBq).

Bei den Ausfuhren von Radionukliden ohne HRQ waren 2022 die dominanten Radionuklide mit ca. 39 % Kr-85 (192 095 GBq) und mit 33 % Lu-177 (162 922 GBq).

Bei den einzelnen Radionukliden ohne HRQ gibt es 2022 teilweise erhebliche Änderungen gegenüber dem Vorjahr.

Deutliche Rückgänge gab es bei den Ausfuhren der Radionuklide (ohne HRQ) bei I-131 (- 2,5 PBq), bei I-123 (- 77 TBq), bei Se-75 (- 20 TBq), bei F-18 (- 9 TBq), bei H-3 (- 4 TBq). Bei Se-75 ist jedoch zu beachten, dass der Großteil dieses Radionuklids als HRQ ein- und ausgeführt wird, die hier genannten Änderungen bei der Gesamtausfuhr 2022 dieses Radionuklids also nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Abgesehen davon, dass die Ausfuhrzahlen für Radionuklide ohne HRQ insgesamt gesunken sind, gab es 2022 dennoch Zuwächse bei Kr-85 (+ 160 TBq); bei F-18 (+ 9,6 TBq), bei Cs-137+ (+ 6,4 TBq) und bei Sr-90+ (+ 1,8 TBq) zu verzeichnen.

Tritium in Form von Tritiumgaslichtquellen (LQ) wurde im Berichtszeitraum mit einer Aktivität von 1 589 GBq ausgeführt, im Wesentlichen in die Schweiz (94 %), gefolgt von Norwegen (2,5 %), Kanada (1,9 %) und in das Vereinigte Königreich (1,5 %). Das als Tritiumgaslichtquelle

ausgeführte Tritium ist in [Tabelle T V.7](#) in den Werten für die Gesamtausfuhr von Tritium enthalten. Leuchtstoffe (LU) wurden nicht ausgeführt.

Die Aktivitätswerte der Ausfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen „XX“ (2022: 7,4 GBq; 2021: 44,9 MBq), kontaminierten Werkzeugen „YY“ (2022: 10,8 GBq; 2021: 294 MBq) sowie von sonstigen radioaktiven Gemischen „ZZ“ (2022: 12,6 GBq; 2021: 52,7 MBq) sind in [Tabelle T V.6](#) berücksichtigt, dort aber aufgrund ihrer geringen Aktivität mit anderen Radionuklide in der Spalte „sonstige Radionuklide“ zusammengefasst.

Ausfuhr umschlossener hochradioaktiver Strahlenquellen (HRQ)

Die Gesamtausfuhr an umschlossenen hochradioaktiven Strahlenquellen (HRQ) ([Tabelle T V.7](#)) ist gegenüber 2021 ebenfalls deutlich gesunken und beträgt nun nur noch 30 % der Vorjahressumme (2022: 1 576 901,9 GBq zu 2021: 5 148 334,8 GBq). Auch bei den HRQ spiegelt sich der Rückgang der Ausfuhr in das Vereinigte Königreich wider. So lag der Anteil 2021 noch bei knapp 70 %, die in das Vereinigte Königreich ausgeführt wurden. 2022 lag der Anteil nur noch bei gut 3 %.

Neben Co-60 wurden 2022 die Radionuklide Se-75, Cs-137+, Ir-192, Ra-226+ und Am-241 als HRQ ausgeführt. Ra-226+ wurde 2022 erstmalig als HRQ-Radionuklid ausgeführt. Die beiden am stärksten vertretenen HRQ-Radionuklide waren 2022 mit 66 % Ir-192 und mit 28 % Se-75. Die anderen HRQ-Radionuklide spielen eher eine untergeordnete Rolle, mit jeweils weniger als 5 %.

Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe

[Tabelle T V.8](#) zeigt die Gesamtausfuhr 2022 an unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in Kilogramm.

Die Ausfuhrmenge ist in etwa mit den Vorjahreszahlen zu vergleichen und liegt wieder bei gerundet 0,8 Mio. kg und entspricht damit wieder dem Niveau der Jahre 2016 bis 2018.

Genau wie 2021 gab es auch 2022 keine Ausfuhren von abgereichertem Uran in die Russische Föderation, diese hatten in der Vergangenheit etwa 90 % der Gesamtausfuhr an Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen ausgemacht.

Die Mengen an ausgeführtem Natururan liegt im Vergleich zum Vorjahr auf ähnlichem Niveau (2021: 407,3 kg zu 2022: 487,2 kg). Gleiches gilt für angereichertes Uran mit einem Anreicherungsgrad bis 10 % (2021: 784 910,4 kg zu 2022: 717 952,4 kg). Uran mit höheren Anreicherungsgraden als 10 % und Plutonium wurden 2022 nicht ausgeführt (2021: lagen die Werte im mg-Bereich).

Analog zur Einfuhr ([Tabelle T V.5](#)) teilt sich die Ausfuhr ([Tabelle T V.8](#)) von abgereichertem Uran in das in Abschirm-, Transport- und Lagerbehältern enthaltene Uran und sonstiges abgereichertes Uran auf. Wie bei der Einfuhr entfällt auch bei der Ausfuhr der Großteil der Position des abgereicherten Urans auf Transport- und Abschirmbehälter (2022: 8 815,5 kg zu 2021: 5 784,4 kg).

Diese Position ist im Vergleich zum Vorjahr jedoch erheblich angestiegen. In [Tabelle 8](#) sind unter „sonstige Länder“ alle Länder zusammengefasst, in die außer dem in Transport- und Abschirmbehältern enthaltenen Uran keine weiteren Kernbrennstoffe ausgeführt wurden.

1.4 Genehmigungen und Anmeldungen

[Tabelle T V.9](#) zeigt die Gesamtzahlen der Anmeldungen und Genehmigungen im Jahr 2022.

Im Berichtszeitraum gingen 3 863 Einfuhranmeldungen mit insgesamt 5 024 Positionen (2021: 3 124 Einfuhranmeldungen mit 3 703 Positionen) sowie 8 837 Ausfuhranmeldungen mit insgesamt 15 094 Positionen (2021: 8 353 Einfuhranmeldungen mit 15 487 Positionen) nach § 13 StrlSchV ein.

Demnach sind die Zahlen für die bearbeiteten Anmeldungen stabil geblieben.

Im Berichtszeitraum wurden vom BAFA 17 Einfuhr- und 53 Ausfuhrgenehmigungen für unbestrahlte Kernbrennstoffe nach § 3 AtG sowie 41 Einfuhr- und 82 Ausfuhrgenehmigungen für sonstige radioaktive Stoffe nach § 12 StrlSchV erteilt.

Bei den Genehmigungen gemäß § 12 StrlSchV handelt es sich durchweg um Genehmigungen zur Ein- und Ausfuhr von hochradioaktiven Strahlenquellen (HRQ), deren grenzüberschreitende Verbringung aufgrund der Überschreitung des 10-fachen HRQ-Grenzwertes (StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4) nicht mehr im Anmeldeverfahren zulässig ist.

Ferner wurden im Jahr 2022 insgesamt 13 Genehmigungen für die Ein- und Ausfuhr von Konsumgütern gemäß § 42 StrlSchG erteilt, welche jeweils eine Gültigkeit von zwei Jahren haben (2021: 7 Genehmigungen). Da nach § 42 StrlSchG genehmigte grenzüberschreitende Verbringungen derartiger Konsumgüter jedoch nicht von einem Meldeverfahren begleitet werden, liegen keine Angaben dazu vor, in welchem Umfang diese Genehmigungen tatsächlich ausgenutzt wurden.

Die vorliegende Statistik enthält keine Daten bezüglich in-nergemeinschaftlicher Verbringungen sonstiger radioaktiver Stoffe, da hierfür die Verordnung (Euratom) Nr. 1493/93 Anwendung findet. Ferner enthält die vorliegende Statistik auf Grund der „Atomrechtlichen Abfallverbringungsverordnung“ (AtAV) keine Daten über radioaktive Abfälle und bestrahlte Kernbrennstoffe. Informationen hierüber sind vielmehr den regelmäßigen Berichten an die Kommission zu entnehmen.

2. Beförderung radioaktiver Stoffe

Auf dem Gebiet des Transports radioaktiver Stoffe ist das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) die zuständige Behörde für die Erteilung von atomrechtlichen Beförderungsgenehmigungen für alle Verkehrsträger gemäß § 4 Atomgesetz (AtG) für Kernbrennstoffe und §§ 27 und 29 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) für Großquellen.

Gemäß Gefahrgutbeförderungsgesetz und den darauf beruhenden Verordnungen ist das BASE außerdem u. a. zu-

ständig für die Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen sowie für die Zulassung von Transportbehälterbauarten und die Anerkennung ausländischer Bauartzulassungen.

Die zugelassene Bauart Transport- und Lagerbehälter CASTOR® V/52 ist für die Beförderung und Zwischenlagerung von Standard-Brennelementen, Nicht-Standard-Brennelementen und Sonderbrennstäben aus Siedewasserreaktoren vorgesehen. Dabei war bisher eine Beladung der Behälter mit Sonderbrennstäben in verschweißten Köchern zusammen mit Brennelementen nicht zugelassen. Mit der im März 2022 erteilten Zulassungsrevision für die Bauart Transport- und Lagerbehälter CASTOR® V/52 ist nun die ressourcensparende Mischbeladung mit Köchern für Sonderbrennstäbe und mit Brennelementen möglich.

Für Transport- und Lagerbehälter CASTOR® V/52 älteren Fertigungsdatums besteht eine separate Bauartzulassung. Deren Gültigkeitsdauer wurde im November 2022 verlängert. Die Revision der Zulassung deckt die Zeitdauer der Lagergenehmigung des Brennelemente-Zwischenlagers Ahaus (BZA) bis zum 31.12.2036 ab. Dazu hat der Antragsteller neben der Erfüllung von Randbedingungen (u. a. keine weitere Fertigung und Beladung von Behältern, alle gefertigten Behälter stehen beladen in einem Zwischenlager) umfangreiche Bewertungsberichte zu den Betriebserfahrungen, zum Alterungsmanagement und zur Gültigkeit der im Sicherheitsbericht zu Grunde gelegten Vorschriften und Nachweisverfahren sowie der für den Betrieb und die Wartung vorgesehenen Dokumente eingereicht, die von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und dem BASE positiv geprüft wurden. Mit der im Zulassungsschein festgeschriebenen periodischen Fortschreibung und Überprüfung dieser Berichte alle fünf Jahre sowie der Bewertung der Auswirkung von Vorschriftenänderungen auf die Zulassung, wird auch zukünftig sichergestellt, dass alle Zulassungsvoraussetzungen erfüllt bleiben bzw. bei Bedarf Maßnahmen ergriffen werden können.

Auf internationalem Gebiet wurde die Mitarbeit des BASE bei der Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards zum Transport radioaktiver Stoffe bei der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) fortgesetzt. Im November 2021 initiierte das zuständige Gremium der IAEO einen Überprüfungs- und Überarbeitungsprozess der Sicherheitsstandards. Dieser Prozess wird von Deutschland durch die Beteiligung des BASE in den vom Gremium eingesetzten Expertengruppen intensiv begleitet.

2.1 Übersicht über Zulassungen, Beförderungsgenehmigungen und Transporte radioaktiver Stoffe

Gemäß den gefahrgutrechtlichen Regelungen wurden 2022 vom BASE insgesamt 8 Zulassungen für Transportbehälterbauarten und 4 deutsche Anerkennungen ausländischer Bauartzulassungen erteilt.

Im Jahr 2022 wurden vom BASE insgesamt 46 Beförderungsgenehmigungen (Einzel-, Mehrfach- und allgemeine Genehmigungen) erteilt. Weitere Informationen über die vom BASE erteilten Beförderungsgenehmigungen nach

§ 4 AtG für Kernbrennstoffe sowie nach §§ 27 und 29 StrlSchG für Großquellen und über die durchgeführten Kernbrennstofftransporte können den Internetseiten des BASE (www.base.bund.de) entnommen werden.

2022 wurden insgesamt 391 Transporte mit Kernbrennstoffen (siehe [Tabelle T V.10](#)) durchgeführt, davon entfielen 14 auf Transporte innerhalb Deutschlands, 177 auf den Export, 47 auf den Import und 153 Transporte entfielen auf den Transitverkehr. Mit Großquellen wurde 1 Transport durchgeführt.

2.2 Beförderung radioaktiver Stoffe im Schienen- und Schiffsverkehr der Eisenbahnen

Daten des Eisenbahn-Bundesamtes

Das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) fungiert als Aufsichtsbehörde für die Beförderung radioaktiver Stoffe im Schienen- und Schiffsverkehr der Eisenbahnen (§ 24, Abs. 1 AtG) und als Genehmigungsbehörde für die Beförderung von sonstigen radioaktiven Stoffen (§ 27 StrlSchG) im Schienen- und Schiffsverkehr der Eisenbahnen. Im Jahr 2022 wurden insgesamt 108 Wagenladungen mit sonstigen radioaktiven Stoffen, verteilt auf 45 Züge, befördert. Alle Beförderungen wurden auf Grundlage der vom Eisenbahn-Bundesamt erteilten Beförderungsgenehmigungen nach § 27 StrlSchG durchgeführt. Kernbrennstoffe mit der UN-Nummer 3321 (unbestrahltes, angereichertes Uran als U_3O_8 mit $< 1\%$ U-235) wurden im Jahr 2022 nicht befördert.

Ein Vergleich zu den Vorjahren ist in [Tabelle T V.11](#) aufgeführt. Gegenüber dem Vorjahr wurden 48 Wagenladungen mehr befördert. Auch in diesem Jahr wurde kein Uranhexafluorid auf der Schiene transportiert. Es wurden fast doppelt so viele Wagenladungen an Natururan in Form von U_3O_8 befördert als im Jahr zuvor. Eine Genehmigungsbeförderung für sonstige radioaktive Stoffe in B(U)-Behältern lag nicht vor, somit auch keine Beförderung. Die Anzahl von Beförderungen von Rückständen/Abfällen als SCO in IP Versandstücken nahm zu. Allerdings ist die Gesamtaktivität so gering, dass diese nicht in der Gesamtstatistik ([Tabelle T V.13](#)) auftaucht. Die Aktivität dieser Transporte beträgt 3,52 GBq.

[Abbildung B V 2.2-1](#) zeigt die Entwicklung der transportierten Wagenladungen seit 2011. Sowohl die Anzahl der Beförderungen, als auch die der beförderten Wagenladungen ist im Jahr 2022 steigend.

Von den 108 beförderten Wagen mit Transportgut der Klasse 7 wurden 44 Wagen bzw. 76 Container im Jahr 2022 überwacht. In einem Fall wurde die Transportmappe samt Beförderungsgenehmigung nicht mitgeführt. Laut Nebenbestimmungen der Beförderungsgenehmigung EBA 33.479 Punkt 4 ist entsprechend § 27 Abs. 3 StrlSchG der Genehmigungsbescheid oder eine amtlich beglaubigte Abschrift bei der Beförderung mitzuführen. Nach Ankunft des Transportes im Rangierbahnhof wurde das Fehlen der Transportmappe / Beförderungsgenehmigung festgestellt. Nachforschungen vor Ort blieben er-

folglos; somit war klar, dass der Transport ohne die mitzuführende Beförderungsgenehmigung im Bahnhof angekommen war. Um die planmäßige Weiterbeförderung nicht zu gefährden, wurde von der Genehmigungsinhaberin eine beglaubigte Kopie der o. g. Beförderungsgenehmigung sowie Kopien der anderen üblicherweise mitgeführten Begleitpapiere, von einem Kurierdienst gebracht. Der Transport wurde planmäßig weiterbefördert.

In einem anderen Fall wurde die Einheit der Aktivität im Frachtbrief falsch angegeben. Die Genehmigungsinhaberin wurde darüber informiert und der Mangel vor Weiterfahrt behoben.

Tabelle T V.12 gibt einen Überblick hinsichtlich der Anzahl der Transporte mit der Eisenbahn in Abhängigkeit der jeweiligen rechtlichen Grundlage der erteilten Beförderungsgenehmigung.

Tabelle T V.13 listet die Anzahl der Wagenladungen auf, spezifiziert nach der atomrechtlichen Bezeichnung der

beförderten radioaktiven Stoffe und nach den gefahrgutrechtlichen UN-Nummern.

Tabelle T V.14 zeigt die Gesamtaktivität für den Wagenladungsverkehr. Die Gesamtaktivität im Wagenladungsverkehr ist auf Grund der ausschließlichen Beförderung von sonstigen radioaktiven Stoffen in TBq angegeben.

Tabelle T V.15 listet den Anteil der überwachten Transporte sowie die bei den Überprüfungen festgestellte Mängelquote auf. Von den 108 beförderten Wagen mit Transportgut der Klasse 7 wurden 44 Wagen im Jahr 2022 überwacht.

Im Jahr 2022 wurde rund ein Drittel der beförderten Wagen kontrolliert. Die Überwachungsquote ist somit bei Gefahrgut der Klasse 7 weiterhin um ein Vielfaches höher als bei Gefahrgut der anderen Klassen (die Überwachungsquote bei den anderen Gefahrgutklassen liegt unter 1 %). Die Beanstandungsquote fällt u. a. aufgrund der engmaschigen Aufsicht niedriger als beim übrigen Gefahrgut aus.

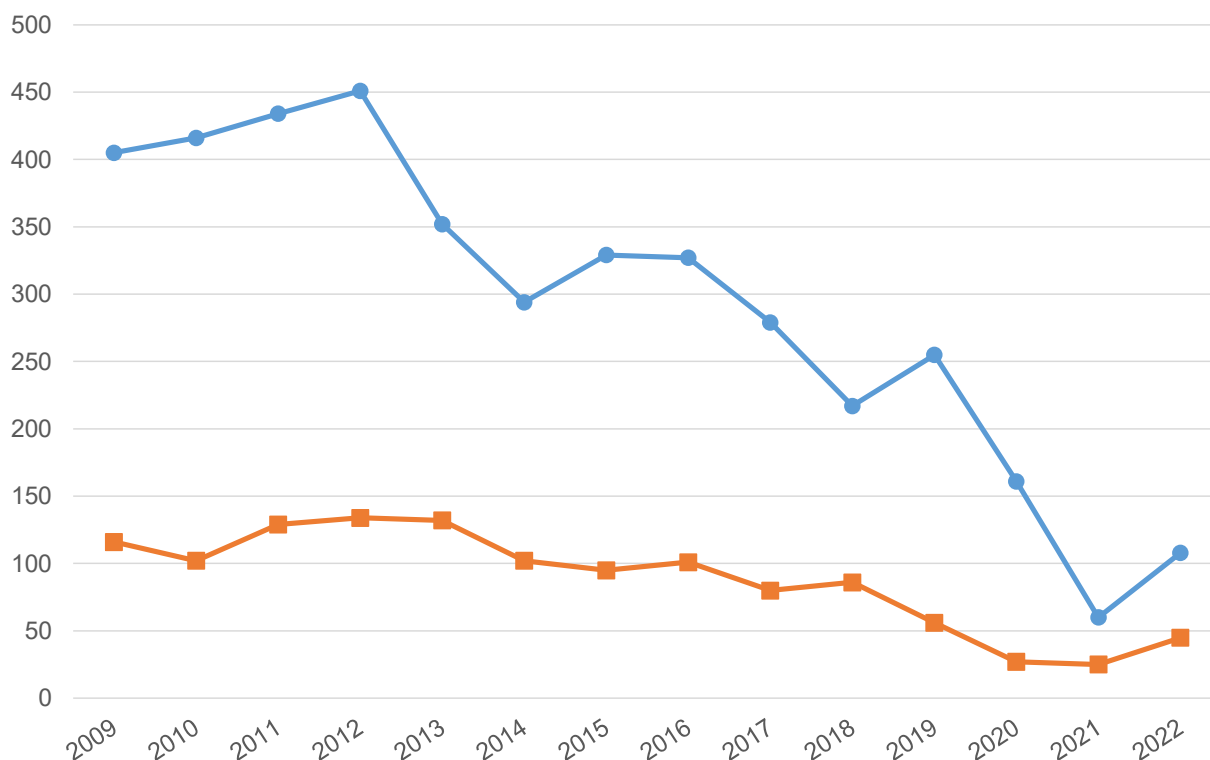


Abbildung B V 2.2-1 Entwicklung der transportierten Wagenladungen seit 2009

3. Umgang mit radioaktiven Stoffen, Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung, Röntgeneinrichtungen und Störstrahler

Nach § 5 Abs. 39 des Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) versteht man unter Umgang mit radioaktiven Stoffen deren Gewinnung, Erzeugung, Lagerung, Bearbeitung, Verarbeitung, sonstige Verwendung und Beseitigung. Der Begriff „Umgang“ wird gleichlautend auch in § 2 AtG, Abs. 3a, Satz 3 definiert.

3.1 Behördliche Kontrolle der Nutzung ionisierender Strahlung

Im Jahr 2022 waren in Deutschland 9 012 Genehmigungen zum Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen gemäß § 12 Abs. 1 Nr. 3 StrlSchG gültig. Die Zahlen dieser Genehmigungen sind in **Tabelle T V.16** und **Tabelle T V.17** angegeben. Davon waren

- 24 % im Bereich der Medizin einschließlich der medizinischen Forschung und Lehre,
- 20 % im Bereich Forschung und Lehre außerhalb der

- Medizin,
- 48 % im Bereich Industrie, gewerblicher Wirtschaft und
- 7 % in sonstigen Bereichen (z. B. Behörden) registriert.

In [Tabelle T V.18](#) ist die Zahl der Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung mit Genehmigungen nach § 12 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchG im Jahr 2022 in einer Übersicht, aufgeschlüsselt auf die Bundesländer, wiedergegeben. Von diesen im Rahmen einer Betriebsgenehmigung laufenden Anlagen haben 5 % einer Genehmigung und zu 2 % auf Laseranlagen zur Errichtung bedurft. Insgesamt sind die o. g. Anlagen zu 76 % auf Anwendung am Menschen, zu 11 % auf Anlagen in Forschung und Lehre, zu 12 % auf Anlagen in Industrie bzw. gewerblicher Wirtschaft und zu 1 % auf Anlagen in sonstigen Bereichen verteilt.

[Tabelle T V.19](#) ist eine Übersicht der gültigen Genehmigungen im Jahr 2022 für die Beschäftigung in fremden Anlagen und Einrichtungen nach § 25 StrlSchG, für die Beförderung sonstiger radioaktiver Stoffe nach § 27 StrlSchG, für den Zusatz radioaktiver Stoffe zu Konsumgütern nach § 40 StrlSchG und für den Umgang mit Kernbrennstoffen nach § 9 AtG.

In [Tabelle T V.20](#) ist in einer Übersicht die Zahl der im Jahr 2022 erstatteten Anzeigen und Anmeldungen aufgeführt. Dies betrifft u. a. Anzeigen über Anlagen nach § 17 StrlSchG und Anzeigen über den Umgang mit bauartzugelassenen Vorrichtungen nach § 208 Abs. 3 StrlSchG.

Der Umfang und die Ergebnisse der Prüfungen umschlossener radioaktiver Stoffe nach § 89 StrlSchV im Jahr 2022 können der Übersicht in [Tabelle T V.21](#) entnommen werden. Bei den insgesamt 12 581 durchgeführten Dichtheitsprüfungen wurden 15 Präparate als undicht ermittelt. Davon betroffen waren u. a. drei Strontium-90-Quellen, drei Radium-226+-Quellen, drei Americium-241-Quellen, eine Eisen-55-Quelle, drei Cäsium-137-Quellen, eine Nickel-63-Quelle und eine Quelle ohne Angaben. Eine genaue Aufschlüsselung ist ebenfalls der [Tabelle T V.21](#) zu entnehmen.

In [Tabelle T V.22](#) ist in einer Übersicht die Zahl der im Jahr 2022 erstatteten Anmeldungen und Anzeigen nach § 56 Abs. 1 Satz 1 und Abs. 2 StrlSchG und nach § 145 Abs. 2 StrlSchG und nach § 159 Abs. 2 StrlSchG aufgeführt.

In den [Tabellen T V.23, T V.24 und T V.25](#) ist eine Übersicht über die Gesamtzahl der Genehmigungen und Anzeigen für Röntgeneinrichtungen im Jahr 2022, unterteilt auf die Bereiche „Humanmedizin“, „Zahnmedizin und Tiermedizin“ sowie „Technik / Nichtmedizin“, für die einzelnen Bundesländer dargestellt. Die Gesamtzahl der genehmigten Störstrahler betrug 1 729 und ist für die Bundesländer in [Tabelle T V.25](#) gesondert aufgeführt. 15 % der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten Röntgeneinrichtungen werden für die technische Radiographie zur Grobstrukturanalyse eingesetzt. Im Jahr 2022 wurden im technischen Bereich 13 228 Röntgeneinrichtungen gemäß § 19 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 und 2 StrlSchG angezeigt.

3.2 Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen

Radioaktive Stoffe unterschiedlicher Art und Aktivität können in Industrieerzeugnissen, wie z. B. in wissenschaftlichen Instrumenten, technischen Bestrahlungsanlagen sowie verschiedenen Arten von Messeinrichtungen enthalten sein. Der Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen wird durch ein differenziertes Anzeige- und Kontrollsystem geregelt, das auch einen genehmigungsfreien Umgang vorsieht, z. B. nach einer Bauartzulassung des Gerätes oder bei Unterschreiten gesetzlich festgelegter Aktivitätswerte. Auf Grund dieser vielschichtigen gesetzlichen Sicherheitsvorkehrungen ist gewährleistet, dass der Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung durch den Umgang mit radioaktiven Industrieerzeugnissen kleiner als 0,01 mSv pro Jahr ist [1].

Bei einigen technischen Prozessen werden Strahlenquellen zur Messung und Steuerung (z. B. für Füllstands-, Dicken- oder Dichtemessungen) oder zur Qualitätskontrolle bei der zerstörungsfreien Materialprüfung eingesetzt. Der Umgang mit diesen technischen Strahlenquellen, bei denen höhere Aktivitäten eingesetzt werden, bedarf in der Regel der Genehmigung oder einer Bauartzulassung.

Das StrlSchG in Verbindung mit der StrlSchV regelt den Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen sowie den Einsatz von Röntengeräten, um sowohl die Arbeitnehmer als auch die Bevölkerung vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen.

3.3 Hochradioaktive Quellen (HRQ)

Bis zum Ende des Jahres 2022 wurden insgesamt 738 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 81 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

In der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen wurden bis Ende 2022 278 000 Meldungen zu 63 100 registrierten Strahlenquellen über deren Erhalt und Abgabe aufgenommen. Von diesen 63 100 registrierten Strahlenquellen waren nur knapp 30 % „hochradioaktive Strahlenquellen“ im Sinne des Strahlenschutzgesetzes, da sich ein Großteil dieser Strahlenquellen zum Berichtszeitpunkt nicht mehr im Geltungsbereich des deutschen Strahlenschutzgesetzes befand (also z. B. ins Ausland verbracht worden ist) oder auf Grund des radioaktiven Zerfalls (insbesondere Nuklide mit einer geringen Halbwertszeit wie Ir-192 oder Se-75) wieder eine Aktivität unterhalb des HRQ-Grenzwertes aufwies.

[Tabelle T V.26](#) zeigt die Entwicklung des Datenbestandes im HRQ-Register seit 2006.

3.4 Störstrahler

Störstrahler sind Geräte oder Vorrichtungen, z. B. Elektronenmikroskope und Hochspannungsgleichrichter, bei deren Betrieb ungewollt Röntgenstrahlung entsteht, die selbst nicht genutzt wird. Sie unterliegen einer Genehmigungspflicht, sofern sie nicht nach § 8 StrlSchV genehmigungsfrei betrieben werden dürfen. Zu den Störstrahlern

gehören auch Kathodenstrahlröhren in Bildschirmgeräten wie z. B. in Fernsehgeräten älterer Bauart. Die Höchstwerte der Ortsdosisleistung von bauartzugelassenen Störstrahlern sind in § 17 der StrSchV auf 1 $\mu\text{Sv/h}$ in 0,1 m Abstand festgelegt.

3.5 Konsumgüter und sonstige Anwendungen

Radioaktive Stoffe können auch in Konsumprodukten wie Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchgasmeldern, Gasglühstrümpfen, Schweißelektroden oder keramischen Gegenständen enthalten sein, jedoch nur in einer geringen Menge. Zum Schutz des Verbrauchers verbietet das StrlSchG allerdings den Zusatz von radioaktiven Stoffen zu bzw. die Aktivierung von bestimmten Produkten wie z. B. Spielwaren, Schmuck, Lebensmitteln und Tabakerzeugnissen. Das StrlSchG regelt zudem den genehmigungsbedürftigen Zusatz von radioaktiven Stoffen und die genehmigungsbedürftige Aktivierung bei der Herstellung von bestimmten Industrieerzeugnissen bzw. Konsumgütern und die Rückführung von diesen Produkten nach Beendigung ihres Gebrauchs (§§ 39 ff. StrlSchG).

Seit einiger Zeit sind auf dem deutschen Markt Produkte verfügbar, die mit Begriffen wie „Quantum Energie“, „negative Ionen“ etc. beschrieben und die seitens der Hersteller mit diversen angeblichen Heil- und Gesundheitswirkungen beworben werden, zu denen jedoch kein wissenschaftlicher Nachweis vorliegt. Solche Produkte werden häufig in Form von Kettenanhängern, Armbändern, Handy-Aufklebern o. ä. vermarktet und enthalten in vielen Fällen natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (NORM). Das Bundesamt für Strahlenschutz hat einige dieser Produkte untersucht und festgestellt, dass diese in einigen Fällen durchaus zu einer merklichen zusätzlichen Strahlenexposition (in Abhängigkeit von der Tragedauer etc.) für den Träger bzw. die Trägerin führen können. Um eine unnötige zusätzliche Strahlenexposition gemäß § 8 StrlSchG zu vermeiden, sollte von der Nutzung derartiger Produkte daher abgesehen werden.

3.6 Bestand radioaktiver Abfälle

Nachfolgend ist der Bestand an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen zum 31. Dezember 2022 aufgeführt. Die angegebenen Werte sind gerundet, so dass sich dadurch marginale Abweichungen ergeben können.

Abfälle werden nach dem Stand ihrer Bearbeitung untergliedert in Rohabfälle (RA), d. h. Abfälle in ihrer Entstehungsform, und in „vorbehandelte Abfälle“ (VA), die z. B. eine Vorkonditionierung zur besseren Handhabung erhalten haben. Für die Zwischenlagerung werden die Abfälle in der Regel konditioniert. Aus dem Konditionierungsprozess entstehen die Abfallprodukte, die meist in Fässern, die einen Innenbehälter darstellen (P1), oder auch schon in Konradbehältern (G1) lagern. Soll das Abfallprodukt bis zur Endlagerung nicht weiter behandelt werden, kann in der Produktkontrolle durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) festgestellt werden, dass dieses

Abfallprodukt bei Erfüllung der Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad geeignet ist. Aus dem Abfallprodukt der Kategorie P1 entsteht so ein „produktkontrolliertes Abfallprodukt“ (P2). Die Abfallprodukte der Kategorie P2 werden dann für die Endlagerung noch in Konradbehälter eingestellt (G1). Wird das Abfallgebinde (G1) von der BGE als endlagerfähig bestätigt, liegt ein „produktkontrolliertes Abfallgebinde“ (G2) vor, welches vom Endlager zur Einlagerung abgerufen werden kann. Eine Übersicht über die Mengen vernachlässigbarer Wärme entwickelnder radioaktiver Stoffe für das Jahr 2022 liefert [Tabelle T V.27](#).

Insgesamt existierte bei allen Abfallverursachern am 31. Dezember 2022 ein Bestand an Rohabfällen und vorbehandelten Abfällen - mit dem Endlagerziel Konrad oder einem anderen - von 23 735 t. Der Bestand an Abfallprodukten in Innenbehältern belief sich auf 20 180 m^3 , von denen 6 080 m^3 schon produktkontrolliert sind. Dies beinhaltet zum derzeitigen Zeitpunkt mindestens den radiologischen Teil der Produktkontrolle. Der größte Bestand entfällt auf die Abfallprodukte in Konradbehältern mit 110 447 m^3 , von denen 2 936 m^3 vollumfänglich produktkontrolliert sind und vom zukünftigen Endlager Konrad abgerufen werden könnten. Lediglich 145 m^3 und 1 1956 t an radioaktiven Abfällen sind derzeit nicht für das Endlager Konrad vorgesehen.

Detaillierte Angaben zum Bestand der vernachlässigbarer Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle ohne Differenzierung des Endlagerziels zum 31. Dezember 2022 für die einzelnen Abfallverursachergruppen sind in [Tabelle T V.28](#) aufgeführt.

Zu den Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen ohne bestrahlte Brennelemente zählen Abfälle aus der Forschung und vor allem der Wiederaufarbeitung wie die HAW (high active waste)-Kokillen aus der Wiederaufbereitung in Frankreich (544 m^3), die im Zwischenlager in Gorleben, und ca. 25 m^3 aus der Wiederaufarbeitung in Karlsruhe (WAK), die im Zwischenlager Nord gelagert werden sowie ca. 30 m^3 aus der Wiederaufarbeitung in Großbritannien, die im Brennelemente-Zwischenlager Biblis lagern. Eine Übersicht nach Verursachergruppen gibt [Tabelle T V.29](#).

Bis zum 31. Dezember 2022 sind in Deutschland insgesamt ca. 16 106 Tonnen SM (Schwermetall = Uran + Plutonium) in Form bestrahlter Brennelemente angefallen. Davon wurden 6 673 t SM zur Wiederaufarbeitung im Ausland oder in andere Anlagen abgegeben.

Zusätzlich sind in Deutschland insgesamt 190 t SM in Form von bestrahlten Brennelementen aus Versuchs- und Demonstrationsreaktoren angefallen, von denen der Großteil wiederaufgearbeitet wurde.

4. Bedeutsame Vorkommnisse

Durch die strengen Vorschriften im Strahlenschutzrecht sind meldepflichtige bedeutsame Vorkommnisse mit Personenbeteiligung beim Umgang mit ionisierender Strahlung und radioaktiven Stoffen selten. Derartige Vorkommnisse werden dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

gemeldet und jährlich in diesem Bericht zusammengefasst ([Tabelle T V.30](#)).

Ein Großteil der für das Jahr 2022 nach § 170 StrlSchV gemeldeten Vorkommnisse sind Funde von radioaktivem Material, die meist durch eine nicht ordnungsgemäße Entsorgung des radioaktiven Stoffes verursacht wurden. In einem Fall kam es bei einem Mitarbeiter einer medizinischen Einrichtung zu einer Grenzwertüberschreitung.

Vorkommnisse, die im medizinischen Anwendungsbereich aufgetreten sind, werden seit dem Jahr 2019 im Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse bei Strahlenanwendungen in der Medizin (<https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-mediz>

[in/bevomed/bevomed_node.html](#)) erfasst und durch die zentrale Stelle im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) regelmäßig systematisch wissenschaftlich ausgewertet. Eine Darstellung dieser Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Strahlenschutz findet sich in Kapitel [IV Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen](#).

Literatur

- [1] Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahre 1977“, Bundestagsdrucksache 8/3119, Bonn 1979

VI NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Elektromagnetische Felder - Forschung und aktuelle Themen

1.1 Elektromagnetische Felder allgemein

Mit der zunehmenden Technisierung der Umwelt steigt auch die Zahl künstlicher Quellen, die zu einer Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern beitragen. Mit dem Begriff „elektromagnetische Felder“ werden statische und langsam veränderliche (niederfrequente) elektrische und magnetische Felder sowie hochfrequente elektromagnetische Felder zusammengefasst. Der Frequenzbereich erstreckt sich von 0 Hertz (Hz) bis 300 Gigahertz (GHz). Details sind im Grundlagenbericht, Kapitel VI (Physikalische Eigenschaften und Wirkungen nichtionisierender Strahlung, nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2023032136841) beschrieben.

Der Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder ist über gesetzliche Immissionsgrenzwerte geregelt, die von bestimmten ortsfesten Anlagen einzuhalten sind. Für elektrisch betriebene Geräte ist das Produktsicherheitsrecht anzuwenden, dessen abstrakte Anforderungen in harmonisierten Normen konkretisiert sind.

Technische Weiterentwicklungen sind vor allem bei der drahtlosen Kommunikations- und Energieübertragungstechnik, aber auch der Sicherheitstechnik und der Elektrizitätsversorgung zu beobachten. Die Elektromobilität wird politisch und von der Industrie vorangetrieben, aber auch die Anzahl der Anwendungen elektromagnetischer Felder zu medizinischen oder kosmetischen Zwecken nehmen zu. Daher ist davon auszugehen, dass damit im Zusammenhang stehende neue Expositionsszenarien relevant werden.

1.2 Statische elektrische und magnetische Felder

Statische Magnetfelder üben Kräfte auf elektrisch geladene Teilchen im menschlichen Körper aus, wenn sich die Teilchen quer zum Magnetfeld bewegen. Das betrifft insbesondere den Blutstrom oder Bewegungen des Körpers im Magnetfeld. In älteren wissenschaftlichen Untersuchungen wurden für magnetische Flussdichten unterhalb von etwa 4 Tesla keine direkten negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper beobachtet.

Hinsichtlich Magnetresonanztomografen (MRT) mit höheren magnetischen Flussdichten zeigten Forschungsvorhaben des BfS, dass es bis zu magnetischen Flussdichten von 7 Tesla zu keiner Beeinträchtigung des bedienenden Personals kommt. Des Weiteren konnte bei Nagetieren gezeigt werden, dass Trächtigkeit oder die Entwicklung von Jungtieren nicht beeinflusst wird.

Beim Stromnetzausbau werden auch Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) errichtet. In der Umgebung der Leitungen treten statische Magnetfelder auf. Der Grenzwert von 500 μT für magnetische Flussdichten der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) muss jedoch eingehalten werden, um eine

Beeinflussung elektronischer Implantate zu vermeiden. Die zusätzlichen statischen Magnetfelder in der Nähe von HGÜ-Trassen werden voraussichtlich in der Größenordnung der Feldstärken des natürlichen Erdmagnetfeldes liegen. Angesichts der erwähnten Forschungsergebnisse in wesentlich stärkeren Feldern der Magnetresonanztomographie ist nicht mit einer Beeinträchtigung der Bevölkerung zu rechnen.

Es ist im Umfeld von Freileitungen von erhöhten Konzentrationen von Ionen in der Luft auszugehen, die sich an Luftpartikel anlagern können. Eine vom BfS geförderte Literaturstudie bestätigt vorangegangene Einschätzungen, dass negative gesundheitliche Auswirkungen durch diese Prozesse unwahrscheinlich sind. Die Klärung verbliebener offener Fragen wird vom BfS vorangetrieben.

1.3 Niederfrequente elektrische und magnetische Felder (NF)

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder können im menschlichen Körper elektrische Ströme hervorrufen. Das Schutzkonzept zielt darauf ab, negative gesundheitliche Wirkungen durch diese Einflüsse auf den Körper zu vermeiden. Die Basisgröße für den Strahlenschutz ist die direkt mit biologischen Wirkungen im Zusammenhang stehende im Körper induzierte elektrische Feldstärke. Die in Deutschland für die Allgemeinbevölkerung gültigen Grenzwerte, die in der 26. Bundesimmissionsschutzverordnung (26. BImSchV) festgelegt sind, wurden von dieser Basisgröße abgeleitet. Diese Grenzwerte beziehen sich auf die außerhalb des menschlichen Körpers auftretenden elektrischen und magnetischen Felder. Auch in technischen Gerätesicherheitsnormen wird auf diese Werte Bezug genommen.

1.4 Strahlenschutz beim Stromnetzausbau

Um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zu erhöhen, werden die bestehenden Stromnetze ausgebaut und verstärkt. Hierfür werden nicht nur bestehende Wechselstromleitungen ertüchtigt, sondern auch neue Wechselstromleitungen sowie erstmals Hochspannungsgleichstromleitungen (HGÜ-Leitungen) errichtet, letztere vorzugsweise als Erdkabel. Die vom Ausbau betroffene Bevölkerung steht den notwendigen Maßnahmen zum Teil kritisch bis ablehnend gegenüber. Dabei werden u. a. Befürchtungen zu gesundheitlichen Risiken als Argumente angeführt.

Beim Ausbau des Stromnetzes müssen Fragen des Gesundheits- und Strahlenschutzes von Anfang an berücksichtigt werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) leistet mit dem Forschungsprogramm zum „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ einen wichtigen Beitrag zur Klärung der offenen Fragen in diesen Themenbereichen.

Exposition der Allgemeinbevölkerung

Die Grenzwerte der 26. BImSchV schützen vor allen nachgewiesenen gesundheitlichen Risiken statischer und niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder, die von Stromleitungen ausgehen. Es gibt jedoch wissen-

schaftliche Hinweise auf mögliche gesundheitliche Wirkungen bei Expositionen unterhalb der bestehenden Grenzwerte und weitere offene Fragen, die im Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ geklärt werden müssen.

So kann der in mehreren epidemiologischen Studien beobachtete statistische Zusammenhang von Expositionen gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern und Leukämien im Kindesalter derzeit nicht zufriedenstellend erklärt werden. Auch Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Expositionen gegenüber starken niederfrequenten Magnetfeldern im beruflichen Bereich und dem Auftreten von degenerativen Erkrankungen des Nervensystems (z. B. Amyotrophe Lateralsklerose (ALS), Alzheimer-Demenz) können derzeit nicht abschließend beurteilt werden. Experimentelle Studien konnten die epidemiologischen Beobachtungen bisher nicht bestätigen, ein zugrunde liegender Wirkmechanismus ist nicht bekannt. Bei den HGÜ-Freileitungen und der geplanten Hybridleitung sind es vor allem Fragen zu einer erhöhten Wahrnehmbarkeit elektrischer Felder, die mit dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand nicht zufriedenstellend beantwortet werden können.

Begleitendes Forschungsprogramm des BfS

Um bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung zu verringern und offene Fragen beantworten zu können, führt das BfS ein begleitendes Forschungsprogramm zum „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ durch. Das Forschungsprogramm umfasst 49 Projekte aus elf Themenfeldern. Die Beschreibung des Forschungsprogramms sowie den aktuellen Stand der Forschungsvorhaben können auf der Seite des BfS eingesehen werden: https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/forschung-netzausbau_table.html

Einige dieser Forschungsvorhaben wurden bereits im Rahmen des Ressortforschungsplans begonnen bzw. sind beendet:

- Erfassung der Magnetfeldexposition der allgemeinen Bevölkerung (wird als Eigenforschung weiter durchgeführt)
- Untersuchung der Machbarkeit und Vorbereitung einer gepoolten Analyse zum Zusammenhang von Amyotropher Lateralsklerose (ALS) und Magnetfeldexposition, Universität Mainz. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020011721003>
- Leukämie im Kindesalter - Einfluss des Immunsystems auf die Entstehung der Erkrankung (experimentelle Studie an einem geeigneten Tiermodell) (siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt3.html>)
- Evaluierung der Botschaften und Texte des BfS aus dem Bereich des Stromnetzausbaus. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020090922621>
- Umfragen zur Ermittlung der Besorgnis in der Bevölkerung 1. Welchen Stellenwert haben Magnetfelder

in der öffentlichen Wahrnehmung des Stromnetzausbaus? Eine deutschlandweite Befragung. Abschlussbericht unter

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2019121120809>

- Überprüfung von Darstellungsformaten für Messergebnisse niederfrequenter Felder und deren Bedeutung für die Risikokommunikation. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020060822215>
- Bewertende Literaturstudie zum Auftreten, zur Ausbreitung und zu gesundheitlichen Auswirkungen von ionisierten Schadstoffpartikeln in der Umgebung von Starkstromleitungen. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022042732621>
- Erprobung, Weiterentwicklung und Validierung von neuartiger Messtechnik für statische und niederfrequente elektrische und magnetische Felder (siehe Programmreport 2020 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257>)
- Entwicklung und Verfeinerung dosimetrischer Modelle für die Expositionsanalyse und -bewertung; siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt7.html>
- Interdisziplinäre Studie zur Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen Umwelt-, genetischen Faktoren und Leukämie in B-Zell-ALL-Patienten - Machbarkeitsstudie. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022112435655>
- Metaanalyse zum Zusammenhang von Amyotropher Lateralsklerose und Magnetfeldexposition - Hauptstudie, siehe <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022042732621>
- Wirkmechanismen niederfrequenter Magnetfelder bei der Entstehung von Alzheimer-Demenz in Zellkultur (in vitro), siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt1.html>
- Einfluss von niederfrequenten Magnetfeldern der Stromversorgung auf den Schlaf und die Konzentration von β -Amyloid bei Menschen; siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt1.html>
- Wirkungs- und Wahrnehmungsschwellen statischer elektrischer Felder; siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt2.html>
- Untersuchung zum Auftreten von Leukämie bei prädisponierten, Magnetfeld-exponierten Tiermodellen; siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt3.html>
- Epidemiologische Studie zu Leukämie im Kindesalter und Magnetfeldexposition durch Nähe zu Bahntrassen; siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt3.html>

[schaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt3.html](http://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt3.html)

- Experimentelle Überprüfung von publizierten Angaben zur Depositionseffizienz geladener Partikel in den Atemwegen; siehe https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt6.html;jsessionid=090ACB822A7D98EB19A47BD938F7FDDC.2_cid349
- Untersuchung zur Rolle von Behörden bei Veranstaltungen; siehe https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt8.html;jsessionid=090ACB822A7D98EB19A47BD938F7FDDC.2_cid349
- Untersuchung der Möglichkeiten einer Fortbildung von Multiplikatoren in lokalen Behörden (Gesundheitsämter, Amtsärzte und Immissionsschutzämter) für die Risikokommunikation beim Stromnetzausbau. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022112435620>
- Untersuchung zur Meinungsbildung zum Stromnetzausbau in Diskursen von betroffenen Anwohnenden; siehe https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt8.html;jsessionid=090ACB822A7D98EB19A47BD938F7FDDC.2_cid349
- Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien; siehe https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt9.html;jsessionid=090ACB822A7D98EB19A47BD938F7FDDC.2_cid349 und Programmreport 2020 S. 237 ff, <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2021121530257>
- Molekulardynamik von Proteinfaltung unter Einfluss von externen magnetischen Feldern; siehe <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/emf/laufend/stromnetzausbau/schwerpunkt11.html>
- Leukämie im Kindesalter - Aufbau, Stabilisierung und ggf. Erweiterung eines internationalen Netzwerkes zur Ursachenforschung von Leukämien im Kindesalter; Erkenntnisgewinn durch internationale Vergleichsstudien
- Siebter internationaler Workshop zur Ursachenforschung von Leukämie im Kindesalter. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2023071238468>
- Systematische Review zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Fruchtbarkeit bei Menschen sowie Tier- und Laborstudien; siehe <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/mobilfunk/fruchtbarkeit.html> und Programmreport 2020 S. 252 ff, <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2021121530257>

1.5 Zwischenfrequente Felder - Elektromobilität

In den kommenden Jahren ist mit einer steigenden Anzahl von Elektrofahrzeugen zu rechnen. Bisherige Untersuchungen zeigten, dass die Magnetfeldexposition der Insassen weniger von der elektrischen Leistung der Elektromotoren abhängt als vom Betriebszustand und vom technischen Design (Kabelführung, Position der Batterie, etc.). Insbesondere beim induktiven Laden können vergleichsweise starke zwischenfrequente Felder auftreten. Gesundheitliche Wirkungen zwischenfrequenter Felder sind insgesamt weniger gut untersucht als Wirkungen in anderen Frequenzbereichen.

Vor diesem Hintergrund wurden folgende Forschungsvorhaben initiiert:

- Magnetfeldexposition in aktuellen Elektrofahrzeugmodellen
- Einfluss der zwischenfrequenten Magnetfelder der induktiven Leistungsübertragung beim Aufladen von Elektrofahrzeugen auf das Verhalten von Labornagern
- <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/e-mobilitaet/e-mobilitaet.html>

1.6 Hochfrequente elektromagnetische Felder (HF)

Hochfrequente elektromagnetische Felder (>100 kHz – 300 GHz) kommen in unserem Alltag hauptsächlich bei Anwendungen vor, die zur drahtlosen Informationsübertragung bei Radio, Mobilfunk oder Fernsehen verwendet werden. Der wesentliche Parameter für Maßnahmen zum Schutz vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die Gewebeerwärmung, da in wissenschaftlichen Untersuchungen erst bei einer dauerhaften Erhöhung der Körpertemperatur um 1°C gesundheitlich relevante Beeinträchtigungen nachgewiesen sind.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen infolge nichtthermischer Wirkungen im Bereich niedriger Intensitäten hochfrequenter Felder konnten bisher - trotz intensiver jahrzehntelanger Forschung - wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden.

Wissenschaftliche Unsicherheiten verbleiben jedoch hinsichtlich der Frage nach möglichen Langzeitriskiken bei intensiver Handynutzung von mehr als 15 Jahren durch Kinder und Erwachsene. Diese Unsicherheiten in der Risikobewertung führten dazu, dass 2011 die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hochfrequente elektromagnetische Felder in die Gruppe 2b („möglicherweise krebserregend“) eingestuft hat. Im Hinblick auf die bei 5G zukünftig zur Verwendung kommenden hohen Frequenzen im Millimeterwellenbereich liegen vergleichsweise wenige Studien zu möglichen negativen Gesundheitseffekten vor. Da die Absorption dieser Felder sehr nahe an der Körperoberfläche stattfindet (die Eindringtiefe der Felder beträgt ab 20 GHz 1 mm und weniger) sind direkte Wirkungen auf innere Organe nicht zu erwarten. Mögliche Auswirkungen würden - wenn über-

haupt - hauptsächlich Haut und Augen betreffen. Hierzu hat das BfS weitere Forschung initiiert.

1.6.1 Forschung zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern

Folgende Forschungsvorhaben wurden begonnen bzw. sind beendet:

- Detaillierte vergleichende Analyse der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Endgeräten auf Gehirnaktivität, Schlaf und kognitive Leistungsfähigkeit (Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022040532025>)
- Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979 (Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022063033222>)
- Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennentechnik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung; Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022112435660>
- Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks; Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2023071238477>
- Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zenti- und Millimeterwellen (5G-Frequenzen) siehe <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/mobilfunk/millimeterwellen.html>
- Smart Cities: Abschätzung der Gesamtexposition des Menschen durch zusätzliche 5G-Mobilfunktechnologien anhand modellierter Zukunftsszenarien (siehe Programmreport 2020 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257>)
- Beteiligung an einer Folgestudie zur Verifikation oder Falsifikation der Ergebnisse der NTP-Langzeitstudie an Mäusen und Ratten zu Ganzkörperexposition mit Mobilfunkfeldern (siehe Programmreport 2020 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257>)
- Sichtweisen der Bevölkerung auf den 5G-Mobilfunkstandard und dessen kommunikative Darstellung; Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022041132225>
- Mobilfunkkonflikte aus der Vergangenheit als Lehrbeispiel für die Kommunikation über 5G; Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2022090534028>
- Bestimmung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern der Elektromobilität
- Risikowahrnehmung auf 5G: Wirkungsanalyse von Dialog- und Informationsangeboten; siehe <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/risikokommunikation/risikokommunikation-5g.html>

[munikation-5g.html](https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/risikokommunikation/emf-risiken-allgemeinmediziner.html)

- Risiken elektromagnetischer Felder aus Sicht von Allgemeinmediziner*innen und Kinderärzt*innen in Deutschland II; siehe <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/risikokommunikation/emf-risiken-allgemeinmediziner.html>
- Wie lassen sich Desinformationen zu EMF-Themen in sozialen Netzwerken am effektivsten identifizieren und entkräften; siehe <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/risikokommunikation/desinformation-soziale-netzwerke.html>

1.6.2 Frequenzbereiche übergreifende Forschungsvorhaben (Hoch- und Niederfrequenz)

Folgende Forschungsvorhaben wurden begonnen bzw. sind beendet:

- Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die belebte Umwelt. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020050821802>
- Internationaler Workshop über die Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf Oxidativen Stress
- Fachgespräch Wirkmechanismen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme - Von der Molekulardynamik-Simulation bis zum Experiment
- Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von künstlicher Intelligenz in der behördlichen Kommunikation von Strahlenschutzinhalten am Beispiel EMF; siehe <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/forschung/risikokommunikation/ki-chatbots.html>
- Untersuchung eines möglichen Effekts einer Exposition mit elektromagnetischen Feldern auf das Epigenom und das Transkriptom

1.6.3 Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber

Ein wichtiges Element, das die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Mobilfunkbereich unterstützt, ist die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber, die diese im Nachgang zur Versteigerung der UMTS-Lizenzen im Jahr 2001 gegenüber der Bundesregierung abgegeben hatten. Die Mobilfunknetzbetreiber verpflichteten sich unter anderem dazu:

- die Kommunikation und Partizipation bei der Standortplanung verbessern,
- den Verbraucherschutz zu erweitern und
- verständliche Verbraucherinformationen zu Mobiltelefonen bereitzustellen.

Damit sollten die Konflikte beim Netzausbau verringert und die Vorsorge im Bereich Mobilfunk auf freiwilliger Basis verstärkt werden. Teil der freiwilligen Selbstverpflichtung war 2001 die Zusage, das vom BMUV initiierte Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm (DMF) anteilig mit 8,5 Millionen Euro zu unterstützen. Es wurden insgesamt 54 Forschungsvorhaben zu den Teilbereichen Biologie,

Dosimetrie, Epidemiologie und zur Risikokommunikation durchgeführt. Diese Forschungsvorhaben sind alle abgeschlossen (siehe <http://www.emf-forschungsprogramm.de>). Berichte über Forschungsvorhaben, die über die freiwillige Selbstverpflichtung mitfinanziert wurden, sind auf <http://doris.bfs.de> abrufbar.

Für die Verringerung der persönlichen Exposition ist die Nutzung strahlungsarmer Endgeräte eine Möglichkeit. Wie viel ein Endgerät strahlt, wird durch die Spezifische Absorptionsrate (SAR) angegeben. Um hier mehr Transparenz zu schaffen, werden die Mobilfunknetzbetreiber zukünftig auf die Liste mit Werten der Spezifischen Absorptionsrate (SAR) verschiedener Endgeräte auf der Website des Bundesamts für Strahlenschutz verweisen. Zudem werden die Mobilfunknetzbetreiber den Abgleich der SAR-Werte mit dem Bundesamt für Strahlenschutz unterstützen.

Zum Hintergrund: Im Dezember 2001 gaben die Mobilfunknetzbetreiber gegenüber der Bundesregierung eine erste freiwillige Selbstverpflichtung ab, die in den Jahren 2008, 2012 und zuletzt 2020 ergänzt und fortgeschrieben wurde.

1.6.4 Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung mittels Gutachten

Durch alle zwei Jahre erstellte unabhängige Gutachten wird seit 2002 in regelmäßigen Abständen überprüft, ob die Zusagen der Mobilfunknetzbetreiber, die in der Selbstverpflichtung gemacht wurden, eingehalten werden. Auftraggeber sind Telefónica, Telekom und Vodafone und seit 2020 auch die 1&1 AG. Das Informationsangebot des in der Vergangenheit beteiligten Informationszentrums Mobilfunk (IZMF e. V.) wird von Telefónica und Telekom mit dem Internetportal „Informationszentrum Mobilfunk“ fortgeführt.

Die Gutachten prüfen verschiedene Möglichkeiten, die Kommunen und die Öffentlichkeit besser mit Informationen zum Netzausbau und zu Mobiltelefonen zu versorgen. Die Jahresgutachten 2017 und 2019 haben im Wesentlichen die Erkenntnisse der Gutachten aus den Jahren 2013 und 2015 fortgeschrieben.

Im Februar 2020 haben die Mobilfunknetzbetreiber eine ergänzende Selbstverpflichtung zum Ausbau von Kleinzellen gegenüber der Bundesregierung abgegeben. Die zugesagten Maßnahmen für den Bereich der Kleinzellentechnik werden in geeigneter Form in regelmäßig zu erstellenden Monitoring-Gutachten zur Selbstverpflichtung dokumentiert. Im September 2021 haben die Mobilfunknetzbetreiber der Bundesregierung einen ersten Statusbericht über den Stand des Ausbaus von Kleinzellen vorgelegt.

