

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung

Jahresbericht 2020

Impressum

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

Redaktion: Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter

Dr. Angelika Löbke-Reinl
Dr. Josef Peter
Claudia Bernhard-Ströl
Angela Trugenberger-Schnabel
Anita Lovsky

Redaktioneller Stand: Oktober 2021

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
[urn:nbn:de:0221-2023092039261](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2023092039261)

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 2020 - AKTUELLE DATEN UND DEREN BEWERTUNG

ZUSAMMENFASSUNG	8
SUMMARY	12
I NATÜRLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT	
1. Natürliche Umweltradioaktivität	18
2. Zivilisatorisch veränderte natürliche Umweltradioaktivität	18
2.1 Hinterlassenschaften und Rückstände aus Bergbau und Industrie	18
2.2 Radon in Gebäuden	21
2.3 Radioaktive Stoffe in Baumaterialien und Industrieprodukten	22
II KÜNSTLICHE UMWELTRADIOAKTIVITÄT	
1. Quellen künstlicher Radioaktivität	24
1.1 Kernwaffenversuche	24
1.2 Zivile Freisetzungen	24
1.3 Tschernobyl - Strahlenexposition durch den Reaktorunfall	26
1.4 Anlagen nach Atomgesetz	29
1.5 Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen nach Atomgesetz	31
1.6 Exposition durch Anlagen nach Atomgesetz	35
2. Allgemeine Umweltüberwachung (Immissionen)	40
2.1 Luft und Niederschlag, Gamma-Ortsdosisleistung/Spurenanalyse	40
2.2 Nord- und Ostsee	52
2.3 Binnengewässer	55
2.4 Böden	61
2.5 Lebensmittel, Grund- und Trinkwasser	62
2.6 Arzneimittel und deren Ausgangsstoffe sowie Bedarfsgegenstände	71
2.7 Abwasser und Klärschlamm	72
2.8 Abfälle	73
2.9 Inkorporationsüberwachung der Bevölkerung	76
III BERUFLICHE EXPOSITIONEN	
1. Überwachung beruflicher Expositionen in Deutschland	79
1.1 Erfasste Daten	79
1.2 Datenerfassung	79
2. Gesamtauswertung der Überwachung beruflicher Expositionen nach Sektoren	80
2.1 Beruflich (messbar) exponierte Personen in Deutschland	80
2.2 Die Kollektivdosis	80
2.3 Die mittlere effektive Jahresdosis	82
2.4 Zeitlicher Verlauf der mittleren effektiven Jahresdosis	82
2.5 Die mittlere Organ-Äquivalentdosis der Hände und der Augenlinse	85
3. Weitere Auswertungen aus dem SSR	85
3.1 Anzahl der Grenzwertüberschreitungen	85
3.2 Übersicht über beruflich exponierte Personen in kerntechnischen Anlagen	85
4. Inkorporationsüberwachung beruflich exponierter Personen	85
IV STRAHLENEXPOSITION DURCH MEDIZINISCHE MAßNAHMEN	
1. Diagnostische Strahlenanwendungen	88
1.1 Röntgendiagnostik	88

1.2	Nuklearmedizin, Diagnostik	92
1.3	Strahlenhygienische Bewertung der Strahlenexposition durch diagnostische Maßnahmen	93
1.4	Magnetresonanztomographie als alternatives Untersuchungsverfahren	94
2.	Therapeutische Strahlenanwendungen	95
2.1	Therapie mit ionisierender Strahlung	96
3.	Medizinische Forschung	97
4.	Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin nach Anlage 14 StrlSchV	97
V UMGANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN UND IONISIERENDER STRAHLUNG		
1.	Grenzüberschreitende Verbringung radioaktiver Stoffe	100
1.1	Übersicht über die Ein- und Ausfuhrstatistik radioaktiver Stoffe	100
1.2	Einfuhrstatistik	100
1.3	Ausfuhrstatistik	101
1.4	Genehmigungen und Anmeldungen	102
2.	Beförderung radioaktiver Stoffe	102
2.1	Übersicht über Zulassungen, Beförderungsgenehmigungen und Transporte radioaktiver Stoffe	102
2.2	Beförderung radioaktiver Stoffe im Schienen- und Schiffsverkehr der Eisenbahnen (Überarbeitungsstand BJ 2019)	102
3.	Umgang mit radioaktiven Stoffen, Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung, Röntgeneinrichtungen und Störstrahler	104
3.1	Behördliche Kontrolle der Nutzung ionisierender Strahlung	104
3.2	Industrieerzeugnisse und technische Strahlenquellen	104
3.3	Hochradioaktive Quellen (HRQ)	105
3.4	Störstrahler	105
3.5	Konsumgüter und sonstige Anwendungen	105
3.6	Bestand radioaktiver Abfälle	105
4.	Bedeutsame Vorkommnisse	106
VI NICHTIONISIERENDE STRAHLUNG		
1.	Elektromagnetische Felder - Forschung und aktuelle Themen	108
1.1	Elektromagnetische Felder allgemein	108
1.2	Statische elektrische und magnetische Felder	108
1.3	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder (NF)	108
1.4	Strahlenschutz beim Stromnetzausbau	108
1.5	Hochfrequente elektromagnetische Felder (HF)	109
1.6	Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder (KEMF)	111
1.7	Runder Tisch Elektromagnetische Felder	111
1.8	Umweltzeichen „Blauer Engel“	111
2.	Optische Strahlung	113
2.1	Solares UV-Monitoring	113
2.2	Forschung	114
2.3	Hautkrebspräventionsmaßnahmen	115
2.4	Rechtliche Regelungen	116

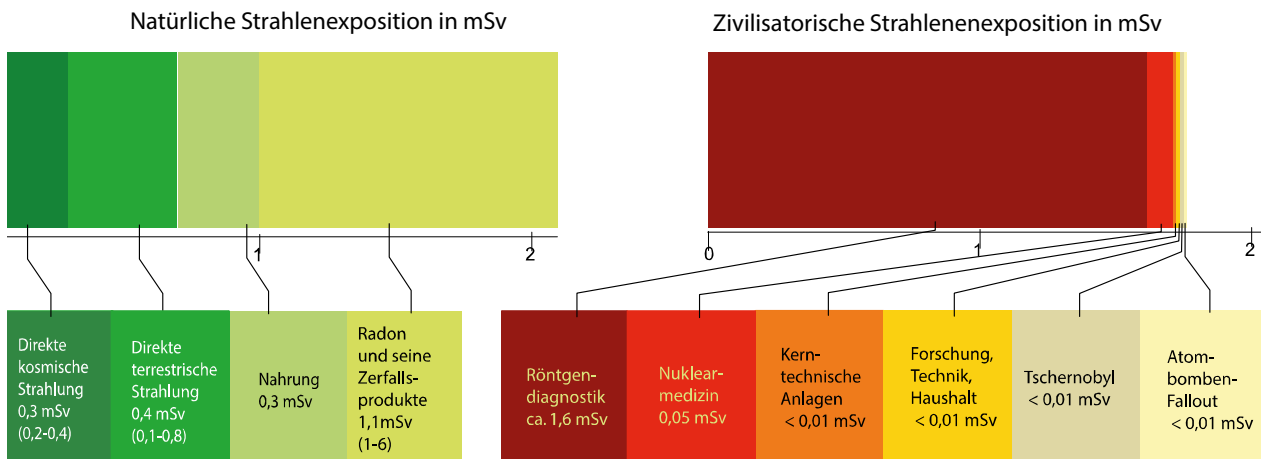
TABELLEN

I.	Tabellen zur natürlichen Umweltradioaktivität	118
II.	Tabellen zur künstlichen Umweltradioaktivität	124
III.	Tabellen zur beruflichen Strahlenexposition	218
IV.	Tabellen zur medizinischen Strahlenexposition	219
V.	Tabellen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung	222
VI.	Tabellen zur nichtionisierenden Strahlung	255
VII.	Abkürzungen und Glossar	256
VIII.	Physikalische Größen, Einheiten und ausgewählte Radionuklide	266
	Tabellenverzeichnis	272

BERICHT 2020 - AKTUELLE DATEN UND DEREN BEWERTUNG

(Überarbeitungsstand 2021)

(CURRENT DATA AND THEIR EVALUATION)



(Daten für das Jahr 2018)

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in mSv im Jahr 2020, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands (Wertebereich in Klammern)

Effective annual dose to an individual due to ionising radiation in 2020 (in mSv), averaged over the German population (range in brackets)

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 Umweltradioaktivität Angaben über die Strahlenexposition der Bevölkerung durch natürliche und künstliche Quellen.

Die mittlere Strahlenexposition für eine Person der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2020 ist in der unten aufgeführten Tabelle nach den verschiedenen Strahlenquellen aufgeschlüsselt. Die mittlere effektive Dosis beträgt etwa 3,8 Millisievert (mSv) pro Jahr und Person.

Der größte Beitrag erfolgt durch medizinische Anwendungen, insbesondere aus Computertomographie-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 2020, 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 Tschernobyl	<0,01	
2.3	durch kerntechnische Anlagen	<0,01	
2.4	durch Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin* (ohne Therapie)	ca. 1,7	
	davon durch nuklearmedizinische Untersuchungen		ca. 0,05
Summe der zivilisatorischen Strahlenexposition		ca. 1,7	

* Daten von 2018

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 einschließlich des Trinkwassers. 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 Uranerzbergbauegebiet in Sachsen und Thüringen werden über Luft und Wässer 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. Uranbergbauegebiete eine für geologisch ver-

gleichbare Gebiete zu erwartende hohe Radonkonzentration natürlichen Ursprungs. Die Ableitung von Uran, Radium und deren Zerfallsprodukten aus bergbaulichen Anlagen in die Vorfluter der Bergbauegebiete 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/m^3); 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/m^3 vor. Bis 2020 mussten die Bundesländer die Gebiete mit hohem Radon-Vorkommen ermitteln und bekanntgeben. Die Anforderungen an Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Wohngebäuden und an Arbeitsplätzen wurden in der Strahlenschutzverordnung ausgearbeitet und werden durch Normen unteretzt.

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 Tschernobyl

Im April 1986 kam es im Kernkraftwerk 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 $100\,000 \text{ Bq/m}^2$.

Im Jahr 2020 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 2020 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 2020 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 nicht überschritten. Sie liegen im Bereich der entsprechenden Werte des Vorjahres und betragen bei der effektiven Dosis und bei den einzelnen Organdosen weniger als 10 % des jeweiligen Dosisgrenzwertes. 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 sechs in Betrieb befindlichen Kernkraftwerken verringerte sich im Jahr 2020 auf 64,4 Terawattstunden (TWh).

Berufliche Strahlenexposition

In Deutschland unterliegen alle Personen, die in ihrem Arbeitsumfeld ionisierender Strahlung ausgesetzt sind, der beruflichen Strahlenschutzüberwachung. Dies betrifft sowohl Arbeitsplätze mit künstlichen (Medizin, Kerntechnik, allgemeine Industrie sowie Forschung und Lehre) als auch mit natürlichen Strahlungsquellen (Luffahrt sowie Arbeitsplätze mit erhöhter Radon-/NORM-Exposition; NORM steht für "naturally occurring radioactive materials"). Im Rahmen der beruflichen Überwachung werden Dosiswerte aller betroffenen Beschäftigten erhoben und im Strahlenschutzregister gespeichert und bilanziert.

Im Jahr 2020 wurden in Deutschland ca. 420 000 Personen überwacht. Die mittlere effektive Jahresdosis aller exponierten Personen betrug dabei 0,1 mSv. Mit knapp 99 000 Personen hat jedoch nur ein Viertel aller exponierten Personen eine messbare Dosis erhalten. Deren mittlere effektive Jahresdosis betrug 0,5 mSv. Der Bereich der Medizin macht ca. drei Viertel der überwachten Beschäftigten aus. Von diesen rund 320 000 Personen haben im Jahr 2020 42 000 Personen einen messbaren Wert für die effektive Dosis erhalten. Die mittlere effektive Jahresdosis des messbar exponierten Personals betrug 0,3 mSv. Messbar exponierte Beschäftigte im kerntechnischen Bereich erhielten eine mittlere effektive Jahresdosis von 0,5 mSv, die der allgemeinen Industrie 0,8 mSv und die der Forschung und Lehre 0,2 mSv. Individuen, die an Arbeitsplätzen mit erhöhter natürlicher Umgebungsstrahlung beschäftigt waren (betrifft weniger als 1 000 Personen), erhielten im Mittel eine effektive Jahresdosis von 1,5 mSv. Der Wert für die mittlere effektive Jahresdosis des fliegenden Personals erreichte mit 0,6 mSv ein Rekordtief, was auf die Effekte der COVID-19-Pandemie zurückzuführen ist.

Im Jahr 2020 kam es zu drei Überschreitungen des Grenzwertes für die effektive Jahresdosis für Erwachsene von 20 mSv (§ 78 StrlSchG). Viermal wurde der Grenzwert für die Organ-Äquivalentdosis für die Hände von 500 mSv überschritten.

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 2018 präsentiert.

Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2018 auf ca. 1,6 mSv. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2018 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen. Dieser Trend ist im Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit und der damit einhergehenden Zunahme der effektiven Dosis pro Kopf verursacht. Demgegenüber nahm die effektive Dosis pro Einwohner für die Summe der restlichen Untersuchungsverfahren über die Jahre 2007 bis 2018 ab. Die CT und die ebenfalls dosisintensive Angiographie (einschließlich vaskulärer interventioneller Maßnahmen) tragen weniger als 15 % zu der Gesamthäufigkeit von durchschnittlich etwa 1,6 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner und Jahr bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2018 jedoch mehr als 80 %.

Die mittlere Anzahl von nuklearmedizinischen Untersuchungen für 2016-2018 ist mit ca. 25 pro 1 000 Einwohnern - verglichen mit der Häufigkeit von Röntgenmaßnahmen - gering. Mit ca. einem Drittel werden Schilddrüsenuntersuchungen am häufigsten durchgeführt. Für die nuklearmedizinische Diagnostik wurde eine über den Zeitraum 2016 bis 2018 gemittelte effektive Dosis von etwa 0,05 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt (ohne Berücksichtigung der CT-Dosis bei Hybriduntersuchungen). 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 Mammographie-Screening-Programm eingeführt und wird seither flächendeckend angeboten. Zielgruppe sind alle (symptomfreien) Frauen im Alter zwischen 50 und 69 Jahren. Anspruchsberechtigt sind ca. 11 Mio. Frauen, die alle zwei Jahre eine Einladung erhalten. Die Teilnehmerate lag 2018 bei 50 %.

Radioaktive Abfälle

Insgesamt lagerten bei allen Abfallverursachern am 31. Dezember 2020, mit dem Endlagerziel Konrad oder einem anderen, 20 336 t Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle. Der Bestand an Abfallprodukten in Innenbehältern belief sich auf ca. 18 346 m³, von denen 5 489 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. 108 842 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 26 t an radioaktiven Abfällen sind derzeit nicht für das Endlager Konrad vorgesehen, sie sollen bei der Standortsuche für das Endlager nach dem Standortauswahlgesetz berücksichtigt werden.

Bis zum 31. Dezember 2020 sind in Deutschland insgesamt ca. 16 024 Tonnen SM (Schwermetall = Uran + Plutonium) in Form bestrahlter Brennelemente angefallen. Davon wurden ca. 6 670 t SM zur Wiederaufarbeitung im Ausland oder in andere Anlagen abgeben.

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 die 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. Dies stellte auch 2020 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 (BMU) vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in den Bereichen „elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder“ sowie „optische Strahlung“ auch 2020 Forschungsvorhaben initiiert und koordiniert. Die Ergebnisse der 2020 abgeschlossenen Studien sind im Programmreport 2020

(nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257) 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 BMU und KEMF liegt aktuell bei der Einführung der 5. Mobilfunkgeneration (5G). Hierbei handelt es sich um einen Mobilfunkstandard, der 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, bspw. UMTS (3G). Für 5G werden aber zukünftig 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 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 die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die Ursache für einen beobachteten Zusammenhang zwischen einem erhöhten Leukämierisiko im Kindesalter und einer erhöhten häuslichen Magnetfeldexposition ist 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 zehn Themenfeldern sollen 39 einzelne Forschungsvorhaben durchgeführt werden. Über die Ergebnisse informiert das BfS transparent auf der Webseite www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau_node.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 Strahlungsquellen wie beispielsweise Laserpointer ist ein strahlenschutzrelevantes Thema.

Im November 2020 wurde ein Fachgespräch bzgl. missbräuchlicher Verwendung starker optischer Strahlungsquellen wie beispielsweise Laserpointer durchgeführt. Für ein Fachgespräch zum Thema „Temporal Light Artefacts (TLA)“, d. h. Lichtflimmern und Stroboskopeffekte, wurde 2020 mit der Planung begonnen. Das Fachgespräch hierzu wird 2021 stattfinden.

Die kontinuierlichen Messungen der erythemwirksamen UV-Bestrahlungsstärke im Rahmen des solaren UV-Messnetzes (https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) ergaben im April 2020 in ganz Deutschland sprunghaft erhöhte Werte des UV-Index und eine deutlich erhöhte erythemwirksame UV-Monatsdosis. Die erhöhten Werte sind auf ein Niedrigozonereignis in Folge des arktischen Ozonlochs im Winter 2019/2020 und der Auflösung des Polarwirbels sowie auf eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer im April zurückzuführen. Die höchsten ermittelten Tagesspitzenwerte des UV-Index 2020 lagen in Nord- und Mitteldeutschland bei UV-Index-Werten von 7 bis 9, in Süddeutschland bei UV-Index-Werten von 8 bis 10 und im alpinen Hochgebirgsraum bei UV-Index-Werten von 10 bis 12.

Im Rahmen des Ressortforschungsplans des BMU wurden 2020 durch das BfS zu den Themen „Mikroskalige Modellierung von UV-Belastung“, „Verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kinder-

tagesstätten und Schulen" und „Missbrauch starker optischer Strahlungsquellen - Blendattacken und Augenschäden" Forschungsvorhaben initiiert und fachlich begleitet.

Im Jahr 2020 arbeitete das BfS zusammen mit dem UV-Schutz-Bündnis weiter daran, die Prävention UV-bedingter Erkrankungen, insbesondere des Hautkrebses, zu stärken. Zum einen wurde die vom UV-Schutz-Bündnis erstellte Kriterienanalyse bezüglich des Themas „Reduzierung der Morbidität und Mortalität UV-bedingter Erkrankungen" für eine gemeinsame Publikation mit der Geschäftsstelle und dem Evaluationsbeirat des Kooperationsverbundes gesundheitsziele.de zur Publikation im Bundesgesundheitsblatt vorbereitet. Zum anderen arbeiteten das BfS und die UV-Schutz-Bündnispartner an der weiteren Umsetzung der im Grundsatzpapier des Bündnisses beschriebenen Maßnahmen. Das Thema „Klimawandel und UV-Strahlung" wurde 2020 in die Klimawandelrisikoanalyse 2021 und in die aktualisierte S3-Leitlinie „Prävention von Hautkrebs" eingebracht.

In Bezug auf die gesetzlichen Regelungen des Solarienbetriebs unterstützten das BfS und das BMU auch 2020 die Landesbehörden bei ihrer Kontrollaufgabe.

SUMMARY

The levels of radioactivity in the human environment, as measured by the official measuring bodies, have been published in the form of quarterly reports since 1958 and in the form of annual reports since 1968. These reports contain not only the results of the monitoring of environmental radioactivity but also information on the exposure of the population to radiation from natural and artificial sources.

The table below shows the average radiation exposure of a member of the population in the Federal Republic of Germany in 2020, broken down by the various radiation sources. The average effective dose is about 3.8 millisieverts (mSv) per person per year.

Medical applications - and particularly computed tomography (CT) scans - are the greatest contributor to this dose. Another significant source of radiation exposure is the naturally occurring noble gas radon, along with the inhalation of its decay products, which accumulate above all in poorly ventilated rooms. It should be noted that these values represent effective doses determined across the entire population. The actual annual dose that a person receives depends strongly on their individual circumstances.

Effective annual dose to an individual due to ionising radiation in 2020, averaged over the German population and broken down by origin of radiation

		Mean effective dose millisieverts (mSv/y) per year	
1. Radiation exposure from natural sources			
1.1	cosmic radiation (at sea level)	approx.	0.3
1.2	external terrestrial radiation	approx.	0.4
	thereof outdoors (5 h/d)		approx. 0.1
	thereof indoors (19 h/d)		approx. 0.3
1.3	inhalation of radon and its progeny	approx.	1.1
	thereof outdoors (5 h/d)		approx. 0.2
	thereof indoors (19 h/d)		approx. 0.9
1.4	ingestion of natural radioactive substances	approx.	0.3
Total natural radiation exposure		approx.	2.1
2. Radiation exposure from man-made sources			
2.1	fallout from nuclear weapons tests		<0.01
2.2	effects from the accident in the Chernobyl nuclear power plant		<0.01
2.3	nuclear installations		<0.01
2.4	use of radioactive substances and ionising radiation in medicine* (therapy excluded)	approx.	1.7
	thereof from diagnostic nuclear medicine		approx. 0.05
Total of man-made radiation exposure		approx.	1.7

* according to data from 2018

Natural sources of radiation

Natural radiation exposure is made up of an external and an internal component and is caused by natural radioactive substances in the environment as well as cosmic radiation. The main contributors to external radiation exposure are cosmic radiation and radiation from the natural radionuclide K-40 as well as radionuclides of the natural decay series of U-238 and Th-232 from the ground and buildings. The internal components of radiation exposure are due mainly to the

inhalation of decay products of the natural noble gas radon (radon decay products) and partly also to the ingestion of natural radioactive substances in food and drinking water. Typically, the annual effective dose due to natural sources of radiation is in the range of 2 to 3 mSv. Applying the dose factors recommended by the German Commission on Radiological Protection (SSK) yields an average nominal value of 2.1 mSv per year, to which the inhalation of radon in buildings makes a particularly substantial contribution. In the context of an annual comparison, the differences in exposure to radiation from natural sources are slight. The individual contributions to the average annual effective dose are set out in the table above.

Mining and industry relics

In the process of remediation works carried out by Wismut GmbH in the former uranium ore mining area in Saxony and Thuringia, radionuclides of the uranium/radium decay chain are released into the air and water which are discharged, and these discharges into the environment are made with the permission of the competent authorities. A mining-related increase in the concentration of radon in air close to ground level is seen only in the immediate vicinity of mining facilities; this concentration decreases quickly with increasing distance from such facilities. The overall results of the measurements in the aforementioned uranium mining regions reveal a high radon concentration of natural origin just as is to be expected for geologically comparable regions. The discharge of uranium and radium and their respective decay products from mining facilities into drainage areas of the mining regions does not cause an appreciable change of the natural level of these radionuclides in these drainage areas. The discharge of radioactive substances (Rn-222 and long-lived alpha emitters, uranium and Ra-226) through the exhaust air and effluents from subsurface mining facilities in areas belonging to the Wismut redevelopment project are subject to certain fluctuations, depending on the course of remediation measures and the weather, but show a decreasing tendency altogether.

Radon in buildings

In Germany, the annual average of the activity concentration of radon in indoor air is approx. 50 becquerels per cubic metre (Bq/m^3), which corresponds to an average annual effective dose of approx. 0.9 mSv. That is in addition to a further 0.2 mSv in outdoor areas. Measurements carried out in recent years have highlighted considerable regional differences in natural radiation exposure, which are in turn due to considerable differences in the concentration of natural radioactive substances in the ground and air. The exposure of the population to radiation due to the inhalation of radon and its decay products increases as a result of building houses on ground with increased uranium and radium content and, to a small extent, the use of construction materials with an increased level of radioactive substances. The Radiation Protection Act sets out a reference level of 300 Bq/m^3 , and the federal states were required to identify and report areas with high radon concentrations by 2020. The requirements for radon protection measures in residential buildings and workplaces were formulated in the Radiation Protection Ordinance and are supported by standards.

Radioactive substances in building materials and industrial products

Current analyses of the concentrations of the natural radionuclides Ra-226, Th-232 and K-40 in typical industrially produced building materials for indoor use confirm that the dose resulting from these materials is approximately 0.3 mSv per year on average and that the level of 1 mSv per year is only reached or exceeded in isolated cases. Accordingly, materials generally adhere to the reference level defined in the Radiation Protection Act with a view to limiting radiation exposure from building materials. Account was also taken of the release of Rn-222 from mineral building materials, but this was generally found to be low. Likewise, hewn stone materials in domestic applications were not found to result in increased radiation exposure in the vast majority of cases, even when used over large areas.

Nuclear weapons tests

In the years 1945 to 1980, a large number of above-ground nuclear weapons tests were carried out. Since 1981, nuclear weapons tests have only taken place underground. In the years 2006, 2009, 2013, 2016 and 2017, a total of six underground nuclear weapons tests were carried out in North Korea (see Figure B II 1.1-1). The general level of environmental radioactivity due to previous nuclear weapons testing in the atmosphere has decreased steadily since the signing of the treaty banning above-ground nuclear weapons tests in 1963. The share of overall human radiation exposure attributed to such testing is currently less than 0.01 mSv per year.

Chernobyl reactor accident

In April 1986, there was a serious reactor accident at Chernobyl Nuclear Power Plant. Over the subsequent days, large quantities of radionuclides were released into the atmosphere and spread across Europe. In Germany, radioactive fallout affected areas in the south of the country in particular, where soil contamination with Cs-137 reached as much as $100,000 \text{ Bq/m}^2$ in some areas.

In 2020, there was another slight decrease in radiation exposure due to the reactor accident, with an average effective dose equal to less than 0.01 mSv. This exposure therefore equated to significantly less than 1% of the level of natural radiation exposure, and up to 90 % of it is caused by terrestrial radiation from Cs-137. For the year 2020, the average effective dose due to radioactive caesium ingested with food is estimated at 0.001 mSv. In Southern Germany, the corresponding level of radiation exposure may be up to an order of magnitude higher. In particular, meat from wild boar continues to exceed the permissible maximum (EU 2020/1158) of 600 Bq/kg of Cs-137 contamination in some cases.

Nuclear engineering

The exposure values calculated in 2020 from the annual activity derivatives for radioactive substances in accordance with the general administrative regulation for calculating the exposure of members of the public due to activities subject to licence or notification (AVV Tätigkeiten) did not exceed the dose limits set out in the Radiation Protection Ordinance. These values are within the range of the corresponding values from the previous year and, in the case of the effective dose and the individual organ doses, are less than 10 % of the respective dose limit. Accordingly, the upper values for exposure due to activity derivatives for radioactive substances from nuclear facilities are significantly smaller than the range of variation of natural radiation exposure in the Federal Republic of Germany.

The year 2020 also saw the total power generation from six operative nuclear power plants decrease to 64.4 terawatt-hours (TWh).

Occupational radiation exposure

In Germany, all people who are exposed to ionising radiation in their working environment are subject to occupational radiation protection monitoring. This applies both to workplaces with artificial sources of radiation (medicine, nuclear engineering, general industry and research and teaching) as well as those with natural sources of radiation (aviation as well as workplaces with increased radon/NORM exposure; NORM stands for naturally occurring radioactive materials). As part of occupational monitoring, dose values are collected for all affected workers and recorded and assessed in the Radiation Protection Register.

In 2020, approx. 420,000 people were subject to monitoring in Germany. The average annual effective dose of all exposed persons was 0.1 mSv. However, only a quarter of all exposed individuals - just under 99,000 people - received a measurable dose. Their average annual effective dose was 0.5 mSv. The field of medicine accounts for approximately three quarters of monitored workers, or approximately 320,000 people. Of these, 42,000 received a measurable value for the effective dose in 2020. The average annual effective dose of staff with measurable exposure was 0.3 mSv. Measurably exposed workers in the field of nuclear engineering received an average annual effective dose of 0.5 mSv, while those in general industry received 0.8 mSv and those in research and teaching 0.2 mSv. On average, individuals who were employed in workplaces with increased natural background radiation (this applies to fewer than 1,000 people) received an annual effective dose of 1.5 mSv. The value for the average annual effective dose for air crew reached a record low, at 0.6 mSv, which can be attributed to the impact of the COVID-19 pandemic.

In 2020, there were three cases in which the limit value of 20 mSv for the annual effective dose for adults (section 78, Radiation Protection Act) was exceeded. The limit value of 500 mSv for the organ equivalent dose for the hands was exceeded in four instances.

Medical applications

The largest contribution to man-made radiation exposure of the population results from medical applications of ionising radiation and radioactive substances - and especially from radio diagnostics. With this in mind, the BfS has been collecting and analysing data on medical radiation exposure in Germany on a regular basis since 1991. This report presents data from 2007 to 2018.

In 2018, the average effective dose from X-ray examinations per resident in Germany was approx. 1.6 mSv. Overall, the average effective dose per resident per year was found to be rising over the observation period from 2007 to 2018. This rising trend is primarily due to the increase in the frequency of CT scans and the resulting increase in effective dose per capita. In contrast, the effective dose per resident for the sum of the remaining examination techniques decreased from 2007 to 2018. Computed tomography and angiography (including vascular interventions), which is also a dose-intensive technique, account for less than 15 % of the average total frequency of approx. 1.6 radiographic examinations per resident per year but made up over 80 % of the collective effective dose in 2018.

At 25 per 1,000 residents, the average number of nuclear medical examinations for 2016-2018 is low compared with the frequency of radiographic procedures. The most common of these examinations are thyroid scans, which account for about a third of such examinations. Averaged over the period from 2016 to 2018, the effective dose per resident per year due to diagnostic nuclear medicine was estimated to be approximately 0.05 mSv (without taking account of the CT dose in the case of hybrid examinations). The relatively dose-intensive technique of positron-emission tomography (PET) is becoming an increasingly important technology for nuclear medical examinations by virtue of its high diagnostic value - with PET/CT scans increasingly replacing PET-only scans.

The quality-assured and population-based Mammography Screening Programme introduced in Germany between 2005 and 2009 has been offered on a widespread basis since then. Its target group are all (symptom-free) women between the ages of 50 and 69. Approximately 11 million women are eligible to take advantage of the programme and receive an invitation to do so every two years. In 2018, the participation rate was 50 %.

Radioactive waste

On 31 December 2020, a total of 20,336 t of raw and pre-treated waste were held in storage at the waste producers, destined either for Konrad or for another final repository. The inventory of waste products in inner containers was approx. 18,346 m³. A portion of 5,489 m³ was already subject to product monitoring, which currently includes at least the

radiological part of product monitoring. The largest stock consists of waste products in Konrad containers with a volume of approx. 108,842 m³, of which some 2,936 m³ have completed product monitoring and could therefore be called up for emplacement in the future Konrad repository. Only 145 m³ and 26 t of radioactive waste are not currently designated for storage in the Konrad repository; this is to be taken into account in the search for a repository site in accordance with the Repository Site Selection Act.

By 31 December 2020, a total of approx. 16,024 tHM (tonnes of heavy metal = uranium + plutonium) had arisen in the form of irradiated fuel elements. Of this, approx. 6,670 tHM were submitted for reprocessing abroad or in other facilities.

In addition, a total of 190 tHM have arisen in Germany in the form of fuel elements from experimental and demonstration reactors and have, for the most part, been reprocessed.

Non-ionising radiation

The sun is the natural source of non-ionising radiation, but this radiation can also be produced artificially. Indeed, the increasing mechanisation of the environment is leading to a rising number of artificial sources that contribute to the general public's exposure to non-ionising radiation. This once again represented a challenge for radiation protection in 2020. So that the risk assessment in relation to the health effects of non-ionising radiation could be carried out based on solid data, the Federal Office for Radiation Protection (BfS) also initiated and coordinated research projects in the areas of "electric, magnetic and electromagnetic fields" and "optical radiation" in 2020 within the framework of the departmental research plan of the Federal Environment Ministry (BMU). The results of the study completed in 2020 were published in the Programme Report 2020 (nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257). Based on current scientific knowledge, radiation protection concepts are drawn up and implemented and the population is provided with comprehensive information in an interdisciplinary manner and in collaboration with other authorities and institutions in order to protect people and the environment from proven risks of non-ionising radiation.

In order to intensify research and communication in the area of "electric, magnetic and electromagnetic fields", the Competence Centre for Electromagnetic Fields (KEMF) was founded as part of the BfS on 5 February 2020.

At present, one of the key areas of research and communication activities by the BMU and KEMF is the introduction of the fifth generation of mobile communications (5G). Among other applications, this mobile communications standard is to be used to network smart homes and pave the way for autonomous driving. The spectrum auction in spring 2019 included frequency ranges at 2 GHz and 3.6 GHz that are already used for comparable applications in mobile communications, such as UMTS (3G). In the future, however, 5G will also involve the use of significantly higher frequency ranges than before, although the short range of these frequencies will mean they are not used over a wide area but rather for localised applications ("campus solutions"). These higher frequencies (above 20 GHz) are currently in a test phase in some regions of Germany. Given the steady increase in data transfer rates, there is a need for more and more transmitters – and the 5G roll-out is expected to bring a further increase in their use. Meanwhile, new types of antennas with special radiation characteristics are also being used. These innovations are leading to greater concerns among the general public. At the same time, knowledge gaps have been identified in relation to the higher frequencies – and the BfS has initiated accompanying research in this area.

Another key area is the expansion of power grids. In accordance with the state of the art, all possibilities are to be exhausted during the construction of and significant changes to low-frequency and direct-current installations (e.g. power lines) in order to minimise electric and magnetic fields originating from the installation, taking account of circumstances within the affected area. As yet, the cause of an observed relationship between an increased risk of childhood leukaemia and increased residential exposure to magnetic fields has not been clarified. To reduce the uncertainties in risk assessment resulting from this and other unanswered scientific questions, the BfS is conducting an accompanying research programme into "Radiation Protection in the Process of Power Grid Expansion". As part of this programme, 39 individual research projects are to be carried out in a total of 10 subject areas. The BfS provides transparent information about the results on its website at: www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau_node.html.

When it comes to "optical radiation", it is above all the steady increase in new cases of skin cancer and the use of artificially generated optical radiation for cosmetic purposes and in the wellness sector that give cause for research and development in relation to effective radiation protection concepts, as well as the optimisation of risk communication and information activities on the part of the BfS. The misuse of strong sources of optical radiation, such as laser pointers, is another important issue in the area of radiation protection.

In November 2020, an expert discussion was held on the misuse of strong sources of optical radiation, such as laser pointers, and planning began in 2020 for an expert discussion on "Temporal Light Artefacts (TLA)" – that is, flicker and stroboscopic effects. The corresponding expert discussion will take place in 2021.

In April 2020, the continual measurements of erythemal UV irradiance as part of the solar UV measuring network (https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) produced sharply increased values for the UV index and a significantly increased erythemal UV dose per month across Germany. The elevated levels are attributable to a low ozone event as a consequence of the Arctic ozone hole in winter 2019/2020 in conjunction with the dissolution of the polar vortex, as well as above-average sunshine duration in April. The highest daily peak values determined for the UV index in 2020 ranged from 7 to 9 in Northern and Central Germany, from 8 to 10 in Southern Germany, and from 10 to 12 in the high Alpine region.

In 2020, the BfS initiated and provided technical support for research projects on the topics of “Microscale modelling of UV exposure”, “Behavioural measures for the prevention of UV-related diseases in nurseries and schools” and “Misuse of strong optical radiation sources – glare attacks and eye damage” within the framework of the BMU’s departmental research plan.

The year 2020 also saw the BfS engage in further collaboration with the UV Protection Alliance in order to reinforce the prevention of UV-related diseases – especially skin cancer. Firstly, the criteria analysis produced by the UV Protection Alliance regarding the “Reduction of morbidity and mortality of UV-related diseases” was prepared for a joint publication in the *Bundesgesundheitsblatt* with the office and the evaluating council of the cooperation network *gesundheitsziele.de*. Secondly, the BfS and the UV Protection Alliance partners worked on further implementing the measures described in the Alliance’s policy paper. In 2020, the topic of “climate change and UV radiation” was incorporated into the Climate Impact and Risk Analysis (KWRA 2021) and into the updated S3 guideline “Prevention of skin cancer”.

With respect to the legal regulations on sunbed operation, the BfS and the BMU also supported the state authorities with their control task in 2020.

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 Immissionsituation 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.

Detaillinformationen 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](#) (Seite 118) sind die Fortluftmengen und die Ableitungen radioaktiver Stoffe aller Wismut-Sanierungsbetriebe in den Jahren von 1998 bis 2020 zusammengestellt. Die Tabelle zeigt, dass die Ableitungen mit der Fortluft insgesamt seit Jahren deutlich unter den - in Klammern angegebenen - behördlich genehmigten Werten liegen.

In [Tabelle T I.2](#) ist diese Gesamtentwicklung für die Jahre 2019 und 2020 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 auf dem Niveau der Vorjahreswerte. Die mittlere Radonkonzentration der Abwetter hat sich gegenüber dem Vorjahreswert um etwa 3 % erhöht. Dadurch hat sich auch die Jahresableitung an Radon von 109 TBq auf 112 TBq geringfügig vergrößert. 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 dagegen im Vergleich zum Vorjahr 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, hat sich von vier Monaten im Jahr 2019 auf sieben Monate im Jahr 2020 erhöht. Die bilanzierte Jahresableitung an langlebigen Alphastrahlern sank entsprechend von 2,7 MBq im Vorjahr auf jetzt 1,0 MBq.

In Dresden-Gittersee erfolgten 2020 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 kann hier im Berichtsjahr bis zu 0,5 mSv betragen, was den geltenden Grenzwert von 1 mSv/a für die Bevölkerung sicher unterschreitet.

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 2020 gegenüber dem Vorjahr 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 entsprechen in ihrer Gesamtmenge etwa denen des Jahres 2019. Die leicht verringerte Abwassermenge im Jahr 2020 in den Vorfluter Weiße Elster in Thüringen führt zu einer verringerten Freisetzung von Uran sowie einer etwa gleich bleibenden Freisetzung von Ra-226 im Vergleich zum Vorjahr. Die Abwassermengen in die Elbe und die Zwickauer Mulde sind 2020 im Vergleich zum Vorjahr deutlich gesunken, damit einhergehend verminderte sich auch die Radioaktivitätsfreisetzung teilweise

¹ Hier sind im Wesentlichen Abwetter von Untertage gemeint.

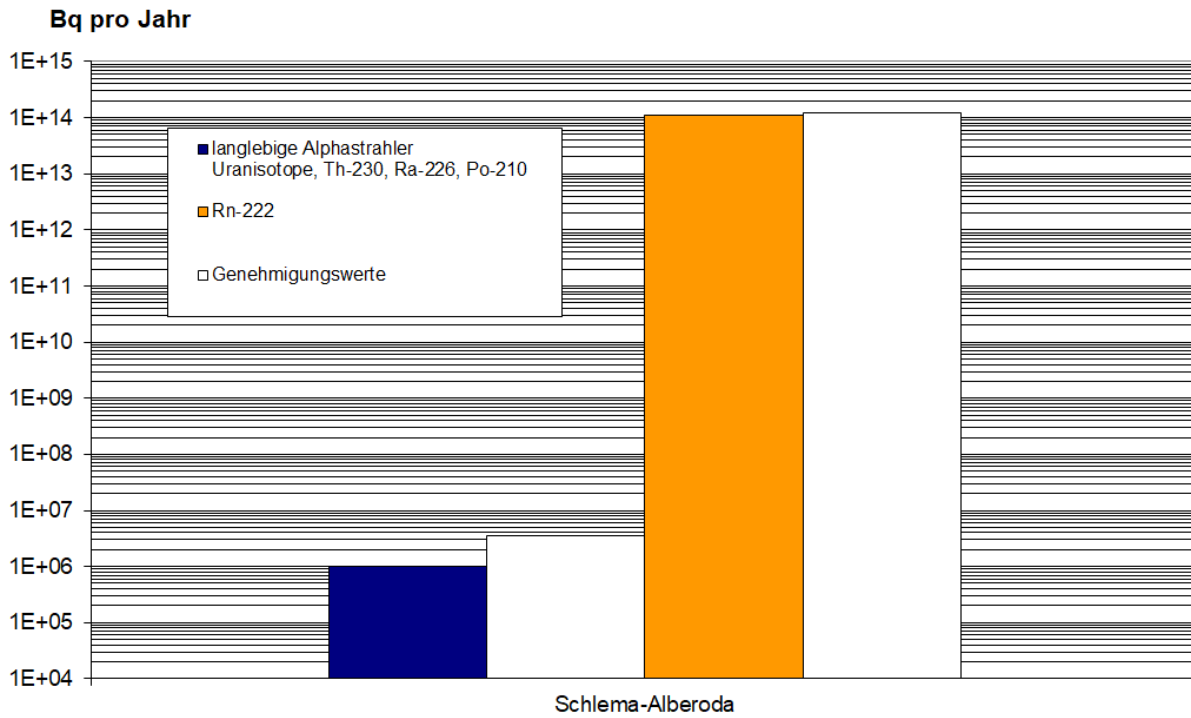


Abbildung B I 2.1-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern bzw. der Fortluft in die Atmosphäre aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2020
(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air in the Wismut remediation areas 2020)

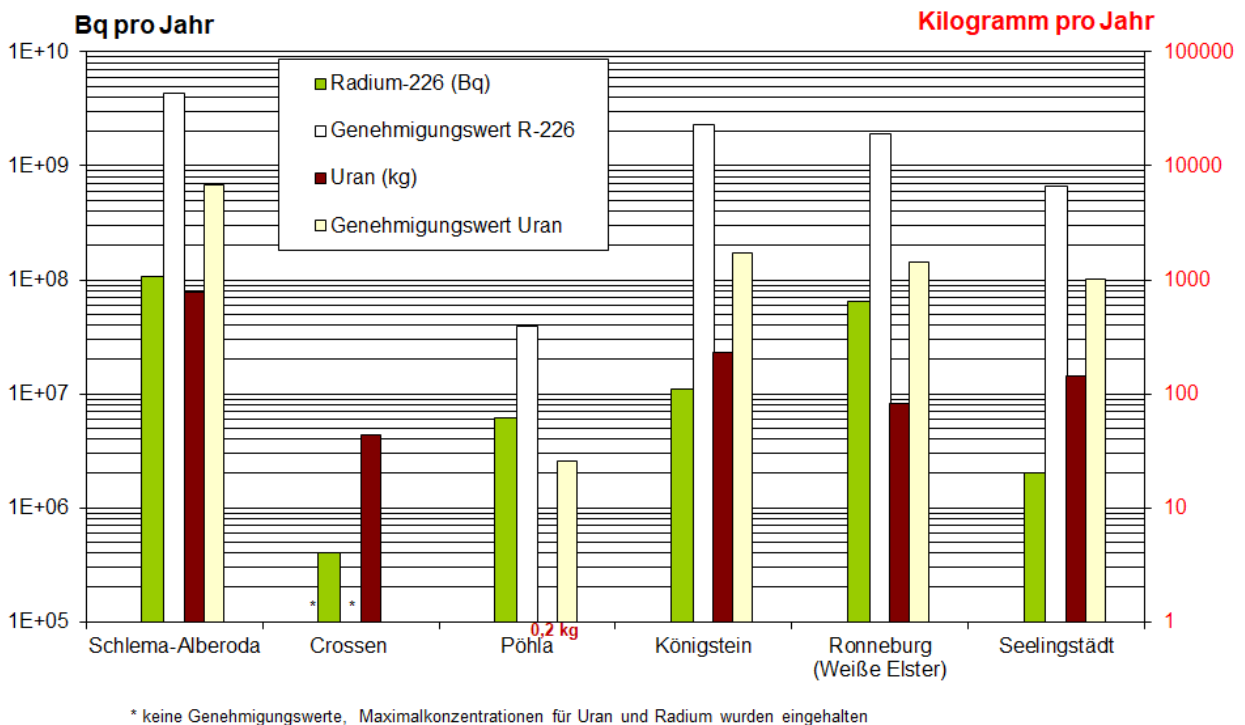


Abbildung B I 2.1-2 Flüssige Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer aus den Wismut-Sanierungsgebieten im Jahr 2020
(Liquid discharge of radioactive substances into surface waters from the Wismut remediation areas 2020)

deutlich (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 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 Bergbaueinrichtungen 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 2019/2020 bis Sommer 2020 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 Bergbauegebiete 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 i. W. überein.