1.7 Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)

Das Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF) wurde im Februar 2020 als Teil des BfS gegründet. Standort des Kompetenzzentrums ist Cottbus. Das KEMF bündelt die im BfS vorhandene Expertise zu statischen und niederfrequenten elektrischen und magnetischen so-

wie zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und wird die Forschung und Kommunikation auf diesem Gebiet intensivieren. Zu den Aufgaben des KEMF zählen zielgruppenspezifische Information, Kommunikation und Vernetzung ebenso wie die Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes sowie Initiierung von Forschung bei wissenschaftlichen Unsicherheiten. Die offizielle Eröffnung des KEMF fand am 28. Oktober 2021 statt.

1.7.1 Kommunikation

Mit der Gründung des KEMF soll insbesondere die Kommunikation vor Ort gestärkt werden. Hierfür sind mehrere Formate in Planung, darunter der Einsatz von Infomobilen sowie ein Schulungsangebot für Multiplikatoren, wie bspw. Mediziner und Medizinerinnen, Lehrer und Lehrerinnen sowie lokale Behördenmitarbeiter und Behördenmitarbeiterinnen. Informationsbedarf besteht in der Bevölkerung vor allem in Hinblick auf die Einführung von 5G. Hier besteht teils eine große Verunsicherung und in vielen Gemeinden wird der Bau von Mobilfunkmasten von einem Teil der Bewohnerinnen und Bewohner abgelehnt. Weiterer Informationsbedarf in der Bevölkerung besteht in vom Stromnetzausbau betroffenen Gebieten. Der Ausbau wird von der Bevölkerung vor Ort teilweise deutlich kritisiert, teils aus Gründen der Optik aber auch bezüglich noch offener Fragen zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen.

1.7.2 Forschung

Das KEMF führt die Forschung im Bereich statischer und niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder sowie hochfrequenter elektromagnetischer Felder fort und intensiviert diese (siehe hierzu Abschnitte 1.4, 1.6.1 und 1.6.2). Die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben, die Verfolgung und Bewertung externer nationaler und internationaler Studien sowie die Berücksichtigung von Übersichtsarbeiten ausgewiesener Expertengremien und Organisationen bilden die Grundlage für die Risikobewertung des BMUV und des KEMF. Die Erkenntnisse aus den wissenschaftlichen Untersuchungen über mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch HF und NF werden zielgruppengerecht und bevölkerungsnah vermittelt.

1.7.3 EMF-Expositionserfassung

Das KEMF erweitert die bisherigen Aktivitäten des BfS im Bereich Erfassung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern. Ein systematisches, flächendeckendes und repräsentatives Expositionsmonitoring, das den gesamten EMF-Frequenzbereich abdeckt, ist aufgrund des hohen zeitlichen und personellen Aufwands sowie technischer Einschränkungen nicht zu erreichen. Umfassende Immissionsmonitorings lassen qualitativ den Schluss zu, dass der Expositionsbeitrag durch ortsfeste Anlagen klein ist. Es gibt aber kein allgemein anerkanntes Konzept, insbesondere im Hochfrequenzbereich, um quantitativ von Immissionsdaten auf die tatsächliche Exposition zu schließen. Immissionsmessungen können für die (Risiko-)Kommunikation dennoch hilfreich sein, und punktuelle Messungen sind wichtig bei der Bewertung neuer Technologien. Mittels Personenexposimetern kann die Exposition von Personen erfasst werden, wobei es nicht

möglich ist, die Beiträge von körpernah betriebenen Endgeräten angemessen zu erfassen. Trotz dieser Einschränkung sind Messungen mit Personenexposimetern in Referenzszenarien und auf Messrouten wertvoll für den Erkenntnisgewinn und die Kommunikation, und die Wiederholung dieser Messungen kann Zeittrends erkennen lassen.

1.8 Runder Tisch Elektromagnetische Felder

Im Jahr 2004 wurde unter Leitung des Bundesamtes für Strahlenschutz ein Runder Tisch eingerichtet. Aus dem ursprünglichen, das DMF-Forschungsprogramm begleitenden Runden Tisch (RTDMF) wurde inzwischen ein auch den Strahlenschutz beim Ausbau der Stromnetze begleitender Runder Tisch (RTEMF). Er ist ein unabhängiges Beratungs- und Diskussionsgremium, das der Transparenz bei der Vermittlung und Kommunikation von Erkenntnissen im Bereich EMF-Strahlenschutz dient. Fragen, wie wissenschaftliche Forschungsergebnisse verständlich kommuniziert werden können, wie eine kritische Öffentlichkeit informiert und betroffene Bürgerinnen und Bürger rechtzeitig und angemessen in Entscheidungsprozesse eingebunden werden können, sind sowohl für den Mobilfunk als auch für den Stromnetzausbau relevant. Der RTEMF hat sich als Forum etabliert, in dem unterschiedliche Akteure ihre Sichtweisen und Erkenntnisse zu Fragen des Strahlenschutzes bei EMF diskutieren und austauschen können. Die Protokolle der Sitzungen und die aktuelle Mitgliederliste sind unter www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/runder-tisch/runder-tisch_node.htm einzusehen. Seit 2020 wird die Geschäftsstelle des RTEMF vom KEMF geleitet.

1.9 Umweltzeichen „Blauer Engel“

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001 die Einführung von Qualitätskriterien empfohlen, die bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen zur Minimierung von Expositionen zu beachten sind. Für Verbraucher stellt die Nutzung strahlungsarmer Produkte eine Möglichkeit zur Minimierung der persönlichen Belastung mit elektromagnetischen Feldern dar und dient damit der Vorsorge gegenüber möglichen biologischen Wirkungen dieser Felder.

In den Folgejahren sind unter Mitwirkung des BfS für unterschiedliche Verbraucherprodukte Vergabegrundlagen für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ erarbeitet worden. In Form von Qualitätskriterien wurden Anforderungen an die Strahlungseigenschaften definiert, die Hersteller für die Geräteentwicklung nutzen können.

Für strahlungsarme Mobiltelefone gilt der Kriterienkatalog DE-UZ 106: Bis 2017 konnten Geräte, die unter Laborbedingungen einen gemessenen SAR-Wert von höchstens 0,6 W/kg (also deutlich unter dem empfohlenen Expositionsgrenzwert von 2 W/kg) aufweisen und zudem besonders umweltfreundlich konstruiert worden sind, ausgezeichnet werden. Anders als Grenzwerte zum Schutz vor nachgewiesenen Wirkungen orientiert sich der niedrigere Wert am technisch Machbaren. Im Jahr 2017 erschien eine überarbeitete Vergabegrundlage für das Umweltzei-

chen für Mobiltelefone. Neben der Absenkung des Strahlenschutzkriteriums für den SAR-Wert am Kopf auf max. 0,5 W/kg gibt es nun auch für den Anwendungsfall „Betrieb des Gerätes am Körper“ einen Richtwert von max. 1,0 W/kg, ermittelt ohne Abstand zum Körper.

Das BfS stellt die von Herstellern oder deren Beauftragten unter standardisierten Laborbedingungen ermittelten SAR-Werte der auf dem deutschen Markt verfügbaren Mobiltelefone in einer Liste zusammen und veröffentlicht die Daten unter http://www.bfs.de/SiteGlobals/Forms/Suche/BfS/DE/SARsuche_Formular.html. Die Liste umfasst insgesamt 3 851 klassische Mobiltelefone, Smartphones und Tablets, wobei für 3 512 Geräte ein SAR-Wert für den Anwendungsfall „Betrieb am Kopf“ und für 1 937 Geräte für den Anwendungsfall „Betrieb am Körper“ vorliegt. In **Tabelle T VI.1** erfolgt eine statistische Auswertung der Daten dieser Geräte aus der SAR-Liste.

Nach dem Stand von Dezember 2022 weisen gut 36 % der aktuell erhältlichen klassischen Mobiltelefone und Smartphones einen am Kopf ermittelten SAR-Wert von $\leq 0,5$ W/kg auf und erfüllen damit die Anforderung des Blauen Engels für den Anwendungsfall „Betrieb am Kopf“. Für eine Auszeichnung mit dem Umweltzeichen (aus strahlenhygienischer Sicht) müsste aber auch das zweite Strahlenschutzkriterium „SAR-Wert $\leq 1,0$ W/kg in 0 mm Abstand“ gemessen für den Anwendungsfall „Betrieb des Handys am Körper“ erfüllt sein (**Abbildung B VI 1.9-1**).

In der Prüfvorschrift für diese Expositionssituation ist die Messposition nicht exakt festgelegt und die Messergebnisse für verschiedene Geräte daher nur eingeschränkt vergleichbar: Durfte früher bei einem Abstand von bis zu 25 mm gemessen werden, sind seit 2017 nur noch Messungen in einem Abstand von maximal 5 mm zulässig. Das BfS gibt die bei den Herstellern abgefragten Werte zusammen mit den Messpositionen auf seiner Internetseite an und weist darauf hin, dass die Exposition bei geringeren Gebrauchsabständen höher als angegeben sein kann.

Von insgesamt 3 851 Geräten der SAR-Werteliste des BfS weisen acht einen SAR-Wert ≤ 1 W/kg bei einem Messabstand von 0 mm auf. Bei vielen anderen Geräten ist der SAR-Wert bei einem Messabstand von 0 mm nicht bekannt. Um trotz dieser schlechten Datenlage abschätzen zu können, wie viele Geräte aus der SAR-Werteliste einen SAR-Wert von 1 W/kg direkt am Körper einhalten könnten, wird in **Tabelle T VI.1** auch der Prozentsatz der Geräte angegeben, die bei einem Messabstand von 0,5 cm zum Körper einen SAR-Wert $\leq 0,5$ W/kg einhalten. Zumindest bei einigen dieser Geräte kann man erwarten, dass sie dann auch in einem Abstand von 0 mm zum Körper einen SAR-Wert ≤ 1 W/kg einhalten würden.

Außer für Mobiltelefone gibt es bereits seit längerem einen Kriterienkatalog für digitale Schnurlostelefone: Geräte, die im Standby das Basisstations-Sendesignal abschalten und weitere Bedingungen erfüllen, können ausgezeichnet werden.

Weitere Produkte, die ausgezeichnet werden können, wenn bestimmte Anforderungen an die Strahlungseigenschaften nachgewiesen werden, sind:

- Babyüberwachungsgeräte,

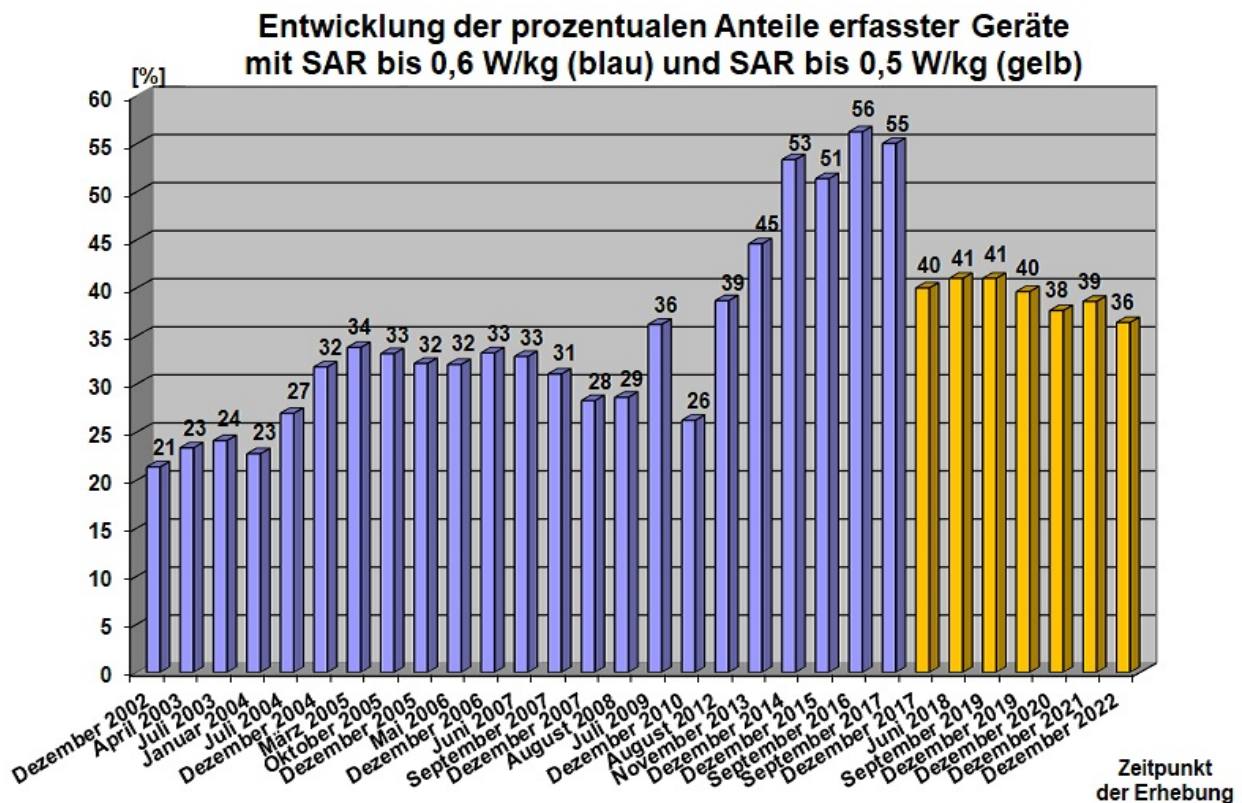


Abbildung B VI 1.9-1 Entwicklung des Anteils „strahlungsarmer“ Mobiltelefone (gemäß Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens „Blauer Engel“)

- Haushaltslampen und
- Router.

Hersteller strahlungsarmer Produkte nutzen den „Blauen Engel“ leider nur vereinzelt.

2. Ultraschall - Forschung und allgemeine Themen

Unter Ultraschall wird Schall, also die Ausbreitung von Druck-, bzw. Dichtewellen in elastischen Medien verstanden, bei dem die Frequenz über der des hörbaren Schalls (bis ca. 16 kHz) liegt. Da die Grenze des menschlichen Hörens altersabhängig jedoch 20 kHz teilweise übersteigt, wird in der Regel ab 20 kHz von Ultraschall gesprochen. Durch die Angabe von Terzmittenfrequenzen von 20 kHz in Normen und Richtlinien ergibt sich für Ultraschall bei Berücksichtigung der Terzbandbreite eine untere Grenzfrequenz von 17,82 bis 17,96 kHz¹. Es existieren jedoch für Ultraschall auch Definitionen ab 16 kHz. Im Vakuum kann Ultraschall sich nicht ausbreiten, da Ultraschall - anders als elektromagnetische Wellen - ein kompressibles oder elastisches Materiemedium benötigt. Ultraschall kann sich als Longitudinal- (Teilchenbewegung in Schallpropagationsrichtung) oder Transversalwelle (Teilchen-

bewegung quer zur Schallpropagationsrichtung) ausbreiten, die Ausbreitungsform hängt jedoch vom Medium ab. Für Gase und Flüssigkeiten, die in der Regel kein großes Schubmodul aufweisen, sind lediglich Longitudinalwellen von Relevanz. Einige technische Geräte können Ultraschall als (unerwünschtes) Nebenprodukt erzeugen während andere den Ultraschall gezielt nutzen. In beiden Fällen ist eine Exposition des Menschen möglich (und teilweise auch gewollt), die unter bestimmten Umständen risikobehaftet ist. Es ist zwischen luftgetragenen und in den Körper eingekoppelten Ultraschall zu unterscheiden.

2.1 Ultraschall im Körper

Um nennenswerte Ultraschallintensitäten in den Körper einkoppeln zu können, muss der große Schallkennimpedanzsprung an den Grenzflächen Ultraschallquelle-Luft-Körper entfallen. Da die Schallkennimpedanz der Luft um ca. 3 Größenordnungen kleiner als die von Metallen oder biologischem Gewebe ist, kann eine gute Einkopplung nur durch die Verwendung von Ultraschallkopplungsgelen, Wasser oder direktem Körperkontakt erreicht werden. Neben der unbeabsichtigten Einkopplung von Ultraschall in den Körper (Industrie), werden Ultraschall-Longitudinal- aber in seltenen Fällen auch Transversalwellen (z. B. bei der Elastographie) gezielt zu diagnostischen, therapeutischen oder kosmetischen Zwecken eingesetzt.

In den letzten Jahren ist ein Trend zur vermehrten Nutzung des Ultraschalls in der Kosmetik oder zu anderen

¹ Die untere Grenzfrequenz hängt von der Definition der Oktave (Terz = Drittel - Oktave) ab, die in verschiedenen Dokumenten unterschiedlich angegeben ist. Physikalisch umfasst die Oktave ein Frequenzband, bei dem die untere und obere Grenzfrequenz sich um einen Faktor 2 unterscheiden. Es existieren jedoch auch Angaben der Oktave, bei dem der Faktor 3 dB ($= 10^{0,3} = \text{ca. } 1,995$) beträgt.

nichtmedizinischen Zwecken beobachtbar, der bis vor kurzem in Deutschland keiner Regulierung unterlag. Ende 2020 trat die NISV in Kraft, die die gewerbliche Anwendung von Ultraschallgeräten am Menschen zu kosmetischen oder sonstigen nichtmedizinischen Zwecken sinnvoll einschränkt. Von dieser Regelung sind jedoch die Geräte an sich nicht betroffen und können weiterhin ohne Einschränkung erworben werden. Es besteht daher die Möglichkeit, dass aufgrund der Regelungen der NISV auf die „Eigenbehandlung“ ausgewichen wird. Im Internet werden leistungsfähigere Geräte, die mit der Fähigkeit der Lipolyse von Fettgewebe beworben werden, teils zur Miete und teils zum Erwerb, angeboten. Die zugrundeliegenden Parameter der Geräte und die sich daraus ergebenden Expositionen und Wirkungen sind häufig nicht klar, auch weil die derzeit genutzten Kennwerte teilweise unzureichend sind.

Im BfS-Forschungsvorhaben FKZ 3620S72412 (siehe Programmreport 2020 <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257>) werden die Freifeld-Schallfelder repräsentativer, frei erhältlicher Gerätetypen vermessen, um das Risiko besser bewerten zu können.

3. Optische Strahlung

3.1 Solares UV-Monitoring

Ausführliche Informationen finden sich im Grundlagenbericht, Kapitel VI (UV-Strahlung)

Im Rahmen des deutschlandweiten solaren UV-Messnetzes des BfS/UBA sowie des Deutschen Wetterdienstes und weiteren assoziierten Institutionen (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-mess-netz/uv-messnetz_node.html) wurden im Jahr 2022 insgesamt 32 Messstationen betrieben - 13 Messstationen mit Spektralradiometer, die die UV-Strahlung Wellenlänge für Wellenlänge erfassen, und 20 Stationen mit Breitbandradiometern. Die UV-Strahlung der Sonne wurde an diesen Stationen kontinuierlich von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang gemessen.

Im Jahr 2022 wurde die 14. spektral vermessende Station durch das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) in St. Augustin aufgebaut. Nach erfolgreichem Testbetrieb wird die Station in den Regelbetrieb überführt werden. Zur Erweiterung des UV-Messnetzes mit Breitbandradiometern wurden 2022 Vorbereitungen getroffen. Im Fokus der Vorbereitung standen vor allem autarke Stationen, die mit Solarpanel und Funkmodul ausgestattet sind.

Die Messdaten aller Stationen werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim gesammelt, dokumentiert, gesundheitlich bewertet und regelmäßig als UV-Index (UVI, <https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/einfuehrung/einfuehrung.html>) auf den Internetseiten des BfS (https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-index_node.html) und über das BfS Geoportal (www.imis.bfs.de/geoportal) veröffentlicht.

In den Sommermonaten werden zusätzlich 3-Tages-Prognosen der UVI-Werte vom BfS im Internet unter www.bfs.de/uv-prognose veröffentlicht und per Newsletter (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-newsletter/uv-newsletter_node.html) an Abonnenten verschickt. Zusätzlich werden über Twitter (twitter.com/strahlenschutz) Warnmeldungen bei ungewöhnlich hohen UVI-Werten herausgegeben. In den Wintermonaten (Oktober bis März) in denen die den Erdboden erreichende UV-Bestrahlungsstärke niedrig ist, werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht.

Die Messungen ergaben, dass im Juni und Juli 2022 die höchsten Tagesspitzenwerte des UV-Index erreicht wurden. In Nord- und Mitteldeutschland lagen diese bei 6 bis 8, in Süddeutschland bei 8 bis 9. Im Hochgebirge wurden 2022 von Mitte Mai bis Mitte August die höchsten Tagesspitzenwerte gemessen (10 und 11). Gemäß Auswertungen des WMO RA VI RCC Node-CMlag im Sommer 2022 die Sonnenscheindauer v. a. im Westen und in der Mitte Deutschlands 25 % über dem langjährigen Mittel (1991-2020). Dies machte sich auch in den UV-Messdaten mit einer überdurchschnittlichen Anzahl an Tagen mit hohem und sehr hohem UV-Index bemerkbar.

Da der Mensch UV-Strahlung in keiner Weise wahrnehmen kann, ist die Gefahr groß, dass sich Menschen unbewusst UV-Strahlung zu lange aussetzen und Sonnenbrände erleiden, wodurch sich das Hautkrebsrisiko signifikant erhöht (<https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/hautkrebs-praevention/>). Zeitnahe und flächendeckende Messungen der bodennahen solaren UV-Strahlung und die Veröffentlichung des davon abgeleiteten UVI sind darum wichtig und notwendig. Das UV-Monitoring dient somit über den wissenschaftlichen Anspruch hinaus der Aufklärung und zeitnahen Warnung und stellt damit ein effektives Tool der Hautkrebsprävention dar.

3.2 Forschung

Mikroskalige Modellierung von UV-Belastung

Um verhältnispräventive Maßnahmen wie Schaffung von Schattenoasen sinnvoll zu planen, sind Werkzeuge zu schaffen, mit denen sich übermäßige UV-Belastungen an einem bestimmten kleinräumigen (mikroskaligen) Ort wie Außenbereiche von Kindergärten, Schulhöfe oder Stadtparks abschätzen lassen. Hierzu wurde Ende 2021 das Forschungsvorhaben „Mikroskalige Modellierung von UV-Belastungen und gefühlter Temperatur in urbanen Umgebungen für verschiedene Bevölkerungsgruppen zur Hautkrebsprävention“ mit Beginn im Januar 2022 vergeben. Ergebnisse werden Ende 2023 erwartet.

- Mikroskalige Modellierung von UV-Belastungen und gefühlter Temperatur in urbanen Umgebungen für verschiedene Bevölkerungsgruppen zur Hautkrebsprävention - 3621S72430

Umfrage: Verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen

Die Rate der UV-bedingten Hautkrebsneuerkrankungen steigt weiterhin. Die mit dem Klimawandel einhergehen-

den Wetterveränderungen und Extremwetterereignisse haben das Potenzial, auch dieses Problem noch zu verschärfen. Ärzteschaft und Institutionen des Strahlenschutzes drängen darum auf eine wirkungsvolle Prävention UV-bedingter Erkrankungen durch deutschlandweite Etablierung weiterer verhältnispräventiver Maßnahmen (s. Grundsatzpapier des UV-Schutz-Bündnisses, www.bfs.de/uv-grundsatzpapier, und Nationale Versorgungskonferenz Hautkrebs, <https://nvkh.de>). Das hierzu vom Bundesamt für Strahlenschutz initiierte und fachlich begleitete Forschungsvorhaben ergab, dass Sonnenschutz in den Bildungsstätten immer weniger eine Rolle spielt, je älter die Kinder in den Einrichtungen sind. Kindertagesstätten gaben deutlich höhere Werte für beschattete Außenflächen an als etwa Grund- und weiterführende Schulen. Das BFS wird der Frage von UV-Schutzmaßnahmen in Bildungseinrichtungen mit verbessertem Instrumentarium weiter nachgehen. Ziel ist es, den momentanen Stand und den zukünftigen Ausbau von Maßnahmen zum UV-Schutz von Kindern und Jugendlichen zu erfassen.

- Repräsentative Umfrage zur deutschlandweiten Erfassung verhältnispräventiver Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen - 3619S72401
<https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2022101734620>

Missbrauch starker optischer Strahlungsquellen - Blendattacken und Augenschäden

Die missbräuchliche Verwendung starker optischer Strahlungsquellen wie Laserpointer oder Lasertaschenlampen stellt ein Risiko für die Allgemeinbevölkerung dar. Bei Blendattacken auf Flugzeug- oder Fahrzeugführerinnen und -führer sind Augenschäden nicht ausgeschlossen, im Vordergrund steht jedoch die Beeinträchtigung der Handlungsfähigkeit. Hier sind nicht nur die direkt angegriffenen Personen betroffen, sondern durch die erhöhte Unfallgefahr auch andere Verkehrsteilnehmer, Passagiere von Flugzeugen, Bussen oder Zügen sowie Anwohnerinnen und Anwohner und Passantinnen und Passanten.

Das Thema wird weiterverfolgt. Ein Überblick wurde 2022 im UMID (Umwelt und Mensch - Informationsdienst) gegeben (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/umid_01-2022_laserpointer.pdf).

2021 wurde das Projekt „Augenschäden und Blendattacken durch Laserpointer - Zielgruppenspezifische Risikokommunikation“ für den Ressortforschungsplan 2022 vorgeschlagen. Es wurde in den Ressortforschungsplan 2023 aufgenommen. In diesem Projekt sollen Konzepte für eine zielgruppengerechte Ansprache entwickelt und Maßnahmen erarbeitet werden, die geeignet sind, das Ziel (Steigerung des Risikobewusstseins, Minderung des Missbrauchs von Laserpointern) zu erreichen.

UV-C-Strahlung zur Desinfektion von Raumluft und Oberflächen

Seit der SARS-CoV-2 Pandemie rückte die Anwendung von UV-Strahlung (insbesondere von UV-C-Strahlung) zur Desinfektion von Raumluft und Oberflächen in den Fokus.

Angeboten wird neben professionellen Anlagen auch eine Vielzahl von Geräten für den Hausgebrauch. Bei der Anwendung von UV-Strahlung bestehen jedoch Gefährdungen für Haut und Augen. Grenzwerte und gesetzliche Regelungen in Bezug auf UV-C-Strahlenquellen liegen vor allem für den Bereich des Arbeitsschutzes vor. Der Schutz der Allgemeinbevölkerung beruht in erster Linie auf Regelungen der Produktsicherheit, d. h. er liegt in hohem Maße in der Verantwortung der Hersteller. Herstellerunabhängige Messungen sind selten. Um hier die Datenlage zu verbessern, wurde im Dezember 2022 das Projekt „Messung und Bewertung für die Allgemeinbevölkerung relevanter Geräte mit UV-Strahlenquelle zur Desinfektion von Raumluft und Oberflächen: Abschätzung von Risiken für das Auge und die Haut“ vergeben. In der bis Ende 2023 laufenden Studie werden 40 Geräte mit UV-Strahlenquellen aus für die Allgemeinbevölkerung relevanten Produktgruppen (z. B. UV-Desinfektionsleuchten, mobile UV-Raumluft-Desinfektionsgeräte) charakterisiert und hinsichtlich der von den Geräten ausgehenden Gefährdung für Augen und Haut beurteilt. Bei der Risikoabschätzung soll neben dem bestimmungsgemäßen auch der vorhersehbare Gebrauch sowie mögliche Auswirkungen auf besonders empfindliche Personengruppen betrachtet werden.

Messung und Bewertung für die Allgemeinbevölkerung relevanter Geräte mit UV-Strahlenquelle zur Desinfektion von Raumluft und Oberflächen: Abschätzung von Risiken für das Auge und die Haut

<https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2024041943044>

Fern-UV-C

Seit einiger Zeit werden UV-C-Desinfektionsgeräte als „sicher“ oder zumindest als risikoärmer beworben, die mit kurzwelligem UV-C („Fern UV-C“, Maximum meist bei Wellenlängen um 222 nm) arbeiten. Fern-UV-C-Geräte sollen wegen der geringen Eindringtiefe der Strahlung ohne Sicherheitsbedenken in öffentlichen Räumen eingesetzt werden können, während sich dort Personen auch für längere Zeit und wiederholt aufhalten. Das betrifft alle Bereiche, beispielsweise Gaststätten, Hotels, Geschäfte, Büros, Krankenhäuser, Schulen und Kindertagesstätten und damit die gesamte Bevölkerung inklusive vulnerabler Gruppen. Um hier die Datenlage zu verbessern, wurde 2021 das Projekt „Wirkung von Fern-UV-C-Strahlung auf sensitive menschliche Haut: Induktion von DNA-Schäden“ in den Ressortforschungsplan 2022 eingebracht. Das Vorhaben wurde im Dezember 2022 vergeben und läuft seit Januar 2023. In dem Projekt wird die Wirkung von Fern-UV-C-Strahlung (222 nm) - verglichen mit UVC-Strahlung um 254 nm - auf empfindliche menschliche Spenderhaut untersucht. Entscheidend ist die Lokalisation der DNA-Schäden, insbesondere die Frage, ob Schäden in der die Stammzellen enthaltenden Basalschicht der Epidermis auftreten. Ergänzend zu diesem Projekt, dessen Fokus auf der Wirkung von Fern-UV-C liegt, wurden in das o. g. Projekt zur Vermessung von UV-C-Quellen fünf auf dem Markt befindliche Fern-UV-C Produkte aufgenommen. Damit soll die Datenlage zu aktuellen Fern-UV-C-Strahlungsquellen verbessert werden.

Wirkung von Fern-UV-C-Strahlung auf sensitive menschliche Haut: Induktion von DNA-Schäden
<https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/optisch/laufend/fern-uv-c-strahlung-wirkung-dna.html>

Flächendeckende Angabe der aktuellen UV-Belastung in Deutschland unter Einbindung von Messwerten

Im Rahmen des solaren UV-Messnetzes wird die tatsächliche UV-Belastung an verschiedenen Standorten in Deutschland ermittelt. Vor allem bei Bewölkung können die lokal gemessenen Daten nicht auf ein großflächiges Gebiet übertragen werden und haben daher nur eine lokale Aussagekraft. Demgegenüber kann eine auf Satellitendaten beruhende Modellierung eine Prognose für ein großflächiges Gebiet liefern. Allerdings ist schon bei teilweiser Bewölkung die reine Modellierung unzuverlässig und für Schutzempfehlungen ungenügend. Das österreichische Messnetz setzt daher auf eine Kombination der beiden Methoden, indem aktuelle Messdaten in ein Modell für die flächendeckende Angabe der aktuellen UV-Belastung eingehen. In einem im Dezember 2022 vergebenen Projekt sollen die Machbarkeit und Umsetzung eines solchen Modells für Deutschland mit aktuellen Messdaten aus dem solaren UV-Messnetz geprüft werden, um mit hoher Zuverlässigkeit Aussagen über die aktuelle UV-Belastung flächendeckend in Deutschland zu erhalten. Das Projekt läuft bis Ende 2023.

Machbarkeitsstudie zur flächendeckenden Angabe der aktuellen UV-Belastung in Deutschland unter Einbindung der aktuellen Messwerte des solaren UV-Messnetzes: Erprobung, Weiterentwicklung und Validierung
<https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/optisch/laufend/machbarkeitsstudie-uvi.html>

3.3 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

Die im Grundsatzpapier „Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne - Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land“ (siehe www.bfs.de/uv-grundsatzpapier) des vom BfS initiierten UV-Schutz-Bündnisses (www.bfs.de/uv-schutz-buendnis.de) formulierten Ziele und Maßnahmen wurden auch 2022 weiter umgesetzt. Das Thema „Klimawandel und UV“ wurde dabei noch stärker in den Fokus genommen. Hauptarbeit lag in der Ausarbeitung von Maßnahmen, die einen UV-Schutz in den Lebenswelten der Bevölkerung gewährleisten. So wurde 2022 unter anderem begonnen, Papiere mit Praxistipps für Kommunen, Kindergärten und Schulen sowie für Sportvereine auszuarbeiten. Das BfS unterstützte die Maßnahmen der Stiftung Deutsche Krebshilfe und der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention zu besseren und einfachen Kommunikation des UV-Index im Rahmen des Projekts „Watch out at the Beach“, bei dem an Stränden (2022 am Timmendorfer Strand) mittels Flagge und UV-Index Magnettafel an Tourismuszentren und an Standorten der Deutschen Lebensrettungsgesellschaft die Intensität der UV-Strahlung als UV-Index angezeigt wird und zugehörige Informationen auf einer dazu extra erstellten Micro-Site per Smartphone über einen QR-Code abgerufen werden können. Das BfS selbst bereitete 2022 seine UV-Kampagne „UV-sicher“ für die Zielgruppen „Kommunen“, „Kindertagesstätten und Schu-

len“ und „Sportvereine“ einschließlich einer repräsentativen Umfrage unter Bürgermeisterinnen und Bürgermeistern zum Thema „UV-Strahlung: Bewusstsein und operative Schutzmaßnahmen auf kommunaler Ebene“ vor.

3.4 Klimawandel und UV-Strahlung

Die mit dem Klimawandel einhergehenden Wetterveränderungen und Extremwetterereignisse haben nach derzeitigen Prognosen das Potenzial, auch das Problem des Anstiegs der UV-bedingten Hautkrebsneuerkrankungen noch zu verschärfen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz ist Partner im Behördennetzwerk „Klimawandel und Anpassung“, das als Netzwerk von Bundesbehörden und -institutionen die Arbeiten zur Umsetzung der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) unterstützt. Des Weiteren ist das Bundesamt für Strahlenschutz im Bund-Länder-Dialog „Gesundheit im Klimawandel“ vertreten, der vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) organisiert ist.

Die Klimawirkung „UV-bedingte Gesundheitsschädigungen (insbesondere Hautkrebs)“ wurde in das Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ der Klimawirkungs- und Risikoanalyse für Deutschland 2021 (KWRA 2021), die 2021 veröffentlicht wurde, neu aufgenommen. Die Klimawirkungs- und Risikoanalyse attestiert der Klimawirkung „UV-bedingte Gesundheitsschäden“ ein hohes Klimarisiko und ein entsprechend hohes Handlungserfordernis - unter anderem aufgrund der steigenden Hautkrebsneuerkrankungen und der Tatsache, dass für die Etablierung effektiver Anpassungsmaßnahmen ein Zeitraum von bis zu 50 Jahren geschätzt wurde. Infolge der KWRA 2021 stellte das BfS 2022 die gemessenen Werte für die UV-Bestrahlungsstärke und die daraus abgeleiteten UV-Index-Werte des UV-Messnetzes (s. Kap. 3.1) für die Ausgestaltung des neu zu beschreibenden Indikators „UV-Strahlung“ für die Aktualisierung des DAS Monitoring-Bericht zur Verfügung. Das BfS begleitete die Datenanalyse und Indikatorbeschreibung. Die Veröffentlichung des aktualisierten DAS Monitoring-Berichts wird für 2023 erwartet.

2022 startete das Robert-Koch-Institut die Aktualisierung des Sachstandsberichts „Klimawandel und Gesundheit“. Unter Federführung des BfS in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst, Zentrum für Medizin-Meteorologische Forschung und dem Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Stratosphäre begannen 2022 die Arbeiten an dem zugehörigen Artikel „Auswirkungen des Klimawandels auf nicht-übertragbare Erkrankungen durch veränderte UV-Strahlung“. Der Sachstandsbericht wird 2023 veröffentlicht (www.rki.de/klimabericht).

Das BfS erstellte auf Einladung im Jahr 2022 mehrere Veröffentlichungen bezüglich Klimawandel und UV-Strahlung - darunter ein Beitrag zum Thema „UV-Strahlung“ im Kapitel „Gesundheitsrelevante Klimafolgen“ für das Buch „Gesundheitsrisiko Klimawandel - Neue Herausforderun-

gen für Sport, Beruf und Alltag“ des Hogrefe Verlags (voraussichtliches Erscheinungsjahr: 2023) und ein Artikel zum Thema „Wie der Klimawandel die UV-Strahlungsbelastung beeinflusst und was dies für Konsequenzen nach sich zieht“ für die Zeitschrift „UMID: Umwelt und Mensch - Informationsdienst“, Ausgabe April 2023

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/publikationen/umid_2301_230404_clean_33_t_06a.pdf.

3.5 Rechtliche Regelungen

Solarien

Das Benutzungsverbot von Solarien durch Minderjährige (geregelt seit August 2009 im „Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen“ (NiSG)) gilt nunmehr seit 13 Jahren, die gemäß NiSG erlassene „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher Ultravioletter Strahlung“ (UV-Schutz-Verordnung, UVSV) seit elf Jahren. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben obliegt den Bundesländern.

Das BMUV und das BfS haben sich auch 2022 im Rahmen Ihrer Aufgabenbereiche für die Umsetzung der rechtlichen Regelungen zur Reduzierung der UV-Belastung für Nutzerinnen und Nutzer von Solarien eingesetzt.

Verordnung „Nichtionisierende Strahlung“ (NiSV)

Mit der Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen (NiSV) werden insbesondere Anforderungen

an den Betrieb und an die Fachkunde professioneller Anwender*innen nichtionisierender Strahlung zu kosmetischen und sonstigen nichtmedizinischen Zwecken rechtlich verbindlich geregelt. Im Bereich der optischen Strahlung stehen Anwendungen wie die Tattooentfernung mit Lasergeräten und die dauerhafte Haarentfernung (Epilation) mit Lasern oder IPL-Geräten im Vordergrund. Die NiSV trat am 31. Dezember 2020 in weiten Teilen in Kraft. Die Anforderung zum Nachweis der Fachkunde für Anwendungen, die nicht unter Arztvorbehalt stehen, sollte ursprünglich am 31. Dezember 2021 in Kraft treten. Unter anderem bedingt durch die COVID-19-Pandemie wurde die Frist 2021 mit der Verordnung zur Änderung der Verordnung zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzrechts (BGBl. I S. 4646) auf den 31. Dezember 2022 verschoben. 2022 wurde eine weitere Veränderung der Verordnung erarbeitet, die insbesondere das Verfahren zum Erwerb und zum Nachweis der Fachkunde und die Anerkennung der Schulungsanbieter betrifft. Das BfS war in die Diskussion des Entwurfs eingebunden. Die Verordnung zur Änderung der NiSV wurde am 12.06.2023 im Bundesgesetzblatt veröffentlicht.

Mitarbeiterinnen des BfS nahmen 2022 an Sitzungen der Länderarbeitsgruppe AG-NiSG teil. Wie in den Vorjahren standen Fragen zum Vollzug, zum Umgang mit speziellen Geräten und Anwendungen sowie zum Erwerb der Fachkunde im Vordergrund.

TABELLEN

(Überarbeitungsstand 2023)

I. Tabellen zur natürlichen Umweltradioaktivität

Tabelle T I.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre im Zeitraum 1998 bis 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)

Zeitraum	Fortluftmengen in 10 ⁹ m ³ /a	gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Rn-222 in TBq/a *		langlebige α -Strahler in MBq/a *	
1998	22,1	664,7	(1201,1)	31,3	(137,1)
1999	20,8	491,3	(926,2)	30,3	(107,4)
2000	18,3	380,4	(798,2)	10,0	(99,9)
2001	14,2	316,4	(557,4)	5,3	(101,1)
2002	11,8	260,5	(447,4)	13,9	(101,1)
2003	8,6	168,4	(298,4)	13,2	(83,1)
2004	8,3	147,3	(268,1)	14,0	(82,9)
2005	7,9	105,3	(298,1)	14,7	(79,9)
2006	6,2	80,3	(268,0)	6,53	(78,3)
2007	5,0	65,2	(269,0)	5,4	(78,4)
2008	3,6	92,9	(267,6)	4,9	(77,8)
2009	3,1	98,8	(267,6)	3,1	(77,8)
2010	2,6	101,2	(267,6)	4,55	(77,8)
2011	2,1	98,6	(267,6)	2,85	(77,8)
2012	2,0	97,3	(287,6)	2,67	(74,5)
2013	1,5	89,1	(121,6)	1,44	(4,0)
2014	1,5	91,1	(121,6)	1,7	(3,6)
2015	1,5	98,1	(121,6)	1,8	(3,6)
2016	1,5	104,1	(121,6)	1,25	(3,6)
2017	1,5	102,1	(121,6)	0,93	(3,6)
2018	1,3	111,1	(121,6)	2,4	(5,1)
2019	1,3	109,0	(120,0)	2,7	(3,5)
2020	1,3	112,0	(120,0)	1,0	(3,5)
2021	1,3	117,0	(120,0)	1,7	(3,5)
2022	1,3	114,0	(120,0)	1,5	(3,5)

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabelle T I.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre 2021 und 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)

Betriebsteile der Sanierungsbetriebe	Anzahl der Abwetterschächte und Wetterbohrlöcher		Abwetter- bzw. Abluftmengen in 10 ⁹ m ³ /a		Ableitung radioaktiver Stoffe			
					Rn-222 in TBq/a *		langlebige α -Strahler in MBq/a *	
	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021
Schlema/Alberoda	1	1	1,31	1,32	114 (120)	117 (120)	1,5 (3,5)	1,7 (3,5)

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabelle T I.3 Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer im Zeitraum 1998 bis 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)

Zeitraum	Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a	gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Uran in t/a*		Ra-226 in GBq/a*	
1998	14,7	3,8	(12,8)	4,8	(14,8)
1999	14,7	3,8	(9,4)	2,7	(13,6)

Zeitraum	Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a	gesamte Ableitung radioaktiver Stoffe			
		Uran in t/a*		Ra-226 in GBq/a*	
2000	16,1	4,1	(11,3)	3,6	(15,4)
2001	14,3	2,8	(13,1)	0,7	(16,7)
2002	18,4	4,5	(8,4)	0,8	(7,0)
2003	14,6	3,1	(8,2)	0,3	(6,8)
2004	13,9	2,8	(8,2)	0,2	(6,7)
2005	14,8	2,2	(8,0)	0,3	(6,7)
2006	16,3	2,4	(9,0)	0,3	(7,9)
2007	19,2	3,1	(9,0)	0,4	(8,2)
2008	20,2	3,0	(9,1)	0,3	(8,4)
2009	20,9	3,2	(9,5)	0,4	(8,5)
2010	25,0	4,4	(9,7)	0,6	(8,5)
2011	19,5	3,1	(10,5)	0,5	(8,8)
2012	16,1	2,6	(10,7)	0,7	(9,0)
2013	21,1	3,2	(11,1)	0,6	(9,0)
2014	18,1	1,9	(11,4)	0,4	(9,2)
2015	18,0	2,1	(9,9)	0,2	(7,3)
2016	18,0	1,8	(11,1)	0,4	(9,2)
2017	15,3	1,8	(11,1)	0,4	(9,2)
2018	12,0	1,6	(10,8)	0,3	(9,2)
2019	13,8	1,7	(11,0)	0,3	(9,2)
2020	11,9	1,3	(11,0)	0,2	(9,2)
2021	16,1	1,6	(10,9)	0,4	(9,2)
2022	13,6	1,5	(10,9)	0,3	(9,2)
* Genehmigungswerte in Klammern					

Tabelle T I.4 Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer 2021 und 2022
(Messwerte der Wismut GmbH)

Vorfluter Betriebsteile der Sanierungsbetriebe	Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a *		Ableitung radioaktiver Stoffe			
			Uran in t/a *		Ra-226 in GBq/a *	
	2022	2021	2022	2021	2022	2021
Zwickauer Mulde	6,025	7,159	1,000	0,993	0,145	0,169
(Sachsen)	(-)	(-)	(6,836)	(6,836)	(4,321)	(4,321)
Schlema/Alberoda	5,653	6,711	0,981	0,964	0,138	0,160
	(-)	(-)	(6,810)	(6,810)	(4,282)	(4,282)
Crossen	0,271	0,347	0,019	0,029	0,0002	0,0011
	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Pöhl	0,101	0,101	0,0002	0,0002	0,0067	0,0074
	(-)	(-)	(0,026)	(0,026)	(0,039)	(0,039)
Elbe (Sachsen)	1,562	1,876	0,112	0,265	0,0004	0,004
	(5,869)	(5,869)	(1,708)	(1,708)	(2,278)	(2,284)
Königstein	1,562	1,876	0,112	0,265	0,0004	0,011
	(5,869)	(5,869)	(1,708)	(1,708)	(2,278)	(2,278)
Weißer Elster (Thüringen)	6,002	7,016	0,364	0,377	0,141	0,195
	(13,000)	(12,965)	(2,420)	(2,444)	(2,600)	(2,600)
Ronneburg	4,473	4,780	0,130	0,128	0,066	0,089
(WBA)	(9,636)	(9,636)	(1,445)	(1,445)	(1,927)	(1,927)

Vorfluter Betriebssteile der Sanierungsbetriebe	Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a *		Ableitung radioaktiver Stoffe			
			Uran in t/a *		Ra-226 in GBq/a *	
	2022	2021	2022	2021	2022	2021
Seelingstädt	1,529 (3,329)	2,236 (3,329)	0,234 (0,999)	0,249 (0,999)	0,075 (0,666)	0,106 (0,666)
* Genehmigungswerte in Klammern (-) keine Wassermenge festgelegt						

Tabelle T I.5 Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen

Betriebssteile der Sanierungsbetriebe	genehmigte Wassermenge in m ³ /h		genehmigte max. Konzentration	genehmigter Jahresmittelwert der Konzentration
Pöhla	15	multipliziert mit	0,2 mg/l Uran, 0,3 Bq/l Radium-226	
Königstein	650			0,3 mg/l Uran, 0,4 Bq/l Radium-226
WBA Ronneburg	1 100		0,15 mg/l Uran, 0,2 Bq/l Radium-226	
Seelingstädt	380			0,3 mg/l Uran, 0,2 Bq/l Radium-226
WBA Schlema	1 200		0,5 mg/l Uran, 0,4 Bq/l Radium-226	
Crossen	-		0,5 mg/l Uran, 0,2 Bq/l Radium-226	

Tabelle T I.6 Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich beeinflussten Messstellen (Winter 2021/2022 und Sommer 2022; Messwerte der Wismut GmbH)

Gebiet	Anzahl der Messstellen	Anzahl der Messstellen mit Rn-222-Konzentrationen			Maximum Bq/m ³
		≤ 30 Bq/m ³	31 - 80 Bq/m ³	> 80 Bq/m ³	
Winter 2021/2022					
Schlema/Alberoda	70	15	46	9	187
Pöhl	4	4	1	0	37
Seelingstädt	24	21	3	0	69
Crossen	25	25	0	0	27
Königstein	8	8	0	0	16
Gittersee	6	5	1	0	32
Ronneburg	27	26	1	0	34
Sommer 2022					
Schlema/Alberoda	69	11	34	24	511
Pöhl	5	3	1	1	96
Seelingstädt	14	7	6	1	90
Crossen	25	17	8	0	79
Königstein	8	6	2	0	36
Gittersee	6	3	3	0	64
Ronneburg	27	21	6	0	54

Tabelle T I.7

**Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen
(Mittelwerte 1991 – 2022 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre;
Messwerte der Wismut GmbH)**

Gebiet	Winter (Rn-222-Konzentrationen in Bq/m ³)			Sommer (Rn-222-Konzentrationen in Bq/m ³)		
	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2022	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2022
Schlema/Alberoda	16	40	25	22	39	31
Pöhl *	14	35	22	18	29	24
Seelingstädt	11	39	20	15	37	24
Crossen	13	35	21	17	37	25
Königstein	11	31	17	13	36	20
Gittersee	15	34	24	21	47	31
Ronneburg	10	40	20	15	37	25
* Im Gebiet Pöhl wurden mit Abschluss der wesentlichen Sanierungsarbeiten die Messungen an bergbaulich unbeeinflussten Messstellen im Winterhalbjahr 2005/06 eingestellt.						

Tabelle T I.8

Medianwerte der jährlichen Uran- und Radiumkonzentrationen in den Vorflutern sächsischer und thüringischer Bergbaugebiete 2021 und 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)

Betrieb	Probenentnahmestelle	Messpunkt	Uran in mg/l		Ra-226 in mBq/l	
			2022	2021	2022	2021
Sächsische Bergbaugebiete						
Königstein	Quellgebiet Eselsbach	k-0018	0,015	0,013	<10	<10
	Eselsbach nach Einmündung	k-0024	0,022	0,026	<10	<10
	Teufelsgrundbach					
	Elbe Rathen	k-0028	0,001	0,001	<10	<10
Gittersee	Kaitzbach vor Halde	g-0076	0,017	0,018	11	12
	Kaitzbach nach Einleitung	g-0077	0,018	0,019	16	16
Aue	Zwickauer Mulde in Aue	m-131	0,0016	0,0015	13	13
	Zwickauer Mulde bei Hartenstein	m-111	0,0062	0,0041	<10	13
Pöhl	Luchsbach vor Schachtanlage	m-115	<0,001	<0,001	<10	<10
	Luchsbach nach WBA-Auslauf	m-165A	0,015	0,012	22	16
Crossen	Zwickauer Mulde Wehr Mühlgraben	M-201	0,0040	0,0034	11	12
	Zwickauer Mulde Brücke Schlunzig	M-205	0,0058	0,0051	10	12
	Oberrothenbacher Bach	M-204	0,28	0,29	13	11
	Zinnborn	M-232	0,080	0,071	8	50
Thüringische Bergbaugebiete						
Seelingstädt	Weiße Elster aus dem Oberlauf	E-312	0,001	0,001	<10	<16
	Weiße Elster nach Einmündung Pöltschbach	E-314	0,003	0,003	<10	<10
	Lerchenbach (Culmitzsch)	E-369	0,078	0,075	<10	34
	Fuchsbach vor Mündung	E-383	0,029	0,040	<10	<10
	Weiße Elster nach Einmündung Fuchsbach	E-321	0,003	0,003	<10	<10
Ronneburg	Gessenbach	e-416	0,017	0,017	<10	12
	Vereinigte Sprotte	s-609	0,004	0,004	<10	<10
	Wipse	e-437	0,017	0,015	<13	16
	Weiße Elster	e-419	0,003	0,003	<10	<10

Tabelle T I.9 Ergebnisse der Radionuklidbestimmungen in Baustoffgruppen

Produkte	spezifische Aktivität (Bq/kg)						
	Probenzahl	K-40		Th-228		Ra-226	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.
Gipsprodukte	5	<20	120	1,6	5,8	3,8	13
Kalksandsteine	3	35	180	2,8	7,2	4,1	10
Mineralwolle	7	49	350	4,7	64	16	80
Ziegel	27	470	1200	37	98	38	63
Zement/Mörtel	11	135	380	11	21	11	35
Fliesen/Keramik	5	295	620	39	97	67	110
Porenbeton	10	97	350	4,8	19	8	26
Mörtel	7	120	310	6	31	11	53
Putze	19	12	220	0,9	31	2	22
Estrich	5	210	295	11	34	11	26
Leichtbeton	7	710	850	28	83	27	98
Beton	3	230	560	10	47	13	25

II. Tabellen zur künstlichen Umweltradioaktivität

Tabelle T II.1 Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland

Standort kerntechnische Anlage	Bezeichnung	Typ ^a	elektr. Bruttoleistung (MW)**	Stromerzeugung 2022* (MWa)	Beginn/Ende des nuklearen Betriebes	Vorfluter
Karlsruhe	MZFR	D ₂ O-DWR	57	0	1965/1984	Rhein
Rheinsberg	KKR	WWER	70	0	1966/1990	Havel
Gundremmingen A	KRB-A	SWR	250	0	1966/1977	Donau
Jülich	AVR	HTR	15	0	1966/1988	Rur/Maas
Lingen	KWL	SWR	252	0	1968/1977	Ems
Obrigheim	KWO	DWR	357	0	1968/2005	Neckar
Karlsruhe	KNK II	NaR	21	0	1977/1991	Rhein
Würgassen	KWW	SWR	670	0	1971/1994	Weser
Stade	KKS	DWR	672	0	1972/2003	Elbe
Greifswald 1 - 5	KGR 1-5	WWER	je 440	0	1973/1990	Ostsee
Biblis A	KWB A	DWR	1 225	0	1974/2011	Rhein
Biblis B	KWB B	DWR	1 300	0	1976/2011	Rhein
Neckarwestheim 1	GKN I	DWR	840	0	1976/2011	Neckar
Brunsbüttel	KKB	SWR	806	0	1976/2011	Elbe
Isar 1	KKI 1	SWR	912	0	1977/2011	Isar
Unterweser	KKU	DWR	1 410	0	1978/2011	Weser
Philippsburg 1	KKP 1	SWR	926	0	1979/2011	Rhein
Grafenrheinfeld	KKG	DWR	1 345	0	1981/2015	Main
Krömmel	KKK	SWR	1 402	0	1983/2011	Elbe
Hamm-Uentrop	THTR-300	HTR	308	0	1983/1988	Lippe
Gundremmingen B	KRB-B	SWR	1 344	0	1984/2017	Donau
Grohnde	KWG	DWR	1 430	0	1984/2021	Weser
Gundremmingen C	KRB-C	SWR	1 344	0	1984/2021	Donau
Philippsburg 2	KKP 2	DWR	1 468	0	1984/2019	Rhein
Mülheim-Kärlich	KMK	DWR	1 302	0	1986/1988	Rhein
Brokdorf	KBR	DWR	1 480	0	1986/2021	Elbe
Isar 2	KKI 2	DWR	1 485	1325	1988/2023	Isar
Emsland	KKE	DWR	1 406	1218	1988/2023	Ems
Neckarwestheim 2	GKN II	DWR	1 400	1191	1988/2023	Neckar

a SWR = Leichtwasser-Siedewasserreaktor; DWR = Leichtwasser-Druckwasserreaktor; D₂O-DWR = Schwerwasser-Druckwasserreaktor; HTR = gasgekühlter Hochtemperaturreaktor; NaR = natriumgekühlter Reaktor; WWER = Leichtwasser-Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart
k.A. keine Angaben

* Quelle: Jahresmeldung 2022 - Vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2022 erzeugte, übertragene und verbleibende Elektrizitätsmengen, Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, <https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/elektrizitaetsmenge-2022.html>

** Quelle: Kerntechnische Anlagen in Deutschland "In Betrieb" und Kerntechnische Anlagen in Deutschland "In Stilllegung", Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung, https://www.base.bund.de/DE/themen/kt/kta-deutschland/berichte-uebersichten/berichte-ueberichten_node.html

Tabelle T II.2 Forschungsreaktoren (ausgenommen Nullleistungsreaktoren) in Deutschland

Standort	Betreiber	Bezeichnung des Reaktors	therm. Leistung * (MW)	Beginn/Ende des nuklearen Betriebes
Garching	Technische Universität München, Forschungsreaktor München, Forschungs-Neutronenquelle Heinz-Maier-Leibnitz	FRM I FRM II	4 20	1957/2000 2004
Rossendorf	HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf, VKTA-Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e.V.	RFR	10	1957/1991
Geesthacht	Helmholtz-Zentrum Hereon (früher GKSS-Forschungszentrum)	FRG 1 FRG 2	5 15	1958/2010 1963/1995
Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe (KIT)	FR 2	44	1961/1981
Jülich	Forschungszentrum Jülich	FRJ 1 FRJ 2	10 23	1962/1985 1962/2006
Mainz	Johannes Gutenberg-Universität	FRMZ	0,1	1965
Braunschweig	Physikalisch-Technische Bundesanstalt	FMRB	1	1967/1995
Neuherberg	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (früher GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit)	FRN	1	1972/1982
Hannover	Medizinische Hochschule	FRH	0,25	1973/1996
Berlin	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	BER II	10	1973/2019
Heidelberg	Deutsches Krebsforschungszentrum	HD II	0,25	1978/1999
* im Dauerbetrieb				

Tabelle T II.3 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Deutschland

Standort	Erteilung der Genehmigung nach AtG	Beginn des Betriebes	Stellplätze gesamt (Ende 2022 belegt)	Stellplätze gesamt (Ende 2021 belegt)
SZL Biblis	22.09.2003	18.05.2006	135 (108)	135 (108)
SZL Brokdorf	28.11.2003	05.03.2007	100 (35)	100 (35)
SZL Brunsbüttel	28.11.2003 ^a	05.02.2006	80 (20)	80 (20)
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	27.02.2006	88 (54)	88 (54)
SZL Grohnde	20.12.2002	27.04.2006	100 (37)	100 (37)
SZL Gundremmingen	19.12.2003	25.08.2006	192 (115)	192 (103)
SZL Isar	22.09.2003	12.03.2007	152 (88)	152 (79)
SZL Krümmel	19.12.2003	14.11.2006	80 (42)	80 (42)
SZL Lingen	06.11.2002	10.12.2002	125 (47)	125 (47)
SZL Neckarwestheim	22.09.2003	06.12.2006	151 (94)	151 (94)
SZL Philippsburg	19.12.2003	19.03.2007	152 (92)	152 (62)
SZL Unterweser	22.09.2003	18.06.2007	80 (40)	80 (40)
AVR-Behälterlager Jülich (SZL)	17.06.1993 ^b	23.08.1993	158 (152)	158 (152)
TBL Ahaus (ZL)	10.04.1987	25.06.1992	420 (56) ^c	420 (56) ^c
TBL Gorleben (ZL)	05.09.1983	25.04.1995	420 (113)	420 (113)
TBL im ZLN Rubenow (ZL)	05.11.1999	11.12.1999	80 (74)	80 (74)

Standort	Erteilung der Genehmigung nach AtG	Beginn des Betriebes	Stellplätze gesamt (Ende 2022 belegt)	Stellplätze gesamt (Ende 2021 belegt)
a Genehmigung aufgehoben, Aufbewahrungsanordnung der Aufsichtsbehörde gilt bis zur Erteilung einer vollzieh- und ausnutzbaren Aufbewahrungsgenehmigung oder Erlass einer abweichenden Anordnung fort b Genehmigung inzwischen ausgelaufen, siehe: Bredberg I, Faas D, Hutter J, Kühn K, Niedzwiedz K, Hebig-Schubert, K, Wähning R: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2020. BASE-Bericht BASE-N-01/21, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121430223, Salzgitter, Dezember 2021 c Im Transportbehälterlager Ahaus waren im Berichtsjahr wie auch im Vorjahr 329 Behälter auf 56 Stellplätzen deponiert, siehe: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2019 (a. a. O.) SZL Standort-Zwischenlager TBL Transportbehälterlager ZLN Zwischenlager Nord AVR Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich ZL Zwischenlager				

Tabelle T II.4 Schachtanlage Asse II und Endlager Morsleben für radioaktive Abfälle in Deutschland

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Beginn des Betriebes	Inventar * (Stand 31.12.2022)	Inventar (Stand 31.12.2021)
Morsleben	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (bis 25.04.2017 Bundesamt für Strahlenschutz)	ERAM	1971	37 280m ³ / 7,6 E13 Bq	37 263 m ³ / 7,7 E13 Bq
Remlingen	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (bis 25.04.2017 Bundesamt für Strahlenschutz; davor bis 2009 Helmholtz Zentrum München)	Schachtanlage Asse II	1967	1,53 E15 Bq**	2,04 E15 Bq**
* Die Volumendifferenz zum Vorjahr ergibt sich aus der Einlagerung radioaktiver Betriebsabfälle, die im ERAM angefallen sind. Ohne Berücksichtigung des Abklingverhaltens seit Beginn der Einlagerung ergibt sich für die Gesamtaktivität ein Wert von 3,8 E14 Bq. Das Inventar beinhaltet nicht die derzeit zwischengelagerten Abfälle. ** berechnet mit der Datenbank „Assekat ISS 10.0“ und dem darin implementierten Programm „PAI“ (Stand: Februar 2023). Die vergleichsweise starke Abnahme der Aktivitätsangaben im Vergleich zu den Angaben von 2021 liegt an der Anwendung des vom TÜV-Süd empfohlenen Pu-Vektors für die gesamte aus Karlsruhe eingelagerte Pu-Masse. Dieser enthält weniger Pu-241, dafür aber mehr Pu-239. Bis zur ASSEKAT-Version 9.3.1 wurde für die gesamte Pu-Masse in der Asse II der Pu-Vektor mit einem wesentlich höheren Pu-241 Anteil angewendet. Dieser galt aber nur für einen Anteil von 9,6 kg Pu. Die notwendige Korrektur wurde mit der ASSEKAT 10.0 vorgenommen.					