Auch durch das BfS wurden von 1991 bis 2005 in den Bergbauegebieten umfangreiche Untersuchungen zur Ermittlung und Bewertung der Rn-222-Konzentrationen in der bodennahen Freiluft durchgeführt. Insgesamt ergibt sich aus den Messungen, dass in großen Teilen der Bergbauegebiete 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 nahe 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 Immisionsmessungen der Wismut GmbH i. d. R. an Messstellen vor und nach der betrieblichen, hier nicht genannten, Einleitung vorgenommen.

In Vorflutern wurden die in [Tabelle T 1.8](#) 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 2020 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 1,3 µg/l und Aktivitätskonzentrationen bis zu einer Höhe von 12 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 etwa bis zum Faktor 2 überschritten und reicht von Werten unter der Nachweisgrenze (<10 mBq/l) bis zu 72 mBq/l, während es bei Uran bis zum Faktor 140 erhöht ist und Werte zwischen 3 und 570 µg/l aufweist (vgl. Messpunkte k-0018, M-204, M-232, s-609 und E-369 in [Tabelle T 1.8](#)).

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 2020 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 Dreifachen erhöht sind (1 - 6,3 µg/l). Mit Werten von <10 bis 11 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 Informationen im [Grundlagenbericht](#), Kapitel I. Für die regionale Verteilung der Radonaktivitätskonzentration wird auf [Abbildung G I 2.2-1](#) 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 Radon-Vorsorgegebiete sind. Alle Länder, die Radon-Vorsorgegebiete festlegen, mussten ihre Entscheidung bis Ende Dezember 2020 in ihren jeweiligen Amtsblättern veröffentlichen. Das bedeutet, dass in diesen Gebieten der Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter in einer „beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen“, so das Strahlenschutzgesetz, überschritten wird. In diesen so genannten 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. In diesem Zusammenhang 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 31.12.2018 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/m^3 liegt. 20 Bq/m^3 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 Magmageschiebe 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 [Tabelle G I 2.3-1](#) im [Grundlagenbericht](#), Kapitel G 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 bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts und letztmals im Jahr 1980 in der Atmosphäre durchgeführten Kernwaffenversuche ist weiterhin rückläufig. Sie betrug 2020 weniger als 0,01 mSv.

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 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 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.

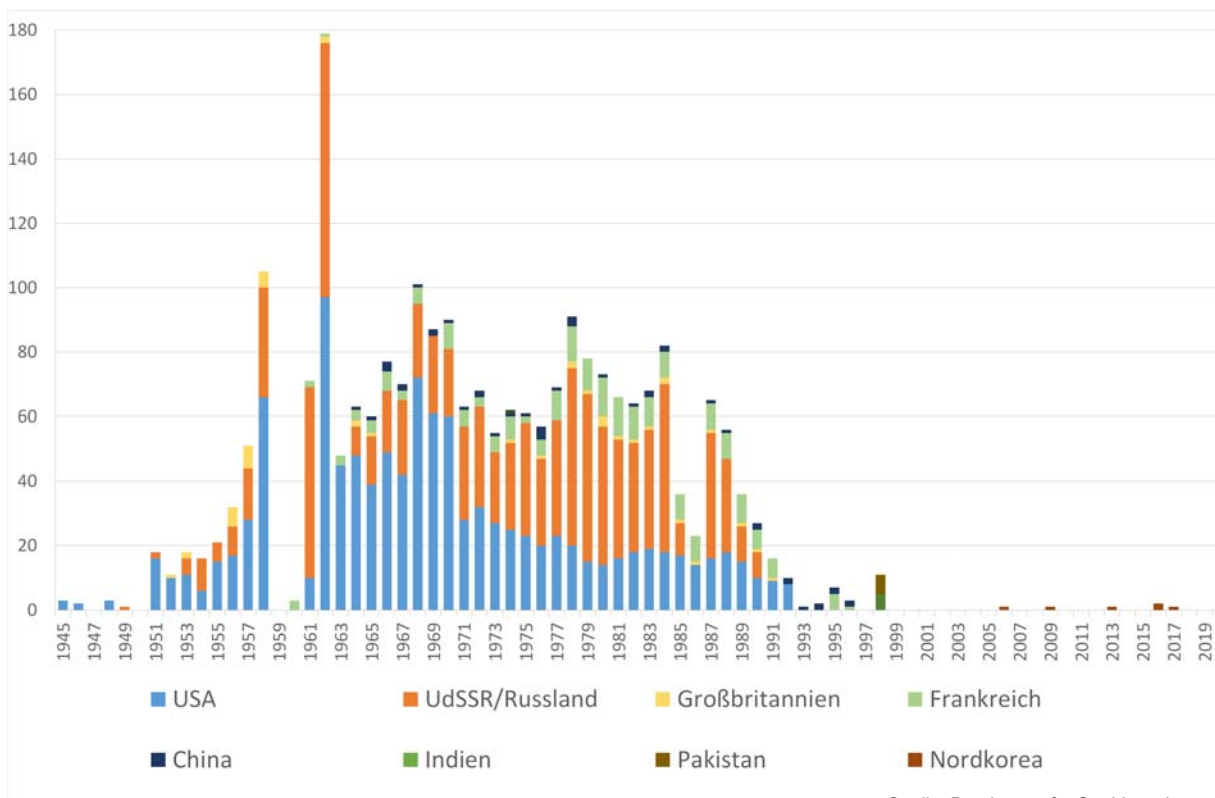
Seine Einsatzbereitschaft wie auch seine Sensitivität stellte das Überwachungssystem nach den sechs unterirdischen Kernwaffentests in Nordkorea in den Jahren 2006, 2009, 2013, 2016 und 2017 unter Beweis. Das Verifikationssystem der CTBTO war mit Hilfe der seismischen Stationen zeitnah in der Lage, die Tests zu detektieren. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover konnte mit Hilfe der seismischen Signale die Quellen schnell und mit hoher Präzision lokalisieren sowie eine Abschätzung der Sprengkraft vornehmen. Die mit Hilfe der Seismik bestimmten Explosionsstärken nahmen mit den Versuchen zu. Sie betragen im Jahr 2017 wenige hundert Kilotonnen (kT) TNT-Äquivalent (160-400). Nach den Tests in den Jahren 2006 und 2013 wurde der nukleare Charakter der detektierten Explosionen durch den Nachweis von ungewöhnlichen Konzentrationen und Aktivitätsverhältnissen von Xe-133 und Xe-131m bestätigt. Atmosphärische Ausbreitungsrechnungen lokalisierten ebenfalls das nordkoreanische Testgelände als mögliche Emissionsquelle. In den Jahren 2009, 2016 und 2017 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 (RAS) 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 Anlagen sind auf radioaktive Edelgase zurückzuführen. Diese sind sehr flüchtig 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 dieser - speziell auf radioaktives Xenon - einen besonderen Wert. Das Messnetz ist dabei auch in der Lage, Schwankungen des weltweiten Untergrundpegels an radioaktivem Xenon zu erfassen, die auf die variierende Emissionen ziviler Anlagen zurückzuführen sind. Überraschenderweise hat man mit Inbetriebnahme des Messnetzes festgestellt, dass der relative Beitrag von Kernkraftwerken zu dem weltweiten Untergrundpegel nicht so dominant war wie angenommen. Weitaus größere Emissionen beobachtet man bei medizinischen Isotopenproduktionsanlagen für Mo-99 (welches als Mutternuklid von Tc-99m in großem Maßstab für die medizinische Diagnostik benötigt wird). Beim Produk-



Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz

Abbildung B II 1.1-1 Weltweite Kernwaffentests von 1945 bis 2020
(Worldwide nuclear testing 1945 to 2020)

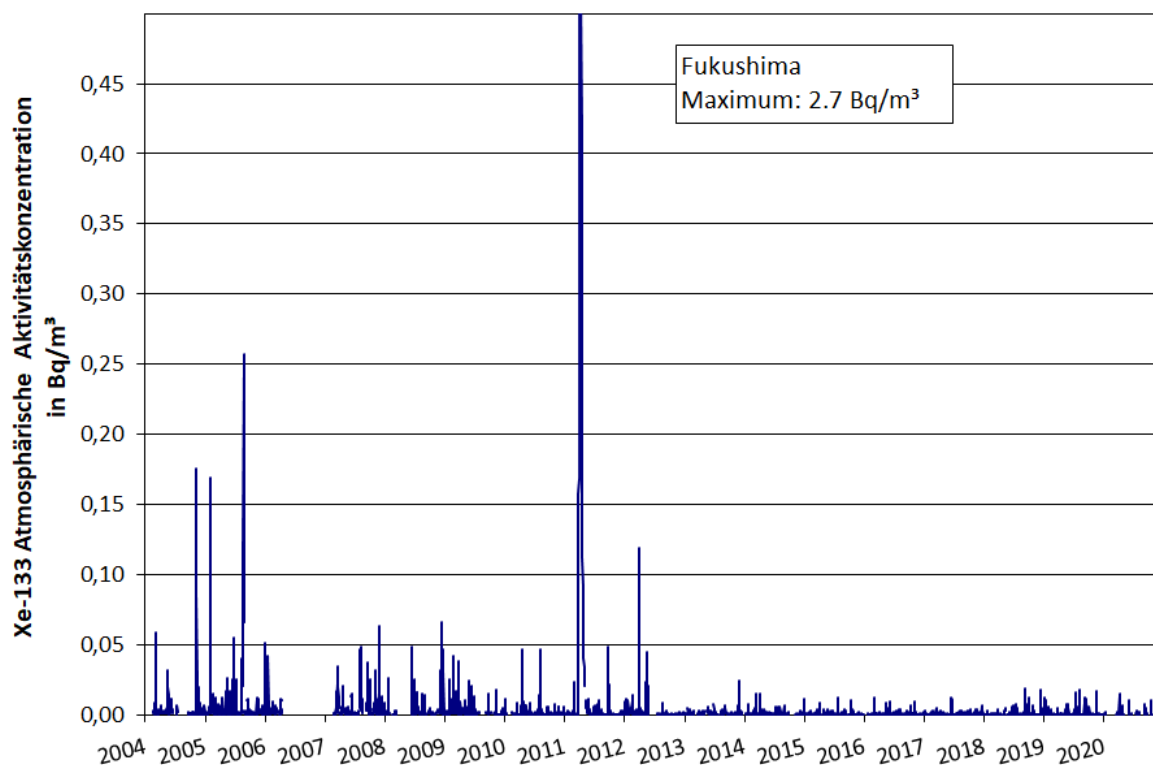


Abbildung B II 1.2-1 Zeitreihe der Xe-133-Aktivitätskonzentration in den Jahren 2004 bis 2020 an der CTBT-Station RN33 auf dem Schauinsland
(Time series of Xe-133-activity concentration at CTBT-station RN33 at Schauinsland mountain for the years 2004 to 2020)

tionsprozess entsteht ebenfalls 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 medizinischen Isotopen werden weltweit neue Produktionsanlagen in Betrieb genommen oder sind in Planung.

Ein durch zivile Quellen geographisch und zeitlich sehr variabler Untergrund an Xe-133 und anderer Xenonisotope erschweren die eindeutige Detektion und damit insbesondere die Identifikation von möglichen 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 den 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 betreuter Wissenschaftler über die letzten Jahre hat beispielsweise 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 Technetium-99m in Chalk River, Kanada, sowie die Implementierung emissionsreduzierender Maßnahmen in anderen Anlagen innerhalb Europas. Im Oktober 2016 wurde die Produktion von Tc-99m am Chalk-River Forschungsreaktor (135 MWtherm), in Ontario, Kanada, eingestellt. Die Chalk-River Laboratories waren bisher einer der weltweit größten Produzenten von 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. Emissionen 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 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 2020. Die bisher ermittelte maximale Xe-133-Aktivitätskonzentration lag am 30.03.2011 bei $2,7 \text{ Bq/m}^3$ und ist auf den Unfall im Kernkraftwerk Fukushima zurückzuführen. Der höchste Wert der Xe-133-Aktivitätskonzentration für das Jahr 2020 betrug am 03.04.2020 15 mBq/m^3 . Im Jahresmittel wurden $0,7 \text{ mBq/m}^3$ Xe-133 nachgewiesen, der Medianwert betrug $0,4 \text{ mBq/m}^3$.

Der Jahresmittelwert der Xe-133-Aktivitätskonzentration sank von $5,3 \text{ mBq/m}^3$ im Jahr 2005 auf Werte unter 1 mBq/m^3 . Diese Auswirkungen der Emissionsreduzierungen 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 Edelgasmessnetz. In diesem Zusammenhang wurden in Zusammenarbeit mit der Vertragsorganisation informelle Ringversuche für CTBTO-Radionuklidlabore mit Xenonmesstechnik ausgerichtet. 2021 soll ein neu entwickeltes, zeitlich höherauflösendes Edelgasmesssystem an der Station parallel zu dem bestehenden SPALAX-System betrieben werden, um es auf seine Eignung für das Edelgasmessnetz der CTBTO zu testen.

Ein wichtiges Anliegen ist die Förderung der 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 Radionuklidaten für den Notfallschutz und die Information der Öffentlichkeit hat sich insbesondere 2011 nach der Reaktorkatastrophe in Fukushima bewährt.

1.3 Tschernobyl - Strahlenexposition durch den Reaktorunfall

Die mittlere Exposition der Bevölkerung durch den Reaktorunfall von Tschernobyl wurde 2020 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. 45 % 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 $0,009 \text{ mSv}$ pro Jahr (zum Vergleich: 1986 $0,07 \text{ mSv}$).

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.

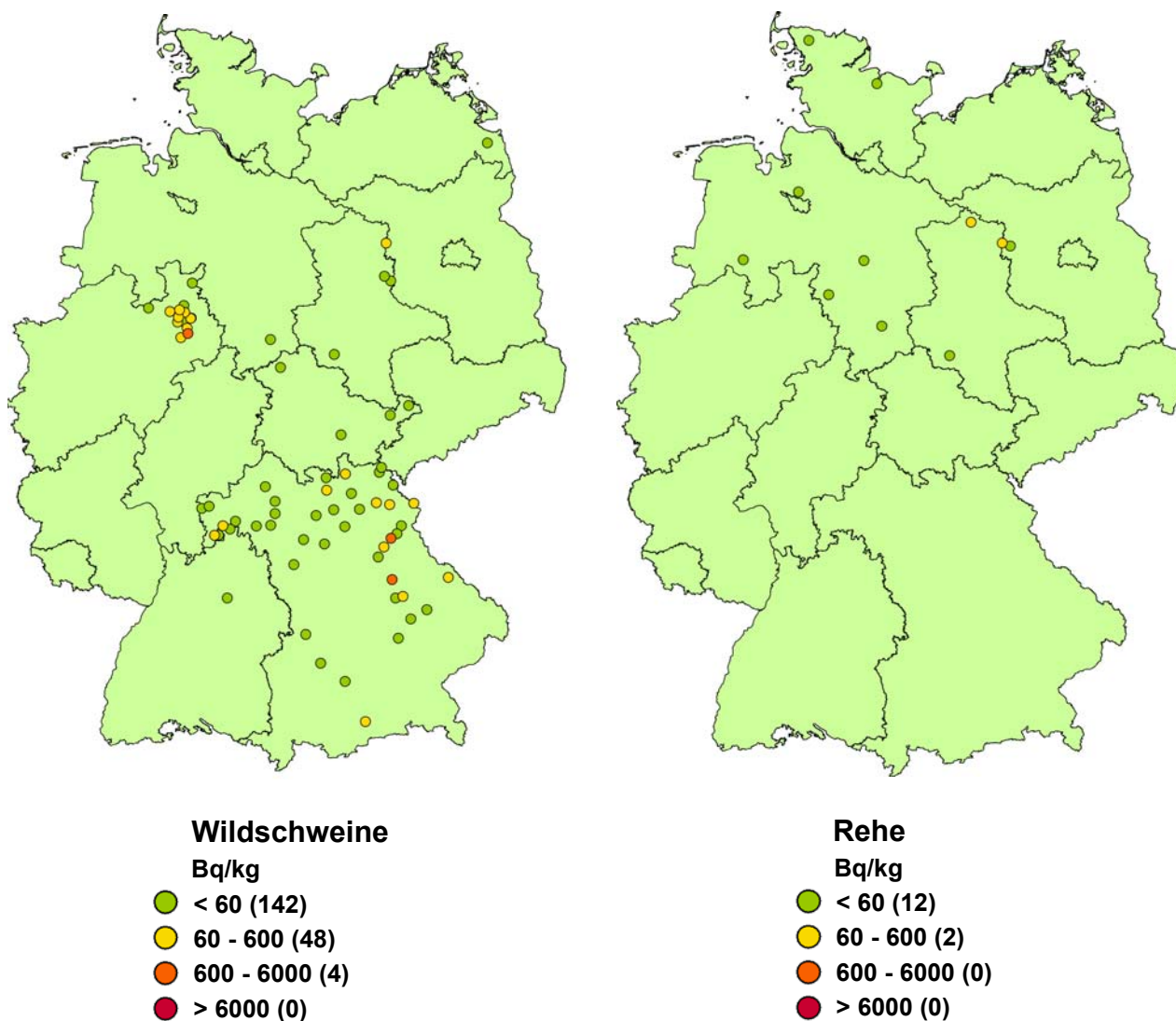


Abbildung B II 1.3-1 Cs-137-Gehalt (Mittelwerte) von Wildschweinen und Rehen im Jahr 2020 (Datenbasis des Bundes, Anzahl der Werte in Klammern)

(Specific Cs-137 activity (means) in wild boar and deer - year 2020 - data from IMIS, number of values in brackets)

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].

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. 0,25 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 spezifischen Cs-137-Aktivitäten reichten bei einzelnen Messungen von Wildpilzen bis 948 Bq/kg bei Maronenröhrlingen (*Xerocomus badius*) und 109 Bq/kg bei Steinpilzen (*Boletus edulis*). Die entsprechenden Mittelwerte von je 19 Messungen waren 137 Bq/kg bei Maronenröhrlingen und 38,9 Bq/kg bei Steinpilzen. Bei Fischen traten bis zu 18 Bq/kg bei einer Renke und 11 bis 15 Bq/kg bei Rapfen (*Aspius aspius*) und Hechten (*Esox lucius*) auf (Mittelwert von 6 Messungen hier 3,8 Bq/kg).

Bei Wildschweinen wurden nach wie vor stellenweise Überschreitungen des Höchstwertes von 600 Bq/kg für Cs-137 gemessen; dieses Wildschweinfleisch darf nicht vermarktet werden.

In [Abbildung B II 1.3-1](#) werden Daten aus dem IMIS für Haarwildfleisch dargestellt. Diese sind allerdings nicht repräsentativ für das jeweilige Bundesland. Im Berichtsjahr wurden in Bayern (48 Messungen an Wildschweinfleisch) und Nordrhein-Westfalen (134 Messungen an Wildschweinfleisch) verstärkt Proben genommen. Diese zeigten in einigen Fällen Überschreitungen des Höchstwertes auch außerhalb der höher kontaminierten Gebiete Süddeutschlands.

In Bayern lag der Mittelwert von 48 Messungen der Aktivitätskonzentration von Wildschweinen bei 88 Bq/kg, die Werte reichten bis 621 Bq/kg, womit der Höchstwert von 600 Bq/kg überschritten wurde. Ebenfalls überschritten wurde der Höchstwert in Nordrhein-Westfalen. Hier lag der Maximalwert von 134 Messungen bei 802 Bq/kg bei einem Mittelwert von 80 Bq/kg. In allen anderen Bundesländern und allgemein bei Rehfleisch wurde bei keiner weiteren Messung der Höchstwert überschritten. Die 7 Messungen an Rehfleisch in Niedersachsen reichten bis zu einem Maximalwert von 12 Bq/kg bei einem Mittelwert von 4 Bq/kg. Ein Maximalwert von 78 Bq/kg wurde in Sachsen-Anhalt gefunden (insgesamt 4 Messungen).

Cs-137 wird von Wild über das Futter aufgenommen. Bei Schwarzwild spielen Hirschtrüffel 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 Wildschweinen 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.

Der einmalige Verzehr von 500 g Wildschweinfleisch des am höchsten kontaminierten Tieres (802 Bq/kg Cs-137) würde bei Erwachsenen zu einer effektiven Dosis von 0,005 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.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, [urn:nbn:de:0221-2015103013753](http://nbn-resolving.org/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.org/urn:nbn:de:0221-2018100516201, Bonn, Oktober 2018

1.4 Anlagen nach Atomgesetz

Allgemeine Angaben

In der Bundesrepublik Deutschland existierten im Jahr 2020 folgende kerntechnische Anlagen:

- 6 in Betrieb befindliche Kernkraftwerke ([Tabelle T II.1](#)) mit einer elektrischen Bruttoleistung von insgesamt 8 545 MW, einer Gesamtstromerzeugung von 64,4 TWh und einem Anteil von 11,3 % an der Gesamt-Brutto-Stromerzeugung im Jahr 2020. 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.
- 2 Forschungsreaktoren ([Tabelle T II.2](#)) mit einer thermischen Leistung von insgesamt 20,1 MW. Der Forschungsreaktor des Helmholtz-Zentrum für Material und Energie in Berlin ist Ende 2019 außer Betrieb gegangen.
- 2 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 2020 sind in den Kapiteln 1.5.1 und 1.5.2 getrennt nach Fortluft und Abwasser angegeben. Forschungseinrichtungen befinden sich in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht, Berlin, Garching und Erlangen. Der Standort Erlangen der Framatome GmbH hat 1989 (damals Siemens AG, Forschungszentrum Erlangen-Süd, FZE) die Genehmigung zum Umgang mit Kernbrennstoffen erhalten. Da der Standort im Vergleich zu anderen Forschungszentren ähnliche Ableitungen aufweist, wird er ab diesem Berichtsjahr in die Berichterstattung aufgenommen. In den Aktivitätsableitungen der Forschungszentren sind die Emissionen der dort betriebenen Leistungs- und Forschungsreaktoren enthalten. Aus den für 2020 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 zusammengefasst. Weiterhin wird der Beitrag ausländischer kerntechnischer Anlagen zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt. Im benachbarten Ausland waren 2020 in Grenznähe bis zu einer Entfernung von 30 km zur deutschen Grenze die in [Tabelle T II.5](#) aufgeführten kerntechnischen Anlagen in Betrieb. Die beiden Blöcke des Kernkraftwerks Fessenheim wurden im Laufe des Jahres 2020 stillgelegt (Block 1 am 22.02.2020 und Block 2 am 30.06.2020). 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 2020 des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI veröffentlicht (www.ensi.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 2020.

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.

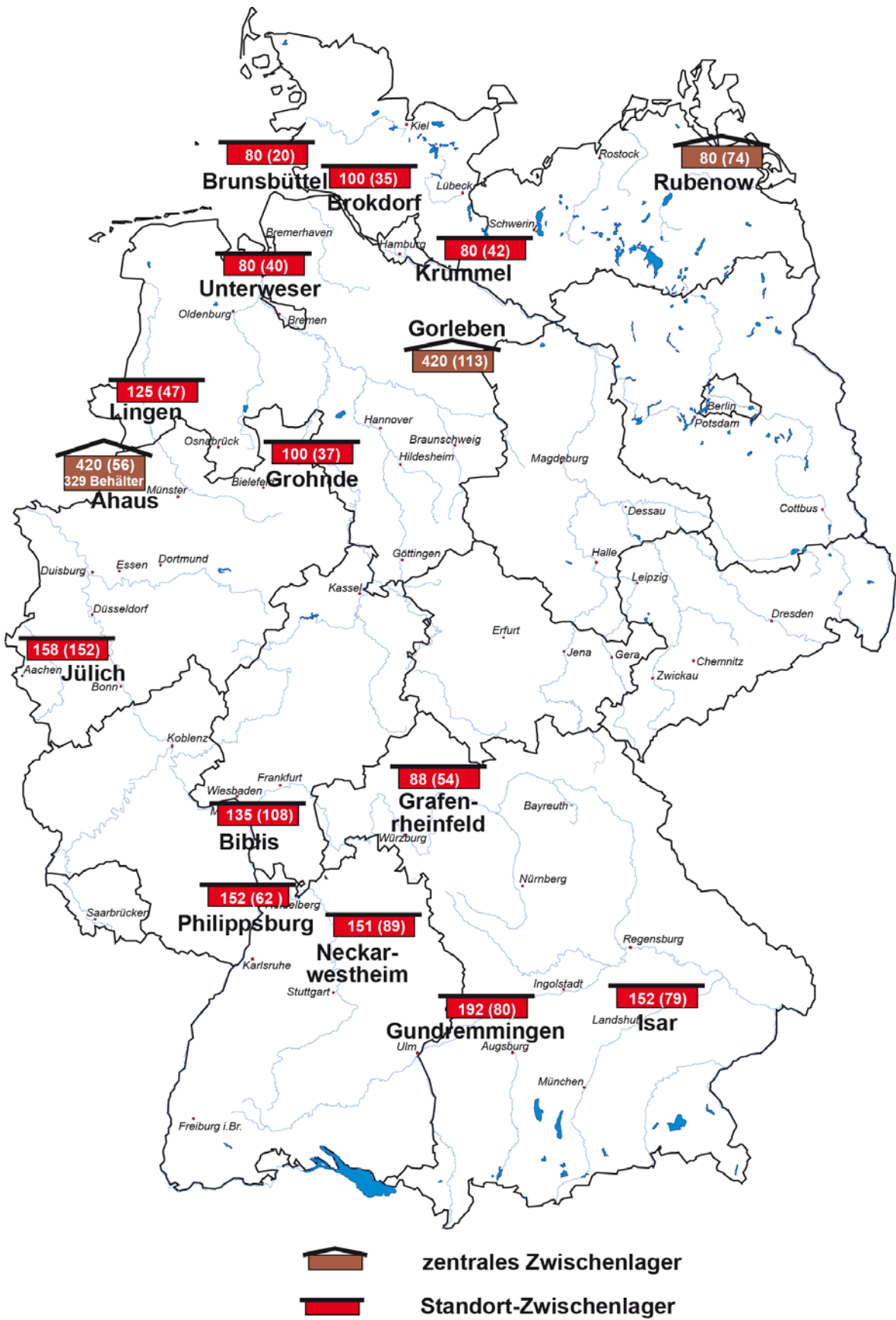


Abbildung B II 1.4-1 Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente in Deutschland im Jahr 2020 mit Anzahl der Stellplätze (Belegung in Klammern, Stand 31.12.2020)
(Interim storage for irradiated nuclear fuel in Germany in the year 2020 with number of storing positions (allocation in brackets, status 31.12.2020))

1.5 Ableitung radioaktiver Stoffe aus Anlagen nach Atomgesetz

Die für das Jahr 2020 ermittelten Daten über die Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit Fortluft und Abwasser aus kerntechnischen Anlagen sind in den Kapiteln 1.5.1 bzw. 1.5.2 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. Beim Endlager Morsleben und der Schachanlage Asse II wurden für die Fortluft das Partikelmodell ARTM (Atmosphärisches Radionuklid-Transport-Modell) zur Ausbreitungsrechnung sowie das verbesserte Modul DARTM zur Dosisberechnung verwendet.

1.5.1 Fortluft

Die nuklidspezifisch nachgewiesenen Aktivitätsableitungen werden vom Betreiber vierteljährlich und jährlich dokumentiert 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).

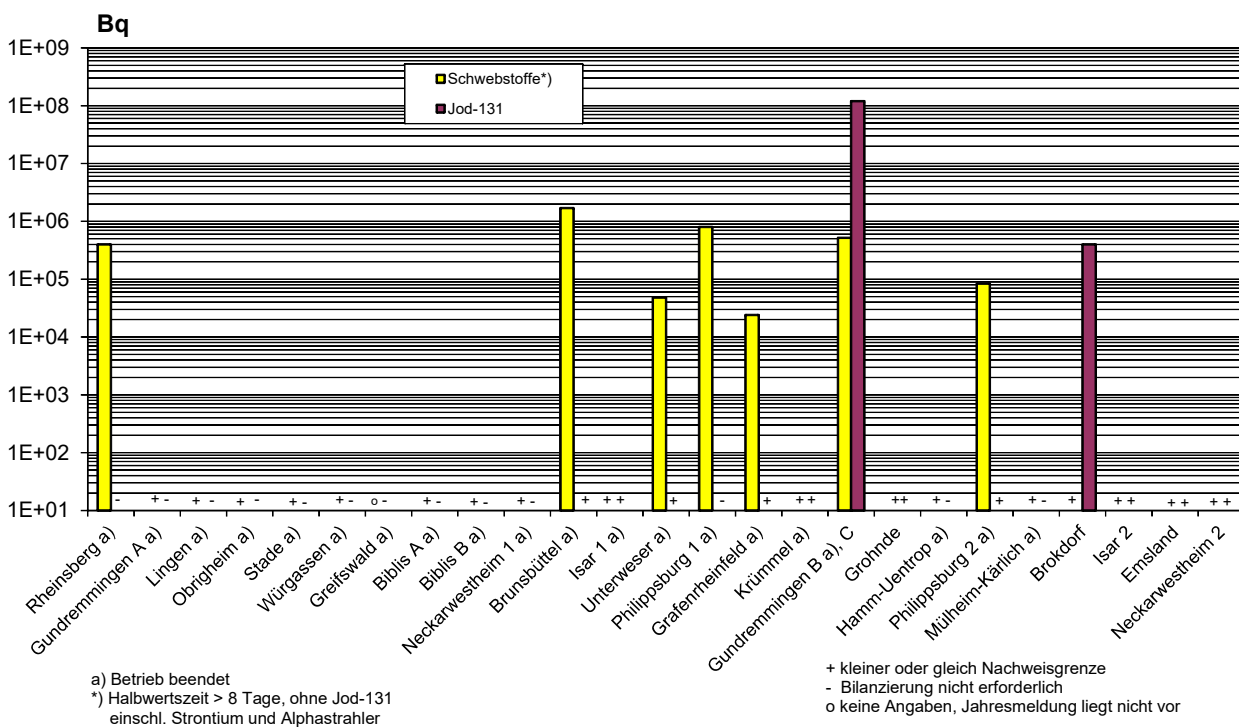


Abbildung B II 1.5-1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (Schwebstoffe und I-131)

(Discharge of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants (particulates and I-131) during the year 2020)

Die bilanzierten Jahreswerte der Aktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der Fortluft der Kernkraftwerke im Jahr 2020 sind in Tabelle T II.6 für die Radionuklidgruppen radioaktive Edelgase und an Schwebstoffen gebundene Radionuklide mit Halbwertszeiten größer als 8 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 erforderlich. Die auf Grund von Einzelnuklidmessungen ermittelte Zusammensetzung der 2020 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 Kern-

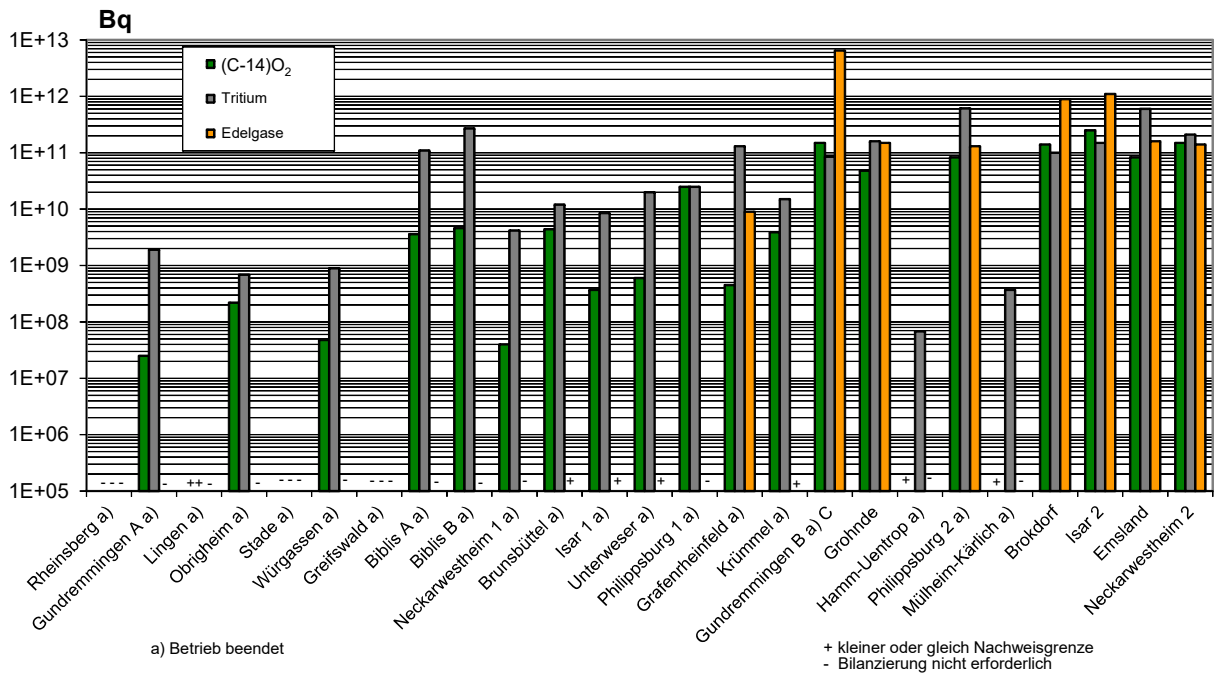


Abbildung B II 1.5-2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (C-14 als Kohlenstoffdioxid, Tritium und Edelgase)

(Discharge of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants C-14 as carbondioxide, tritium and noble gases during the year 2020)

kraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Die Summe der Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Edelgase war 2020 mit $9,1 \cdot 10^{12}$ Bq kleiner als 2019 mit $1,2 \cdot 10^{13}$ Bq. Die Summe der Jahresaktivitätsableitungen von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden lag mit $3,6 \cdot 10^6$ Bq unter dem Vorjahreswert von $4,4 \cdot 10^6$ Bq. Die Gesamtaktivitätsableitung von I-131 lag 2020 mit $1,2 \cdot 10^8$ Bq etwas über dem Vorjahreswert von $9,3 \cdot 10^7$ 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 2020 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 2020 abgeleitete Gesamt-Alpha-Aktivität der Anlagen Gronau und Lingen betrug weniger als $4,9 \cdot 10^4$ 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 Stahlblech-Rohrleitungen (Abwetterlutten) 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 und C-14 sowie Rn-222 sowie für die an Schwebstoffen gebundenen Radionuklide zusammengestellt.

Die für das Jahr 2020 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, Abschnitt 2.2). Die aus

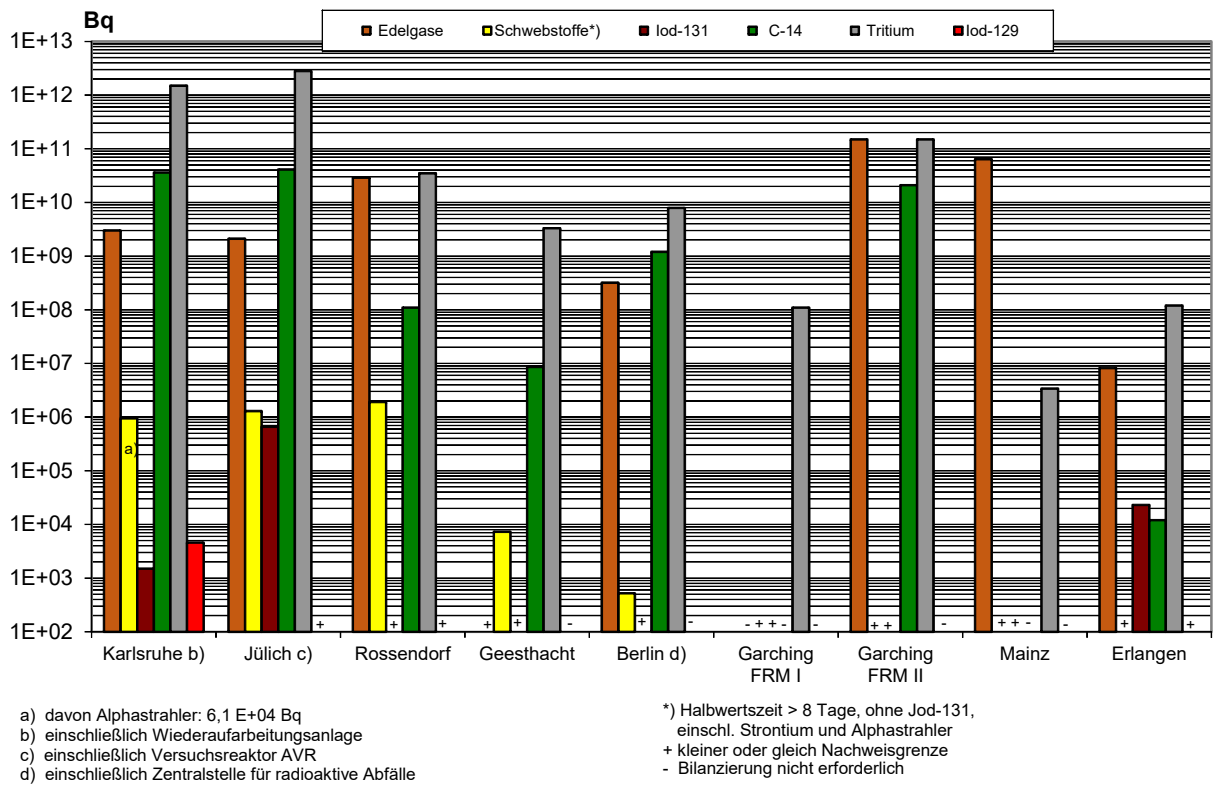
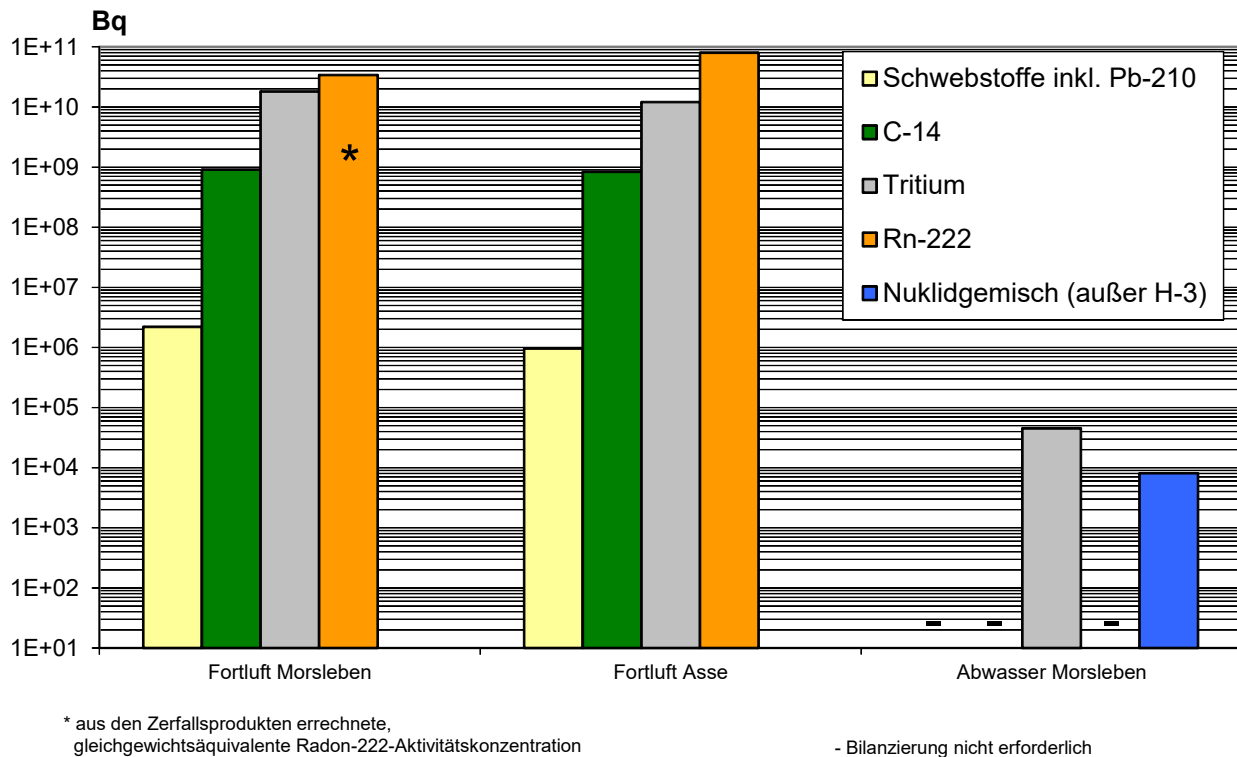


Abbildung B II 1.5-3 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren im Jahr 2020
Schwebstoffe, I-131 und I-129, C-14 (gesamt), Tritium und Edelgase
(Discharge of radioactive substances with exhaust air from research centres (particulates, I-131, I-129, C-14 (total), tritium and noble gases) during the year 2020)



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 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 2020 beträgt an den in [Abbildung B II 1.5-2](#) und [Tabelle T II.6](#) aufgeführten Standorten etwa $2,0 \cdot 10^{12}$ 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 II.13](#) bis [II.16](#) sind die von den Kernkraftwerken, Forschungszentren, Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben und Endlagern in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2020 mit dem Abwasser abgegebenen Aktivitäten zusammengestellt.

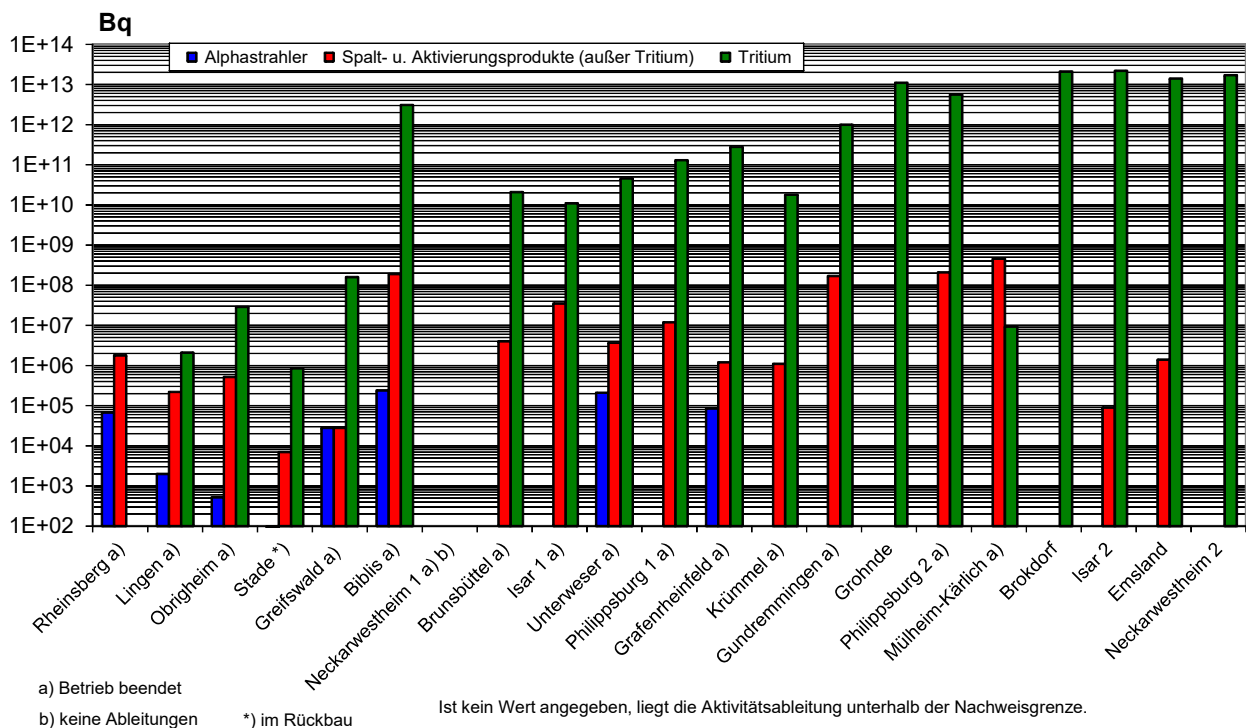
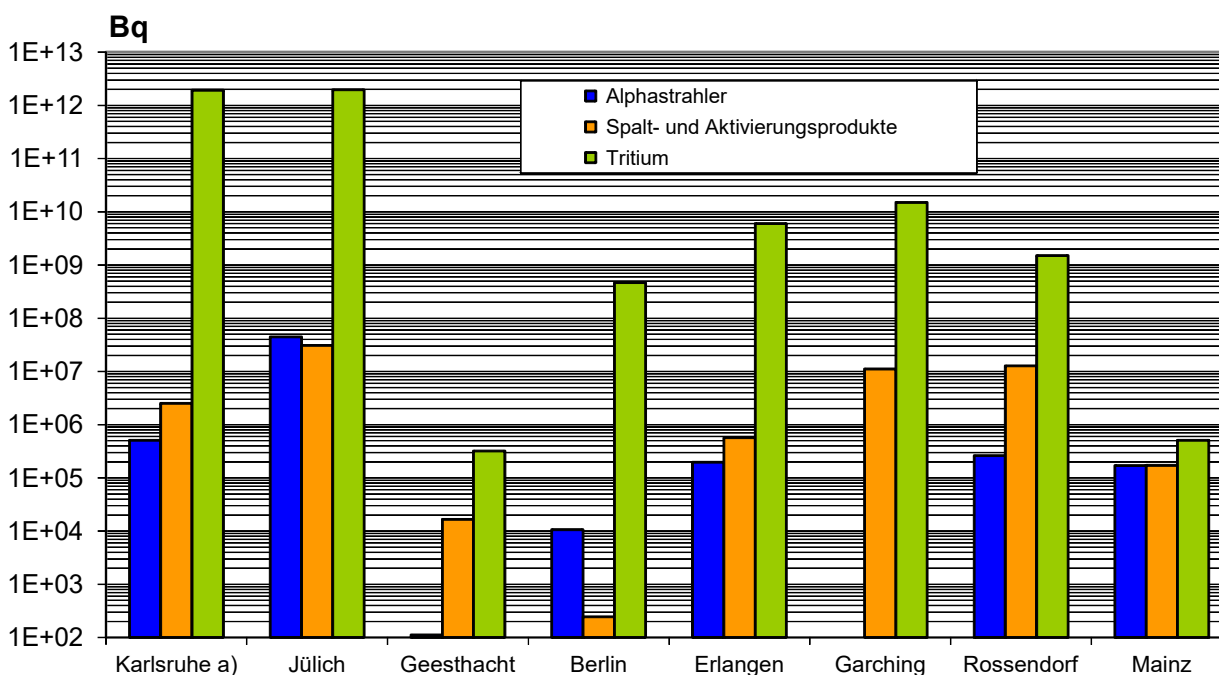


Abbildung B II 1.5-5 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (Alphastrahler, Summenwerte und Tritium)

(Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear power plants in the year 2020 (alpha sources, summation values, and tritium))

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken ([Tabelle T II.13](#) und [Abbildung B II 1.5-5](#)) sind bedingt durch zeitgemäße Reinigungstechnologien und die sukzessive Abschaltung bzw. den fortschreitenden Rückbau der Kernkraftwerke im Trend rückläufig. Der weitaus überwiegende Anteil (99,999%) der abgeleiteten Aktivität ist dem Tritium (radioaktiver Wasserstoff) zuzuordnen. Tritium liegt chemisch als überschweres Wasser (T_2O bzw. HTO) vor und kann auf Grund seiner chemischen Ähnlichkeit zu normalem Wasser (H_2O) nicht mit vertretbarem Aufwand aus dem Abwasser herausgefiltert werden. Weitere radioaktive Elemente machen nur einen Bruchteil der abgeleiteten Aktivität aus und liegen deutlich unter den Genehmigungswerten.

Aus Druck- und Siedewasserreaktoren wurden mit dem Abwasser insgesamt Aktivitäten von 0,23 GBq bzw. 0,86 GBq an Spalt- und Aktivierungsprodukten (ohne Tritium) abgegeben. Die abgeleiteten Tritium-Aktivitäten betragen aus Druckwasserreaktoren 94 TBq und aus Siedewasserreaktoren 1,2 TBq. Die abgegebenen Aktivitäten an Alphastrahlern liegen deutlich darunter und betragen insgesamt etwa 0,6 MBq.



a) einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage

Ist kein Wert angegeben, liegt die Aktivitätsabgabe unterhalb der Nachweisgrenze.

Abbildung B II 1.5-6 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren im Jahr 2020 (Alphastrahler, Summenwerte und Tritium)

(Discharges of radioactive substances with waste water from research centres in the year 2020 (alpha sources, summation values, and tritium))

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) und dem Endlager Morsleben (Tabelle T II.16 bzw. Abbildung B II 1.5-4) unterliegen betriebsbedingten Schwankungen, befanden sich aber 2020 in der Größenordnung der Abgaben der vorherigen Jahre.

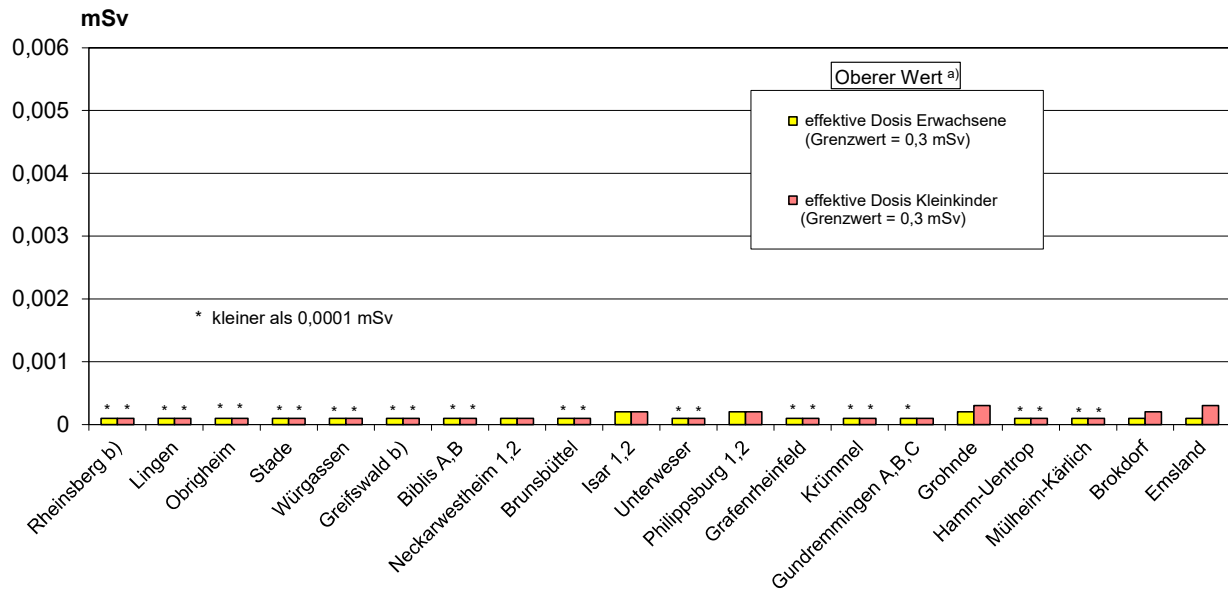
Wie in den Vorjahren wurden aus der Schachanlage Asse II keine radioaktiven Stoffe mit dem Abwasser abgeleitet. Die Exposition in der Umgebung der Schachanlage Asse II resultiert daher ausschließlich aus Ableitungen über den Luftpfad (vgl. Teil B II 1.5). Für die aus dem Deckgebirge zutretende Salzlösung wurde das Lösungsmanagement der Schachanlage Asse II umgestellt. Die Entsorgung der Zutrittslösung geschieht seit 2009 über eine Freigabe nach § 29 der alten StrlSchV (von 2001) bzw. nach Kapitel 3 der neuen StrlSchV (von 2018).

1.6 Exposition durch Anlagen nach Atomgesetz

Berechnete obere Werte der Exposition

Die Berechnung der erhaltenen Exposition der Bevölkerung erfolgte gemäß § 101 StrlSchV für das Jahr 2020 erstmals nach den geänderten Berechnungsvorschriften der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch genehmigungs- oder anzeigebedürftige Tätigkeiten (AVV Tätigkeiten). Bedingt durch die geänderten Berechnungsmodelle ist ein unmittelbarer Vergleich der berechneten Expositionen mit den Vorjahreswerten nur eingeschränkt möglich.

Die in den Tabellen angegebenen Expositionswerte für die kerntechnischen Anlagen stellen möglichst realistische 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 realistisch 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 μ Sv pro Jahr betragen.



- a) berechnet für eine repräsentative Person an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
 b) Die Strahlenexposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus den Jahren vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

Abbildung B II 1.6-1 Exposition im Jahr 2020 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
(Exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with exhaust air during the year 2020)

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

Für die Berechnungen über den Luftpfad für das Jahr 2020 werden Bodenanreicherungen von Radionukliden aus Belastungen von Vorjahren nicht berücksichtigt.

Die berechneten Expositionen berücksichtigen noch nicht, wie nach der AVV Tätigkeiten vorgesehen, die Direktstrahlung der Anlagen. Die Datenübermittlung dazu ist noch Gegenstand von Abstimmungen zwischen dem BFS, den Ländern und dem BMUV.

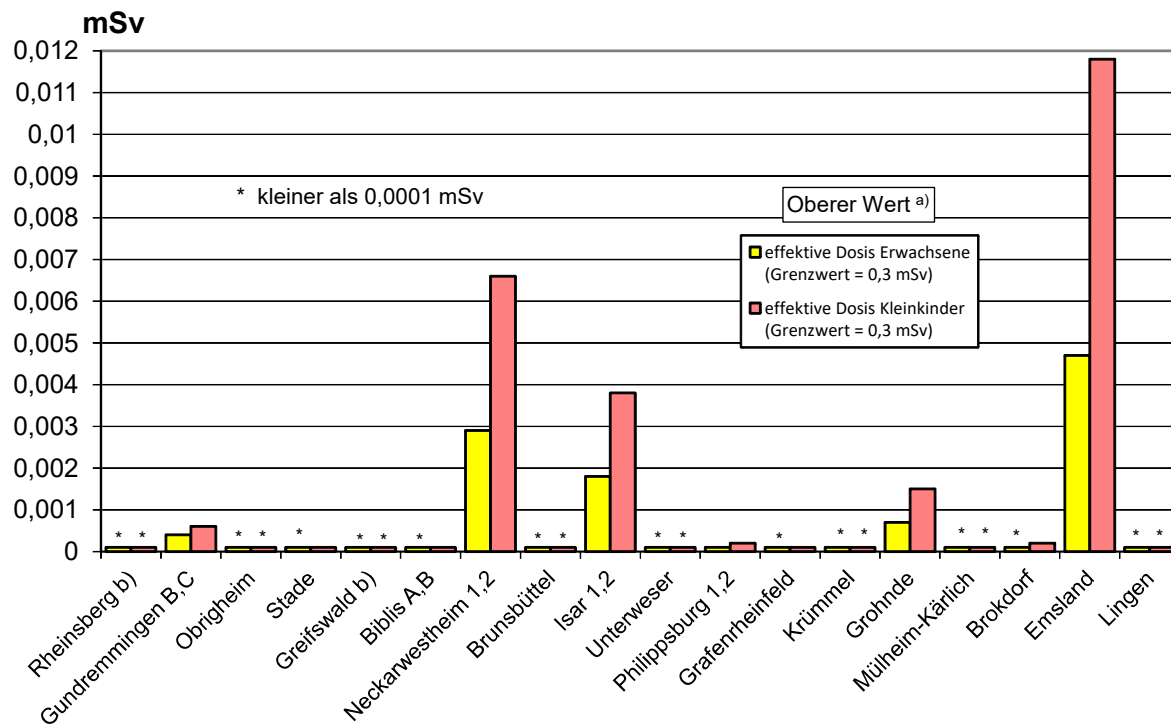
Kernkraftwerke

[Tabelle T II.17](#) enthält die Ergebnisse aus der Berechnung der Exposition der Bevölkerung im Jahr 2020 in der Umgebung 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 effektiven Dosis für Erwachsene 0,2 μSv (unter 1 % des zulässigen Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Philippsburg sowie für Kleinkinder 0,3 μSv (unter 1 % des Dosisgrenzwertes nach StrlSchV) beim Standort Grohnde. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr zum Teil etwas angestiegen. (s.a. [Abbildung B II 1.6-1](#)).

In [Tabelle T II.18](#) sind die aus den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem **Abwasser** aus Kernkraftwerken resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder zusammengestellt. Der größte berechnete Wert der effektiven Dosis beträgt für Kleinkinder 11,8 μSv (3,9 % des Grenzwertes) und für Erwachsene 4,7 μSv (1,6 % 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 . Der Anstieg der maximalen Exposition im Vergleich zum Vorjahr ist vorrangig auf die geänderten Berechnungsvorschriften zurückzuführen und nicht auf höhere Ableitungen.

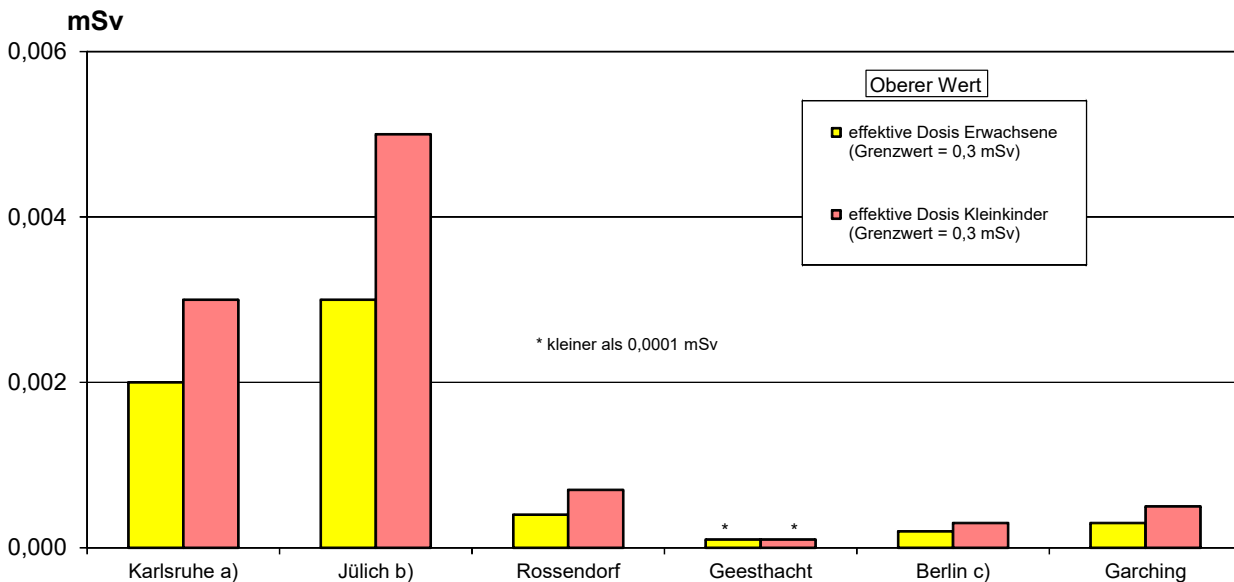
Forschungszentren

Die in [Tabelle T II.19](#) angegebenen Werte für die entsprechenden Expositionen durch die Jahresaktivitätsableitungen radioaktiver Stoffe mit der **Fortluft** aus Forschungszentren stammen teilweise aus den Jahresberichten der Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf und Geesthacht. Die Werte für das Forschungszentrum Garching sind vom BFS errechnet worden. Die Tabelle weist für die effektive Dosis im Jahr 2020 als höchsten Wert 3 μSv (1 % des Grenzwertes) für Erwachsene beim Forschungszentrum Jülich sowie 5 μSv (unter 2 % des Grenzwertes) für Kleinkinder aus. Diese maximalen Werte sind gegenüber dem Vorjahr zum Teil gestiegen (s.a. [Abbildung B II 1.6-3](#)).



a) berechnet für eine repräsentative Person an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
 b) Die Exposition konnte für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, nur unvollständig berechnet werden, da bei diesen Kernkraftwerken die Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser der Jahre vor 1990 nicht vorliegen

Abbildung B II 1.6-2 Exposition im Jahr 2020 in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
(Exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with wastewater during the year 2020)



Die Werte für die Forschungszentren in Karlsruhe, Jülich, Dresden-Rossendorf, Geesthacht und Berlin sind den entsprechenden Jahresberichten 2019 entnommen.

a) einschließlich Wiederaufbereitungsanlage
 b) einschließlich Versuchsreaktor AVR
 c) einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle

Abbildung B II 1.6-3 Exposition im Jahr 2020 in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
(Exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with exhaust air during the year 2020)

In [Tabelle T II.20](#) wird die erhaltene Exposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe über das **Abwasser** aus den Forschungszentren angegeben. Für die Standorte Berlin, Erlangen, Garching, Mainz und Rossendorf werden die ermittelten Expositionen erstmalig im Jahresbericht 2020 ausgewiesen. Der höchste Wert ergibt sich mit 3,5 µSv für Kleinkinder und 1,6 µSv für Erwachsene am Standort Jülich.

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 durch die Ableitungen von Alphastrahlern mit dem **Abwasser** bedingten Werte der effektiven Dosis von Erwachsenen und Kleinkindern in der Umgebung Kernbrennstoff verarbeitender Betriebe sind ebenfalls in [Tabelle T II.21](#) aufgeführt. Wie in den Vorjahren liegen die Werte bei jeweils weniger als 0,1 µSv.

Exposition am Unterlauf der Flüsse

Im Unterlauf der Flüsse wirken mehrere Emittenten zusammen, so dass sich die Expositionen aus den einzelnen Anlagen summieren. Die effektive Jahresdosis für Kleinkinder betrug im Mündungsgebiet des Neckars maximal 0,3 µSv, für den Main wurden Werte von 0,4 µSv und für die Weser von 0,1 µSv berechnet; am Rhein liegen die berechneten effektiven Jahresdosen unter 0,1 µSv, an der Ems bei 0,3 µSv und an der Donau bei 0,7 µSv. Die ermittelten effektiven Jahresdosen für Erwachsene sind jeweils niedriger. Der Grenzwert von 300 µSv wird sicher eingehalten.

Endlager Morsleben

Die Exposition in Folge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und mit dem Abwasser aus dem Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) ist 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 2020 0,7 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 1 µSv und für mit Muttermilch ernährte Säuglinge 2 µSv; dies sind 0,2 %, 0,4 % bzw. 0,6 % des Grenzwertes nach der StrlSchV von 0,3 mSv. Die Dosiswerte sind allerdings sehr konservativ, da kein Abzug der Radioaktivität natürlichen Ursprungs in der Fortluft erfolgt. Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr leicht gesunken. Bei der Berechnung der Exposition durch Radon wird ein 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** resultierenden oberen Werte der effektiven Dosis liegen auch im Berichtsjahr 2020 unterhalb von 0,1 µSv für Erwachsene und Kleinkinder.

Schachanlage Asse II

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

Für die Schachanlage Asse II wurde (wie ab 2020 an allen Standorten) das Lagrange-Partikelmodell ARTM angewendet.

Bei dieser realistischeren Ausbreitungsrechnung mit ARTM wird eine deutlich größere effektive Kaminüberhöhung simuliert und die konservative Berücksichtigung der Orografie im Gauß-Modell entfällt. Es erfolgten keine Ableitungen über das Abwasser.

Der durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft ermittelte obere Wert der effektiven Dosis einschließlich der Inhalationsdosis durch Radonfolgeprodukte beträgt im Jahr 2020 für Erwachsene 0,9 µSv, für Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) 1 µSv und für Säuglinge 2 µSv (ca. 0,3 %, ca. 0,3 % bzw. 0,7 % des Grenzwertes nach der StrlSchV von 0,3 mSv). Die berechneten Dosiswerte sind gegenüber dem Vorjahr ähnlich ausgefallen.

Die potenzielle Exposition wird in der Schachanlage 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 Frischwettern in die Grube eingebracht. Radon-222 ist ebenfalls bereits in den Frischwettern vorhanden, wird aber auch aus den in der Schachanlage 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.

Zentrale Zwischenlager

Für das zentrale Zwischenlager Nord und die zentralen Transportbehälterlager (TBL) Ahaus und Gorleben 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 TBL Gorleben haben Messungen ergeben, dass auf Grund des die Anlage umgebenden Erdwalls die ermittelte Gamma-Ortsdosis am Zaun natürlichen Ur-

sprungs ist und kein Anteil des TBL 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 2020 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 bei der effektiven Dosis weniger als 3 % des jeweiligen Dosisgrenzwertes. 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 2020 deutlich unter 20 µSv pro Jahr.

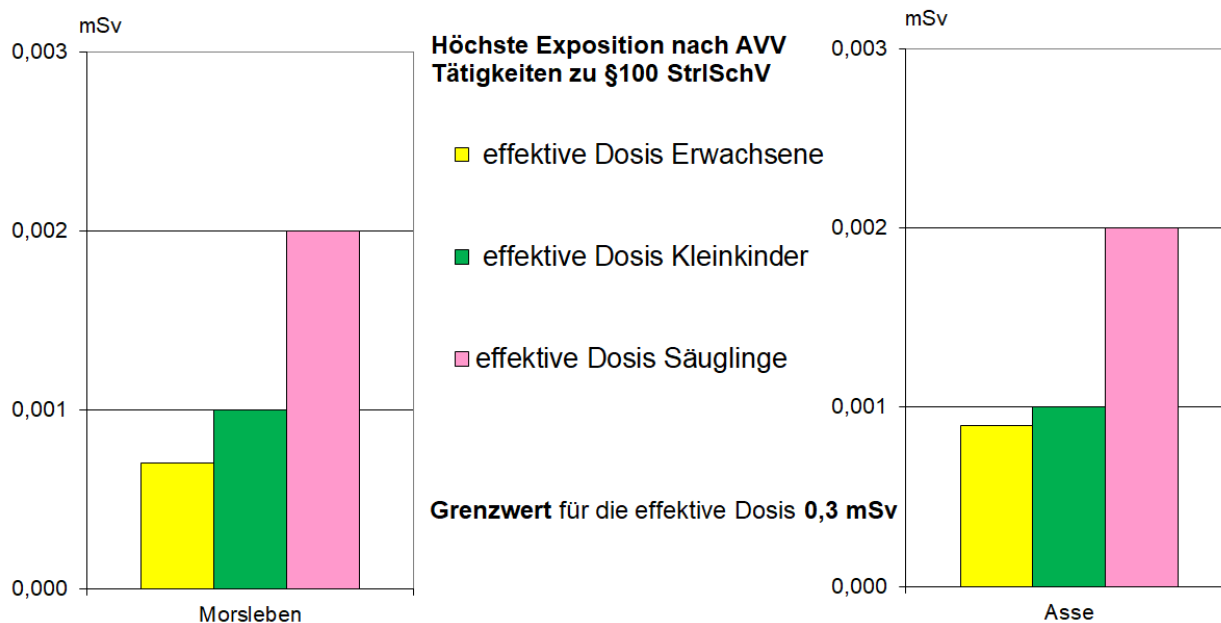


Abbildung B II 1.6-4 Exposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachanlage Asse durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft im Jahr 2020
(Exposure in the surroundings of the final repositories due to the discharge of radioactive substances with exhaust air in 2020)

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 2020, 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 Tschernobyl 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 2020 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 mBq/m³ 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, Bremgarten), 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 Kernwaffenversuche](#)).

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 2020 1,48 Bq/m³ (2019: 1,56 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 genommenen Tagesproben am Probenentnahmeort Freiburg ist eine Ermittlung der Quelle mit Hilfe atmosphärischer Ausbreitungsrechnungen möglich.

Im Jahr 2020 wurden wiederholt erhöhte Kr-85-Aktivitätskonzentrationen an einzelnen oder zeitweise auch allen deutschen Sammelstationen gemessen. So wurden zum Beispiel im Sammelzeitraum 07.09. bis 14.09.2020 erhöhte Kr-85-Aktivitätskonzentrationen an einigen Probenentnahmeorten ermittelt. Die höchsten Werte wurden in Braunschweig (3,6 Bq/m³) sowie Offenbach und Trier (jeweils 2,9 Bq/m³) nachgewiesen. Als Quelle ist die Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague am wahrscheinlichsten.

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.

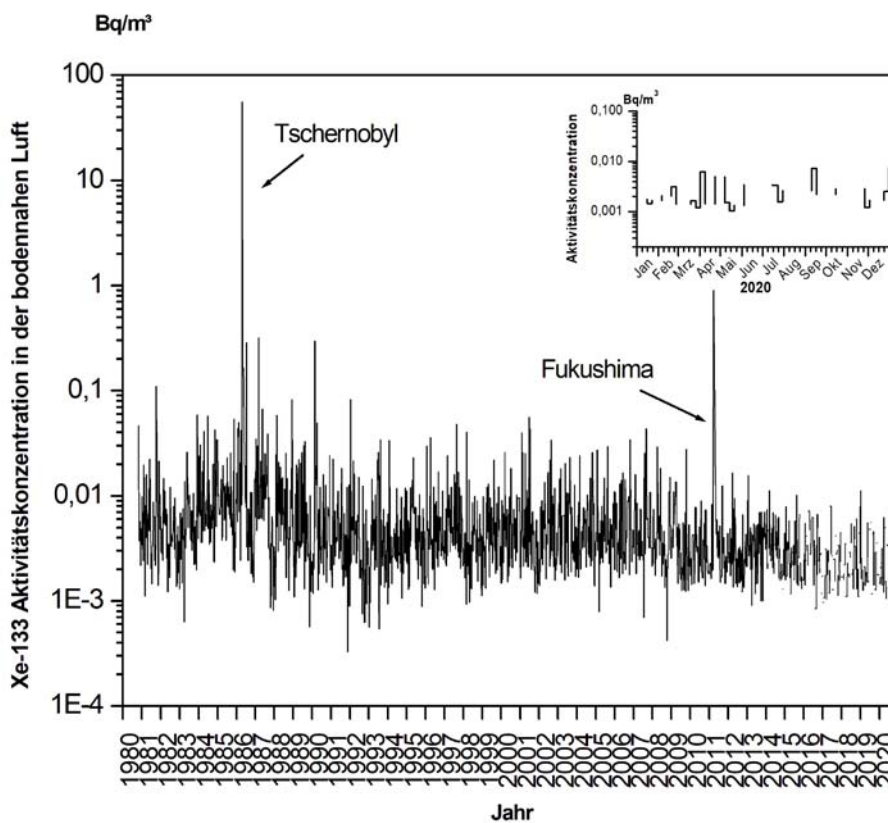


Abbildung B II 2.1-1 Xe-133 -Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg/Schauinsland
(Xe-133-activity concentration in air close to ground level at the sampling location Freiburg/Schauinsland)

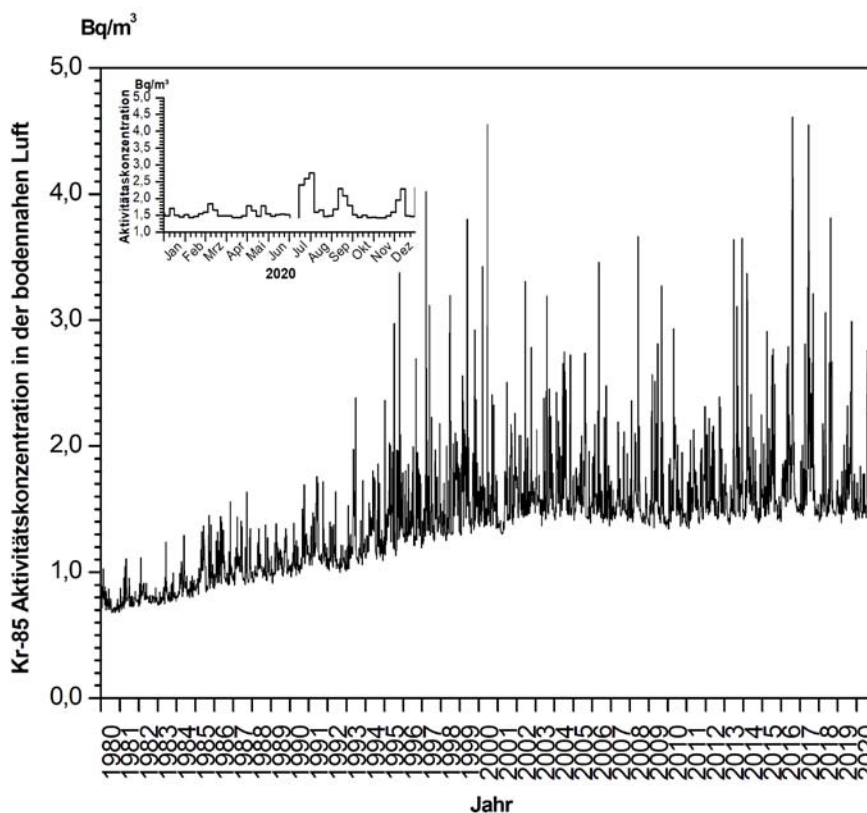


Abbildung B II 2.1-2 Kr-85 -Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Freiburg/Schauinsland
(Kr-85-activity concentration in air close to ground level at the sampling location Freiburg/Schauinsland)

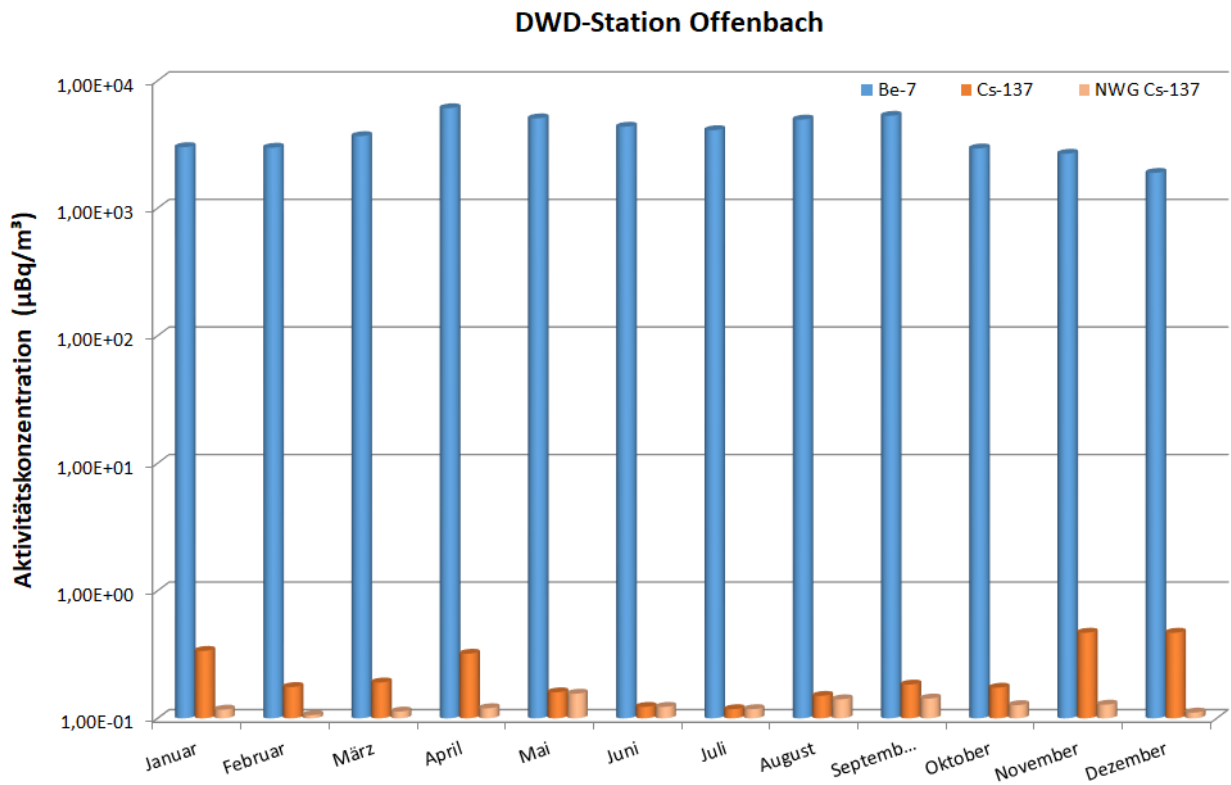
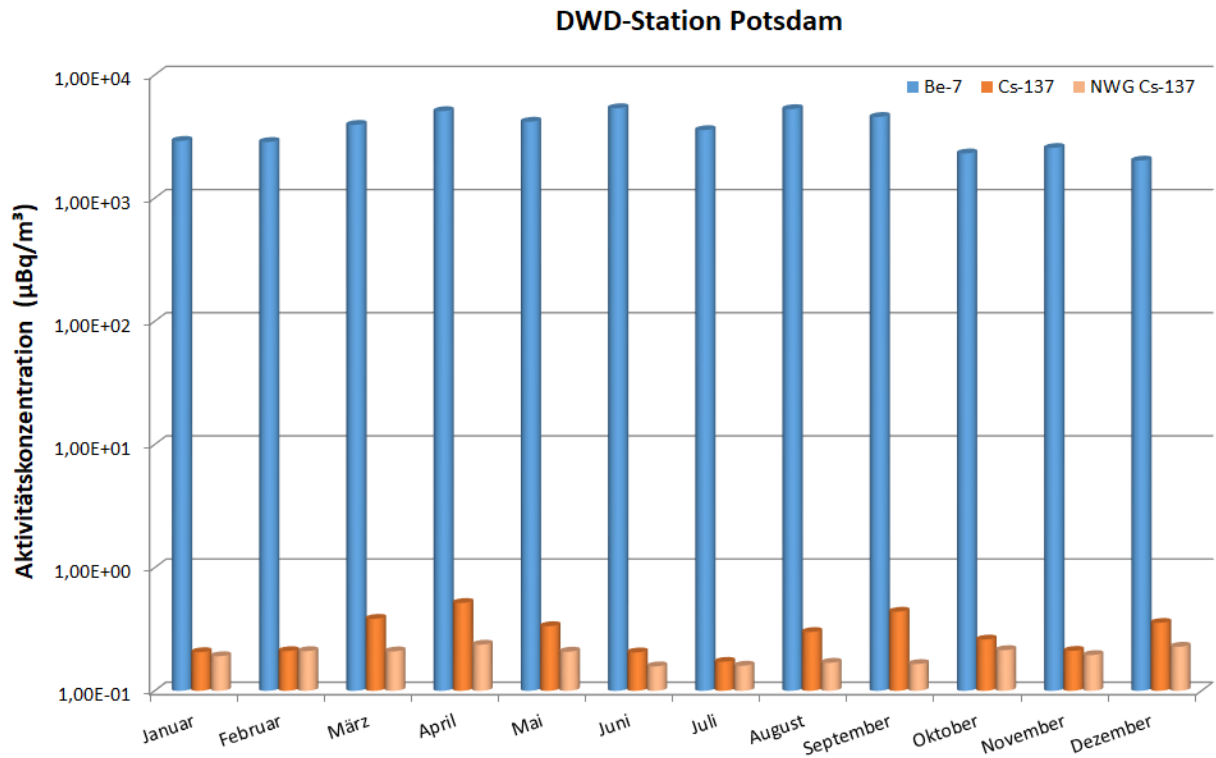


Abbildung B II 2.1-3 Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Be-7 sowie die Nachweisgrenze (NWG) für Cs-137 in der bodennahen Luft im Jahr 2020 - DWD-Stationen Potsdam und Offenbach
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in air close to ground level in 2020 at the DWD stations in Potsdam and Offenbach)

Gammaskpektrometrie

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 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 $0,21 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,52 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft und in Offenbach mit Werten zwischen $0,16 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,47 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft detektieren. Das kosmogene Be-7 wurde in Potsdam mit Werten zwischen $2,0 \text{mBq}/\text{m}^3$ und $5,4 \text{mBq}/\text{m}^3$ und in Offenbach mit Werten zwischen $1,9 \text{mBq}/\text{m}^3$ und $5,6 \text{mBq}/\text{m}^3$ Luft nachgewiesen, das heißt, die Werte liegen im üblichen Schwankungsbereich.

An der Station Schauinsland des BfS lag der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Cs-137 bei $0,25 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 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 im Berichtsjahr verstärkt beobachtet. 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. $1,5 \text{mBq}/\text{m}^3$ bis zu $10,5 \text{mBq}/\text{m}^3$ Luft ebenfalls innerhalb des für die Station Schauinsland üblichen Rahmens.

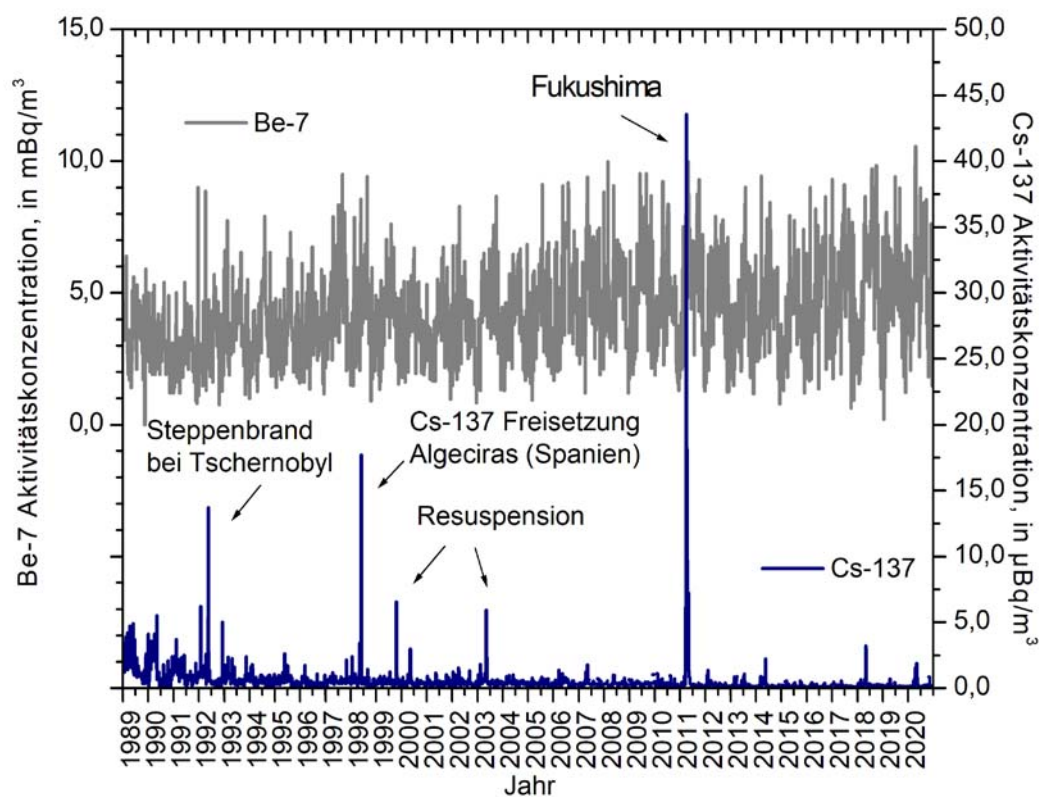


Abbildung B II 2.1-4 Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Be-7 in der bodennahen Luft am Probenentnahmeort Schauinsland
(Activity concentration of Cs-137 and Be-7 in ground level air at Schauinsland measuring station)

Im Berichtszeitraum lagen in Braunschweig (PTB) die Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und der im Routinebetrieb zu bestimmenden natürlichen Radionuklide im üblichen Schwankungsbereich. Die Zeitreihe der Cs-137-Aktivitätskonzentration für 2020 (vgl. auch [Abbildung B II 2.1-5](#)) zeigt keine Auffälligkeiten.