Tabelle T II.5 Grenznahe kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland

Land	Anlage/Standort	Entfernung zur deutschen Grenze
Schweiz	Kernkraftwerk Beznau (2 Blöcke)	ca. 6 km
	Paul Scherrer Institut Villigen/Würenlingen	ca. 7 km
	Kernkraftwerk Mühleberg ^{a)}	ca. 70 km
	Kernkraftwerk Gösgen	ca. 20 km
	Kernkraftwerk Leibstadt	ca. 0,5 km
Frankreich	Kernkraftwerk Fessenheim (2 Blöcke) ^{b)}	ca. 1,5 km
	Kernkraftwerk Cattenom (4 Blöcke)	ca. 12 km

Land	Anlage/Standort	Entfernung zur deutschen Grenze
Niederlande	Kernkraftwerk Dodewaard (Betrieb beendet) Urananreicherungsanlage Almelo	ca. 20 km ca. 15 km
a) außer Betrieb seit 2019 b) stillgelegt seit 2020		

Tabelle T II.6 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022

Kernkraftwerk	Aktivitätsableitung in Bq				
	radioaktive Edelgase	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	C-14 (als Kohlenstoffdioxid)	H-3
KKR Rheinsberg ^{b)}	-	1,6 E05	-	-	-
KGG Gundremmingen A ^{c) m)}	-	nn	-	3,5 E07	8,0 E08
KWL Lingen ^{c)}	-	nn	-	nn	nn
KWO Obrigheim ^{d)}	-	nn	-	2,4 E07	3,9 E08
KKS Stade ^{e)}	-	nn	-	-	-
KWW Würgassen ^{f)}	-	nn	-	4,0 E07	7,0 E08
KGR Greifswald ^{b)}	-	nn	-	-	-
KWB Biblis A ^{g)}	-	nn	-	1,8 E09	9,4 E10
KWB Biblis B ^{g)}	-	nn	-	1,3 E09	5,3 E10
GKN Neckarwestheim 1 ^{g)}	-	nn	-	nn	3,8 E09
KKB Brunsbüttel ^{g)}	nn	2,8 E06	nn	1,1 E09	1,2 E10
KKI Isar 1 ^{g)}	-	nn	-	1,6 E08	1,7 E09
KKU Unterweser ^{g)}	-	4,0 E05	-	5,8 E08	8,9 E09
KKP Philippsburg 1 ^{g)}	-	6,3 E04	-	1,5 E10	9,9 E08
KKG Grafenrheinfeld ⁱ⁾	-	2,0 E05	-	2,3 E08	4,6 E09
KKK Krümmel ^{g)}	-	2,1 E04	-	9,6 E08	2,2 E10
KGG Gundremmingen B ^{j), C^{l)}}	1,3 E11	nn	5,3 E05	1,0 E10	7,0 E10
KWG Grohnde ^{l)}	nn	nn	nn	9,8 E10	5,3 E11
THTR Hamm-Uentrop ^{h)}	-	7,3 E01	-	nn	4,4 E07
KKP Philippsburg 2 ^{k)}	1,7 E10	nn	-	2,9 E09	1,9 E11
KMK Mülheim-Kärlich ^{h)}	-	nn	-	7,7 E06	4,2 E08
KBR Brokdorf ^{l)}	1,9 E10	3,4 E05	nn	2,7 E11	1,3 E11
KKI Isar 2	1,1 E12	nn	nn	6,2 E10	1,9 E11
KKE Emsland	1,2 E11	3,7 E04	nn	7,5 E10	6,8 E11
GKN Neckarwestheim 2	9,6 E10	nn	nn	1,1 E11	1,9 E11

Kernkraftwerk	Aktivitätsableitung in Bq				
	radioaktive Edelgase	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	C-14 (als Kohlenstoffdioxid)	H-3
a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne I-131, einschließlich Sr-89, Sr-90 und Alphastrahler b) Betrieb beendet 1990 e) Betrieb beendet 2003 h) Betrieb beendet 1988 c) Betrieb beendet 1977 f) Betrieb beendet 1994 i) Betrieb beendet 2015 d) Betrieb beendet 2005 g) Betrieb beendet 2011 j) Betrieb beendet 2017 k) Betrieb beendet 2019 l) Betrieb beendet 2021 m) einschließlich Ableitungswerte aus dem Technologiezentrum (TZG) - Messung/Angabe nicht erforderlich nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)					

Tabelle T II.7 Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Rheinsberg	Gundremmingen A / Lingen	Obrigheim	Würgassen	Stade	Greifswald	Biblis A	Biblis B
Ar-41	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-85m	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-85	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-87	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-88	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-89	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-131m	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-133m	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-133	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-135m	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-135	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-137	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-138	-	-	-	-	-	-	-	-

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Neckarwest-heim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unterweser	Philippsburg 1	Grafen-rheinfeld	Krümml	Gundrem-mingen B, C
Ar-41	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Kr-85m	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Kr-85	-	nn	-	-	-	-	-	5,4 E10
Kr-87	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Kr-88	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Kr-89	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Xe-131m	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Xe-133m	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Xe-133	-	nn	-	-	-	-	-	5,0 E10
Xe-135m	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Xe-135	-	nn	-	-	-	-	-	1,7 E09
Xe-137	-	nn	-	-	-	-	-	nn
Xe-138	-	nn	-	-	-	-	-	nn

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar-westheim 2
Ar-41	nn	-	nn	-	4,6 E09	1,2 E11	1,2 E11	7,4 E10
Kr-85m	nn	-	nn	-	nn	2,8 E08	nn	nn
Kr-85	nn	-	1,7 E10	-	nn	9,3 E11	nn	1,2 E10
Kr-87	nn	-	nn	-	nn	4,4 E08	nn	2,5 E08
Kr-88	nn	-	nn	-	nn	1,7 E09	nn	1,2 E09
Kr-89	nn	-	nn	-	nn	1,6 E09	nn	nn
Xe-131m	nn	-	nn	-	nn	2,1 E10	nn	4,2 E09
Xe-133m	nn	-	nn	-	nn	1,6 E09	nn	2,5 E09
Xe-133	nn	-	nn	-	1,2 E10	5,0 E08	nn	9,7 E08
Xe-135m	nn	-	nn	-	nn	1,7 E08	nn	nn
Xe-135	nn	-	nn	-	3,0 E09	2,3 E08	9,5 E07	7,2 E07
Xe-137	nn	-	nn	-	nn	1,0 E09	nn	2,1 E09
Xe-138	nn	-	nn	-	nn	1,1 E09	nn	nn
- Messung/Angabe nicht erforderlich								
nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)								
k. A. keine Angaben								

Tabelle T II.8 Aktivitätsableitung von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022 (I-131: Tabelle T II.6)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Rheinsberg	Gundrem-mingen A	Lingen	Obrigheim	Würgassen	Stade	Greifswald	Biblis A
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zn-65	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	4,6 E04	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	3,8 E04	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Rheinsberg	Gundrem- mingen A	Lingen	Obrigheim	Würgassen	Stade	Greifswald	Biblis A
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+ 240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	1,0 E03	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Radio- nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Biblis B	Neckar- westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unter- waser	Philipps- burg 1	Grafen- rheinfeld	Krümmel	Gundrem- mingen B, C
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	nn	nn	2,0 E06	nn	3,7 E05	4,6E04	2,0 E05	2,1 E04	nn
Zn-65	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	nn	nn	7,4 E05	nn	3,5 E04	1,7 E04	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+ 240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Biblis B	Neckar-westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unter-weser	Philipps-burg 1	Grafen-rheinfeld	Krümmel	Gundrem-mingen B, C
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar-westheim 2
Cr-51	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Mn-54	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-57	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-58	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Fe-59	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Co-60	nn	nn	nn	nn	3,4 E05	nn	3,7 E04	nn
Zn-65	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-90	nn	7,3 E01	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Zr-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Nb-95	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-103	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ru-106	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ag-110m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-124	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sb-125	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Te-123m	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-134	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cs-137	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ba-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
La-140	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-141	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Ce-144	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-152	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-155	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-238	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-(239+240)	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Am-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Pu-241	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-242	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Cm-244	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)								
k. A. keine Angabe								

Tabelle T II.9 Aktivitätsableitung von radioaktiven Edelgasen, I-131 und an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden (ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler) mit der Fortluft und Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in den Jahren 2011 bis 2022)

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostromerzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	
2011	1,9 E13	3,9 E07	3,3 E07	12 325*
2012	9,1 E12	2,3 E07	1,5 E07	11 354*
2013	9,9 E12	4,0 E07	6,6 E06	11 106*
2014	1,2 E13	3,6 E07	5,0 E06	11 087*
2015	4,8 E12	3,0 E07	1,3 E07	10 478*
2016	6,0 E12	4,0 E07	4,7 E07	9 661*
2017	9,7 E12	6,9 E07	6,6 E06	8 713*
2018	1,9 E13	8,6 E07	7,3 E06	8 676*
2019	1,2 E13	9,3 E07	4,4 E06	8 570*
2020	9,1 E12	1,2 E08	3,6 E06	7 328 ⁺
2021	8,5 E12	6,7 E08	3,2 E06	7 892 [*]
2022	1,5 E12	5,3 E05	4,0 E06	3 733 [#]

* Quelle: atw, International Journal for Nuclear Power, Betriebsergebnisse, Berlin
⁺ Quelle: Betriebsergebnisse der Kernkraftwerke in Deutschland für das Jahr 2020 | kerned.de | Informationen zu Kernenergie, Atomenergie, Kernkraft, Atomkraft
[#] Quelle: Statistisches Bundesamt, Bruttostromerzeugung in Deutschland

Tabelle T II.10 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren und Forschungsreaktoren von Universitäten im Jahr 2022

Forschungszentrum	Aktivitätsableitung in Bq					
	radioaktive Edelgase	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	I-129	C-14	H-3
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	1,3 E08	7,0 E05 ^{b)}	1,3 E02	2,4 E03	1,3 E10	1,2 E12
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	2,2 E09	1,6 E06	nn	nn	9,4 E10	7,7 E11
HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf	2,3 E10	1,2 E06	nn	nn	1,2 E08	6,7 E09
Helmholtz-Zentrum Hereon (früher GKSS-Forschungszentrum Geesthacht)	nn	2,0 E04	-	-	nn	3,2 E09
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI, einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	nn	8,8 E02	nn	-	3,6 E08	4,0 E09
Garching, FRM I	-	nn	nn	-	-	8,6 E07
Garching, FRM II	nn	nn	nn	-	6,6 E08	1,5 E11
Forschungsreaktor Mainz	1,5 E11	nn	nn	-	-	3,5 E06
Framatome GmbH, Standort Erlangen	nn	6,0 E03	8,0 E04	nn	9,9 E03	5,5 E07

Forschungszentrum	Aktivitätsableitung in Bq					
	radioaktive Edelgase	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide ^{a)}	I-131	I-129	C-14	H-3
a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler						
b) davon Alphastrahler: 1,0 E04 Bq- Messung/Angabe nicht erforderlich						
nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)						

Tabelle T II.11 Aktivitätsableitung alphastrahlender radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben

Betrieb	Aktivitätsableitung in Bq	
	2022	2021
ANF GmbH (Lingen)	<1,8 E04	<1,8 E04
URENCO D (Gronau)	3,0 E04	2,4 E04
< Messwert kleiner Erkennungsgrenze; der angegebene Wert entspricht der Erkennungsgrenze		

Tabelle T II.12 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse II und dem Endlager Morsleben

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2022	2021
Morsleben		
H-3	1,8 E10	1,8 E10
C-14	9,1 E08	9,7 E08
Rn-222 ^{a)}	3,2 E10	3,2 E10
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	2,8 E06	2,5 E06
Schachanlage Asse II		
H-3	9,4 E09	1,2 E10
C-14	7,7 E08	1,0 E08
Rn-222 (Gas)	8,8 E10	9,8 E10
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	1,3 E06	1,2 E06
a) gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration		

Tabelle T II.13 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in Deutschland im Jahr 2022

Kernkraftwerk	Aktivität in Bq		
	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer H-3)	H-3	α-Strahler
Siedewasserreaktoren			
KWL Lingen a)	2,1 E03	nn	1,4 E03
KKB Brunsbüttel a)	1,9 E07	4,5 E09	nn
KKI Isar 1 a)	3,7 E07	2,7 E09	nn
KKP Philippsburg 1 a)	3,8 E06	1,6 E09	nn
KKK Krümmel a)	4,6 E06	5,1 E09	nn
KGG Gundremmingen a)	2,9 E08	7,6 E11	1,7 E05

Kernkraftwerk	Aktivität in Bq		
	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer H-3)	H-3	α-Strahler
Summe SWR	3,6 E08	7,8 E11	1,7 E05
Druckwasserreaktoren			
KWO Obrigheim a)	nn	nn	nn
KKS Stade a)	1,0 E04	5,9 E06	2,0 E02
KWB Biblis A + B a)	9,9 E06	8,7 E10	3,4 E05
GKN Neckarwestheim 1 + 2 a)	nn	1,1 E13	nn
KKU Unterweser a)	5,8 E06	3,6 E10	9,4 E04
KKG Grafenrheinfeld a)	3,2 E05	4,1 E11	6,2 E04
KWG Grohnde	1,1 E07	1,7 E13	nn
KKP Philippsburg 2 a)	1,2 E07	8,5 E11	nn
KMK Mülheim-Kärlich a)	1,3 E06	5,9 E06	nn
KBR Brokdorf	8,1 E08	3,4 E12	nn
KKI Isar 2	9,3 E04	2,6 E13	nn
KKE Emsland	9,7 E05	9,9 E12	nn
KGR Greifswald Block 1 bis 5 a)	nn	8,3 E07	nn
KKR Rheinsberg a)	2,4 E06	4,0 E05	7,1 E04
Summe DWR	8,5 E08	6,9 E13	5,7 E05
Summe	1,2 E09	7,0 E13	7,4 E05
a) Betrieb beendet nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Ableitungswerte unter der Erkennungsgrenze)			

Tabelle T II.14 Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren

Forschungszentrum	Aktivität in Bq						Abwasser in m ³
	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer H-3)		H-3		α-Strahler		
	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	2,08 E06	3,18 E06	5,14 E11	1,66 E12	nn	nn	1,36 E04
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	4,99 E06	3,30 E06	5,66 E11	1,08 E12	8,58 E05	9,54 E06	2,65 E06
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS Forschungszentrum Geesthacht)	7,48 E05	3,74 E06	2,48 E07	1,02 E08	1,10 E04	2,49 E04	8,2 E01
Helmholtz-Zentrum Berlin (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	1,56 E04	4,00 E03	4,70 E08	2,00 E07	2,00 E03	2,50 E03	5,94 E01
Framatome GmbH Standort Erlangen	3,09 E05	2,96 E05	6,09 E08	1,57 E09	1,08 E05	1,67 E05	1,22 E03
Garching FRM II	3,16 E06	9,56 E06	8,20 E09	6,40 E10	nn	nn	1,34 E02
HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf	1,01 E06	6,67 E06	6,20 E08	7,30 E08	6,90 E04	1,00 E04	2,18 E04
TRIGA Mainz	-	7,78 E04	-	2,10 E05	-	3,30 E03	0
nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Ableitungswerte unter der Erkennungsgrenze)							

Tabelle T II.15 Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben

Betrieb	Aktivität in Bq				Abwasser in m ³
	α-Strahler		β-Strahler		
	2022	2021	2022	2021	2022
ANF GmbH (Lingen)	nn	nn	nn	nn	6,60 E02
URENCO (Gronau)	1,07 E04	9,68 E03	1,94 E03	5,84 E03	8,20 E01
nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Ableitungswerte unter der Erkennungsgrenze)					
nb nicht bestimmt					

Tabelle T II.16 Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus den End- und Zwischenlagern

Betrieb	Aktivität in Bq		Abwasser in m ³
	2022	2022	
	H-3	andere Nuklide	2022
Zwischenlager Nord Lubmin	1,00 E05	nn	4,50 E01
ERAM Morsleben	5,30 E05	5,30 E03	4,50 E01

Tabelle T II.17 Exposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

kerntechnische Anlagen	oberer Wert * der effektiven Dosis			
	für Erwachsene in μ Sv		für Kleinkinder in μ Sv	
	2022	2021	2022	2021
KWB Biblis A, B	<0,1	0,1	<0,1	0,2
KBR Brokdorf	0,4	<0,1	0,7	<0,1
KKB Brunsbüttel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKE Emsland	0,1	0,1	0,1	0,3
KKG Grafenrheinfeld	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KGR Greifswald		<0,1		<0,1
KWG Grohnde	0,1	0,8	0,2	2
KGG Gundremmingen A, B, C	<0,1	0,1	<0,1	0,2
KKI Isar 1, 2	<0,1	0,1	<0,1	0,3
KKK Krümmel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWL Lingen	0,1	<0,1	0,1	<0,1
KMK Mülheim-Kärlich	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
GKN Neckarwestheim 1, 2	0,1	0,1	0,1	0,2
KWO Obrigheim	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKP Philippsburg 1, 2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKR Rheinsberg **	<0,1		<0,1	
KKS Stade **				
THTR-300 Hamm-Uentrop **				
KKU Unterweser	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

kerntechnische Anlagen	oberer Wert * der effektiven Dosis			
	für Erwachsene in µSv		für Kleinkinder in µSv	
	2022	2021	2022	2021
KWW Würzgassen **				
* berechnet für eine repräsentative Person an den ungünstigsten Einwirkungsstellen				
** Daten für die Expositionsrechnung liegen nicht vor				

Tabelle T II.18 Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

kerntechnische Anlagen	oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in µSv		oberer Wert der effektiven Dosis für Kinder in µSv	
	2022	2021	2022	2021
KGG Gundremmingen A, B und C	0,4	0,3	0,5	0,5
KWO Obrigheim	0,2	<0,1	0,3	<0,1
KKS Stade	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWB Biblis A und B	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
GKN Neckarwestheim 1 und 2	1,5	2,6	3,6	5,7
KKB Brunsbüttel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKI Isar 1 und 2	0,3	0,3	0,5	0,3
KKU Unterweser	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKP Philippsburg 1 und 2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKG Grafenrheinfeld	<0,1	<0,1	0,1	0,2
KKK Krümmel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWG Grohnde	1,3	1,0	3,4	2,1
KMK Mülheim-Kärlich	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KBR Brokdorf	0,1	0,1	0,3	0,3
KKE Emsland	6,8	4,6	15,6	10,6
KKR Rheinsberg *	0,2	0,1	0,1	<0,1
KGR Greifswald *	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWL Lingen	0,1	<0,1	0,2	<0,1
* Bei der Berechnung der Exposition konnten für Expositionspfade, bei denen die effektive Dosis durch langjährige Ablagerungen von Radionuklid- den bedingt ist, nur die seit 1990 mit dem Abwasser abgeleiteten radioaktiven Stoffe berücksichtigt werden				

Tabelle T II.19 Exposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft

Forschungseinrichtung	oberer Wert der effektiven Dosis in µSv			
	für Erwachsene		für Kleinkinder	
	2022	2021	2022	2021
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) früher Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	0,1	0,3	0,1	1,5
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	3,4	<0,1	5,6	<0,1
HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf Gesamtstandort	1,1	<0,1	1,9	<0,1
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS-Forschungszentrum Geesthacht)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschl. Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	0,2	0,1	0,3	0,2
Garching, FRM I und FRM II	<0,1	0,2	<0,1	0,5
TRIGA Mainz*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
* Expositionswerte entnommen aus den Jahresberichten 2021 der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin				

Tabelle T II.20 Exposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser

Forschungseinrichtung	oberer Wert der effektiven Dosis in μSv			
	für Erwachsene		für Kleinkinder	
	2022	2021	2022	2021
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	0,3	0,7	0,8	1,5
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS-Forschungszentrum Geesthacht)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI), (einschl. Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Framatome GmbH, Standort Erlangen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Garching, FRM II	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Forschungszentrum Rossendorf	0,7	1,1	0,4	0,4
TRIGA Mainz	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabelle T II.21 Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser

Betrieb	Ableitung mit der Fortluft				Ableitung mit dem Abwasser	
	oberer Wert der effektiven Dosis in μSv für				oberer Wert der effektiven Dosis in μSv für	
	Erwachsene		Kleinkinder		Erwachsene	Kleinkinder
	2022	2021	2022	2021	2022	2021
ANF GmbH (Lingen)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
URENCO (Gronau)	0,1	0,2	0,2	0,2	<0,1	<0,1

Tabelle T II.22 Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Direktstrahlung*

Betrieb	Direktstrahlung			
	Gamma-Ortsdosis in mSv/a		Neutronen-Ortsdosis in mSv/a	
	2022	2021	2022	2021
ANF GmbH (Lingen)	0,49 (MP4,6)	0,55 (MP4)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
URENCO (Gronau)	0,43 (MP5, I. HJ) k. A. (II.HJ)	0,86 (MP5)	0,06 (MP9, I.HJ) k. A. (II.HJ)	0,05 (alle MP, I.HJ) 0,05 (alle MP, II.HJ)
* höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrunds MP = Messpunkt k. A. = keine Angabe HJ = Halbjahr < = kleiner Nachweisgrenze				

Tabelle T II.23 Exposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben, der Schachtanlage Asse II und des Zwischenlagers Nord durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser

	Fortluft, oberer Wert der effektiven Dosis in μSv		Abwasser, oberer Wert der effektiven Dosis in μSv	
	2022	2021	2022	2021
Endlager Morsleben				
Erwachsene	1,8	0,6	<0,1	<0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	2,7	0,6	<0,1	<0,1
mit Muttermilch ernährte Säuglinge	2,9	0,6	<0,1	<0,1
Schachtanlage Asse II**				
Erwachsene	1,0	2,4	-	-
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	1,1	5,9	-	-
Säuglinge (≤ 1 Jahr)	1,1	7,5	-	-
Zwischenlager Nord Lubmin				
Erwachsene			<0,1	<0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)			<0,1	<0,1
Säuglinge (≤ 1 Jahr)			<0,1	<0,1
** keine Ableitungen mit dem Abwasser				

Tabelle T II.24 Strahlenexposition durch Direktstrahlung* aus zentralen Zwischenlagern

Zwischenlager	Gamma-Ortsdosis in mSv/a		Neutronen-Ortsdosis in mSv/a	
	2022	2021	2022	2021
Transportbehälterlager Ahaus (BZA)	0,20 (MP9, I. HJ) k. A. (II. HJ)	0,44 (MP7, 9)	<0,05 (alle MP, I.HJ) k. A. (II.HJ)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
Zentrales Zwischenlager Nord (Rube- now)	0,35 (MP15, I.HJ) k. A. (II.HJ)	0,81 (MP15)	<0,05 (alle MP, I.HJ) k. A. (II. HJ)	0,07 (MP15, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)
Transportbehälterlager Gorleben (BZG)	0,57 (MP8)	0,62 (MP8)	0,31 (MP15) **	0,30 (MP13) **
* höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrunds				
** Messwert der unabhängigen Messstelle (NLWKN) im Bereich der ungünstigsten Einwirkungsstelle des BZG Gorleben an der Grenze des Betriebsgeländes einschließlich des natürlichen Untergrunds (MP 13 und 14 liegen in der Nähe des MP 6 des Betreibers)				
MP = Messpunkt HJ = Halbjahr < = kleiner Nachweisgrenze k. A. = keine Angabe				

Tabelle T II.25 Einzelnuklid-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft

a) Messungen des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach/Main
 Probenentnahmestellen: Schleswig, Offenbach/Main, Potsdam und Aachen

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$							
	Schleswig		Offenbach am Main		Berlin/Potsdam **		Aachen	
	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137	Be-7	Cs-137
2012 *	2 461	<1,5	3 261	<0,3	3 149	<0,4	3 108	<0,9
2013 *	2 430	<2,4	3 130	<0,5	2 510	<2,2	2 960	<0,9
2014 *	2 728	<1,2	3 151	<0,6	2 677	2,3	3 137	<1,1
2015 *	2 410	<1,0	3 344	<0,3	3 061	0,4	2 625	<0,9
2016 *	2 653	<0,9	3 378	0,45	3 028	0,36	2 572	<1,1
2017 *	2 490	<1,0	3 457	0,26	3 028	0,29	2 719	<1,1
2018 *	3 064	<1,2	3 895	0,25	3 670	0,41	3 200	<1,12
2019 *	2 380	<2,80	3 730	0,21	3 540	0,27	3 290	<1,26
2020 *	2 720	<2,47	3 916	0,24	3 720	0,30	3 620	<1,87
2021 *	3 105	<1,39	3 393	0,22	3 569	0,28	3 397	<2,00
2022 *	2 746	<1,38	3 564	0,19	3 192	<0,42	3 501	<2,05
Januar	2 510	<0,98	1 860	0,17	2 360	<0,24	2 780	<2,10
Februar	2 410	<1,18	2 660	0,15	2 450	0,31	2 840	<2,02
März	3 760	<1,45	5 060	0,37	3 990	<1,05	5 180	<2,19
April	3 550	<1,30	4 300	0,15	3 750	<0,35	4 470	<1,90
Mai	3 720	<1,54	4 940	0,15	4 290	0,51	4 040	<2,24
Juni	1 970	<1,22	4 800	<0,12	4 320	<0,38	2 510	<1,73
Juli	2 010	<2,58	3 830	<0,12	3 360	0,29	3 090	<1,89
August	3 630	<1,55	4 760	<0,18	4 270	0,39	4 790	<2,39
September	2 160	<0,91	2 820	<0,12	2 310	<0,44	3 300	<1,90
Oktober	2 770	<1,49	3 210	0,17	3 050	0,26	3 930	<2,10
November	2 180	<1,20	2 420	0,18	1 980	<0,27	2 720	<2,09
Dezember	2 280	<1,20	2 110	0,39	2 710	0,52	2 120	<2,00

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet
 ** Im Mai 2010 wurde die DWD-Station Berlin nach Potsdam verlegt < Messwert kleiner Nachweisgrenze

b) Messungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Probenentnahmestelle: Braunschweig

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	K-40	Cs-137	Pb-210
2012 *	3 182	0,3	7,8	0,30	325
2013 *	3 065	0,3	8,6	0,40	327
2014 *	3 116	0,3	9,7	0,37	487
2015 *	3 010	0,3	9,4	0,2	401
2016 *	2 905	0,3	10,1	0,30	352
2017 *	3 080	0,3	8,6	0,23	349
2018 *	3 620	0,4	10,4	0,37	375
2019 *	3 489	0,4	8,1	0,22	285
2020 *	3 657	0,3	9,3	0,23	316
2021 *	3 390	0,4	7,8	0,20	297
2022 *	3 248	0,4	9,0	0,23	313
Januar	2 306	0,2	4,3	0,12	125
Februar	2 338	0,2	4,2	0,10	115
März	4 409	0,4	11,7	0,44	391
April	3 844	0,5	7,9	0,26	261
Mai	4 376	0,6	15,7	0,29	250
Juni	3 955	0,6	9,7	0,11	247
Juli	3 213	0,4	10,1	0,13	196

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$				
	Be-7	Na-22	K-40	Cs-137	Pb-210
August	4 401	0,5	12,4	0,33	466
September	2 523	0,2	8,6	0,35	297
Oktober	3 025	0,3	8,5	0,12	508
November	2 405	0,2	5,7	0,17	372
Dezember	2 188	0,2	8,6	0,36	523
* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet					

c) Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz, Probenentnahmestelle: Messstation Schauinsland

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$			
	Be-7	Na-22	Cs-137	Pb-210
2012 *	4 660	0,43	0,26	428
2013 *	4 020	0,34	0,24	504
2014 *	4 480	0,36	0,25	521
2015 *	4 490	0,35	0,18	589
2016 *	4 620	0,35	0,15	397
2017 *	4 950	0,41	0,2	491
2018 *	5 370	0,31	0,44	640
2019 *	4 860	0,44	0,16	460
2020 *	5 390	0,45	0,27	524
2021 *	4 780	0,41	0,17	458
2022 *	5 010	0,48	<0,32	494
Januar	3 150	0,24	<0,12	218
Februar	3 100	0,23	<0,12	169
März	6 580	0,62	0,50	720
April	5 810	0,61	0,27	416
Mai	5 750	0,68	0,40	559
Juni	6 980	0,86	0,17	577
Juli	6 230	0,73	0,16	552
August	5 970	0,56	0,15	673
September	3 810	0,30	<0,14	469
Oktober	5 600	<0,46 [#]	<1,2 [#]	856
November	3 830	0,29	<0,48	314
Dezember	3 370	0,20	<0,15	404
* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet				
< Messwert kleiner Nachweisgrenze#Messungen mit verringerter Empfindlichkeit				

d) Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz, Probenentnahmestellen: Freiburg, Schauinsland

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in mBq/m^3			
	Freiburg		Schauinsland	
	Kr-85	Xe-133	Kr-85	Xe-133
2012 *	1 620	2,5	1 490	3,2
2013 *	1 752	2,4	1 720	5,0
2014 *	1 761	2,4	1 727	3,5
2015 *	1 701	2,5	1 715	3,4
2016 *	1 920	2,2	1 928	2,9
2017 *	1 860	2,3	1 880	2,4
2018 *	1 670	2,4	1 700	3,1
2019 *	1 680	2,6	1 680	< 2,3
2020 *	1 600	2,2	1 660	2,1
2021 *	1 570	2,3	1 570	<4,3
2022 *	1 610	0,9	1 630	1,7

Zeitraum	Aktivitätskonzentration in mBq/m ³			
	Freiburg		Schauinsland	
	Kr-85	Xe-133	Kr-85	Xe-133
Januar	1 520	1,2	1 500	1,8
Februar	1 710	<0,45	1 680	1,8
März	1 470	<1,6	1 480	1,6
April	1 520	1,9	1 530	2,8
Mai	1 630	<0,6	1 700	<1,3
Juni	1 570	<0,7	1 590	1,7
Juli	1 990	1,1	2 110	1,9
August	1 860	0,9	1 920	2,0
September	1 620	<1,0	1 660	1,5
Oktober	1 580	0,5	1 510	1,2
November	1 410	<0,6	1 450	1,3
Dezember	1 460	1,3	1 490	<1,9
* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet				
** durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst< Messwert kleiner Nachweisgrenze				

Tabelle T II.26

Deposition von Einzelnukliden mit dem Niederschlag, Messungen des Deutschen Wetterdienstes

Zeitraum	Offenbach am Main			Potsdam		
	I/m ²	Deposition in Bq/m ²		I/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2012	667,7	718	<0,71	605,6	376,4	<1,15
2013	703,7	616,7	<0,77	680,6	349,3	<1,12
2014	729,5	761,4	<0,82	540,9	257,4	<1,01
2015	427,0	389,4	<0,80	566,1	254,7	<1,01
2016	853,7	567	<0,89	502,2	286	<1,19
2017	750,0	624	<0,90	749,7	457,2	<1,22
2018	479,6	510,5	<0,68	344,8	249,2	<1,00
2019	626,9	530,6	<0,70	542,3	372,9	<1,10
2020	539,6	538,1	<0,70	503,2	268,4	<0,98
2021	715,7	457,3	<0,76	617,1	376,2	<0,90
2022	571,3	433,9	<0,71	404,4	258,3	<0,90
Januar	66,7	17,70	< 0,08	31,1	17,60	<0,07
Februar	56,2	26,80	< 0,05	44,1	21,40	<0,07
März	17,6	18,00	< 0,06	1,3	5,43	<0,08
April	52,5	66,20	< 0,07	27,3	12,30	<0,07
Mai	25,7	65,30	< 0,07	29,3	30,80	<0,07
Juni	41,0	44,70	<0,07	28,3	29,40	<0,07
Juli	10,2	46,80	< 0,08	54,5	10,10	<0,08
August	1,3	4,20	< 0,04	37,3	43,30	<0,08
September	136,4	69,70	< 0,04	50,8	20,60	<0,08
Oktober	44,4	25,00	< 0,04	28,7	7,78	<0,07
November	51,7	25,30	< 0,08	12,9	7,21	<0,07
Dezember	67,6	24,2	<0,05	58,8	22,40	<0,08
< Messwert kleiner Nachweisgrenze						

Zeitraum	Aachen			Schleswig		
	I/m ²	Deposition in Bq/m ²		I/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2012	840,0	1 032,2	<0,90	1 071,8	<192,0	<0,80
2013	695,1	721,3	<0,83	935,6	484,6	<0,88
2014	818,4	686,3	<0,85	811,3	378,4	<0,96
2015	759,1	510,8	<0,86	962,2	377,6	<0,91
2016	827,8	598,0	<0,76	566,1	254,7	<1,01
2017	765,0	512,7	<0,91	821,3	289,2	<0,85
2018	688,6	474,1	<0,89	1 184,8	474,5	<0,90
2019	890,2	709,5	<0,88	759,2	399,2	<0,98
2020	776,1	479,8	<0,83	917,1	344,3	<0,84
2021	1 011,3	731,0	<0,96	517,1	257,9	<0,63
2022	672,0	517,4	<1,00	859,9	578,6	<0,61
Januar	99,5	63,15	<0,08	51,8	16,70	<0,07
Februar	71,2	67,50	<0,09	195,6	93,70	<0,05
März	19,4	9,02	<0,09	21,4	11,60	<0,07
April	39,3	17,55	<0,08	69,5	9,80	<0,04

Zeitraum	Aachen			Schleswig		
	I/m ²	Deposition in Bq/m ²		I/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
Mai	39,8	13,31	<0,06	68,5	34,70	<0,05
Juni	91,3	88,34	<0,08	90,1	100,00	<0,05
Juli	24,3	30,12	<0,09	40,8	22,90	<0,04
August	14,7	11,46	<0,08	11,9	4,99	<0,05
September	119,0	105,16	<0,09	107,0	72,80	<0,04
Oktober	27,6	14,36	<0,10	53,0	31,40	<0,04
November	57,4	57,37	<0,07	41,6	32,00	<0,04
Dezember	68,6	40,06	<0,08	108,7	148,00	<0,04
< Messwert kleiner Nachweisgrenze Hinweis: An der Messstelle Aachen wurde die Probenentnahme auf ein automatisches System umgestellt. Zuvor wurden Niederschlagsproben gesammelt, eingedampft und der Rückstand anschließend gammaspektrometrisch ausgemessen. Nun wird der in einem Sammeltrichter aufgefangene Niederschlag zunächst filtriert und gelöste Bestandteile werden an einem Ionenaustauscher angereichert. Diese beiden Proben (Filter und Ionenaustauscher) werden gammaspektrometrisch analysiert. Berichtet wird die jeweils höhere Nachweisgrenze. Die Nachweisgrenzen liegen geringfügig über denen des bisherigen Verfahrens.						

Tabelle T II.27 Obergrenzen für die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen

Kerntechnische Anlage	berechnete Obergrenze (effektive Jahresdosis) in mSv	
	aus Gamma-ODL	aus Neutronen-ODL
BER Berlin	0,37	k.A.
KKB Brunsbüttel #	0,44	0,09
KBR Brokdorf #	0,44	0,07
KKK Krümmel #	0,57	0,10
GKSS Geesthacht	0,36	k.A.
KKS Stade	0,35	k.A.
KKU Unterweser #	0,46	0,11
KWG Grohnde #	0,34	0,11
KKE Emsland	0,29	k. A.
KWW Würgassen	0,29	k. A.
FZJ Jülich	0,47	0,10
THTR Hamm-Uentrop	0,04	k. A.
KWB Biblis #	0,40	0,15
KKP Philippsburg #	0,39	0,12
KWO Obrigheim #	0,53	k. A.
GKN Neckarwestheim #	0,44	0,08
FZ Karlsruhe	0,09	k. A.
KKI Irsar	0,35	0,10
KKG Grafenrheinfeld #	0,44	0,18
KGG Gundremmingen B #	0,42	0,13
KGR Greifswald	k. A.	k. A.
VKTA Rossendorf	0,53	k. A.
KKR Rheinsberg	0,30	k. A.
KMK Mülheim-Kärlich	0,43	k. A.
ZLN Nord	k. A.	k. A.
BZG Gorleben	0,37	0,03
BFL Lingen	0,38	0,11
UAG Gronau ~	0,09	0,00
ERAM Morsleben	0,37	k. A.
Framatom Erlangen	0,34	k. A.

Kerntechnische Anlage	berechnete Obergrenze (effektive Jahresdosis) in mSv	
	aus Gamma-ODL	aus Neutronen-ODL
Framatom Karlstein	0,33	k. A.
BZA Ahaus	0,19	0,05
FRM Garching	0,34	0,08
Schachanlage Asse	0,20	k. A.
# Dosisberechnung für Kernkraftwerk und standortnahes Brennelemente-Zwischenlager		
k.A. keine Angaben. Daten waren nicht in den REI-Berichten enthalten.		
~ Messwerte abzüglich der natürlichen Hintergrundstrahlung		

Tabelle T II.28 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131 (Messwerte der Betreiber)

Probenentnahmestelle	N	I-131 (mBq/m ³)						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BER Berlin	2	<0,68	<0,57	<0,52	<0,51	<0,5	<0,5	<0,5
KKB Brunsbüttel	2	<0,28	<0,28	<0,27	<0,31	*	*	*
KBR Brokdorf	2	<0,16	<0,17	<0,17	<0,16	<0,15	<0,17	<0,16
KKK Krümmel	3	<0,37	<0,34	<0,40	<0,40	<0,37	<0,37	<0,36
GKSS Geesthacht	1	*	*	*	*	*	*	*
KKS Stade	1	*	*	*	*	*	*	*
KKU Unterweser	2	<2,0	<2,0	-	-	-	-	-
KWG Grohnde	3	<1,6	<1,7	-	-	<1,5	<1,7	<1,8
KKE Emsland	2	<0,33	<0,33	-	-	<0,31	<0,31	<0,32
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	2	<0,37	<0,36	<0,35	<0,40	<0,38	*	*
KKP Philippsburg	4	<0,61	<0,52	<0,47	<0,48	<0,44		*
KWO Obrigheim	3	*	*	*	*	*	*	*
GKN Neckarwestheim	2	<0,58	<0,66	<0,56	<0,57	<0,54	<0,56	<0,2
FZ Karlsruhe	3	<0,14	<0,12	<0,13	<0,13	<0,11	<0,1	
KKI Isar	3	<0,25	<0,25	<0,26	<0,26	<0,26	<0,25	<0,27
KKG Grafenrheinfeld	3	<0,27	<0,27	<0,29	<0,27	<0,25		*
KGG Gundremmingen B	3	<0,16	<0,14	<0,14	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13
KGR Greifswald	2	*	*	*	*	*	*	*
VKTA Rossendorf	1	<0,11	<0,11	<0,14	<0,11	<0,11	<0,12	<0,12
KKR Rheinsberg	-	*	*	*	*	*	*	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	*	*	*	*	*	*	*
N Zahl der Messstationen		- keine Messwerte		*Messungen eingestellt				

Tabelle T II.29 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Co-60 (Messwerte der Betreiber)

Probenentnahmestelle	N	Co-60 (mBq/m ³)						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BER Berlin	2	<0,35	<0,31	<0,29	<0,29	<0,3	<0,3	<0,3
KKB Brunsbüttel	2	<0,062	<0,063	<0,062	<0,062	<0,043	<0,041	<0,04
KBR Brokdorf	2	<0,062	<0,066	<0,080	<0,080	<0,080	<0,052	<0,055

Probenentnahmestelle	N	Co-60 (mBq/m ³)						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
KKK Krümmel	3	<0,041	<0,05	<0,041	<0,041	<0,05	<0,051	<0,05
GKSS Geesthacht	1	<0,028	<0,029	<0,028	<0,028	<0,029	<0,026	
KKS Stade	1	-	-	-	-	-	-	-
KKU Unterweser	2	<0,4	<0,4	-	-	<0,12		
KWG Grohnde	3	<0,15	<0,14	-	-	<0,14	<0,14	<0,12
KKE Emsland	2	<0,29	<0,31	-	-	<0,26	<0,28	<0,27
KWW Würgassen	2	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	3	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	3	<0,12	<0,12	<0,13	<0,13	<0,12	<0,11	<0,14
KKP Philippsburg	4	<0,031	<0,027	<0,025	<0,025	<0,026	<0,025	<0,025
KWO Obrigheim	3	<0,052	<0,062	<0,051	<0,051	<0,038	<0,04	<0,041
GKN Neckarwestheim	2	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,17	<0,13	<0,17
FZ Karlsruhe	3	<0,007	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,0067	<0,0056
KKI Isar	3	<0,28	<0,28	<0,29	<0,29	<0,28	<0,28	<0,28
KKG Grafenrheinfeld	3	<0,062	<0,064	<0,070	<0,070	<0,080	<0,062	<0,06
KGG Gundremmingen B	3	<0,26	<0,23	<0,24	<0,24	<0,22	<0,24	<0,24
KGR Greifswald	2	<0,26	<0,22	<0,21	<0,21		<0,33	<0,33
VKTA Rossendorf	3	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,019	<0,019	<0,02
KKR Rheinsberg	2	*	*	*	*	*	*	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	<0,13	<0,14	<0,19	<0,19	<0,19	<0,18	<0,21
N Zahl der Messstationen- keine Messwerte								
* Messungen eingestellt								

Tabelle T II.30 Umgebungsstrahlung bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren (Messwerte der Betreiber)

Probenentnahmestelle	N	γ -Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BER Berlin	2	[69] ⁶	69	70	[70] ⁹	[70] ⁹	69	69
KKB Brunsbüttel	2	93	93	96	93	93	91	89
KBR Brokdorf	2	90	90	94	92	92	90	91
KKK Krümmel	3	77	76	79	78	78	77	75
GKSS Geesthacht	1	83	84	84	84	84	83	83
KKS Stade	1	a	a	a	a	a	a	a
KKU Unterweser	2	103	102	[102] ⁶	[109] ⁹	[109] ⁹	116	121
KWG Grohnde	3	97	97	[95] ⁶	a	a	97	95
KKE Emsland	2	71	71	[71] ⁶	a	a	72	75
KWW Würgassen	3	a	a	a	a	a	a	a
FZ Jülich	12	105	102	106	106	106	106	[107] ⁶
THTR Hamm-Uentrop	2	81	80	86	81	81	79	a
KWB Biblis	3	104 ^m	106 ^m	107 ^m	107 ^m	107 ^m	95	97
KKP Philippsburg	4	104	107	107	106	106	106	107
KWO Obrigheim	2	120	117	111	116	116	125	127

Probenentnahmestelle	N	γ -Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
GKN Neckarwestheim	2	127	129	137	130	130	127	126
FZ Karlsruhe	6	93 ^{MTv}	92	93	92	92	92	92
KKI Isar	3	93	92	95	96	96	74 ^{MT}	64 ^m
KKG Grafenrheinfeld	3	101	102	103	103	103	92 ^l	77 ^l
KGG Gundremmingen B	3	91	83	86	90	90	89	85
KGR Greifswald	20	[83] ^{9j}	85 ^j	87 ^j	[86] ^{9j}	[86] ^{9j}	960	[83] ^{6j}
VKTA Rossendorf	2	115	118	114	[110] ³	[110] ³	103	93
KKR Rheinsberg	4	a	a	a	a	a	a	a
KMK Mülheim-Kärlich	2	117	114	113	112	112	115 ^{**}	**

N Zahl der Messstationen * Messungen eingestellt
 [] i unvollständige Messreihe (i: Anzahl der Monate) MT Austausch des Messsystems
 a Daten liegen nicht vor
 j Anzahl der Messstationen auf 3 reduziert, gemäß überarbeitetem Umgebungsüberwachungsprogramm
 l Messstelle Oberndorf wurde am 01.04.2021 außer Betrieb genommen
 m Alle Messsysteme wurden am 19.04.2021 ersetzt.
 v Verlegung von Messstationen innerhalb der Ortschaften
 ** Die Messstationen (RFÜ-System) wurden alle am 30.06.2021 außer Betrieb genommen

Tabelle T II.31 Deposition mit dem Niederschlag bezogen auf Co-60

Probenentnahmestelle	N	Aktivität in Bq/m ² oder in Bq/l						
		2017	2018	2018	2019	2020	2021	2022
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)
BER Berlin	1	<0,52		<0,52	<0,45		<0,55	<0,43
KKB Brunsbüttel	2	<0,92		<0,50	<0,43	<0,72	<0,65	<0,6
KBR Brokdorf	2	<0,62		<0,44	<0,47	<0,54	<0,6	<0,5
KKK Krümmel	4	<0,99		<0,45	<0,57	<0,73	<0,75	<0,8
GKSS Geesthacht	2	<2,0		<0,84	<1,3	<1,1	<1,4	
KKS Stade	1	*		*	*	*	*	*
KKU Unterweser	2	<0,37				<0,39	<0,52	<0,46
KWG Grohnde	2	<3,1			-	<1,1	<2,2	<1,6
KKE Emsland	2	<0,71			-	<0,81	<0,68	<0,66
KWW Würgassen	2			*	*	*	*	*
FZ Jülich	1			<0,05	<0,05			
THTR Hamm-Uentrop	*	*		*	*	*	*	*
KWB Biblis	2	<1,0		<0,69	<0,95	<0,71	<0,46	<0,41
KKP Philippsburg	4	<1,4		<0,94	<1,3	<1,2	<1,4	<1,1
KWO Obrigheim	2	<5,0		<3,7	<3,1	<1,9	<2,3	<2,4
GKN Neckarwestheim	2	<1,8		<1,2	<1,6	<1,2	<1,4	<1,1
FZ Karlsruhe	3	<1,2		<1,3	<1,2	<1,3	<1,3	<1,1
KKI Isar	3	<2,3		<2,1	<1,9	<2,3	<2,8	<2,0
KKG Grafenrheinfeld	2	<0,5		<0,56	<0,58	<0,48	<0,33	<0,28
KGG Gundremmingen B	2	<1,2		<1,4	<1,5	<1,5	<1,8	<1,3
KGR Greifswald	2	<2,6		<1,4			<1,9	

Probenentnahmestelle	N	Aktivität in Bq/m ² oder in Bq/l						
		2017	2018	2018	2019	2020	2021	2022
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)
VKTA Rossendorf	2	<0,99		<0,70	<0,82	<0,91	<0,9	
KKR Rheinsberg	2	<0,16				<0,16	<0,16	<0,14
KMK Mülheim-Kärlich	2	<0,77		<0,52	<0,60	<0,58	<0,7	<0,35
* Messungen eingestellt- keine MesswerteN Zahl der Messstationen								

Tabelle T II.32 **Übersicht über die für 2022 insgesamt ausgewerteten Messwerte von Wasser-, Schwebstoff- und Sedi-
mentmessungen nach StrlSchG und REI mit den jeweiligen maximalen gemessenen Werten und den zuge-
hörigen Gewässern und Bezugszeiten**

Kompartiment	Anzahl der Messungen	maximaler Einzelmesswert	Gewässer	Entnahmeort bzw. KT-Anlage	Datum/ Zeitraum	Überwachungsprogramm
Nuklid						
Oberflächenwasser (Bq/l)						
Gα	168	0,203	Rhein	Koblenz, km 590,3	April	StrlSchG
Gβ	134	4,9	Salzbach	ERAM Morsleben	Februar	REI
H-3	1715	4250	Ems	KKE Emsland, Auslaufbau- werk	1. Quartal	REI
Co-60	1493	0,00345	Donau	KRB Gundremmingen, Aus- laufbauwerk	3. Quartal	REI
Sr-90	225	0,0160	Chiemsee	Seeon-Seebruck	3. Quartal	StrlSchG
I-131	531	0,00939	Ems	KKE Emsland, Leschede	14.12.	REI
Cs-137	1459	0,0336	Arendsee	Arendsee	03.05.	StrlSchG
Pu-(239+240)	110	0,00000504	Elbe	Hamburg, km 609,8 Bunthaus	August	StrlSchG
Schwebstoff (Bq/kg TM)						
Co-58	73	1,23	Mosel	Perl, km 241,9	Mai	StrlSchG
Co-60	526	4,05	Mosel	Palzem, km 229,9	November	StrlSchG
I-131	285	19,7	Prims	Nalbach, km 8,3	20.10.	StrlSchG
Cs-137	526	274	Steinhuder Meer	Wunstorf	3. Quartal	StrlSchG
Lu-177	7	34,3	Rhein	Weil, km 170,3	Juni	StrlSchG
Sediment (Bq/kg TM)						
Gα	6	5740	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	4. Quartal	REI
Gβ	4	1820	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	4. Quartal	REI
Co-60	1015	3,35	Donau	KRB Gundremmingen	4. Quartal	REI
Sr-90	11	5,56	Mosel	KKW Cattenom	02.02.	REI
I-131	581	57,0	Donau	KRB Gundremmingen	2. Quartal	REI
Cs-137	1015	255	Mosel	Koblenz, km 4,05	31.8.	StrlSchG
Pu-(239+240)	2	-	-	-	-	-
Am-241	26	3,33	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	03.11.	REI

Tabelle T II.33 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Fließgewässern nach StrlSchG

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
RHEIN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 170,3	12	0	0,92	5,46	2,07	1,81
		Koblenz, km 590,3	12	0	1,06	3,27	2,03	2,22
		Wesel, km 814,0	8	0	1,72	3,34	2,47	3,22
	Sr-90	Weil, km 170,3	4	0	0,0036	0,0070	0,0053	0,0059
		Koblenz, km 590,3	3	0	0,0040	0,0049	0,0045	<0,0086
		Wesel, km 814,0	1	0	0,0052	0,0052	0,0052	0,0044
	Cs-137	Weil, km 170,3	12	12	<0,00119	<0,00176	nn	<0,00108
		Koblenz, km 590,3	12	11	<0,00102	<0,00190	<0,00149	<0,00128
		Wesel, km 814,0	8	7	<0,00130	<0,00188	<0,00160	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 170,3	12	8	0,16	1,15	<0,54	0,33
		Koblenz, km 590,3	12	12	<0,39	<1,10	nn	<0,64
		Wesel, km 814,0	8	8	<0,40	<1,15	nn	nn
	Cs-137	Weil, km 170,3	12	0	4,77	8,54	6,91	5,34
		Koblenz, km 590,3	12	0	5,81	7,88	6,79	6,78
		Wesel, km 814,0	8	0	5,11	9,27	7,16	10,94
	I-131	Weil, km 170,3	12	0	1,49	18,4	6,66	6,72
		Koblenz, km 590,3	12	3	1,88	7,79	4,95	5,05
		Wesel, km 814,0	6	4	9,17	<47,8	<21,0	nn
	Lu-177	Weil, km 170,3	12	8	9,86	<59,6	<29,4	<26,6
	Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 170,3	4	4	<0,19	<0,41	nn
Worms, km 444,50-446,60			12	12	<0,15	<0,30	nn	nn
Koblenz, km 591,3			4	4	<0,34	<0,51	nn	nn
Cs-137		Düsseldorf, km 740,3-748,9	6	6	<0,26	<0,56	nn	nn
		Weil, km 170,3	4	0	3,02	5,52	4,43	3,18
		Worms, km 444,50-446,60	12	0	0,14	1,27	0,55	2,70
		Koblenz, km 591,3	4	0	3,44	7,67	5,46	5,11
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	6	0	1,00	9,52	5,51	4,71
NECKAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,6	11	0	2,88	25,7	7,08	10,4
		Rockenau, km 61,4	11	0	2,11	10,7	5,28	9,1
	Sr-90	Lauffen, km 125,6	2	0	0,0024	0,0055	0,0039	<0,0066
		Rockenau, km 61,4	4	0	0,0045	0,0083	0,0061	0,0068
	Cs-137	Lauffen, km 125,6	11	10	<0,00088	0,00293	<0,00152	nn
Rockenau, km 61,4		11	8	<0,00069	0,00348	<0,00151	<0,00119	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Rockenau, km 61,4	4	4	<0,45	<1,10	nn	nn
	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4	0	5,08	7,49	6,13	6,43
		Rockenau, km 61,4	4	0	4,76	10,10	6,30	5,95
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Guttenbach, km 72,0-73,6	-	-	-	-	-	nn
	Cs-137	Lauffen, km 125,2-126,5	6	0	4,13	6,69	5,72	5,78
		Neckarzimmern, km 85,8-86,2	6	0	3,07	7,16	5,04	5,10
		Guttenbach, km 72,0-73,6	-	-	-	-	-	7,06
MAIN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,2	7	0	0,55	0,80	0,70	0,92
		Eddersheim, km 15,6	12	0	0,38	1,27	0,84	0,86
	Sr-90	Wipfeld, km 316,2	1	0	0,0037	0,0037	0,0037	0,0051
		Eddersheim, km 15,6	3	0	0,0032	0,0054	0,0046	0,0075
	Cs-137	Wipfeld, km 316,2	8	6	0,00094	<0,00426	<0,00215	<0,00103
		Eddersheim, km 15,6	12	1	0,00183	0,00741	0,00377	0,00128
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 323,7	4	4	<0,52	<0,85	nn	nn
	Cs-137	Hallstadt, km 388,3	4	0	8,69	13,2	11,2	12,0
		Garstadt, km 323,7	4	0	9,46	11,2	10,3	11,4