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 $0,0163 \pm 0,0033 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis zu einem Wert von $0,3560 \pm 0,0601 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ermittelt, für U-238 lagen die Werte zwischen $0,0156 \pm 0,0029 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,3600 \pm$

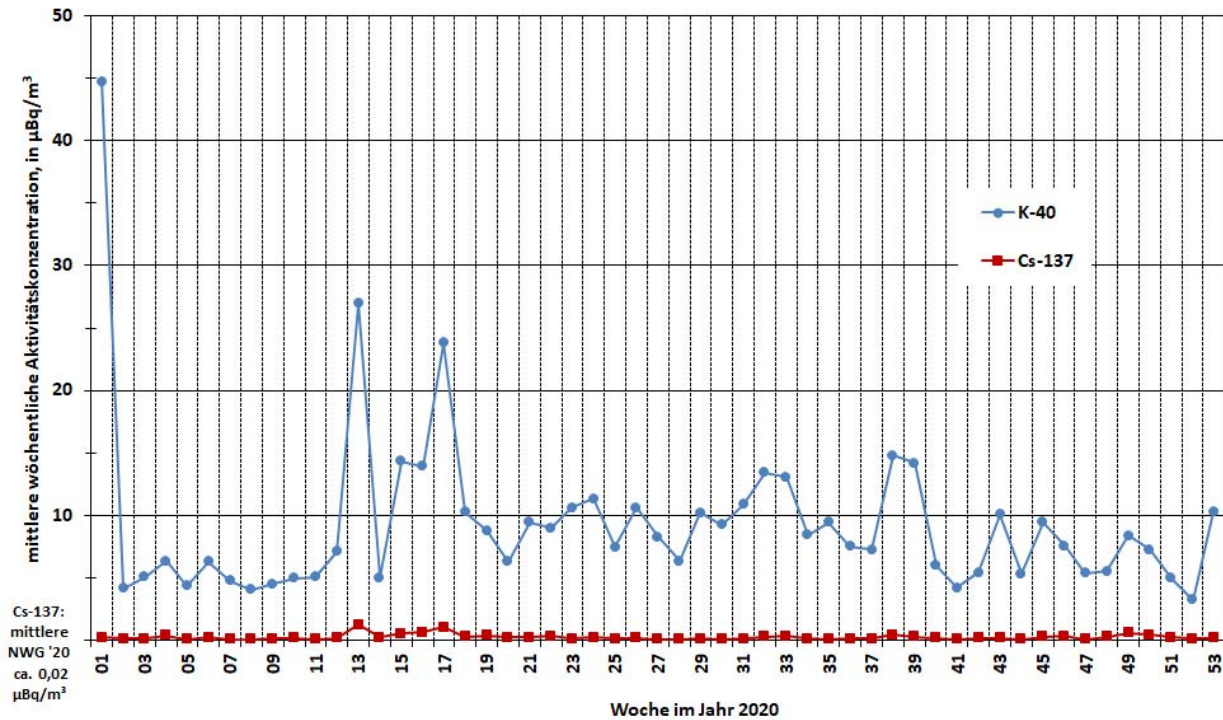


Abbildung B II 2.1-5 Aktivitätskonzentrationen von K-40 und Cs-137 in der bodennahen Luft im Jahr 2020 am Probenentnahmeort Braunschweig
(Activity concentrations of K-40 and Cs-137 in ground-level air at the sampling site Braunschweig in 2020)

$0,0622 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Für U-235 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen $0,0017 \pm 0,0008 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0125 \pm 0,0028 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ festgestellt. Die erreichten Nachweisgrenzen für die Uran-Isotope lagen zwischen $0,0053 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0674 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Diese Messwerte spiegeln die natürlich vorkommenden Aktivitätskonzentrationen wider.

Für Pu-238 und Pu-(239+240) ergaben die Analysen im Berichtsjahr keine Aktivitätskonzentrationen oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze. Für Pu-(239+240) wurden 16 Messwerte oberhalb der jeweiligen Erkennungsgrenze ermittelt, davon sechs in Offenbach und sieben in Schleswig. Die Nachweisgrenzen lagen für Pu-238 zwischen $0,0042 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0224 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und für Pu-(239+240) zwischen $0,0028 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0226 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Für Am-241 ergaben die Analysen an den Stationen in Potsdam, München und Offenbach keine Aktivitätskonzentrationen oberhalb der jeweiligen Nachweisgrenze. An der Station in Schleswig wurden ab dem Monat Mai Aktivitätskonzentrationen für Am-241 oberhalb der Nachweisgrenze (Mai, Juli, August, November, Dezember) bzw. der Erkennungsgrenze gemessen. Die Aktivitätskonzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze lagen zwischen $0,0074 \pm 0,0017 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0473 \pm 0,0062 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Die Herkunft ist noch nicht abschließend geklärt. Für Am-241 wurden Nachweisgrenzen zwischen $0,0009 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,0833 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ erreicht.

In [Abbildung B II 2.1-6](#) sind die entsprechenden Monatswerte für U-234, U-235 und U-238 exemplarisch für die Messstation Potsdam dargestellt.

Für Sr-90 ergaben die Analysen im Berichtsjahr keine Aktivitätskonzentrationen oberhalb der jeweiligen Erkennungs- und Nachweisgrenze. Die erreichten Nachweisgrenzen lagen zwischen $0,3070 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,7683 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Bei der PTB in Braunschweig liegen für das Berichtsjahr keine Messergebnisse für Alpha- und Betaemittierende 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 Luftstaubfiltern der Messstation Schauinsland fortgeführt. Die Aktivitätskonzentrationen für Sr-90 lagen in den analysierten Proben zwischen $0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ mit einer durchschnittlichen Gesamtmessunsicherheit von ca. 8%. Die Nachweisgrenzen für dieses Radionuklid lagen zwischen $0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,03 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Die Aktivitätskonzentrationen der Uranisotope U-234 und U-238 lagen in den aus dem Jahr 2020 analysierten Proben zwischen $0,01 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,23 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Deren Nachweisgrenzen bewegten sich zwischen $0,0001 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,002 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Das Radionuklid U-235 war mit Aktivitätskonzentrationen zwischen $0,005 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,02 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ nachweisbar, die Nachweisgrenzen lagen im Bereich von $0,0001 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ bis $0,002 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. [Abbildung B II 2.1-7](#) zeigt

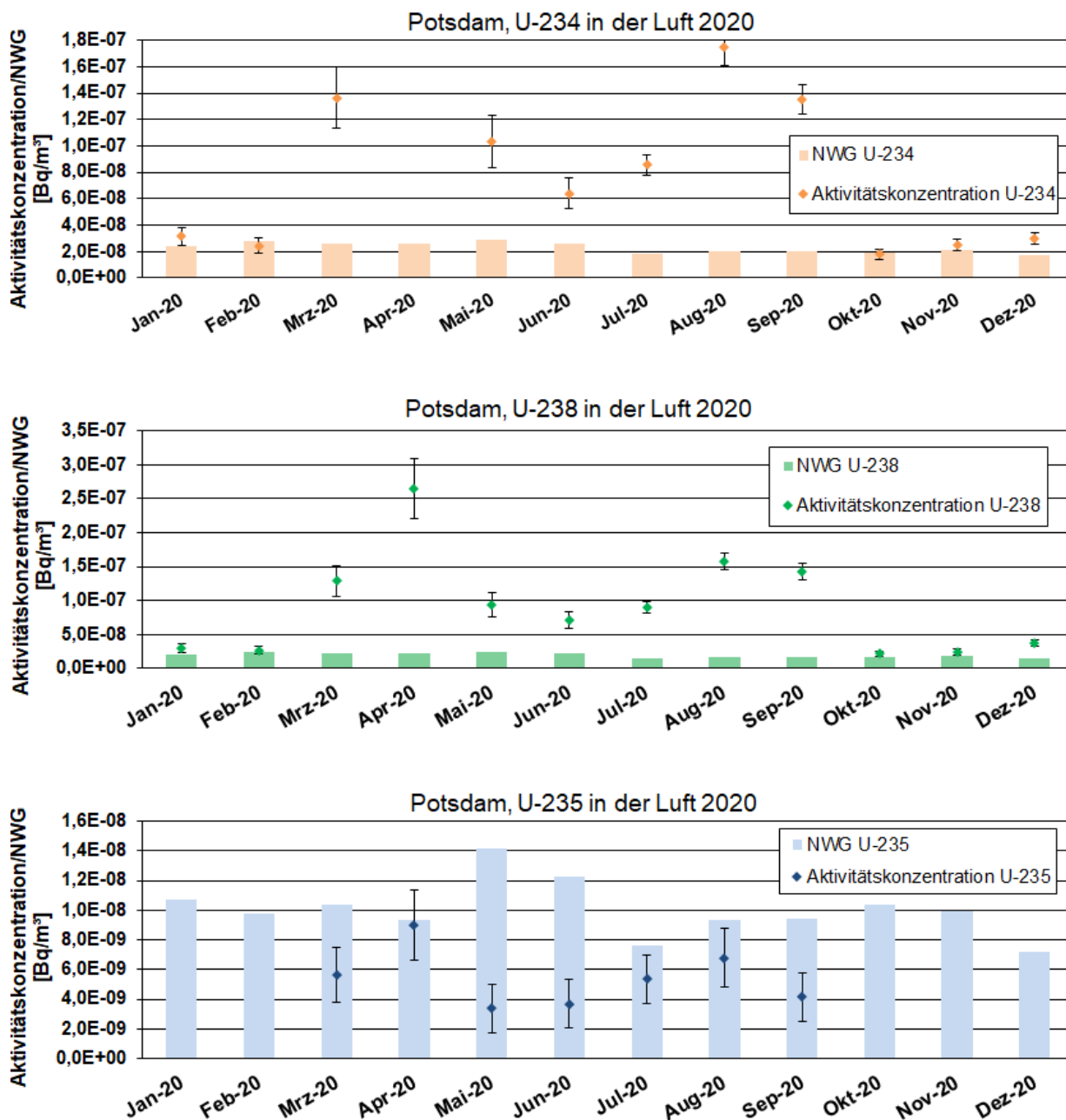


Abbildung B II 2.1-6 Aktivitätskonzentrationen von Uranisotopen in der bodennahen Luft für das Jahr 2020 am Probenentnahmeort Potsdam
(Activity concentrations and activity ratio of Uranium isotopes in ground-level air at the sampling site Potsdam in 2020)

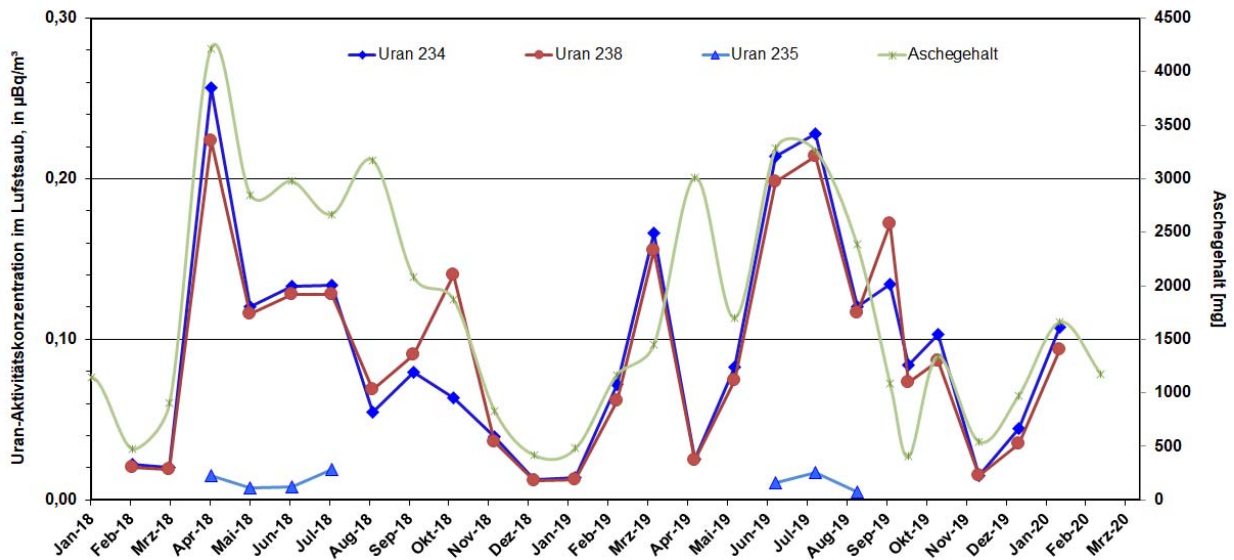


Abbildung B II 2.1-7 Aktivitätskonzentrationen von Uran-Isotopen in der bodennahen Luft von Januar 2018 bis Januar 2020 am Probenentnahmestort Schauinsland
(Activity concentrations of Uranium isotopes in ground-level air at the sampling site Schauinsland in the period January 2018 to January 2020)

die zum Berichtszeitpunkt verfügbaren Ergebnisse für die Aktivitätskonzentrationen der Uranisotope von Januar 2018 bis Januar 2020, im Vergleich ist der Aschegehalt der Proben dargestellt.

Die Nachweisgrenzen für Pu-238 sowie für Pu-(239+240) lagen in diesem Zeitraum zwischen $0,0003 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und $0,001 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

2.1.2 Radioaktive Stoffe im Niederschlag (Gesamtdeposition)

Zur Fortsetzung der langjährigen Messreihe wurde die Gesamt- β -Aktivität im Niederschlag (Gesamtdeposition) ermittelt. Der stationsspezifische Jahreswert der Deposition errechnet sich aus der Summe der Monatswerte, die sich aus den Werten der Tagesproben errechnen. Für das Jahr 2020 resultiert daraus ein über alle Mess- und Sammelstationen des DWD arithmetisch gemittelter Jahreswert für die Deposition von $33 \text{ Bq}/\text{m}^2$ (2019: $32 \text{ Bq}/\text{m}^2$).

Für 2020 ist unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten keine Veränderung zum Vorjahr nachweisbar. Die Messwerte bewegen sich im Niveau der Werte vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl, das heißt im Bereich der natürlichen Schwankungen. [Abbildung B II 2.1-8](#) zeigt den zeitlichen Verlauf der über alle Messstellen gemittelten Jahressummen der dem Boden durch Deposition zugeführten Gesamt- β -Aktivität von 1957 bis 2020 in Becquerel pro Quadratmeter. Die stationsspezifischen Depositionen im Berichtsjahr sind als Jahressummenwerte in [Abbildung B II 2.1-9](#) dargestellt. Hier heben sich besonders die niederschlagsreichen Bergstationen hervor.

Im Rahmen einer Automatisierung wurden an den DWD-Stationen sukzessiv personalintensive Verfahren durch automatische Verfahren abgelöst. Dieser Automatisierungsprozess begann Ende 2017 und wurde Ende 2020 abgeschlossen. Dabei wurde die tägliche Messung der Gesamt- β -Aktivität im Niederschlag durch die kontinuierliche Überwachung der Deposition mit ortsfesten In-situ-Gammaspektrometriesystemen ersetzt. Der Niederschlag wird weiterhin anhand von Monatsproben γ -spektrometrisch analysiert, hierfür wurde ebenfalls das - bisher personalintensive - Verfahren zur Probenaufbereitung schrittweise umgestellt.

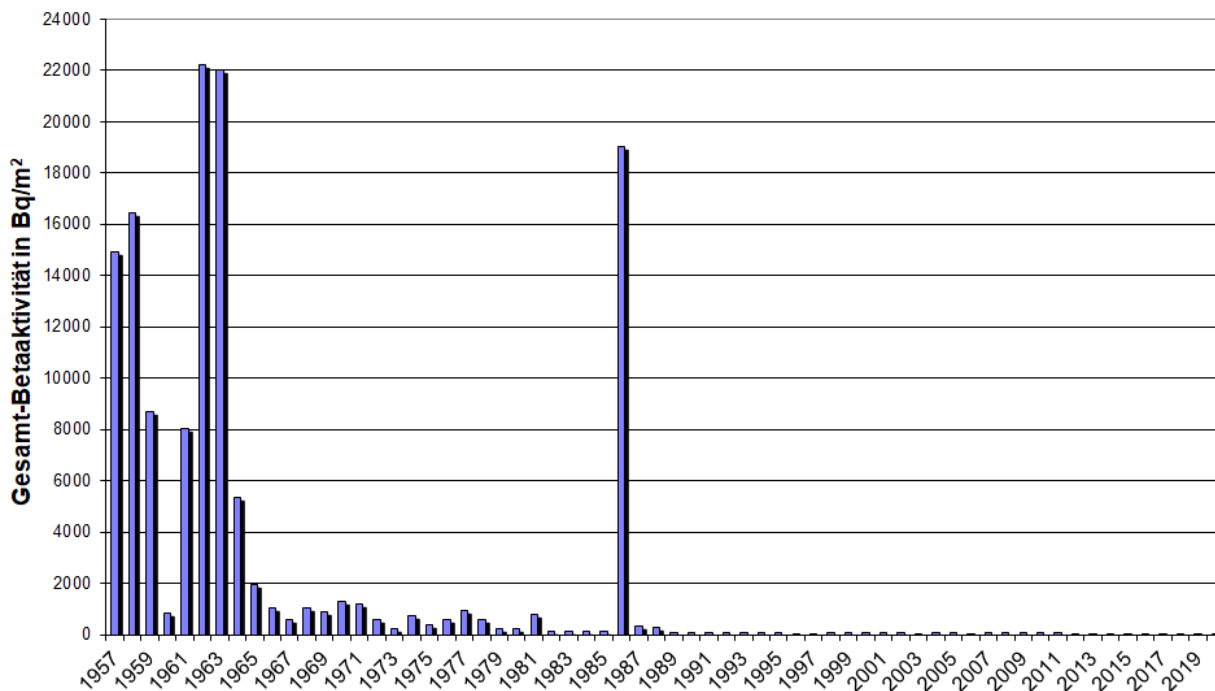


Abbildung B II 2.1-8 Langlebige Gesamt-β-Aktivität im Niederschlag - Jahresmittelwerte der Jahressummen an den DWD-Messstationen von 1957 bis 2020
(Long-lived total β-activity in precipitation - Annual mean value for the total annual levels determined at the DWD measuring stations, 1957 - 2020)

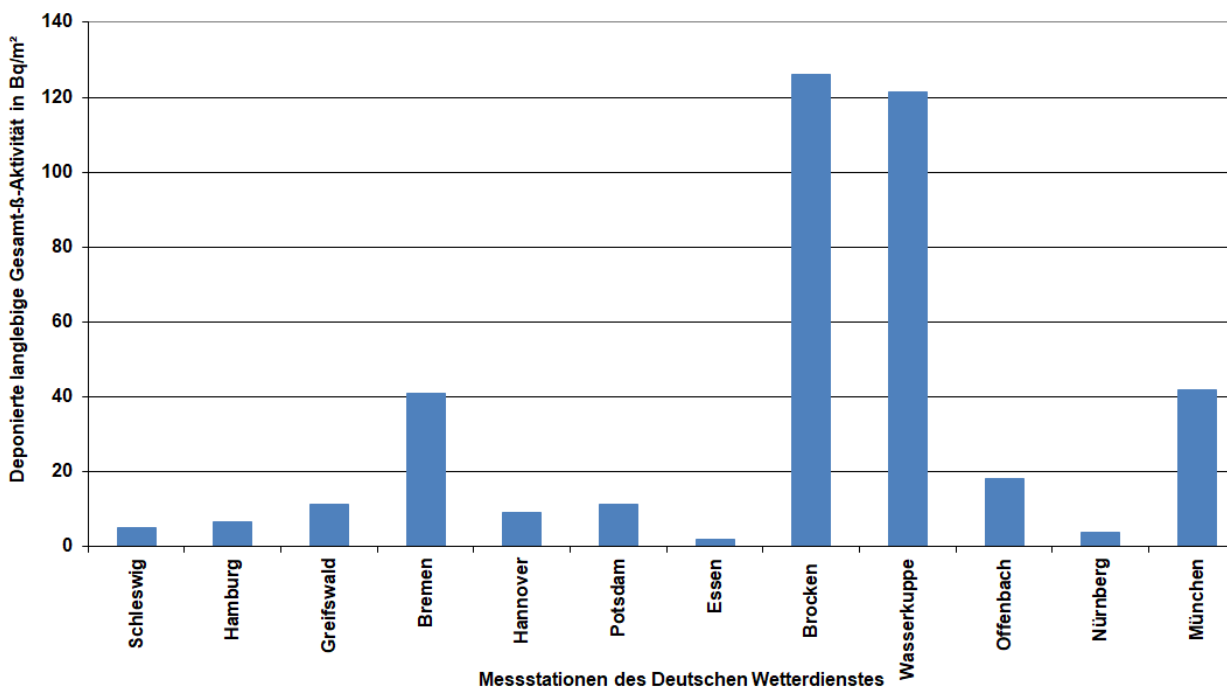


Abbildung B II 2.1-9 Dem Erdboden durch Niederschläge im Jahr 2020 zugeführte langlebige Gesamt-β-Aktivität - stationsspezifische Jahressummen
(Deposition of additional long-lived total β-activity due to precipitation - station specific annual total values in the year 2020)

Gammaspektrometrie

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 $0,05 \text{ Bq/m}^2$ und $0,5 \text{ Bq/m}^2$ resultieren können. Die für 2020 ermittelten Nachweisgrenzen für Cs-137 lagen zwischen $0,03 \text{ Bq/m}^2$ und $0,11 \text{ Bq/m}^2$. 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 2020 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 $9,8 \pm 1,14 \text{ Bq/m}^2$ und $101,0 \pm 11,5 \text{ Bq/m}^2$ (Offenbach) und zwischen $4,6 \pm 0,55 \text{ Bq/m}^2$ und $42,8 \pm 4,9 \text{ Bq/m}^2$ (Potsdam) bestimmt.

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 $13,7 \text{ l/m}^2$ und $155,7 \text{ l/m}^2$, in Abhängigkeit von Monat und Station. Es wurden Sr-90, H-3 sowie die Isotope von Uran, Plutonium und Americium bestimmt. Die erreichten Nachweisgrenzen betragen je nach Niederschlagsmenge für Sr-90 ca. $53,43 \text{ mBq/m}^2$ bis $102,40 \text{ mBq/m}^2$, für Pu-238 $0,34 \text{ mBq/m}^2$ bis $1,74 \text{ mBq/m}^2$ für Pu-(239+240) $0,33 \text{ mBq/m}^2$ bis $1,11 \text{ mBq/m}^2$ und für Am-241 $0,21 \text{ mBq/m}^2$ bis $8,84 \text{ mBq/m}^2$. In zwei Fällen lag die gemessene Aktivitätskonzentration von Pu (239+240) zwischen Erkennungs- und Nachweisgrenze, alle anderen Werte lagen unterhalb der jeweiligen Erkennungsgrenzen. Die geforderten Nachweisgrenzen für die bestimmten Alpha-Isotope liegen bei $0,02 \text{ mBq/l}$. Bei den gefallen Niederschlagsmengen resultieren daraus als zu erreichende Nachweisgrenzen Werte zwischen $0,27 \text{ mBq/m}^2$ und $3,11 \text{ mBq/m}^2$. Die geforderte Nachweisgrenze für Sr-90 liegt bei 1 mBq/l , woraus sich als zu erreichende Nachweisgrenzen Werte zwischen $13,7 \text{ mBq/m}^2$ und $155,7 \text{ mBq/m}^2$ ergeben. Natürlich vorkommendes aerosolgebundenes Uran wurde mit den Niederschlägen ausgewaschen, die Deposition für U-234 und U-238 lag zwischen $0,77 \pm 0,18 \text{ mBq/m}^2$ und $11,69 \pm 1,98 \text{ mBq/m}^2$, für U-235 zwischen $0,07 \pm 0,03 \text{ mBq/m}^2$ und $0,39 \pm 0,14 \text{ mBq/m}^2$. In allen Proben wurden Flächendepositionen von U-234 und U-238 oberhalb der Nachweisgrenze beobachtet. Für U-235 wurde bei einer Probe eine Flächendeposition oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt, bei 15 Proben eine Deposition zwischen Erkennungs- und Nachweisgrenze und in den übrigen Proben lagen die Werte unterhalb der Erkennungsgrenze. Die erreichten Nachweisgrenzen lagen für die Uranisotope zwischen $0,28 \text{ mBq/m}^2$ und $0,92 \text{ mBq/m}^2$. Für H-3 wurden Messergebnisse zwischen $0,30 \text{ Bq/l}$ und $1,77 \text{ Bq/l}$ 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 $0,5 \text{ mSv}$ bzw. $0,9 \text{ mSv}$, 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 $0,3 \text{ mSv}$); dieser Wert verdoppelt sich etwa alle 1500 Höhenmeter.

[Abbildung B II 2.1-11](#) gibt einen Überblick über die geographische Verteilung der externen Strahlenexposition bei einem angenommenen Aufenthalt von täglich 5 Stunden im Freien.

Die auf den Reaktorunfall von Tschernobyl 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 und Standortdokumentation. Seit einigen Jahren läuft eine umfangreiche, langjährige Modernisierung der Messdatenaufnahme, -verarbeitung und Datenfernübertragung im ODL-Messnetz. Im Zuge der Modernisierung wird auch der Datenumfang nebst zusätzlich gemessenen Qualitätsparametern in den Sonden erweitert. Hierzu bedarf es auch eines Umbaus der vorhandenen Sonden im ODL-Messnetz, der durch das vorhandene Fachpersonal selbst bewerkstelligt wird. 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 festen Telekommunikationsanschluss in den operationellen Betrieb des ODL-Messnetzes konnte 2020 ebenfalls fortgesetzt

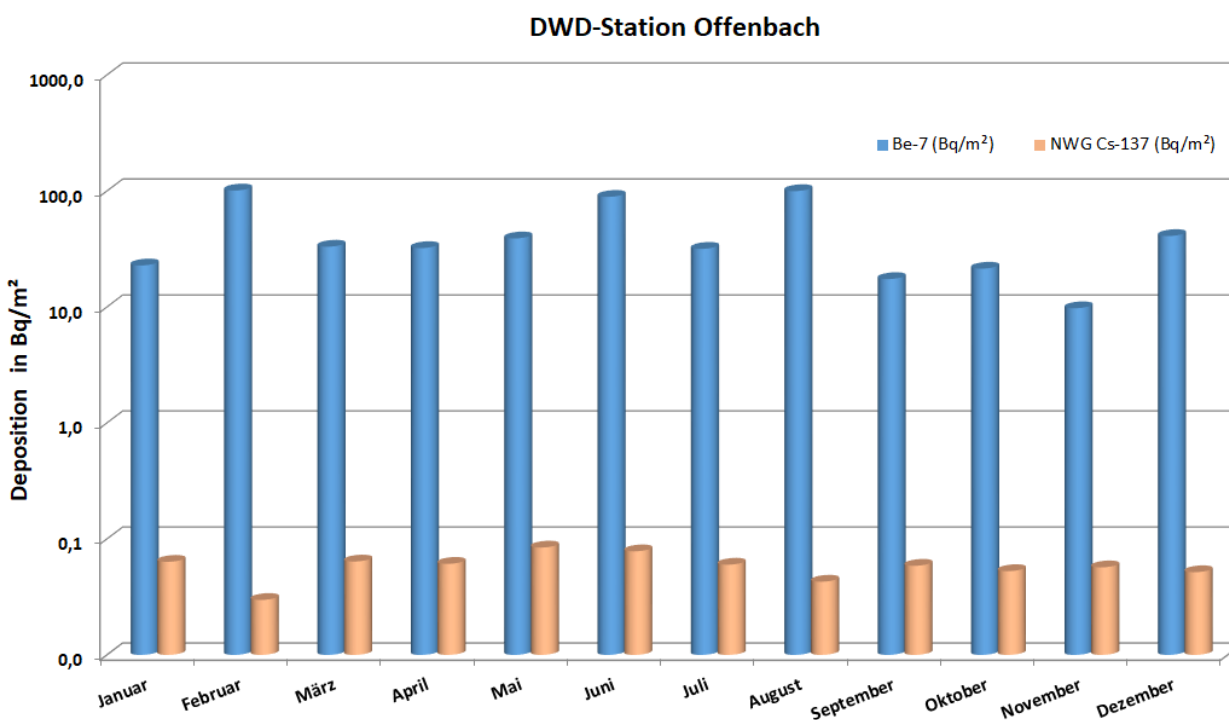
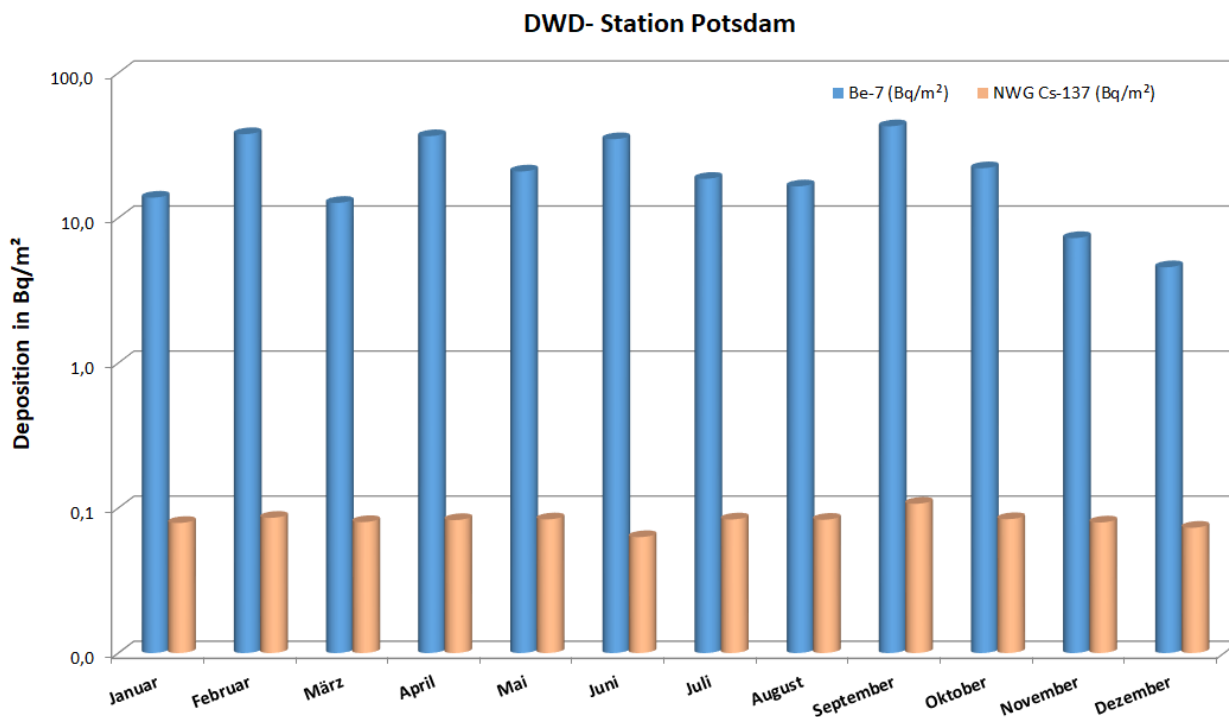


Abbildung B II 2.1-10 Deposition von Radionukliden mit dem Niederschlag im Jahr 2020 -
 DWD-Stationen Potsdam und Offenbach
*(Deposition of radionuclides with precipitation in the year 2020 -
 DWD stations in Potsdam and Offenbach)*

werden. Durch den Einsatz der neuen Technik werden 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 neuen Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) werden seit 2017 spektrometrierende ODL-Sonden in der Zentralzone um Kernkraftwerke sukzessive aufgebaut und operationell im 10 Minuten-Takt betrieben.

Im Rahmen von groß angelegten jährlichen internationalen oder nationalen Messübungen konnte der operationelle Einsatz und Betrieb von zusätzlich ausgebrachten, quasistationären autarken Sonden, spektrometrierenden ODL-Sonden sowie drohnen- und fahrzeuggestützten mobilen ODL-Messungen im ODL-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 operationelle Datenbank wurde um mobile und spektrometrische Messungen grundlegend erweitert und kann auch z. B. mobile ODL-Messdaten der CBRN-Erkundungsfahrzeuge der Länder mit aufnehmen.

2.1.4 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/m^3 und bei den aerosolpartikelgebundenen Radionukliden, bezogen auf Co-60, bei $0,4 \text{ mBq/m}^3$.

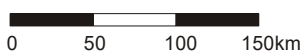
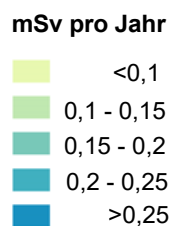
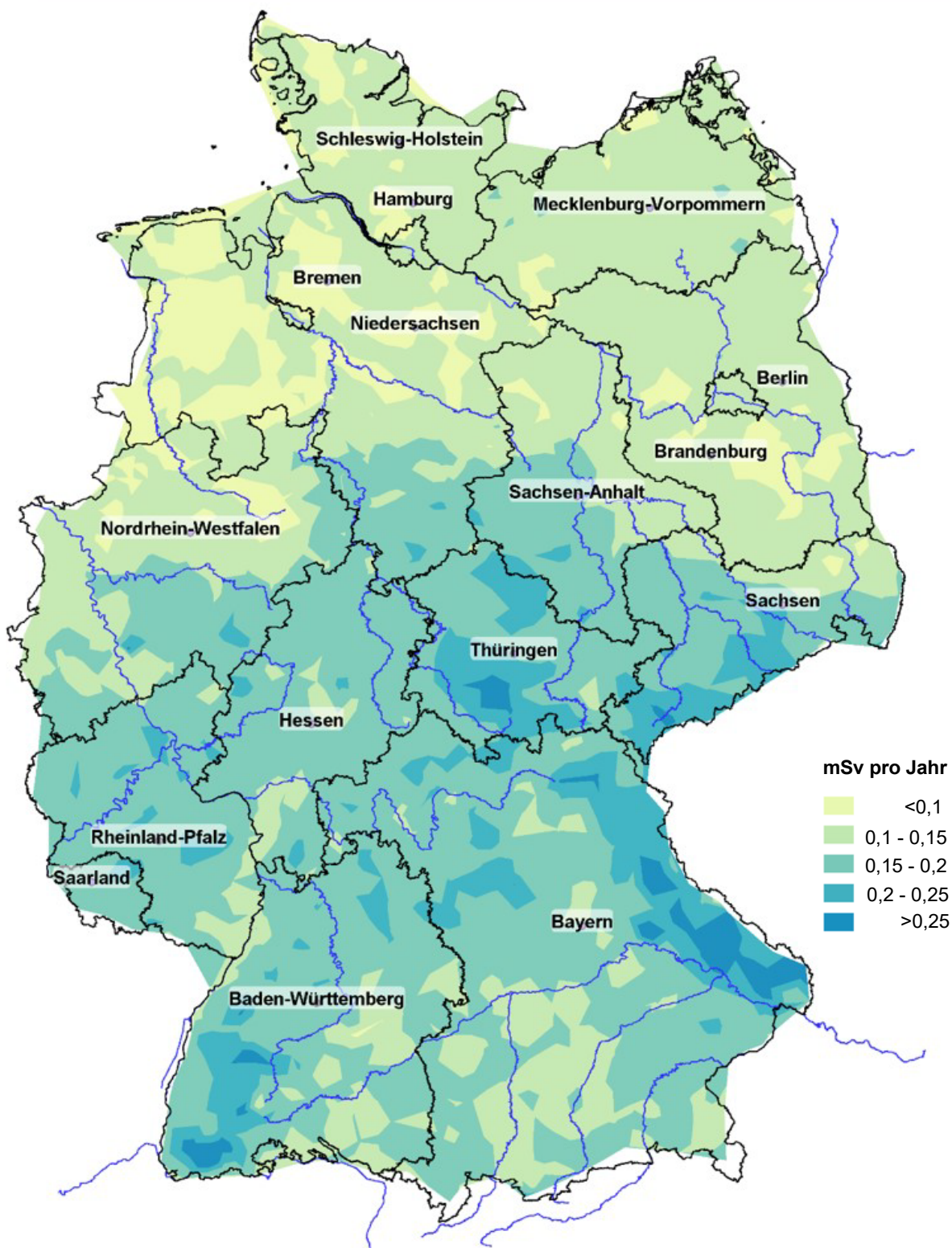
Für das gasförmige I-131 wurden im Allgemeinen nur Nachweisgrenzen gemessen - mit Ausnahme der zeitweise durch Fukushima beeinflussten Einzelmesswerte 2011 (siehe Tabelle B-II-2.1.4-1a im [Jahresbericht 2011](#) des BMU über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“). Im Berichtsjahr hat sich die Konzentration des emittierten I-131 gegenüber den Vorjahren nicht verändert ([Tabelle T II.27](#)). Dasselbe gilt für die Aktivitätskonzentrationen der schwebstoffpartikelgebundenen Radionuklide, die 2020 wie im Vorjahr an allen Messstellen unterhalb der jeweils erreichten Nachweisgrenzen lagen. Die Messergebnisse sind in [Tabelle T II.28](#) für das Bezugsnuklid Co-60 zusammengefasst.

Die Veränderungen der Jahresmittelwerte der kontinuierlich gemessenen γ -Ortsdosisleistung ([Tabelle T II.29](#)) 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 [Grundlagenbericht](#), allgemeine Angaben).

Niederschlag

Gemäß REI ist die Aktivitätskonzentration des Niederschlags gammaspektrometrisch zu ermitteln. 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 $0,05 \text{ Bq/l}$ 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 $0,5 \text{ Bq/m}^2$ und 5 Bq/m^2 resultieren können. Es liegen keine Messwerte oberhalb der Nachweisgrenzen vor. In [Tabelle T II.30](#) sind die erzielten Nachweisgrenzen, bezogen auf Co-60, zusammengefasst.



Daten aus dem Messnetz des Bundes
 Bundesamt für Strahlenschutz

Abbildung B II 2.1-11 Externe Strahlenexposition im Jahr 2020 in Deutschland bei täglich 5 Stunden Aufenthalt im Freien
(External radiation exposure in Germany in 2020, spending 5 hours per day outdoors)

2.2 Nord- und Ostsee

In diesem Kapitel wird der aktuelle Zustand von Nord- und Ostsee hinsichtlich der Kontamination durch künstliche Radionuklide beschrieben. Grundlage der Bewertung sind jährlich mindestens je eine Überwachungsfahrt in Nord- und Ostsee mit Schiffen des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und ggf. gecharterten ausländischen Forschungsschiffen sowie zahlreiche Wasserproben, die regelmäßig auch von anderen Schiffen des Bundes an festgelegten Positionen entnommen werden. Damit ist sowohl eine Beschreibung der räumlichen Verteilung als auch des zeitlichen Trends der Kontamination möglich. Grundsätzlich werden in Meerwasser die Radionuklide Cs-137 bzw. Cs-134, Sr-90, Pu-238, Pu-(239+240), Pu-238, Am-241 und H-3 radiochemisch analysiert. Meeresschwebstoff und -sediment wird zudem gammaspektrometrisch untersucht. Die in den letzten Jahren gefundenen Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifischen Aktivitäten waren in allen Fällen sehr gering und daher für Mensch und Umwelt unbedenklich.

Auswertungen für das Berichtsjahr 2020 waren zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch nicht verfügbar und werden im nächsten Bericht nachgeliefert.

2.2.1 Radionuklide im Nordseewasser

Die Zeitreihen der Aktivitätskonzentration von Cs-137 und Sr-90 an den beiden Stationen seit 1961 bzw. 1980 ([Abbildung B II 2.2-1](#) und [Abbildung B II 2.2-2](#)) lassen seit einigen Jahren nur noch Aktivitätskonzentrationen zwischen 1 Bq/m^3 und 2 Bq/m^3 erkennen. Der Grund dafür ist, dass aus den Wiederaufarbeitungsanlagen (WAA) Sellafield (UK) und La Hague (F) nur noch sehr geringe Einleitungen dieser beiden Radionuklide zu verzeichnen sind. Zeitverzögert infolge des Reststroms innerhalb der europäischen Schelfmeere liegen die Konzentrationen nur noch sehr gering über den Kontaminationswerten des Oberflächenwassers des Atlantiks. Diese sind im Wesentlichen durch die Rückstände des Fallouts der oberirdischen Kernwaffentests der sechziger Jahre gekennzeichnet. Ein Eintrag von Cs-137 aus der Elbe ist nicht festzustellen. Der Fallout Tschernobyls mit seinem charakteristischen Verhältnis der Nuklide Cs-134 zu Cs-137 war in der deutschen Bucht schon zwei bis drei Jahre nach dem Unfall nicht mehr messbar. Cs-134 ist im Wasser der Nordsee ebenfalls nicht mehr nachweisbar ($\text{NWG} < 0,3 \text{ Bq/m}^3$).

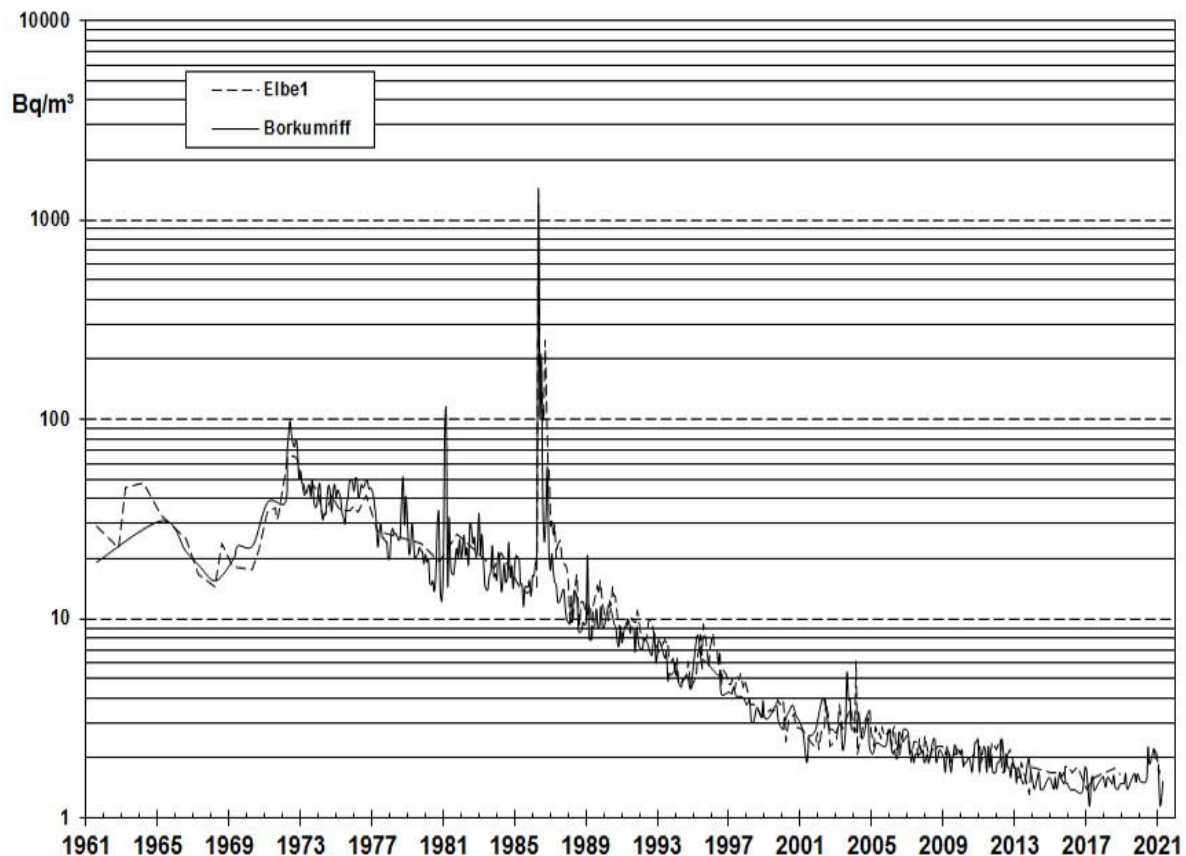


Abbildung B II 2.2-1 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Cs-137 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der Deutschen Bucht seit 1961

(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 (Bq/m^3) at two positions in the German Bight since 1961)

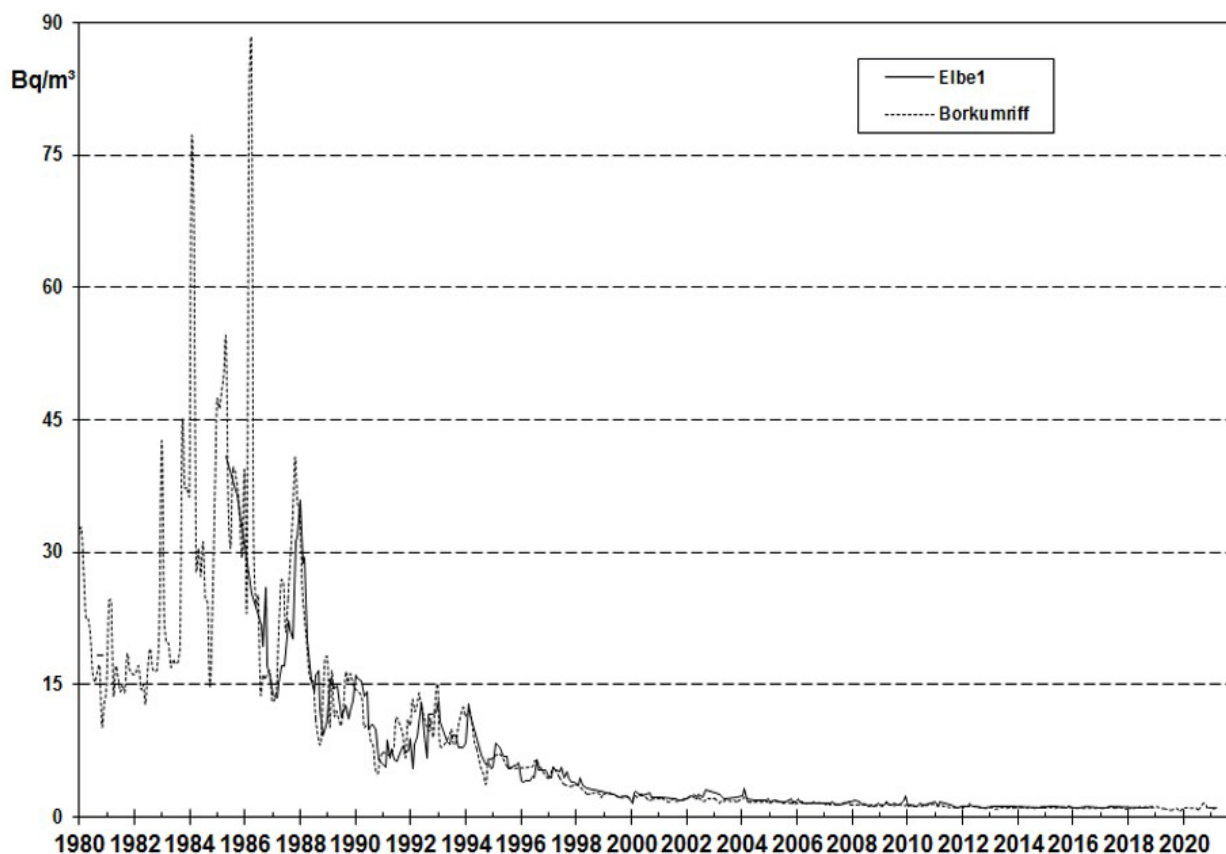


Abbildung B II 2.2-2 Der zeitliche Verlauf der Aktivitätskonzentration von Sr-90 (Bq/m^3) an zwei Positionen in der deutschen Bucht seit 1980
(Temporal trend of the activity concentration of Sr-90 (Bq/m^3) at two positions in the German Bight since 1980)

2.2.2 Radionuklide in der Ostsee

Ostseewasser

Die Ostsee erfuhr nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl einen hohen Eintrag von Fallout, im Wesentlichen durch die Radionuklide Cs-137 und Cs-134. Die Schwerpunkte des Eintrages lagen in der südlichen Bottenensee, dem Finnischen Meerbusen und - in geringerem Maße - in der Lübecker Bucht. Auf Grund des nur geringen Wasseraustausches mit der Nordsee dauert es Jahrzehnte, bis Schadstoffe aus der Ostsee durch Meeresströmungen verteilt werden. Dies ist seit über 30 Jahren auch für das Cs-137 aus dem Tschernobylfallout zu beobachten. Das ebenfalls eingetragene Cs-134 ist auf Grund der relativ kurzen physikalischen Halbwertszeit von etwa zwei Jahren in der Ostsee nicht mehr nachweisbar.

Die Ostsee ist das größte Brackwassermeer der Welt. Insgesamt besteht ein Süßwasserüberschuss, der mit dem salzarmen Oberflächenwasser über die Beltsee in die Nordsee transportiert wird. In der Tiefenschicht findet der Einstrom salzreichen Nordseewassers statt. Dieses Wechselspiel spiegelt sich auch in den Konzentrationen des Radionuklids Cs-137 wider. Im Oberflächenwasser befinden sich die höheren Konzentrationen aus dem Tschernobylfallout, im Tiefenwasser finden sich durchweg niedrigere Konzentrationen bei höherem Salzgehalt.

Abbildung B II 2.2-3 stellt den zeitlichen Verlauf der Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 und Sr-90 im Oberflächenwasser an der Position Schleimündung in der westlichen Ostsee dar: Deutlich zu erkennen sind die höheren Konzentrationen beider Nuklide in den sechziger Jahren und von Cs-137 seit dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Die Schwankungen der Cs-137-Konzentrationen sind durch den jahreszeitlich variierenden Ein- und Ausstrom des Ostseewassers bestimmt.

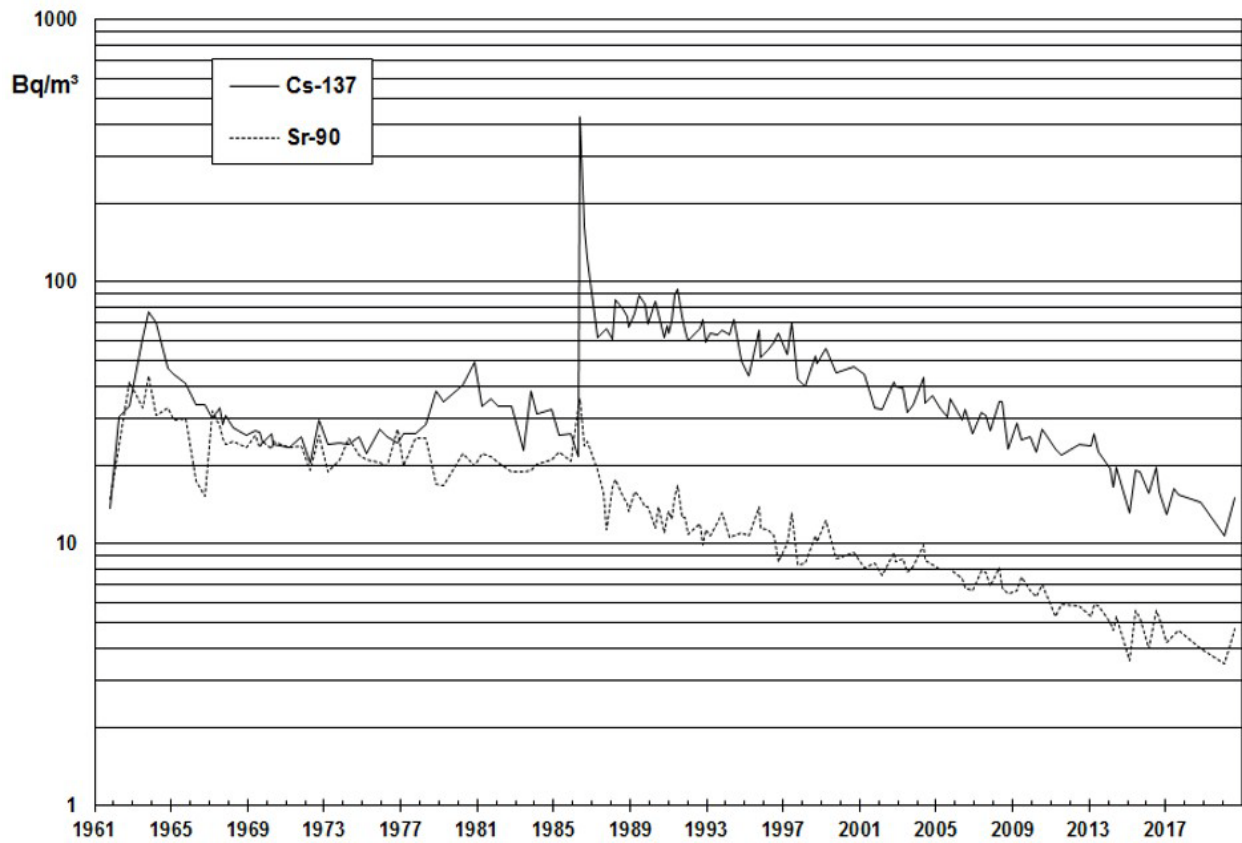


Abbildung B II 2.2-3 Der zeitliche Verlauf der Cs-137- und Sr-90-Aktivitätskonzentration (Bq/m^3) an der Position „Schleimündung“ ($50^\circ 40' \text{ N}$, $010^\circ 05' \text{ O}$) seit 1961.

(Temporal trend of the activity concentration of Cs-137 and Sr-90 (Bq/m^3) at the position „Schleimündung“ ($54^\circ 40' \text{ N}$, $010^\circ 05' \text{ E}$) since 1961)

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 2020 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.31](#) zusammengestellt.

Im Rahmen der Überwachung nach dem StrlSchG wurden im Berichtsjahr Messungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben aus 155 Gewässern mit insgesamt ca. 20 200 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.32](#) enthält die Auswertungen für Fließgewässer und [Tabelle T II.33](#) 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.

Abgesehen von dem Ausfall einzelner Probenahmen kam es durch die Auswirkungen der Corona-Pandemie im Jahr 2020 zu keinen nennenswerten Einschränkungen und die Überwachung der Umweltradioaktivität in Binnengewässern konnte in gewohntem Umfang durchgeführt werden. 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, betragen die Jahresmittelwerte höchstens 37 Bq/l (Mosel). Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen von Sr-90 und Cs-137 lagen in den meisten Fällen unter 0,01 Bq/l und somit ebenfalls unter den Vorgaben zu Nachweisgrenzen des RMP. In [Abbildung B II 2.3-3](#) lässt sich jedoch über die letzten Jahre ein ansteigender Trend der Messwerte für Sr-90 an den dargestellten Stationen erkennen, dessen Ursache momentan noch unklar ist. Es handelt sich dabei weiterhin um sehr niedrige Werte. Die von kerntechnischen Anlagen eingeleiteten Spalt- und Aktivierungsprodukte waren, abgesehen von H-3, im Fernbereich der Emittenten im Allgemeinen in Wasserproben nicht mehr nachweisbar. I-131 trat nur gelegentlich mit Einzelwerten bis 0,03 Bq/l auf, vereinzelt wurde zudem Lu-177 bis 0,09 Bq/l nachgewiesen. Diese beiden kurzlebigen Nuklide werden in der Nuklearmedizin eingesetzt. In einer einzelnen Probe aus dem Jadebusen wurden 0,006 Bq/l Cs-134 gemessen. 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 0,05 Bq/l auf.

In **Schwebstoffproben** lagen die mittleren spezifischen Aktivitäten von Cs-137 vorwiegend unter 50 Bq/kg Trockenmasse (TM). In Flüssen betrug der maximale Jahresmittelwert 54 Bq/kg TM (Elde, Mecklenburg-Vorpommern). Auch in der Donau wurden vereinzelt Werte über 50 Bq/kg TM gemessen. Höhere Werte für Cs-137 wurden wiederum von einzelnen Seen berichtet: Der maximale Jahresmittelwert lag bei 191 Bq/kg TM (Steinhuder Meer, Niedersachsen). 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 Gegensatz zum Vorjahr war Ag-110m in der Mosel nicht nachweisbar. Im Rhein wurde in wenigen Proben Co-60 und in einer Einzelprobe Ag-110m nachgewiesen. In einer einzelnen Probe aus der Havel wurden 1,35 Bq/kg TM Cs-134 gemessen. Für die kurzlebigen Radionuklide I-131 bzw. Lu-177 wurden in Schwebstoffproben Einzelwerte bis 147 Bq/kg TM (Mosel) bzw. 129 Bq/kg TM (Rhein) gemessen; in beiden Fällen werden nuklearmedizinische Anwendungen als Quelle angenommen.

In **Sedimentproben** betragen die mittleren spezifischen Aktivitäten von Cs-137 ebenfalls meist weniger als 50 Bq/kg TM. In Flüssen lag der maximale Jahresmittelwert bei 59 Bq/kg TM (Elde, Mecklenburg-Vorpommern). In einzelnen Seen traten jedoch weiterhin höhere mittlere Gehalte an Cs-137 auf: Der maximale Jahresmittelwert lag bei 136 Bq/kg TM (Wittensee, Schleswig-Holstein). Jahresmittelwerte für Cs-137 über 100 Bq/kg TM wurden zudem im Schollener See (Sachsen-Anhalt), dem Großensee (Schleswig-Holstein) und dem Steinhuder Meer (Niedersachsen) gemessen. Der über die letzten Jahre beobachtete Trend zu leicht ansteigenden Werten für Co-60 in der Mosel hat sich 2020 nicht fortgesetzt ([Abb. B II 2.3-7](#)); alle Werte lagen 2020 unter der Nachweisgrenze des RMP von 5 Bq/kg TM. Co-58 wurde nur in einer Einzelprobe aus der Mosel mit 0,64 Bq/kg TM gemessen. Im Gegensatz zu den Vorjahren wurden in Sedimentproben der Mosel kein Ag-110m nachgewiesen.

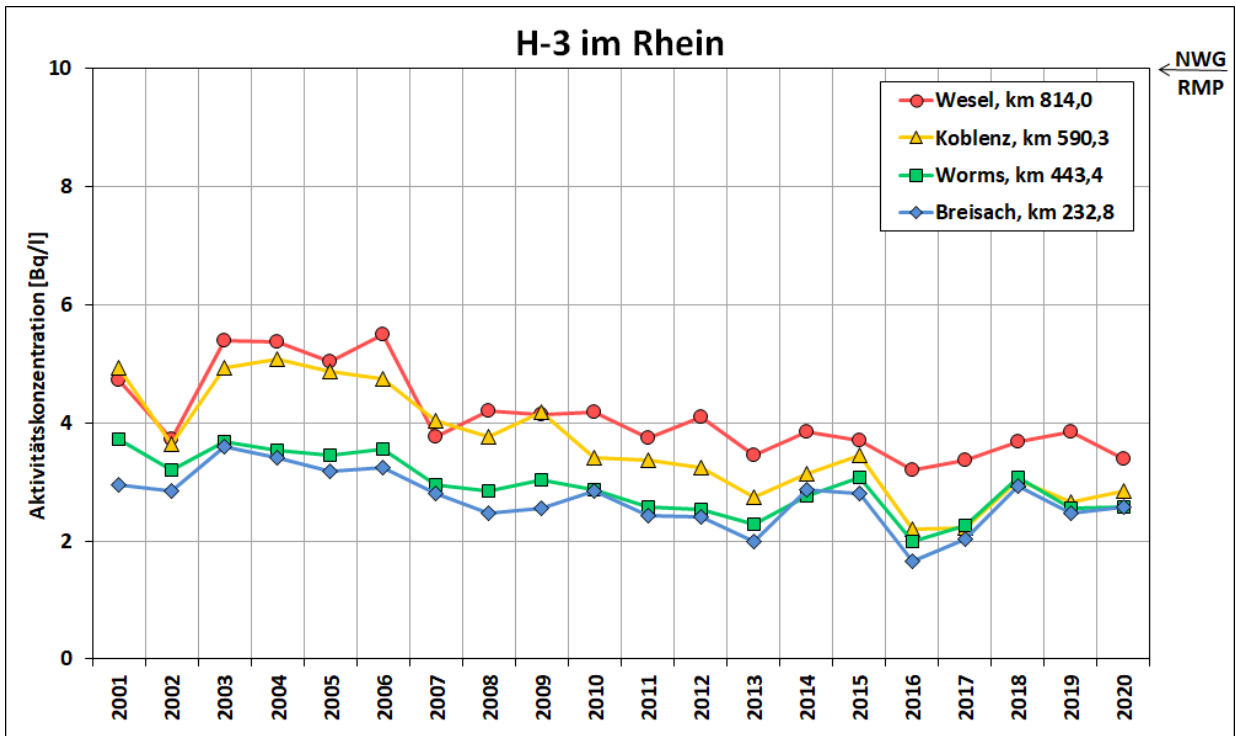


Abbildung B II 2.3-1 H-3-Gehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser aus dem Rhein (Jahresmittelwerte)
 (Contents of tritium (Bq/l) in surface water from the Rhine - annual mean values)

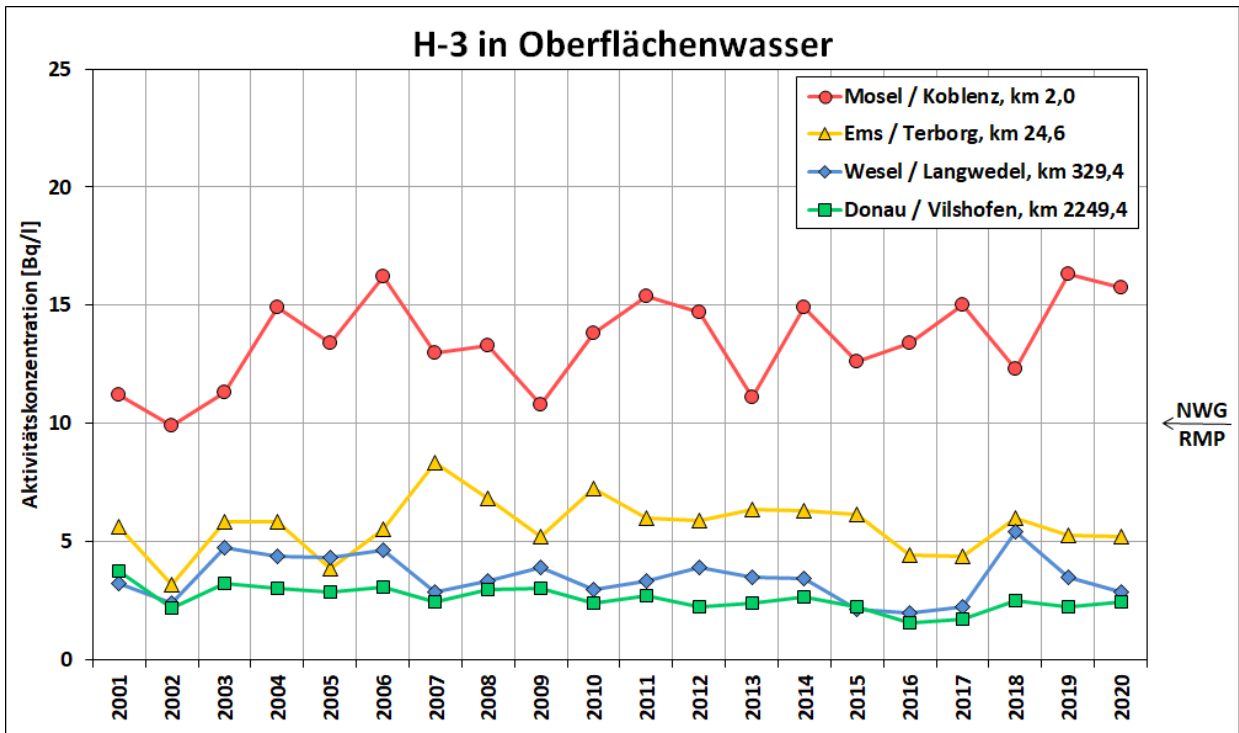


Abbildung B II 2.3-2 H-3-Gehalte (Bq/l) in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer
 (Jahresmittelwerte)
 (Contents of H-3 (Bq/l) in surface water from selected inland waters
 - annual mean values)

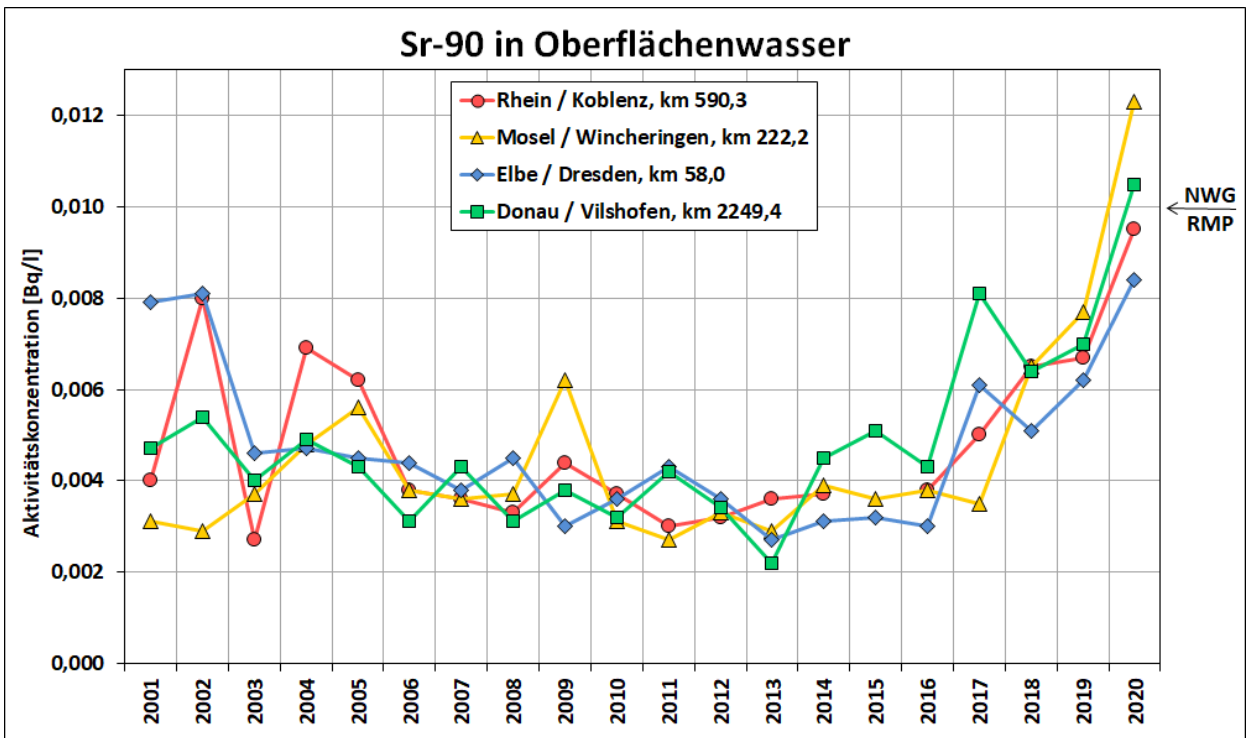


Abbildung B II 2.3-3 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Sr-90 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
(Sr-90 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values)

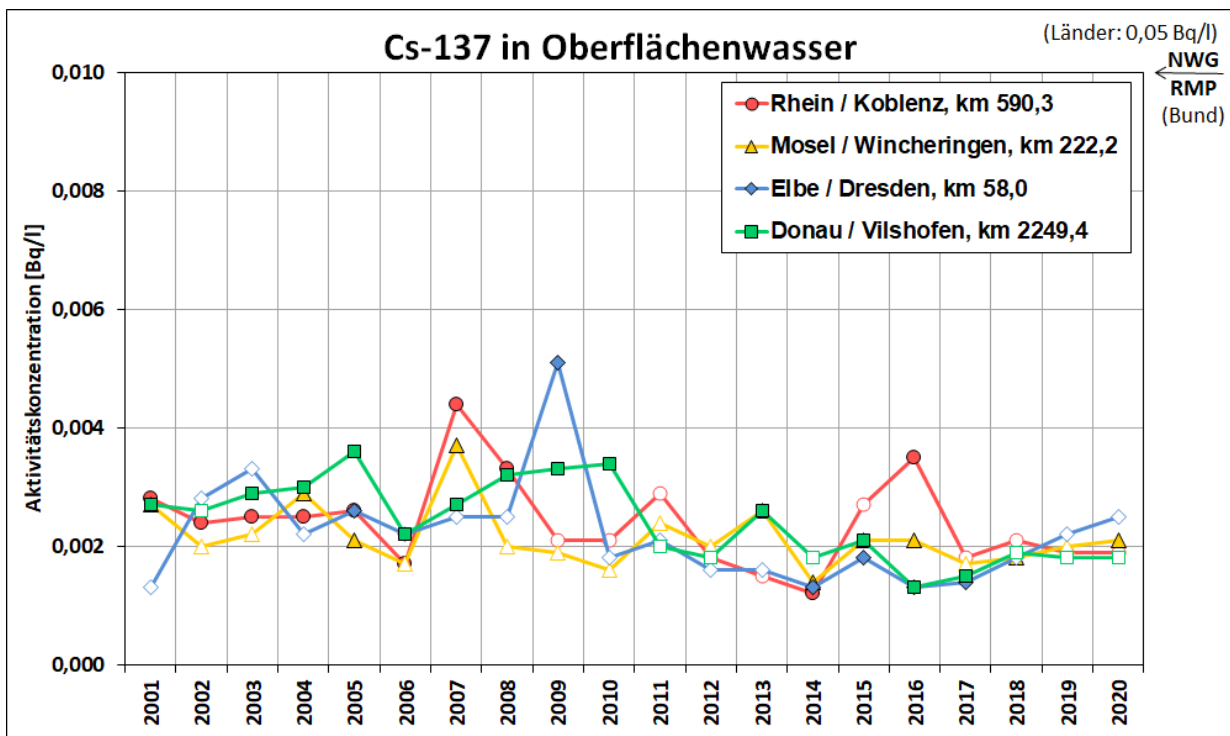


Abbildung B II 2.3-4 Aktivitätskonzentrationen (Bq/l) von Cs-137 in Oberflächenwasser ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte). Weißer Symbolinhalt kennzeichnet Datensätze mit allen Werten <NWG
(Cs-137 activity concentrations (Bq/l) in surface water from selected inland waters - annual mean values. White symbol filling indicates data sets with all values below detection limit.)

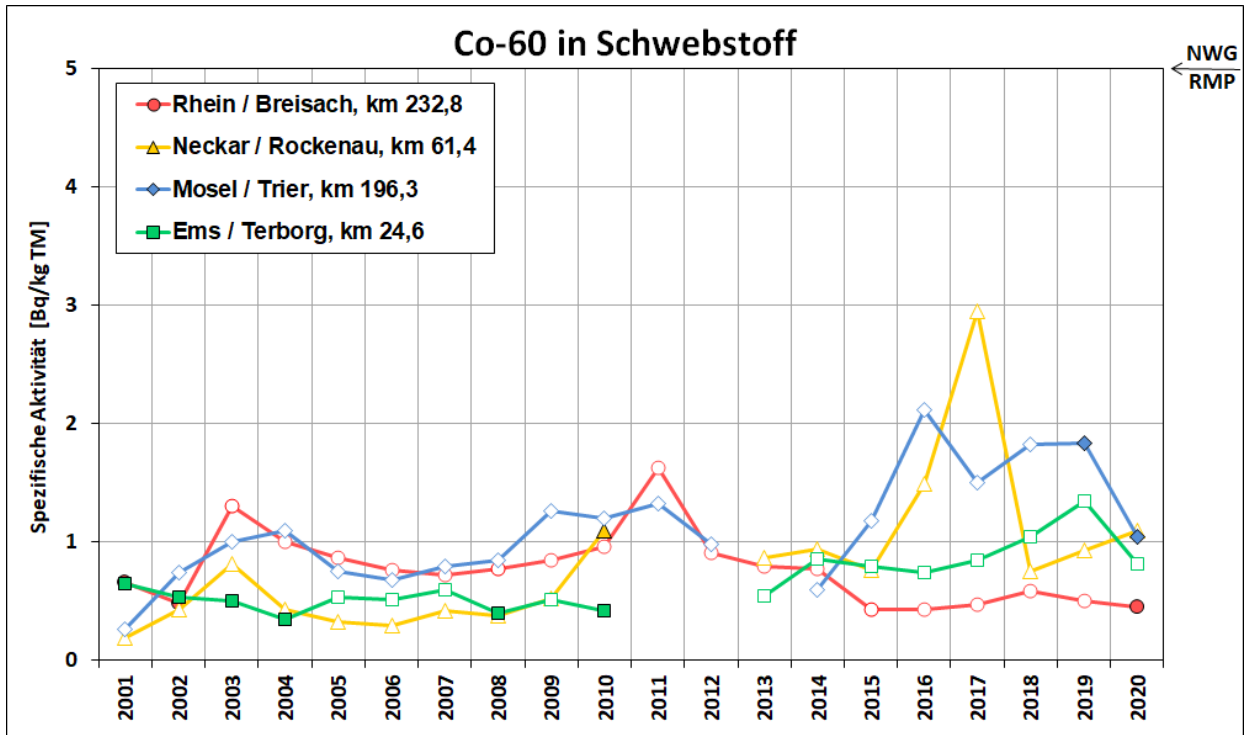


Abbildung B II 2.3-5 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte). Weißer Symbolinhalt kennzeichnet Datensätze mit allen Werten <NWG
 (Co-60 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values). White symbol filling indicates data sets with all values below detection limit.)

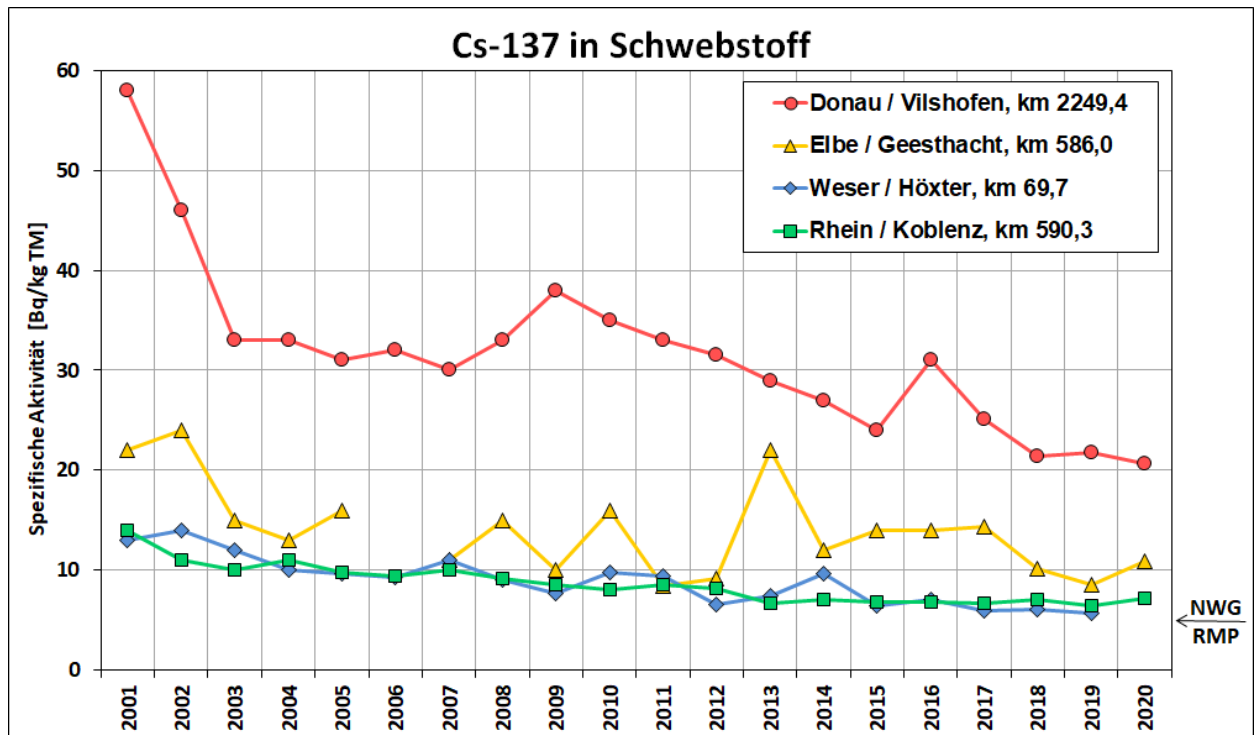


Abbildung B II 2.3-6 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Schwebstoffproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)
 (Cs-137 specific activities for samples of suspended matter in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

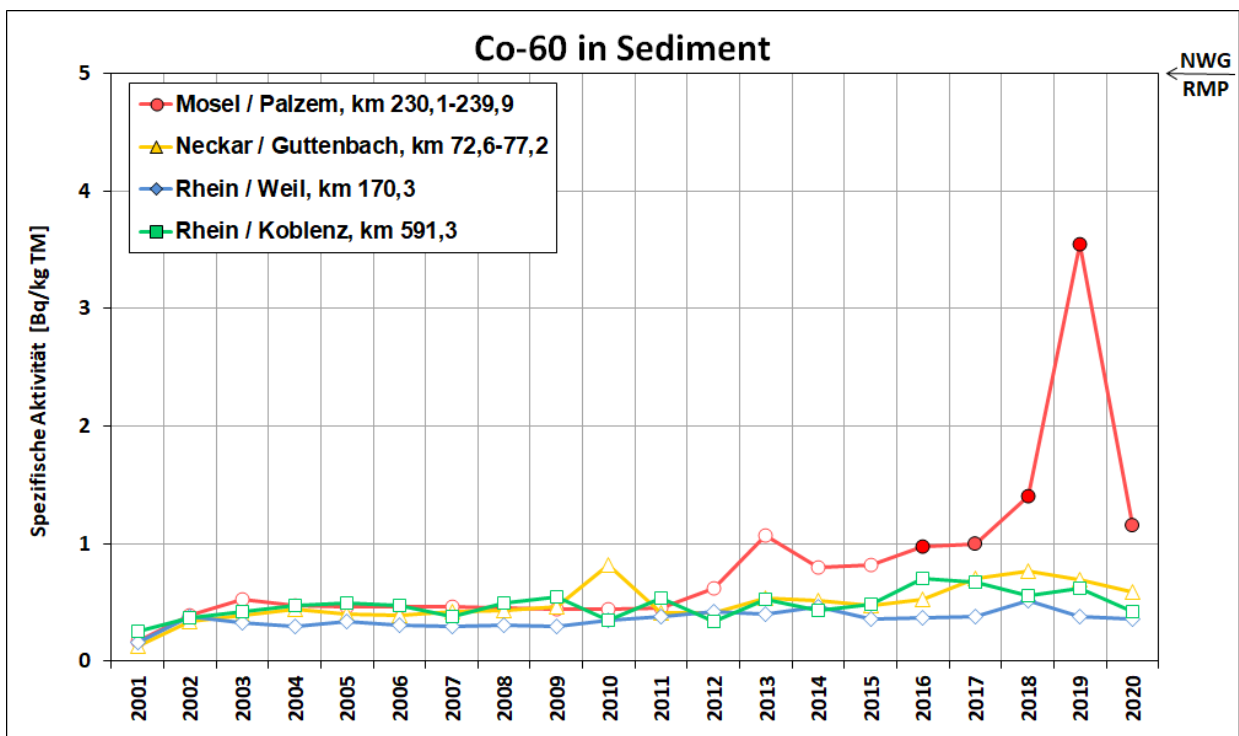


Abbildung B II 2.3-7 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Co-60 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte). Weißer Symbolinhalt kennzeichnet Datensätze mit allen Werten <NWG

(Co-60 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values). White symbol filling indicates data sets with all values below detection limit

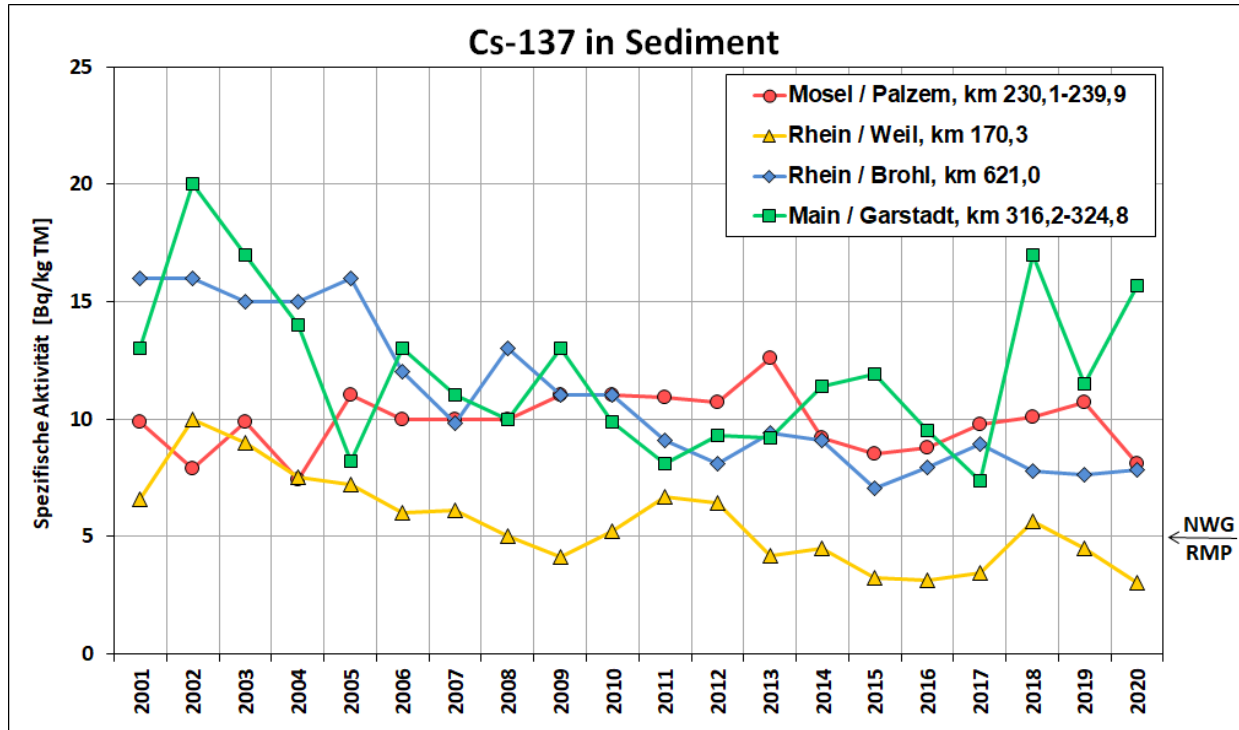


Abbildung B II 2.3-8 Spezifische Aktivitäten (Bq/kg TM) von Cs-137 in Sedimentproben ausgewählter Binnengewässer (Jahresmittelwerte)

(Cs-137 specific activities for sediment samples in Bq/kg TM from selected inland waters - annual mean values)

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 kontrolliert bzw. im Rahmen der genehmigten Werte 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 $\mu\text{Sv/a}$, 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 $\mu\text{Sv/a}$. 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 $\mu\text{Sv/a}$ bzw. 5,3 $\mu\text{Sv/a}$ deutlich über dem anthropogen verursachten.