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2022	2021
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 316,2-324,8	5	5	<0,29	<0,65	nn	nn
	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	0	3,13	7,17	5,72	5,30
		Garstadt, km 316,2-324,8	5	0	3,34	14,8	9,87	9,92
MOSEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	11	0	8,78	42,3	23,8	32,4
		Koblenz, km 2,0	12	0	5,91	19,1	11,8	14,3
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	2	0	0,0039	0,0057	0,0048	0,0098
		Koblenz, km 2,0	4	0	0,0038	0,0073	0,0054	0,0081
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	12	10	<0,00104	0,00224	<0,00158	<0,00121
		Koblenz, km 2,0	12	10	<0,00106	<0,00187	<0,00147	<0,00116
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,9	12	3	0,26	<1,64	0,81	1,20
	Co-60	Perl, km 241,9	12	7	0,39	2,56	<1,08	0,97
		Koblenz, km 2,0	11	11	<0,34	<1,60	nn	nn
	Cs-137	Perl, km 241,9	12	0	3,24	9,06	5,89	6,67
		Koblenz, km 2,0	11	0	5,01	11,8	6,85	6,72
	I-131	Perl, km 241,9	12	4	2,64	13,0	6,29	8,91
		Koblenz, km 2,0	11	7	1,47	<8,81	<4,36	3,68
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Perl, km 238,6-242,0	6	3	0,33	0,59	0,48	0,70
		Trier, km 184,1-196,1	7	7	<0,20	<0,91	nn	<0,69
		Koblenz/Güls km 4,05	4	4	<0,35	<0,78	nn	<0,65
		Perl, km 238,6-242,0	6	0	4,92	9,35	6,25	5,56
	Cs-137	Trier, km 184,1-196,1	7	0	4,10	12,2	8,30	10,8
		Koblenz/Güls, km 4,05	4	0	5,84	255	69,2	15,5
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schoden, km 7,7	10	0	0,49	0,73	0,66	0,94
	Sr-90		2	0	0,0038	0,0047	0,0043	0,0107
	Cs-137		10	9	<0,00090	<0,00185	<0,00146	<0,0121
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schoden, km 7,7	12	0	7,50	12,8	9,75	10,7
	I-131		12	3	1,38	13,4	7,07	10,2
DONAU								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<4,0	<4,3	nn	4,2
		Regensburg, km 2381,3	12	0	0,79	1,14	0,92	0,97
		Vilshofen, km 2249,4	12	0	1,05	5,38	2,64	2,40
	Sr-90	Regensburg, km 2381,3	1	0	0,0044	0,0044	0,0044	0,0075
		Vilshofen, km 2249,4	1	0	0,0077	0,0077	0,0077	0,0076
	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<0,00280	<0,00490	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	12	9	0,00082	<0,00162	<0,00129	<0,00105
		Vilshofen, km 2249,4	12	9	<0,00102	0,00157	<0,00138	<0,00132
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	0	44,5	60,5	52,5	43,7
		Regensburg, km 2381,3	4	0	28,0	30,0	28,9	30,5
		Vilshofen, km 2249,4	12	0	18,4	25,9	21,3	20,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	0	42,6	47,0	44,6	43,8
		Regensburg,	9	0	1,48	52,7	25,3	27,5
		km 2373,1-2381,4	4	0	31,1	33,3	32,4	34,0
		Straubing, km 2326,7	2	0	20,8	21,0	20,9	13,7
		Grünau, km 2205,5						
ISAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Pullach, km 162,0	4	4	<4,44	<4,45	nn	nn
		Plattling, km 9,1	4	1	3,08	<6,19	4,47	nn
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,00399	<0,00629	nn	nn
		Plattling, km 9,1	4	4	<0,00856	<0,01100	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	15,9	20,7	17,9	18,7
		Plattling, km 9,1	4	0	18,5	33,2	24,7	16,0
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	14,8	23,5	19,3	21,8
		Plattling, km 9,1	4	0	0,76	8,39	2,71	7,63

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
EMS								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,7	12	0	2,13	58,2	15,3	20,26
		Terborg, km 24,6	12	0	1,54	8,14	3,80	3,99
	Co-60	Terborg, km 24,6	12	12	<0,00080	<0,00228	nn	nn
		Sr-90	Geeste, km 106,7	3	0	0,0040	0,0070	0,0051
	Cs-137	Terborg, km 24,6	2	0	0,0043	0,0082	0,0063	0,0063
		Geeste, km 106,7	12	11	<0,00089	<0,00166	<0,00127	nn
		Terborg, km 24,6	12	12	0,00165	0,01108	0,00558	0,00551
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Terborg, km 24,64	4	4	<0,46	<0,83	nn	nn
	Cs-137	Geeste, km 106,7	4	0	7,04	11,1	9,50	10,4
		Terborg, km 24,64	4	0	3,56	5,84	4,97	6,81
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herbrum, km 212,75	-	-	-	-	-	-
	Cs-137	Herbrum, km 212,75	-	-	-	-	-	-
WESER / UNTERWESER / JADEBUSEN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Rinteln, km 163,2	11	0	0,56	7,82	3,04	6,14
		Langwedel, km 329,4	12	0	0,66	5,51	2,09	3,15
		Blexen, km 429,7	10	0	1,38	4,10	2,37	2,68
	Sr-90	Rinteln, km 163,2	4	0	0,0049	0,0085	0,0068	0,0100
		Langwedel, km 329,4	3	0	0,0027	0,0094	0,0053	0,0102
		Blexen, km 429,7	3	0	0,0042	0,0094	0,0064	0,0077
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	11	10	0,00117	<0,00469	<0,00178	nn
		Langwedel, km 329,4	12	10	<0,00090	<0,00174	<0,00125	<0,00106
		Blexen, km 429,7	10	0	0,00084	0,00282	0,00179	0,00180
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Wilhelmshaven/Jadebusen	3	3	<0,42	<0,62	nn	nn
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	4	0	5,74	7,95	6,55	12,2
		Langwedel, km 329,4	12	0	4,40	9,53	7,03	9,21
		Wilhelmshaven/Jadebusen	3	0	2,59	4,05	3,11	4,02
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Bremen (Insel), km 373,97	3	3	<0,27	<0,37	nn	nn
	Cs-137	Minden, km 204,40	1	0	0,93	0,93	0,93	1,44
		Bremen (Insel), km 373,97	3	0	4,09	5,45	4,89	6,62
ELBE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	10	0	2,33	16,2	8,07	4,33
		Tangermünde, km 389,1	12	0	1,31	12,9	5,02	2,67
		HH (Bunthaus), km 609,8	5	0	1,87	9,55	4,21	3,93 ^a
		Wedel, km 642,0	12	0	1,52	10,7	4,03	2,55
	Sr-90	Dresden, km 58,0	2	0	0,0049	0,0055	0,0052	0,0065
		Tangermünde, km 389,1	3	0	0,0029	0,0084	0,0048	0,0042
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	0,0022	0,0055	0,0040	0,0048 ^a
		Wedel, km 642,0	3	0	0,0028	0,0071	0,0053	0,0073
	Cs-137	Dresden, km 58,0	10	9	0,00065	<0,00226	<0,00143	<0,00125
		Tangermünde, km 389,1	12	10	<0,00098	<0,00260	<0,00163	<0,00135
		HH (Bunthaus), km 609,8	5	5	<0,00139	0,00437	nn	0,00141 ^a
		Wedel, km 642,0	12	2	0,00124	0,00638	0,00227	0,00323
	Pu-(239 +240)	HH (Bunthaus), km 609,8	4	1	<0,0000024	0,0000050	0,0000036	0,000026 ^a
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	10	0	11,7	16,4	14,5	13,6
		Geesthacht, km 586,0	4	0	5,09	17,7	10,8	17,4
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	5,00	10,4	6,90	3,45
		Wedel, km 642,0	4	0	2,43	5,94	3,96	4,31
	I-131	HH (Bunthaus), km 609,8	4	4	<1,11	<2,71	nn	<0,68
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	-	-	-	-	-	-
		Arneburg, km 403,5	4	0	2,40	11,1	6,63	7,93
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	10,8	16,0	12,6	15,1
		Cuxhaven, km 726,3	2	0	1,48	3,05	2,27	-

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität				
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte		
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021	
ODER									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 554,2	6	0	0,70	0,87	0,80	0,73	
		Hohenwutzen, km 661,6	10	0	0,53	0,97	0,78	0,78	
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 554,2	1	0	0,0104	0,0104	0,0104	0,0057	
		Hohenwutzen, km 661,6	2	0	0,0034	0,0056	0,0045	0,0037	
		Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 554,2	6	6	<0,00092	<0,00275	nn	nn
			Hohenwutzen, km 661,6	9	8	<0,00071	<0,00186	<0,00136	<0,00128
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 554,2	2	0	9,00	13,4	11,2	7,46	
		Hohenwutzen, km 661,6 ^a	4	0	8,18	11,3	10,1	8,85	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 554,2	-	-	-	-	-	-	
		Hohensaaten, km 667,5	2	0	10,7	12,0	11,3	11,0	
SPREE									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,6	4	4	<1,02	<1,39	nn	nn	
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	11	0	0,55	0,92	0,66	0,59	
	Sr-90	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	1	0	0,0071	0,0071	0,0071	<0,0118	
		Berlin-Sophienwerder, km 0,6	4	4	<0,00304	<0,00588	nn	nn	
	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	11	11	<0,00106	<0,00168	nn	<0,00109	
Schwebstoff (Bq/kgTM)	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	6	0	18,1	32,3	21,9	17,3	
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	1,96	5,18	3,28	2,42	
	I-131	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	6	2	6,67	<24,2	13,9	<49,6	
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	3	1,01	<5,87	<2,63	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Fürstenwalde, km 74,7	2	0	1,91	3,09	2,5	5,03	
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	13,1	14,5	13,9	18,2	
HAVEL									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	12	0	0,54	0,84	0,71	0,75	
	Sr-90		3	0	0,0071	0,0091	0,0079	0,0059	
	Cs-137		12	8	0,00068	<0,00174	<0,00124	<0,00111	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	4	0	23,6	26,8	25,2	29,1	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	5	0	11,8	18,4	15,1	18,6	
SAALE									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Halle/Planena, km 104,5	12	0	0,62	0,88	0,74	0,69	
		Camburg, km 187,0	4	4	<2,57	<3,98	nn	nn	
	Sr-90	Halle/Planena, km 104,5	2	0	0,0026	0,0054	0,0040	<0,0059	
		Camburg, km 187,0	4	4	<0,0051	<0,0089	nn	<0,0048	
	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	12	12	<0,00092	<0,00233	nn	<0,00104	
		Camburg, km 187,0	4	4	<0,04090	<0,04740	nn	nn	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	4	0	9,19	10,6	9,98	11,6	
		Camburg, km 187,0	4	0	12,4	32,2	20,7	20,5	
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	4	0	7,39	12,5	10,4	14,3	
		Dorndorf-Steudnitz, km 192,0	4	0	10,9	12,4	11,7	12,1	
PEENE									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Anklam, km 89,8	11	0	0,56	1,09	0,68	0,73	
	Sr-90		1	0	0,0055	0,0055	0,0055	0,0120	
	Cs-137		11	6	0,00074	0,00329	<0,00173	<0,00123	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 89,8	4	0	24,2	28,3	26,1	28,4	

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 89,8	5	0	26,1	29,7	27,7	30,9
TRAVE / UNTERTRAVE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	11	0	0,75	1,07	0,90	0,85
	Sr-90		4	0	0,0049	0,0085	0,0068	0,0100
	Cs-137		12	0	0,00138	0,00796	0,0049	0,00549
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	4	0	29,8	57,0	41,6	28,0
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung	10	0	0,73	1,10	0,94	0,91
	Sr-90	Nord-Ostsee-Kanal	3	0	0,0074	0,0102	0,0085	0,0185
	Cs-137		9	0	0,00104	0,01157	0,00506	0,00644
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	18,8	30,5	25,4	19,0
^a Werte für 2021 stammen von der Station Hamburg Seemannshöft (Elbe, km 628,80). - keine Messwerte verfügbar								

Tabelle T II.34 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Seen und Talsperren nach StrlSchG

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
BADEN-WÜRTTEMBERG / BAYERN / Bodensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Langenargen	8	6	2,50	<4,30	<3,81	<3,93
		Nonnenhorn	4	4	<4,44	<4,45	nn	nn
	Cs-137	Langenargen	8	8	<0,0028	<0,0046	nn	nn
		Nonnenhorn	4	4	<0,0042	<0,0070	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	0	3,62	6,89	5,30	5,11
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	0	6,98	8,00	7,50	6,66
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seeon-Seebruck	4	4	<4,44	<4,45	nn	nn
	Sr-90		4	1	0,0037	0,0160	0,0091	0,0088
	Cs-137		4	4	<0,0039	<0,0109	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4	0	18,9	27,9	23,1	22,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	4	0	8,3	18,0	12,5	18,9
Starnberger See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	4	3	2,27	<4,45	<3,90	nn
	Sr-90		3	0	0,0080	0,0144	0,0103	0,0070
	Cs-137		4	4	<0,0047	<0,0117	nn	nn
Sediment (Bq/l)	Cs-137	Starnberg	4	0	90,0	114,6	99,5	103,0
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle 41035	4	4	<1,02	<1,40	nn	<1,31
	Sr-90		4	0	0,0023	0,0042	0,0037	0,0033
	Cs-137		4	3	0,0022	<0,0056	<0,0037	<0,0025
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	2	0,61	7,71	3,47	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	0	21,5	25,2	23,5	23,6

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
Stößensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	4	<1,02	<1,40	nn	<1,18
	Sr-90		4	0	0,0024	0,0047	0,0035	0,0031
	Cs-137		4	4	<0,0028	<0,0047	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	2	<1,48	4,43	2,70	2,71
	I-131		4	0	0,87	3,58	1,69	<2,48
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	21,5	28,8	25,3	29,8
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	2	2	<5,54	<5,57	nn	nn
	Sr-90		1	0	0,0085	0,0085	0,0085	0,0083
	Cs-137		2	2	<0,0069	<0,0084	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Neuglobsow	2	0	11,0	11,2	11,1	12,2
Neuendorfer See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	3	3	<5,72	<5,89	nn	nn
	Sr-90		1	0	0,0033	0,0033	0,0033	0,0034
	Cs-137		3	3	<0,0112	<0,0224	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	1	0	4,23	4,23	4,23	9,47
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	3	0	0,54	0,58	0,56	0,58
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Erbach	4	4	<5,51	<5,80	nn	nn
	Sr-90		2	0	0,0050	0,0080	0,0065	0,0077
	Cs-137		4	4	<0,0129	<0,0229	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	16,0	19,9	17,9	21,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	4	0	0,93	2,52	1,69	2,11
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	4	<5,27	<5,64	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0092	<0,0189	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	3	1	3,12	12,1	6,41	7,48
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	1	<1,46	5,12	3,32	5,56
Schweriner See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<5,15	<5,58	nn	nn
	Sr-90		1	1	<0,0067	<0,0067	nn	<0,00504
	Cs-137		4	4	<0,0097	<0,0127	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	3	0	10,7	31,4	21,9	27,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	2,68	25,5	13,0	26,6
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	1	1,20	<1,75	1,47	<2,08
	Sr-90		4	0	0,00012	0,0018	0,0015	0,0015
	Cs-137		4	4	<0,0009	<0,0011	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	3	0	20,8	37,2	27,9	27,5
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	28,7	40,6	34,0	31,8

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
Steinhuder Meer								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	3	<1,76	2,23	<2,00	<1,87
	Cs-137		4	0	0,0016	0,0055	0,0040	0,0046
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	168	274	206	198
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	178	186	182	63,0
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	4	<5,80	<9,13	nn	nn
	Sr-90		1	0	0,0045	0,0045	0,0045	nn
	Cs-137		4	4	<0,0051	<0,0081	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<7,90	<8,40	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0003	<0,0010	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	0	5,15	6,44	5,59	5,51
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	4	<3,3	<4,6	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,0130	0,0180	0,0153	0,0190
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Maria Laach	4	0	24	38	32	42
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	4	<6,8	<7,1	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0069	<0,0083	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	10,8	16,2	13,1	<19,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	4	0	26,9	30,1	28,0	27,5
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<4,71	<5,04	nn	nn
	Cs-137		4	1	<0,0100	0,0336	0,0210	0,0287
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Arendsee	4	0	9,7	24,0	19,8	24,5
Schollener See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schollene	-	-	-	-	-	-
	Cs-137		-	-	-	-	-	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schollene	-	-	-	-	-	172
SCHLESWIG-HOLSTEIN / Schaalsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<4,86	<10	nn	nn
	Sr-90		4	3	0,0050	<0,0100	<0,0088	nn
	Cs-137		4	4	<0,0120	<0,0210	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seedorf	4	0	59,7	96,0	73,8	81,3
Wittensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Groß Wittensee	4	4	<4,68	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0100	<0,0190	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Groß Wittensee	4	0	37,3	96,5	67,2	119
THÜRINGEN / Talsperre Ohra								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Luisenthal	4	2	2,45	<3,96	2,88	nn
	Cs-137		4	4	<0,0425	<0,0477	nn	nn

Tabelle T II.35

Überwachung der Gewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen gemäß der REI

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
RHEIN / KKW Beznau und KKW Leibstadt (Schweiz)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Aare-Einmündung	4	0	<4,0	<4,3	nn	<3,9
		vor KKW Leibstadt	4	3	<4,0	9,2	<5,4	4,4
		nach KKW Leibstadt	4	3	<4,0	5,7	<4,5	3,6
	Co-60	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0025	<0,0055	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,0045	<0,0068	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,0044	<0,0054	nn	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0020	<0,0060	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,0044	<0,0068	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,0038	<0,0051	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Aare-Einmündung	2	2	<0,29	<0,38	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	1	1	<0,51	<0,51	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	2	2	<0,29	<0,44	nn	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	2	0	2,78	2,79	2,79	2,36
		vor KKW Leibstadt	1	0	5,24	5,24	5,24	2,73
		nach KKW Leibstadt	2	0	1,98	2,58	2,28	2,05
RHEIN / KKW Fessenheim (Frankreich) (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Weil	13	3	2,30	6,30	4,05	3,58
		Neuf Brisach	13	3	2,50	6,70	3,91	3,88
	Co-60	Weil	13	13	<0,0062	<0,0148	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0059	<0,0128	nn	nn
	Cs-137	Weil	13	13	<0,0062	<0,0137	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0058	<0,0133	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	2	<0,19	<0,22	nn	nn
		Breisach, km 232,0	2	2	<0,21	<0,22	nn	nn
	Cs-137	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	0	0,47	0,64	0,55	0,69
		Breisach, km 232,0	2	0	2,46	2,91	2,68	2,12
RHEIN / HIRSCHKANAL / KIT Karlsruhe								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Hirschkanal	51	0	0,015	0,052	0,033	0,032
	Gβ		51	0	0,070	0,275	0,151	0,146
	H-3		63	32	1,17	<4,70	<2,43	<2,59
	Co-60		4	4	<0,0034	<0,0078	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0034	<0,0082	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Gα	Hirschkanal	4	0	496	574	528	486
	Gβ		4	0	1378	1820	1568	1390
	Co-60		8	8	<0,29	<2,56	nn	nn
	Cs-137		8	0	22,5	45,6	36,8	41,0
	Am-241		8	3	1,33	<12,2	5,05	6,45

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität				
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte		
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021	
RHEIN / KKP Philippsburg (stillgelegt)									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	6	2,40	<5,70	4,06	3,49	
		Auslaufbauwerke	16	9	3,05	<5,70	<4,28	3,81	
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0042	<0,030	nn	nn	
		Auslaufbauwerke	8	8	<0,0037	<0,031	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0042	<0,033	nn	nn	
		Auslaufbauwerke	8	8	<0,0031	<0,034	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	2	0,44	2,04	1,29	nn	
		Auslaufbauwerk	4	3	0,33	<0,80	<0,61	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	7,93	11,1	9,55	10,3	
		Auslaufbauwerk	4	0	6,46	7,42	7,14	8,50	
RHEIN / KWB Biblis ¹ (stillgelegt) und BE-Zwischenlager									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	2	1	3,03	<4,70	3,87	<4,46	
		Auslaufbauwerke A u. B	4	3	2,92	<4,28	<3,90	<5,11	
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,025	<0,032	nn	nn	
		Auslaufbauwerke A u. B	4	4	<0,021	<0,032	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,025	<0,032	nn	nn	
		Auslaufbauwerke A u. B	4	4	<0,017	<0,027	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	nn	
		nach Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	4,9	
		nach Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	9,9	
RHEIN / KMK Mülheim-Kärlich (stillgelegt)									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	4	4	<6,0	<9,0	nn	nn	
		Auslaufbauwerk	4	1	2,8	4,8	3,7	2,9	
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,016	<0,053	nn	nn	
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,011	<0,021	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,011	<0,046	nn	nn	
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,010	<0,018	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,34	<0,36	nn	nn	
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,35	<0,54	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	5,4	6,0	5,7	9,4	
		nach Auslaufbauwerk	2	0	4,4	8,9	6,7	7,7	
NECKAR / GKN Neckarwestheim (außer Betrieb)									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	4	2,3	4,7	3,7	3,8	
		Auslaufbauwerk	20	3	2,4	11,0	5,6	10,7	
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0048	<0,027	nn	nn	
		Auslaufbauwerk	20	20	<0,0048	<0,030	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0044	<0,026	nn	nn	
		Auslaufbauwerk	20	20	<0,0046	<0,030	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,28	<0,31	nn	nn	
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,34	<0,39	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	1,14	2,20	1,67	1,21	
		nach Auslaufbauwerk	2	0	5,24	5,72	5,48	5,34	
NECKAR / KKO Obrigheim ² (stillgelegt)									
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Guttenbach	4	0	3,65	10,1	6,19	9,93	
	Co-60		4	4	<0,0033	<0,006	nn	nn	
	Cs-137		4	4	<0,0029	<0,005	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	-	
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,33	<0,36	nn	nn	
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	-	
nach Auslaufbauwerk		2	0	4,00	6,18	5,09	5,62		

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
MAIN / KKG Grafenrheinfeld (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<5,2	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	6	<5,3	82,0	<25,5	36,7
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,027	<0,044	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,027	<0,040	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,030	<0,041	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,030	<0,040	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,2	<1,4	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<1,2	<1,4	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	13,3	15,0	14,3	13,6
		nach Auslaufbauwerk	4	0	12,0	17,0	14,0	15,0
MOSEL / KKW Cattenom (Frankreich)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Palzem, km 230	12	0	11	49	25	36
	Co-60		12	12	<0,010	<0,022	nn	nn
	Cs-137		12	12	<0,010	<0,021	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-58	Palzem, km 230	2	2	<0,43	<0,46	nn	0,51
	Co-60		2	2	<0,36	<0,50	nn	1,78
	Sr-90		2	0	0,44	1,30	0,87	0,57
	Cs-137		2	0	5,90	13,0	9,45	9,95
DONAU / KRB Gundremmingen (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<5,13	<6,10	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	0	14,7	60,4	37,8	46,7
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0024	<0,032	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	6	<0,0025	<0,032	<0,016	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0024	<0,041	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	6	0,0017	<0,043	<0,018	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,18	<0,35	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	0	0,37	3,35	1,68	0,28
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	34,3	58,6	44,6	45,9
		nach Auslaufbauwerk	4	0	18,8	36,4	27,8	16,1
ISAR / KKI Isar 1 und 2 (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<5,14	<7,00	nn	nn
		Auslaufbauwerke	8	0	220	322	280	251
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0024	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerke	8	8	<0,0024	<0,049	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0024	<0,0031	nn	nn
		Auslaufbauwerke	6	6	<0,0024	<0,0037	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,19	<0,36	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,12	<0,29	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	20,3	35,4	26,3	21,5
		nach Auslaufbauwerk	4	0	14,9	28,4	20,1	15,1
ISAR / FRM II Forschungsneutronenquelle HML München								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	nach FRM II, km 130,3	7	2	2,43	30,9	14,4	62,9
	C-14		7	7	<0,05	<4,94	nn	nn
	Co-60		7	7	<0,0040	<0,0374	nn	nn
	Cs-137		7	7	<0,0041	<0,0439	nn	nn
	U-235		2	2	<0,0018	<0,0019	nn	0,0012
	Pu-238		2	2	<0,0013	<0,0015	nn	nn
	Am-241		2	2	<0,0016	<0,0038	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	nach FRM II, km 124,6	4	4	<0,07	<0,19	nn	nn
	Cs-137		4	0	5,89	15,4	10,8	7,81
	U-235		1	0	1,08	1,08	1,08	1,30
	Pu-(239+240)		1	1	<0,48	<0,48	nn	0,057
	Am-241		1	1	<0,42	<0,42	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
EMS / KKE Emsland								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	7	1,22	<7,08	<4,05	<4,58
		Auslaufbauwerk	8	0	93	4251	1411	2146
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0083	<2,79	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0058	<0,035	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0075	<0,012	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,0047	<0,013	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	4	<0,72	<1,06	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	4	<0,94	<1,03	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	0	12,0	15,6	13,5	8,88
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	0	15,5	19,1	17,6	19,2
WESER / KWG Grohnde (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<1,73	<4,69	nn	<3,07
		Auslaufbauwerk	8	2	<2,43	216	69,4	78,2
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0055	<0,048	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0057	<0,091	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0045	<0,047	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0045	<0,046	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Grohnde, km 122	4	4	<0,24	<0,77	nn	nn
		Hess. Oldendorf, km 147	4	4	<0,43	<1,08	nn	nn
	Cs-137	Grohnde, km 122	4	0	3,91	7,53	6,14	6,88
		Hess. Oldendorf, km 147	4	0	3,87	6,87	5,47	4,42
UNTERWESER / KKK Unterweser (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	5	1,44	<5,09	<3,58	<4,17
		Auslaufbauwerk	8	4	1,42	<5,09	3,55	<3,97
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0082	<0,012	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0080	<0,015	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0068	<0,0098	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,0068	<0,0127	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	4	<0,54	<0,77	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	4	<0,16	<0,44	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	0	3,92	5,64	4,60	3,64
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	0	1,42	2,74	1,93	2,93
RUR / Forschungszentrum Jülich								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Selhausen	4	4	<7,4	<10	nn	nn
		Jülich-Süd	4	4	<7,4	<10	nn	<8,8
	Co-60	Selhausen	4	4	<0,0039	<0,050	nn	nn
		Jülich-Süd	4	4	<0,0040	<0,050	nn	nn
	Gα	Selhausen	2	2	<0,05	<0,05	nn	nn
		Jülich-Süd	2	2	<0,05	<0,05	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Selhausen	1	1	<2,2	<2,2	nn	nn
		Jülich-Süd	1	1	<2,4	<2,4	nn	nn
	Cs-137	Selhausen	1	0	7,20	7,20	7,20	7,85
		Jülich-Süd	1	0	11,0	11,0	11,0	8,75
GOORBACH / Urananreicherungsanlage Gronau								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Hauptentwässerungsleitungen	6	1	<0,082	0,702	0,370	0,322
		Retentionsanlage	3	1	<0,092	0,692	0,327	0,424
		Goorbach, unterhalb der Straßen- kreuzung	2	2	<0,2	<0,2	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Ra-226	Dinkel, nach Kläranlage Gronau	1	0	64	64	64	80
	Ra-228		1	0	45	45	45	43

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
AHAUSER AA / BGZ Ahaus								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Ahauser Aa	2	2	<0,07	<0,07	nn	nn
	Rβ		2	2	<0,11	<0,11	nn	nn
	H-3		2	2	<8,1	<8,3	nn	nn
	Co-60		2	2	<0,0048	<0,0051	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Einleitung Moorbach	2	2	<2,8	<3,7	nn	nn
		Ahauser Aa	2	2	<2,5	<2,8	nn	nn
	Cs-137	Einleitung Moorbach	2	0	14	14	14	10,5
		Ahauser Aa	2	0	13	16	14,5	13,7
		Retentionsbecken	2	0	4,9	6,7	5,8	5,3
	Ra-226	Retentionsbecken	2	0	16	23	19,5	18
	I-131	Ahauser Aa	-	-	-	-	-	33
ELBE / Forschungszentrum Geesthacht								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	5	<5,98	<10	<7,98	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	6	<4,99	<10	<7,89	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,012	<0,031	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,011	<0,037	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,011	<0,035	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,013	<0,035	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	4	4	<0,74	<0,81	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	4	4	<0,75	<0,95	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	4	3	<0,62	0,90	<0,77	<1,07
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	4	4	<0,74	<0,88	nn	<0,76
ELBE / KKK Krümmel (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	12	<5,91	11,0	<7,24	<6,68
		Auslaufbauwerk	16	10	5,90	10,0	<6,86	<6,96
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0160	<0,034	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0150	<0,033	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0160	<0,037	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0150	<0,034	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,140	<0,68	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,210	<0,74	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	2	0,37	1,00	0,64	0,46
		Auslaufbauwerk	8	4	0,42	<0,87	0,61	0,58
ELBE / KBR Brokdorf (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	11	<2,99	<9,19	<4,71	<5,31
		Auslaufbauwerk	16	4	<2,99	46,2	13,1	25,6
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0049	<0,037	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,0058	<0,033	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0050	<0,041	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,0056	<0,038	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,68	<0,91	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,66	<1,09	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	2	0,60	<0,94	0,78	0,70
		nach Auslaufbauwerk	4	3	<0,69	1,04	<0,81	0,53
ELBE / KKS Stade (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 628,8	16	0	1,14	8,90	4,13	3,58
		nach Auslaufbauwerk, km 660,6	4	1	1,17	6,50	3,84	2,68
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 628,8	16	16	<0,0011	<0,0141	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 660,6	4	4	<0,0009	<0,0019	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 628,8	16	13	0,0012	<0,0122	<0,0036	<0,0030
		nach Auslaufbauwerk, km 660,6	4	3	<0,0009	<0,0017	<0,0014	0,0017

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	3	3	<0,35	<0,56	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,89	<1,25	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	3	0	2,89	3,38	3,17	3,04
		nach Auslaufbauwerk	4	1	<0,93	4,44	2,90	2,20
ELBE / KKB Brunsbüttel (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	24	22	<4,08	<9,19	<5,75	<5,67
		Auslaufbauwerk	24	23	3,23	<9,16	<5,45	<5,75
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0087	<0,041	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0063	<0,035	nn	nn
	Sr-90	vor Auslaufbauwerk	12	1	0,0019	<0,0042	0,0027	0,0030
		Auslaufbauwerk	12	1	0,0018	<0,0048	0,0031	0,0033
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	22	0,0079	<0,045	<0,023	nn
		Auslaufbauwerk	24	22	0,0065	<0,047	<0,022	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,00	<1,26	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,57	<1,00	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	1,57	2,49	2,09	1,47
		nach Auslaufbauwerk	4	0	0,65	2,32	1,11	1,21
ELBE / SEEGE / DANNENBERGER LANDGRABEN / BGZ Gorleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Elbe km 494,0, Gorleben	2	2	<0,12	<0,12	nn	0,10
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,12	<0,12	nn	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,12	<0,15	nn	nn
	H-3	Elbe km 494,0, Gorleben	2	0	2,69	6,52	4,60	2,47
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<1,72	<1,75	nn	3,00
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	1	1,35	<1,75	1,55	1,27
	Sr-90	Elbe km 494,0, Gorleben	1	0	0,00391	0,00391	0,00391	0,00507
		Seege km 16, Meetschow	1	0	0,00104	0,00104	0,00104	0,00218
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	1	0	0,00220	0,00220	0,00220	0,00349
	Co-60	Elbe km 494,0, Gorleben	2	2	<0,0038	<0,0058	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,0018	<0,0043	nn	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,0039	<0,0061	nn	nn
	Cs-137	Elbe km 494,0, Gorleben	2	2	<0,0035	<0,0049	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	1	0,0020	<0,0042	0,0031	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,0032	<0,0055	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Gα	Elbe km 494,0, Gorleben	2	0	61	241	151	285
		Seege km 16, Meetschow	-	-	-	-	-	5244
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	-	-	-	-	-	259
	Co-60	Elbe km 494,0, Gorleben	2	2	<0,14	<0,26	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,63	<0,83	nn	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,17	<0,24	nn	nn
	Cs-137	Elbe km 494,0, Gorleben	2	0	0,43	1,26	0,84	5,86
		Seege km 16, Meetschow	2	0	44,8	46,5	45,7	53,7
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	0	1,65	2,02	1,84	1,94
ELBE / KALTER BACH / WESENITZ / Forschungsstandort Rossendorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kalter Bach	8	8	<6,0	<6,0	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<7,1	<7,1	nn	nn
	Co-60	Kalter Bach	8	8	<0,0070	<0,0070	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<0,0061	<0,0061	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	8	8	<0,0070	<0,0070	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<0,0061	<0,0061	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Kalter Bach	4	4	<0,30	<0,83	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<0,50	<0,77	nn	nn
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	2	<0,33	<0,42	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	4	0	4,80	25,2	12,2	3,03
		Wesenitz	2	0	2,80	3,10	2,95	2,40
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	0	0,70	0,79	0,75	1,12

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2022		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2022		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2022	2021
ALLER / Endlager Morsleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Salzbach	4	4	<6,0	<7,0	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<6,0	<6,0	nn	nn
	Co-60	vor Salzbach	4	4	<0,008	<0,010	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<0,009	<0,010	nn	nn
	Cs-137	vor Salzbach	4	4	<0,006	<0,010	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<0,007	<0,010	nn	nn
	Gß	vor Salzbach	12	0	0,27	0,56	0,42	0,46
		nach Salzbach	12	0	3,4	4,9	4,04	4,04
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Belsdorf	1	1	<0,14	<0,14	nn	nn
		Schwanefeld	1	1	<0,30	<0,30	nn	nn
	Cs-137	Belsdorf	1	0	0,77	0,77	0,77	2,1
		Schwanefeld	1	0	2,2	2,2	2,2	2,1
diverse Vorfluter / Schachtanlage Asse II								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Co-60	Vorfluter b. Espenberg	4	4	<0,037	<0,057	nn	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,033	<0,075	nn	nn
	Cs-137	Vorfluter b. Espenberg	4	4	<0,032	<0,054	nn	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,029	<0,063	nn	nn
	Pb-210	Vorfluter b. Espenberg	4	4	<0,57	<0,96	nn	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,56	<0,98	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Altenau, Bansleben	1	1	<0,236	<0,236	nn	nn
		Altenau, Groß Denkte	1	1	<0,397	<0,397	nn	nn
	Cs-137	Altenau, Bansleben	1	0	1,37	1,37	1,37	1,33
		Altenau, Groß Denkte	1	0	3,61	3,61	3,61	4,18
	Pb-210	Altenau, Bansleben	1	0	20,0	20,0	20,0	16,3
		Altenau, Groß Denkte	1	0	59,0	59,0	59,0	68,0
HAVEL / KKR Rheinsberg (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	50 m vor Auslauf	4	4	<5,29	<5,60	nn	<5,27
		50 m nach Auslauf	4	4	<5,30	<5,60	nn	<5,12
	Co-60	50 m vor Auslauf	4	4	<0,0016	<0,004	nn	nn
		50 m nach Auslauf	4	4	<0,0015	<0,009	nn	nn
	Cs-137	50 m vor Auslauf	4	4	<0,0019	<0,004	nn	nn
		50 m nach Auslauf	4	4	<0,0029	<0,009	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	50 m vor Auslauf	2	2	<0,065	<0,087	nn	nn
		50 m nach Auslauf	2	2	<0,070	<0,126	nn	nn
	Cs-137	50 m vor Auslauf	2	0	1,01	2,08	1,55	1,73
		50 m nach Auslauf	2	0	3,24	3,38	3,31	3,85
GREIFSWALDER BODDEN / KGR Greifswald (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslauf	16	16	<5,28	<10,0	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	16	<5,35	<10,0	nn	nn
	Co-60	vor Auslauf	16	16	<0,0068	<0,040	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	16	<0,0080	<0,046	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	16	13	0,0091	<0,041	<0,032	<0,033
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	12	0,0083	<0,050	<0,033	<0,035
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslauf	2	2	<0,70	<2,29	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	2	<1,50	<2,04	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	2	0	2,30	26,4	14,4	3,90
		nach Auslauf (Hafenbecken)	2	0	22,7	27,2	25,0	36,7
a Daten lagen nicht vor nn nicht nachgewiesen/nachweisbar - Messung/Angabe nicht erforderlich bzw. nicht erfolgt ¹ KWB Biblis: Mit Abschluss des ersten Quartals 2022 wurde die Beprobung des Kraftwerkseinlaufs und der beiden Ausläufe eingestellt (Entfall des Kühlwasserbedarfs). ² KKO Obrigheim: Am 03. März 2022 wurde die REI-Messstelle am Kühlwasserauslauf außer Betrieb genommen (keine Auswertung des Neckarwassers, da keine Abwassereinleitung mehr erfolgt).								

Tabelle T II.36 Radioaktive Kontamination von Weideböden

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	Max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2020	0 - 10	12	22,0	68,7	9	<1,3	4,1
	2021	0 - 10	12	21,0	73,8	9	<1,4	4,7
	2022	0 - 10	12	20,0	63,4	8	<2,2	5,5
Bayern	2020	0 - 10	20	63,0	271,5	17	2,4	3,9
	2021	0 - 10	20	58,7	251,9	17	2,9	5,1
	2022	0 - 10	20	51,3	154,9	17	2,5	6,5
Berlin	2020	0 - 10	3	5,3	6,3	1	0,5	
	2021	0 - 10	3	6,8	9,1	1	0,6	
	2022	0 - 10	3	5,8	7,4	1	0,5	
Brandenburg	2020	0 - 10	36	8,9	28,0	5	0,8	1,3
	2021	0 - 10	45	<9,1	36,5	6	0,5	0,8
	2022	0 - 10	45	9,1	34,5	5	<0,5	1,2
Bremen	2020	0 - 10	1	12,3		a)	a)	a)
	2021	0 - 10	1	12,2		a)	a)	a)
	2022	0 - 10	1	16,6		a)	a)	a)
Hamburg	2020	0 - 10	2	8,3	12,5	a)	a)	a)
	2021	0 - 10	2	9,7	14,0	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	2	9,8	15,1	a)	a)	a)
Hessen	2020	0 - 10	2	15,3	21,3	a)	a)	a)
	2021	0 - 10	2	16,1	29,5	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	2	12,2	15,6	a)	a)	a)
Mecklenburg-Vorpommern	2020	0 - 10	10	7,3	16,5	3	1,0	1,6
	2021	0 - 10	10	13,9	30,4	3	0,8	1,0
	2022	0 - 10	10	8,7	19,2	1	1,1	
Niedersachsen	2020	0 - 10	15	13,6	22,1	7	1,4	2,8
	2021	0 - 10	15	<13,3	35,9	8	1,1	3,3
	2022	0 - 10	14	12,9	24,1	10	1,1	2,4
Nordrhein-Westfalen	2020	0 - 10	14	8,2	14,6	5	0,6	1,1
	2021	0 - 10	15	<8,3	19,4	5	0,5	0,9
	2022	0 - 10	15	7,6	14,8	5	0,5	0,7
Rheinland-Pfalz	2020	0 - 10	7	11,4	22,3	3	0,7	1,1
	2021	0 - 10	7	11,7	19,8	3	1,1	1,2
	2022	0 - 10	7	9,5	23,9	3	1,0	1,5
Saarland	2020	0 - 10	4	15,5	26,3	2	1,2	1,2
	2021	0 - 10	4	17,3	22,1	2	1,1	1,6
	2022	0 - 10	4	17,8	23,1	2	0,9	1,0
Sachsen	2020	0 - 10	8	8,3	23,5	5	0,6	1,0
	2021	0 - 10	8	7,1	12,9	5	0,6	0,8
	2022	0 - 10	8	8,1	24,1	5	0,5	0,8
Sachsen-Anhalt	2020	0 - 10	14	23,7	84,9	a)	a)	a)
	2021	0 - 10	12	37,4	88,6	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)

Bundesland	Jahr	Entnahme- tiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	Max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Schleswig- Holstein	2020	0 - 10	8	6,7	12,7	6	0,7	1,4
	2021	0 - 10	8	7,1	12,5	6	<0,6	0,8
	2022	0 - 10	8	6,6	10,5	5	<0,9	1,9
Thüringen	2020	0 - 10	7	14,8	31,5	3	0,6	0,8
	2021	0 - 10	7	13,0	22,6	3	0,6	0,8
	2022	0 - 10	7	13,3	22,1	3	0,6	0,7
a) Messwerte lagen nicht vor								

Tabelle T II.37 Radioaktive Kontamination von Ackerböden

Bundesland	Jahr	Entnahme- tiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	Max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden- Württemberg	2020	0 - 30	12	13,4	52,1	1	1,7	
	2021	0 - 30	12	12,0	58,5	1	1,6	
	2022	0 - 30	11	15,6	52,4	a)	a)	a)
Bayern	2020	0 - 30	30	21,3	148,6	3	2,4	4,7
	2021	0 - 30	30	20,7	140,1	3	3,3	6,3
	2022	0 - 30	30	19,2	132,0	3	3,2	6,0
Berlin	2020	0 - 30	2	5,6	6,3	1	0,5	
	2021	0 - 30	2	5,3	6,4	1	0,6	
	2022	0 - 30	2	5,0	6,0	1	0,5	
Brandenburg	2020	0 - 30	7	8,3	21,8	3	<0,2	0,2
	2021	0 - 30	12	5,4	17,6	3	0,3	0,3
	2022	0 - 30	12	5,4	17,9	3	<0,2	0,3
Bremen	2020	0 - 30	3	5,9	6,6	2	1,0	1,0
	2021	0 - 30	2	7,3	7,6	a)	a)	a)
	2022	0 - 30	1	11,7		a)	a)	a)
Hamburg	2020	0 - 30	1	4,5		1	0,3	
	2021	0 - 30	1	3,4		1	0,5	
	2022	0 - 30	1	5,2		1	0,5	
Hessen	2020	0 - 30	6	7,8	14,9	2	1,1	1,4
	2021	0 - 30	6	7,7	14,4	2	0,2	0,3
	2022	0 - 30	6	6,3	11,3	2	0,5	0,8
Mecklenburg- Vorpommern	2020	0 - 30	7	5,9	12,7	2	0,4	0,5
	2021	0 - 30	7	5,8	13,0	2	0,9	1,3
	2022	0 - 30	7	7,3	16,8	2	1,2	1,4

Bundesland	Jahr	Entnahme-	Aktivität in Bq/kg TM					
		tiefe	Cs-137			Sr-90		
		(cm)	N	Mittelwert	Max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Niedersachsen	2020	0 - (25/30)	23	6,6	22,4	8	0,8	1,0
	2021	0 - (25/30)	25	6,6	17,8	8	0,6	1,5
	2022	0 - (25/30)	24	6,2	20,2	5	0,7	1,1
Nordrhein-Westfalen	2020	0 - 30	11	5,9	9,0	5	0,6	0,9
	2021	0 - 30	10	5,9	9,5	5	<0,5	0,8
	2022	0 - 30	11	<4,9	9,3	5	0,5	0,7
Rheinland-Pfalz	2020	0 - (25/30)	8	5,4	10,4	2	1,0	1,3
	2021	0 - (25/30)	8	5,2	11,8	2	0,8	0,8
	2022	0 - (25/30)	8	5,9	13,8	2	0,6	0,8
Saarland	2020	0 - 30	1	12,5		a)	a)	a)
	2021	0 - 30	1	7,5		a)	a)	a)
	2022	0 - 30	1	7,3		a)	a)	a)
Sachsen	2020	0 - 30	7	5,8	12,4	a)	a)	a)
	2021	0 - 30	7	5,1	11,1	a)	a)	a)
	2022	0 - 30	7	5,7	14,0	a)	a)	a)
Sachsen-Anhalt	2020	0 - 30	15	7,7	29,5	5	0,2	0,4
	2021	0 - 30	15	8,1	41,5	5	0,2	0,3
	2022	0 - 30	15	5,7	22,7	5	0,1	0,3
Schleswig-Holstein	2020	0 - 30	5	4,8	7,3	a)	a)	a)
	2021	0 - 30	5	4,7	6,5	a)	a)	a)
	2022	0 - 30	5	4,9	6,6	1	0,8	
Thüringen	2020	0 - 30	6	8,2	19,9	2	0,9	0,9
	2021	0 - 30	6	7,0	14,2	2	0,7	0,8
	2022	0 - 30	6	7,1	16,6	2	0,7	0,8
a) Messwerte lagen nicht vor								

Tabelle T II.38 Radioaktive Kontamination von Waldböden

Bundesland	Jahr	Entnahme-	Aktivität in Bq/kg TM					
		tiefe	Cs-137			Sr-90		
		(cm)	N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2020	0 - 10	4	33,4	60,6	a)	a)	a)
	2021	0 - 10	4	45,8	65,8	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	4	42,8	53,0	2	3,1	5,8
Niedersachsen	2020	0 - 10	2	60,5	109,0	a)	a)	a)
	2021	0 - 10	2	55,4	84,6	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	2	19,4	24,7	a)	a)	a)
Nordrhein-	2020	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)

Bundesland	Jahr	Entnahme-	Aktivität in Bq/kg TM					
		tiefe	Cs-137			Sr-90		
		(cm)	N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Westfalen	2021	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Sachsen-Anhalt	2020	0 - 10	6	61,2	126,0	a)	a)	a)
	2021	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2022	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
a) Messwerte lagen nicht vor								

Tabelle T II.39 Radioaktive Kontamination von Weide- und Wiesenbewuchs

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2020	32	<0,2	0,6	15	<0,2	0,6
	2021	29	<0,2	1,8	15	0,2	0,7
	2022	26	<0,1	0,3	15	<0,1	0,3
Bayern	2020	48	<1,1	9,8	21	0,8*	5,6*
	2021	53	<0,4	2,6	28	0,2	0,8
	2022	54	<0,6	11,2	29	0,3*	0,6*
Berlin	2020	6	<0,3	0,4	a)	a)	a)
	2021	3	<0,3	<0,4	1	0,2	
	2022	3	<0,3	0,4	2	0,3*	0,3*
Brandenburg	2020	29	<1,1	12,3	9	0,2*	0,4*
	2021	35	<0,5	5,1	10	0,2*	0,4*
	2022	37	<0,6	5,0	9	0,3*	1,2*
Bremen	2020	2	<0,6	1,0	1	0,3	
	2021	2	<0,1	<0,1	a)	a)	a)
	2022	1	<0,3		a)	a)	a)
Hamburg	2020	3	0,2	0,3	1	0,2	
	2021	2	0,5	1,0	a)	a)	a)
	2022	2	<0,1	0,2	a)	a)	a)
Hessen	2020	15	<0,3	1,5	8	0,5*	0,8*
	2021	15	<0,3	0,9	8	0,3*	0,8*
	2022	15	<0,2	0,4	8	0,3*	0,5*
Mecklenburg-Vorpommern	2020	19	<0,4	4,3	8	0,2	0,6
	2021	19	<0,3	2,2	9	0,1	0,2
	2022	19	<0,2	1,0	7	0,3	0,5
Niedersachsen	2020	42	<0,3	3,8	22	0,2	0,3

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Nordrhein-Westfalen	2021	42	<0,3	3,8	21	0,1	0,3
	2022	42	<0,5	13,8**	20	<0,5*	1,1*
	2020	25	<0,3	<0,7	8	<0,3	1,2
	2021	23	<0,3	1,5	10	<0,2	0,5
	2022	25***	<0,3***	0,6***	11	<0,2*	0,3*
Rheinland-Pfalz	2020	14	<0,1	0,5	7	<0,3	0,9
	2021	14	<0,1	0,1	7	0,2	0,6
	2022	14	<0,1	<0,2	7	0,3	0,6
Saarland	2020	4	<0,2	<0,2	2	0,2	0,3
	2021	4	<0,2	0,3	2	0,9*	0,9*
	2022	4	<0,2	<0,2	2	0,1*	0,1*
Sachsen-Anhalt	2020	24	<8,4	93,9	5	0,1	0,2
	2021	21	<1,9	30,4	5	0,2	0,4
	2022	10	<0,3	<0,4	5	0,1	0,2
Sachsen	2020	14	<0,2	0,7	6	0,3*	0,5*
	2021	14	<0,1	0,2	6	0,2*	0,3*
	2022	14	<0,2	0,8	6	0,2*	0,3*
Schleswig-Holstein	2020	22	<0,2	<0,5	12	0,1	0,2
	2021	22	<0,2	<0,3	12	0,1	0,2
	2022	23	<0,2	1,8	12	0,1	0,4
Thüringen	2020	17	<0,1	0,3	7	0,1*	0,2*
	2021	17	<0,1	<0,3	7	0,1*	0,2*
	2022	17	<0,1	0,3	7	0,1*	0,2*
a) Messwerte lagen nicht vor * Die Nachweisgrenzen aus der Schnellmethode für Sr-90 wurden aus der Wertbildung herausgenommen, da sie einer anderen statistischen Grundgesamtheit angehören. ** Wert ist nicht repräsentativ *** Werte mit Messzeiten unter 1500s wurden nicht berücksichtigt							

Tabelle T II.40 Radioaktive Kontamination einiger Futtermittel (Produkte aus dem Inland)

Futtermittel	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Mais u. Maissilagen	2020	113	<0,3	2,4	a)	a)	a)
	2021	239	<0,3	3,4	1	<1,2	
	2022	233	<0,2	0,6	a)	a)	a)
Futterrüben	2020	5	<0,3	1,2	a)	a)	a)
	2021	8	<0,3	1,2	a)	a)	a)

Futtermittel	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Futtergetreide	2022	12	<0,2	0,5	a)	a)	a)
	2020	140	<0,2	1,1	a)	a)	a)
	2021	147	<0,2	<0,3	a)	a)	a)
	2022	143	<0,1	<0,4	a)	a)	a)
Grünfütterpflanzen (ohne Mais)	2020	7	<0,4	1,0	a)	a)	a)
	2021	9	<0,3	<0,8	a)	a)	a)
	2022	12	<0,2	<0,4	a)	a)	a)
Futterkartoffeln	2020	52	<0,2	1,2	a)	a)	a)
	2021	75	<0,2	0,9	a)	a)	a)
	2022	71	<0,2	1,5	a)	a)	a)
Erbsen	2020	7	<0,4	1,8	a)	a)	a)
	2021	5	<0,2	<0,4	a)	a)	a)
	2022	8	<0,3	<0,4	a)	a)	a)
Raps	2020	43	<0,2	0,7	a)	a)	a)
	2021	34	<0,2	0,5	a)	a)	a)
	2022	38	<0,2	<0,4	a)	a)	a)
Ölkuchen/ Ölschrote	2020	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2021	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2022	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Sonnenblumen	2020	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2021	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2022	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Kraftfuttermisch- ung	2020	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2021	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2022	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Silage	2020	7	<0,2	0,3	a)	a)	a)
	2021	11	<0,3	<0,5	a)	a)	a)
	2022	12	<0,3	<0,4	a)	a)	a)
a) Messwerte lagen nicht vor							

Tabelle T II.41 Radioaktive Kontamination von Futtermittelimporten

Futtermittel	Jahr	N	Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Futtergetreide	2020	18	<0,2	0,3
	2021	22	<0,1	<0,1
	2022	22	<0,1	<0,3
Mais, Maisprodukte	2020	45	<0,2	<0,4
	2021	15	<0,1	<0,1
	2022	6	<0,3	0,6
Maniok, Tapioka	2020	a)	a)	a)
	2021	a)	a)	a)
	2022	a)	a)	a)
Ölkuchen,Ölschrote	2020	5	<0,3	<0,5
	2021	1	0,2	
	2022	1	<0,2	
Sonnenblumen	2020	3	<0,3	<0,4
	2021	a)	a)	a)
	2022	1	<0,2	
Sojabohnen	2020	a)	a)	a)
	2021	2	<0,4	0,5
	2022	1	0,3	
Kraftfuttermischung	2020	a)	a)	a)
	2021	a)	a)	a)
	2022	a)	a)	a)
Mühlennachprodukte	2020	a)	a)	a)
	2021	1	<0,3	
	2022	1	<0,2	
a) Messwerte lagen nicht vor				

Tabelle T II.42 Radioaktive Kontamination von Pflanzen (Indikatoren)

Pflanzenindikator	Jahr		Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Blätter	2020	99	<4,0	50,8
	2021	93	<3,9	75,9
	2022	99	<2,9	67,4
Nadeln	2020	51	<23,9	722,7
	2021	47	<17,8	526,5
	2022	50	<13,0	322,8
Gras	2020	91	<8,3	165,0
	2021	89	<5,7	114,0
	2022	102	<5,6	150,1
Farne (Thüringen)	2020	2	16,8	32,4
	2021	2	19,2	35,3
	2022	2	21,0	39,7

Tabelle T II.43 Radioaktivität des Bodens in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	17	8,18	15	6,57	8	8,70 (3,42 - 24,40)
	Pu-238	7	<1,10	6	<0,67	6	<0,61 (0,08 - <1,90)
	Pu-(239+240)	7	<0,63	6	<0,61	6	<0,54 (0,31 - <0,83)
	Sr-90	3	1,02	3	0,79	2	1,12 (0,21 - 2,03)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	3,31	4	5,29	4	3,53 (1,58 - 5,17)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	2,72	4	2,09	4	1,99 (1,56 - 2,30)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	7,53	6	6,11	6	7,22 (0,83 - 16,00)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	19,10	6	15,18	6	17,38 (8,87 - 27,18)
KKW Fessenheim (Frank- reich)	Cs-137	2	11,46	2	13,86	2	12,03 (9,17 - 12,03)
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	27,83	10	33,33	10	29,69 (6,50 - 48,07)
KKI Isar	Cs-137	12	33,07	12	27,00	12	29,64 (12,30 - 42,60)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	4,23	10	3,52	10	3,62 (0,87 - 10,60)
Forschungsreaktor Mün- chen	Cs-137	4	16,10	4	<23,27	4	38,73 (20,80 - 59,00)
AREVA GmbH	Cs-137	4	15,97	4	11,25	4	12,25 (4,86 - 23,70)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Standort Erlangen	Pu-238	4	<0,13	4	<0,15	4	<0,48 (<0,28 - <0,98)
	Pu-(239+240)	4	<0,21	4	<0,17	4	<0,47 (<0,39 - 0,60)
	U-235	4	0,54	4	0,65	4	0,65 (0,47 - 0,83)
	U-238	4	11,92	4	13,45	4	11,63 (6,72 - 16,00)
	Am-241	4	<0,17	4	<0,08	4	<0,10 (<0,08 - <0,12)
Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	a)		a)		a)	
	Pu-238	a)		a)		a)	
	Pu-(239+240)	a)		a)		a)	
	U-235	a)		a)		a)	
	U-238	a)		a)		a)	
	Am-241	a)		a)		a)	
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	4	6,42	4	5,78	4	5,04 (2,56 - 6,40)
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	4	6,33	4	7,04	4	5,31 (4,64 - 6,33)
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	6	5,41	4	15,51	4	15,31 (13,30 - 19,12)
	Pu-(239+240) Asche	a)		a)		a)	
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	8	3,75	8	<5,23	8	<3,08 (<0,22 - 8,19)
	U-235	a)		a)		a)	
Zwischenlager Nord	Cs-137	24	4,32	24	5,02	12	5,79 (1,77 - 15,70)
	U-235	a)		a)		a)	
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	8	8,17	8	7,42	8	8,45 (2,95 - 13,60)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	6	16,25	8	9,72	8	9,11 (5,70 - 15,50)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKE Emsland	Cs-137	8	5,01	8	3,99	8	5,80 (2,88 - 13,00)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	16	11,96	14	8,90	14	10,32 (5,75 - 17,70)
	Sr-90	2	<0,67	2	<5,01	2	<2,57 (<1,38 - 3,75)
	Pu-238	1	<0,12	1	<0,16	1	<0,13
	Pu-(239+240)	1	<0,12	1	<0,16	1	<0,13
Schacht Konrad II ^{c)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Advanced Nuclear Fuels Lingen	Cs-137	12	<4,83	a)		a)	