Insbesondere Cs-137 war auch 2020 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 $\mu\text{Sv/a}$ 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 $\mu\text{Sv/a}$ 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 2020 gemäß der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI). In die Auswertung wurden insgesamt ca. 6 880 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.34](#)). Erhöhte H-3-Aktivitätskonzentrationen wurden in Proben gemessen, die direkt an Auslaufbauwerken genommen wurden; die Mittelwerte betragen hier maximal 2 242 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, Mn-54 vereinzelt nachgewiesen. Sr-90 wurde mit maximalen Einzelwerten bis 3,03 Bq/kg TM gemessen (Mosel, KKW Cattenom). Für Alphastrahler wurden erhöhte mittlere Werte für die Gesamt-Alpha-Aktivität (G- α) mit 2 872 Bq/kg TM in der Seege (BGZ Gorleben) und für Am-241 mit 2,7 Bq/kg TM im Hirschkanal (KIT Karlsruhe) gemessen. In einer Sedimentprobe der Isar unterhalb der Forschungsneutronenquelle HML München wurde 0,32 Bq/kg TM Pu-(239+240) gemessen. Darüber hinaus wurden keine Transurane nachgewiesen.

Strahlenexposition^{1, 2}

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 $\mu\text{Sv/a}$. Für Klein-

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

² Nach § 101 StrlSchV 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.

kinder (≤ 1 a; 430 l/a Konsum) beträgt der entsprechende Wert ca. $0,69 \mu\text{Sv/a}$. Hierdurch würde der Dosisgrenzwert von $300 \mu\text{Sv/a}$ nach § 99 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zu ca. 0,1 bzw. 0,2 % ausgeschöpft werden.

Co-60 wurde vereinzelt in Sedimentproben gemessen. Für den Fall, dass Sediment mit $10 \text{ Bq/kg TM Co-60}$ 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. $2,4 \mu\text{Sv/a}$ abschätzen. Sie würde damit ebenfalls weit unter dem Dosisgrenzwert nach § 99 StrlSchV von $300 \mu\text{Sv/a}$ 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 2020 durch die Deposition nach dem Tschernobyl-Unfall geprägt, während das Sr-90 zum überwiegenden Teil noch aus der Zeit der oberirdischen Kernwaffenversuche stammt.

In [Tabelle T II.35](#) sind Messwerte für als Weiden oder Wiesen genutzte Böden zusammengefasst. In [Tabelle T II.36](#) sind entsprechende Werte für Ackerböden und in [Tabelle T II.37](#) für Waldböden wiedergegeben. Für nicht genannte Bundesländer liegen jeweils keine vergleichbaren Daten vor.

In der Vegetationsperiode 2020 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.38](#) 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.39](#) und [Tabelle T II.40](#) zusammengestellt. In [Tabelle T II.41](#) sind Messergebnisse von pflanzlichen Indikatoren (Blätter, Nadeln, Gras, Farne) wiedergegeben. In [Tabelle T II.39](#), [Tabelle T II.40](#) und [Tabelle T II.41](#) 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 Tschernobyl-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 II.42](#) und [Tabelle II.43](#) 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 Tschernobyl 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 Abschnitt 2.5 verwiesen.

Die von den amtlichen Messstellen der Länder im Rahmen der Überwachung von Grund- und Trinkwasser nach dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) im Jahr 2020 erhobenen 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.44](#) 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.44](#) wird nicht vorgenommen.

Im Vergleich zu diesem Berichtsjahr wurde für das Jahr 2019 eine höhere Anzahl von Messungen im Rahmen der Trinkwasserüberwachung dokumentiert. Auf Grund von Änderungen des Datenbankmodells im Zuge der Migration von IMIS-2 zu IMIS-3 wurden diese Ergebnisse in der Abfrage fehlerhaft miterfasst. Dies ist für das Berichtsjahr 2020 korrigiert.

Zusätzlich sind ab diesem Berichtsjahr 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. Die geforderten Nachweisgrenzen für die zu messenden Radionuklide H-3, Sr-90 und Cs-137 entsprechen einem Zehntel der Nachweisgrenzen des Messprogramms für den Normalbetrieb nach AVV-IMIS.

K-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.

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

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 2020 wurde Grundwasser von 50 Probenentnahmestellen untersucht.

Die Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 lagen ausschließlich unterhalb der bei den Messungen ermittelten Nachweisgrenzen von 0,57 mBq/l bis 53 mBq/l, die im Wesentlichen vom Volumen des zur Messung aufbereiteten Wassers abhängen. Der Median sämtlicher Nachweisgrenzen beträgt <6,7 mBq/l (2019: <7,2 mBq/l).

In 34 % der gemessenen Proben konnte Sr-90 mit Aktivitätskonzentrationen von 0,59 mBq/l bis 87 mBq/l (2019: 0,32 mBq/l bis 14 mBq/l) nachgewiesen werden. Ein Median von 3,9 mBq/l (2019: 3,1 mBq/l) wurde berechnet.

In 52 von 62 auf H-3 untersuchten Grundwasserproben wurde als Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ erhalten, wobei die Nachweisgrenzen zwischen 1,3 Bq/l und 10 Bq/l lagen. In den restlichen Proben wurden tatsächliche Messwerte deutlich unterhalb der mittleren Nachweisgrenze von ca. 5 Bq/l angegeben. Der Median liegt bei <4,6 Bq/l (2019: <3,8 Bq/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 2020 sind mit einer Aktivitätskonzentration von bis zu 110 mBq/l und einem Median von 2,3 mBq/l und 2,5 mBq/l (2019: 2,1 mBq/l und 2,9 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 2020 nur Ergebnisse übermittelt, die als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet wurden. Der aus allen 49 Ergebnissen jeweils berechnete Median liegt bei <1,2 mBq/l bzw. <1 mBq/l.

Der Medianwert für das natürliche Radionuklid K-40 im Grundwasser beträgt <190 mBq/l und entspricht der mittleren erreichten Nachweisgrenze. Die höchste K-40-Aktivitätskonzentration im Jahr 2020 wurde in einer Probe mit 1 700 mBq/l ermittelt (2019: 2 500 mBq/l).

Trinkwasser

Die 2020 untersuchten Roh- und Reinwässer stammten aus 74 bzw. 82 Probenentnahmestellen. Für das ergänzende Messprogramm lagen die Daten von drei Probeentnahmeregionen (Nord, Ost und Süd) bis zum Stichtag 30.06. vor.

In der [Tabelle T II.44](#) 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 sind alle Ergebnisse als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet worden, wobei die bei den Messungen erreichten Nachweisgrenzen zwischen 0,44 mBq/l und 56 mBq/l liegen. Als Median aller mitgeteilten Ergebnisse für das Jahr 2020 wurde <7,3 mBq/l (2019: <8,4 mBq/l) berechnet. Auch im Reinwasser wurden für alle 223 untersuchten Proben Ergebnisse unterhalb der bei den Messungen ermittelten Nachweisgrenzen von 0,37 mBq/l bis 53 mBq/l übermittelt. Der Median aller Ergebnisse beträgt <7,7 mBq/l (2019: <8,0 mBq/l). Für das ergänzende Messprogramm konnte in einer Probe der Trinkwassertalsperre Frauenau (Bayerischer Wald) Cs-137 mit einer Aktivitätskonzentration von 2,6 mBq/l belegt werden.

In 45 % der untersuchten Proben im Rohwasser und in 47 % der untersuchten Proben im Reinwasser konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen sind mit 1,4 bis 16 mBq/l im Rohwasser und 1,0 mBq/l bis 17 mBq/l im Reinwasser (2019: 1,1 mBq/l und 16 mBq/l im Rohwasser und 0,34 mBq/l und 15 mBq/l im Reinwasser) angegeben worden, der Median sämtlicher Ergebnisse beträgt <4,3 mBq/l für das Rohwasser und 4,7 mBq/l für das Reinwasser (2019: <4,1 mBq/l im Rohwasser und 3,1 mBq/l im Reinwasser). Im ergänzenden Messprogramm konnte in 40 % der untersuchten Proben Sr-90 nachgewiesen werden. Der aus den vorliegenden Daten berechnete Median betrug 2,4 mBq/l. Diese Messwerte zeigen den aus dem Fallout der Kernwaffenversuche herrührenden Einfluss auf Oberflächenwässer, oberflächennahe Grundwässer und damit auch auf Trinkwässer.

Die für 2020 angegebenen Mediane für die Uranisotope U-238 und U-234 von 1,4 mBq/l bis 2,4 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 62 Reinwässern wurde für die Plutoniumisotope Pu-(239+240) ein Messwert mit 0,0012 mBq/l angegeben. Dieser liegt um ein Vielfaches unter dem bestimmten Median von <1,4 mBq/l für das Reinwasser. Die Übermittlung von Messwerten ist in diesem konkreten Fall mit der überdurchschnittlichen 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 <160 mBq/l bzw. <190 mBq/l. Die höchste K-40-Aktivitätskonzentration im Jahr 2020 wurde mit 620 mBq/l im Rohwasser und mit 4 200 mBq/l im Reinwasser ermittelt (2019: 4 400 mBq/l im Rohwasser und 1 200 mBq/l im Reinwasser).

Die Strahlenexposition der Bevölkerung durch künstliche radioaktive Stoffe im Trinkwasser ist gegenüber der natürlichen Strahlenexposition sehr klein. Legt man die maximale aus den Messungen erreichte Nachweisgrenze für Cs-137 von 53 mBq/l und den Maximalwert für Sr-90 von 17 mBq/l im Reinwasser zu Grunde, ergeben sich, mit einer angenommenen jährlichen Verzehrquote von 700 Liter für eine erwachsene repräsentative Person gemäß StrlSchV Anlage VII Teil B, Ingestionsdosen von 0,48 $\mu\text{Sv/a}$ bzw. 0,33 $\mu\text{Sv/a}$. Für den Säugling (0 bis 1 Jahr) errechnen sich entsprechend einem angenommenen jährlichen Trinkwasserverzehr von 366 Litern Ingestionsdosen von 0,41 $\mu\text{Sv/a}$ bzw. 1,4 $\mu\text{Sv/a}$.

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 2020 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.45](#) 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 151 Grundwassermessstellen mitgeteilt.

Für Cs-137 liegen von 310 untersuchten Grundwasserproben alle Messwerte unter den angegebenen Nachweisgrenzen von 1,7 mBq/l bis 86 mBq/l, der Median aller Cs-137-Ergebnisse beträgt <25 mBq/l (2019: <30 mBq/l).

In 44 % der untersuchten Proben wurde Sr-90 nachgewiesen. Es wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,5 mBq/l und 3,0 mBq/l gemessen. Ein Median von 1,8 mBq/l (2019: <6,0 mBq/l) wurde ermittelt.

Die Gesamt-Alpha-Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 17 mBq/l und 120 mBq/l (2019: 18 mBq/l bis 110 mBq/l), mit einem Median sämtlicher Ergebnisse von 35 mBq/l (2019: <50 mBq/l).

In 7 % der untersuchten Wasserproben wurde H-3 im Konzentrationsbereich von 1,0 Bq/l bis 12 Bq/l nachgewiesen (2019: 0,58 Bq/l bis 14 Bq/l), der Median aller Ergebnisse beträgt <5,8 Bq/l (2019: <5,7 Bq/l). Einige Werte liegen damit deutlich über den derzeitigen Messergebnissen für H-3 im Niederschlag im Bereich von 0,3 Bq/l bis 1,8 Bq/l (siehe [2.1.2 Radioaktive Stoffe im Niederschlag \(Gesamtdposition\)](#)).

Trinkwasser

Im Jahr 2020 wurden im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz 17 Rohwasser- und 37 Reinwasser-Entnahmestellen beprobt. In [Tabelle T II.45](#) sind die Ergebnisse der Umgebungsüberwachung von kerntechnischen Anlagen getrennt nach Roh- und Reinwasser dokumentiert.

Für Cs-137 ist bei 124 untersuchten Reinwasserproben als Ergebnis „kleiner Nachweisgrenze“ angegeben worden, wobei die Nachweisgrenzen zwischen 0,37 mBq/l und 54 mBq/l liegen. Der Median aller mitgeteilten Werte beträgt <8,0 mBq/l (2019: <9,6 mBq/l).

In vier Reinwasserproben konnte Sr-90 nachgewiesen werden. Die Aktivitätskonzentrationen liegen zwischen 0,13 mBq/l und 5,2 mBq/l (2019: bei 3,1 mBq/l und 4,3 mBq/l), der Median sämtlicher Ergebnisse liegt bei 5,2 mBq/l (2019: <10 mBq/l).

In acht von 140 gemessenen Reinwasserproben wurde H-3 mit Aktivitätskonzentrationen von 2,4 Bq/l bis 16 Bq/l (2019: 12 Bq/l und 13 Bq/l) nachgewiesen. Der Median aller Ergebnisse liegt bei <4,1 Bq/l (2019: <5,3 Bq/l). Erhobene Werte für Reinwasser über den durchschnittlich erreichten Nachweisgrenzen von etwa 5 Bq/l können auf den Eintrag von durch H-3-Emissionen kerntechnischer Anlagen geringfügig belastetes Oberflächenwasser (z. B. als Uferfiltrat) hindeuten. Alle H-3-Werte oberhalb 10 Bq/l stammen aus Einzelwasserversorgungen in der Nähe eines Altrheinarms, der in der Fließrichtung von Grund- und Oberflächenwasser des Karlsruher Institutes für Technologie, Campus Nord (KIT) liegt. Das Trinkwasser aus öffentlichen Wasserversorgungen in den Ortschaften beim KIT weist lediglich H-3-Konzentrationen von <10 Bq/l auf. Selbst unter der Annahme, dass der gesamte Trinkwasserbedarf mit Wasser aus den Einzelwasserversorgungen gedeckt würde, ergäbe sich nur eine unwesentliche Erhöhung gegenüber der natürlichen Exposition für die betroffenen Personen.

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>

2.5.3 Milch und Milchprodukte

Die Kontamination von Milch und Milchprodukten mit dem vor und nach dem Tschernobyl-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 2019 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.46](#) 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 Molkereien, 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 2020. Die höheren Sr-90-Werte der letzten Jahre sind auf die Einführung von Schnellmethoden mit höheren Nachweisgrenzen zurückzuführen.

[Tabelle T II.47](#) gibt global für das Bundesgebiet einen Überblick über die Anzahl der Messwerte N und die Bereiche der Einzelwerte für wichtige Radionuklide in einigen Milchprodukten.

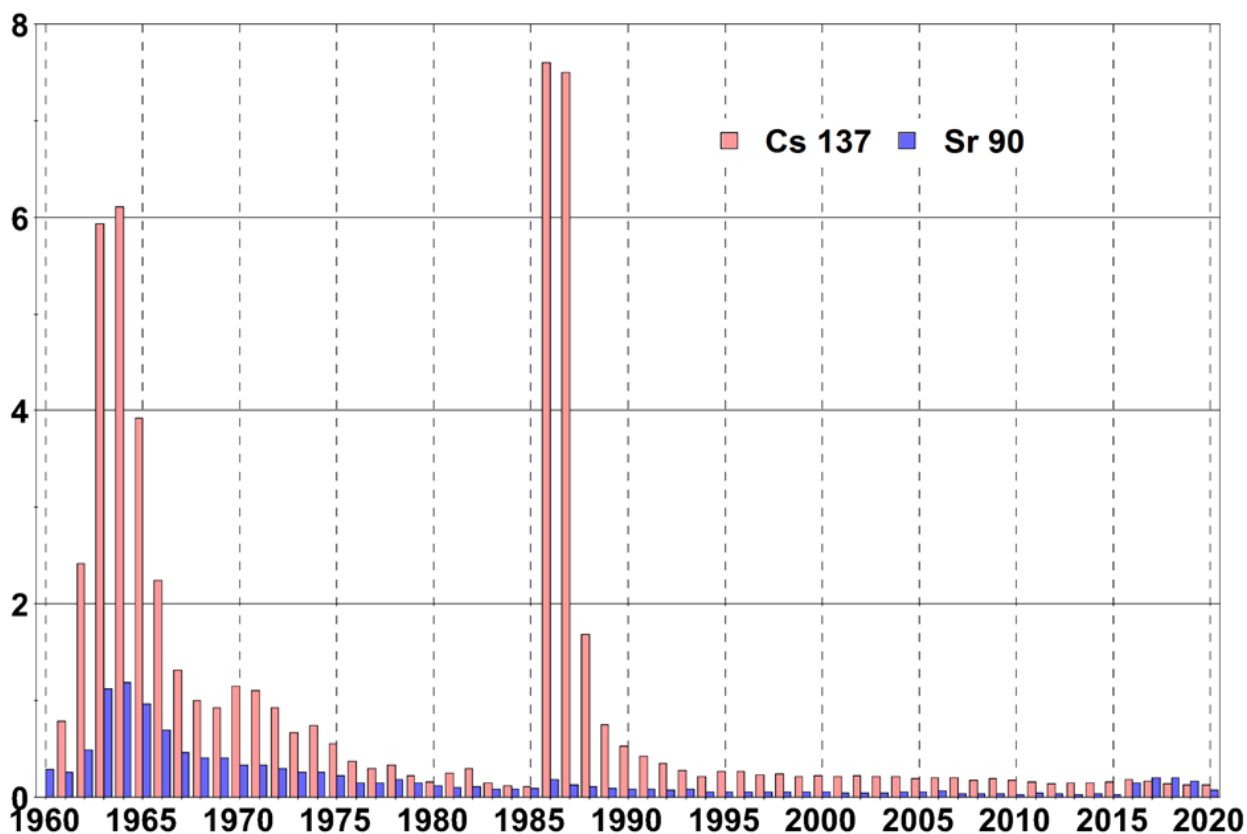


Abbildung B II 2.5-1 Jahresmittelwerte der Sr-90- und Cs-137-Aktivitäten der Rohmilch in der Bundesrepublik Deutschland
(Annual mean values of Sr-90 and Cs-137 activities of raw milk in the Federal Republic of Germany)

2.5.4 Milch in der Umgebung von Anlagen in der Nähe kerntechnischer Anlagen

Wie bei Boden und Bewuchs ist die Situation in der Umgebung der Anlagen nach Atomgesetz nach wie vor durch die zurückliegenden Depositionen nach den Kernwaffenversuchen der sechziger Jahre und nach dem Tschernobyl-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.48](#) zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit Orten, die nicht in der Umgebung kerntechnischer Anlagen liegen, in 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 Sammeltanks/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 über spezifische Aktivitäten einzelner Radionuklide in Fischen, Fischereiprodukten, Krusten- und Schalentieren der Binnengewässer und der Meere für das Jahr 2020 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, außer es wird explizit auf eine andere Bezugsgröße hingewiesen.

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 der ermittelte Messwert unterhalb der Nachweisgrenze des Messverfahrens liegt. 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].

Diskussion der Ergebnisse der Messstellen der Bundesländer und der Leitstelle

Die mittleren Cs-137-Aktivitäten von Fischen aus Binnenseen Nord- und Mitteldeutschlands (Abbildung B II 2.5-2) waren auch im Jahr 2020 deutlich höher als jene aus Fischteichen und Fließgewässern (Tabelle T II.49). Dagegen verblieben die gemessenen spezifischen Aktivitäten in Fischen Süddeutschlands seit dem Jahr 2017 auf gleichbleibendem Niveau.

Die höchste spezifische Aktivität in Binnenseen wurde im Jahr 2020 in der Region Mitteldeutschland (18,0 Bq/kg) in einer Probe von Maränen (*Coregonus sp.*) aus dem Arendsee, gefolgt von der Probe von Rapfen (*Leuciscus aspius*) (14,7 Bq/kg) aus dem Schollener See in Sachsen-Anhalt ermittelt (Tabelle T II.49). Der nächstniedrigere Messwert stammte aus Norddeutschland. Dort wurden 13,5 Bq/kg in einem Flussbarsch, *Perca fluviatilis*, aus dem Werbellinsee ermittelt (Tabelle T II.49). Damit ist ein deutlicher Rückgang der maximalen Messwerte von Fischen aus Seen Sachsen-Anhalts seit dem Jahr 2007 zu verzeichnen (bis zu 190 Bq/kg im Schollener See und 45 Bq/kg im Arendsee; siehe auch Jahresbericht 2007 [2]).

In Fischen aus Teichhaltung wurden seit 1990 regelmäßig höhere Cs-137-Mittelwerte in der Region Norddeutschland verglichen mit der Region Süddeutschland beobachtet (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 derselben Gewässertypen Nord- und Süddeutschlands siehe (Abbildung B II 2.5-3 und Abbildung B II 2.5-4).

Für Forellen und Karpfen, den wirtschaftlich bedeutendsten Zuchtfischarten der Binnengewässer, wurden die mittleren Cs-137-Aktivitäten (zusammengefasst aus allen Gewässern, Messungen aller Bundesländer) in Tabelle T II.50 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).

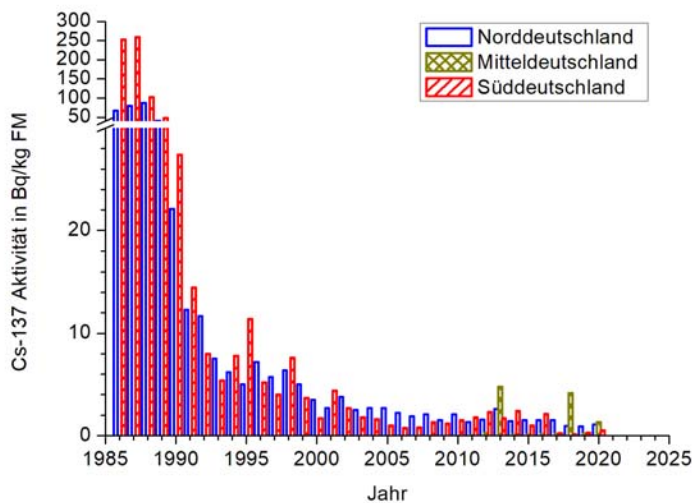


Abbildung B II 2.5-2
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität
in Fischen aus Binnenseen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity
in fish from lakes in Bq/kg WW)

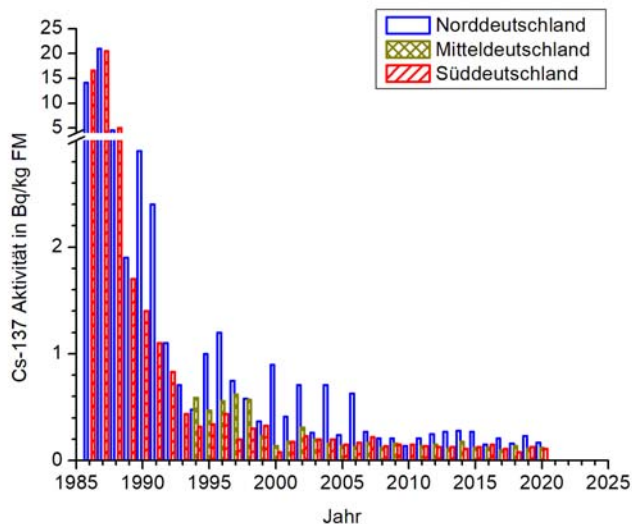


Abbildung B II 2.5-3
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fischteichen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from fish farms in Bq/kg WW)

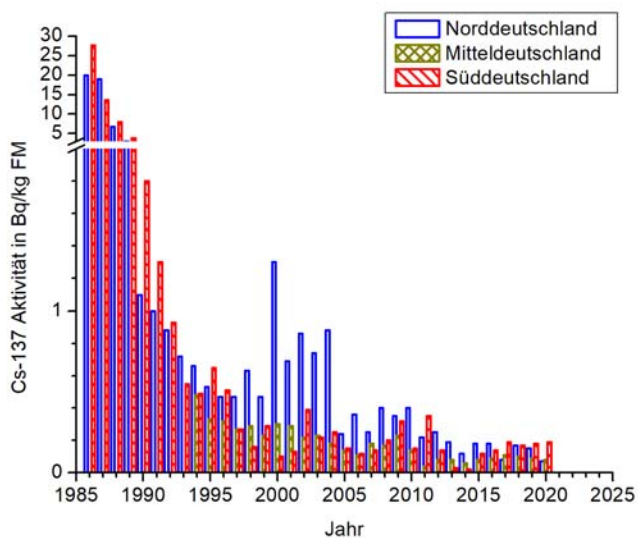


Abbildung B II 2.5-4
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Fließgewässern in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from rivers in Bq/kg WW)

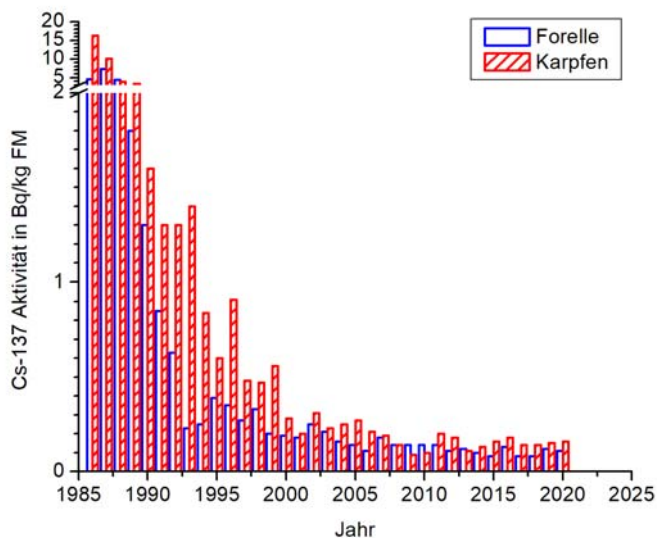


Abbildung B II 2.5-5
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Karpfen und Forellen in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in carp and trout in Bq/kg WW)

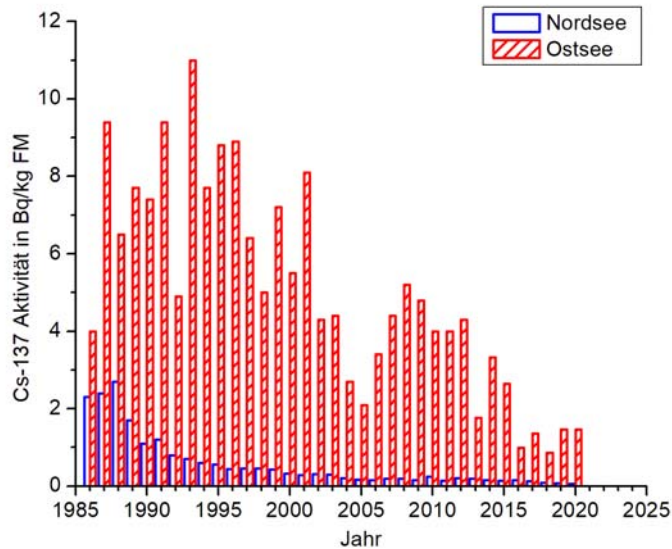


Abbildung B II 2.5-6
Jahresmittelwerte der Cs-137-Aktivität in Fischen aus Nord- und Ostsee in Bq/kg FM
(Annual mean values for Cs-137 activity in fish from the North and Baltic Seas in Bq/kg WW)

In [Tabelle T II.51](#) sind die mittleren spezifischen Cs-137-Aktivitätswerte für Fische aus der Nord- und Ostsee zusammengestellt. In Biota aus der Nordsee blieben die Messwerte im Jahr 2020 unterhalb von 0,24 Bq/kg. Die mittlere Cs-137-Aktivität in Fischen der Nordsee beträgt 0,08 Bq/kg. Auch im Jahr 2020 waren die spezifischen Aktivitäten von Cs-137 in Fischen der Ostsee im Mittel höher als jene der Nordsee ([Tabelle T II.51](#)). Dies ist unter anderem auf Grund des höheren Wasseraustausches der Nordsee im Vergleich zur Ostsee erklärbar, wodurch der Eintrag von Cs-137 aus dem Reaktorunglück von Tschernobyl 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 Tschernobyl 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 Fischproben der Ostsee geht im Wesentlichen auf den stark schwankenden Anteil von Fischproben aus der östlichen Ostsee (in diesem Fall östlich Rügen) zurück, in denen in vergangenen Jahren eine höhere Cs-137-Aktivität 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 Tschernobyl gemessenen Werten immer weiter an [3].

In Proben von Nordseegarnelen (*Crangon crangon*) und Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) der Nordseeküste wurde auch im Jahr 2020 keine Cs-137-Aktivität oberhalb der Nachweisgrenze ermittelt (vgl. [Tabelle T II.51](#)). Für Garnelen ist dies seit dem Jahr 2006 und für Miesmuscheln seit dem Jahr 2013 ununterbrochen der Fall.

Die ermittelten Mediane von Cs-137 lagen in Proben von Importen aus Fischerei und Aquakultur ([Tabelle T II.52](#)) im Jahr 2020 für Seefisch und Fischereierzeugnisse oberhalb 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.53](#) zusammengestellt. Die im Jahr 2020 in Seefischen aus dem Pazifik nachgewiesenen Aktivitäten von Cs-137 lagen mit einem Median von <0,08 Bq/kg und einem Maximalwert von 0,2 Bq/kg in derselben Größenordnung wie die von Seefischen der Nordsee (Vergleich [Tabelle T II.53](#) und [Tabelle T II.51](#)). Da die Werte der spezifischen Cs-137-Aktivität in Fischereierzeugnissen aus dem Pazifik seit dem Jahr 2015 durchweg unterhalb der Nachweisgrenze lagen, wurde deren Beprobung im Berichtsjahr eingestellt.

Die Ergebnisse der Sr-90-Analysen aus dem IMIS-Routinemessprogramm sind in [Tabelle T II.54](#) aufgeführt. Insgesamt bewegen sich die nachgewiesenen spezifischen Sr-90-Aktivitäten auf einem sehr niedrigen Niveau. In der 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. Für Fische aus Nord- und Ostsee lagen der Leitstelle für das Jahr 2020 noch keine Ergebnisse von Sr-90-Bestimmungen vor.

Messergebnisse der Leitstelle im Routinemessprogramm

Während mehrerer Reisen mit dem Fischereiforschungsschiff (FFS) „Walther Herwig III“ wurden Fischproben aus der Ostsee, der Nordsee, der Irischen See und der Grönlandsee genommen. Die bereits vorliegenden Ergebnisse sind, geordnet nach Seegebieten, Probenotyp (Fischfilet- oder Gesamtfischproben) und Radionukliden, in [Tabelle T II.55](#) zusammengestellt.

Die Messwerte für Fische aus der Nordsee unterscheiden sich kaum von den Hintergrundwerten (z. B. Grönlandsee oder Barentssee (siehe auch [4])). Im Vergleich mit der Nord- und der Ostsee ordnen sich die Messwerte der Irischen See etwa zwischen jenen dieser beiden Meere ein. Die höheren Messwerte sind auf die Einleitungen der Wiederaufar-

beitungsanlage Sellafield (UK, Irische See) zurückzuführen. Allerdings sind deren Einleitungen, wie die aus der Wiederaufbereitungsanlage La Hague (F, Englischer Kanal), im Vergleich zu den 1980er und 1990er Jahren deutlich zurückgegangen, was sich im Verlauf der spezifischen Aktivitäten in Biota der Nordsee [Abbildung B II 2.5-6](#) widerspiegelt.

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/strisch_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, 2018: Thematic assessment of radioactive substances in the Baltic Sea, 2011-2015. Baltic Sea Environmental Proceedings No.151, 76 Seiten
- [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>

2.5.6 Fische und Wasserpflanzen in der Umgebung von Anlagen nach Atomgesetz

Im Berichtsjahr 2020 wurden für 23 kerntechnische Anlagen Werte gamma-spektrometrischer Messungen (vor allem Cs-137) an 80 Fischfiletproben und 11 Proben von Wasserpflanzen gemeldet. Die Proben stammen von 23 Fischarten bzw. ihren Mischungen inkl. „Friedfischen“ und „Raubfischen“ sowie Fischen ohne Angabe der Artbezeichnung. Ergebnisse von Sr-90-Messungen wurden für 16 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.56](#) - nach Fließgewässer und überwachter Anlage sortiert - zusammengestellt.

Die im Vergleich höheren Cs-137-Aktivitäten in Fischen aus dem Greifswalder Bodden, die im Rahmen der Überwachung des sich im Rückbau befindlichen 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.56](#) enthaltenen Messdaten von Wasserpflanzen, die als Indikatoren für im Wasser vorhandene künstliche Radionuklide aus genehmigten Ableitungen kerntechnischer und klinischer Anlagen dienen, sind wie in den vorherigen Jahren keine Auffälligkeiten festzustellen.

2.5.7 Einzellebensmittel, Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung

Einzellebensmittel

Das vor und nach dem Tschernobylunfall deponierte Cs-137 in Lebensmitteln führte auch im Berichtsjahr 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.57](#)) und aus Import ([Tabelle T II.58](#)), sonstige Getreide ([Tabelle T II.59](#)), Kalbfleisch ([Tabelle T II.60](#)), Rindfleisch ([Tabelle T II.61](#)), Schweinefleisch ([Tabelle T II.62](#)) und sonstiges Fleisch ([Tabelle T II.63](#)) finden sich im Tabellenteil. Ebenfalls niedrige Aktivitätskonzentrationen finden sich in Kartoffeln ([Tabelle T II.65](#)) und Gemüse ([Tabelle T II.66](#)). 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.70](#).

Eine Ausnahme bilden die meisten Wildfleischarten ([Tabelle T II.64](#)), Speisepilze ([Tabelle T II.67](#)) mit Ausnahme von Kulturpilzen, Wildbeeren ([Tabelle T II.68](#)) und Blütenhonig ([Tabelle T II.69](#)). Für diese Umweltbereiche liegt die Aktivitätskonzentration des Cs-137 erheblich höher als in anderen Lebensmitteln.

Die Messwerte für Einzellebensmittel, Gesamtnahrung, Säuglings- und Kleinkindernahrung können in diesem Bericht wegen dessen begrenzten Umfangs nur in komprimierter Form wiedergegeben werden ([Tabelle T II.70](#), [Tabelle T II.71](#) und [Tabelle T II.72](#)).

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.71](#)) 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 Mittlung der Verzehrsmenge und der Zusammensetzung.

Die mittlere tägliche Cs-137-Aktivitätszufuhr einer Person über die Nahrung kann für 2020 mit 0,25 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.

[Bq/(d·p)]

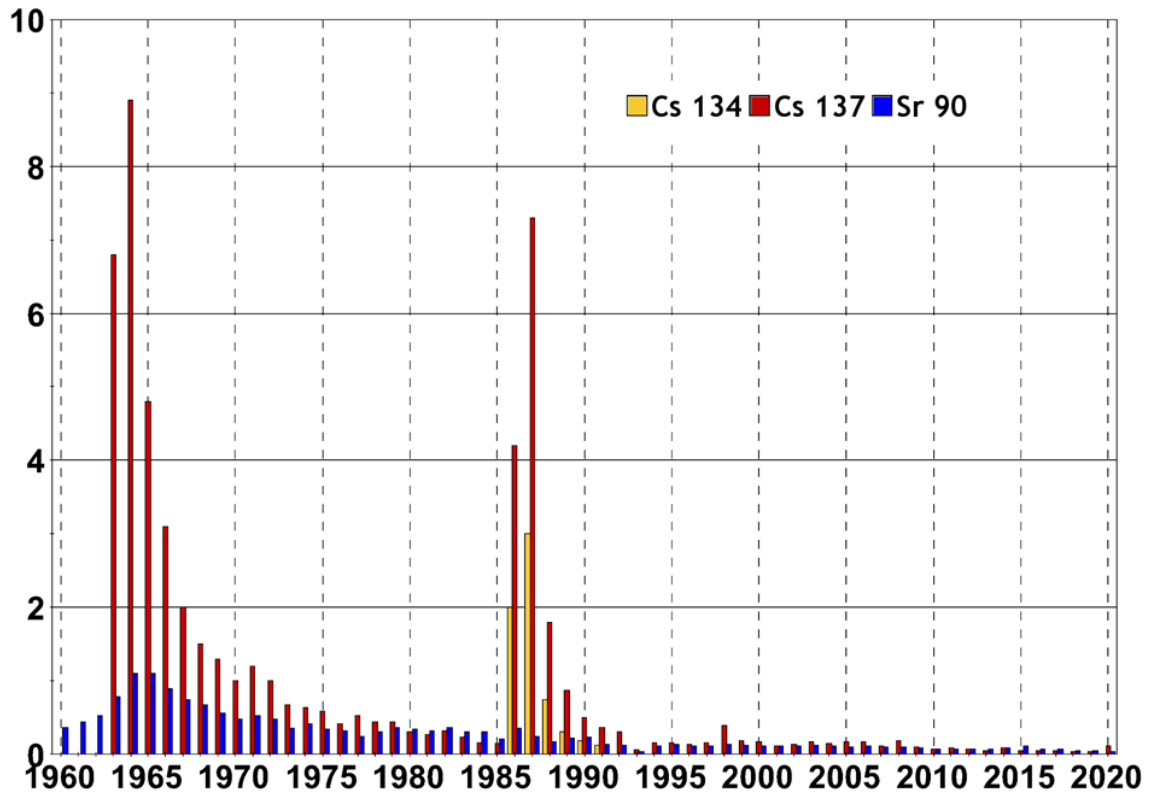


Abbildung B II 2.5-7 Jahresmittelwerte der Sr-90-, Cs-134- und Cs-137-Aktivitäten in der Gesamtnahrung
(Annual mean values of Sr-90, Cs-134 and Cs-137 activities of whole diet)

Da in diese Mittlung 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 0,06 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: 91,25 Bq/(a·p) (Vorjahr 80,30 Bq/(a·p))

Sr-90: 21,60 Bq/(a·p) (Vorjahr 18,25 Bq/(a·p))

2.5.8 Pflanzliche Lebensmittel in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

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 Tschernobyl geprägt ist. Die Ergebnisse der Überwachung nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind für Gemüse und Getreide in [Tabelle T II.73](#) und [Tabelle T II.74](#), für Obst in [Tabelle T II.75](#) und für Kartoffeln in [Tabelle T II.76](#) zusammengefasst. Die vorliegenden Messwerte lassen im Vergleich mit anderen Orten in der Bundesrepublik keine Erhöhung der Radioaktivität erkennen.

Für pflanzliche Lebensmittel liegen die nach dem Tschernobyl-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 Lebensmitteln 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 Kernwaffenversuche sowie des Reaktorunfalls von Tschernobyl.

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 2020 wurden vier Proben und eine Sonderprobe untersucht. Die mit Cs-137 am höchsten kontaminierten Arzneimittelproben waren Bitterkleeblätter (Tabelle T II.77). Die Messdaten von Bitterkleeblättern der Jahre 2005 bis 2020 sind in Tabelle T II.78 dargestellt. Die ungewöhnlich hohe Cs-137-Kontamination der Bitterkleeblätter aus diesem Jahr konnte nicht geklärt werden, da sowohl die Ursprungsregion als auch das Verhältnis von Frisch- zu Trockenmasse nicht bekannt sind. In Tabelle T II.79 und Tabelle T II.80 sind die Messdaten von Islandmoos und Gänsefingerkraut von 2000 bis 2020 aufgelistet. Bitterkleeblätter und Islandmoos 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 2020 mit maximal 870 Bq/kg (TM) bei Bitterkleeblättern und minimal 92 Bq/kg (TM) bei Islandmoos im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite. Die Aktivitäten von K-40 schwanken im Wesentlichen entsprechend dem Kaliumgehalt der untersuchten Proben.

Zusätzlich wurden in der Leitstelle auch stichprobenartig Sonderproben untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle T II.81 zusammengefasst.

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 2020 liegen die von den amtlichen Messstellen der Länder erhobenen Messergebnisse aus 90 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. Im Vergleich zu diesem Berichtsjahr ist für das Jahr 2019 eine höhere Anzahl an Anlagen und Ergebnissen dokumentiert worden. Diese zusätzlichen Daten stammen aus dem Landesmessprogramm Brandenburgs, welche auf Grund von Änderungen des Datenbankmodells im Zuge der Migration von IMIS-2 zu IMIS-3 in der Abfrage fehlerhaft miterfasst wurden. Dies ist für das Berichtsjahr 2020 korrigiert.

In [Tabelle T II.82](#) sind die 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 2020 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 (StrSchG) 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. 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.82](#) wird nicht vorgenommen.

K-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 2020 lagen im üblichen Bereich, z. B. im Klärschlamm für K-40 bis 1 200 Bq/kg TM (Vorjahr bis 1 400 Bq/kg TM) und für U-234 und U-238 bis 190 Bq/kg TM bzw. 170 Bq/kg TM (Vorjahr 250 Bq/kg TM bzw. 230 Bq/kg TM). Aus Kapazitätsgründen konnte die Messstelle in Bremen für das Berichtsjahr 2020 keine bzw. nur eine deutlich verminderte Anzahl an U-234-, U-235-, U-238- und Sr-90-Bestimmungen an den Klärschlammproben durchführen. Darüber hinaus ist ein Vergleich der berechneten Mediane der Berichtsjahre 2019 und 2020 für die Klärschlamm- und Abwasserproben aus Baden-Württemberg ebenso nur bedingt möglich, da 2019 nicht für alle zu bestimmenden Berichtsnuklide Ergebnisse erhoben werden konnten.

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 (Vorjahr 1 600 Bq/kg TM) bestimmt.

In 37 % der Abwasserproben und 89 % der Klärschlammproben wurde das hauptsächlich aus nuklearmedizinischen Anwendungen stammende Radionuklid I-131 (Halbwertszeit: 8 Tage) nachgewiesen (Medianwert für Klärschlamm: 26 Bq/kg TM; Maximalwert: 2 300 Bq/kg TM; Vorjahr 24 Bq/kg TM bzw. 1 000 Bq/kg TM), in einzelnen Klärschlammproben das kurzlebige Technetium-99m (Tc-99m; Maximalwert: 1 800 Bq/kg TM), Indium-111 (In-111; Maximalwert 3,4 Bq/kg TM), Lutetium-177 (Lu-177, Maximalwert: 1 800 Bq/kg TM) und Samarium-153 (Sm-153, Einzelwert: 68 Bq/kg TM).