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Forschungsbergwerk Asse	U-234	a)		a)		a)	
	U-235	a)		a)		a)	
	U-238	a)		a)		a)	
	Cs-137	6	5,22	8	5,24	8	5,54 (4,90 - 6,10)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	8	3,70	1	3,00	8	3,31 (2,60 - 3,93)
	Sr-90	6	0,59	a)		6	0,37 (0,21 - 0,53)
KWW Würgassen ^{d)}	Cs-137	a)		a)		a)	
THTR Uentrop ^{d)}	Cs-137	5	7,81	4	17,56	2	11,37 (5,53 - 17,20)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	5	5,30	5	6,52	10	<3,07 (<0,02 - 8,30)
	Sr-90	5	0,24	5	<0,43	10	0,27 (0,09 - 0,85)
UAG Gronau	U-238	a)		a)		a)	
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	8,62	4	5,71	4	8,10 (4,92 - 12,54)
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137	11	6,84	11	6,53	11	5,86 (2,29 - 13,26)
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	10	5,14	6	4,27	6	3,88 (1,40 - 6,30)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	10	4,24	10	4,21	7	3,86 (1,60 - 7,80)
	Sr-90	2	<0,22	2	<0,20	2	0,21 (0,20 - 0,22)
	Gesamt-β	4	590	4	610	4	638 (540 - 700)
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	6	4,12	6	3,79	6	3,29 (2,75 - 4,24)
	Sr-90	2	0,25	2	0,22	2	0,23 (0,22 - 0,23)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	17,02	6	14,30	6	15,94 (5,45 - 36,11)
	Sr-90	1	1,70	1	1,40	1	1,90
KKK Krümmel	Cs-137	8	4,17	8	3,83	8	3,85 (2,23 - 5,90)
	Sr-90	4	0,62	4	<0,39	4	<0,35 (0,19 - 0,47)
KBR Brokdorf	Cs-137	10	10,98	10	8,49	10	9,03 (1,37 - 13,26)
	Sr-90	4	1,22	4	1,08	4	0,75 (0,70 - 0,80)
Zwischenlager Brokdorf	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	

Tabelle T II.44 Spezifische Aktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	8	<0,17	8	<0,13	8	<0,08 (0,02 - 0,14)
	Pu-238	4	<0,08	4	<0,03	4	<0,02 (<0,01 - <0,02)
	Pu-(239+240)	4	<0,03	4	<0,02	4	<0,01 (<0,01 - <0,02)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,24	4	<0,20	4	<0,20 (<0,02 - <0,38)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,19	4	<0,16	4	<0,15 (<0,03 - <0,26)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	<0,31	6	<0,34	6	<0,29 (0,01 - <0,46)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	<0,10	6	0,20	6	0,20 (0,03 - 0,55)
KKW Fessenheim (Frank- reich)	Cs-137	2	0,39	2	0,12	2	0,08 (0,06 - 0,09)
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	10	<0,13	10	<0,20	10	<0,19 (0,07 - 0,37)
KKI Isar	Cs-137	12	<0,22	12	0,34	12	<0,27 (<0,03 - 0,78)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	<0,17	10	<0,18	10	<0,28 (<0,10 - <0,68)
Forschungsreaktor Mün- chen	Cs-137	4	<0,38	4	<0,15	4	<0,28 (0,11 - 0,40)
Framatome GmbH Standort Erlangen	Cs-137	4	<0,32	4	<0,20	4	0,75 (0,60 - 0,85)
	Pu-238	4	<0,02	4	<0,02	4	<0,87 (<0,03 - <2,10)
	Pu-(239+240)	4	<0,02	4	<0,02	4	<0,85 (<0,04 - <2,00)
	U-235	4	<0,02	4	<0,01	4	<0,04 (0,02 - <0,06)
	U-238	4	0,22	4	0,11	4	0,54 (0,11 - 0,90)
	Am-241	4	<0,02	4	<0,01	4	<0,07 (<0,02 <0,13)
Framatome ANP Karlstein KWU	Cs-137	a)		a)		a)	
	Pu-238	a)		a)		a)	
	Pu-(239+240)	a)		a)		a)	
	U-235	a)		a)		a)	
	U-238	a)		a)		a)	
	Am-241	a)		a)		a)	
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	4	<0,30	4	<0,29	4	<0,38 (0,12 - 0,61)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	4	<2,77	4	1,79	4	3,62 (0,57 - 8,77)
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,09	7	<0,16	4	<0,16 (<0,07 - <0,27)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	8	<0,33	8	<0,23	8	<0,39 (<0,09 - 1,50)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Zwischenlager Nord	Cs-137	24	<0,17	24	<0,28	12	<0,14 (<0,08 - <0,20)
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	10	<0,08	8	<0,08	8	<0,11 (<0,04 - <0,21)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	6	<0,16	6	<0,12	6	<0,19 (<0,09 - <0,28)
Zwischenlager Grohnde	Cs-137	1	<0,26	1	<0,27	a)	
KKE Emsland	Cs-137	8	<0,22	8	<0,17	8	<0,22 (0,06 - 0,47)
Zwischenlager Lingen	Cs-137	a)		a)		a)	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	16	<0,76	14	<0,47	14	<1,80 (0,09 - 16,94)
	Sr-90	2	0,52	2	1,70	2	1,23 (0,42 - 2,03)
Schacht Konrad II ^{c)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
	Gesamt- α	a)		a)		a)	
Advanced Nuclear Fuels Lingen	Cs-137	4	<0,13	4	0,17	4	<0,17 (<0,06 - 0,47)
	Pu-238	1	<0,01	1	<0,30	a)	
	Pu-(239+240)	1	<0,01	1	<0,30	a)	
	U-234	5	0,04	6	0,08	4	0,05 (0,01 - 0,15)
	U-235	5	<0,01	6	<0,01	4	<0,02 (<0,01 - <0,03)
	U-238	5	0,05	6	0,08	4	0,04 (0,01 - 0,12)
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	5	<0,22	8	<0,18	2	<0,37 (<0,14 - <0,60)
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	2	<0,06	3	<0,53	2	<0,04 (<0,03 - <0,05)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWW Würgassen ^{d)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
THTR Uentrop ^{d)}	Cs-137	4	<0,80	2	<0,24	2	<0,06 (0,04 - <0,09)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	10	<0,07	10	<0,09	5	<0,09 (<0,02 - 0,14)
	Sr-90	10	0,17	10	0,23	5	0,11 (0,01 - 0,19)
UAG Gronau	U-238	a)		a)		a)	
	Uran (Bq/kgTM)	12	<0,25	26	<0,26	12	<0,26 (<0,23 - 0,48)
	Fluor (mg/kg TM)	12	<1,72	26	<3,34	12	<1,81 (<1,50 - 4,20)
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	<0,19	4	<0,15	4	<0,24 (<0,05 - <0,54)
Cattenom (Frankreich)	Cs-137	6	<0,06	6	<0,07	6	<0,04 (<0,03 - <0,07)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	8	<0,48	6	<0,19	6	<0,16 (0,07 - 0,37)
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	10	<0,21	10	<0,26	10	<0,35 (<0,20 - 0,98)
	Gesamt-β	4	263	4	203	4	208 (180 - 220)
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,17	4	<0,10	4	<0,25 (0,10 - 0,41)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	<0,13	6	<0,10	6	<0,13 (0,03 - <0,24)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKK Krümmel	Cs-137	4	<0,12	4	<0,12	4	<0,09 (0,03 - <0,13)
	Sr-90	4	0,08	4	0,25	4	<0,20 (<0,04 - 0,41)
KBR Brokdorf	Cs-137	10	<0,11	10	<0,12	10	<0,15 (<0,08 - <0,28)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Zwischenlager Brokdorf	Cs-137	a)		a)		a)	
a) Messwerte lagen nicht vor b) Mittelwertberechnung nicht sinnvoll c) Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme. d) im Betrieb des sicheren Einschlusses							

Tabelle T II.45 Allgemeine Überwachung von Grundwasser und Trinkwasser in Deutschland

	Nuklid	2022						2021
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- wert ^a	Median ^b	Median ^b
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	101	53	30	680		<180	200
	Cs-137	101	101				<7,6	<6,8
	Sr-90	48	27	0,11	37		2,5	<3,9
	H-3	65	58	720	5600		<4600	<4400
	U-234	51	17	0,092	130	15	<1,3	<1,9
	U-235	51	40	0,007	0,95		<0,57	<0,73
	U-238	51	20	0,038	57	6,4	<1,2	1,2
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	104	71	18	3300		210	<160
	Cs-137	104	104				<9,8	<6,9
	Sr-90	39	19	1,1	34	6,9	<4,0	<3,6
	H-3	60	51	710	5700		<4800	<4400
	U-234	44	15	0,15	120	13	2,8	<3,0
	U-235	44	37	0,22	4,5		<0,98	<0,93
	U-238	44	17	0,053	98	11	1,5	1,6
Reinwasser	K-40	237	165	12	2900		<170	<150
	Cs-137	237	237				<7,7	<7,3
	Sr-90	55	25	0,43	16	4,9	<4,7	<4,2
	H-3	63	55	890	2000		<5300	<5400
	U-234	66	21	0,067	97	9,9	<1,9	<3,0

	Nuklid	2022						2021
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- wert ^a	Median ^b	Median ^b
	U-235	66	55	0,006	3,9		<0,72	<0,7
	U-238	66	22	0,041	89	8,6	<1,6	<2,4

a Minimal- und Maximalwert beziehen sich auf tatsächliche Messwerte. Der aus dieser Datenbasis berechnete arithmetische Mittelwert wird nur angegeben, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind.

b Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden.

Tabelle T II.46 Umgebungsüberwachung von Anlagen nach Atomgesetz in Deutschland (Grundwasser und Trinkwasser)

	Nuklid	2022						2021
		Anzahl gesamt ^a	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^b	Maximal- wert ^b	Mittel- wert ^b	Median ^c	Median ^c
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	277	158	39	2200	2,4	<490	<500
	Co-60	371	371				<28	<30
	Cs-137	299	298		78		<25	<29
	Sr-90	28	12	0,27	5		3,2	4,8
	H-3	371	322	1100	9900		<5500	<5600
	R-Beta	6	6				<100	<100
	G-Alpha	29	6	17	140		33	27
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	61	35	35	400	0,92	<260	240
	Co-60	55	55				<13	<8,4
	Cs-137	59	59				<10	<8,2
	Sr-90	10	5	0,07	2,7		<1,0	<1,0
	H-3	65	54	1600	9000		<3200	<3200
	G-Alpha	6	0	28	38		33	33
Reinwasser	K-40	107	67	30	160		<250	<190
	Co-60	107	107				<9,0	<7,9
	Cs-137	107	107				<10	<8,1
	Sr-90	30	24	0,16	18		<2,6	<6,9
	H-3	117	108	2400	11000		<4300	<4200
a Gemäß REI-Messprogramm ist bei der γ-Spektrometrie die Einhaltung der NWG nur für das Radionuklid Co-60 vorgeschrieben, d. h. für andere γ-strahlende Radionuklide müssen die NWG von der Messstelle nicht angegeben werden. Da nicht alle Messstellen die NWG für Cs-137 und K-40 mitteilen, kann für diese Radionuklide die Anzahl der gemeldeten Werte kleiner als für Co-60 sein. b Minimal- und Maximalwert beziehen sich auf tatsächliche Messwerte. Der aus dieser Datenbasis berechnete arithmetische Mittelwert wird nur angegeben, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind. c Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden.								

Tabelle T II.47 Radioaktive Kontamination der Rohmilch

Bundesland	Jahr	Sr-90 Bq/l		Cs-137 Bq/l	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2020	7	0,12 (0,07 – 0,20)	51	<0,12 (<0,03 - <0,22)
	2021	7	<0,03 (<0,02 – 0,04)	55	<0,11 (<0,04 – 0,16)
	2022	11	<0,05 (<0,02 - 0,08) *	62	<0,11 (<0,04 - 0,19)
Bayern	2020	23	0,06 (0,03 – 0,15) *	152	<0,10 (0,04 - <0,22)
	2021	24	0,04 (0,02 – 0,10) *	218	<0,10 (<0,07 – 0,26)
	2022	24	0,06 (0,02 - 0,16) *	217	<0,10 (<0,03 - <0,24)
Berlin	2020	12	0,02 (0,01 – 0,04) *	24	<0,49 (0,09 – 3,45)

Bundesland		Sr-90 Bq/l		Cs-137 Bq/l	
	Jahr	N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Brandenburg	2021	12	0,03 (0,02 – 0,04) *	24	<0,38 (0,09 – 1,83)
	2022	12	0,02 (0,01 - 0,04) *	24	<0,31 (<0,09 - 1,47)
	2020	10	0,01 (0,01 – 0,04) *	81	<0,14 (<0,04 – 0,77)
	2021	10	0,02 (0,01 – 0,05) *	78	<0,13 (<0,03 – 0,72)
	2022	10	0,01 (0,01 - 0,01) *	80	<0,13 (<0,03 - 0,95)
Bremen	2020	10	0,02 (0,01 – 0,04)	12	<0,14 (<0,05 – 0,27)
	2021	a)		12	<0,11 (0,03 – 0,23)
	2022	6	0,01 (0,01 - 0,02)	12	<0,10 (0,03 - 0,22)
Hamburg	2020	10	0,02 (0,01 – 0,04)	12	<0,14 (<0,05 – 0,27)
	2021	12	<0,03 (0,01 – 0,05) **	12	<0,11 (<0,07 - <0,16)
	2022	12	<0,02 (0,01 - 0,04) **	13	<0,13 (<0,07 - <0,16)
Hessen	2020	12	0,03 (0,02 – 0,04) *	33	<0,08 (<0,06 - <0,18)
	2021	8	<0,02 (<0,01 – 0,03) *	36	<0,09 (<0,05 - <0,15)
	2022	12	0,02 (0,01 - 0,03) *	36	<0,09 (<0,05 - <0,16)
Mecklenburg-Vorpommern	2020	13	<0,01 (<0,01 - 0,02)	48	<0,17 (<0,13 - <0,20)
	2021	13	<0,02 (0,01 - <0,04)	47	<0,17 (<0,12 – 0,33)
	2022	6	<0,08 (<0,01 - 0,16)	47	<0,16 (<0,09 - <0,19)
Niedersachsen	2020	25	<0,03 (0,02 – 0,07)	155	<0,19 (0,05 – 0,58)
	2021	27	<0,03 (<0,02 – 0,07) *	155	<0,20 (0,05 – 0,50)
	2022	28	<0,04 (<0,02 - <0,15) *	162	<0,17 (<0,05 - 0,56)
Nordrhein-Westfalen	2020	13	0,04 (0,02 – 0,08) *	107	<0,13 (<0,00 – 0,77)
	2021	11	<0,05 (<0,02 – 0,22) *	99	<0,12 (0,04 – 0,23)
	2022	13	<0,19 (0,01 - 1,76) *	114	<0,16 (<0,04 - <1,07)
Rheinland-Pfalz	2020	13	0,02 (0,02 – 0,02)	39	<0,07 (<0,02 - <0,19)
	2021	13	<0,02 (<0,01 – 0,02)	39	<0,05 (0,01 – <0,19)
	2022	11	0,02 (0,01 - 0,04)	35	<0,06 (0,01 - <0,17)
Saarland	2020	12	0,03 (0,02 – 0,05) *	15	<0,09 (<0,07 - <0,11)
	2021	12	<0,04 (<0,02 – 0,14) *	15	<0,09 (<0,08 - <0,11)
	2022	12	0,04 (0,03 - 0,07) *	15	<0,10 (<0,08 - <0,13)
Sachsen	2020	12	0,02 (0,01 – 0,03) *	60	<0,09 (0,06 - <0,13)
	2021	12	0,02 (0,02 – 0,02) *	60	<0,10 (<0,07 – 0,12)
	2022	12	0,01 (0,01 - 0,02) *	61	<0,10 (<0,08 - 0,15)
Sachsen-Anhalt	2020	12	<0,48 (0,25 – 0,86) **	69	<0,11 (<0,07 – 0,22)
	2021	12	<0,41 (<0,24 – 0,67) **	63	<0,10 (<0,07 – 0,19)
	2022	12	<0,52 (0,18 - 0,87) **	60	<0,11 (<0,07 - 0,31)
Schleswig-Holstein	2020	12	<0,02 (<0,02 – 0,05)	84	<0,11 (<0,08 - <0,20)
	2021	14	<0,02 (<0,02 – 0,04)	87	<0,15 (<0,07 - <0,23)
	2022	12	<0,02 (<0,02 - <0,04)	84	<0,11 (<0,07 - <0,19)
Thüringen	2020	15	0,02 (0,01 – 0,02) *	36	<0,10 (<0,09 - <0,12)
	2021	15	0,01 (0,01 – 0,02) *	36	<0,10 (<0,09 - <0,14)
	2022	15	0,01 (0,01 - 0,02) *	36	<0,10 (<0,09 - <0,11)
Bundesrepublik (gesamt)	2020	213	<0,03 (0,01 – 0,20) *	978	<0,14 (<0,00 – 3,45)
	2021	202	<0,03 (0,01 – 0,22) *	1036	<0,13 (0,01 – 1,83)
	2022	208	<0,04 (0,01 - 1,76) *	1058	<0,13 (0,01 - 1,47)

Bundesland		Sr-90 Bq/l		Cs-137 Bq/l	
	Jahr	N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
* Ergebnisse aus der Sr-Schnellbestimmung wurden bei Mittelwertbildung und Wertebereichen nicht berücksichtigt					
** alle Werte stammen aus der Sr-Schnellbestimmung					

Tabelle T II.48 Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten im Jahr 2022

Produkt	N	Cs-134 Bq/kg		Cs-137 Bq/kg	
		max. Wert	min. Wert	max. Wert	min. Wert
Rohmilch	1058	<0,85	<0,02	1,47	0,01
Käse	1	<0,18		<0,27	
Milchpulver	a)				
Importe					
Käse	93	<0,25	<0,04	0,27	0,05
Friskäse	4	<0,14	<0,07	<0,14	<0,09
Schafskäse	7	<0,14	<0,04	<0,19	<0,05
Lakenkäse	2	<0,13	<0,11	<0,16	<0,11

Tabelle T II.49 Radioaktive Kontamination der Milch in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/l			
		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg					
FZ Karlsruhe	Cs-137	5	<0,40	2	<0,02 (0,02 - <0,02)
	Sr-90	2	0,02	1	0,02
	I-131 (nur Bereich)	5	<0,005 - <0,681	1	<0,440
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,03	4	<0,03 (<0,03 - 0,03)
	Sr-90	4	0,01	4	0,01 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,004 - <0,006	10	<0,004 - <0,005
GKN Neckarwestheim	Cs-137	9	<0,35	4	<0,02 (0,02 - <0,03)
	Sr-90	4	0,01	4	0,01 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	15	<0,004 - <0,718	9	<0,004 - <0,007
KKP Philippsburg	Cs-137	8	<0,37	4	<0,01 (0,01 - <0,02)
	Sr-90	4	<0,01	3	<0,01 (<0,01 - 0,01)
	I-131 (nur Bereich)	15	<0,005 - <0,900	11	<0,005 - <0,010
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,03	5	0,03 (0,01 - 0,09)
	Sr-90	5	0,01	5	0,01 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	13	<0,002 - <0,248	11	<0,004 - <0,006
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	7	<0,42	4	<0,02 (0,01 - <0,03)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	13	<0,004 - <1,658	11	<0,003 - <0,140
Bayern					
KRB Gundremmingen	Cs-137	6	<0,02	6	<0,02 (<0,02 - 0,02)
	Sr-90	6	0,01	6	<0,01 (<0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,002 - <0,005	18	<0,004 - <0,006
KKI Isar	Cs-137	4	0,04	4	0,04 (0,02 - 0,06)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/l			
		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKG Grafenrheinfeld	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,003 - <0,005	12	<0,004 - <0,005
	Cs-137	6	<0,09	3	<0,10 (<0,10 - <0,11)
	Sr-90	6	<0,02	3	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,004 - <0,009	6	<0,006 - <0,010
FRM II	Cs-137	)		2	0,04 (0,03 - 0,05)
	Sr-90	a)		2	0,02 (0,02 - 0,02)
Brandenburg					
KKR Rheinsberg	Cs-137	3	<0,09	4	<0,15 (<0,09 - <0,19)
	Sr-90	3	0,01	4	0,01 (0,01 - 0,01)
	I-131 (nur Bereich)	3	<0,073 - <0,086	4	<0,069 - <0,082
Hessen					
KWB Biblis	Cs-137	4	<0,08	4	<0,08 (<0,08 - <0,08)
	Sr-90	4	<0,01	4	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
Mecklenburg-Vorpommern					
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,14	4	<0,14 (<0,13 - <0,15)
	Sr-90	4	<0,02	4	0,03 (0,02 - 0,06)
	I-131 (nur Bereich)	4	<0,128 - <0,181	4	<0,127 - <0,151
Niedersachsen					
KKS Stade	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	4	<0,07	4	<0,10 (<0,06 - 0,17)
	Sr-90	4	0,02	4	<0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,006 - <0,010	a)	
KWG Grohnde	Cs-137	2	<0,07	2	<0,05 (<0,04 - <0,06)
	Sr-90	2	<0,02	2	<0,02 (<0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	6	<0,006 - <0,008	6	<0,007 - <0,009
KKE Emsland	Cs-137	4	<0,09	3	<0,06 (<0,04 - <0,08)
	Sr-90	4	<0,01	3	<0,02 (0,01 - <0,03)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,005 - <0,011	11	<0,006 - <0,056
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	23	<0,10	20	<0,10 (0,04 - 0,22)
	Sr-90	13	<0,02	10	<0,02 (<0,02 - 0,03)
	I-129 (µBq/l)	a)		a)	
Schacht Konrad II ^{b)}	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	2	<0,12	2	
Nordrhein-Westfalen					
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,01	a)	

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/l			
		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KWW Würzgassen ^{c)}	Sr-90	1	0,02	a)	
	I-131 (nur Bereich)	3	<0,004 - <0,006	a)	
	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
THTR Uentrop ^{c)}	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
UAG Gronau	Uran (Bq/l)	12	<0,23	6	<0,23 (<0,23 - <0,23)
	Fluor (mq/l)	12	<0,42	6	<0,42 (<0,42 - <0,42)
Rheinland-Pfalz					
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	2	<0,06	2	<0,06 (<0,05 - <0,06)
	Sr-90	a)		a)	
	I-131 (nur Bereich)	1	<0,07	2	<0,050 - <0,060
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137	4	<0,02	4	<0,01 (<0,01 - <0,02)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	11	<0,006 - <0,008	12	<0,006 - <0,008
Sachsen					
VKTA Rossendorf	Cs-137	2	<0,10	2	<0,11 (<0,1 - <0,11)
	Sr-90	2	0,02	2	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	2	<0,080 - <0,082	2	<0,09 - <0,16
Sachsen-Anhalt					
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,09	3	<0,09 (<0,08 - <0,10)
	Sr-90	a)		a)	
Schleswig-Holstein					
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,10	4	<0,10 (<0,08 - <0,13)
	Sr-90	4	<0,02	4	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
KKB Brunsbüttel	Cs-137	4	<0,04	4	<0,03 (0,02 - 0,04)
	Sr-90	4	0,02	4	0,01 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
KKK Krümmel	Cs-137	6	<0,05	6	<0,03 (0,02 - 0,04)
	Sr-90	6	0,02	6	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,004 - <0,009	18	<0,005 - <0,008
KBR Brokdorf	Cs-137	8	<0,03	8	<0,03 (0,02 - 0,04)
	Sr-90	8	0,02	8	0,02 (0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	24	<0,004 - <0,008	24	<0,005 - <0,009
Zwischenlager Brokdorf	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
a) Messwerte lagen nicht vor					
b) Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme					
c) im Betrieb des sicheren Einschlusses					

Tabelle T II.50 Spezifische Cs-137-Aktivität in Süßwasserfischen

Messungen der Bundesländer

Gewässer	Region	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2022					2021
		N	nn	min.	max.	Median	Median
Binnenseen	Norddeutschland	38	5	<0,08	11,10	1,06	0,85
	Mitteldeutschland	6	3	<0,10	0,57	<0,10	<0,20
	Süddeutschland	20	1	<0,06	6,38	1,48	0,56
Fischteiche	Norddeutschland	15	6	<0,05	3,10	0,34	0,24
	Mitteldeutschland	23	13	<0,08	0,45	0,16	0,09
	Süddeutschland	32	25	<0,06	2,80	<0,16	0,10
Fließgewässer	Norddeutschland	5	0	0,17	1,57	0,41	0,19
	Mitteldeutschland	24	20	<0,08	0,73	<0,13	0,10
	Süddeutschland	3	2	0,10	<0,19	<0,11	<0,17
nicht spezifizierte Gewässer	Norddeutschland	-	-	-	-	-	-
	Mitteldeutschland	-	-	-	-	-	-
	Süddeutschland	-	-	-	-	-	-

Tabelle T II.51 Cs-137-Aktivität in Forellen und Karpfen

Messungen der Bundesländer (aus Binnenseen, Fischteichen und Fließgewässern)

Fisch	Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2022					2021
	N	nn	min.	max.	Median	Median
Forellen	45	35	0,05	0,45	<0,15	0,14
Karpfen	35	20	<0,08	1,41	<0,15	0,09

Tabelle T II.52 Spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren aus der Nord- und Ostsee

Messungen der Bundesländer und der Leitstelle

Gewässer	Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2022					2021
		N	nn	min.	max.	Median	Median
Nordsee	Fische	64	35	0,01	0,28	0,07	0,08
	Garnelen	5	4	0,03	<0,14	<0,11	0,04
	Miesmuscheln	5	3	0,03	<0,21	<0,09	0,02
Ostsee	Fische	10	0	0,39	3,96	1,26	1,18

Tabelle T II.53 Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen

Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2022					2021
	N	nn	min.	max.	Median	Median
Süßwasserfisch	6	3	<0,09	0,84	<0,15	0,12
Seefisch	121	90	0,06	0,35	<0,08	0,07
Krusten- u. Schalentiere	12	11	<0,06	0,29	<0,12	<0,10
Fischereierzeugnisse	2	2	<0,08	<0,10	<0,09	<0,12

Tabelle T II.54 Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen aus dem Pazifik

Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2022					2021
	N	nn	min.	max.	Median	Median
Meeresfisch	50	38	0,06	0,27	0,12	<0,07
Meeresfrüchte	4	4	<0,10	<0,16	<0,12	-
Fischereierzeugnisse	1	1	-	-	<0,10	-

Tabelle T II.55 Spezifische Sr-90-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren

Messungen der Bundesländer

Probenart	Gewässer	spez. Sr-90-Aktivität in Bq/kg FM					
		2022					2021
		N	nn	min.	max.	Median	Median
Fisch	Binnenseen	12	2	<0,006	0,12	0,035	0,015
	Fischteiche	5	2	<0,014	0,09	0,020	0,047
	Fließgewässer	8	2	0,006	0,153	0,016	0,010
Garnelen	Nordsee	12	12	<0,006	<0,020	<0,007	<0,020
Miesmuscheln	Nordsee	12	12	<0,006	<0,040	<0,009	<0,020

Tabelle T II.56 Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Fischen, Krusten- und Schalentieren aus verschiedenen Meeresgebieten

Ergebnisse der Leitstelle am Thünen-Institut für Fischereiökologie, Bremerhaven

Meer / Probe	Radionuklid	Jahr	N	nn	Aktivitätskonzentration (Bq/kg FM)		
					min.	max.	Median
Nordsee							
Gesamtfisch	Cs-137	2022	11	0	0,01	0,17	0,06
	Cs-134	2022	11	11	<0,002	<0,017	<0,007
	Pu-238	2022	1	0			$1,8 \cdot 10^{-5}$
	Pu-239+240	2022	1	0			$8,1 \cdot 10^{-5}$
	Am-241	2022	1	0			$<3,9 \cdot 10^{-5}$
Muschelfleisch	Pu-238	2022	3	0	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$
	Pu-239+240	2022	3	0	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$
	Am-241	2022	3	0	$9,2 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$
Ostsee (südliche und westliche)							
Fischfleisch	Cs-137	2022	1	0	-	-	0,39
	Cs-134	2022	1	1	-	-	<0,01
Gesamtfisch	Cs-137	2022	7	0	0,46	2,14	1,25
	Cs-134	2022	7	7	$<7,8 \cdot 10^{-3}$	$<7,5 \cdot 10^{-2}$	$<7,8 \cdot 10^{-3}$

Tabelle T II.57 Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Wasserpflanzen aus verschiedenen Meeresgebieten

Ergebnisse der Leitstelle am Thünen-Institut für Fischereiökologie, Bremerhaven

Tabelle T II.58 Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen im Rahmen der Umgebungsüberwachung

Meer / Probe	Radionuklid	Jahr	N	nn	Aktivitätskonzentration (Bq/kg FM)		
					min.	max.	Median
Nordsee							
Wasserpflanzen	Cs-137	2022	4	0	0,18	0,41	0,27
	Cs-134	2022	4	4	<0,06	<0,11	<0,06
	Pu-238	2022	2	0	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
	Pu-239+240	2022	2	0	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$
	Am-241	2022	2	0	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Ostsee (südliche und westliche)							
Wasserpflanzen	Cs-137	2022	1	0	-	-	8,9
	Cs-134	2022	1	1	-	-	<0,12

der Anlagen nach Atomgesetz

Gewässer	Anlage	Radionukl id	2022					2021
			N	nn	min.	max.	Median	Median
Fisch (Bq/kg FM)								
Donau	KGG Gundremmingen	Cs-137	6	4	0,06	<0,17	<0,14	<0,16
Elbe	HZ Hereon (exGKSS)	Cs-137	6	5	<0,11	0,16	<0,13	0,13
	KKK Krümmel	Cs-137	4	0	0,20	0,26	0,21	0,23
	PKA Gorleben	Cs-137	*	0	-	-	-	-
	KKS Stade	Cs-137	*		-	-	-	-
	KBR Brokdorf	Sr-90	6	2	<0,004	<0,021	<0,006	<0,006
		Cs-137	6	0	0,25	0,43	0,37	0,24
	KKB Brunsbüttel	Cs-137		0	-	-	-	-
Ems	KKE Emsland	Cs-137	1		-	-	<0,04	-
Greifswalder Bodden	KGR Greifswald	Cs-137	4	0	0,28	3,89	0,77	0,92
Griebnitzsee	HZB (ehem. HMI) Berlin	Cs-137	1	0	-	-	<1,30	-
Sacrower See		Cs-137	1	1	-	-	0,13	-
Isar	KKI 1/2 Isar	Cs-137	4	3	0,1	<0,15	<0,14	0,25
	FRM II Garching	Cs-137	1	0	-	-	<0,15	<0,14
Main	KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	4	4	<0,11	<0,19	<0,14	<0,19
Mosel	Cattenom (Frankreich)	Sr-90	1	1			<0,01	<0,01
		Cs-137	2	0	0,03	0,11	0,07	<0,03
Neckar	GKN Neckarwestheim	Cs-137		0/2 ^a	-	-	-	0,04
	KWO Obrigheim	Cs-137		0/4 ^a	-	-	-	0,04
Rhein	KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	1	0/1 ^a	-	-	0,05	0,05
	KWB Biblis	Sr-90	-*	0	-	-	-	-
		Cs-137	-*	0	-	-	-	-
	KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	4	0	0,04	0,06	0,05	0,05
	KKP Philippsburg	Sr-90	2	1	<0,01	0,01	0,01	0,02
		Cs-137	2	1/2 ^a	0,04	<0,07	<0,07	0,07
	KIT Karlsruhe	Cs-137	2	0	0,04	0,06	0,05	0,11
Rur	FZ Jülich	Cs-137	1	1	-	-	0,13	0,16

Gewässer	Anlage	Radionuklid id	2022					2021
			N	nn	min.	max.	Median	Median
Ellbogensee	KKR Rheinsberg	Co-60	2	2	<0,02	<0,19	<0,11	<0,24
		Cs-137	2	0	1,21	2,96	2,09	4,06
		Cs-137	2	0	5,53	10,7	8,12	2,79
Weser	KKU Unterweser	Cs-137	-*	0	-	-	-	0,07
	KWG Grohnde	Cs-137	3	3	<0,03	<0,04	<0,03	<0,03
Wasserpflanzen (Bq/kg TM)								
Ahauser Aa	Ahaus	Co-60	1	1	-	-	<0,37	<0,38
		Cs-137	0	0	-	-	-	<0,29
Moorbach	Ahaus	Co-60	1	1	-	-	<0,36	<0,36
		Cs-137	0	0	-	-	-	-
Donau	KGG Gundremmingen	Co-60	2	2	<0,42	<0,52	<0,47	<0,64
		Cs-134	2	2	<0,26	<0,31	<0,28	<0,40
		Cs-137	2	0	0,52	0,58	0,55	4,70
Isar	FRM II Garching	Co-60	4	4	<0,15	<0,57	<0,28	<0,23
		Cs-137	4	0	0,19	8,50	4,60	5,80
	KKI 1/2 Isar	Mn-54	0	0	-	-	-	-
Co-60		1	0	-	-	1,2	3,0	
I-131		1	0	-	-	9,0	6,5	
Cs-137		1	0	-	-	7,3	9,0	
Main	KKG Grafenrheinfeld	Co-60	2	2	<0,16	0,18	0,17	2,43
		Cs-137	2	0	0,24	0,82	0,53	2,37
N: Anzahl der Messungen; nn: Anzahl der Werte <NWG * keine Probenentnahme im Jahr 2022 a Die zweite Zahl entspricht der Anzahl nicht lieferbarer Proben								

Tabelle T II.59 Weizen, Inland

Bundesland	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM		Sr-90 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2021	23	<0,14 (<0,05 - <0,24)	5	0,14 (0,06 - 0,38)
	2022	23	<0,14 (<0,04 - <0,21)	5	0,10 (0,06 - 0,17)
Bayern	2021	52	<0,13 (<0,07 - 0,28)	6	0,16 (0,05 - 0,32)
	2022	45	<0,13 (0,06 - 0,34)	7	0,18 (0,09 - 0,28)
Berlin	2021	2	<0,15 (<0,15 - <0,15)	1	0,15
	2022	2	<0,16 (<0,15 - <0,17)	1	0,08
Brandenburg	2021	19	<0,13 (<0,06 - <0,20)	1	0,07
	2022	27	<0,11 (<0,05 - <0,26)	2	0,17 (0,09 - 0,26)
Bremen	2021	3	<0,06 (<0,04 - <0,07)	-	
	2022	3	<0,06 (<0,04 - <0,08)	-	
Hamburg	2021	2	<0,11 (<0,10 - <0,12)	-	
	2022	4	<0,10 (<0,08 - <0,15)	1	0,07
Hessen	2021	17	<0,11 (<0,06 - <0,18)	-	
	2022	17	<0,12 (<0,07 - <0,20)	-	

Mecklenburg-Vorpommern	2021	33	<0,14 (<0,07 - <0,18)	2	<0,11 (<0,05 - 0,17)
	2022	31	<0,15 (<0,12 - <0,19)	-	
Niedersachsen	2021	37	<0,16 (<0,03 - <0,32)	4	<0,20 (<0,04 - 0,50)
	2022	40	<0,16 (<0,03 - <0,28)	3	<0,11 (<0,04 - <0,21)
Nordrhein-Westfalen	2021	27	<0,13 (<0,02 - <0,23)	3	0,11 (0,08 - 0,14)
	2022	32	<0,14 (<0,03 - <0,63)	3	0,08 (0,05 - 0,11)
Rheinland-Pfalz	2021	15	<0,06 (<0,03 - <0,08)	3	0,14 (0,13 - 0,16)
	2022	20	<0,08 (<0,02 - <0,16)	3	0,11 (0,08 - 0,13)
Saarland	2021	2	<0,11 (<0,11 - <0,11)	1	0,13
	2022	2	<0,12 (<0,12 - <0,12)	1	0,21
Sachsen	2021	30	<0,12 (<0,10 - <0,16)	3	0,11 (0,08 - 0,14)
	2022	31	<0,12 (<0,09 - 0,20)	3	0,09 (0,06 - 0,12)
Sachsen-Anhalt	2021	36	<0,13 (<0,07 - 0,25)	3	0,09 (0,04 - 0,18)
	2022	39	<0,13 (<0,06 - <0,22)	3	0,05 (0,03 - 0,08)
Schleswig-Holstein	2021	31	<0,12 (<0,07 - <0,18)	3	0,11 (0,10 - 0,12)
	2022	35	<0,12 (<0,07 - <0,18)	4	0,08 (0,07 - 0,08)
Thüringen	2021	34	<0,12 (<0,09 - <0,15)	1	0,05
	2022	34	<0,12 (0,08 - <0,16)	1	0,04
Bundesrepublik (gesamt)	2021	363	<0,13 (<0,02 - <0,32)	36	<0,13 (<0,04 - 0,50)
	2022	385	<0,13 (<0,02 - <0,63)	37	<0,11 (0,03 - 0,28)

Tabelle T II.60 Weizen, Einfuhr

Importe	Cs-137 Bq/kg FM		
	Jahr	N	Mittelwert (Bereich)
Kanada	2021	1	<0,09
	2022	2	<0,10 (<0,04 - <0,17)
Österreich	2021	3	<0,10 (<0,04 - <0,16)
	2022	2	<0,11 (0,08 - <0,15)
Tschechische Republik	2021	1	<0,14
	2022	2	<0,09 (<0,04 - <0,14)
Türkei	2021	3	<0,11 (<0,10 - <0,12)
	2022	4	<0,08 (<0,05 - <0,11)
Ukraine	2021	-	
	2022	1	<0,10
Ungarn	2021	-	
	2022	1	<0,11

Tabelle T II.61 Sonstige Getreide, Inland und Einfuhr

Produkt		Cs-137 Bq/kg FM				Sr-90 Bq/kg FM		
	Jahr	N	Mittelwert (Bereich)			N	Mittelwert (Bereich)	
Gerste	2021	111	<0,15	(<0,07 -	<0,30)	4	0,11	(0,07 - 0,17)
	2022	127	<0,13	(<0,03 -	0,23)	2	0,24	(0,13 - 0,35)
Hafer	2021	21	<0,28	(<0,10 -	1,69)	1	0,25	
	2022	29	<0,17	(<0,06 -	0,63)	1	0,17	
Mais	2021	6	<0,18	(<0,09 -	<0,28)	-		
	2022	3	<0,13	(<0,06 -	<0,20)	1	<0,03	
Reis	2021	9	<0,12	(<0,07 -	<0,19)	-		
	2022	10	<0,12	(<1,4E-5 -	<0,19)	-		
Roggen	2021	142	<0,15	(<0,03 -	0,95)	12	0,10	(0,04 - 0,17)
	2022	139	<0,14	(<0,05 -	0,92)	11	<0,13	(<0,06 - <0,27)
Triticale	2021	16	<0,26	(<0,07 -	2,15)	-		
	2022	11	<0,13	(<0,06 -	<0,27)	-		
Sonstiges Getreide	2021	6	<0,13	(<0,09 -	<0,17)	-		
	2022	9	<0,13	(<0,06 -	0,18)	-		

Tabelle T II.62 Kalbfleisch, Inland

Bundesland	Jahr	N	Cs-137 Bq/kg FM	
			Mittelwert (Bereich)	
Baden-Württemberg	2021	5	<0,17 (<0,12 - <0,22)	
	2022	7	<0,17 (0,12 - <0,21)	
Bayern	2021	6	<0,22 (<0,08 - 0,50)	
	2022	7	<0,20 (<0,12 - 0,39)	
Berlin	2021	-		
	2022	-		
Brandenburg	2021	3	0,82 (0,12 - 1,31)	
	2022	3	<0,15 (<0,08 - 0,21)	
Bremen	2021	2	0,20 (0,19 - 0,22)	
	2022	4	<0,12 (<0,07 - 0,18)	
Hamburg	2021	3	<0,22 (<0,08 - 0,31)	
	2022	3	0,22 (0,14 - 0,26)	
Hessen	2021	1	0,07	
	2022	3	<0,11 (<0,10 - <0,12)	
Mecklenburg-Vorpommern	2021	1	0,14	
	2022	1	<0,09	
Niedersachsen	2021	12	<0,19 (<0,06 - 0,60)	
	2022	7	<0,62 (<0,05 - 3,50)	
Nordrhein-Westfalen	2021	14	<0,22 (0,13 - 0,60)	
	2022	14	<0,16 (0,10 - 0,22)	
Rheinland-Pfalz	2021	1	<0,08	

Bundesland	Jahr		Cs-137 Bq/kg FM
		N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2022	2	<0,14 (<0,10 - 0,18)
	2021	3	<0,09 (<0,09 - <0,10)
	2022	2	<0,09 (<0,08 - <0,09)
Sachsen	2021	2	<0,30 (<0,15 - 0,45)
	2022	3	<0,32 (0,12 - 0,66)
Sachsen-Anhalt	2021	3	<0,17 (<0,09 - 0,28)
	2022	3	<0,15 (<0,10 - 0,18)
Schleswig-Holstein	2021	2	0,29 (0,26 - 0,32)
	2022	2	<0,15 (<0,09 - 0,20)
Thüringen	2021	4	<0,17 (<0,11 - 0,26)
	2022	4	<0,15 (<0,12 - 0,22)
Bundesrepublik (gesamt)	2021	62	<0,22 (<0,06 - 1,31)
	2022	65	<0,21 (<0,05 - 3,50)

Tabelle T II.63 Rindfleisch, Inland

Bundesland	Jahr		Cs-137 Bq/kg FM
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2021	45	<0,21 (<0,10 - 1,49)
	2022	45	<0,18 (<0,08 - 0,54)
Bayern	2021	85	<0,20 (<0,07 - 1,53)
	2022	84	<0,24 (0,05 - 2,28)
Berlin	2021	6	0,58 (0,15 - 1,18)
	2022	3	<0,20 (<0,17 - 0,25)
Brandenburg	2021	11	<2,07 (<0,07 - 12,9)
	2022	11	<2,78 (<0,08 - 19,2)
Bremen	2021	6	<0,23 (<0,07 - 0,71)
	2022	6	<0,12 (<0,06 - 0,28)
Hamburg	2021	6	<0,30 (0,08 - 0,63)
	2022	7	<0,21 (0,11 - 0,56)
Hessen	2021	12	<0,11 (0,07 - <0,15)
	2022	12	<0,11 (<0,08 - <0,16)
Mecklenburg-Vorpommern	2021	13	<0,29 (<0,06 - 1,26)
	2022	11	<0,98 (<0,08 - 7,84)
Niedersachsen	2021	52	<0,35 (<0,06 - 1,98)
	2022	55	<0,52 (<0,04 - 11,1)
Nordrhein-Westfalen	2021	55	<0,29 (<0,05 - 3,87)
	2022	55	<0,18 (0,05 - 1,04)
Rheinland-Pfalz	2021	11	<0,08 (<0,07 - <0,12)
	2022	10	<0,09 (0,06 - 0,18)
Saarland	2021	6	<0,32 (<0,11 - 0,68)
	2022	6	<0,14 (<0,09 - 0,22)

Bundesland	Jahr		Cs-137 Bq/kg FM
		N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen	2021	10	<0,45 (0,09 - 3,24)
	2022	11	<0,18 (0,09 - 0,40)
Sachsen-Anhalt	2021	12	<0,22 (<0,07 - 0,78)
	2022	12	<0,10 (0,06 - 0,17)
Schleswig-Holstein	2021	25	<0,44 (<0,10 - 4,12)
	2022	24	<0,96 (<0,07 - 11,9)
Thüringen	2021	12	<0,10 (0,05 - <0,14)
	2022	12	<0,12 (0,08 - 0,21)
Bundesrepublik (gesamt)	2021	367	<0,32 (0,05 - 12,9)
	2022	364	<0,39 (<0,04 - 19,2)

Tabelle T II.64 Schweinefleisch, Inland

Bundesland	Jahr		Cs-137 Bq/kg FM
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2021	30	<0,15 (<0,10 - <0,22)
	2022	26	<0,15 (<0,11 - <0,18)
Bayern	2021	39	<0,11 (<0,06 - <0,19)
	2022	40	<0,21 (0,07 - 1,71)
Berlin	2021	-	
	2022	1	0,23
Brandenburg	2021	15	<0,18 (<0,07 - 0,53)
	2022	17	<0,16 (<0,06 - 0,37)
Bremen	2021	8	<0,08 (0,04 - 0,15)
	2022	8	<0,07 (<0,06 - 0,10)
Hamburg	2021	6	<0,14 (<0,12 - <0,15)
	2022	6	<0,10 (0,05 - <0,15)
Hessen	2021	12	<0,11 (<0,09 - <0,16)
	2022	12	<0,11 (0,08 - <0,14)
Mecklenburg-Vorpommern	2021	7	<0,11 (<0,06 - 0,14)
	2022	12	<0,39 (<0,09 - 3,30)
Niedersachsen	2021	74	<0,15 (0,05 - <0,50)
	2022	71	<0,14 (<0,05 - 0,70)
Nordrhein-Westfalen	2021	91	<0,14 (0,07 - <0,24)
	2022	89	<0,27 (<0,06 - <10,7)
Rheinland-Pfalz	2021	10	<0,09 (<0,07 - 0,17)
	2022	9	<0,08 (0,04 - <0,10)
Saarland	2021	6	<0,11 (<0,09 - <0,14)
	2022	6	<0,10 (0,09 - 0,12)
Sachsen	2021	11	<0,13 (0,09 - 0,15)
	2022	11	<0,20 (0,07 - 0,89)

Bundesland	Jahr		Cs-137 Bq/kg FM
		N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen-Anhalt	2021	24	<0,11 (<0,07 - 0,24)
	2022	24	<0,11 (<0,07 - 0,27)
Schleswig-Holstein	2021	12	<0,10 (0,08 - 0,12)
	2022	11	<0,12 (<0,08 - <0,19)
Thüringen	2021	14	<0,13 (<0,10 - <0,20)
	2022	15	<0,12 (<0,10 - <0,13)
Bundesrepublik (gesamt)	2021	359	<0,13 (0,04 - 0,53)
	2022	358	<0,18 (0,04 - <10,7)

Tabelle T II.65 Sonstiges Fleisch, Inland und Einfuhr

Produkt	Jahr	N	Cs-137 Bq/kg FM
			Mittelwert (Bereich)
Kalbfleisch (Import)	2021	32	<0,31 (0,10 - 1,82)
	2022	34	<0,18 (<0,06 - 1,25)
Rindfleisch (Import)	2021	45	<0,13 (<0,06 - 0,59)
	2022	46	<0,15 (0,03 - 1,07)
Schweinefleisch (Import)	2021	43	<0,12 (<0,07 - <0,21)
	2022	42	<0,11 (<0,05 - <0,20)
Lamm	2021	25	<0,16 (<0,04 - 0,76)
Geflügel Ente	2021	17	<0,13 (<0,08 - <0,20)
	2022	12	<0,19 (<0,06 - 0,73)
Gans	2021	20	<0,14 (<0,04 - 0,30)
	2022	19	<0,13 (<0,06 - <0,26)
Huhn	2021	123	<0,14 (<0,06 - <0,50)
	2022	121	<0,13 (<0,04 - <0,23)
Pute	2021	44	<0,11 (<0,06 - <0,23)
	2022	45	<0,12 (<0,05 - <0,33)

Tabelle T II.66 Wild, Inland und Einfuhr

Produkt	Jahr	N	Cs-137 Bq/kg FM
			Mittelwert (Bereich)
Damwild	2021	5	<5,32(0,45 - 18,2)
	2022	7	<14,3 (0,15 - 62,8)
Hirsch	2021	10	<4,63(<0,08 - 17,4)
	2022	12	<6,52(<0,08 - 34,8)
Reh	2021	37	<18,4(<0,11 - 140)
	2022	38	<15,1(0,05 - 331)
Wildschwein	2021	183	<27,9(0,08 - 723)
	2022	202	<81,6(<0,07 - 1150)
Sonstiges Wildfleisch	2021	3	1,80(0,21 - 4,01)

Produkt	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)
	2022	1	<0,16

Tabelle T II.67 Kartoffeln, Inland

Bundesland	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM		Sr-90 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2021	7	<0,15 (<0,09 - <0,19)	1	0,04
	2022	8	<0,14 (<0,11 - <0,18)	1	<0,04
Bayern	2021	41	<0,14 (<0,10 - <0,23)	6	<0,04 (<0,01 - 0,11)
	2022	51	<0,18 (0,08 - 2,31)	2	<0,01 (0,01 - <0,01)
Berlin	2021	4	<0,16 (<0,15 - <0,17)	1	0,03
	2022	2	<0,17 (<0,14 - <0,19)	1	0,02
Brandenburg	2021	11	<0,13 (0,08 - <0,20)	1	0,01
	2022	10	<0,17 (<0,09 - <0,31)	1	<0,01
Bremen	2021	2	<0,06 (<0,04 - <0,08)		
	2022	2	<0,09 (<0,07 - <0,10)		
Hamburg	2021	2	<0,09 (0,09 - <0,10)		
	2022	2	<0,12 (<0,11 - <0,14)		
Hessen	2021	5	<0,11 (<0,07 - <0,17)	1	0,09
	2022	5	<0,10 (<0,09 - <0,11)	1	0,04
Mecklenburg-Vorpommern	2021	9	<0,10 (<0,06 - <0,15)	1	<0,02
	2022	10	<0,09 (<0,06 - <0,12)		
Niedersachsen	2021	61	<0,16 (<0,06 - 0,40)	5	<0,04 (<0,02 - <0,04)
	2022	66	<0,13 (<0,05 - <0,26)	6	<0,05 (<0,03 - <0,07)
Nordrhein-Westfalen	2021	20	<0,14 (<0,08 - <0,18)	4	<0,04 (<0,02 - 0,07)
	2022	21	<0,14 (<0,06 - <0,20)	4	<0,04 (<0,02 - 0,07)
Rheinland-Pfalz	2021	7	<0,07 (<0,06 - <0,08)		
	2022	4	<0,08 (<0,02 - <0,21)	2	0,02 (0,01 - 0,02)
Saarland	2021	2	<0,10 (<0,10 - <0,10)		
	2022	2	<0,11 (<0,10 - <0,12)		
Sachsen	2021	6	<0,11 (<0,10 - <0,12)	1	0,01
	2022	6	<0,11 (<0,09 - <0,12)	1	0,02
Sachsen-Anhalt	2021	10	<0,13 (<0,09 - 0,18)	2	0,02 (0,01 - 0,03)
	2022	9	<0,13 (<0,09 - 0,19)	2	0,03 (0,01 - 0,05)
Schleswig-Holstein	2021	5	<0,10 (<0,09 - <0,12)	1	<0,04
	2022	6	<0,11 (<0,09 - <0,17)	1	<0,04
Thüringen	2021	3	<0,11 (<0,10 - <0,12)	1	0,01
	2022	3	<0,13 (<0,12 - <0,13)	1	0,03
Bundesrepublik (gesamt)	2021	195	<0,14 (<0,04 - 0,40)	25	<0,03 (0,01 - 0,11)
	2022	207	<0,14 (<0,02 - 2,31)	23	<0,03 (0,01 - 0,07)

Tabelle T II.68 Gemüse (frisch), Inland und Einfuhr

Produkt	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM		Sr-90 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Blattgemüse	2021	677	<0,14 (<0,02-2,42)	58	<0,10 (0,01 - 0,52)
	2022	734	<0,17 (<0,02-4,74)	60	<0,09 (0,01 - 0,87)
Fruchtgemüse	2021	224	<0,13 (<0,02-0,37)	12	<0,02 (<0,01 - 0,05)
	2022	265	<0,17 (<0,01-<1,91)	16	<0,04 (<0,01 - 0,21)
Sprossgemüse	2021	250	<0,16 (<0,02-<10,5)	18	<0,04 (<0,01 - 0,10)
	2022	244	<0,13 (<0,02-<1,50)	15	<0,07 (<0,01 - 0,40)
Wurzelgemüse	2021	174	<0,13 (<0,02-<0,27)	9	0,07 (0,03 - 0,13)
	2022	166	<0,14 (0,02-1,48)	15	0,09 (0,02 - 0,26)
Kartoffeln (Import)	2021	37	<0,13 (<0,05-<0,29)	-	
	2022	36	<0,12 (<0,03-<0,23)	-	

Tabelle T II.69 Speisepilze, Inland und Einfuhr

Produkt	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)
Kulturpilze	2021	-	
	2022	9	<0,13 (<0,08 - <0,24)
Wild-Blätterpilze	2021	45	<73,5 (<0,13 - 475)
	2022	58	<34,5(<0,08 - 354)
Wild-Leisten- u. Trompetenpilze	2021*	24	33,8 (0,72 - 108)
	2022*	11	109 (2,81 - 770)
Wild-Röhrenpilze	2021	109	<49,9 (<0,16 - 542)
	2022	120	<42,5 (0,16 - 415)
Sonstige Wildpilze	2021	14	<139 (<0,16 - 402)
	2022	16	<6,60 (<0,04 - 40,3)
Wildpilzmischungen	2021	15	16,9 (2,32 - 56,3)
	2022	10	<8,08 (<0,14 - 21,0)

Tabelle T II.70 Obst und Rhabarber, Inland und Einfuhr

Produkt	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM		Sr-90 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Beerenobst					
Brombeere/Himbeere	2021	11	<0,11 (<0,03-<0,20)	1	0,05
	2022	11	<0,11 (<0,04-<0,16)	2	0,04 (0,02 - 0,06)
Erdbeeren	2021	81	<0,14 (<0,04-0,90)	5	<0,03 (0,02 - <0,04)
	2022	76	<0,13 (<0,03-1,72)	3	0,02 (0,01 - 0,03)
Johannisbeere	2021	19	<0,11 (<0,04-<0,20)	1	0,03
	2022	10	<0,11 (<0,07-<0,22)	2	0,05 (0,04 - 0,05)
Stachelbeere	2021	2	<0,10 (<0,05-<0,14)	-	
	2022	4	<0,09 (<0,05-<0,15)	-	