Für vier Klärschlammproben der Kläranlage Hamburg-Köhlbrandhöft wurden Messwerte für Plutonium-(239+240) übermittlelt (Pu-(239+240); Maximalwert: 0,01 Bq/kg TM, NWG: 0,003 Bq/kg TM). Plutonium-238 konnte in vier Klärschlammproben nachgewiesen werden (Pu-238; Maximalwert: 2,3 Bq/kg TM, NWG: 3,2 Bq/kg TM). Zudem wurden für den Umweltbereich Abwasser zwei Messwerte für Pu (239+240) (Maximalwert: 0,002 Bq/l, NWG: 0,002 Bq/l) und drei Messwerte für Pu-238 (Maximalwert: 0,002 Bq/l, NWG: 0,001 Bq/l) erhoben.

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 kurzlebigere 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 nahezu 100 % unterhalb der bei den Messungen erreichten Nachweisgrenze. Lediglich ein Messwert für die Cs 137-Aktivitätskonzentration wurde für die Kläranlage Hamburg-Draudenau mit 0,023 Bq/l (NWG 0,037 Bq/l) angegeben. Der Median sämtlicher Werte lag bei <0,033 Bq/l (2019: <0,03 Bq/l). In 45 % der Proben konnte Sr-90 mit Werten zwischen 0,0014 Bq/l und 0,18 Bq/l nachgewiesen werden. Der Median aller Ergebnisse beträgt <0,0078 Bq/l (2019: 0,0079 Bq/l).

Die im Vergleich zu der Zeit vor der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl 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 Tschernobyl in Folge der starken Niederschläge Anfang Mai 1986 zurückgeführt werden. Die höchsten Werte treten etwa östlich bzw. südlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel auf. In [Tabelle T II.82](#) 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 2020 - wie in allen vorherigen Berichtsjahren seit dem Tschernobyl-Ereignis - die Klärschlämme 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, 56, 47, 43, 46, 40, 31, 31, 25, 23, 31, 21 und 20 Bq/kg TM.

In [Abbildung B II 2.6-1](#) 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 spezifischen Aktivitäten im Klärschlamm seit 2007 zwischen 2 Bq/kg TM und 20 Bq/kg TM. Auf Grund dieses inzwischen erreichten sehr niedrigen Niveaus der spezifischen Aktivität der Klärschlämme sind die zu beobachtenden Schwankungen hauptsächlich durch die 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 (StrSchG) 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 gelangender Kompost aus Kompostierungsanlagen.

Die im Jahr 2020 von den amtlichen Messstellen der Bundesländer übermittelten und in der Leitstelle ausgewerteten Daten für Co-60, Cs-137, I-131, K-40 und H-3 sind in [Tabelle T II.83](#) 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 gamma-spektrometrische 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 gamma-spektrometrischen Untersuchung mit im Mindesten 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.83](#) wird nicht vorgenommen.

Für Cs-137 erfolgt in [Tabelle T II.83](#) eine zusätzliche Differenzierung zwischen Probenentnahmeorten nördlich und südlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel, da diese etwa die Grenze zwischen den durch die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl höher belasteten Gebieten in Bayern und im südöstlichen Baden-Württemberg sowie 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.

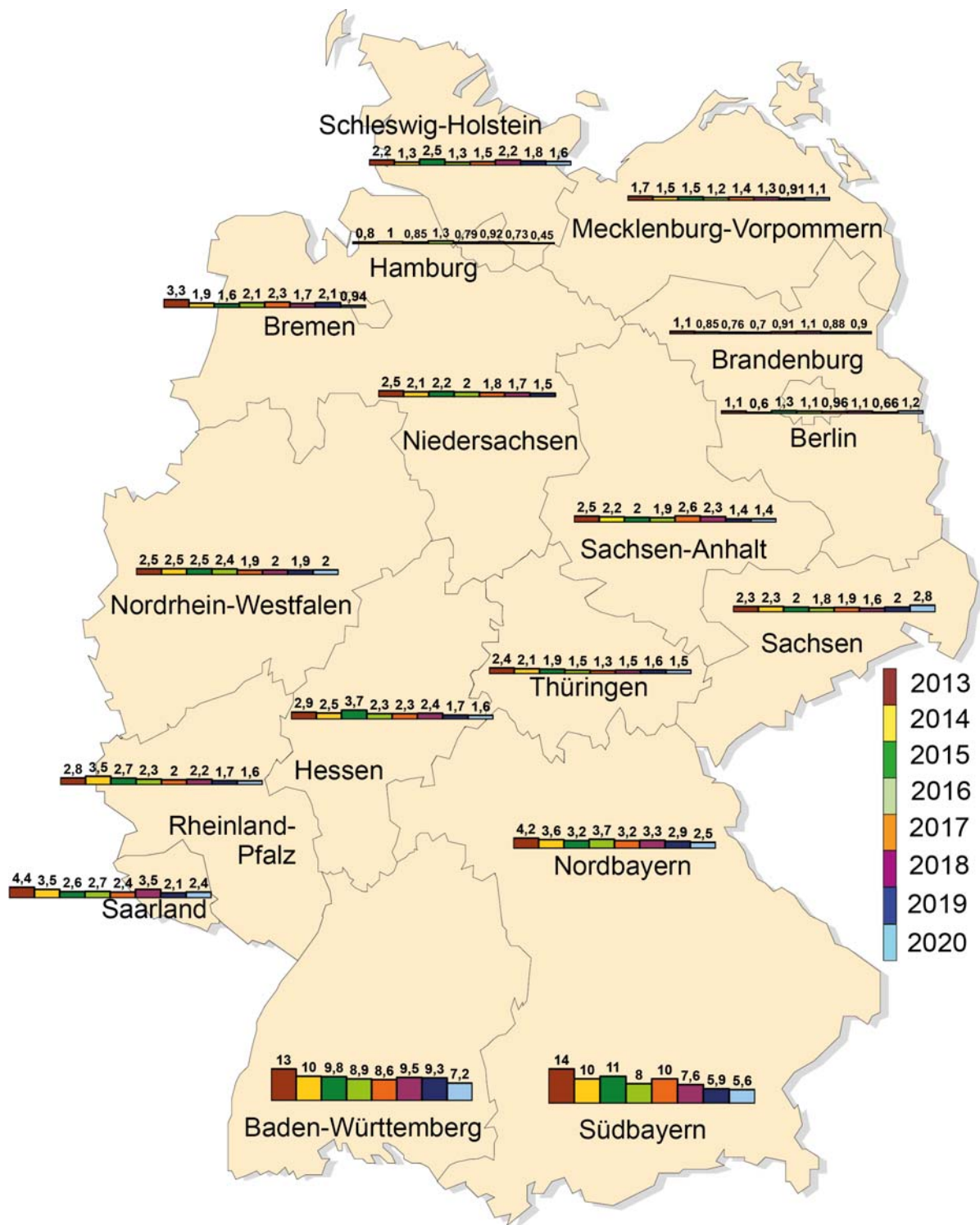


Abbildung B II 2.6-1 Cs-137 im Klärschlamm in Bq/kg TM (Jahresmittelwerte in den Bundesländern)
(Cs-137 in sewage sludge in Bq/kg dry weight, annual mean values in the Federal states)

Im **Sickerwasser** bzw. oberflächennahen Grundwasser von Hausmülldeponien wurde in 35 % der untersuchten Proben Cs-137 nachgewiesen. Die Werte der Cs-137-Aktivitätskonzentration liegen zwischen 0,0042 Bq/l und 0,22 Bq/l (2019: 0,0028 Bq/l bis 0,13 Bq/l). Der Median aller Ergebnisse beträgt <0,042 Bq/l (2019: <0,036 Bq/l).

Bei dem natürlich vorkommenden Nuklid K-40 wurden Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,20 Bq/l und 62 Bq/l gemessen und aus sämtlichen Ergebnissen ein Median von 10 Bq/l (2019: 0,13 Bq/l bis 56 Bq/l, Median: 11 Bq/l) berechnet.

H-3 wurde in 82 % der untersuchten Proben mit Werten zwischen 1,5 Bq/l und 180 Bq/l (2019: 1,1 Bq/l bis 190 Bq/l) nachgewiesen. Der Median liegt bei 17 Bq/l (2019: 20 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 130 Bq/kg TM (2019: 190 Bq/kg TM ebenfalls in Landshut) gemessen. Der Median sämtlicher Ergebnisse wurde für Cs-137 mit 16 Bq/kg TM (2019: 14 Bq/kg TM) bestimmt.

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 290 Bq/kg TM bis 3 400 Bq/kg TM, der Median aller mitgeteilten Ergebnisse bei 1 100 Bq/kg TM (2019: 300 Bq/kg TM bis 3 500 Bq/kg TM, Median: 1 300 Bq/kg TM).

Die Aktivitätskonzentrationen für Co-60 sind ausschließlich unterhalb der geforderten Nachweisgrenze, der Median beträgt <0,44 Bq/kg TM (2019: <0,47 Bq/kg TM).

In 18 von insgesamt 50 Proben wurde das aus nuklearmedizinischen Anwendungen stammende Radionuklid I-131 mit Werten von 0,26 Bq/kg TM bis 170 Bq/kg TM bestimmt. Der Median aller I-131-Ergebnisse beträgt <1,0 Bq/kg TM (2019: <1,1 Bq/kg TM).

Das ebenfalls in der Nuklearmedizin zum Einsatz kommende kurzlebige Lutetium -77 (Lu-177) konnte in insgesamt vier Abfallproben mit spezifischen Aktivitäten von 1,6 Bq/kg TM bis 460 Bq/kg TM nachgewiesen werden.

Für **Rohschlacke mit und ohne Filterstaub** beträgt die maximale bestimmte spezifische Aktivität von Cs-137 25 Bq/kg TM (2019: 22 Bq/kg TM). Der Median aller Ergebnisse liegt bei 1,4 Bq/kg TM (2019: 1,3 Bq/kg TM).

In allen Proben konnte K-40 mit spezifischen Aktivitäten zwischen 110 Bq/kg TM und 1 400 Bq/kg TM (2019: 130 Bq/kg TM bis 1 500 Bq/kg TM) gemessen werden.

Für den Berichtszeitraum wurde in einer Reststoffprobe aus der Verbrennungsanlage Ingolstadt ein Messwert für Co-60 mit 0,97 Bq/kg TM und einer Nachweisgrenze von 0,17 Bq/kg TM angegeben; alle weiteren Proben wurden als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet. Ein Median von <0,23 Bq/kg TM (2019: <0,22 Bq/kg TM) wurde für das Jahr 2020 berechnet.

Für I-131 wurden für 17 von 81 Proben Messergebnisse im Bereich von 0,2 Bq/kg TM bis 14 Bq/kg TM (2019: 1,3 Bq/kg TM bis 17 Bq/kg TM) ausgewiesen. In 14 Proben der Klärschlammverbrennungsanlage Berlin-Ruhleben wurde das kurzlebige Radionuklid Lu-177 (Maximalwert: 1 200 Bq/kg TM) und in vereinzelt Proben Technetium-99m (Tc-99m; Maximalwert: 93 Bq/kg TM) und Indium-111 (In-111; Maximalwert: 11 Bq/kg TM) nachgewiesen. Zudem wurden die in der Nuklearmedizin auch eingesetzten Radionuklide Gallium-67 in einer Probe (Ga-67; Einzelwert: 4,2 Bq/kg TM) und Thallium-201 in zwei weiteren Proben (Tl-201; Maximalwert: 5,0 Bq/kg TM) bestimmt.

Bei den **festen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** (Gips und Sorptionsprodukte) konnte in 74 % der untersuchten Proben Cs-137 nachgewiesen werden. Der größte bestimmte Messwert lag bei 51 Bq/kg TM (2019: 56 Bq/kg TM). Der Median sämtlicher Ergebnisse im Bundesgebiet beträgt 2,3 Bq/kg TM (2019: 2,6 Bq/kg TM).

Die spezifischen K-40-Aktivitäten liegen im Bereich von 2,9 Bq/kg TM bis 2 200 Bq/kg TM (2019: 1,8 Bq/kg TM bis 1 800 Bq/kg TM) mit einem Median sämtlicher Ergebnisse von 320 Bq/kg TM (2019: 300 Bq/kg TM).

Für I-131 wurden in 66 % der Proben spezifische Aktivitäten von 0,38 Bq/kg TM bis 310 Bq/kg TM (2019: 0,16 Bq/kg TM bis 130 Bq/kg TM) bestimmt. Zusätzlich wurde in einer Probe der festen Rückstände und in einer Probe der flüssigen Rückstände I-125 mit 75 Bq/kg TM und 219 Bq/l in der Verbrennungsanlage der Gemeinde Eschbach gefunden.

Für eine Probe aus der Verbrennungsanlage Ingolstadt ist ein Messwert für Co-60 mit 2,6 Bq/kg TM und einer Nachweisgrenze von 0,69 Bq/kg TM angegeben worden. Alle weiteren Proben wurden als „kleiner Nachweisgrenze“ bewertet. Ein Median von <0,32 Bq/kg TM (2019: <0,3 Bq/kg TM) wurde für das Jahr 2020 berechnet.

Bei den **flüssigen Rückständen aus Rauchgasreinigungsanlagen** wurden Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 zwischen 0,03 Bq/l und 3,9 Bq/l (2019: 0,028 Bq/l bis 2,3 Bq/l) angegeben. Der Median aller Ergebnisse liegt wie im Vorjahr bei <0,093 Bq/l.

Für Co-60 wurde in einer Probe der Müllverwertungsanlage Hamburg ein Messwert mit 0,062 Bq/l (NWG: 0,047 Bq/l) nachgewiesen. Der Median für den Berichtszeitraum 2020 liegt bei <0,062 Bq/l (2019: <0,076 Bq/l).

I-131 wurde in 22 von 30 untersuchten Proben mit Aktivitätskonzentrationen zwischen 0,24 Bq/l und 280 Bq/l (2019: 0,12 Bq/l und 880 Bq/l) bestimmt; ein Median von 0,98 Bq/l (2019: 2,1 Bq/l) wurde über sämtliche Werte ermittelt.

Die Untersuchung des **Kompostes** ergab für Cs-137 spezifische Aktivitäten zwischen 1,8 Bq/kg TM und 40 Bq/kg TM (2019: 1,6 Bq/kg TM bis 27 Bq/kg TM). Der Median aller Ergebnisse beträgt wie im Vorjahr 4,3 Bq/kg TM.

Die spezifische Aktivität des natürlich vorkommenden Nuklids K-40 liegt im Bereich von 220 Bq/kg TM bis 930 Bq/kg TM, der Median aller erhobenen Daten bei 510 Bq/kg TM (2019: 29 Bq/kg TM bis 780 Bq/kg TM, Median: 490 Bq/kg TM).

Zur radiologischen Beurteilung des Kompostes aus Kompostierungsanlagen ist anzumerken, dass dieser im Gegensatz zur landwirtschaftlichen Nutzung des Klärschlammes vorzugsweise im Gartenbaubereich (Gärtnerereien, Baumschulen, Parkanlagen usw.) verwendet wird. Inwiefern dieser zusätzlich aufgebraachte 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 zu § 47 Strahlenschutzverordnung differenziert in diesem Zusammenhang nicht und gibt unabhängig von Bodentyp und Pflanze einen Transferfaktor von 0,05 an. Vorausgesetzt, eine Pflanze würde auf einem Boden nur bestehend aus dem maximal mit Cs-137 angereicherten Kompost von 40 Bq/kg TM angepflanzt werden, so würde das nach § 47 StrlSchV zu einer Aktivitätskonzentration in der Pflanze von bis zu 2,0 Bq/kg 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-Verordnung (Nr. 733/2008 und Nr. 1048/2009 hinterlegten Grenzwert von 600 Bq/kg für Cs-137 bezogen auf die Frischmasse weit unterschreiten. Berechnet man die Dosis anhand der maximal aufgenommenen Aktivitätskonzentration von 2,0 Bq/kg FM in der Pflanze (Annahme: Wurzelgemüse, Kartoffel, Säfte) für die Altersgruppe <1 a und den Erwachsenen (>17 a), würde man Werte von 3,8 und 4,3 $\mu\text{Sv/a}$ erhalten, welche deutlich unterhalb des Dosisgrenzwertes von 1 mSv/a liegen. 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 Tschernobyl 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 2020 an 83 % der Frauen und 66 % der Männer). Bei den übrigen Personen konnten besonders große Körperaktivitäten vor allem bei Frauen gemessen werden (im Jahr 2020

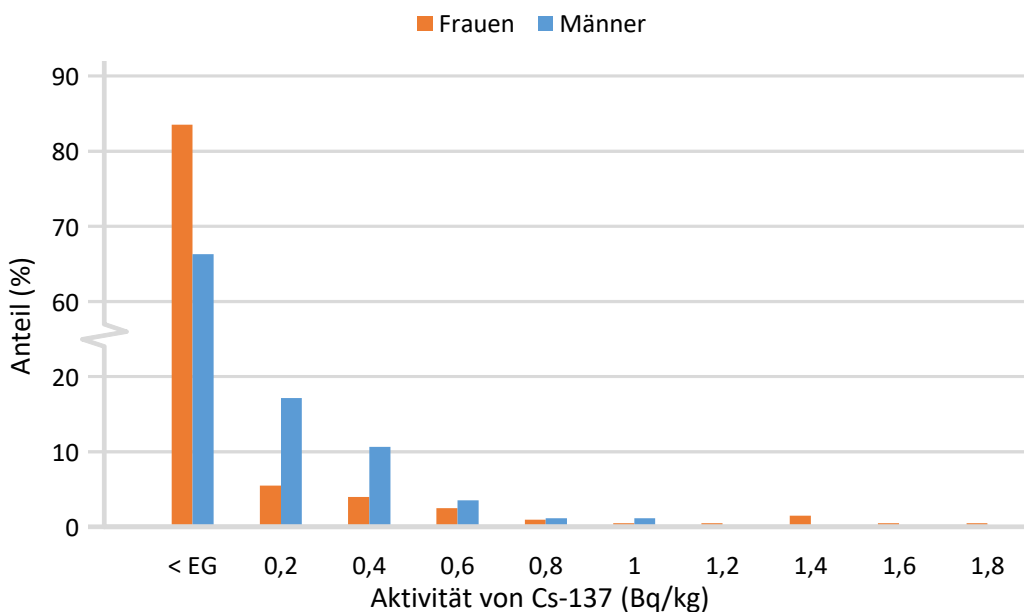


Abbildung B II 2.9-1 Häufigkeitsverteilung der Körperaktivitäten von Cs-137 in der Bevölkerung, die im Jahr 2020 in der Inkorporationsmessstelle des BfS in München gemessen wurde.

EG: Erkennungsgrenze des Messverfahrens bei ca. 0,15 Bq; darunter kann kein Cs-137 identifiziert werden.

(Frequency distribution of Cs-137 body activities in the population that were measured at the internal monitoring laboratory of the BfS in Munich in the year 2020

EG: decision threshold of the measurement method at ca. 0.15 Bq; Cs-137 cannot be identified below that value)

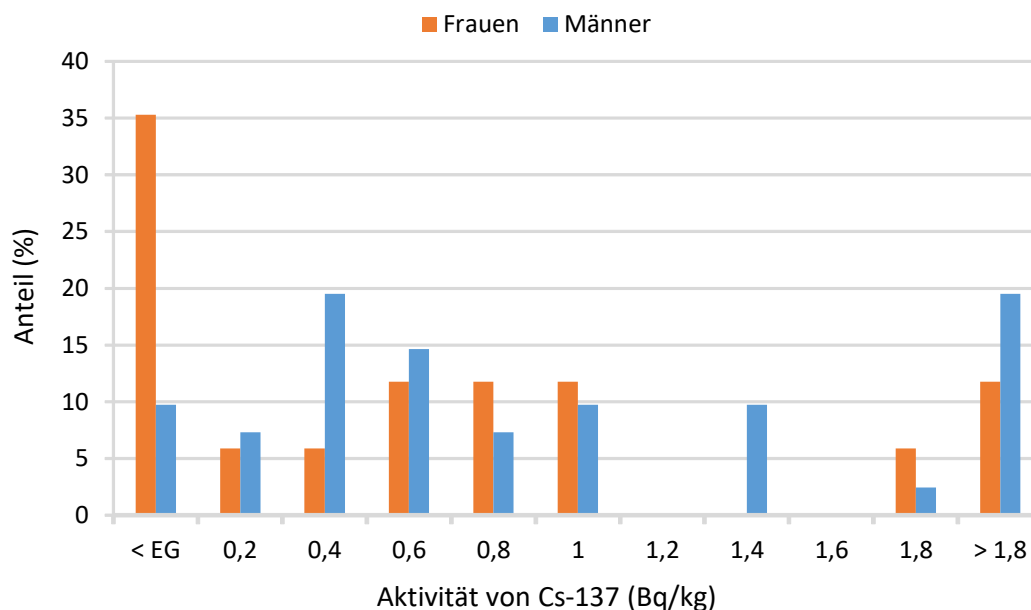


Abbildung B II 2.9-2 Häufigkeitsverteilung der Körperaktivitäten von Cs-137 bei Jägerinnen und Jägern und ihren Angehörigen, die im Jahr 2020 in der Inkorporationsmessstelle des BfS in München gemessen wurden.

EG: Erkennungsgrenze des Messverfahrens bei ca. 0,15 Bq; darunter kann kein Cs-137 identifiziert werden.

(Frequency distribution of Cs-137 body activities in hunters and their family members that were measured at the internal monitoring laboratory of the BfS in Munich in the year 2020

EG: decision threshold of the measurement method at ca. 0.15 Bq; Cs-137 cannot be identified below that value)

von bis zu 1,7 Bq/kg bzw. 108 Bq; [Abbildung B II 2.9-1](#)). Die maximal gemessenen Körperaktivitäten verursachen äußerst geringe Beiträge zur effektiven Dosis im Bereich von wenigen Mikrosievert pro Jahr.

In den Jahren 2019 und 2020 untersuchte das BfS das Vorkommen von Cs-137 bei Jägerinnen und Jägern und ihren Familienangehörigen. Im Vergleich zu den Personen der Referenzgruppe der Bevölkerung konnten wesentlich größere Körperaktivitäten von Cs-137 von bis zu 10,8 Bq/kg bzw. 1 050 Bq gemessen werden ([Abbildung B II 2.9-2](#)). Die maximal gemessenen Körperaktivitäten verursachen Beiträge zur effektiven Dosis im Bereich von wenigen zehn Mikrosievert pro Jahr. Eine statistische Auswertung ergab, dass weniger der häufigere Verzehr von Wildschweinfleisch, sondern eher das im Vergleich zur sonstigen Bevölkerung bei den Jägerinnen und Jägern weiter verbreitete Sammeln und Verzehren von Pilzen die größeren Körperaktivitäten verursacht. Beide Arten von Lebensmitteln sind weiterhin mit Cs-137 kontaminiert.

III BERUFLICHE EXPOSITIONEN

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Überwachung beruflicher 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 auftreten. Hier sind beispielsweise die Arbeitsplätze mit erhöhter Exposition durch Radon oder durch radioaktive Altlasten zu nennen. Expositionen von Einsatzkräften bei Notfalleinsätzen oder anderen Gefahrenlagen zählen ebenfalls zu den beruflichen Expositionen und werden entsprechend im SSR erfasst.

Im Jahr 2020 wurden im SSR Daten über berufliche Expositionen von ca. 420 000 Beschäftigten erfasst, die folgenden Sektoren zuzuordnen sind: Medizin, Kerntechnik, allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, Luftfahrt sowie Radon- und NORM-Arbeitsplätze (NORM steht für "naturally occurring radioactive materials").

1.2 Datenerfassung

Die Erfassung 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 und NORM.

Die Überwachung der äußeren Exposition (durch künstliche Strahlungsquellen) wird von vier amtlich anerkannten Personendosismessstellen durchgeführt. 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 fliegenden Personals (durch künstliche Strahlungsquellen) wird von amtlichen Inkorporationsmessstellen übernommen. Im Jahr 2020 gab es in Deutschland 13 dieser Messstellen. 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 Sektoren stammen, in denen mit künstlichen Radionukliden umgegangen wird.

Für die Überwachung der Exposition des fliegenden Personals durch kosmische Strahlung (natürliche Strahlungsquelle) 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.

Personen, die in ihrem Arbeitsumfeld einer erhöhten Exposition durch Radon und anderen natürlich vorkommenden radioaktiven Materialien (NORM) ausgesetzt sind, unterliegen ebenfalls der Überwachung beruflicher Expositionen. Dabei wird an sogenannten Radon-Arbeitsplätzen insbesondere die durch Inhalation von Radon und Radonzerfallsprodukten verursachte Exposition und die daraus resultierende effektive Dosis betrachtet. Bei NORM-Arbeitsplätzen werden neben einer möglichen Radon-Exposition zusätzlich die innere und äußere Exposition durch weitere natürliche Strahlungsquellen berücksichtigt (z. B. Inhalation langlebiger Alphastrahler, externe Gammastrahlung).

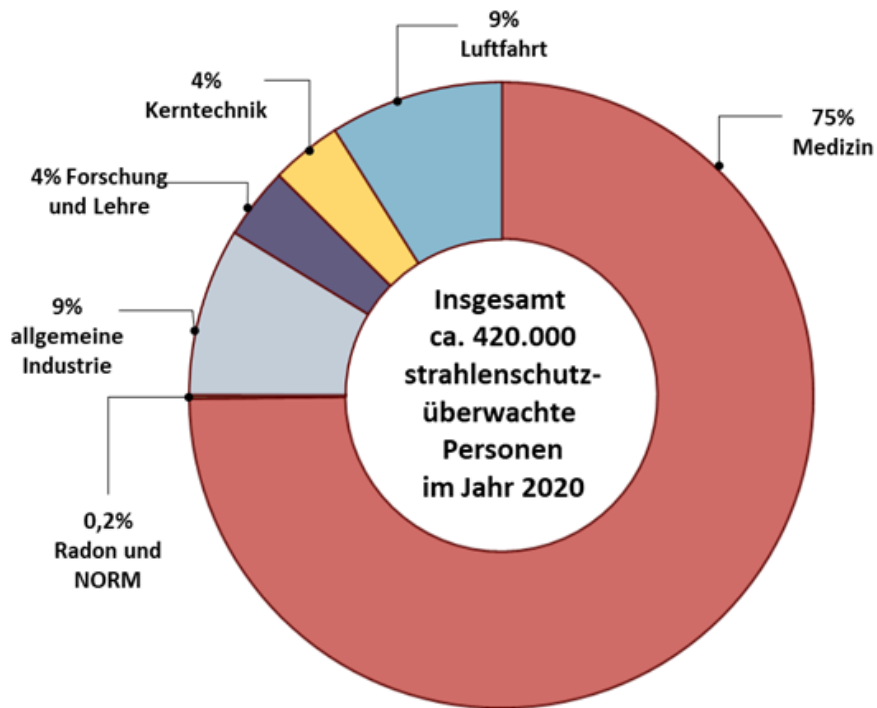


Abbildung B III 2-1 Anteil der vom Strahlenschutzregister überwachten exponierten Personen (Proportion of exposed persons monitored by the Radiation Protection Register)

2. Gesamtauswertung der Überwachung beruflicher Expositionen nach Sektoren

2.1 Beruflich (messbar) exponierte Personen in Deutschland

Im Jahr 2020 umfasste die Überwachung beruflicher Expositionen in Deutschland insgesamt ca. 420 000 Personen aus den Bereichen Medizin, Kerntechnik, allgemeine Industrie, Forschung und Lehre, Luftfahrt sowie Radon- und NORM-Arbeitsplätze (Abbildung B III 2-1).

Mit 75 % stellt der medizinische Berufszweig den mit Abstand größten Anteil der im SSR überwachten Personen. Zweitgrößter Sektor ist neben der Luftfahrt (9 %) der Bereich der allgemeinen Industrie (9 %). Die Bereiche Forschung und Lehre, sowie Kerntechnik machten im Jahr 2020 jeweils 4 % aller beruflich überwachten Personen aus. Die kleinste Gruppe bilden die Radon- und NORM-Arbeitsplätze (0,2 %). Hier wurden weniger als 1 000 Individuen im Jahr 2020 im SSR registriert.

Nicht alle überwachten Personen wurden auch tatsächlich, das heißt zumindest „messbar exponiert“. In Deutschland werden nur bei etwa einem Viertel der überwachten Personen innerhalb eines Kalenderjahres Dosiswerte über der Nachweisgrenze ermittelt. [Abbildung B III 2-2](#) zeigt den Anteil der im Jahr 2020 messbar exponierten Personen, nach Sektoren aufgegliedert. Demnach wurden von den insgesamt etwa 420 000 überwachten Personen im Jahr 2020 ca. 99 000 Personen im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit messbar exponiert. Von den ca. 320 000 überwachten Personen im Bereich der Medizin wurden lediglich etwa 42 000 Personen messbar exponiert. Damit stellen die Beschäftigten in der Medizin mit 44 % gefolgt vom Flugpersonal mit 39 % die beiden größten Sektoren dar, wenn allein die messbaren Expositionswerte betrachtet werden.

2.2 Die Kollektivdosis

Eine wichtige Kenngröße für den Strahlenschutz bildet die sogenannte Jahreskollektivdosis. Dies ist die Summe der individuellen effektiven Dosiswerte aller Personen des jeweiligen Sektors in einem Kalenderjahr. Im folgenden Balkendiagramm ([Abbildung B III 2-3](#)) ist die Kollektivdosis für verschiedene Sektoren in Personen-Sv im Jahr 2020 dargestellt. Der Bereich der Luftfahrt trägt mit 23,6 Personen-Sv (für ca. 38 000 Personen) ca. die Hälfte des im Jahr 2020 erfassten Gesamtwerts von 48,8 Personen-Sv bei. Dabei ist bemerkenswert, dass dieser Anteil im Vorjahr noch bei zwei Drittel des Gesamtwerts lag, während sich die Kollektivdosen der übrigen Sektoren gegenüber dem Vorjahr kaum verändert

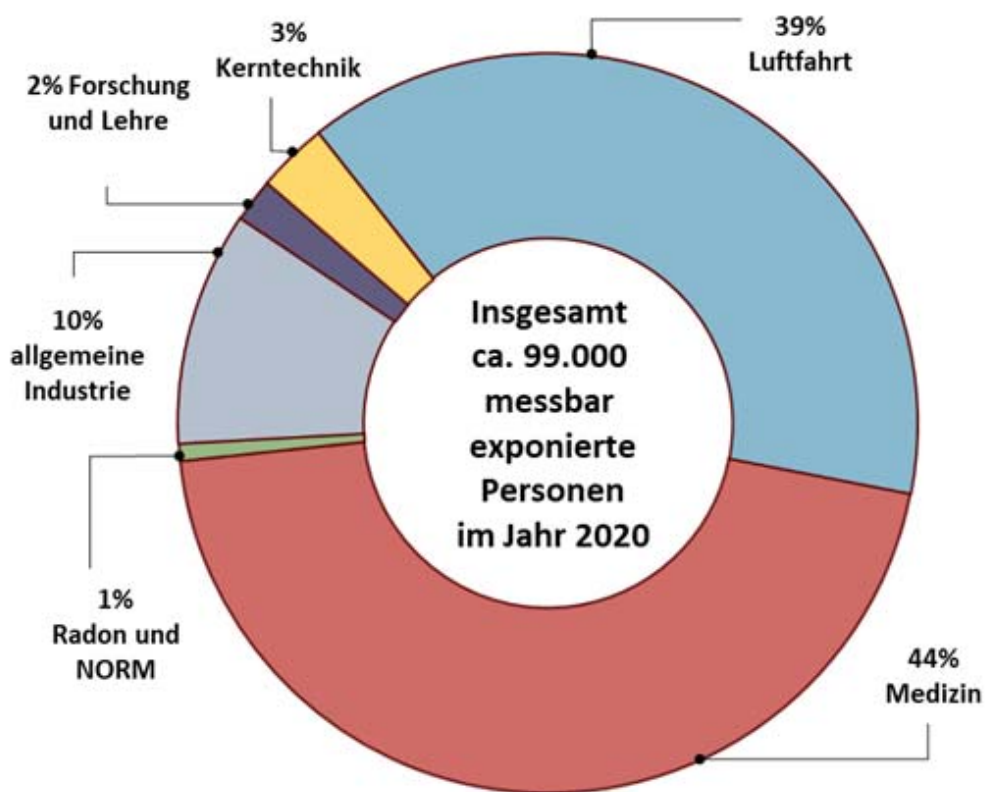


Abbildung B III 2-2 Anteil der vom Strahlenschutzregister messbar überwachten exponierten Personen (Proportion of persons measurably monitored by the Radiation Protection Register)

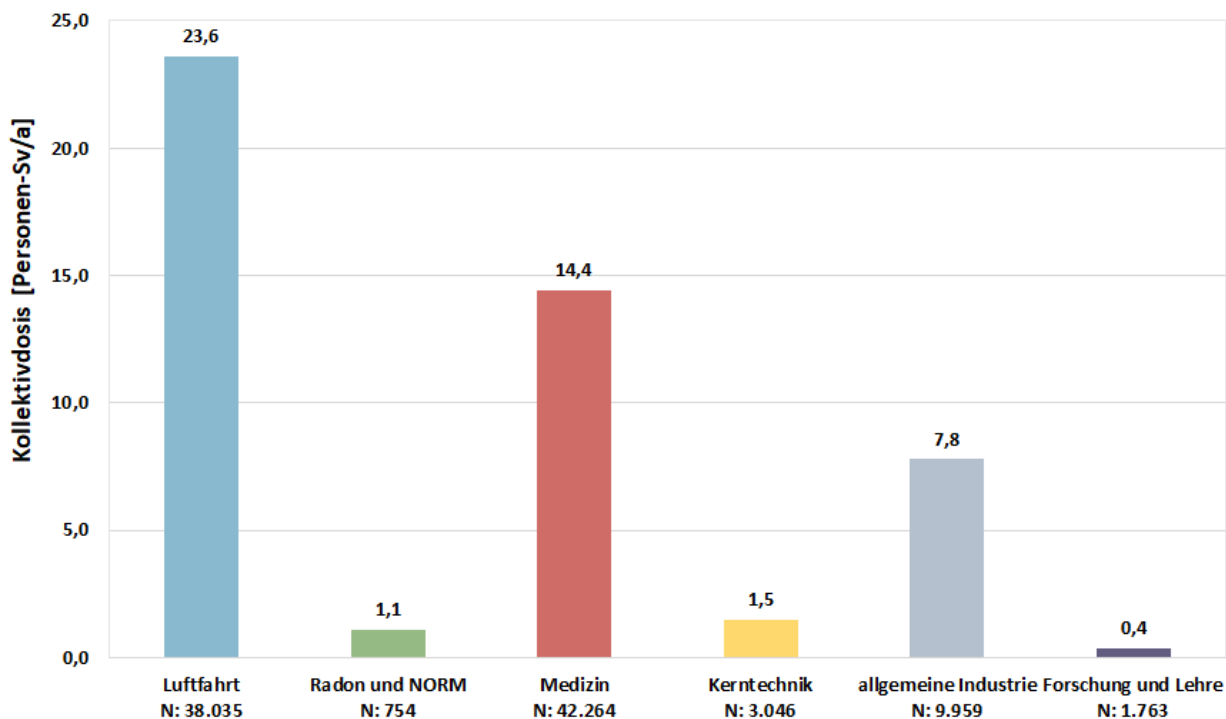


Abbildung B III 2-3 Kollektivdosis für verschiedene Sektoren im Jahr 2020 (Collective dose for different sectors in 2020)

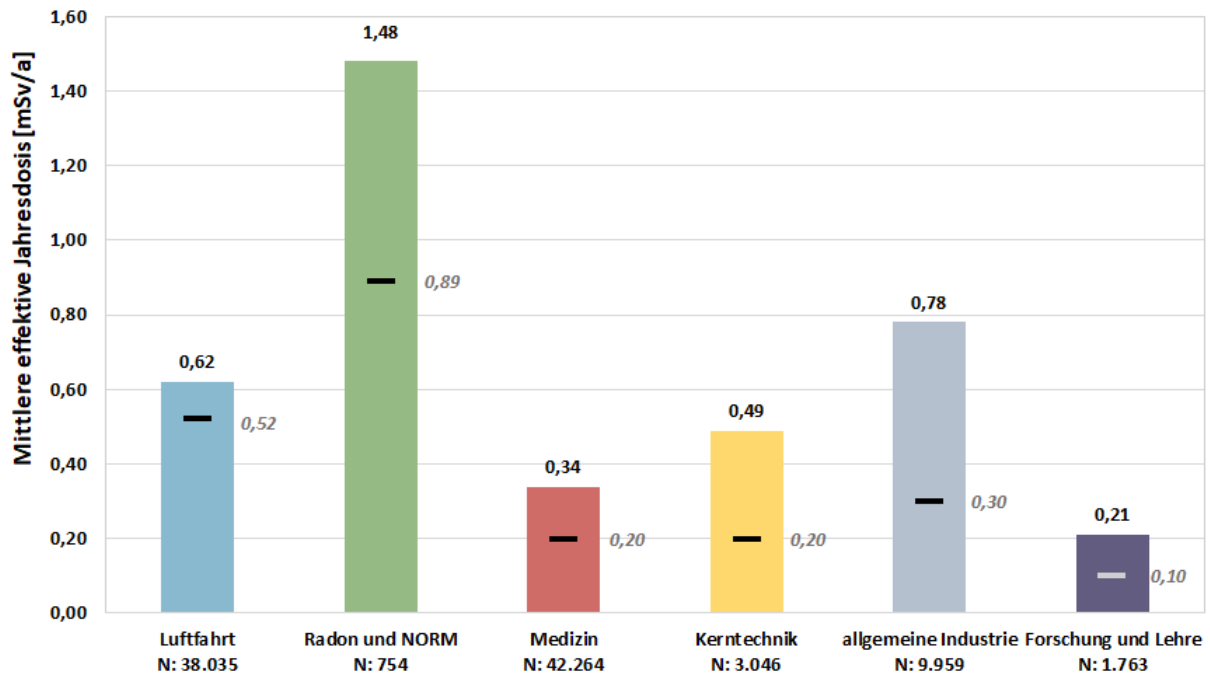


Abbildung B III 2-4 Mittlere effektive Dosis in mSv und Anzahl der messbar exponierten Personen im Jahr 2020, aufgeteilt in verschiedene Berufsgruppen. N ist die Anzahl an Personen in der jeweiligen Berufsgruppe. Der jeweilige Querbalken innerhalb der Säulen ist der Median. (Mean effective dose in mSv and number of measurably exposed persons in 2020, divided into different occupational groups. N is the number of persons in the respective occupational group. The respective crossbar within the columns is the median.)

haben. Dieser drastische Rückgang der Kollektivdosis beim Flugpersonal ist durch die COVID-19-Pandemie zu erklären, die insgesamt einen deutlichen Einbruch des Flugverkehrs ausgelöst hat.

2.3 Die mittlere effektive Jahresdosis

Abbildung B III 2-4 zeigt die mittlere effektive Jahresdosis pro Sektor für das Jahr 2020. Sie wurde berechnet aus dem Quotienten der Jahreskollektivdosis und der Anzahl der messbar exponierten Individuen des jeweiligen Sektors. Aus der Graphik geht hervor, dass Beschäftigte von Radon- und NORM-Arbeitsplätzen im Jahr 2020 eine deutlich höhere mittlere Jahresdosis erhalten haben als Personen aus den übrigen Sektoren. Dies liegt in der Exposition durch natürliche Strahlungsquellen begründet. Daher werden in der Regel auch im Bereich der Luftfahrt vergleichsweise hohe mittlere Jahresdosiswerte erreicht. Das Jahr 2020 stellt jedoch auf Grund der COVID-19-Pandemie eine Sondersituation dar, was in den außerordentlich niedrigen Werten für die mittlere effektive Dosis bei Flugpersonal deutlich wird. Näheres zum zeitlichen Verlauf der Werte wird im nächsten Kapitel ausgeführt.

Die Querbalken innerhalb der Säulen für die Sektoren in Abbildung B III 2-4 sowie der danebenstehende jeweilige graue Zahlenwert entsprechen dem Median. Das bedeutet, dass 50 % der Beschäftigten des jeweiligen Sektors eine geringere individuelle effektive Jahresdosis als der Wert des Medians und die übrigen 50 % eine höhere individuelle effektive Jahresdosis erhalten haben. In allen Sektoren ist der Wert des Medians geringer als der Wert für die mittlere effektive Jahresdosis. Daraus lässt sich auf sogenannte rechtsschiefe Dosisverteilungen schließen. Rechtsschiefe Verteilungen fallen auf der rechten Seite (höhere Werte als Wert der mittleren Jahresdosis) flacher ab, als auf der linken Seite. Auch in diesem Wert wird der Einfluss der COVID-19-Pandemie insbesondere im Wert des Medians für den Bereich der Luftfahrt deutlich: Üblicherweise entspricht der Wert des Medians der Luftfahrt dem Wert der mittleren effektiven Jahresdosis, was bedeutet, dass die Dosisverteilung des fliegenden Personals um diesen Wert normal verteilt ist. Im Jahr 2019 lagen der Wert des Medians, sowie der Wert der mittleren effektiven Jahresdosis bei 1,8 mSv. Im Jahr der Pandemie war das fliegende Personal jedoch in der Ausübung seines Berufs derart eingeschränkt, dass im Jahr 2020 ungewöhnlich viele Beschäftigte besonders geringe Werte für die effektive Jahresdosis erhalten haben.

2.4 Zeitlicher Verlauf der mittleren effektiven Jahresdosis

Einen Eindruck über die zeitliche Entwicklung der mittleren effektiven Jahresdosiswerte der messbar exponierten Personen über die letzten zehn Jahre gibt Abbildung B III 2-5. Für die Sektoren allgemeine Industrie, Kerntechnik, Medizin sowie Forschung und Lehre ging die mittlere effektive Jahresdosis seit 2010 zum Teil deutlich zurück, was auf die über die Jahre zunehmend optimierten Strahlenschutzmaßnahmen zurückgeführt werden kann. Für den Bereich Medizin

sank der mittlere Jahresdosiswert leicht von 0,4 mSv im Jahr 2010 auf 0,3 mSv im Jahr 2020, was einem Rückgang von 15 % entspricht. Ein deutlicher Rückgang war im Bereich der Forschung und Lehre um 50 % von 0,4 mSv (2010) auf 0,2 mSv (2020) zu verzeichnen. Ebenfalls deutlich sind die zunehmend verbesserten Strahlenschutzmaßnahmen im Bereich der allgemeinen Industrie festzustellen, in dem der mittlere Jahresdosiswert in den zehn betrachteten Jahren von 1,4 mSv auf 0,8 mSv um 43 % gesunken ist. Beträchtlich fällt dieser Rückgang für Beschäftigte in der Kerntechnik aus. Hier ist der kontinuierliche Rückgang von 1,1 mSv auf 0,5 mSv (entspricht 54 %), abgesehen von verbesserten Strahlenschutzmaßnahmen, vor allem auf die in Deutschland seit 2011 eingeläutete Phase des Rückbaus und der Stilllegung zurückzuführen.