Produkt	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM		Sr-90 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Tafelweintruben	2021	15	<0,13 (<0,07-<0,20)	-	
	2022	12	<0,12 (<0,06-<0,21)	-	
Wald- u. Wildbeeren	2021*	30	<0,24 (<0,05-1,39)	2	<0,04 (<0,04 - <0,04)
	2022*	29	<0,54 (<0,04-6,41)	1	<0,04
Kernobst	2021	191	<0,12 (0,03-<0,29)	22	<0,02 (0,002 - <0,04)
	2022	246	<0,13 (<0,02-<1,46)	21	<0,02 (0,004 - 0,08)
Rhabarber	2021	15	<0,18 (<0,05-0,84)	2	0,16 (0,03 - 0,28)
	2022	18	<0,15 (<0,06-0,61)	2	0,11 (0,02 - 0,20)
Steinobst	2021	100	<0,12 (<0,02-<0,28)	11	<0,02 (0,01 - 0,03)
	2022	104	<0,13 (<0,04-<1,36)	8	<0,03 (0,01 - 0,07)
Zitrusfrüchte	2021	12	<0,12 (<0,04-<0,19)	-	
	2022	13	<0,10 (<0,03-<0,21)	-	
Sonstige Obstarten	2021	13	<0,13 (<0,04-<0,21)	-	
	2022	15	<0,13 (<0,08-<0,20)	-	

Tabelle T II.71 Sonstige Lebensmittel, Inland und Einfuhr

Produkt	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)
Honig	2021	42	<14,8 (<0,10 - 133)
	2022	31	<0,38 (<0,09 - 2,63)
Hülsenfrüchte, Ölsamen, Schalenobst	2021	9	<0,17 (<0,11 - 0,26)
	2022	5	<0,13 (<0,07 - <0,19)
Fleischprodukte	2021	-	
	2022	6	<0,15 (<0,11 - <0,20)
Gemüseprodukte	2021	3	<0,17 (<0,15 - <0,19)
	2022	3	<0,16 (<0,09 - <0,23)
Getreideprodukte	2021	2	<0,13 (<0,06 - <0,21)
	2022	4	<0,09 (<0,06 - <0,12)
Obstprodukte	2021	8	<0,11 (<0,08 - 0,22)
	2022	4	<0,11 (<0,09 - <0,14)
Wildpilzprodukte	2021	-	
	2022	1	<0,24

Tabelle T II.72 Arithmetische Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in ausgewählten Lebensmitteln, Inland

Jahr	Strontium-90 (Bq/kg FM)			Cäsium-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalbfleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
1960	1,2	0,56	0,09	9,6	-	-	-	0,07	3,2
1961	0,85	0,15	0,07	-	-	-	2,2	5,6	2,2
1962	0,56	0,19	0,06	12	-	-	2,6	1,0	0,48
1963	5,6	0,22	0,67	18	13	31	18	4,1	7,0

Jahr	Strontium-90 (Bq/kg FM)			Cäsium-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalbfleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
1964	7,0	0,22	0,30	36	27	39	21	2,0	5,2
1965	3,3	0,33	0,26	18	19	23	9,2	0,85	2,3
1966	2,0	0,30	0,22	8,9	11	13	5,2	0,59	1,7
1967	1,5	0,26	0,11	6,7	5,2	7,4	3,0	0,37	1,7
1968	0,85	0,16	0,11	4,8	3,3	7,8	2,1	0,59	0,59
1969	0,92	0,19	0,06	4,1	3,1	4,8	1,8	0,59	0,59
1970	1,0	0,14	0,07	3,7	2,8	5,2	1,4	0,89	0,48
1971	1,1	0,13	0,07	2,9	2,7	3,6	3,5	0,81	0,52
1972	1,0	0,13	0,07	2,9	2,2	3,3	2,0	0,89	0,37
1973	0,63	0,20	0,07	2,2	1,0	2,8	0,41	2,0	0,35
1974	1,8	0,09	0,04	2,4	1,0	1,8	1,1	0,85	0,41
1975	0,56	0,09	0,05	1,8	1,7	1,7	1,6	0,85	0,25
1976	0,44	0,11	0,04	0,81	0,70	1,3	0,30	1,0	0,37
1977	0,70	0,06	0,05	0,74	0,70	0,89	0,81	0,15	0,18
1978	0,67	0,06	0,06	1,3	1,2	1,7	0,96	0,15	0,14
1979	0,41	0,08	0,04	0,85	0,96	0,92	0,37	0,15	0,21
1980	0,39	0,08	0,04	0,70	0,67	1,1	0,26	0,55	0,12
1981	0,47	0,19	0,06	0,87	0,72	1,2	0,61	0,14	0,15
1982	0,32	0,12	0,04	1,2	0,81	1,1	0,19	0,40	0,18
1983	0,31	0,15	0,07	0,39	0,63	0,85	0,10	0,10	0,09
1984	0,31	0,07	0,10	1,2	0,32	0,43	0,06	0,05	0,07
1985	0,28	0,15	0,04	0,49	0,31	0,30	0,14	0,09	0,09
1986	0,23	0,12	0,13	50	19	41	7,1	2,9	12
1987	0,24	0,19	0,06	20	11	36	2,0	1,3	4,9
1988	0,54	0,20	0,06	7,4	3,9	10	0,91	1,2	1,4
1989	0,29	0,10	0,08	3,6	1,0	3,3	0,30	0,36	0,45
1990	0,24	0,08	0,05	1,6	0,70	1,9	0,23	0,23	0,25
1991	0,19	0,09	0,06	1,9	0,78	1,8	0,19	0,24	0,23
1992	0,19	0,07	0,05	1,8	0,84	1,4	0,16	0,27	0,18
1993	0,25	0,18	0,04	1,1	0,42	0,87	0,22	0,21	0,19
1994	0,21	0,08	0,03	0,88	0,29	0,99	0,14	0,31	0,17
1995	0,20	0,08	0,03 *	1,2	0,28	1,3	0,11	0,16	0,14 *
1996	0,19	0,07	0,03 *	1,1	0,33	1,3	0,11	0,17	0,13 *
1997	0,16	0,068	0,031 *	1,2	0,29	1,0	0,13	0,15	0,13 *
1998	<0,18	<0,06	<0,03 *	<1,05	<0,25	<1,08	<0,13	<0,16	<0,14 *
1999	<0,20	<0,04	<0,07 *	<1,05	<0,22	<0,96	<0,12	<0,14	<0,12 *
2000	<0,16	<0,05	<0,03 *	<0,85	<0,24	<1,18	<0,14	<0,16	<0,14 *
2001	<0,20	<0,04	<0,04 *	<0,81	<0,25	<0,66	<0,13	<0,15	<0,13 *
2002	<0,19	<0,04	<0,03 *	<0,77	<0,23	<1,51	<0,16	<0,16	<0,13 *
2003	0,21	<0,04	<0,02 *	<0,81	<0,20	<0,78	<0,14	<0,16	<0,13 *
2004	<0,17	<0,04	<0,02 *	<1,06	<0,23	<0,78	<0,14	<0,16	<0,13 *
2005	0,18	<0,06	<0,03 *	<1,26	<0,19	<0,66	<0,14	<0,16	<0,16 *
2006	0,16	<0,04	<0,02 *	<1,13	<0,21	<1,44	<0,15	<0,20	<0,13 *
2007	0,16	<0,05	<0,02 *	<0,65	<0,16	<1,11	<0,13	<0,17	<0,13 *
2008	0,15	<0,02	<0,02 *	<0,64	<0,19	<1,07	<0,14	<0,14	<0,12 *
2009	<0,16	<0,05	<0,02 *	<0,50	<0,22	<0,78	<0,14	<0,16	<0,12 *
2010	<0,16	<0,10	<0,02 *	<0,83	<0,20	<1,03	<0,13	<0,20	<0,13 *
2011	<0,14	<0,13	<0,02 *	<0,58	<0,24	<0,82	<0,13	<0,14	<0,13 *
2012	0,15	<0,14	<0,02 *	<0,42	<0,14	<0,39	<0,12	<0,14	<0,13 *
2013	<0,14	<0,04	<0,04 *	<0,48	<0,16	<0,53	<0,13	<0,14	<0,13 *
2014	<0,12	<0,03	<0,02 *	<0,48	<0,16	<0,46	<0,13	<0,15	<0,13 *

Jahr	Strontium-90 (Bq/kg FM)			Cäsium-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalbfleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
2015	<0,12	<0,03	<0,02 *	<0,56	<0,15	<0,87	<0,13	<0,13	<0,13 *
2016	<0,14	<0,06	<0,10 *	<0,55	<0,14	<0,70	<0,13	<0,16	<0,12 *
2017	<0,16	<0,04	<0,02 *	<0,47	<0,14	<0,35	<0,14	<0,15	<0,12 *
2018	<0,17	<0,08	<0,02 *	<0,37	<0,14	<0,51	<0,12	<0,14	<0,12 *
2019	<0,12	<0,02	<0,02 *	<0,46	<0,14	<0,31	<0,12	<0,13	<0,13 *
2020	<0,10	<0,03	<0,04 *	<0,31	<0,13	<0,30	<0,12	<0,13	<0,13 *
2021	<0,13	<0,03	<0,02 *	<0,32	<0,13	<0,22	<0,13	<0,14	<0,13 *
2022	<0,11	<0,03	<0,02 *	<0,39	<0,18	<0,21	<0,13	<0,14	<0,14 *

Tabelle T II.73 Aktivitätszufuhr von Cs-137 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung

Monat	Jahr	N	Cs-137 Bq/(d *p)	N	Sr-90 Bq/(d *p)
			d=Tag und p=Person Mittelwert (Bereich)		d=Tag und p=Person Mittelwert (Bereich)
Januar	2021	55	<0,20 (0,02 - 0,52)	13	<0,04 (0,003 - 0,11)
	2022	52	<0,19 (0,02 - 0,43)	14	<0,05 (0,003 - 0,11)
Februar	2021	49	<0,19 (<0,04 - 0,48)	2	<0,04 (0,036 - <0,04)
	2022	45	<0,21 (0,03 - 0,61)	4	<0,07 (0,031 - 0,18)
März	2021	61	<0,21 (0,03 - <0,53)	6	<0,04 (0,022 - <0,09)
	2022	56	<0,19 (<0,04 - <0,44)	5	<0,07 (0,025 - 0,20)
April	2021	55	<0,18 (<0,03 - <0,51)	13	<0,05 (0,003 - 0,20)
	2022	51	<0,19 (0,02 - <0,53)	16	<0,06 (0,001 - 0,24)
Mai	2021	51	<0,20 (0,02 - <0,55)	3	<0,06 (<0,040 - <0,10)
	2022	51	<0,24 (0,02 - 3,41)	3	<0,04 (0,038 - <0,04)
Juni	2021	58	<0,23 (0,03 - 2,00)	5	<0,04 (0,027 - 0,07)
	2022	54	<0,26 (0,03 - 1,61)	4	<0,04 (0,028 - <0,07)
Juli	2021	48	<0,62 (0,04 - 20,30)	15	<0,08 (0,022 - 0,22)
	2022	45	<0,22 (<0,04 - <0,62)	14	<0,07 (0,001 - <0,21)
August	2021	57	<0,20 (0,03 - <0,53)	3	<0,04 (0,036 - 0,05)
	2022	63	<0,22 (0,03 - 2,10)	5	<0,04 (0,016 - 0,06)
September	2021	53	<0,22 (<0,04 - <0,58)	3	0,03 (0,020 - 0,04)
	2022	45	<0,24 (<0,05 - 0,83)	3	<0,03 (<0,020 - 0,03)
Oktober	2021	50	<0,32 (<0,02 - 6,01)	14	<0,05 (0,008 - 0,13)
	2022	48	<0,22 (<0,02 - <0,47)	14	<0,05 (0,002 - 0,27)
November	2021	55	<0,22 (0,04 - 0,62)	3	<0,04 (0,032 - <0,04)
	2022	54	<0,23 (<0,02 - 1,42)	1	0,03 (0,034 - 0,03)
Dezember	2021	46	<0,22 (<0,04 - <0,55)	3	<0,03 (<0,030 - 0,03)
	2022	45	<0,23 (<0,05 - <0,46)	3	<0,04 (0,023 - 0,06)
Gesamt	2021	638	<0,25 (0,02 - 20,3)	83	<0,05 (0,003 - 0,22)
	2022	609	<0,22 (0,02 - 3,41)	86	<0,05 (0,001 - 0,27)

Tabelle T II.74 Säuglings- und Kleinkindernahrung

Monat	Jahr	N	Cs-137 Bq/kg FM	N	Sr-90 Bq/kg FM
			Mittelwert (Bereich)		Mittelwert (Bereich)
Januar	2021	21	<0,10 (<0,02 - <0,22)	8	<0,02 (0,01 - 0,02)
	2022	18	<0,10 (0,01 - 0,28)	9	<0,03 (0,01 - 0,06)
Februar	2021	20	<0,10 (<0,03 - <0,23)	5	<0,02 (0,01 - 0,02)
	2022	22	<0,08 (0,02 - <0,17)	3	<0,02 (<0,02 - 0,03)
März	2021	21	<0,10 (<0,02 - <0,20)	4	<0,05 (0,02 - <0,07)
	2022	15	<0,11 (<0,04 - 0,25)	3	0,08 (0,05 - 0,13)
April	2021	21	<0,13 (<0,02 - 0,74)	2	0,03 (0,03 - 0,04)
	2022	20	<0,10 (0,03 - 0,44)	4	<0,04 (0,01 - 0,10)
Mai	2021	22	<0,12 (<0,03 - 0,38)	-	
	2022	29	<0,08 (0,01 - <0,20)	4	<0,03 (<0,02 - 0,05)
Juni	2021	27	<0,10 (<0,01 - <0,24)	3	<0,02
	2022	21	<0,09 (<0,01 - <0,20)	-	
Juli	2021	23	<0,10 (<0,02 - <0,22)	6	0,03 (0,01 - 0,05)
	2022	23	<0,10 (<0,01 - <0,21)	8	<0,02 (0,01 - 0,03)
August	2021	21	<0,11 (0,02 - <0,32)	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	2022	22	<0,12 (<0,05 - 0,35)	3	<0,04 (0,04 - <0,05)
September	2021	22	<0,13 (0,02 - 0,77)	5	<0,04 (0,02 - 0,07)
	2022	14	<0,11 (<0,02 - <0,18)	3	0,09 (0,01 - 0,19)
Oktober	2021	18	<0,10 (0,03 - <0,22)	1	0,03 (0,03 - 0,03)
	2022	19	<0,11 (0,04 - <0,21)	2	0,02 (0,01 - 0,04)
November	2021	23	<0,10 (<0,05 - <0,18)	-	
	2022	16	<0,12 (0,03 - 0,38)	-	
Dezember	2021	12	<0,11 (0,05 - <0,22)	-	
	2022	16	<0,12 (<0,04 - 0,59)	-	
Gesamt	2021	251	<0,11 (<0,01 - 0,77)	36	<0,03 (0,01 - 0,07)
	2022	235	<0,10 (<0,01 - 0,59)	39	<0,04 (0,01 - 0,19)

Tabelle T II.75 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Gemüse

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messver- fahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	29	<0,04	22	<0,10	33	<0,03 (0,01 - <0,06)
	Sr-90	10	<0,03	7	0,03	8	<0,04 (<0,01 - <0,05)
KWO Obrigheim	Cs-137	11	<0,04	11	<0,03	10	<0,04 (<0,02 - <0,07)
	Sr-90	7	0,08	8	0,07	8	0,09 (0,02 - 0,27)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	9	<0,03	16	<0,11	15	<0,03 (<0,02 - <0,06)
	Sr-90	5	0,06	8	0,06	10	0,07 (0,02 - 0,18)
KKP Philippsburg	Cs-137	12	<0,04	20	<0,32	9	<0,03 (0,01 - 0,08)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messver- fahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Sr-90	5	0,03	5	0,03	2	<0,01 (<0,01 - 0,01)
	Cs-137	16	<0,03	15	<0,13	11	<0,04 (0,01 - 0,08)
	Sr-90	11	0,07	6	0,04	6	<0,04 (<0,02 - 0,06)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	13	<0,05	6	<0,56	9	<0,04 (<0,03 - <0,07)
	Sr-90	6	0,07	4	0,06	4	0,08 (0,01 - 0,15)
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	1	<0,05	1	0,05	1	<0,04
	Sr-90	1	0,05	1	0,06	1	0,05
KKI Isar	Cs-137	1	<0,03	1	<0,03	1	<0,02
	Sr-90	1	0,10	1	0,04	1	0,07
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	3	<0,12	3	<0,11	1	<0,14
	Sr-90	3	<0,04	3	<0,04	1	<0,04
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	<0,04	1	<0,04	1	0,06
	Sr-90	1	0,03	1	0,06	1	0,08
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	15	<0,44	14	<0,57	9	<0,32 (0,05 - 1,70)
	Sr-90	2	0,02	4	0,04	3	0,04 (0,03 - 0,05)
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	12	<0,23	12	<0,21	12	<0,18 (<0,10 - <0,29)
	Sr-90	12	<0,11	12	0,24	12	0,11 (0,02 - 0,44)
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	12	<0,05	8	<0,05	7	<0,03 (<0,01 - <0,11)
	Sr-90	12	0,03	8	<0,03	7	0,03 (0,02 - 0,05)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	7	<0,10	6	<0,11	6	<0,11 (<0,08 - 0,14)
	Sr-90	7	<0,09	6	0,13	6	<0,08 (<0,02 - 0,08)
KWG Grohnde	Cs-137	6	<0,10	5	<0,10	6	<0,09 (<0,07 - <0,10)
	Sr-90	6	<0,05	5	0,07	5	<0,08 (<0,01 - 0,20)
KKE Emsland	Cs-137	8	<0,14	8	<0,09	8	<0,11 (<0,08 - <0,13)
	Sr-90	8	<0,01	8	0,06	8	<0,03 (<0,01 - 0,08)
Schacht Konrad II ^{b)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	5	<0,13	3	<0,17	2	<0,10 (<0,06 - <0,14)
	Sr-90	5	<0,05	3	0,09	2	0,08 (0,06 - 0,09)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messver- fahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,08	3	<0,06	2	<0,31 (<0,06 - <0,56)
	Sr-90	3	0,01	3	0,02	2	0,02 (0,01 - 0,03)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	21	<1,74	4	<1,90	14	<1,60 (<1,50 - 2,83)
	Uran (Bq/kg TM)	21	<0,33	4	<0,38	14	<0,36 (<0,23 - 1,93)
	U-238 (Bq/kg TM)	a)		a)		a)	
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	3	<0,13	3	<0,15	3	<0,16 (<0,14 - <0,18)
	Sr-90	1	0,06	1	0,15	1	0,12
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,13	5	<0,13	4	<0,15 (<0,13 - <0,17)
	Sr-90	1	0,03	1	0,02	1	0,09
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	0,08	1	<0,09	1	<0,12
	Sr-90	1	0,12	1	0,11	1	0,04
KKB Brunsbüttel	Cs-137	1	<0,05	1	<0,06	1	<0,05
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,04	1	0,07	1	0,03
	Sr-90	2	0,05	1	0,11	1	0,10
a) Messwerte lagen nicht vor							
b) Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme.							

**Tabelle T II.76 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen:
Getreide**

Bundesland Kerntechnische Anlage	Messverfahr- en / Nuklid	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	2	<0,10	5	<0,48	2	<0,06 (<0,05 - <0,06)
	Sr-90	2	0,03	3	0,06	2	0,11 (0,06 - 0,15)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,04	4	<0,05	4	<0,05 (<0,03 - <0,06)
	Sr-90	a)		a)		a)	
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,05	3	<0,05	5	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	a)		a)		a)	

Bundesland Kerntechnische Anlage	Messverfahren / Nuklid	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKP Philippsburg	Cs-137	2	<0,05	3	<0,28	3	<0,05 (<0,04 - <0,07)
	Sr-90	1	0,06	1	0,05	a)	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	5	<0,04	5	<0,04	5	<0,05 (0,02 - 0,08)
	Sr-90	2	0,08	2	0,12	2	0,04 (0,04 - 0,05)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	3	<0,04	3	<0,03	3	<0,05 (<0,04 - <0,05)
	Sr-90	2	0,11	2	0,09	2	0,12 (0,11 - 0,13)
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	4	<0,02	4	<0,06	4	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	4	<0,04	4	<0,05	4	<0,06 (<0,01 - 0,13)
KKI Isar	Cs-137	5	<0,03	5	<0,03	5	<0,02 (<0,02 - <0,03)
	Sr-90	5	<0,07	5	<0,06	5	<0,07 (<0,01 - 0,14)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,10	2	<0,07	a)	
	Sr-90	2	<0,03	2	<0,02	a)	
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	<0,02	1	0,03	1	<0,03
	Sr-90	1	0,09	1	0,01	1	0,07
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	a)		a)		a)	
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	4	<0,08	3	<0,11	3	<0,11 (<0,11 - <0,11)
	Sr-90	4	0,06	3	0,10	3	0,05 (0,03 - 0,07)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	6	<0,14	6	<0,14	6	<0,16 (<0,12 - <0,18)
	Sr-90	6	0,05	6	0,06	6	<0,14 (<0,00 - 0,29)
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	2	<0,09	2	<0,09	2	<0,10 (<0,09 - <0,12)
	Sr-90	2	<0,02	2	0,45	2	<0,16 (<0,07 - 0,24)
KKE Emsland	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Schacht Konrad II ^{b)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	2	<0,19	1	<0,19	2	<0,14 (<0,13 - <0,15)
	Sr-90	2	0,06	1	0,02	2	0,09 (0,08 - 0,09)
Nordrhein-Westfalen							
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	

Bundesland Kerntechnische Anlage	Messverfahren / Nuklid	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
FZ Jülich	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	6	<1,50	6	<1,50	6	<1,50 (<1,50 - <1,50)
	Uran (Bq/kg TM)	6	<0,23	6	<0,23	6	<0,23 (<0,23 - <0,23)
	U-238 (Bq/kg TM)	a)		a)		a)	
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKW Cattenom Frankreich	Cs-137	2	<0,04	2	<0,03	1	<0,03
	Sr-90	1	0,07	1	0,10	1	0,07
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	3	<0,12	3	<0,15	2	<0,13 (<0,13 - <0,13)
	Sr-90	2	0,05	2	0,05	2	0,08 (0,06 - 0,10)
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,10	1	<0,13	1	<0,10
	Sr-90	1	0,05	1	0,10	1	0,05
KKB Brunsbüttel	Cs-137	2	<0,11	2	<0,14	2	<0,13 (<0,12 - <0,13)
	Sr-90	2	0,09	2	0,09	2	0,09 (0,08 - 0,10)
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,12	2	<0,14	2	<0,13 (<0,12 - <0,13)
	Sr-90	2	0,07	2	0,14	2	<0,09 (0,07 - <0,11)
a) Messwerte lagen nicht vor							
b) Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme.							

Tabelle T II.77 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Obst

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren en	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	5	<0,03	4	<0,03	3	<0,03 (<0,02 - 0,04)
	Sr-90	2	0,03	1	0,07	1	0,02
KWO Obrigheim	Cs-137	3	<0,04	3	<0,04	3	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	1	0,13	1	0,12	1	0,04
GKN Neckarwestheim	Cs-137	5	<0,11	9	<0,34	7	<0,04 (<0,03 - <0,05)
	Sr-90	4	0,03	2	0,03	2	0,04 (0,01 - 0,06)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	<0,05	6	<0,64	2	<0,10 (<0,03 - <0,16)
	Sr-90	2	0,02	1	0,01	1	0,02
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	<0,02	5	<0,58	3	<0,04 (<0,02 - <0,05)
	Sr-90	2	<0,01	3	<0,01	2	<0,01 (<0,01 - <0,01)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	a)		1	<0,04	a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	2	<0,03	2	<0,02	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	2	0,01	2	<0,01	2	0,01 (0,01 - 0,02)
KKI Isar	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,10	2	<0,09	1	<0,07
	Sr-90	2	<0,04	2	<0,04	1	<0,02
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	19	<0,78	19	<1,06	7	<0,08 (<0,02 - <0,17)
	Sr-90	3	0,04	2	0,09	3	0,05 (0,04 - 0,07)
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	5	<0,04	4	<0,04	4	<0,05 (<0,01 - <0,11)
	Sr-90	5	<0,01	4	0,01	4	<0,01 (<0,01 - 0,02)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	3	<0,10	3	<0,08	3	<0,08 (<0,06 - <0,10)
	Sr-90	3	<0,01	3	<0,02	3	0,06 (0,04 - 0,09)
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	a)		1	<0,10	a)	
	Sr-90	a)		1	0,04	a)	
KKE Emsland	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Schacht Konrad II ^{c)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	1	<0,06	4	<0,11	4	<0,13 (<0,10 - <0,15)
	Sr-90	1	<0,01	4	0,06	4	0,06 (0,02 - 0,10)

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	2	<0,11	1	<0,05	3	<0,10 (<0,08 - <0,14)
	Sr-90	2	0,01	1	0,03	3	0,02 (0,01 - 0,03)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	a)		2	<1,06	2	<1,50 (<1,50 - <1,50)
	Uran (Bq/kg TM)	a)		2	<0,23	2	<0,23 (<0,23 - <0,23)
	U-238 (Bq/kg TM)	a)		a)		a)	
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	5	<0,02	5	<0,02	4	<0,01 (<0,01 - <0,02)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKW Cattenom Frankreich	Cs-137	3	<0,03	3	<0,01	2	<0,01 (<0,01 - 0,01)
	Sr-90	3	<0,01	3	<0,01	2	0,01 (0,01 - 0,02)
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	<0,17	1	<0,15	1	<0,08
	Sr-90	1	0,01	a)		1	0,01
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	5	<0,12	5	<0,13	5	<0,12 (<0,08 - <0,16)
	Sr-90	4	<0,01	1	0,00	1	0,03
Schleswig-Holstein							
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,05	2	<0,04	2	<0,06 (<0,06 - <0,06)
	Sr-90	2	0,04	2	0,04	2	0,01 (0,01 - 0,02)
a) Messwerte lagen nicht vor							
c) Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme.							

Tabelle T II.78 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Kartoffeln

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	3	<0,03	4	<0,03	2	<0,07 (<0,04 - 0,10)
	Sr-90	2	<0,01	4	<0,02	1	<0,01
KWO Obrigheim	Cs-137	2	<0,05	2	<0,04	2	<0,04 (<0,03 - <0,05)
	Sr-90	a)		a)		1	0,01
GKN Neckarwestheim	Cs-137	3	<0,22	6	<0,53	2	<0,04 (<0,04 - <0,05)
	Sr-90	a)		2	0,01	2	0,01 (0,00 - 0,01)
KKP Philippsburg	Cs-137	5	<0,74	4	<0,53	1	0,04
	Sr-90	2	<0,01	1	0,01	1	<0,01

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	3	<0,05	4	<0,49	3	<0,04 (0,02 - <0,05)
	Sr-90	2	0,01	2	0,01	2	0,01 (0,01 - 0,02)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	<0,03	2	<0,03	2	<0,04 (<0,03 - <0,04)
	Sr-90	2	0,02	2	0,01	2	0,01 (0,01 - 0,01)
KKW Cattenom (Frankreich)		2	<0,03	2	<0,03	1	<0,07
		2	0,01	2	0,01	1	0,01
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	3	<0,26	4	<0,60	2	<0,15 (<0,08 - 0,23)
	Sr-90	1	0,03	2	0,03	a)	
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,08	5	<0,05	6	<0,08 (<0,02 - <0,12)
	Sr-90	6	<0,02	5	0,02	6	0,03 (0,01 - 0,10)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	1	<0,15	2	<0,14	2	<0,10 (0,07 - <0,13)
	Sr-90	1	<0,03	2	0,05	2	<0,09 (0,04 - <0,14)
KWG Grohnde	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKE Emsland	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	a)		a)		a)	
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	2	<0,10	2	<0,10	a)	
	Sr-90	2	<0,01	1	0,00	a)	

Bundesland Kerntechnische Anlage	Nuklid / Messverfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2020		2021		2022	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a)		a)		1	<0,02
	Sr-90	a)		a)		a)	
a) Messwerte lagen nicht vor							

Tabelle T II.79 Spezifische Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in ausgewählten Arzneimittel-pflanzen für das Jahr 2022

Probe	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
Bitterkleeblätter, geschnitten	Polen	970	2300
Brennnessel, geschnitten	Albanien	980	<NWG*:0,4
Islandmoos, geschnitten	Montenegro	54	8,0
Gänsefingerkraut, geschnitten	Ungarn	560	280
Lindenblüten, geschnitten	Albanien	520	0,7
* <NWG - kleiner als die Nachweisgrenze mit Angabe des Zahlenwertes für die Nachweisgrenze			

Tabelle T II.80 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Bit-terkleeblättern für die Jahre 2005 bis 2022 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
2005	Polen	930	550
2006	Polen	790	320
2007	Polen	790	220
2009	Polen	860	470
2011	Polen	960	81
2012	Polen	960	69
2013	Polen	940	35
2014	Polen	940	17
2015	Ukraine	360	11
2016	Ukraine	790	71
2018	Polen	700	56
2020	Ukraine	870	2900
2022	Polen	970	2300

Tabelle T II.81 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40, bezogen auf Trockenmasse, in Island-moos für die Jahre 2000 bis 2022 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
2000	Ungarn	72	380
2001	Bosnien-Herzegowina	66	87
2002	Polen	86	360
2003	Bosnien-Herzegowina	74	100

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
2004	Rumänien	87	460
2005	Rumänien	110	200
2006	Bosnien-Herzegowina	63	31
2007	Bosnien-Herzegowina	57	23
2009	Kroatien	66	26
2011	Serbien	58	27
2012	Bosnien-Herzegowina	59	18
2013	Russische Föderation	63	15
2014	Russische Föderation	61	16
2015	Russische Föderation	62	15
2016	Montenegro	61	12
2017	Montenegro	76	12
2018	Rumänien	73	41
2019	Montenegro	71	110
2020	Rumänien	92	72
2021	Montenegro	110	14
2022	Montenegro	54	8

Tabelle T II.82 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40, bezogen auf Trockenmasse, in Gänsefingerkraut für die Jahre 2000 bis 2022 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes

Probenjahr	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
2000	Polen	510	52
2001	Polen	540	52
2002	Polen	540	58
2003	Polen	660	53
2004	Polen	820	37
2005	Polen	480	27
2011	Polen	790	30
2012	Polen	710	33
2013	Ungarn	710	< NWG*: 0,3
2014	Ungarn	660	< NWG*: 0,3
2015	Ungarn	620	0,3
2019	Polen	380	17
2020	Polen	400	130
2021	Ungarn	680	< NWG*: 0,4
2022	Polen	560	280

* <NWG - kleiner als die Nachweisgrenze mit Angabe des Zahlenwertes für die Nachweisgrenze

Tabelle T II.83 Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2022 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
Abwasser aus Kläranlagen, Ablauf (Bq/l)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	14	1,2	3,3		<1,6	<1,6
	Co-60	20	20				<0,075	<0,073
	I-131	20	14	0,1	3,2		0,1	<0,11
	Cs-137	20	20				<0,072	<0,067
	Sr-90	4	4				<0,1	<0,1
	U-234	4	2	0,00059	0,0024	0,0015	<0,1	<0,1
	U-235	4	4				<0,05	<0,1
	U-238	4	3			0,002	<0,1	<0,1
Hamburg	K-40	4	2	0,95	1,6	1,3	0,95	<1,3
	Co-60	4	4				<0,053	<0,054
	I-131	4	1	0,065	0,25	0,16	0,12	0,16
	Cs-137	4	4				<0,052	<0,057
	Sr-90	4	0	0,0028	0,0072	0,0054	0,0057	0,003
	U-234	4	0	8,7E-05	0,00025	0,00018	0,00018	0,00022
	U-235	4	3			2,1E-05	<3,6E-05	<2,8E-05
	U-238	4	1	6,1E-05	0,00012	9,9E-05	0,00012	8,6E-05
Niedersachsen	K-40	40	6	0,31	1,1	0,72	0,69	0,76
	Co-60	40	40				<0,024	<0,033
	I-131	40	29	0,035	0,15		0,047	<0,068
	Cs-137	40	40				<0,021	<0,03
	Sr-90	2	2				<0,014	<0,047
	U-234	4	0	0,001	0,0029	0,0015	0,0011	0,0025
	U-235	4	4				<0,00077	<0,00077
	U-238	4	0	0,00061	0,0024	0,0013	0,0011	0,0025
Bremen	K-40	8	1	0,48	1,6	0,98	0,91	0,81
	Co-60	8	8				<0,038	<0,04
	I-131	8	2	0,034	1,2	0,24	<0,06	0,062
	Cs-137	8	8				<0,051	<0,044
	Sr-90	4	1	0,0074	0,044	0,022	0,011	
	U-234	4	3			0,002	<0,0015	0,0014
	U-235	4	4				<0,0021	<0,0025
	U-238	4	2	0,00078	0,0022	0,0015	<0,0016	0,0013
Nordrhein-Westfalen	K-40	39	29	0,42	3,4		<1,4	<1,3
	Co-60	39	39				<0,075	<0,066
	I-131	39	33	0,077	0,3		<0,092	<0,11
	Cs-137	39	38			0,16	<0,078	<0,074
	Sr-90	4	0	0,0068	0,037	0,015	0,0078	0,02
	U-234	4	2	0,002	0,008	0,005	<0,005	0,0071
	U-235	4	4				<0,0015	<0,0024
	U-238	4	2	0,001	0,005	0,003	<0,005	0,005
Hessen	K-40	20	13	0,33	1,2		<0,88	<0,71
	Co-60	20	20				<0,035	<0,033
	I-131	20	17	0,076	0,21		0,079	<0,061
	Cs-137	20	20				<0,04	<0,039
	Sr-90	4	2	0,018	0,023	0,021	0,018	0,012
	U-234	4	0	0,0049	0,022	0,011	0,0077	0,012
	U-235	4	0	0,00021	0,00081	0,00042	0,00033	<0,00059
	U-238	4	0	0,0038	0,015	0,0071	0,0051	0,0088
Rheinland-Pfalz	K-40	20	5	0,66	2,0	1,3	1,2	0,7
	Co-60	20	20				<0,052	<0,012
	I-131	20	17	0,03	0,38		<0,06	<0,024
	Cs-137	20	20				<0,049	<0,011
	Sr-90	4	1	0,0012	0,0019	0,0015	0,0014	0,0013
	U-234	4	0	0,0078	0,011	0,0093	0,0093	0,0098

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
Baden-Württemberg	U-235	4	4				<0,002	<0,0015
	U-238	4	0	0,0059	0,011	0,0085	0,0085	0,0099
	K-40	40	3	0,23	0,71	0,47	0,47	0,43
	Co-60	40	40				<0,0087	<0,0092
	I-131	4	4				<0,18	<0,45
	Cs-137	40	40				<0,0083	<0,0087
	Sr-90	4	4				<0,0065	<0,004
	U-234	4	0	0,0034	0,0051	0,004	0,0038	0,0067
Bayern	U-235	4	4				<0,00057	<0,00037
	U-238	4	0	0,0025	0,0041	0,0035	0,0038	0,0052
	K-40	51	38	0,5	2,6		<1,3	<1,2
	Co-60	51	51				<0,071	<0,071
	I-131	51	42	0,044	1,0		<0,16	<0,14
	Cs-137	51	51				<0,076	<0,073
	Sr-90	4	2	0,005	0,041	0,023	<0,0054	0,0045
	U-234	5	0	0,0021	0,011	0,0071	0,0086	0,0051
Saarland	U-235	5	5				<0,0022	<0,0017
	U-238	5	0	0,002	0,012	0,0064	0,0068	0,0046
	K-40	8	3	0,44	0,82	0,69	0,74	0,67
	Co-60	8	8				<0,023	<0,016
	I-131	8	5	0,15	0,29		0,29	<0,23
	Cs-137	8	8				<0,025	<0,017
	Sr-90	4	4				<0,02	<0,02
	U-234	4	4				<0,0048	<0,0056
Berlin	U-235	4	4				<0,003	<0,0036
	U-238	4	4				<0,0031	<0,0036
	K-40	4	0	0,87	1,0	0,95	0,95	0,85
	Co-60	4	4				<0,0047	<0,0045
	I-131	12	10	0,1	0,13		<0,2	<0,21
	Cs-137	4	4				<0,0046	<0,0045
	Sr-90	4	0	0,0032	0,0037	0,0034	0,0034	0,0026
	U-234	4	0	0,00092	0,0018	0,0014	0,0015	0,0018
Brandenburg	U-235	4	2	6,2E-05	0,00021	0,00013	<8,2E-05	8,7E-05
	U-238	4	0	0,00091	0,0015	0,0013	0,0013	0,0016
	K-40	26	5	0,88	1,4	1,1	1,1	1,0
	Co-60	26	26				<0,015	<0,017
	I-131	44	32	0,037	0,7		0,16	<0,18
	Cs-137	26	26				<0,014	<0,014
	Sr-90	9	1	0,0016	0,004	0,0025	0,0022	0,002
	U-234	9	3	0,00024	0,0006	0,00039	<0,0004	<0,0003
Mecklenburg-Vorpommern	U-235	9	9				<0,00041	<0,00026
	U-238	9	5	0,0002	0,00058		0,0004	<0,00028
	K-40	20	0	0,52	1,1	0,82	0,81	0,95
	Co-60	20	20				<0,013	<0,011
	I-131	20	17	0,087	0,22		<0,16	<0,029
	Cs-137	20	20				<0,011	<0,0098
	Sr-90	2	2				<0,024	<0,0043
	U-234	5	4			0,0073	0,0073	<0,01
Sachsen	U-235	5	5				<0,0048	<0,0051
	U-238	5	4			0,0036	<0,004	0,0068
	K-40	20	13	0,6	1,1		<0,94	<0,98
	Co-60	20	20				<0,081	<0,083
	I-131	20	12	0,058	0,13		<0,091	<0,13
	Cs-137	20	19			0,092	<0,075	<0,076
	Sr-90	4	2	0,011	0,012	0,012	<0,013	<0,013
	U-234	4	0	0,0021	0,0076	0,0037	0,0026	0,0058
Sachsen	U-235	4	4				<0,00086	<0,0016
	U-238	4	0	0,0013	0,0081	0,0035	0,0023	0,0055

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
Sachsen-Anhalt	K-40	19	4	0,1	0,79	0,44	0,38	0,61
	Co-60	19	19				<0,0086	<0,0086
	I-131	19	12	0,0087	0,13		<0,012	<0,011
	Cs-137	19	19				<0,0075	<0,0076
	Sr-90	4	3			0,0083	<0,0027	0,0072
	U-234	4	4				<0,00065	<0,00075
	U-235	4	4				<0,00063	<0,00041
	U-238	4	4				<0,0006	<0,0007
Thüringen	K-40	20	17	0,92	1,7		1,7	<1,6
	Co-60	20	20				<0,085	<0,086
	I-131	20	17	0,087	0,17		<0,098	<0,099
	Cs-137	20	20				<0,085	<0,085
	Sr-90	4	4				<0,0097	<0,0088
	U-234	4	0	0,01	0,074	0,04	0,039	0,022
	U-235	4	2	0,0022	0,0029	0,0026	<0,025	0,0016
	U-238	4	0	0,0037	0,04	0,022	0,023	0,012
Bundesrepublik Deutschland	K-40	359	153	0,1	3,4	0,85	0,92	0,91
	Co-60	359	359				<0,039	<0,034
	I-131	349	264	0,0087	3,2		<0,095	<0,097
	Cs-137	359	357	0,092	0,16		<0,041	<0,036
	Sr-90	65	32	0,0012	0,044	0,0092	0,0073	<0,006
	U-234	71	22	8,7E-05	0,074	0,007	0,0031	0,0043
	U-235	71	62	2,1E-05	0,0029		<0,00088	<0,00082
	U-238	71	25	6,1E-05	0,04	0,0052	0,0025	0,0031
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	1	40	120	77	75	63
	Co-60	20	20				<1,6	<1,1
	I-131	20	3	3,6	480	70	24	15
	Cs-137	20	20				<2,1	<1,8
	Sr-90	4	2	3,2	3,6	3,4	<5,0	<5,0
	U-234	4	0	7,6	14	9,7	8,9	10
	U-235	4	2	0,34	0,43	0,39	<5,0	<5,0
	U-238	4	0	7,1	10	8,3	8,0	9,1
Hamburg	K-40	8	0	110	450	280	300	120
	Co-60	8	8				<1,4	<0,4
	I-131	8	0	8,6	44	19	17	18
	Cs-137	8	4	0,37	1,0	0,62	<2,0	0,59
	Sr-90	4	0	0,57	1,0	0,74	0,4	0,83
	U-234	4	0	14	25	17	16	13
	U-235	4	0	0,58	0,9	0,71	0,68	0,57
	U-238	4	0	12	21	15	14	12
Niedersachsen	K-40	40	2	42	1 100	230	98	94
	Co-60	40	40				<1,4	<1,6
	I-131	40	4	1,5	170	35	14	18
	Cs-137	40	26	0,55	6,5		<1,5	<1,6
	Sr-90	3	2			1,7	<2,9	<4,0
	U-234	4	0	4,8	33	19	18	24
	U-235	4	0	0,19	1,1	0,65	0,68	0,72
	U-238	4	0	4,4	25	15	15	19
Bremen	K-40	8	0	340	410	370	370	310
	Co-60	8	8				<1,6	<1,9
	I-131	8	0	12	93	44	41	39
	Cs-137	8	5	1,2	3,3		1,9	<2,2
	Sr-90	2	0	0,99	1,4	1,2	1,2	
	U-234	0	0					8,5
	U-235	0	0					<0,69
	U-238	0	0					7,8

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	0	33	410	160	110	120
	Co-60	40	40				<0,46	<0,37
	I-131	40	1	2,3	930	58	25	28
	Cs-137	40	9	0,56	6,0	1,6	1,4	1,6
	Sr-90	4	0	0,96	1,7	1,2	1,2	1,8
	U-234	4	0	32	56	45	46	44
	U-235	4	0	1,4	2,4	2,0	2,2	1,5
	U-238	4	0	20	36	31	35	33
Hessen	K-40	20	0	93	190	130	120	130
	Co-60	20	20				<0,68	<0,75
	I-131	19	1	4,3	130	31	12	15
	Cs-137	20	8	0,96	2,7	1,6	<1,2	<1,5
	Sr-90	4	0	0,46	1,3	0,76	0,64	0,77
	U-234	4	0	33	140	92	96	100
	U-235	4	0	1,2	5,9	3,3	3,1	3,2
	U-238	4	0	25	90	63	68	71
Rheinland-Pfalz	K-40	20	0	92	210	160	170	170
	Co-60	20	20				<0,26	<0,28
	I-131	20	4	1,8	210	27	11	8,8
	Cs-137	20	2	0,29	3,3	1,5	1,3	1,6
	Sr-90	3	0	0,53	1,3	0,82	0,62	0,7
	U-234	4	0	47	92	63	56	71
	U-235	4	0	1,3	1,9	1,6	1,6	2,1
	U-238	4	0	32	48	40	40	48
Baden-Württemberg	K-40	40	0	68	300	160	150	150
	Co-60	40	40				<0,46	<0,42
	I-131	2	0	53	96	75	75	<15
	Cs-137	40	0	0,91	31	6,4	3,5	4,2
	Sr-90	2	0	0,52	0,53	0,53	0,53	
	U-234	4	0	29	51	39	37	
	U-235	4	0	1,3	2,2	1,6	1,5	
	U-238	4	0	24	46	33	30	
Baden-Württemberg (West ³)	Co-60	28	28				<0,46	<0,42
	Cs-137	28	0	0,91	18	3,9	2,2	2,4
	Sr-90	1	0			0,52	0,52	
Baden-Württemberg (Ost ⁴)	Co-60	12	12				<0,47	<0,43
	Cs-137	12	0	4,5	31	12	10	16
	Sr-90	1	0			0,53	0,53	
Bayern	K-40	50	0	57	760	220	180	180
	Co-60	50	50				<1,0	<1,1
	I-131	49	12	0,84	140	40	25	<27
	Cs-137	50	6	1,0	17	5,0	3,3	3,3
	Sr-90	4	0	1,8	8,9	5,3	5,3	2,7
	U-234	4	0	34	86	55	51	120
	U-235	11	1	1,3	6,8	3,7	3,7	<6,1
	U-238	4	0	30	76	51	48	110
Bayern (Nord ³)	Co-60	22	22				<1,2	<1,1
	Cs-137	22	4	1,0	5,0	2,9	2,4	2,7
	Sr-90	2	0	8,3	8,9	8,6	8,6	5,1
Bayern (Süd ⁴)	Co-60	28	28				<0,95	<1,1
	Cs-137	28	2	1,4	17	6,5	5,4	5,0
	Sr-90	2	0	1,8	2,2	2,0	2,0	1,9
Saarland	K-40	8	0	82	240	160	160	100
	Co-60	8	8				<0,35	<0,38
	I-131	8	0	1,6	65	29	25	22
	Cs-137	8	0	0,51	6,1	2,6	1,9	0,88
	Sr-90	4	0	1,2	7,4	4,1	3,9	1,8

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
	U-234	4	0	48	65	58	60	79
	U-235	4	0	2,2	3,4	2,6	2,4	2,7
	U-238	4	0	32	48	40	40	53
Berlin	K-40	12	0	44	73	58	59	64
	Co-60	12	12				<0,79	<1,0
	I-131	12	0	17	170	61	56	60
	Cs-137	12	10	0,39	0,45		<0,86	0,95
	Sr-90	2	0	0,96	1,7	1,3	1,3	1,1
	U-234	2	0	11	12	11	11	11
	U-235	2	0	0,4	0,41	0,4	0,4	0,49
	U-238	2	0	8,9	10	9,5	9,5	9,4
Brandenburg	K-40	42	0	34	170	81	79	78
	Co-60	42	42				<0,33	<0,3
	I-131	42	0	5,2	99	48	45	51
	Cs-137	42	10	0,22	2,9	0,69	0,57	0,73
	Sr-90	7	0	0,72	2,3	1,4	1,5	1,4
	U-234	7	0	10	21	16	17	10
	U-235	7	1	0,62	1,0	0,74	0,7	0,87
	U-238	7	0	11	21	15	15	10
Mecklenburg- Vorpommern	K-40	20	0	52	240	110	110	110
	Co-60	20	20				<1,1	<0,43
	I-131	20	6	3,5	390	70	22	37
	Cs-137	20	12	0,44	2,0		1,9	<1,2
	Sr-90	3	2			17	<1,8	<2,5
	U-234	4	0	13	15	14	13	15
	U-235	4	4				<1,4	<1,0
	U-238	4	0	8,3	19	13	13	15
Sachsen	K-40	20	0	79	200	130	130	120
	Co-60	20	20				<0,36	<0,84
	I-131	20	0	2,5	49	23	20	25
	Cs-137	20	2	0,39	3,1	1,3	1,3	<1,5
	Sr-90	4	0	1,1	1,6	1,4	1,4	1,6
	U-234	4	0	28	100	64	63	90
	U-235	4	0	1,8	3,5	2,4	2,1	<2,2
	U-238	4	0	30	98	59	54	81
Sachsen-Anhalt	K-40	19	0	62	260	140	120	120
	Co-60	19	19				<0,44	<0,47
	I-131	19	3	1,4	120	18	5,2	7,4
	Cs-137	19	3	0,34	4,8	1,4	0,81	0,86
	Sr-90	4	0	0,64	2,1	1,3	1,2	0,74
	U-234	4	0	67	110	88	84	98
	U-235	4	4				<0,43	3,6
	U-238	4	0	50	100	69	62	71
Thüringen	K-40	20	0	86	340	180	170	180
	Co-60	20	20				<0,5	<0,55
	I-131	20	6	7,1	120	36	13	13
	Cs-137	20	1	0,51	3,2	1,5	1,1	1,4
	Sr-90	4	0	0,64	0,83	0,73	0,72	0,67
	U-234	4	0	65	120	91	91	110
	U-235	4	0	2,2	4,7	3,6	3,8	3,2
	U-238	4	0	38	65	52	52	62
Bundesrepublik Deutschland	K-40	387	3	33	1 100	160	120	120
	Co-60	387	387				<0,68	<0,64
	I-131	347	40	0,84	930	42	23	22
	Cs-137	387	118	0,22	31	2,8	<1,7	1,6
	Sr-90	58	6	0,46	17	2,0	1,3	<1,4
	U-234	61	0	4,8	140	45	35	33
	U-235	68	12	0,19	6,8	2,1	<1,6	2,1

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
	U-238	61	0	4,4	100	34	30	33
Bundesrepublik Deutschland (Nord ³)	Co-60	347	347				<0,63	<0,61
	Cs-137	347	116	0,22	18	1,8	1,5	1,5
	Sr-90	55	6	0,46	17	2,1	1,3	<1,3
Bundesrepublik Deutschland (Süd ⁴)	Co-60	40	40				<0,83	<0,86
	Cs-137	40	2	1,4	31	8,4	6,7	6,1
	Sr-90	3	0	0,53	2,2	1,5	1,8	1,9
¹ Minimal- und Maximalwert beziehen sich auf tatsächliche Messwerte. Der aus dieser Datenbasis berechnete arithmetische Mittelwert wird nur angegeben, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind. ² Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden. ³ Nördlich bzw. westlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel ⁴ Südlich bzw. östlich der Linie Radolfzell-Eichstätt-Regensburg-Zwiesel								

Tabelle T II.84 Überwachung von Abfällen

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel ¹ -/ Einzelwert	Median ²	Median ²
Sickerwasser (Bq/l)								
alle Länder	H-3	64	12	4,0	210	32	16	14
	K-40	64	7	0,32	59	16	11	9,9
	Co-60	64	64				<0,036	<0,032
	I-131	56	56				<0,078	<0,072
	Cs-137	64	45	0,003	0,14		<0,04	0,04
Nord ³	Cs-137	59	43	0,003	0,14			
Süd ⁴	Cs-137	5	2	0,07	0,089			
Flugasche / Filterstaub (Bq/kg TM)								
alle Länder	K-40	49	0	320	3500	1300	1300	1100
	Co-60	49	49				<0,4	<0,37
	I-131	48	36	0,51	150		<0,8	<0,74
	Cs-137	49	2	1,5	100	25	15	16
Nord ³	Cs-137	42	2	1,5	54			
Süd ⁴	Cs-137	7	0	31	100			
Schlacke (Bq/kg TM)								
alle Länder	K-40	80	0	95	940	300	280	280
	Co-60	80	80				<0,22	<0,23
	I-131	76	62	2,7	20		<0,66	<0,36
	Cs-137	80	3	0,15	16	2,3	1,4	1,4
Nord ³	Cs-137	73	3	0,15	5,9			
Süd ⁴	Cs-137	7	0	2,5	16			
feste Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/kg TM)								
alle Länder	K-40	51	1	2,7	1700	440	120	260
	Co-60	51	51				<0,28	<0,3
	I-131	46	16	0,09	170	19	<1,1	1,6
	Cs-137	51	18	0,17	43	11	<1,4	1,8
Nord ³	Cs-137	50	18	0,17	43			

		2022						2021
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel ¹ -/ Einzelwert	Median ²	Median ²
Süd ⁴	Cs-137	1	0			2,8		
flüssige Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/l)								
alle Länder	K-40	32	9	0,72	360	48	5,8	7,7
	Co-60	32	32				<0,071	<0,071
	I-131	32	7	0,14	380	38	2,0	1,0
	Cs-137	32	19	0,031	2,2		<0,83	<0,091
	Cs-137	30	17	0,031	2,2			
Nord ³								
Süd ⁴	Cs-137	2	2					
Kompost (Bq/kg TM)								
Alle Länder	K-40	71	0	140	870	470	470	480
	Co-60	71	71				<0,3	<0,29
	I-131	53	53				<0,55	<0,42
	Cs-137	71	1	1,0	21	4,8	4,1	4,1
Nord ³	Cs-137	67	1	1,0	10			
Süd ⁴	Cs-137	4	0	3,8	21			
1 Minimal- und Maximalwert beziehen sich auf tatsächliche Messwerte. Der aus dieser Datenbasis berechnete arithmetische Mittelwert wird nur angegeben, sofern mindestens 50 % der Ergebnisse tatsächliche Messwerte sind. 2 Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden. 3 Nördlich bzw. westlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel 4 Südlich bzw. östlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel								

III. Tabellen zur beruflichen Strahlenexposition

- in diesem Bereich gibt es keine Tabellen -

IV. Tabellen zur medizinischen Strahlenexposition

Tabelle T IV.1 Typische Werte für die effektive Dosis häufiger Röntgenmaßnahmen

Untersuchungsart	effektive Dosis in mSv
Untersuchungen mit Röntgenaufnahmen	
Zahnaufnahme	<0,01
untere Extremitäten (Gliedermaßen)	0,01 - 0,1
Schädelaufnahme	<0,01 - 0,03
Halswirbelsäule in 2 Ebenen	0,1 - 0,2
Brustkorb (Thorax), 1 Aufnahme	0,01 - 0,1
Mammographie beidseits in je 2 Ebenen	0,5 - 0,7
Brustwirbelsäule in 2 Ebenen	0,1 - 0,3
Lendenwirbelsäule in 2 Ebenen	0,3 - 0,6
Beckenübersicht	0,1 - 0,3
Bauchraum (Abdomenübersicht)	0,2 - 0,4
Röntgenuntersuchungen mit Aufnahmen und Durchleuchtung	
Darm (Dünndarm bzw. Kolonkontrasteinlauf)	2 - 4
Koronarangiographie	3 - 5
PTCA (perkutane transluminale koronare Angiographie zur Herzkranzgefäßweiterung)	5 - 10
Bein-Becken-Phlebographie (ein Bein)	0,1 - 0,3
Becken-Bein-Arteriographie	1 - 4
CT-Untersuchungen	
Hirnschädel	1 - 1,5
Lendenwirbelsäule:	
LWS Bandscheibe	4 - 8
LWS Knochen	3 - 5
Brustkorb (Thorax)	4 - 6
Bauchraum (Abdomen plus Becken)	5 - 8

Tabelle T IV.2 Anzahl der im Jahr 2016 durchgeführten Strahlentherapien

EBM (ambulant, gesetzlich versichert)	368 000	79 %
GOÄ (ambulant, privat versichert)	53 000	11 %
OPS (Stationär, gesetzlich und privat versichert)	48 000	10 %
Summe	469 000	100 %

Tabelle T IV.3 Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse im Jahr 2022 mit Abschlussmeldung

Medizinisches Fachgebiet	Anzahl der Vorkommnisse
Röntgendiagnostik (einschließlich Röntgendurchleuchtung)	78
Interventionen (zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken)	6
Therapie mit ionisierender Strahlung und umschlossenen radioaktiven Stoffen	48
Nuklearmedizin (Diagnostik und Therapie)	1

V. Tabellen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung

Tabelle T V.1 Einfuhr radioaktiver Stoffe nach Deutschland - ohne radioaktive Abfälle

Jahr	Radionuklide ohne umschlossene Quellen ab A1/100 (GBq)	umschlossene Quellen ab A1/100 (GBq)	Gesamteinfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2010	578 964	32 783 390	33 362 734	6 204 450
2011	448 512	25 170 470	25 622 149	5 550 891
2012	289 541	48 678 600	48 968 143	4 701 992
2013	429 556	50 145 023	50 574 534	5 361 347
2014	273 682	61 174 877	61 448 525	3 976 324
2015	2 124 094	51 344 557	53 468 651	3 325 377
2016	3 920 877	114 183 613	118 129 212	4 698 422
2017	53 337	138 255 331	138 308 668	4 116 212
2018	1 995 553	76 556 076	78 551 629	4 182 210
Jahr	Radionuklide ohne HRQ (GBq)	umschlossene hochradioaktive Quellen HRQ (GBq)	Gesamteinfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2019	284 281	37 425 403	37 709 685	3 528 424
2020	283 996	78 030 569	78 314 565	4 317 212
2021	301 532	59 992 371	60 293 903	2 962 623
2022	4 828 822	10 768 220	15 597 042	2 585 660

Tabelle T V.2 Ausfuhr radioaktiver Stoffe aus Deutschland - ohne radioaktive Abfälle

Jahr	Radionuklide ohne umschlossene Quellen ab A1/100 (GBq)	umschlossene Quellen ab A1/100 (GBq)	Gesamtausfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2010	102 567	5 671 642	5 774 155	4 032 449
2011	115 285	2 053 722	2 168 993	3 338 873
2012	121 877	3 187 561	3 309 422	4 372 018
2013	106 189	4 518 028	4 624 175	1 683 737
2014	121 035	1 779 279	1 900 294	1 861 879
2015	95 633	1 862 494	1 958 127	1 187 779
2016	110 844	2 844 413	2 955 286	885 891
2017	73 987	9 858 401	9 932 388	941 521
2018	2 970 938	2 162 711	5 133 649	835 530
Jahr	Radionuklide ohne HRQ (GBq)	umschlossene hochradioaktive Quellen HRQ (GBq)	Gesamtausfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2019	209 123	1 897 066	2 106 189	6 949 267
2020	396 084	1 915 912	2 311 996	6 562 399
2021	2 869 197	5 148 335	8 017 531	791 259

Jahr	Radionuklide ohne umschlossene Quellen ab A1/100 (GBq)	umschlossene Quellen ab A1/100 (GBq)	Gesamtausfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2022	496 120	1 509 159	2 005 279	727 278

Tabelle T V.3 Einfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2022

a)

Versenderland	Aktivität in GBq								
	H-3	C-14	P-32	P-33	S-35	Fe-55	Co-57	Ni-63	Ge-68+*
Algerien									
Australien			162,0						
Belarus						203,5			
Indien									0,4
Israel									1,2
Japan		0,0						19,4	
Jordanien									
Kanada	2 785 650,9								45,5
Norwegen	400,0								
Russische Föderation	3,0	333,7					12,2		1 150,9
Saudi-Arabien									
Schweiz	20 294,9	46,3							1,1
Singapur									1,0
Südafrika					0,4				24,1
Türkei									
Usbekistan			2.220,0	444,0	481,0				
Vereinigte Staaten	68,7	146,1	11,6		0,3	0,0	106,2	1 015,5	25 028,7
Vereinigtes Königreich		183,7						1,6	8,4
Volksrepublik China								30,5	6,8
sonstige Länder									5,97
Summe	2 806 417,4	709,82	2 393,6	444,0	481,7	203,5	118,4	1 067,0	26 273,9

* „+“ kennzeichnet Mutternuklide, für die die in Tabelle 2 1 Anhang 4 StrlSchV gelisteten Tochternuklide vollständig durch das Mutternuklid abgedeckt sind

b)

Versenderland	Aktivität in GBq								
	Se-75	Kr-85	Mo-99+	I-125	I-131	Cs-137+	Pm-147	Ho-166	
Algerien	114,6								
Australien		92,5							
Belarus									
Indien	3 839,9	4,6				37,6	25,0		
Israel	77,2	0,0							212,0
Japan		169,8				0,4			
Jordanien		0,0						104,4	
Kanada		0,0		10 212,0				2 023,5	130 226,9
Norwegen		0,0					3,7		
Russische Föderation	227 293,0	7 437,0							
Saudi-Arabien	640,6								
Schweiz	60,6	43,1				15,4			
Singapur		46,3				47,5			
Südafrika	4 680,4	0,0			134 151,0				160 272,8
Türkei		0,0	23 905,1		3 473,6				1 421,1
Usbekistan		0,0		9 990,0					499,5
Vereinigte Staaten	558,6	12 474,6				39,9	2 781,8		569 866,1
Vereinigtes Königreich	3 300,0	64,8		0,5					
Volksrepublik China	395,9	18 259,5							
sonstige Länder	130,26	131,7		0,0		53,6	18,5		32,0
Summe	241 091,1	38 723,8	23 905,1	20 202,6	137 624,6	194,4	2 829,0	2 127,9	862 530,4

c)

Versenderland	Aktivität in GBq								Summe
	W-188+	Ir-192	Co-60	Am-241	Cu-64	Y-169	Yb-175	sonstige Radionuklide	
Algerien		137,0							251,6
Australien								0,8	255,3
Belarus									203,5
Indien			87,2					0,6	3 995,2
Israel								0,5	291,0
Japan			114,6						304,2
Jordanien								0,1	104,5
Kanada		0,0			247,0	226,0	11 821,4	20,9	2 940 474,2
Norwegen								25,1	428,8
Russische Föderation		643 809,0	28,1	0,0				16,0	880 082,9
Saudi-Arabien			3,1	0,0					643,7
Schweiz		0,0	0,0	153,9				25,6	20 640,8
Singapur			0,1	0,1				33,6	128,5
Südafrika				0,0				1,9	299 130,4
Türkei								3,2	28 803,2

Versenderland	Aktivität in GBq								Summe
	W-188+	Ir-192	Co-60	Am-241	Cu-64	Y-169	Yb-175	sonstige Radionuklide	
Usbekistan									13 634,5
Vereinigte Staaten	807,8		0,2	9,6			2 654,0	42,3	615 611,8
Vereinigtes Königreich			0,1	0,1				0,0	3 559,2
Volksrepublik China		1 058,6						0,0	19 751,3
sonstige Länder		40,0	112,0	0,0				3,4	527,5
Summe	807,8	645 044,6	345,3	163,6	247,0	226,0	14 475,4	174,3	4 828 822,2

Tabelle T V.4 Einfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2022

Versenderland	Aktivität in GBq					
	Co-60	Se-75	Cs-137+	Ir-192	AM-241	Summe
Australien			1 800,0			1 800,0
Belarus	5 115,9					5 115,9
Chile	105 800,0					105 800,0
Indien	35,6	2 530,7				2 566,4
Indonesien	180 800,0					180 800,0
Japan	69,7					69,7
Kanada				1 491,8		1 491,8
Malaysia					222,0	222,0
Philippinen	181,3					181,3
Republik Korea		375,0				375,0
Russische Föderation		2 284 086,0		227 293,0		2 511,379,0
Saudi-Arabien		1 195,8				1 195,8
Schweiz		2 766,6	99 200,0	1 829,2		103 795,8
Südafrika	39,7	1 572,4				1 612,1
Thailand	145 455,0					145 455,0
Vereinigte Staaten	7 576,0	88 985,0		13 975,7		110 536,7
Vereinigtes Königreich	7 399 854,0	1 000,0	124 771,0			7 525 625,0
Volksrepublik China		4 559,5		65 638,7		70 198,2
Summe	7 844 927,2	2.387 071,0	225 771,0	310 228,5	222,0	10 768 219,7

Tabelle T V.5 Einfuhr von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in kg im Jahr 2022

Versenderland	Einfuhr in kg				Summe
	Transport- und Abschirmbehälter (abger. Uran)	sonstiges abger. Uran	Natururan	anger. Uran Anreicherungsgrad ≤ 10 %	
Frankreich				72 319,2	72 319,2
Kanada	37,5		1 945 169,0		1 945 206,5
Niederlande				83 414,7	83 414,7
Russische Föderation	1 254,1			36 593,3	37 847,3
USA	555,3		435 289,0	62,9	435 907,2
sonstige Länder	10 964,6				10 964,6

Versenderland	Einfuhr in kg				
	Transport- und Abschirmbehälter (abger. Uran)	sonstiges abger. Uran	Natururan	anger. Uran Anreicherungsgrad ≤ 10 %	Summe
Summe in kg	12 811,5		2 380 458,0	192 390,1	2 585 659,5

Tabelle T V.6 Ausfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2022

a)

Empfängerland	Aktivität in GBq								
	C-14	F-18	Co-60	Ni-63	Ge-68+	Kr-85	Kr-85m	Sr-90+	RA-226+
Ägypten	0,0	0,0	9,1	0,0	1,9	19,8	0,0	0,0	0,0
Argentinien	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0
Australien	0,0	0,0	18,7	0,0	7,6	92,5	0,0	1,6	0,0
Bangladesch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bosnien u. Herzegowina	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Brasilien	0,0	0,0	0,9	0,0	32,3	151,7	0,0	0,4	0,0
Chile	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	11,1	0,0	0,0	0,0
Hongkong	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Indien	0,0	0,0	57,0	27,2	60,2	392,2	0,0	0,0	0,0
Indonesien	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Israel	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Japan	0,5	0,0	18,5	375,2	20,0	162 131,8	0,0	1,5	0,0
Kanada	0,0	0,0	0,0	7,6	1,9	9,6	0,0	0,0	0,0
Kenia	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kolumbien	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	14,1	0,0	1,0	0,0
Kuwait	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Malaysia	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	9,3	0,0	0,0	0,0
Mauretanien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mexiko	0,0			2,2		240,9		3,7	
Mongolei									
Neuseeland									
Norwegen				0,6	2,0			0,1	
Oman				0,6	1,5				
Pakistan			2,2		3,8	9,6			
Panama			14,8						
Philippinen					1,9			0,1	
Republik Korea			91,5		3,9	734,5		5,7	
Russische Föderation			0,4	0,7		60,8			
Saudi-Arabien			29,6		5,8				
Schweiz	1,8	9 499,9		4,8	8,8	9,0		0,1	
Serbien			16,7	0,6		0,0			
Singapur			37,0		8,8			0,1	
Südafrika			0,5	1,7	13,3	92,5			
Thailand			30,5		3,4	138,2		7,4	
Türkei			22,7	2,8	28,0	46,3			
Ukraine				0,4					
USA	3,1		304,7	1,1	344,5	6 266,6	222,0	985,0	160,8

Empfängerland	Aktivität in GBq								
	C-14	F-18	Co-60	Ni-63	Ge-68+	Kr-85	Kr-85m	Sr-90+	RA-226+
Vereinigtes Königreich	237,7		7,5	326,4	42,6	61,8		2,0	
Volksrepublik China	0,0	151,0	266,0	14,8	65,4	21 462,8		990,8	
sonstige Länder			28,0	9,8	23,3	126,7		0,2	0,0
Summe	243,1	9 650,9	965,1	777,2	723,7	192 094,8	222,0	1 999,6	160,8

b)

Empfängerland	Aktivität in GBq								Summe
	I-123	I-125	I-131	Cs-137+	Pm-147	Lu-177	Am-241	sonstige Radionuklide	
Ägypten	0,0	0,0	0,0	321,7	0,0	54,0	0,0	108,1	514,6
Argentinien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	641,8	0,0	0,0	654,3
Australien	0,0	0,2	0,0	31,6	0,0	8 906,4	0,0	5,0	9 063,7
Bangladesch	0,0	0,0	0,0	111,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,1
Bosnien u. Herzegowina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	144,1	0,0	0,0	145,6
Brasilien	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	5 271,0	46,1	7,5	5 518,8
Chile	0,0	5,8	0,0	718,0	0,0	904,0	0,0	0,0	1 641,9
Hongkong	0,0	0,0	7 140,6	22,2	0,0	2 091,7	0,0	0,8	9 259,1
Indien	0,0	0,0	0,0	1 987,3	0,0	10 340,0	107,3	10,2	12 981,4
Indonesien	0,0	0,0	0,0	104,7	0,0	0,0	0,0	0,0	106,5
Israel	0,0	137,2	2 391,1	0,0	0,0	1 653,7	0,0	122,5	4 330,4
Japan	0,0	0,6	0,0	0,4	0,0	25,3	11,1	18,2	162 603,0
Kanada	0,0	0,0	12,6	33,2	18,5	12 490,4	0,0	51,0	12 624,8
Kenia	0,0	64,3	433,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	498,2
Kolumbien	0,0	0,0	1,7	22,2	0,0	2 216,8	0,0	0,0	2 262,8
Kuwait	0,0	0,0	595,6	0,0	0,0	182,0	0,0	0,0	781,4
Malaysia	0,0	0,0	2 298,4	15,5	0,0	457,0	0,0	0,0	2 785,4
Mauretanien	0,0	0,0	170,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	171,0
Mexiko				0,7		3 327,0		0,0	3 574,6
Mongolei				249,4				2,6	249,4
Neuseeland		0,0	439,8	7,4				87,0	449,9
Norwegen	138,7	47,2	1 002,8	853,9		444,6			2 576,9
Oman			476,3	4,8				1,9	483,1
Pakistan			3,7			962,0			983,3
Panama			721,2						736,0
Philippinen				74,3		986,0	37,0		1 099,2
Republik Korea		635	6 246,0	155,1	11,1	2 100,1	111,0	1,1	9 466,5
Russische Föderation		2 196,8					0,0	3,7	2 262,5
Saudi-Arabien			3,7	103,8		52,0	0,0	57,3	252,2
Schweiz	0,0	133,6	2,7	62,3		8 148,9	0,0	13 532,4	31 404,3
Serbien				0,0		1 138,2			1 155,4
Singapur		17,3	894,9	215,8		4 258,6		18 296,5	23 728,9
Südafrika		820,0				4 754,7	223,7	27,0	5 933,3
Thailand				401,8		988,9	1,7	0,1	1 572,1
Türkei		110,4		211,8			122,1	635,1	1 179,2
Ukraine							1 106,0		1 106,4

Empfängerland	Aktivität in GBq								Summe
	I-123	I-125	I-131	Cs-137+	Pm-147	Lu-177	Am-241	sonstige Radionuklide	
USA		0,5		93,4	1 147,3	83 211,5	17,7	46 286,9	139 046,1
Vereinigtes Königreich	187,2	7,0	3 727,5	180,1		2 017,2	22,2	392,8	7 363,0
Volksrepublik China		0,0		6 569,8		4 887,8	0,0	241,5	34 498,9
sonstige Länder		19,4	86,0	309,4	22,2	267,0	26,1	26,6	944,7
Summe	325,9	3 657,0	26 648,1	12 871,6	1 199,1	162 921,9	1 833,0	79 915,9	496 119,8

Tabelle T V.7 **Ausfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2022**

Empfängerland	Aktivität in GBq						
	Co-60	Se-75	Cs-137+	Ir-192	RA-226+	Am-241	Summe
Äquatorialguinea				1 425,0			1 425,0
Argentinien	234,2	4 728,0					4 952,2
Australien			333,0				333,0
Brasilien	73,5	5 911,0					5 984,5
Dominica		2 160,0					2 160,0
Dominikanische Republik	176,0						176,0
Indien	667,9	119 965,0	333,0				120 965,9
Indonesien	502,2						502,2
Israel		8 767,0					8 767,0
Japan	236,4						236,4
Kanada				1 942,0			1 942,0
Malaysia						222,0	222,0
Marokko	225,2						225,2
Nordmazedonien				1 654,8			1 654,8
Philippinen	297,3		48 350,0				48 647,3
Republik Korea	74,0	2 167,0				222,0	2 463,0
Russische Föderation	1 004,8						1 004,8
Saudi-Arabien		16 264,0	111,0				16 375,1
Schweiz		7 957,8		9 277,0			17 234,8
Serbien		4 550,0					4 550,0
Südafrika	73,1	155 245,0					155 318,1
Taiwan	111,0						111,0
Uganda	304,4						304,4
Ukraine	161,7						161,7
Vereinigte Staaten	3 700,0		14 097,0		557,3		18 354,3
Vereinigtes Königreich		38 243,0		2 078,0			40 321,0
Volksrepublik China		40 974,0	5 550,0	1 007 550,0			1 054 074,0
sonstige Länder	683,1						683,1
Summe	8 525,0	406 931,8	68 774,0	1 023 926,8	557,3	444,0	1 509 158,9

Tabelle T V.8 Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe in kg im Jahr 2022

Empfängerland	Ausfuhr in kg				
	Transport- und Abschirmbehälter (abger. Uran)	sonstiges abger. Uran	Natururan	anger. Uran Anreicherungsgrad ≤ 10 %	Summe
Belgien				16 111,5	16 111,5
Brasilien	50,0			1 226,0	1 276,0
Frankreich				65 977,9	65 977,9
Kanada	18,6		487,2		505,8
Kasachstan				5 361,4	5 361,4
Niederlande				35,7	35,7
Republik Korea	159,7			23 883,6	24 043,3
Schweden				149 258,3	149 258,3
Schweiz	102,3		0,0	34 677,0	34 779,3
Spanien				17 055,2	17 055,2
USA	506,8	14,4		350 258,0	350 779,2
Vereinigtes Königreich	2 291,7	8,2		54 061,0	56 360,8
Volksrepublik China	1 870,0			46,8	1 916,8
sonstige Länder	3 816,2				3 816,5
Summe	8 815,5	22,6	487,2	717 952,4	727 277,6

Tabelle T V.9 Gesamtzahlen der Anmeldungen und Genehmigungen im Jahr 2022

	registriert	erteilt	genutzt
Anmeldungen für sonstige radioaktive Stoffe gemäß § 13 StrlSchV			
Einfuhr	3 863		
Ausfuhr	8 837		
Genehmigungen für unbestrahlte Kernbrennstoffe gemäß § 3 AtG			
Einfuhr		17	6
Ausfuhr		53	25
Genehmigungen für sonstige radioaktive Stoffe gemäß § 12 StrlSchV			
Einfuhr		41	39
Ausfuhr		82	75
Genehmigungen für Konsumgüter gemäß § 42 StrlSchG			
Ein und Ausfuhr		13	

Tabelle T V.10 Übersicht über die Anzahl der durchgeführten Kernbrennstofftransporte (Unterscheidung der Beförderungen nach Verkehrsträgern und Verkehrsart)

Anzahl der Inlandtransporte	2022	2021
Schiene / unbestrahltes Material	0	0
Schiene / bestrahltes Material	0	0
Schiene / Reststoffe und Abfall	0	0
Straße / unbestrahltes Material	14	15
Straße / bestrahltes Material	0	0
Straße / Reststoffe und Abfall	0	0
Binnenwasserstraße / unbestrahltes Material	0	0
Binnenwasserstraße / bestrahltes Material	0	0

Anzahl der Inlandtransporte	2022	2021
Binnenwasserstraße / Reststoffe und Abfall	0	0
insgesamt	14	15
Anzahl der grenzüberschreitenden Transporte		
Luft / unbestrahltes Material	0	0
Luft / bestrahltes Material	0	0
Luft / Reststoffe und Abfall	0	0
See / unbestrahltes Material	1	17
See / bestrahltes Material	0	0
See / Reststoffe und Abfall	0	0
Schiene / unbestrahltes Material	0	0
Schiene / bestrahltes Material	0	0
Schiene / Reststoffe und Abfall	0	1
Straße / unbestrahltes Material	297	288
Straße / bestrahltes Material	79	79
Straße / Reststoffe und Abfall	0	0
insgesamt	377	384

Tabelle T V.11 **Zahl der jährlich beförderten Wagenladungen / Transporte mit radioaktiven Stoffen**

Jahr	Anzahl Wagenladungen	Anzahl der Transporte
1999	204 ^a	
2000	258 ^a	
2001	336	
2002	433	
2003	552	
2004	509	
2005	610	
2006	536	
2007	528	
2008	481	
2009	405	116
2010	416	102
2011	434	129
2012	451	134
2013	352	132
2014	294	102
2015	329	5
2016	327	101
2017	279	80
2018	217	86
2019	255	56
2020	161	27
2021	60	25
2022	108	45
a geringe Anzahl überwiegend wegen Aussetzung von Brennelementetransporten		

Tabelle T V.12 Anzahl der Beförderungen radioaktiver Stoffe (Bahn) in Abhängigkeit von der rechtlichen Grundlage

Rechtliche Grundlage	Genehmigungsbehörde	Anzahl Transporte		Anzahl Wagenladungen	
		2022	2021	2022	2021
AtG § 4	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	-	-	-	-
AtG § 23 Abs. 2	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	-	-	-	-
StrlSchG § 27	Eisenbahn-Bundesamt (EBA)	24	25	108	60

Tabelle T V.13 Wagenladungssendungen

Art der beförderten Stoffe	UN- Nummer*	Anzahl der Wagen	
		2022	2021
Kernbrennstoffe			
verglaste hochradioaktive Spaltproduktlösungen, High Aktive Waste (HAW)	3328	-	-
unbestrahltes, angereichertes Uran (< 1 % U-235) als U ₃ O ₈	3331	-	-
sonstige radioaktive Stoffe			
Uran der natürlichen Isotopenzusammensetzung bzw. abgereichertes Uran in Form von Uranhexafluorid (UF ₆)	2978	-	-
Natururan in Form von Uranoxid (U ₃ O ₈)	2912	30	16
Rückstände/Abfälle aus kerntechnischen Anlagen			
in Typ (BU)-Behältern	2916	-	-
SCO in Industrierversandstücken	2913	11	2
Industrieverpackungen	3321	67	42
in Typ A-Versandstücken	2915	-	-
freigestellte Versandstücke			
-als leere Verpackung	2908	-	-
-als begrenzte Stoffmenge	2910	-	-
Summe		108	60
* Nummer zur Stoffkennzeichnung nach Gefahrgutrecht			

Tabelle T V.14 Beförderte Gesamtaktivität

Art der beförderten Stoffe	beförderte Gesamtaktivität	
	2022 (TBq)	2021 (TBq)
Kernbrennstoffe		
Verglaste hochradioaktive Spaltproduktlösungen, High Aktive Waste (HAW)	-	-
unbestrahltes, angereichertes Uran (< 1 % U-235) als U ₃ O ₈	-	-
sonstige radioaktive Stoffe		
Uran der natürlichen Isotopenzusammensetzung bzw. abgereichertes Uran in Form von Uranhexafluorid (UF ₆)	-	-
Natururan in Form von Uranoxid (U ₃ O ₈)	28,5	14,4
Rückstände/Abfälle aus kerntechnischen Anlagen in Typ (BU)-Behältern	-	-
SCO in Industrierversandstücken	-	-
Industrieverpackungen	1,3	9,6
in Typ A-Versandstücken	-	-

Art der beförderten Stoffe	beförderte Gesamtaktivität	
	2022 (TBq)	2021 (TBq)
freigestellte Versandstücke als leere Verpackung als begrenzte Stoffmenge	- - -	- - -
Summe	29,8	24,0

Tabelle T V.15 Anteil der überprüften Beförderungen, bezogen auf Transportarten, sowie festgestellte Mängel

Transportart	Wagen		überprüfte Wagen		Beanstandungen	
	2022	2021	2022	2021	2022	2022
sonstige radioaktive Stoffe	108	60	44	28	2	3
Kernbrennstoffe	-	-	-	-	-	-

Tabelle T V.16 Übersicht über die Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2022)

Land	Zahl der Genehmigungen nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG			
	Anwendung am Menschen	Forschung und Lehre ohne Anwendung am Menschen	Industrie, gewerbliche Wirtschaft	sonstige (z. B. Behörden)
Baden-Württemberg	432	362	699	55
Bayern	210	135	486	96
Berlin	174	226	234	3
Brandenburg	34	53	107	51
Bremen	20	13	31	8
Hamburg	40	36	80	29
Hessen	165	96	333	29
Mecklenburg-Vorpommern	26	46	71	7
Niedersachsen	208	222	502	88
Nordrhein-Westfalen	545	320	921	86
Rheinland-Pfalz	76	69	214	22
Saarland	36	23	39	6
Sachsen	46	103	232	11
Sachsen-Anhalt	46	24	176	17
Schleswig-Holstein	64	72	100	41
Thüringen	59	22	130	105
Summe	2 181	1 822	4 355	654
* Genehmigungen nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG und nach den §§ 6, 7, 9 AtG in Verbindung mit § 12, Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG sind nicht berücksichtigt				

Tabelle T V.17 Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG zum Umgang mit ausschließlich umschlossenen radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2022)

Land	Zahl der Genehmigungen nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG			
	Anwendung am Menschen	Forschung und Lehre ohne Anwendung am Menschen	Industrie, gewerbliche Wirtschaft	davon zerstörungsfreie, ortsveränderliche Werkstoffprüfung
Baden-Württemberg	203	146	527	36
Bayern	62	44	445	14

Land	Zahl der Genehmigungen nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG			
	Anwendung am Menschen	Forschung und Lehre ohne Anwendung am Menschen	Industrie, gewerbliche Wirtschaft	davon zerstörungsfreie, ortsveränderliche Werkstoffprüfung
Berlin	9	15	21	11
Brandenburg	9	33	80	11
Bremen	9	7	27	4
Hamburg	13	13	55	4
Hessen	42	27	201	7
Mecklenburg-Vorp.	10	27	61	3
Niedersachsen	44	73	389	16
Nordrhein-Westf.	249	210	762	83
Rheinland-Pfalz	41	29	154	17
Saarland	8	6	30	1
Sachsen	16	60	216	7
Sachsen-Anhalt	8	8	165	13
Schleswig-Holstein	11	14	74	6
Thüringen	14	5	118	10
Summe	748	717	3 325	243
* Genehmigungen nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG und nach den §§ 6, 7, 9 AtG in Verbindung mit § 12, Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG sind nicht berücksichtigt				

Tabelle T V.18 Übersicht über die Zahl der Anlagen mit Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 und § 10 StrlSchG (Stand: 31.12.2022)

Land	Zahl der Genehmigungen nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 und § 10 StrlSchG			
	Anwendung am Menschen	ohne Anwendung am Menschen (Forschung und Lehre)	Industrie, gewerbliche Wirtschaft	sonstige (z. B. Behörden)
Baden-Württemberg	96	11	18	1
Bayern	111	14	34	0
Berlin	47	18	1	0
Brandenburg	12	1	1	0
Bremen	9	0	0	0
Hamburg	26	4	2	5
Hessen	43	4	14	0
Mecklenburg-Vorp.	11	2	0	0
Niedersachsen	68	12	11	2
Nordrhein-Westfalen	223	24	20	0
Rheinland-Pfalz	34	5	0	0
Saarland	17	0	2	0
Sachsen	31	17	9	0
Sachsen-Anhalt	17	1	6	0
Schleswig-Holstein	21	1	1	0
Thüringen	37	3	6	0
Summe	803	117	125	8
* einschließlich in Verbindung mit nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG erteilten Genehmigungen				

Tabelle T V.19 Übersicht über gültige Genehmigungen

Land	Am 31.12.2021 gültige Genehmigungen nach:					
	§ 12 Absatz 1 Nr. 3 StrlSchG (Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen)	§ 12 Absatz 1 Nr. 1 StrlSchG (Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen)*	§ 25 StrlSchG (Beschäftigung in fremden Anlagen und Einrichtungen)	§ 27 StrlSchG (Beförderung sonstiger radioaktiver Stoffe)	§ 40 StrlSchG (ausschließlich Genehmigungen für den Zusatz radioaktiver Stoffe zu Konsumgütern)	§ 9 AtG (Umgang mit Kernbrennstoffen)
Baden- Württemberg	1 548	126 (8)	331	25	2	6
Bayern	927	159 (9)	300	51	10	6
Berlin	637	66 (5)	223	47	1	2
Brandenburg	245	14 (1)	68	16	0	0
Bremen	72	9 (0)	41	6	0	0
Hamburg	185	37 (4)	111	5	0	0
Hessen	623	61 (4)	131	17	0	0
Mecklenburg-Vorp.	150	13 (2)	58	5	0	0
Niedersachsen	1 020	93 (0)	209	40	0	2
Nordrhein-Westf.	1 872	267 (9)	621	81	2	9
Rheinland-Pfalz	381	39 (0)	153	28	0	0
Saarland	104	19 (0)	13	12	0	0
Sachsen	392	57 (8)	125	27	0	2
Sachsen-Anhalt	263	24 (0)	38	10	0	0
Schleswig-Holstein	277	23 (0)	102	8	0	1
Thüringen	316	46 (2)	45	8	0	0
Summe	9 012	1 053 (52)	2 569	386	15	28
* Errichtungsgenehmigungen nach § 10 StrlSchG in Klammern						

Tabelle T V.20 Übersicht über die Zahl der im Jahr 2022 erstatteten Anzeigen

Land	Zahl der erstatteten Anzeigen	
	Anlagen	BAZ
	§ 17 StrlSchG (anzeigebedürftiger Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen)	§ 208 Absatz 3 StrlSchG (Verwendung und Lagerung bestimmter BAZ-Vorrichtungen nach StrlSchV 1989)
Baden-Württemberg	68	508
Bayern	76	551
Berlin	2	450
Brandenburg	0	131
Bremen	1	0
Hamburg	1	155
Hessen	3	k. A.
Mecklenburg-Vorp.	1	0
Niedersachsen	1	1 104
Nordrhein-Westfalen	7	2 609
Rheinland-Pfalz	0	465
Saarland	0	95
Sachsen	164	70
Sachsen-Anhalt	0	13
Schleswig-Holstein	0	168
Thüringen	0	0
Summe	324	6 319

Land	Zahl der erstatteten Anzeigen	
	Anlagen	BAZ
	§ 17 StrlSchG (anzeigebedürftiger Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen)	§ 208 Absatz 3 StrlSchG (Verwendung und Lagerung bestimmter BAZ-Vorrichtungen nach StrlSchV 1989)
k.A.	keine Angaben	

Tabelle T V.21 Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen nach § 89 StrlSchV im Jahr 2022

Land	Gesamtzahl der durchgeführten Dichtheitsprüfungen	Anzahl HRQ	Anzahl und Nuklid der bei den Prüfungen als undicht ermittelten Präparate	Anzahl undichter HRQ
Baden-Württemberg	1 782	255	2 (1 x Sr-90, 1 x Ra-226+)	0
Bayern	2 587	112	4 (3 x Am-241, 1 x Ra-226+)	0
Berlin	338	81	0	0
Brandenburg	448	10	0	0
Bremen	46	12	0	0
Hamburg	379	204	0	0
Hessen	542	24	1 (Fe-55)	0
Mecklenburg-Vorp.	61	6	0	0
Niedersachsen	1 506	218	2 (1 x Cs-137, 1 x Ni-63)	0
Nordrhein-Westfalen	3 323	505	1	0
Rheinland-Pfalz	144	18	0	0
Saarland	63	1	0	0
Sachsen	926	72	3 (2 x Cs-137+, 1 x Ra-226+)	1x Cs-137
Sachsen-Anhalt	121	64	0	0
Schleswig-Holstein	282	34	0	0
Thüringen	33	9	2 (Sr-90)	0
Summe	12 581	1 625	15	1

Tabelle T V.22 Im Jahr 2022 erstattete Anmeldungen nach § 145 Absatz 2 StrlSchG und nach § 159 Absatz 2 StrlSchG

Land	Am 31.12.2022 erstattete Anmeldungen nach:	
	§ 145 Absatz 2 StrlSchG (Altlastensanierung)	§ 159 Absatz 2 StrlSchG (sonstige bestehende Expositionssituation)
Baden-Württemberg	0	0
Bayern	2	0
Berlin	0	0
Brandenburg	0	0
Bremen	0	0
Hamburg	0	0
Hessen	0	0
Mecklenburg-Vorp.	0	0
Niedersachsen	1	0
Nordrhein-Westfalen	0	0
Rheinland-Pfalz	0	0
Saarland	0	0
Sachsen	0	0
Sachsen-Anhalt	0	0
Schleswig-Holstein	0	0
Thüringen	0	0
Summe	3	0

Land	Am 31.12.2022 erstattete Anmeldungen nach:	
	§ 145 Absatz 2 StrlSchG (Altlastensanierung)	§ 159 Absatz 2 StrlSchG (sonstige bestehende Expositionssituation)
k.A. keine Angabe		

Tabelle T V.23 Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Humanmedizin im Jahr 2022

Land			Teleradiologie		Anzahl der RöE im Rahmen der Früherkennung gemäß § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG i.V.m. § 19 Abs. 2 Nr. 4 StrlSchG	Gesamtzahl der nach § 19 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchG angezeigten RöE
	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 i.V.m. § 19 Abs. 2 Nr. 2 StrlSchG genehmigten RöE für die Behandlung von Menschen	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten RöE	Anzahl genehmigter RöE für die Teleradiologie nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 i.V.m. § 19 Abs. 2 Nr. 3 StrlSchG	Teleradiologie mit Ausdehnung auf reguläre Dienstzeit *		
Baden-Württemberg	42	319	106	60	81	3 902
Bayern	20	474	143	47	93	5 648
Berlin	13	158	24	3	18	2 183
Brandenburg	6	117	82	65	16	843
Bremen	1	16	3	1	10	372
Hamburg	3	34	22	0	5	1 023
Hessen	19	126	102	20	13	2 452
Mecklenburg-Vorpommern	4	51	24	14	24	691
Niedersachsen	14	223	60	12	68	3 073
Nordrhein-Westfalen	72	816	194	16	152	7 688
Rheinland-Pfalz	12	147	62	16	24	1 727
Saarland	0	22	17	6	5	527
Sachsen	7	114	75	20	39	1 664
Sachsen-Anhalt	7	68	31	6	14	1 008
Schleswig-Holstein	3	81	21	5	18	1 087
Thüringen	15	84	42	5	26	908
Summe	238	2 850	1 008	296	606	34 796
* Erteilung auf Grund eines besonderen Bedürfnisses nach § 14 Absatz 2 Satz 3 StrlSchG über Nacht-, Wochenend- und Feiertagsdienst hinaus						

Tabelle T V.24 Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Zahnmedizin und Tiermedizin im Jahr 2022

Land	Zahnmedizin		Anwendung am Tier in der Tierheilkunde	
	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten RöE	Gesamtzahl der nach § 19 Abs. 1 Nr. 1 Buchst. b StrlSchG angezeigten RöE	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten RöE	Gesamtzahl der nach § 19 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchG angezeigten RöE
Baden-Württemberg	612	13 180	415	669
Bayern	142	17 079	555	1 070
Berlin	44	4 827	79	379
Brandenburg	58	2 006	124	197
Bremen	5	576	10	34

Land	Zahnmedizin		Anwendung am Tier in der Tierheilkunde	
	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten RÖE	Gesamtzahl der nach § 19 Abs. 1 Nr. 1 Buchst. b StrlSchG angezeigten RÖE	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten RÖE	Gesamtzahl der nach § 19 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchG angezeigten RÖE
Hamburg	5	2 604	46	96
Hessen	57	7 143	222	585
Mecklenburg-Vorp.	5	1 931	47	122
Niedersachsen	130	8 539	360	860
Nordrhein-Westfalen	1 261	17 750	784	1 129
Rheinland-Pfalz	24	4 144	124	355
Saarland	0	902	8	96
Sachsen	23	5 102	141	267
Sachsen-Anhalt	3	2 532	50	171
Schleswig-Holstein	28	3 315	192	298
Thüringen	2	2 432	56	162
Summe	2 397	94 062	3 213	6 490

Tabelle T V.25 **Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen sowie genehmigte Störstrahler in Technik/Nichtmedizin im Jahr 2022**

Land	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten RÖE	Anzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 i.V.m. § 19 Abs. 2 Nr. 1 StrlSchG genehmigten RÖE *	Gesamtzahl der angezeigten RÖE nach § 19 Abs. 1 Nr. 1 Buchst. a StrlSchG i.V.m. § 18 Abs. 1 Nr. 1 Buchst. c StrlSchG **	Gesamtzahl der angezeigten RÖE nach § 19 Abs. 1 Nr. 2 StrlSchG ***	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nr. 5 StrlSchG genehmigten Störstrahler)
Baden-Württemberg	2 084	136	569	1 041	283
Bayern	2 687	456	2 043	992	408
Berlin	619	120	443	224	119
Brandenburg	309	135	223	83	25
Bremen	126	41	92	32	8
Hamburg	347	34	293	85	39
Hessen	1 081	70	657	454	219
Mecklenburg-Vorp.	161	32	55	40	33
Niedersachsen	1 171	129	665	537	54
Nordrhein-Westfalen	3 267	524	1 518	1 019	181
Rheinland-Pfalz	605	79	224	223	71
Saarland	145	32	67	21	52
Sachsen	732	178	513	200	143
Sachsen-Anhalt	311	105	76	89	48
Schleswig-Holstein	361	37	157	164	26
Thüringen	346	44	282	154	20
Summe	14 352	2 152	7 871	5 357	1 729
* Für die technische Radiographie zur Grobstrukturanalyse in der Werkstoffprüfung					
** Bauartzugelassene Röntgenstrahler und Verwendung von med. RÖE außerhalb der Anwendung am Menschen bzw. Tier in der Tierheilkunde					
*** Basis-, Hoch- und Vollschutzgeräte sowie Schulröntgeneinrichtungen					

Tabelle T V.26 **Übersicht über die Entwicklung der Daten im HRQ-Register seit dem Jahr 2006**

Stand	Genehmigungsinhaber	Behörden	Strahlenquellen	Meldungen
Ende 2006	321	43	1 740	3 139
Ende 2007	453	47	7 626	16 863

Stand	Genehmigungsinhaber	Behörden	Strahlenquellen	Meldungen
Ende 2008	540	47	13 800	32 600
Ende 2009	580	49	17 300	49 200
Ende 2010	590	49	20 100	63 000
Ende 2011	630	50	23 500	79 000
Ende 2012	646	60	27 200	97 200
Ende 2013	657	64	31 000	115 300
Ende 2014	667	73	34 500	134 000
Ende 2015	684	73	40 000	153 000
Ende 2016	693	73	42 000	170 000
Ende 2017	702	73	45 500	190 000
Ende 2018	712	74	49 200	210 000
Ende 2019	727	80	53 200	225 000
Ende 2020	732	82	57 300	246 000
Ende 2021	735	81	60 300	262 000
Ende 2022	738	81	63 100	278 000

Tabelle T V.27 Übersicht über die Mengen (Massen und Volumina) vernachlässigbar Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle am 31. Dezember 2022

Kategorie	Einheit	Endlagerziel Konrad	anderes Endlager
Rohabfälle (RA)	[t]	9 909	5
vorbehandelte Abfälle (VA)	[t]	11 870	1 951
Abfallprodukte in Innenbehältern (P1)	[m ³]	13 956	144
produktkontrollierte Abfallprodukte (P2)	[m ³]	6 080	0
Abfallprodukte in Konradbehältern (G1)	[m ³]	107 509	1
produktkontrollierte Abfallgebinde (G2)	[m ³]	2 936	0
Summe	[t]	21 779	1 956
	[m ³]	130 481	145

Tabelle T V.28 Übersicht über den Bestand radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung nach Verursachergruppen am 31. Dezember 2022

Abfallverursacher	RA [t]	VA [t]	P1 [m ³]	G1 [m ³]	P2 [m ³]	G2 [m ³]
Forschungseinrichtungen	1 667	6 457	1 935	41 293	2 669	0
kerntechnische Industrie	205	13	240	7 924	78	2 921
Kernkraftwerke*	7 014	6 691	8 933	42 793	2 373	15
Landessammelstellen	759	421	2 402	912	109	0
Wiederaufarbeitung (WAK)	268	239	590	14 588	850	0
Summe	9 914	13 821	14 099	107 511	6 080	2 936
* in Betrieb befindliche, dauerhaft abgeschaltete, in Stilllegung befindliche und zurückgebaute Kernkraftwerke						

Tabelle T V.29 Übersicht über den Bestand an Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen - ohne bestrahlte BE - nach Verursachergruppen am 31. Dezember 2022

Verursachergruppe	Volumen in m ³	
	radioaktive Abfälle	
	2022	2021
Forschungseinrichtungen	4	1
kerntechnische Industrie	0	0
Kernkraftwerke	0	0
stillgelegte Kernkraftwerke	0	0
Landessammelstellen	2	2
Wiederaufbereitung europäisches Ausland (HAW) und WAK/VEK	600	568
Summe	606	571

Tabelle T V.30 Bedeutsame Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, beim Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung (z. B. Beschleuniger), bei der Beförderung radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Röntgeneinrichtungen sowie Abhandenkommen und Fund von radioaktiven Stoffen

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
2004-2005 (Nachtrag)	Verlust eines Strahlers (Kr-85, 3,7 GBq) als Teil einer Messeinrichtung eines Spannrahmens zur Textilveredlung aus einer Hochschule	Feststellung des Verlusts mehrere Jahre nach Verkauf des Spannrahmens (ohne Messeinrichtung)	keine	Revision bei der Hochschule, Besuch und Besprechung bei damaligem Käufer des Spannrahmens
2021 (Nachtrag)	Abhandenkommen einer Röntgenanlage aus einer Justizvollzugsanstalt	ungeplante Entsorgung einer Röntgenanlage im Rahmen von Umbaumaßnahmen	keine	keine
05.01.2022	Fund eines Radiumkissens (Ra-226, 148 kBq) in einem Privathaushalt	Unkenntnis	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
10.01.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Militärkompasses (Dosisleistung an der Oberfläche 36 µSv/h) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
13.01.2022	Fund eines Ionisationsrauchmelders (Am-241, 37 kBq) in einem Privathaushalt	Unkenntnis	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
15.01.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Flacheisens (Co-60, Dosisleistung an der Oberfläche 22 µSv/h) bei einem Stahlwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
18.01.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Kompasses (Dosisleistung an der Oberfläche 52 µSv/h) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
25.01.2022	Fund von sechs Schaltern mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 5,5 µSv/h) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Zwischenlagerung der Fundstücke bis zur Klärung der Entsorgung
28.01.2022	Verlust eines Prüfstrahlers (Cs-137, 37 kBq) in einer medizinischen Einrichtung	unbekannt, versehentliche Entsorgung im Müll oder Diebstahl	keine	Mitteilung an Kreispolizeibehörde
03.02.2022	Fund eines Prüfstrahlers (Cs-137, 95 kBq) auf einem kommunalen Bauhof	unbekannt	keine	Sicherstellung, Zwischenlagerung bei der Feuerwehr und anschließend ordnungsgemäße Entsorgung
14.02.2022	Fund von Strahlenquellen (Co-60; Po-210; Kr-85; Na-22, Dosisleistung an der Oberfläche 0,18 µSv/h) in einer Firma	Unkenntnis	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
15.02.2022	Fund einer Scheibe mit Radiumleuchtfarbe (Ra-226, 150 kBq) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
16.02.2022	Nutzung von zwei Strahlenquellen einer Messeinrichtung ohne Genehmigung (Kr-85, je 37 GBq) in einer Papierfabrik	Überschreitung der genehmigten Aktivität von 9,3 GBq durch Nutzung von 74 GBq	keine	Abgabe der Strahlenquellen inkl. Messköpfe an ein Beförderungsunternehmen, Bestätigung der Übernahme erfolgte durch eine Fachfirma
22.02.2022	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 2,7 µSv/h) bei einer privaten Haushaltsauflösung	Sonstiges	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
28.02.2022	Fund radioaktiver Stoffe in einem zusammengedrückten Stahlblechfass (Ra-226, 290 kBq) bei einer Portal-messanlage im Ausland	unzulässige Entsorgung	keine	Rückführung zum Absender, Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
01.03. - 27.07.2022	Strahlenexposition bei einem Mitarbeiter während einer Y-90-Antikörper-Synthese (Y-90, 4 GBq) in einem Universitätsklinikum	Austritt von Y-90 über die Finger der linken Hand, durch den Rückdruck an einem Filter im Zuge einer Sterilfiltration	Überschreitung des Grenzwertes von 500 mSv nach § 78 Abs. 2 Nr. 3 StrlSchG in Summe mit zuvor erhaltener Hautdosis von 101 mSv im März 2022	Besprechung mit Mitarbeiterin über Höhe der Exposition und Gefährdungspotenzial, Anordnung zur Einstellung von Arbeiten mit radioaktiven Stoffen, Verbesserung von Arbeitsabläufen und Technik
01.03.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Instruments aus Metall mit anhaftenden Schmutzpartikeln (Ra-226, 156 kBq; Uran-natürlich, 800 Bq) bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
15.03.2022	Fund von offenen radioaktiven Stoffen (Ra-226, 100 kBq) bei einer privaten Haushaltsauflösung	Unkenntnis	keine	Sicherstellung durch die Aufsichtsbehörde, anschließende Nuklid- und Aktivitätsbestimmung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
15.03.2022	Fund von Flugzeugarmaturen mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 125 kBq; Ra-226, 80 kBq) bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
22.03.2022	Fund eines aktivierten Bauteils, vmtl. aus medizinischen Linearbeschleunigern (U-235) und Uranmunition in einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, Bewertung des Vorkommnisses nach Vorliegen des Prüfberichts des Gutachters
23.03.2022	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 950 kBq) im Lagerraum einer Feuerwehr	Unkenntnis	Kontamination eines Mitarbeiters	Dekontamination von geringfügiger Kontamination des Mitarbeiters und des Gebäudes, Sicherstellung des Radon-Emanators und Abtransport
29.03.2022	Fund eines mit radioaktiven Stoffen kontaminierten Kompasses (Ra-226, 300 kBq) bei einem Abfallverwertungsbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sichere Verwahrung bis zur Klärung der Entsorgung
04.04.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Betonklotzes (U-235+ 1,5 Bq/g; Th232+ 0,2 Bq/g) bei einem Stahlhersteller	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung wird angestrebt
05.04.2022	Fund eines Radon-Emanators (Ra-226, 2 MBq) in Siedlungsabfällen bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Anordnung zur Ablieferung an Landessammelstelle
06.04.2022	Fund von sieben radioaktiv kontaminierten Bauteilen (Co-60, Dosisleistung an der Oberfläche 0,6 µSv/h) aus medizinischen Beschleunigern bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
08.04.2022	Verkaufsangebot von 2 g "radioaktivem Californium" durch eine Privatperson	böswillige Handlung	keine	keine, nach fachlicher Beurteilung deuten Hinweise auf einen Betrugsversuch bzw. Prahlerei
15.04.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Schrottstücks (Ra-226; Ra-228, Dosisleistung an der Oberfläche 0,09 µSv/h) bei einem Stahlwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
19.04.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Krankenhausabfällen (I-131, Dosisleistung an der Oberfläche 1,6 µSv/h) bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung nach Abklingzeit

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
19.04.2022	Fund von 22 radioaktiv kontaminierten Bauteilen vmtl. aus med. Beschleunigern (Dosisleistung an der Oberfläche 2,1 µSv/h) in einer Metallverarbeitung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
22.04.2022	Fund von Abfällen aus einem Krankenhaus (I-131, 10 MBq) in einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Separierung, konventionelle Entsorgung nach Abklingen
25.04.2022	Fund eines Behälters mit radioaktiven Stoffen (Th-232, U-238, Gesamtkativität 22,4 MBq) bei einem Entsorgungsunternehmen	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
27.04.2022	Fund von radioaktivem Gestein (Dosisleistung an der Oberfläche 1,3 µSv/h) bei der Entrümpelung in einem Unternehmen	Unkenntnis	keine	Abtransport und Sicherstellung im zuständigen Landesamt, weitere Maßnahmen nach genaueren Messungen folgen
27.04.2022	Fund von radioaktiv kontaminiertem Inkontinenzmaterial (Lu-177, 80 MBq) im Siedlungsabfall in einer Müllverwertungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
28.04.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Metallteils (Co-60, 490 kBq) in einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
28.04.2022	Fund eines Kompasses mit Radiumleuchtfarbe (Ra-226, 81 kBq) in einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
28.04.2022	Möglicher Verlust von zehn Kits Calcitonin RIA (I-125, 7,2 MBq) in einer ärztlichen Praxis	Ursache noch unklar (weitere Aufklärung des Sachverhalts erforderlich)	keine	Anforderung entsprechender Unterlagen durch Aufsichtsbehörde
03.05.2022	Fund eines Radiumtrinkgefäßes (Dosisleistung an der Oberfläche 4,5 µSv/h) bei einer Haushaltsauflösung	Unkenntnis	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
03.05.2022	Fund von radioaktiv kontaminiertem Inkontinenzmaterial (Lu-177, 15 MBq) in einer Müllverwertungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
04.05.2022	Fund radioaktiv kontaminierter Metallteile eines Grubberzinkens (Co-60, 0,5 MBq) bei einem Metallaufbereitungsbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Anordnung zur Ablieferung an Landessammelstelle
09.05.2022	Fund von radioaktiven Messköpfen (Kr-85, 3,7 GBq) in einer Firma	unwissentliche Übernahme von Strahlenquellen bei Demontagearbeiten in einer anderen Firma	keine	Rücknahme der Strahlenquellen durch Ursprungsfirma

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
11.05.2022	Fund von radioaktiven Stoffen (Cs-137, 10 Bq) in Containern aus einem Umschmelzprozess in einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Beauftragung einer Firma zur Separierung des radioaktiven Materials
12.05.2022	Fund von radioaktiv kontaminiertem Infusionsmaterial (Tc-99m, Dosisleistung an der Oberfläche 0,1 µSv/h) an einem Schrottplatz	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung, Information der verursachenden Klinik
24.05.2022	Fund von 32 radioaktiv kontaminierten Bauteilen, vmtl. aus med. Beschleunigern (Dosisleistung an der Oberfläche 17 µSv/h) in einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
24.05.2022	Fund einer Anzeigeeinrichtung mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 600 kBq) im Hausmüll bei einer Müllverwertungsfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
01.06.2022	Fund von zehn radioaktiv kontaminierten Bauteilen vmtl. aus med. Beschleunigern (Dosisleistung an der Oberfläche 0,39 µSv/h) in einer Metallverarbeitung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
03.06.2022	Fund einer Glasflasche mit radioaktivem Pulver (Th-232, 70 kBq) in einer Firma für die Entsorgung von Industriemüll	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
08.06.2022	Fund von radioaktiv kontaminiertem Inkontinenzmaterial (Lu-177, 27,5 MBq) in einer Müllverwertungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
09.06.2022	Fund eines Teils von Uranmunition (U-238, Dosisleistung an der Oberfläche 9 µSv/h) in einer Metallverarbeitung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
10.06.2022	Fund einer Glasflasche mit Thoriumnitrat (Dosisleistung an der Oberfläche 8 µSv/h) und Uranylacetat (Dosisleistung an der Oberfläche 200 nSv/h) bei einer Deponie	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
10.06.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Bauteils vmtl. aus med. Beschleunigern (Dosisleistung an der Oberfläche 0,8 µSv/h) in einer Metallverarbeitung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
14.06.2022	Fund von natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen in Eisenchlorid (Th-228, 512 Bq/l; Ra-228, 470 Bq/l; Ra-226, 246 Bq/l und weitere) bei einer Deponie	unbekannt	keine	Benachrichtigung des Verkäufers über radiologische Auffälligkeit, Verwendung des Eisenchlorids wurde gestattet
27.06. - 03.07.2022	illegaler Besitz und Lagerung von zwei Strahlern (Am-241, 5,92 MBq) bei einer Firma	Lieferung und Annahme radioaktiver Stoffe vor Erhalt der Genehmigung	keine	Verpflichtung der Firma zur Beantragung einer Genehmigung, Änderung der Strahlenschutzorganisation, Sicherstellung der radioaktiven Stoffe
28.06.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Bauteils vmtl. aus med. Beschleunigern (Dosisleistung an der Oberfläche 0,92 µSv/h) in einer Metallverarbeitung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
04.07.2022	Fund eines Radium-Emanators (Dosisleistung an der Oberfläche 3,4 µSv/h) in einem Privathaushalt	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
10.07.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Tresors (Th-232; U-238) bei einem Stahlwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
13.07.2022	Fund einer Kaltkathodenröhre mit radioaktiven Stoffen (vmtl. Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 3,6 µSv/h) bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
14.07.2022	Fund einer radioaktiv kontaminierten Kapsel (Ra-226, 969 kBq) in Metallresten aus der Verbrennung bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Abgabe an die Landessammelstelle
19.07.2022	Kontaminationen und Inkorporation durch Beschädigung einer Quelle (C-14, 9,25 MBq) in einer Firma	unsachgemäßer Umgang mit der Quelle (Beschädigung der Quelle durch mechanische Einwirkung)	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
19.07.2022	Fund eines Druckmanometers mit radioaktiver Leuchtfarbe (vmtl. Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 12,83 µSv/h) bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
21.07.2022	Fund eines Ziffernblatts mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 0,35 µSv/h) in einem Stahlwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
22.07.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Krankenhausabfällen (Lu-177, Dosisleistung an der Oberfläche 2,4 µSv/h) in einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
26.07.2022	Freisetzung radioaktiver Stoffe (Kr-85, 273 MBq; Kr-85, 176 MBq) aus zwei Kr-85 Quellen in einer Universität	Undichtheit bei umschlossenen radioaktiven Stoffen	keine	Rückversand der Strahlenquellen zur Ursachenermittlung an den Hersteller
26.07.2022	Fund von fünf radioaktiv kontaminierten leitungs-führenden Rohren (Th-232, Dosisleistung an der Oberfläche 0,2 µSv/h) im Metallschrott auf einem Schrottplatz	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Informationen an Verursacher zur Festlegung weiterer Maßnahmen
03.08.2022	Fund radioaktiver Präparate in Messgeräten bzw. in einem Koffer (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 210 µSv/h) aus dem Nachlass einer Arztpraxis	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
11.08.2022	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 10 MBq) in einer LKW-Ladung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
18.08.2022	Fund von radioaktiv kontaminiertem Inkontinenzmaterial (Lu-177, 20 MBq) bei einem Gemeinschaftskraftwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung nach Abklingzeit
19.08.2022	Fund von radioaktiv kontaminiertem Hausmüll (Lu-177, Dosisleistung an der Oberfläche 4 µSv/h) in einer Müllverbrennungsanlage	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
19.08.2022	Fund eines ausgehöhlten Buches mit Gefäßen mit radioaktiven Stoffen (Ra-226, 72 kBq; Th-232, 2,65 kBq; U-238, 4,8 kBq; U-235, 45 kBq) in einem Privathaushalt	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Absperrung des Fundortes, Räumung zweier angrenzender Häuser, polizeiliche Ermittlungen, Entsorgung über die Landessammelstelle
21.08.2022	Zerstörung einer Troxler-sonde (Cs-137, 300 MBq)	Überrollen der Troxler-sonde mit einer Straßenwalze	keine, Strahlenquelle blieb dicht	Zwischenlagerung, Rückgabe der beschädigten Sonde an den Hersteller
23.08. - 02.09.2022	Verlust einer Kontrollvorrichtung inkl. Strahler (Sr-90, 20 MBq) beim Versand an ein Universitätsklinikum	unbekannt	keine	bisher keine, Abwarten weiterer Ergebnisse nach Aufklärung
24.08.2022	Fund einer deformierten Emanationsquelle (Ra-226, 1,1 MBq) bei einer Abfallverwertungsfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
25.08.2022	Fund mehrerer Behältnisse mit radioaktiven Stoffen (Ra-226, 260 kBq, Am-241, 12 kBq) bei einer Haushaltsauflösung	illegaler Erwerb radioaktiver Stoffe	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
25.08.2022	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 2,1 MBq) bei einer Haushaltsauflösung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
26.08.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Wolfram-Thorium Schweißelektroden (Dosisleistung an der Oberfläche 10 µSv/h) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Veranlassung weiterer Messungen zur Nuklidbestimmung
02.09.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Schrottstücks (Ra-226, 230 kBq) bei einem Stahlwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
12.09.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Bauteils (vmtl. eines Radium-Emanators) (Ra-226, 1,2 MBq) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
16.09.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Krankenhausabfällen (Lu-177, Dosisleistung an der Oberfläche 2,9 µSv/h) bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung nach Abklingzeit
17.09.2022	Fund eines radioaktiven Stoffes (I-123, Dosisleistung an der Oberfläche 0,22 µSv/h) in Krankenhausabfall	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
19.09.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Krankenhausabfällen (Lu-177, Dosisleistung an der Oberfläche 2,9 µSv/h) bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung nach Abklingzeit
19.09.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten militärischen Funkgeräts bei einem Schrotthändler	unzulässige Entsorgung	keine	Nuklididentifikation und Kontaminationsmessung, Entsorgung über die Landessammelstelle
21.09.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Krankenhausabfällen (I-131, Dosisleistung an der Oberfläche 3,9 µSv/h) bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung nach Abklingzeit
22.09.2022	Beschädigung des Strahlenschutzbehälters eines Stabstrahlers (Co-60, 30 MBq) in einer Gießhalle	thermische und mechanische Belastung des Behälters durch Düsendurchbruch am Verteiler einer Strangguss-Abschirmung	keine, Oberflächenkontamination < 0,06 Bq/cm ² , beschädigte Quelle wurde als dicht eingestuft	Absperrung des Bereichs um den beschädigten Strahler bis zur Abholung durch den Hersteller

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
22.09.2022	Fund eines Wendezeigers mit radioaktiver Leuchtfarbe aus einem Flugzeug bei einem Schrotthändler	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, Nuklididentifikation und Kontaminationsmessung
28.09.2022	Fund von radioaktiv kontaminierten Krankenhausabfällen (Lu-177, Dosisleistung an der Oberfläche 0,73 µSv/h) bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung nach Abklingzeit
02.10.2022	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 2,3 µSv/h) in einem Privathaushalt	Unkenntnis	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
12.10.2022	Fund von Säcken mit natürlich radioaktivem Material (U-238; Th-232, Dosisleistung an der Oberfläche 0,6 µSv/h) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, Suche nach Müllverbrennungsanlage zur Entsorgung
14.10.2022	Fund eines radioaktiv kontaminierten Schrottstücks (Ra-226; Ra-228, Dosisleistung an der Oberfläche 0,37 µSv/h) bei einem Stahlwerk	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung
17.10.2022	Fund einer Radium-Kompresse (Ra-226, 851 kBq) in Siedlungsabfällen bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, Abgabe an Landessammelstelle
19.10.2022	Fund von Uhrenzeigern und div. Teilen mit Radiumleuchtfarbe (Ra-226, 356 kBq) in mehreren Behältern bei einer Müllverbrennungsanlage	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
21.10.2022	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 0,16 MBq) in einem Privathaushalt	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
26.10.2022	Feststellung eines undichten Strahlers (Fe-55, 3,7 GBq) bei der jährlichen Dichtheitsprüfung in einer Papierfabrik	allgemeines technisches Versagen	keine, vernachlässigbar geringe Freisetzung von Fe-55 nachgewiesen	Absperren der Produktionshalle, Einstellung der Papierproduktion an entsprechender Linie bis zum Vorliegen der Testergebnisse
07.11. - 08.11.2022	Fund eines radioaktiven Stoffes in Mischschrottcontainern von einem Kraftwerksrückbau (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 0,9 µSv/h) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Absperrung des Containers, Einbindung der Wasserschutzpolizei, Separation, ordnungsgemäße Lagerung und Entsorgung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen Bemerkungen
10.11.2022	Fund von zwei Fläschchen mit radioaktivem Inhalt (Th-232, 10 MBq; U-238, 3 MBq) aus dem Nachlass einer Privatperson	Unkenntnis oder mangelnde Aufklärung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
17.11.2022	Überschreitung der zulässigen Ableitung radioaktiver Stoffe (H-3, 65,3 GBq) über die Fortluft durch eine ungeplante Ableitung bei einer Forschungseinrichtung	allgemeines technisches Versagen	keine	Aussetzen der Radiosynthese mit H-3, Optimierung der Tritiumapparatur, Implementieren von Sicherungsmaßnahmen
17.11.2022	Kontamination von vier Personen durch Austreten von radioaktivem Abwasser (I-131; Lu-177, Dosisleistung an der Oberfläche 47 µSv/h) in einem Krankenhaus	Rohrbruch durch unzulässige Entsorgung von Feuchttüchern und daraus resultierender Rohrverstopfung in einer Toilette der Radiotherapiestation	keine	Absperrung des Bereichs, Stilllegung des Abwassers, Entfernung der Abwasserlache, Dekontaminationsmaßnahmen, Untersuchung auf Inkorporation, Sicherstellung kontaminierter Gegenstände
10.12.2022	Fund einer radioaktiv kontaminierten Flasche (Ra-226, 30 MBq) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
13.12.2022	Verkauf eines Fluoreszenzspektrometers (Am-241, 1,11 GBq) an ein Unternehmen ohne entsprechende Genehmigung	illegaler Erwerb radioaktiver Stoffe	keine	Vor-Ort-Termin, Beratung/Empfehlung bzgl. Entsorgung
14.12.2022	Fund von zwei Anzeigeinstrumenten mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 320 kBq) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle

VI. Tabellen zur nichtionisierenden Strahlung

Tabelle T VI.1 SAR-Werte für Mobiltelefone

		SAR-Werte für den Anwendungsfall „Handy am Kopf“			SAR-Werte für den Anwendungsfall „Handy körpernah betrieben“		
betrachtete Modelle		Anzahl	SAR-Wert W/kg	bis 0,5 W/kg (strahlungsarm*)	Anzahl	SAR-Wert W/kg	bis 0,5 W/kg (Messabstand 0,5 cm)**
Smartphones	nur aktuell erhältliche	547	0,17 - 1,82	34,9 % der Modelle	436	0,37 - 1,90	1,4 % der Modelle
	aktuelle und nicht mehr in Produktion befindliche Auslaufmodelle	1 778	0,05 - 1,86	36,3 % der Modelle	705	0,36 - 1,99	1,4 % der Modelle
Klassische Mobiltelefone und Smartphones	nur aktuell erhältliche	764	0,01 - 1,82	36,4 % der Modelle	560	0,29 - 1,90	1,6 % der Modelle
	aktuelle und nicht mehr in Produktion befindliche Auslaufmodelle	3 517	0,01 - 1,94	29,2 % der Modelle	863	0,03 - 1,99	1,7 % der Modelle
* „strahlungsarm“ gemäß seit Juli 2017 geltendem Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens „Blauer Engel“ für den Anwendungsfall „Handy am Kopf“, SAR ≤ 0,5 W/kg ** Abschätzung, wie viele Geräte das seit Juli 2017 geltende Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens für den Anwendungsfall „Handy körpernah betrieben“ einhalten							

VII. Abkürzungen und Glossar

Tabelle T VII.1 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
A	Ampere
ARTM	Atmosphärisches Radionuklid-Transport-Modell
ÄS	ärztliche und zahnärztliche Stellen
AtAV	Atomrechtliche Abfallverbringungsverordnung
AtG	Atomgesetz
AVR	Atomversuchsreaktor
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift
B	magnetische Flussdichte
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGBI	Bundesgesetzblatt
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
Bq	Becquerel
Bq/m ³	Becquerel pro Kubikmeter
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
/d×p	pro Tag und Person
DMF	Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm
DNS	Desoxyribonukleinsäure (engl. DNA)
DRW	Diagnostische Referenzwerte
DWD	Deutscher Wetterdienst
DWR	Druckwasserreaktor
E	elektrische Feldstärke
EBM	einheitlicher Bewertungsmaßstab
EMF	elektromagnetische Felder
EU	Europäische Union
E _{ery}	Erythemwirksame (sonnenbrandwirksame) Bestrahlungsstärke
Euratom	Europäische Atomgemeinschaft
FM	Feuchtmasse
GGF	Gleichgewichtsfaktor
FZ	Forschungszentrum
Gα	Gesamt-Alpha-Aktivität
Gβ	Gesamt-Beta-Aktivität
H	magnetische Feldstärke
HF	hochfrequente elektromagnetische Strahlung
HTR	Hochtemperaturreaktor
Hz	Hertz
IAEO (IAEA)	Internationale Atomenergie-Organisation (International Atomic Energy Agency)

Abkürzung	Bedeutung
IARC	Internationale Agentur für Krebsforschung (International Agency for Research on Cancer)
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection)
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem (Integrated Measuring and Information System)
FZ	Kernforschungsanlage
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung
KEMF	Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder
KKW	Kernkraftwerk
KNK	Kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
LET	Linearer Energietransfer
LTE	Langzeitentwicklung (Long Term Evolution)
m ³	Kubikmeter
MRT	Magnetresonanztomographie
MSP	Mammographie-Screening-Programm
mSv	Millisievert
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor
NF	niederfrequente elektrische und magnetische Strahlung
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen
NISV	Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen
NWG	Nachweisgrenze, siehe auch Grundlagenbericht, Kapitel II- 2 Nachweisgrenzen bei radiometrischen Verfahren
nSv	Nanosievert
ODL	Ortsdosisleistung
PET	Positronen-Emissions-Tomographie
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
PTCA	Perkutane transluminale koronare Angioplastie (Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty)
PKV	Verband der Privaten Krankenversicherung
R β	Rest-Beta-Aktivität
REI	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen
RMP	Routinemessprogramm
RöV	Röntgenverordnung
S	Leistungsflussdichte
SAR	Spezifische Absorptionsrate
SCO	oberflächenkontaminierte Objekte (surface contaminated objects)
SPECT	Single-Photon-Emissionscomputertomographie
SSK	Strahlenschutzkommission
SSR	Strahlenschutzregister
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
SWR	Siedewasserreaktor
Sv	Sievert
T	Tesla
TBL	Transportbehälterlager
TM	Trockenmasse

Abkürzung	Bedeutung
UBA	Umweltbundesamt
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNSCEAR	Wissenschaftliches Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkung von atomarer Strahlung (United Nation's Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)
UV	Ultraviolette Strahlung Wellenlänge 100 - 400 nm
UVSV	UV-Schutzverordnung
V	Volt
W	Watt
WBA	Wasserbehandlungsanlage
WWER	Leichtwasser- Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart
Z ₀	Feldwellenwiderstand des leeren Raums
ZdB	Zentralstelle des Bundes

Tabelle T VII.2 Glossar

Begriff	Bedeutung
Absorption	Schwächung der Intensität einer Teilchen- oder Wellenstrahlung beim Durchgang durch Materie. Die Energie der Strahlung wird dabei in eine andere Energieform (z. B. Wärme) umgewandelt. Die von biologischen Geweben absorbierte Energie ist Grundlage für die Berechnung der von Organismen aufgenommenen Dosis.
Aerosol	Gase mit festen oder flüssigen Schwebeteilchen
Aktivität (Radioaktivität)	Die Aktivität ist das Maß für die Anzahl der Kernumwandlungen eines Radionuklids oder mehrerer Radionuklide pro Zeiteinheit (i. A. Sekunde). Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) angegeben. Die alleinige Angabe der Aktivität ohne Kenntnis des Radionuklids lässt keine Aussage über die Strahlenexposition zu.
AKR-Mäuse	Labormäuse, die bereits eine Veranlagung zur Ausbildung von Leukämie besitzen
Alphastrahler	Radionuklide, die Alphateilchen (Heliumatomkerne) aussenden
Anthropogen	durch den Menschen beeinflusst bzw. verursacht
Äquivalentdosis	Produkt aus der Energiedosis (absorbierte Dosis) im ICRU-Weichteilgewebe und dem Qualitätsfaktor der Veröffentlichung Nr. 51 der International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU report 51, ICRU Publications, 7910 Woodmont Avenue, Suite 800, Bethesda, Maryland 20814, U.S.A.). Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Äquivalentdosis die Summe ihrer ermittelten Einzelbeiträge. Die Äquivalentdosis ist eine Messgröße. Sie wird in der Einheit Sievert (Sv) angegeben. 1 µSv = Mikrosievert ist der millionste Teil des Sievert. 1 mSv = Millisievert ist der tausendste Teil des Sievert.
Ärztliche und zahnärztliche Stellen (ÄS)	Zur Qualitätssicherung einer medizinischen Strahlenanwendung am Menschen bestimmt die zuständige Landesbehörde ärztliche und zahnärztliche Stellen. Die zuständige Behörde legt fest, in welcher Weise diese Stellen die Prüfungen durchführen, mit denen sichergestellt wird, dass bei der Anwendung von ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe am Menschen die Erfordernisse der medizinischen Wissenschaft beachtet werden und die angewendeten Verfahren und eingesetzten Einrichtungen oder Geräte den nach dem Stand der Technik jeweils notwendigen Qualitätsstandards entsprechen, um die Strahlenexposition des Patienten so gering wie möglich zu halten.
Athermische Effekte	eine Reihe verschiedener Effekte bei Einwirkung elektromagnetischer Felder, die unabhängig von einer Erwärmung des Gewebes auftreten
Becquerel	SI-Einheit der Aktivität. Die Aktivität von 1 Becquerel (Bq) liegt vor, wenn 1 Atomkern je Sekunde zerfällt. 1 Becquerel (Bq) = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Curie
Betastrahlung	Teilchenstrahlung, die aus Elektronen (oder Positronen) besteht, die beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen ausgesandt werden

Begriff	Bedeutung
Betasubmersion	Strahlenexposition durch Betastrahlung von radioaktiven Stoffen in der Atmosphäre
biologische Effekte	Einflüsse auf lebendes Material (Organismen, Gewebe, Zellen)
Bioturbation	Bioturbation ist das Durchwühlen und Durchmischen (Turbation) von Böden oder Sedimenten durch Lebewesen. Sie gehört zu den Translokationsprozessen.
Brachytherapie	Behandlung von Erkrankungen durch in den Körper eingeführte bzw. auf den Körper aufgelegte Strahlenquellen (s.a. Teletherapie)
Blut-Hirn-Schranke	Die Blut-Hirn-Schranke ist eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und Hirnsubstanz. Durch sie wird der Stoffaustausch zwischen Blut und Zentralnervensystem aktiv kontrolliert. Sie hält schädliche Stoffe von den Nervenzellen fern. Die Blut-Hirn-Schranke wird von der inneren Zellschicht der kleinen Blutgefäße im Gehirn (Kapillar-Endothelzellen) und den umgebenden Hilfszellen, den Astrozyten, gebildet.
Bystander-Effekt	Der Begriff „Bystander-Effekt“ beschreibt die Beobachtung, dass nicht nur Zellen, die von Strahlung getroffen werden, also Energiedepositionen erhalten, Schäden aufweisen, sondern dass zusätzlich auch in nicht getroffenen Zellen, in den sog. „bystander cells“ ebenfalls Schäden gefunden werden.
Computertomographie (CT)	Röntgenuntersuchung mit relativ hoher Strahlenexposition aber sehr hoher Aussagekraft durch Darstellung als überlagerungsfreies Querschnittsbild
Dekontamination	Beseitigung oder Verminderung von radioaktiven Verunreinigungen
deterministisch	Nicht-stochastisch; deterministische Strahlenschäden sind solche, bei denen die Schwere des Schadens mit der Dosis zunimmt und in der Regel ein Schwellenwert besteht, z. B. Hautrötung, Augenlinsentrübung (siehe auch stochastisch).
Diagnostischer Referenzwert (DRW)	In der RÖV sind DRW definiert als „Dosiswerte für typische Untersuchungen mit Röntgenstrahlung, bezogen auf Standardphantome oder auf Patientengruppen mit Standardmaßen, mit für die jeweilige Untersuchungsart geeigneten Röntgeneinrichtungen und Untersuchungsverfahren“. Die DRW dienen den Ärzten bei häufigen und/oder dosisintensiven Röntgenuntersuchungen als obere Richtwerte, die nicht beständig und ungerechtfertigt überschritten werden dürfen. Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik sind die DRW in der nuklearmedizinischen Diagnostik keine oberen Richtwerte, sondern Optimalwerte. Sie geben also die für eine gute Bildqualität notwendige Aktivität an und sollen bei Standardverfahren und -patienten appliziert werden. Den ärztlichen Stellen fällt die Aufgabe zu, die Einhaltung der DRW bei der Patientenexposition zu überprüfen. Die DRW stellen keine Grenzwerte für Patienten dar und gelten nicht für einzelne individuelle Untersuchungen.
Digitale Subtraktionsangiographie	Röntgendarstellung von Blutgefäßen durch Einspritzen von Kontrastmittel. Durch die elektronische Subtraktion des Leerbilds von dem Kontrastbild wird eine bessere Darstellung der Blutgefäße bei gleichzeitiger Einsparung von Kontrastmittel erreicht.
Dosimetrie	Quantitative Erfassung der Exposition durch ionisierende Strahlung oder elektromagnetische Felder
Dosimeter	Personendosimeter; ein Messgerät zur Bestimmung der individuellen Exposition durch ionisierende Strahlung oder elektromagnetische Felder
Dosis	siehe Energiedosis, Äquivalentdosis, effektive Dosis, Organdosis, Kollektivdosis, Ortsdosis, Personendosis
Dosisfaktor	Im Dosisfaktor werden verschiedene Wichtungen für z. B. die betroffenen Organe, die Strahlungsart, die nuklidspezifischen Eigenschaften und die Art der Exposition berücksichtigt. Beispielsweise kann durch Multiplikation des Dosisfaktors mit der Aktivität des aufgenommenen Radionuklids der Wert der jeweils betrachteten Dosis errechnet werden. Der Dosisfaktor wird auch als Dosiskoeffizient bezeichnet.
effektive Dosis	Summe der gewichteten Organdosen in den in Anlage VI Teil C der StrlSchV angegebenen Geweben oder Organen des Körpers durch äußere oder innere Strahlenexposition; die effektive Dosis ergibt sich aus den Organdosen durch Multiplikation mit dem jeweiligen Gewebe-Wichtungsfaktor.
elektrisches Feld	Zustand des Raumes um eine elektrische Ladung, der sich durch Kraftwirkungen auf andere elektrische Ladungen äußert
elektrische Feldstärke	Maß für die Stärke und Richtung der Kraft auf eine Ladung im elektrischen Feld, dividiert durch die Ladung. Ihre Einheit ist Volt pro Meter (V/m).

Begriff	Bedeutung
elektrische Ladung	Eigenschaft von Körpern, die darin besteht, dass eine Anziehungskraft zwischen den geladenen Körpern entsteht. Willkürlich unterscheidet man zwischen positiven und negativen elektrischen Ladungen. Ladungen mit gleichen Vorzeichen stoßen sich ab, jene mit ungleichen Vorzeichen ziehen sich an. Die Einheit ist Coulomb (C).
elektrostatisches Feld	elektrisches Feld, in dem keine elektrischen Ströme fließen
elektrische Spannung	Maß für die Arbeit, die erforderlich ist, um eine Ladung in einem elektrischen Feld von einem Punkt zum anderen zu bringen, dividiert durch die Ladung; die Einheit ist Volt (V)
elektrischer Strom	die durch den Querschnitt eines Leiters pro Zeiteinheit hindurchfließende elektrische Ladung; die Einheit ist Ampere (A)
Elektrosensibilität	Umschreibung für eine subjektiv empfundene besondere Empfindlichkeit gegenüber niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Elektromagnetische Felder werden als Ursache für verschiedene Befindlichkeitsstörungen wie Kopf- und Gliederschmerzen, Schlaflosigkeit, Schwindelgefühle, Konzentrationsschwächen oder Antriebslosigkeit gesehen. Ein wissenschaftlicher Nachweis für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Beschwerden und dem Einwirken niederfrequenter oder hochfrequenter elektromagnetischer Felder konnte bisher nicht erbracht werden.
Elektrosensitivität	besondere Empfindlichkeit gegenüber nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern; betroffene Personen spüren z. B. elektrische Ströme nachweislich bei geringeren Intensitäten als der Durchschnitt der Bevölkerung.
Energiedosis	Quotient aus der Energie, die durch ionisierende Strahlung auf das Material in einem Volumenelement übertragen wird und der Masse in diesem Volumenelement, die Einheit der Energiedosis ist das Gray (Gy).
Epidemiologie	Die Epidemiologie ist das Studium der Verbreitung und Ursachen von gesundheitsbezogenen Zuständen und Ereignissen in bestimmten Populationen. Das epidemiologische Wissen wird im Allgemeinen angewendet, um Gesundheitsprobleme der Bevölkerung unter Kontrolle zu halten.
Erkennungsgrenze	In der Kernstrahlungsmesstechnik ist die Erkennungsgrenze ein spezieller, berechneter Wert einer Größe (z. B. Aktivität, Aktivitätskonzentration, spezifische Aktivität), die mit einem Messwert verglichen wird, um zu entscheiden, ob bei dieser Messung ein Beitrag dieser Größe vorliegt oder lediglich Nulleffekt gemessen wurde. Angaben zur Berechnung der Erkennungsgrenzen können z. B. den Messanleitungen der Leitstellen und der Norm DIN 25482 10 entnommen werden.
Erythem	Sonnenbrand
Erythemwirksame (sonnenbrandwirksame) Bestrahlungsstärke	Die erythemwirksame Bestrahlungsstärke E_{ery} beschreibt die biologische Wirksamkeit der UV-Strahlung, einen Sonnenbrand zu erzeugen. Sie errechnet sich aus einem physikalischen UV-Spektrum, welches mit der biologischen Wirkungsfunktion eines Erythems verknüpft wird. Der durch 40 geteilte Zahlenwert von E_{ery} ergibt den UV-Index.
Fall-Kontroll-Studie	In einer Fall-Kontroll-Studie wird untersucht, ob Personen mit einer bestimmten Krankheit (sog. Fälle) häufiger oder höher exponiert waren als vergleichbare Personen ohne diese Krankheit (sog. Kontrollen). Eingebettete Fall-Kontroll-Studie: Häufig wird im Rahmen einer Kohortenstudie gezielt eine bestimmte Krankheit näher untersucht. Hierzu werden alle Personen mit dieser Krankheit (sog. Fälle) aus der Kohorte ausgewählt und eine zufällige Teilmenge von Personen aus der Kohorte ohne diese Erkrankung (sog. Kontrollen) ausgewählt. Anschließend werden für diese Untergruppe gezielt weitere Befragungen oder Erhebungen durchgeführt. Man bezeichnet diesen Studientyp als eingebettete Fall-Kontroll-Studie, da die Fall-Kontroll-Studie in eine Kohortenstudie eingebaut wird.
Fall-out	Aus der Atmosphäre auf die Erde in Form kleinster Teilchen abgelagertes radioaktives Material, das zum Beispiel bei Kernwaffenversuchen entstanden ist
Fernfeld	Räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes einer Strahlungsquelle, in dem die Beträge der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke umgekehrt proportional mit der Entfernung abfallen (Strahlungsfeld in genügender Entfernung von der Quelle)
Frequenz	Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde, die Einheit ist Hertz (Hz)
Gammastrahlung	energiereiche elektromagnetische Strahlung, die bei der radioaktiven Umwandlung von Atomkernen oder bei Kernreaktionen auftreten kann

Begriff	Bedeutung
Gammasubmersion	Strahlenexposition durch Gammastrahlung von radioaktiven Aerosolen und Gasen in der Atmosphäre
Ganzkörperdosis	Mittelwert der Äquivalentdosis über Kopf, Rumpf, Oberarme und Oberschenkel als Folge einer als homogen angesehenen Bestrahlung des ganzen Körpers
Globalstrahlung	Gesamtheit der aus dem oberen Halbraum auf eine horizontale Ebene einfallenden direkten und diffusen Sonnenstrahlung
Gray	SI-Einheit der Energiedosis; 1 Gray (Gy) = 1 Joule pro Kilogramm
Hall-Sonde	Die Sonde beruht auf dem Hall-Effekt und dient zur Ausmessung statischer Magnetfelder.
Hochfrequenz	hochfrequente elektromagnetische Felder; hier definiert als Frequenzen zwischen 100 kHz und 300 GHz (s. nichtionisierende Strahlung)
Hot spots	räumlich eng begrenzte Bereiche mit besonders hoher Absorption elektromagnetischer Felder
Induktion	Vorgang, bei dem durch Änderung des von einem Leiter umschlossenen magnetischen Flusses elektrischer Strom (Wirbelstrom) in diesem Leiter erzeugt wird
Influenz	Vorgang, bei dem in einem Körper durch ein äußeres elektrisches Feld eine Ladungsverteilung stattfindet, so dass an seiner Oberfläche lokal Überschüsse an positiven und an negativen elektrischen Ladungen auftreten
Infrarotstrahlung	optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 780 nm - 1 mm
Ingestion	allgemein: Nahrungsaufnahme speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Nahrung
Inhalation	allgemein: Einatmung von Gasen speziell: Aufnahme von radioaktiven Stoffen mit der Atemluft
Inkorporation	allgemein: Aufnahme in den Körper speziell: Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Körper
Interventionelle Radiologie	Verfahren, bei dem unter Durchleuchtungskontrolle Heilmaßnahmen, hauptsächlich die Aufdehnung verengter oder verschlossener Blutgefäße, durchgeführt werden
ionisierende Strahlung	elektromagnetische- oder Teilchenstrahlung (z. B. Alphastrahlung, Betastrahlung, Gammastrahlung, Röntgenstrahlung), welche die Bildung von Ionen bewirken können
Isotop	Atomart eines chemischen Elements mit gleichen chemischen Eigenschaften (gleicher Ordnungszahl), aber verschiedener Massenzahl
Kohortenstudie	Eine Untersuchung, in der eine Gruppe von Personen (Kohorte), deren Expositionsbedingungen bekannt sind, über längere Zeit beobachtet wird. Die verschiedenen Expositionen werden mit dem Auftreten von Krankheiten in Verbindung gebracht.
Kollektivdosis	Die Kollektivdosis ist das Produkt aus der Anzahl der Personen der exponierten Bevölkerungsgruppe und der mittleren Pro-Kopf-Dosis. Einheit der Kollektivdosis ist das Personen-Sievert.
Kontamination	speziell: Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen
kosmische Strahlung	sehr energiereiche Strahlung aus dem Weltraum
Linearer Energietransfer (LET)	Der Lineare Energietransfer (LET) ist ein Maß für die Dichte der Ionisierung bei ionisierenden Strahlen
Leukämie	Krebs der weißen Blutzellen; Ursache weitgehend unbekannt; Inzidenzhäufigkeit 40 - 50 Fälle je 1 Million Einwohner. Es gibt mehrere Typen mit unterschiedlichem Krankheitsverlauf und unterschiedlicher Heilungswahrscheinlichkeit.
LNT-Hypothese	Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Dosis und Krebsrisiko ohne Annahme einer Schwellendosis (linear non threshold, LNT). Da sich für den niedrigen Dosisbereich keine sicheren Angaben zum Verlauf der Dosis-Effekt-Kurve machen lassen, ist man auf eine Extrapolation der im höheren Dosisbereich beobachtbaren Wirkungen hin zu kleinen Dosen angewiesen. Die LNT-Hypothese stellt eine vorsorgliche Annahme für den praktischen Strahlenschutz dar.
Machbarkeitsstudie	in einer Machbarkeitsstudie wird untersucht, ob und unter welchen Bedingungen eine geplante aufwändige Untersuchung erfolgreich sein kann
Magnetfeld	Zustand des Raumes, der sich durch Kraftwirkungen auf magnetische Dipole (Magnetnadeln) äußert
magnetische Feldstärke	Maß für die Stärke und Richtung des Magnetfeldes; die Einheit ist Ampere pro Meter (A/m)
magnetische Flussdichte	Größe, die die Induktionswirkung des magnetischen Feldes beschreibt; die Einheit ist Tesla (T). Magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke sind durch die Permeabilität μ (eine Materialkonstante) verbunden

Begriff	Bedeutung
magnetische Induktion	magnetische Flussdichte; Maß für die Anzahl der magnetischen Feldlinien pro Fläche; die Einheit ist Tesla (T)
Medianwert	derjenige Messwert aus einer Reihe unterhalb und oberhalb dessen jeweils 50 % der Messwerte liegen
Nachweisgrenze	In der Kernstrahlungsmesstechnik ist die Nachweisgrenze ein spezieller, berechneter Wert einer Größe (z. B. Aktivität, Aktivitätskonzentration, spezifische Aktivität), der mit einem vorgegebenen Richtwert (zum Teil als geforderte Nachweisgrenze bezeichnet) verglichen werden soll, um zu entscheiden, ob ein Messverfahren für einen bestimmten Messzweck geeignet ist.
Nahfeldexposition	räumlicher Bereich des elektromagnetischen Feldes zwischen der Strahlungsquelle und ihrem Fernfeld (elektromagnetisches Feld in unmittelbarer Nähe der Strahlungsquelle)
nichtionisierende Strahlung	elektrische und magnetische Felder sowie elektromagnetische Felder mit Wellenlängen von 100 nm und darüber, die in der Regel keine Bildung von Ionen bewirken können
Nuklearmedizin	Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken
Nuklid	durch Protonenzahl (Ordnungszahl) und Massenzahl charakterisierte Atomart
Organdosis	Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor nach Anlage VI Teil C der StrlSchV. Beim Vorliegen mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die Organdosis die Summe der nach Anlage VI Teil B ermittelten Einzelbeiträge durch äußere oder innere Strahlenexposition.
Ortsdosis	Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort
Ortsdosisleistung	Ortsdosis pro Zeitintervall
Personendosis	Die Personendosis ist in der Strahlenschutzverordnung definiert als Messgröße. Sie entspricht der Äquivalentdosis gemessen an einer repräsentativen Stelle der Oberfläche einer Person. Man unterscheidet die Tiefen-Personendosis Hp(10) in einer Messtiefe von 10 mm und die Oberflächen-Personendosis Hp(0,07) in einer Messtiefe von 0,07 mm.
Perzentil	statistischer Wert, der von einem bestimmten Prozentsatz der Messergebnisse einer Stichprobe eingehalten wird (z. B. 95 % Perzentil ist der Wert, der von nur 5 % der Stichprobe überschritten wird)
Pyranometer	Messgerät zur kontinuierlichen Aufnahme der Globalstrahlung
Qualitätskorrigiertes Lebensjahr (QALY)	Ein qualitätskorrigiertes Lebensjahr (englisch quality adjusted life year oder QALY) ist eine Kennzahl für die Bewertung eines Lebensjahres in Relation zur Gesundheit. Ein QALY von 1 bedeutet ein Jahr in voller Gesundheit, während ein QALY von 0 einem Versterben entspricht. QALY ist damit ein Nutzwert für ein Leben(-sjahr). Das QALY ist die meistgenutzte Kennzahl in der gesundheitsökonomischen Evaluation (de.wikipedia.org/wiki/Qualitätskorrigiertes_Lebensjahr)
Querschnittsstudie	Querschnittsstudien umfassen eine Auswahl von Personen aus einer Zielpopulation zu einem festen Zeitpunkt (Stichtag). Für die ausgewählten Personen wird der Krankheitsstatus und die gegenwärtige oder auch frühere Exposition gleichzeitig erhoben.
radioaktive Stoffe	Stoffe, die ionisierende Strahlung spontan aussenden
radioaktives Gleichgewicht	Einige primordiale Isotope des Uran und Thorium zerfallen nicht direkt in stabile Elemente, sondern in Nuklide, die wieder radioaktiv sind. Sie bilden Zerfallsketten. Wenn die Halbwertszeit des Tochterproduktes kürzer ist als die des Mutternuklids, nähert sich dessen Aktivität im Laufe der Zeit an die des Mutternuklids an. Schließlich zerfallen im ungestörten Gestein pro Zeiteinheit genauso viele Atome des Tochternuklids, wie nachgeliefert werden. Die Aktivitäten der beiden Radionuklide befinden sich im radioaktiven Gleichgewicht.
Radioaktivität	Eigenschaft bestimmter chemischer Elemente bzw. Nuklide, ohne äußere Einwirkung Teilchen- oder Gammastrahlung aus dem Atomkern auszusenden
Radioiod	radioaktive Iodisotope
Radionuklide	instabile Nuklide, die unter Aussendung von Strahlung in andere Nuklide zerfallen
Retina	Netzhaut des Auges; hier werden optische Signale in Nervensignale umgewandelt
Risiko	Qualitative und/oder quantitative Charakterisierung eines Schadens hinsichtlich der Möglichkeit seines Eintreffens (Eintrittswahrscheinlichkeit) und der Tragweite der Schadenswirkung
Risikokommunikation	interaktiver (wechselseitiger) Prozess des Austausches von Informationen und Meinungen zu Risiken zwischen wissenschaftlichen Experten, Risikomanagern (Behörden) und der Öffentlichkeit (Betroffene, Interessensgruppen, etc.)

Begriff	Bedeutung
Risikowahrnehmung	Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen auf Grund persönlicher Erfahrungen, aufgenommener Informationen und der Kommunikation mit anderen Individuen
Sendeleistung	die von einer Antenne abgestrahlte elektrische Leistung
SI-Einheiten	Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI). Die Anwendung der Einheiten im Strahlenschutzmesswesen ist durch die Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 13.12.1985 (BGBl. I S. 2272) geregelt.
Sievert	SI-Einheit der Äquivalentdosis und der effektiven Dosis 1 Sievert (Sv) = 100 Rem, 1 Sievert = 1.000 Millisievert (mSv) = 1.000.000 Mikrosievert (µSv)
Spezifische Absorptionsrate (SAR)	die auf die Masse eines Körpers bezogene absorbierte Strahlungsleistung; die Einheit ist Watt pro Kilogramm (W/kg)
stochastisch	zufallsbedingt; stochastische Strahlenschäden sind solche, bei denen die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von der Dosis abhängt, nicht jedoch deren Schwere (siehe auch deterministisch)
Strahlenbelastung	siehe Strahlenexposition
Strahlenexposition	Einwirkung ionisierender oder nichtionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper oder Körperteile
Teletherapie	Behandlung von Erkrankungen durch Bestrahlung des Körpers von außen (s. a. Brachytherapie)
terrestrische Strahlung	Strahlung der natürlich radioaktiven Stoffe, die überall auf der Erde vorhanden sind
Tritium (H-3)	radioaktives Isotop des Wasserstoffs, das Betastrahlung sehr niedriger Energie aussendet
UFOPLAN	Umweltforschungsplan / Ressortforschungsplan des BMUB zur Gewinnung von Entscheidungshilfen und sachgerechter Erfüllung von Fachaufgaben
UVI,	Maß für sonnenbrandwirksame solare Strahlung
UV-Index	Der UV-Index beschreibt den am Boden erwarteten bzw. gemessenen Wert der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung und dient der Information der Bevölkerung über die Gefahren der solaren UV-Strahlung.
UV-Strahlung	optische Strahlung im Wellenlängenbereich von 100 nm - 400 nm
Vorfluter	Natürliches oder künstliches Gewässer (Wasserlauf), der Wasser und Abwasser aufnimmt und weiterleitet
Wirbelstrom	durch Induktion in einem leitfähigen Körper erzeugter elektrischer Strom

VIII. Physikalische Einheiten

Basiseinheiten

Die Basiseinheiten bilden ein System zusammenhängender Einheiten. Sie heißen nach den internationalen Empfehlungen SI-Einheiten (SI = Système International d'Unités).

Tabelle T VIII.1 Physikalische Einheiten - Basiseinheiten

Einheiten	Kurzzeichen	Basisgröße
Meter	m	Länge
Kilogramm	kg	Masse
Sekunde	s	Zeit
Ampère	A	Stromstärke
Kelvin	K	Temperatur
Mol	mol	Stoffmenge
Candela	cd	Lichtstärke

Tabelle T VIII.2 Physikalische Einheiten - SI-Einheiten in der Radiologie

Physikalische Größe	SI-Einheit	alte Einheit	Beziehung
Aktivität	Becquerel (Bq) 1 Bq = 1/s	Curie (Ci)	1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq * 1 Bq = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ci = 27 pCi
Energiedosis	Gray (Gy) 1 Gy = 1 J/kg	Rad (rd)	1 rd = 0,01 Gy * 1 Gy = 100 rd *
Äquivalentdosis	Sievert (Sv) 1 Sv = 1 J/kg	Rem (rem)	1 rem = 0,01 Sv * 1 Sv = 100 rem *
Ionendosis	Coulomb pro Kilogramm (C/kg)	Röntgen (R)	1 R = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg * = 0,258 mC/kg * 1 C/kg = 3876 R
Energiedosisleistung	Gray pro Sekunde (Gy/s)	Rad pro Sekunde (rd/s)	1 rd/s = 0,01 Gy/s * 1 Gy/s = 100 rd/s *
Ionendosisleistung	Ampere pro Kilogramm (A/kg)	Röntgen pro Sekunde (R/s)	1 R/s = $2,58 \cdot 10^{-4}$ A/kg * = 0,258 mA/kg *

Bei Werten mit * ist der Umrechnungsfaktor genau angegeben, bei den anderen ist er abgerundet

Tabelle T VIII.3 Präfixe für dezimale Vielfache und Teile von Einheiten

Präfix	Kurzbezeichnung	Faktor	Präfix	Kurzbezeichnung	Faktor
Exa	E	10^{18}	Dezi	d	10^{-1}
Peta	P	10^{15}	Zenti	c	10^{-2}
Tera	T	10^{12}	Milli	m	10^{-3}
Giga	G	10^9	Mikro	μ	10^{-6}
Mega	M	10^6	Nano	n	10^{-9}
Kilo	k	10^3	Piko	p	10^{-12}
Hekto	h	10^2	Femto	f	10^{-15}
Deka	da	10^1	Atto	a	10^{-18}

Dezimale Vielfache und Teile von Einheiten können durch Vorsetzen der in Tabelle 2-3 aufgeführten Präfixe vor den Namen der Einheit bezeichnet werden.

Tabelle T VIII.4 Physikalische Größen in der Nichtionisierenden Strahlung

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder			
elektrische Feldstärke	E	V/m (Volt pro Meter)	
magnetische Feldstärke	H	A/m (Ampere pro Meter)	
magnetische Flussdichte	B	Vs/m² (Voltsekunde pro Quadratmeter); T (Tesla) 1 Vs/m ² = 1 T gebräuchlich: 1 µT veraltet: G (Gauss)	$B = \mu \cdot H = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H^*$ für Luft und organische Materialien gilt: $B (\mu T) = 1,256 \cdot H (A/m)$ $1 G = 10^{-4} T = 100 \mu T$
Hochfrequente elektromagnetische Felder			
elektrische Feldstärke	E	V/m (Volt pro Meter)	$E = Z_0 \cdot H$ dabei ist Z_0 der Feldwellenwiderstand des leeren Raumes mit 376,7 Ω (Ohm) = 376,7 V/A
magnetische Feldstärke	H	A/m (Ampere pro Meter)	
Leistungsflussdichte	S	W/m² (Watt pro Quadratmeter)	$S = E \cdot H = Z_0 \cdot H^2 = E^2 / Z_0$ (gilt im Fernfeld)
Spezifische Absorptionsrate	SAR	W/kg (Watt pro Kilogramm) gemittelt über 6 min Einwirkdauer und 10 g Gewebe	
* dabei ist μ die Permeabilitätskonstante, μ_0 die Permeabilitätskonstante im Vakuum und μ_r die Permeabilitätszahl eines Mediums			

Tabelle T VIII.5 Liste ausgewählter Radionuklide)

Ordnungszahl Z	Element	Radionuklid	Halbwertszeit	Strahlungsart
1	Wasserstoff	H-3	12,3 a	β^-
4	Beryllium	Be-7	53,3 d	ϵ, γ
6	Kohlenstoff	C-14	5730 a	β^-
9	Fluor	F-18	1,83 h	β^+
11	Natrium	Na-22	2,6 a	β^+, γ
14	Silizium	Si-32	172 a	β^-
15	Phosphor	P-32	14,3 d	β^-
16	Schwefel	S-35	87,5 d	β^-
18	Argon	Ar-41	1,83 h	β^-, γ
19	Kalium	K-40	$1,28 \times 10^9$ a	$\beta^-, \epsilon, \beta^+, \gamma$
20	Calcium	Ca-45	163 d	β^-, γ
24	Chrom	Cr-51	27,7 d	ϵ, γ
25	Mangan	Mn-54	312,2 d	ϵ, γ
26	Eisen	Fe-59	44,5 d	β^-, γ
27	Kobalt	Co-57	272 d	ϵ, γ
		Co-58	70,9 d	$\epsilon, \beta^+, \gamma$
		Co-60	5,27 a	β^-, γ
28	Nickel	Ni-63	100 a	β^-
30	Zink	Zn-65	244 d	$\epsilon, \beta^+, \gamma$
34	Selen	Se-75	120 d	ϵ, γ

Ordnungszahl Z	Element	Radionuklid	Halbwertszeit	Strahlungsart
36	Krypton	Kr-85	10,8 a	β^- , γ
		Kr-85 m	4,48 h	β^- , γ
		Kr-87	76,3 m	β^- , γ
		Kr-88	2,84 h	β^- , γ
		Kr-89	3,18 m	β^- , γ
37	Rubidium	Rb-87	$4,8 \times 10^{10}$ a	β^-
38	Strontium	Sr-89	50,5 d	β^- , γ
		Sr-90	28,6 a	β^-
39	Yttrium	Y-90	64,1 h	β^-
40	Zirkon	Zr-95	64 d	β^- , γ
41	Niob	Nb-95	35 d	β^- , γ
42	Molybdän	Mo-99	66,0 h	β^- , γ
43	Technetium	Tc-99	$2,1 \times 10^5$ a	β^-
		Tc-99m	6,0 h	γ
44	Ruthenium	Ru-103	39,4 d	β^- , γ
		Ru-106	374 d	β^-
46	Palladium	Pd-103	16,96 d	ϵ ,
47	Silber	Ag-108m	418 a	ϵ , γ
		Ag-110m	250 d	β^- , γ , γ
48	Cadmium	Cd-109	463 d	ϵ
49	Indium	In-111	2,81 d	ϵ , γ
51	Antimon	Sb-124	60,3 d	β^- , γ
		Sb-125	2,77 a	β^- , γ
52	Tellur	Te-123m	120 d	γ
53	Iod	I-123	13,2 h	ϵ , γ
		I-125	59,4 d	ϵ , γ
		I-129	$1,57 \times 10^7$ a	β^- , γ
		I-131	8,02 d	β^- , γ
54	Xenon	Xe-131m	11,9 d	γ
		Xe-133	5,25 d	β^- , γ
		Xe-133m	2,19 d	γ
54	Xenon	Xe-135	9,1 h	β^- , γ
		Xe-135m	15,3 m	γ , β^-
		Xe-137	3,83 m	β^- , γ
		Xe-138	14,1 m	β^- , γ
55	Cäsium	Cs-134	2,06 a	β^- , γ , β^+
		Cs-137	30,2 a	β^- , γ
56	Barium	Ba-140	12,8 d	β^- , γ
57	Lanthan	La-140	40,3 h	β^- , γ
58	Cer	Ce-141	32,5 d	β^- , γ

Ordnungszahl Z	Element	Radionuklid	Halbwertszeit	Strahlungsart
		Ce-144	285 d	β^- , γ
61	Promethium	Pm-147	2,62 a	β^- , γ
63	Europium	Eu-152	13,3 a	ϵ , β^+ , β^- , γ
		Eu-154	8,8 a	β^- , ϵ , γ
64	Gadolinium	Gd-153	239 d	ϵ , γ
71	Lutetium	Lu-177	6,647 d	β^- , γ
73	Tantal	Ta-182	114 d	β^- , γ
77	Iridium	Ir-192	73,8 d	β^- , ϵ , γ
81	Thallium	Tl-201	73,1 h	ϵ , γ
82	Blei	Pb-210	22,3 a	β^- , γ , α
		Pb-214	26,8 m	β^- , γ
83	Wismut	Bi-214	19,9 m	β^- , α , γ
84	Polonium	Po-210	138 d	α
		Po-214	164 μ s	α
		Po-218	3,05 m	α
86	Radon	Rn-219	3,96 s	α , γ
		Rn-220	55,6 s	α
		Rn-222	3,83 d	α
88	Radium	Ra-224	3,66 d	α , γ
		Ra-226	1600 a	α , γ
		Ra-228	5,75 a	β^-
90	Thorium**	Th-228	1,91 a	α , γ
		Th-230	$7,54 \times 10^4$ a	α
		Th-232	$1,41 \times 10^{10}$ a	α
		Th-234	24,1 d	β^- , γ
91	Protactinium	Pa-234	6,7 h	β^- , γ
92	Uran***	U-233	$1,59 \times 10^5$ a	α
		U-234	$2,46 \times 10^5$ a	α
		U-235	$7,04 \times 10^8$ a	α , γ
		U-238	$4,47 \times 10^9$ a	α
93	Neptunium	Np-239	$2,3^6$ d	β^- , γ
94	Plutonium	Pu-238	87,7 a	α
		Pu-239 *)	$2,41 \times 10^4$ a	α
		Pu-240 *)	6563 a	α
		Pu-241	14,4 a	β^- , α
95	Americium	Am-241	432 a	α , γ
96	Curium	Cm-242	163 d	α
		Cm-244	18,1 a	α
			μ s = Mikrosekunden s = Sekunden m = Minuten h = Stunden	ϵ = Elektroneneinfang γ = Gammastrahlung $I\gamma$ = Isomerenzerfall β^+ = Positronen

Ordnungszahl Z	Element	Radionuklid	Halbwertszeit	Strahlungsart
			d = Tage	β^- = Elektronen
			a = Jahre	α = Helium-Kerne
+) entnommen aus: Magill J, Pfennig G, Galy J: Karlsruher Nuklidkarte. European communities, EUR22276EN, 7. Auflage, 2006 * Pu-(239+240): Historisch gewachsene, zusammenfassende Schreibweise (auch Pu-(239+240)) der beiden Radionuklide Pu-239 und Pu-240. Die Energien der Alphastrahlung dieser Radionuklide liegen so dicht beisammen, dass mit üblichen Alphaspektrometern meist nur die Summe ihrer Aktivitäten gemessen werden kann ** Bei natürlichem Thorium (Thnat) handelt es sich fast nur um das Isotop Th-232, das die längste Halbwertszeit besitzt. Th-228, 227Th, Th-230, Th-231 und Th-234 kommen nur in Spuren vor *** In natürlichem Uran (Natururan, Unat) finden sich die Isotope -238 zu 99,27 %, U-235 zu 0,72 %, U-234 zu 0,0055 % und U-236 in Spuren				

TABELLENVERZEICHNIS

I. TABELLEN ZUR NATÜRLICHEN UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Tabelle T I.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre im Zeitraum 1998 bis 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.2	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre 2021 und 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.3	Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer im Zeitraum 1998 bis 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.4	Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer 2021 und 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.5	Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen
Tabelle T I.6	Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich beeinflussten Messstellen (Winter 2021/2022 und Sommer 2022; Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.7	Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen (Mittelwerte 1991 – 2022 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre; Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.8	Medianwerte der jährlichen Uran- und Radiumkonzentrationen in den Vorflutern sächsischer und thüringischer Bergbauggebiete 2021 und 2022 (Messwerte der Wismut GmbH)
Tabelle T I.9	Ergebnisse der Radionuklidbestimmungen in Baustoffgruppen

II. TABELLEN ZUR KÜNSTLICHEN UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Tabelle T II.1	Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland
Tabelle T II.2	Forschungsreaktoren (ausgenommen Nullleistungsreaktoren) in Deutschland
Tabelle T II.3	Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Deutschland
Tabelle T II.4	Schachanlage Asse II und Endlager Morsleben für radioaktive Abfälle in Deutschland
Tabelle T II.5	Grenznahe kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland
Tabelle T II.6	Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022
Tabelle T II.7	Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022
Tabelle T II.8	Aktivitätsableitung von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2022 (I-131: Tabelle T II.6)
Tabelle T II.9	Aktivitätsableitung von radioaktiven Edelgasen, I-131 und an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden (ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler) mit der Fortluft und Gesamt-Bruttostromerzeugung der Kernkraftwerke in den Jahren 2011 bis 2022)
Tabelle T II.10	Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren und Forschungsreaktoren von Universitäten im Jahr 2022
Tabelle T II.11	Aktivitätsableitung alphastrahlender radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben
Tabelle T II.12	Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse II und dem Endlager Morsleben
Tabelle T II.13	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in Deutschland im Jahr 2022
Tabelle T II.14	Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren
Tabelle T II.15	Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben
Tabelle T II.16	Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus den End- und Zwischenlagern
Tabelle T II.17	Exposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
Tabelle T II.18	Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
Tabelle T II.19	Exposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
Tabelle T II.20	Exposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
Tabelle T II.21	Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser
Tabelle T II.22	Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Direktstrahlung*
Tabelle T II.23	Exposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben, der Schachanlage Asse II und des Zwischenlagers Nord durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser
Tabelle T II.24	Strahlenexposition durch Direktstrahlung* aus zentralen Zwischenlagern
Tabelle T II.25	Einzelnuclid-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft
Tabelle T II.26	Deposition von Einzelnucliden mit dem Niederschlag, Messungen des Deutschen Wetterdienstes
Tabelle T II.27	Obergrenzen für die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch Direktstrahlung aus kerntechnischen Anlagen
Tabelle T II.28	Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131 (Messwerte der Betreiber)
Tabelle T II.29	Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Co-60 (Messwerte der Betreiber)

Tabelle T II.30	Umgebungsstrahlung bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren (Messwerte der Betreiber)
Tabelle T II.31	Deposition mit dem Niederschlag bezogen auf Co-60
Tabelle T II.32	Übersicht über die für 2022 insgesamt ausgewerteten Messwerte von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrlSchG und REI mit den jeweiligen maximalen gemessenen Werten und den zugehörigen Gewässern und Bezugszeiten
Tabelle T II.33	Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Fließgewässern nach StrlSchG
Tabelle T II.34	Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Seen und Talsperren nach StrlSchG
Tabelle T II.35	Überwachung der Gewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen gemäß der REI
Tabelle T II.36	Radioaktive Kontamination von Weideböden
Tabelle T II.37	Radioaktive Kontamination von Ackerböden
Tabelle T II.38	Radioaktive Kontamination von Waldböden
Tabelle T II.39	Radioaktive Kontamination von Weide- und Wiesenbewuchs
Tabelle T II.40	Radioaktive Kontamination einiger Futtermittel (Produkte aus dem Inland)
Tabelle T II.41	Radioaktive Kontamination von Futtermittelimporten
Tabelle T II.42	Radioaktive Kontamination von Pflanzen (Indikatoren)
Tabelle T II.43	Radioaktivität des Bodens in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
Tabelle T II.44	Spezifische Aktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
Tabelle T II.45	Allgemeine Überwachung von Grundwasser und Trinkwasser in Deutschland
Tabelle T II.46	Umgebungsüberwachung von Anlagen nach Atomgesetz in Deutschland (Grundwasser und Trinkwasser)
Tabelle T II.47	Radioaktive Kontamination der Rohmilch
Tabelle T II.48	Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten im Jahr 2022
Tabelle T II.49	Radioaktive Kontamination der Milch in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
Tabelle T II.50	Spezifische Cs-137-Aktivität in Süßwasserfischen
Tabelle T II.51	Cs-137-Aktivität in Forellen und Karpfen
Tabelle T II.52	Spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren aus der Nord- und Ostsee
Tabelle T II.53	Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen
Tabelle T II.54	Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen aus dem Pazifik
Tabelle T II.55	Spezifische Sr-90-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren
Tabelle T II.56	Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Fischen, Krusten- und Schalentieren aus verschiedenen Meeresgebieten
Tabelle T II.57	Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Wasserpflanzen aus verschiedenen Meeresgebieten
Tabelle T II.58	Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz
Tabelle T II.59	Weizen, Inland
Tabelle T II.60	Weizen, Einfuhr
Tabelle T II.61	Sonstige Getreide, Inland und Einfuhr
Tabelle T II.62	Kalbfleisch, Inland
Tabelle T II.63	Rindfleisch, Inland
Tabelle T II.64	Schweinefleisch, Inland
Tabelle T II.65	Sonstiges Fleisch, Inland und Einfuhr
Tabelle T II.66	Wild, Inland und Einfuhr
Tabelle T II.67	Kartoffeln, Inland
Tabelle T II.68	Gemüse (frisch), Inland und Einfuhr
Tabelle T II.69	Speisepilze, Inland und Einfuhr
Tabelle T II.70	Obst und Rhabarber, Inland und Einfuhr
Tabelle T II.71	Sonstige Lebensmittel, Inland und Einfuhr
Tabelle T II.72	Arithmetische Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in ausgewählten Lebensmitteln, Inland
Tabelle T II.73	Aktivitätszufuhr von Cs-137 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung
Tabelle T II.74	Säuglings- und Kleinkindernahrung
Tabelle T II.75	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Gemüse
Tabelle T II.76	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Getreide
Tabelle T II.77	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Obst
Tabelle T II.78	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Kartoffeln
Tabelle T II.79	Spezifische Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in ausgewählten Arz-

	neimittelpflanzen für das Jahr 2022
Tabelle T II.80	Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Bitterkleeblättern für die Jahre 2005 bis 2022 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
Tabelle T II.81	Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40, bezogen auf Trockenmasse, in Islandmoos für die Jahre 2000 bis 2022 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
Tabelle T II.82	Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40, bezogen auf Trockenmasse, in Gänsefingerkraut für die Jahre 2000 bis 2022 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes
Tabelle T II.83	Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2022 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte
Tabelle T II.84	Überwachung von Abfällen

III. TABELLEN ZUR BERUFLICHEN STRAHLENEXPOSITION

IV. TABELLEN ZUR MEDIZINISCHEN STRAHLENEXPOSITION

Tabelle T IV.1	Typische Werte für die effektive Dosis häufiger Röntgenmaßnahmen
Tabelle T IV.2	Anzahl der im Jahr 2016 durchgeführten Strahlentherapien
Tabelle T IV.3	Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse im Jahr 2022 mit Abschlussmeldung

V. TABELLEN ZUM UMGANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN UND IONISIERENDER STRAHLUNG

Tabelle T V.1	Einfuhr radioaktiver Stoffe nach Deutschland - ohne radioaktive Abfälle
Tabelle T V.2	Ausfuhr radioaktiver Stoffe aus Deutschland - ohne radioaktive Abfälle
Tabelle T V.3	Einfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2022
a)	
Tabelle T V.4	Einfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2022
Tabelle T V.5	Einfuhr von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in kg im Jahr 2022
Tabelle T V.6	Ausfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2022
Tabelle T V.7	Ausfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2022
Tabelle T V.8	Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe in kg im Jahr 2022
Tabelle T V.9	Gesamtzahlen der Anmeldungen und Genehmigungen im Jahr 2022
Tabelle T V.10	Übersicht über die Anzahl der durchgeführten Kernbrennstofftransporte (Unterscheidung der Beförderungen nach Verkehrsträgern und Verkehrsart)
Tabelle T V.11	Zahl der jährlich beförderten Wagenladungen / Transporte mit radioaktiven Stoffen
Tabelle T V.12	Anzahl der Beförderungen radioaktiver Stoffe (Bahn) in Abhängigkeit von der rechtlichen Grundlage
Tabelle T V.13	Wagenladungssendungen
Tabelle T V.14	Beförderte Gesamtaktivität
Tabelle T V.15	Anteil der überprüften Beförderungen, bezogen auf Transportarten, sowie festgestellte Mängel
Tabelle T V.16	Übersicht über die Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2022)
Tabelle T V.17	Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG zum Umgang mit ausschließlich umschlossenen radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2022)
Tabelle T V.18	Übersicht über die Zahl der Anlagen mit Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 und § 10 StrlSchG (Stand: 31.12.2022)
Tabelle T V.19	Übersicht über gültige Genehmigungen
Tabelle T V.20	Übersicht über die Zahl der im Jahr 2022 erstatteten Anzeigen
Tabelle T V.21	Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen nach § 89 StrlSchV im Jahr 2022
Tabelle T V.22	Im Jahr 2022 erstattete Anmeldungen nach § 145 Absatz 2 StrlSchG und nach § 159 Absatz 2 StrlSchG
Tabelle T V.23	Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Humanmedizin im Jahr 2022
Tabelle T V.24	Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Zahnmedizin und Tiermedizin im Jahr 2022
Tabelle T V.25	Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen sowie genehmigte Störstrahler in Technik/Nichtmedizin im Jahr 2022
Tabelle T V.26	Übersicht über die Entwicklung der Daten im HRQ-Register seit dem Jahr 2006
Tabelle T V.27	Übersicht über die Mengen (Massen und Volumina) vernachlässigbar Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle am 31. Dezember 2022
Tabelle T V.28	Übersicht über den Bestand radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung nach Verursachergруппen am 31. Dezember 2022
Tabelle T V.29	Übersicht über den Bestand an Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen - ohne bestrahlte BE - nach Verursachergруппen am 31. Dezember 2022
Tabelle T V.30	Bedeutsame Vorkommnisse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen, beim Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung (z. B. Beschleuniger), bei der Beförderung radioaktiver Stoffe und beim Betrieb von Röntgeneinrichtungen sowie Abhandenkommen und Fund von ra-

radioaktiven Stoffen

VI. TABELLEN ZUR NICHTIONISIERENDEN STRAHLUNG

Tabelle T VI.1 SAR-Werte für Mobiltelefone

VII. ABKÜRZUNGEN UND GLOSSAR

Tabelle T VII.1 Abkürzungen

Tabelle T VII.2 Glossar

VIII. PHYSIKALISCHE EINHEITEN

Tabelle T VIII.1 Physikalische Einheiten - Basiseinheiten

Einheiten

Kurzzeichen

Basisgröße

Tabelle T VIII.2 Physikalische Einheiten - SI-Einheiten in der Radiologie

Tabelle T VIII.3 Präfixe für dezimale Vielfache und Teile von Einheiten

Tabelle T VIII.4 Physikalische Größen in der Nichtionisierenden Strahlung

Tabelle T VIII.5 Liste ausgewählter Radionuklide)