Der zeitliche Verlauf bei Beschäftigten an Radon- und NORM-Arbeitsplätzen sowie in der Luftfahrt unterliegt besonderen Bedingungen. Die Exposition durch Radon und NORM ist auf Grund kleiner Fallzahlen (jährlich zwischen 300-900 Exponierte) bisher einem zufallsbedingten Muster 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 Teilchenströmen 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 für die meisten Beschäftigten neue Dosiskonversionsfaktoren für die Berechnung der Flugdosis eingeführt wurden. Eine Berechnung der Flugdosis mit diesen neuen Dosiskonversionsfaktoren bewirkt eine Reduktion des Wertes für die effektive Dosis um bis zu 30 %. 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 effektiven Jahresdosis des fliegenden Personals wurde im Jahr 2020 durch die COVID-19-Pandemie unterbrochen, und lag auf einem Rekordtief von 0,6 mSv.

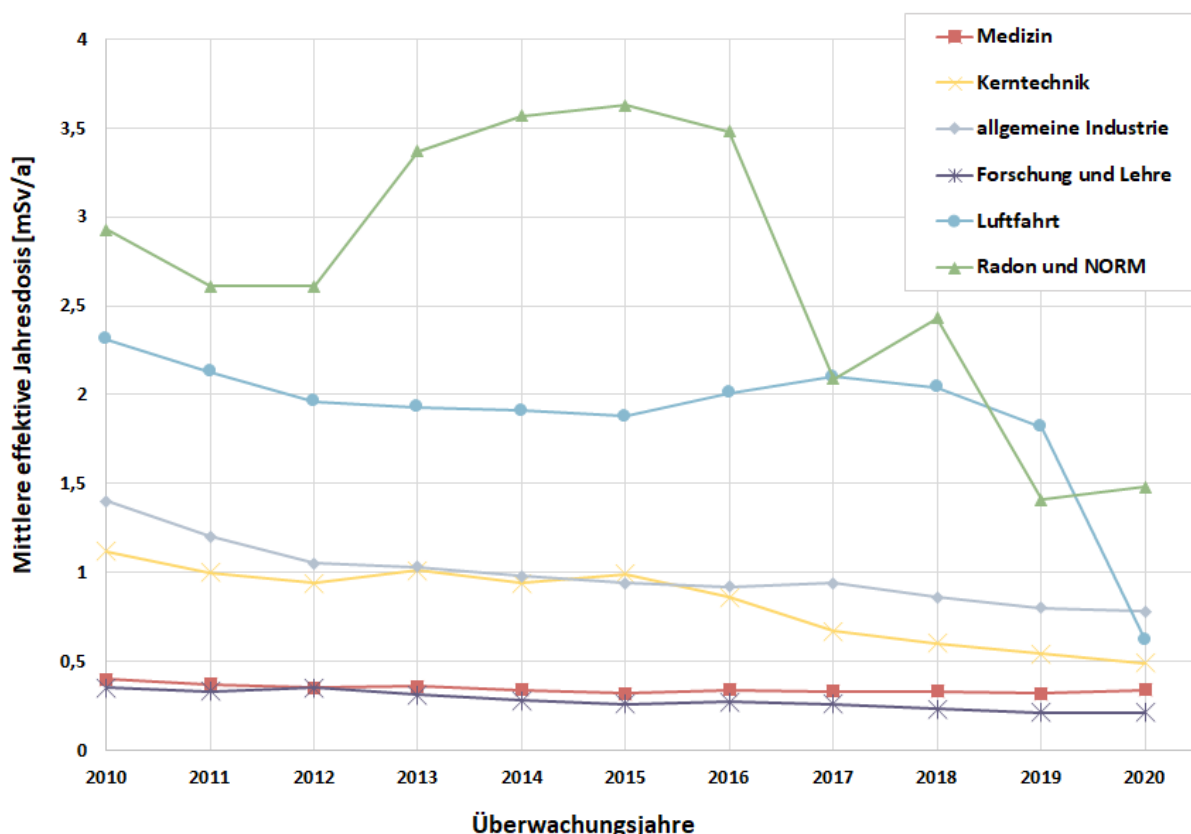


Abbildung B III 2-5 Zeitverlauf der mittleren effektiven Jahresdosis der unterschiedlichen Berufsgruppen für einen Zeitraum von 10 Jahren
(Time trend of the different occupational groups from for a period of 10 years)

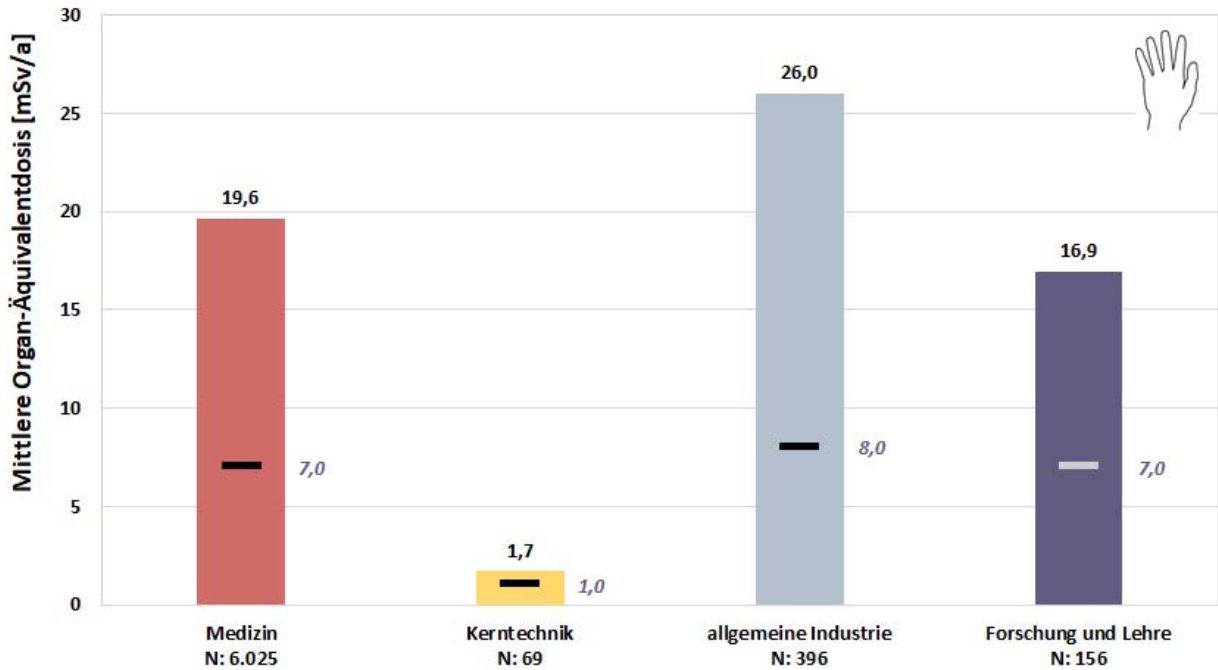


Abbildung B III 2-6 Mittlere Organ-Äquivalentdosis (Extremitäten) der messbar exponierten Personen nach Berufsgruppe
(Mean organ equivalent dose (extremities) of measurably exposed persons by occupational group)

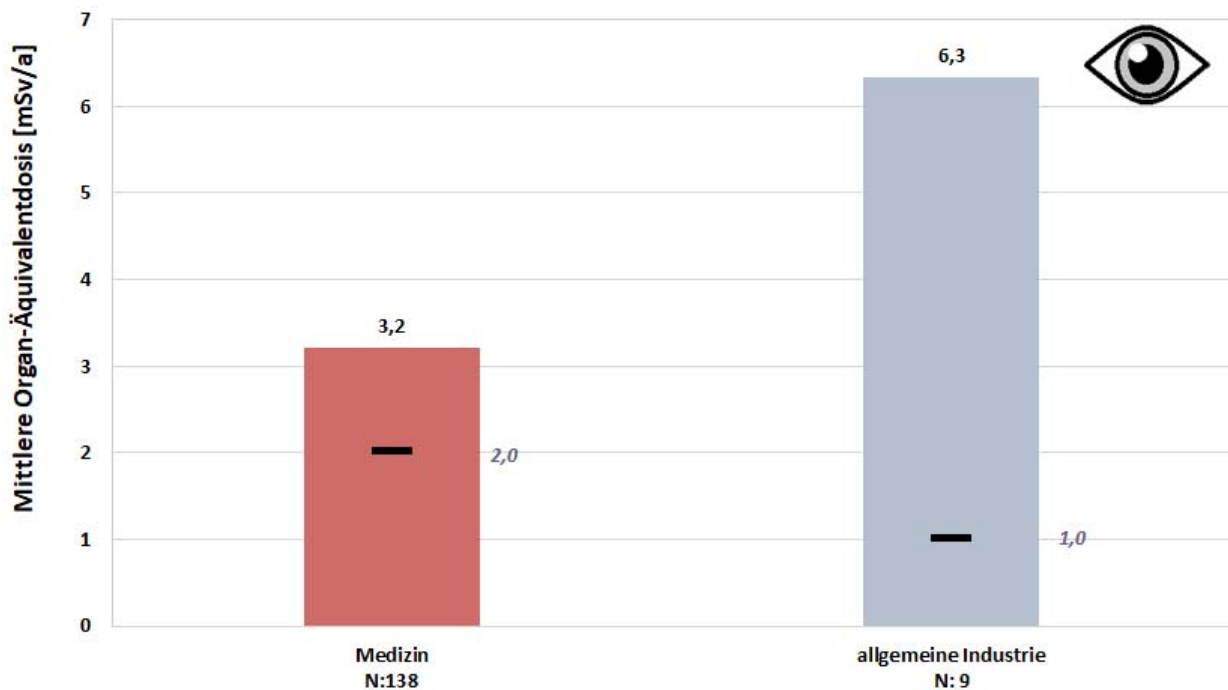


Abbildung B III 2-7 Mittlere Organ-Äquivalentdosis (Augenlinse) der messbar exponierten Personen nach Berufsgruppe.
(Mean organ equivalent dose (eye lens) of measurably exposed persons by occupational group)

2.5 Die mittlere Organ-Äquivalentdosis der Hände und der Augenlinse

Die Überwachung der Organ-Äquivalentdosis der Hände, der Unterarme, der Füße und Knöchel sowie der Haut und der Augenlinse beschränkte sich in der Praxis bisher so gut wie ausschließlich auf die Überwachung der Hände und in geringerem Umfang auf die der Augenlinse. Die Messung der Organ-Äquivalentdosis der Unterarme, der Füße und Knöchel sowie der Haut wurden dagegen bei den Messstellen in der Vergangenheit praktisch nicht nachgefragt, so dass auch im SSR hierzu keine Daten auswertbar sind. Dementsprechend konzentrieren sich im Folgenden die Auswertungen auf Hände und Augenlinse.

Abbildung B III 2-6 zeigt die Mittelwerte für die Organ-Äquivalentdosis der Hände für verschiedene Sektoren für insgesamt 6 646 Beschäftigte im Jahr 2020. Dies entspricht 1,5 % der vom SSR überwachten Personen und 6,6 % der messbar exponierten Personen. Mit 26,0 mSv haben die 396 Individuen im Bereich der Industrie im Mittel die höchste Organ-Äquivalentdosis erhalten. Mit 6 025 Individuen werden im Bereich der Medizin die meisten Personen hinsichtlich der Hand-Dosis überwacht. Die mittlere Organ-Äquivalentdosis hier beträgt 19,6 mSv. Im Bereich der Forschung und Lehre erhielten 156 Personen eine mittlere Organ-Äquivalentdosis von 16,9 mSv. Der Bereich der Kerntechnik zeichnet sich durch einen besonders niedrigen Dosiswert aus. Hier erhielten 69 Individuen im Mittel eine Organ-Äquivalentdosis von 1,7 mSv. Der Wert des Medians des jeweiligen Sektors liegt jeweils unterhalb des Wertes für die mittlere Organ-Äquivalentdosis. Somit handelt es sich bei den Dosisverteilungen um rechtsschiefe Verteilungen, bei denen ein Großteil der überwachten Personen eine mittlere Dosis erhalten hat, die unterhalb des Mittelwertes liegt.

Abbildung B III 2-7 zeigt die mittlere Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse verschiedener Sektoren für das Jahr 2020. Für lediglich 147 Individuen wurde im Jahr 2020 eine messbare Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse erhoben. Diese Art der dosimetrischen Überwachung betrifft somit weniger als 0,1 % der vom SSR überwachten Personen und messbar exponierten Personen. Auf Grund der geringen Anzahl an Personen, die in den jeweiligen Sektoren hinsichtlich der Augenlinsendosis überwacht werden, ist eine fundierte statistische Analyse begrenzt. Dennoch kann man sagen, dass die neun in der allgemeinen Industrie messbar exponierten Personen eine mittlere Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse von 6,3 mSv erhalten haben. Im Bereich der Medizin haben insgesamt 138 Personen eine mittlere Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse von 3,2 mSv erhalten. Auch hier deutet der Wert des Medians daraufhin, dass es sich bei den Dosisverteilungen um rechtsschiefe Verteilungen handelt.

3. Weitere Auswertungen aus dem SSR

3.1 Anzahl der Grenzwertüberschreitungen

Im Jahr 2020 kam es nach Auswertungen des SSR zu drei Überschreitungen des beruflichen Jahresgrenzwertes der effektiven Dosis für Erwachsene von 20 mSv (Medizin: 2, Radon: 1) und zu einer Überschreitung des Jahresgrenzwertes der effektiven Dosis von 1 mSv für Personen unter 18 Jahren (Radon: 1). Der Jahresgrenzwert der Organ-Äquivalentdosis der Hand von 500 mSv wurde viermal (Medizin: 2, Industrie: 2) und der Monatsgrenzwert der Organ-Äquivalentdosis der Gebärmutter von 2 mSv wurde 28-mal (Medizin: 22, Industrie: 5, Forschung und Lehre: 1) überschritten. In Bezug auf den Grenzwert der Berufslebensdosis von 400 mSv wurde im Jahr 2020 eine Überschreitung festgestellt (Kerntechnik: 1).

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.

3.2 Übersicht über beruflich exponierte Personen in kerntechnischen Anlagen

Abbildung B III 3-1 zeigt den Zeitverlauf der Anzahl der Kernkraftwerke in Deutschland sowie die Gesamtanzahl des dort eingesetzten Personals (Eigen- und Fremdpersonal). Im Jahr 2020 waren insgesamt 9 000 beruflich exponierte Personen in kerntechnischen Anlagen tätig. Insgesamt sind die Werte des Gesamtpersonals über die letzten Jahre hinweg stark rückläufig. Ursache hierfür ist die ebenfalls rückläufige Anzahl an Kernkraftwerken. So wurden die Kernkraftwerke Biblis A und B, Neckarwestheim 1, Brunsbüttel, Isar 1, Unterweser, Philippsburg 1 und Krümmel im Jahr 2011, Grafenrheinfeld im Jahr 2015, Gundremmingen B im Jahr 2017 sowie Philippsburg 2 Ende 2019 abgeschaltet.

Abbildung B III 3.2 zeigt die zeitliche Entwicklung der Kollektivdosis aller in kerntechnischen Anlagen beschäftigten Personen (Eigen- und Fremdpersonal) sowie die elektrische Energieerzeugung aller im Betrieb befindlichen Kernkraftwerke in Terrawattstunden (TWh). Sowohl die Kollektivdosis als auch die Energieerzeugung sind in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen, was letztlich mit der Abschaltung der oben erwähnten Kernkraftwerke zusammenhängt.

4. Inkorporationsüberwachung beruflich exponierter Personen

Beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen während ihrer Tätigkeit eine Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper nicht ausgeschlossen werden kann, werden in der Regel durch Aktivitätsmessungen in Ganz- und Teilkörperzählern bzw. durch Analyse ihrer Ausscheidungen überwacht. Von den Inkorporationsmessstellen wurden 1 116

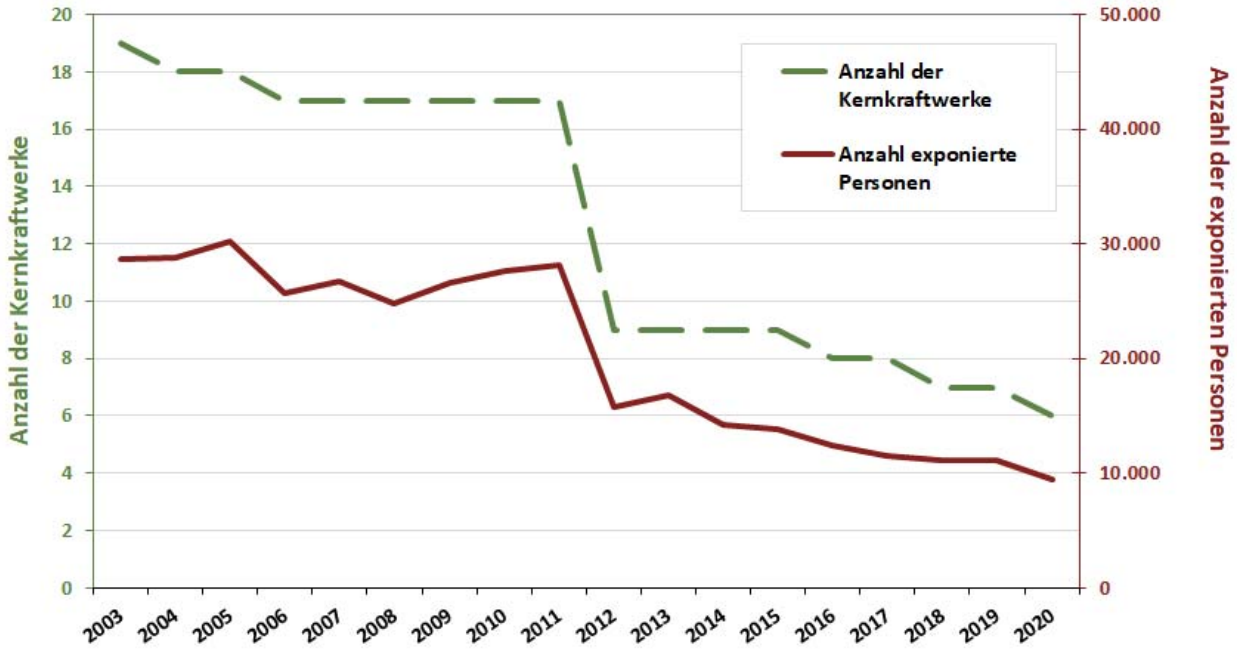


Abbildung B III 3-1 Beruflich strahlenschutzüberwachte exponierte Personen in Kernkraftwerken
(Occupationally exposed persons in nuclear power plants)

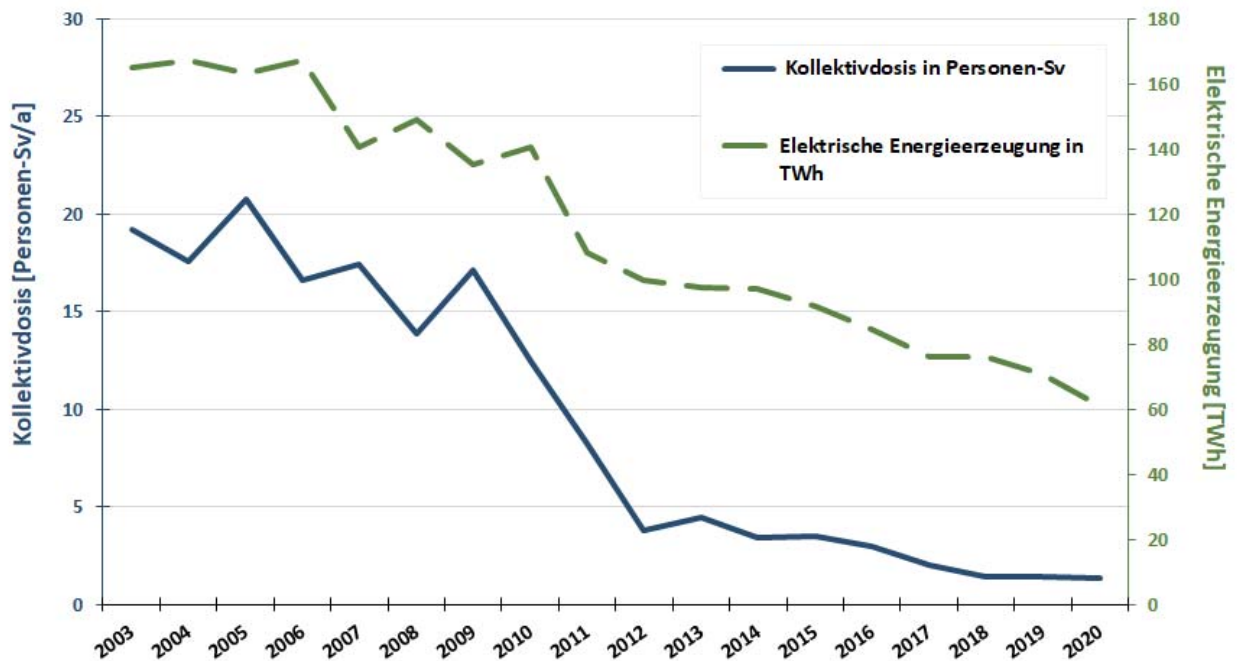


Abbildung B III 3.2 Kollektivdosis und Energieerzeugung in Leistungskernkraftwerken
(Collective dose and power generation in nuclear power plants)

Personen im Jahr 2020 (Vorjahr: 571) überwacht, die Kollektivdosis durch Inkorporation betrug 0,01 Personen-Sv. Die höchste Jahrespersonendosis infolge von Inkorporation lag bei 3,5 mSv. Von den 1 116 Überwachten hatten lediglich 37 Personen Dosiswerte oberhalb der Nachweisgrenze.

IV STRAHLENEXPOSITION DURCH MEDIZINISCHE MAßNAHMEN *(RADIATION EXPOSURES FROM MEDICAL APPLICATIONS)*

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz

1. Diagnostische Strahlenanwendungen

1.1 Röntgendiagnostik (*X-ray diagnostics*)

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 wird z. B. bei einer Angiographie am Herzen nicht jeder Teilschritt (Kontrastmitteleinbringung, 1. Serie, 2. Serie, etc.) als getrennte Untersuchung gezählt, sondern alle Teilschritte zusammen als eine Untersuchung. Zahnaufnahmen werden als gesonderte Untersuchungen gerechnet, wenn sie unterschiedliche Zähne bzw. Zahngruppen betreffen.

Bezüglich der Quellen für die Erfassung der Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen wird auf den [Grundlagenbericht](#), Kapitel IV Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen“ verwiesen.

Die Daten in diesem Bericht beziehen sich auf die Jahre 2007 bis 2018. Es wird darauf hingewiesen, dass Abweichungen zu Ergebnissen vorliegen, die in älteren Berichten präsentiert wurden. Aktuell fließen in die Abschätzungen neue Datensätze ein, die dem BfS für die Jahre ab 2016 vom Verband der privaten Krankenversicherung e. V. (PKV) zur Verfügung gestellt wurden. Auf Grund einer deutlich größeren Stichprobe und validerer 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 Röntgenmaßnahmen 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 Versicherten für Privatpatienten für den gesamten Zeitraum 2007 bis 2018 denen für Kassenpatienten gleichen. Trotz dieser Maßnahme liegt die Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen für Privatpatienten noch deutlich unterhalb derjenigen nach der alten Datenbasis. Bei Trendanalysen zur Häufigkeit von Röntgenmaßnahmen werden die Daten der Privatpatienten daher nicht berücksichtigt, da dies auf Grund 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 BMU-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.

In [Tabelle T IV.1](#) sind für häufige Röntgenuntersuchungen die Bereiche mittlerer Werte der effektiven Dosis dargestellt. 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“.

Auswertung der Jahre 2007 bis 2018 – Häufigkeit von Röntgenanwendungen

Für das Jahr 2018 wurde für Deutschland eine Gesamtzahl von rund 130 Millionen Röntgenanwendungen abgeschätzt (ohne zahnmedizinischen Bereich: etwa 80 Mio. Röntgenuntersuchungen). Etwa 80 % aller Röntgenmaßnahmen werden im ambulanten Bereich durchgeführt und hiervon ca. 90 % bei Kassenpatienten. Im kassenärztlichen ambulanten Bereich verlief die Gesamtzahl von Röntgenanwendungen während des betrachteten Zeitraums 2007 bis 2018 leicht abfallend. Die Anzahl der meisten konventionellen Röntgenuntersuchungen im betrachteten Zeitraum ging zurück (z. B. Schädel und Thorax um etwa 20 %; Wirbelsäule um etwa 25 %). Die Häufigkeit von Mammographien nahm infolge der Einführung des Mammographie-Screening-Programms zwischen 2007 und 2010 um ca. 35 % zu und verläuft - nach anschließender geringfügiger Abnahme - seit 2011 weitgehend konstant. Die Häufigkeit von zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen blieb über die Jahre weitgehend unverändert. Die Anzahl von Kieferaufnahmen, die inzwischen etwa 20 % aller zahnmedizinischen Röntgenuntersuchungen bei gesetzlich Versicherten ausmachen, hat zugenommen.

Eine starke Zunahme zwischen 2007 und 2018 ist insbesondere für CT-Untersuchungen zu verzeichnen: im ambulanten kassenärztlichen Bereich lag diese bei 25 % und im stationären Bereich sogar bei über 80 %. Während die überwiegende Mehrheit aller konventionellen Röntgenaufnahmen ambulant durchgeführt werden, finden etwa die Hälfte der CT-Untersuchungen im stationären Bereich statt. Ein noch deutlicherer Anstieg ist auch bei der Magnetresonanztomographie (MRT) zu verzeichnen, einem Schichtbildverfahren, das keine ionisierende Strahlung verwendet (siehe Kapitel 1.4.) Inzwischen ist die Anzahl von CT- und MRT-Untersuchungen nahezu gleich. Welches der beiden Verfahren im Einzelfall anzuwenden ist, hängt von der diagnostischen Fragestellung, der klinischen Situation (z. B. Notfall) und natürlich auch der Verfügbarkeit ab.

Abbildung B IV 1.1-1 gibt die Häufigkeit aller Röntgenmaßnahmen - also inklusive der Daten für den privaten ambulanten Sektor - für 2007 bis 2018 wieder. Demnach liegt die Häufigkeit aller Röntgenanwendungen im Mittel bei 1,6 pro Einwohner und Jahr. Bezüglich der Häufigkeit von CT-Untersuchungen siehe auch Kapitel 1.4.

Im Jahr 2018 wurden etwa 40 % aller Röntgenanwendungen im zahnmedizinischen Bereich durchgeführt. Daneben entfällt der größte Teil aller Röntgenanwendungen auf konventionelle Untersuchungen des Skeletts (Schädel, Schultergürtel, Wirbelsäule, Beckengürtel, Extremitäten). Röntgenaufnahmen des Thorax (Brustkorb) und Computertomographien tragen jeweils zu ca. 10 % zur Gesamthäufigkeit bei (siehe [Abbildung B IV 1.1-3](#)).

Auswertung der Jahre 2007 bis 2018 – kollektive effektive Dosis

Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner in Deutschland beläuft sich für das Jahr 2018 auf 1,6 mSv. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2018 ist insgesamt ein ansteigender Trend für die mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr zu verzeichnen (siehe [Abbildung B IV 1.1-2](#)). Dieser Trend ist im Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit und der damit einhergehenden Zunahme der effektiven Dosis pro Kopf verursacht. Der Anstieg der CT-bedingten pro-Kopf-Dosis fiel wegen der über die Jahre leicht abnehmenden Dosis pro CT-Untersuchung etwas moderater aus 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 2018 ab (siehe [Abbildung B IV 1.1-2](#)). Dieser Rückgang ist bedingt sowohl durch die zurückgehende Häufigkeit konventioneller Röntgenuntersuchungen als auch den Rückgang der effektiven Dosis einiger dieser Untersuchungen.

Erwartungsgemäß ist der relative Anteil konventioneller Röntgenuntersuchungen an der kollektiven effektiven Dosis eher gering. Die CT und die ebenfalls dosisintensive Angiographie (einschließlich vaskulärer interventioneller Maßnahmen) tragen dagegen zwar weniger als 15 % zu der Gesamthäufigkeit bei, ihr Anteil an der kollektiven effektiven Dosis betrug im Jahr 2018 jedoch etwa 85 % (siehe [Abbildung B IV 1.1-3](#)).

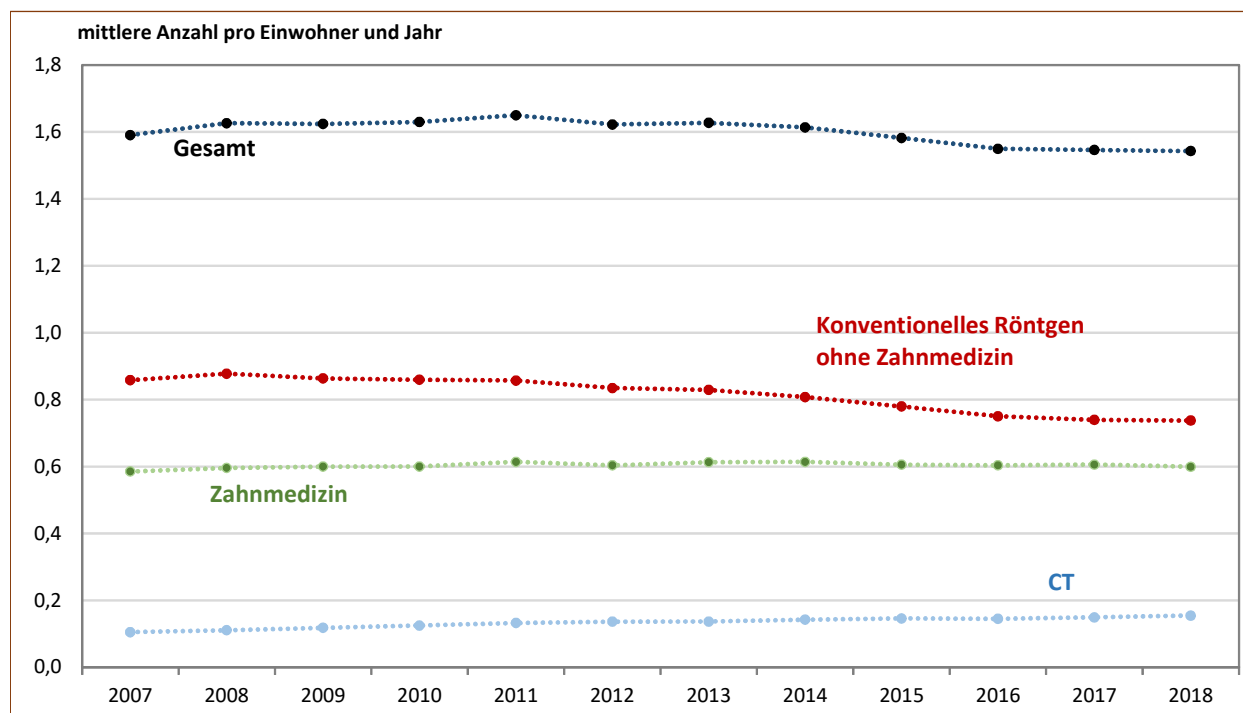


Abbildung B IV 1.1-1 Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen in Deutschland
(Frequency of x-ray examinations in Germany)

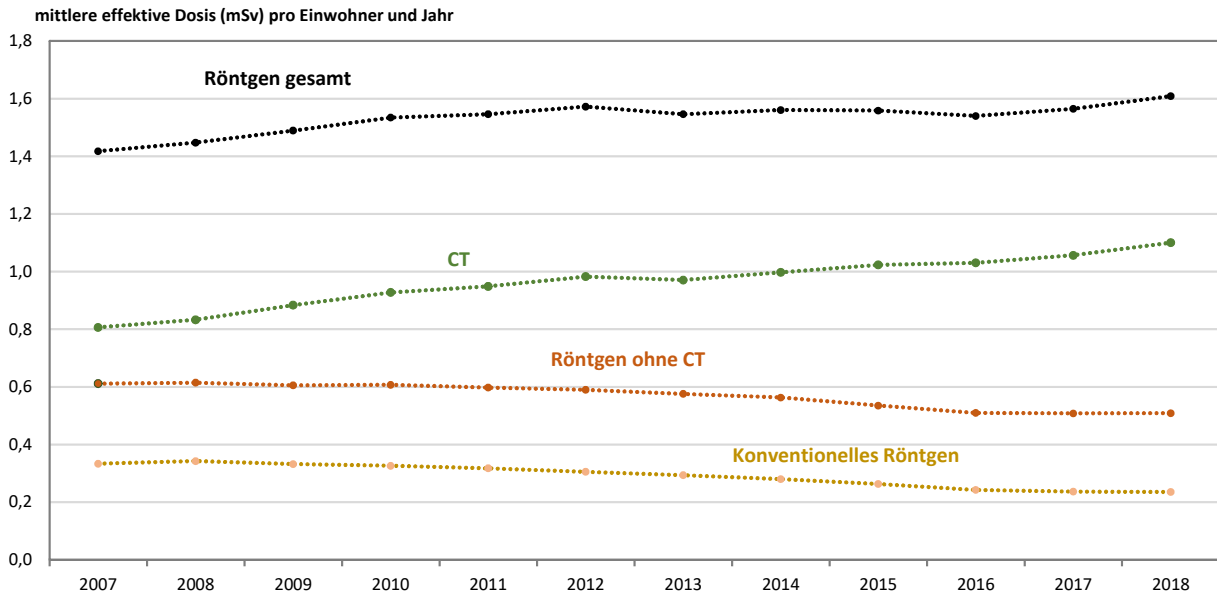


Abbildung B IV 1.1-2 Mittlere effektive Dosis (in mSv) pro Einwohner und Jahr durch Röntgenuntersuchungen in Deutschland
(Mean effective dose (mSv) per capita and year due to x-ray diagnostics in Germany)

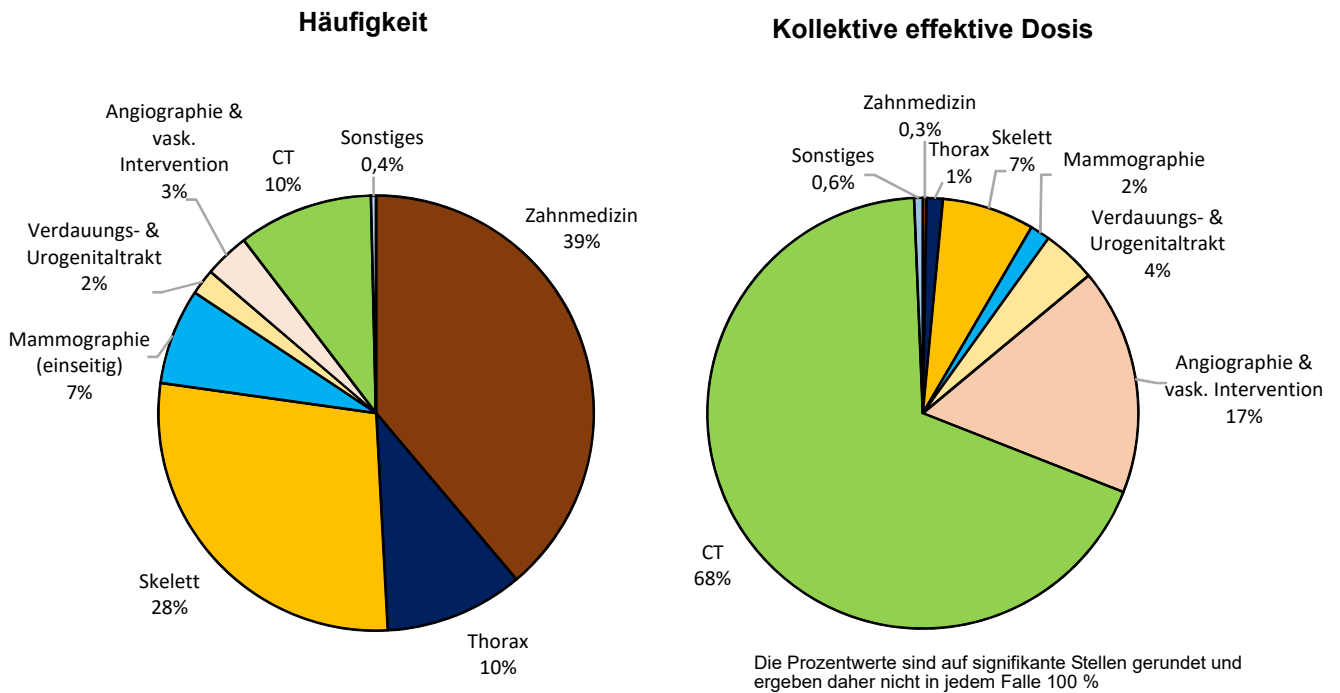


Abbildung B IV 1.1-3 Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der Röntgendiagnostik 2018 in Deutschland
(Contribution to the overall frequency and to the collective effective dose from different examinations in x-ray diagnostics 2018 in Germany)

Röntgenuntersuchungen zur Früherkennung von Brustkrebs (Mammographie-Screening)

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung und die häufigste Krebstodesursache bei Frauen. Im Jahr 2018 wurde laut Robert Koch-Institut („Krebs in Deutschland für 2017/2018, S. 86 , www.krebsdaten.de, abgerufen am 24. Januar 2022) bei etwa 69 900 Frauen eine Brustkrebsdiagnose gestellt (mittleres Erkrankungsalter: 64 Jahre; Prognose für 2022: rund 66 800 Fälle). 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 den restlichen Krebserkrankungen - relativ hoch (ca. 304 100 Fälle Ende 2018). Nach Angaben des Robert-Koch-Instituts verstarben im Jahr 2019 insgesamt 18 500 Frauen an den Folgen einer Brustkrebserkrankung. Wird Brustkrebs frühzeitig erkannt, kann dies den Erfolg einer Therapie und damit die Überlebenschancen der Betroffenen erhöhen.

Die Röntgenuntersuchung 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 (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 11 Mio Frauen. Die Teilnehmerquote lag laut „Jahresbericht Evaluation 2019“, S. 13 bei 50 % [1].

In den in **Abbildung 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 Mammographie-Screening-Programms 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 Mammographie-Screening-Programms im kassenärztlichen Bereich um ca. ein Drittel abgenommen und ist seither in etwa konstant.

Übergeordnetes Ziel des Mammographie-Screening-Programms ist die nachhaltige Verringerung der Brustkrebs-Mortalität. Im Jahr 2010 wurden vom BMU 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 BMU, das BMG sowie die Träger des Mammographie-Screening-Programms. Die Geldgeber sowie das BfS, das Robert Koch-Institut, ein Vertreter 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 Mortalitäts-evaluation sowie die Festlegung der Konzeption und des Inhalts der Evaluation des deutschen Mammographie-Screening-Programms. Das Steuerungsgremium wird hinsichtlich der Konzeption und Gestaltung der Inhalte des Forschungsvorhabens sowie der Projektbegleitung von einem Wissenschaftlichen Beirat unterstützt. Die administrative Abwicklung der Mortalitäts-evaluation erfolgt seitens des BMU im Rahmen eines Ressort-Forschungsvorhabens über einen geplanten Zeitraum von zehn Jahren. 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 startete im Januar 2018 die eigentliche Hauptstudie (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) und Programmreport 2019, S. 155, nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424).

Literatur

- [1] Jahresbericht Evaluation 2019. Deutsches Mammographie-Screening-Programm. Kooperationsgemeinschaft Mammographie, Berlin, November 2021 (https://www.mammo-programm.de/download/downloads/berichte/neu_KOOPMAMMO_Jahresbericht_Eval_2019_20211112_web-Einzelseite_2.pdf)

1.2 Nuklearmedizin, Diagnostik

Erhebung der medizinischen Strahlenexposition

Die im [Grundlagenbericht](#) (Kapitel IV, Grundlagen zur Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen) beschriebene Vorgehensweise wurde folgendermaßen geändert:

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 Röntgenmaßnahmen gehen in nachfolgende Schätzwerte für 2016 bis 2018 Datensätze der PKV 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 2018 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 Prozedurenschlüssel OPS). In die Abschätzung fließen zudem die Resultate aktueller Literatur ein [1, 2].

Für die Abschätzung der mittleren effektiven Dosis pro nuklearmedizinischer 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 [3]. 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 - 2018

Die Ergebnisse der aktuellen Auswertung zur Häufigkeit und Dosis von nuklearmedizinischen Untersuchungen beziehen sich auf den Dreijahres-Zeitraum 2016 bis 2018. Pro Jahr wurden in diesem Zeitintervall in Deutschland im Mittel ca. 2,1 Millionen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt, was einer jährlichen Anwendungshäufigkeit von etwa 25 Untersuchungen pro 1000 Einwohner entspricht. [Abbildung B IV 1.2-1](#) gibt die Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für einzelne Untersuchungskategorien für das Jahr 2018 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 im betrachteten Dreijahreszeitraum ab, die des Herzens hingegen 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 jeweils mehr als 80 % aller Untersuchungen des Skeletts und des Herzens werden im ambulanten Sektor durchgeführt.

Es wurde eine über den Zeitraum 2016 bis 2018 gemittelte effektive Dosis von rund 0,05 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. Rund zwei Drittel der kollektiven effektiven Dosis werden durch Skelett-, Myokard (Herz)- und Schilddrüsenuntersuchungen verursacht ([Abbildung B IV 1.2-1](#)).

Die Anzahl von Positronenemissionstomographen (PET) nimmt 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 2018. 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 2018 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 [Abbildung 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 0,07 mSv.

Die mittlere effektive Dosis pro nuklearmedizinischer 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

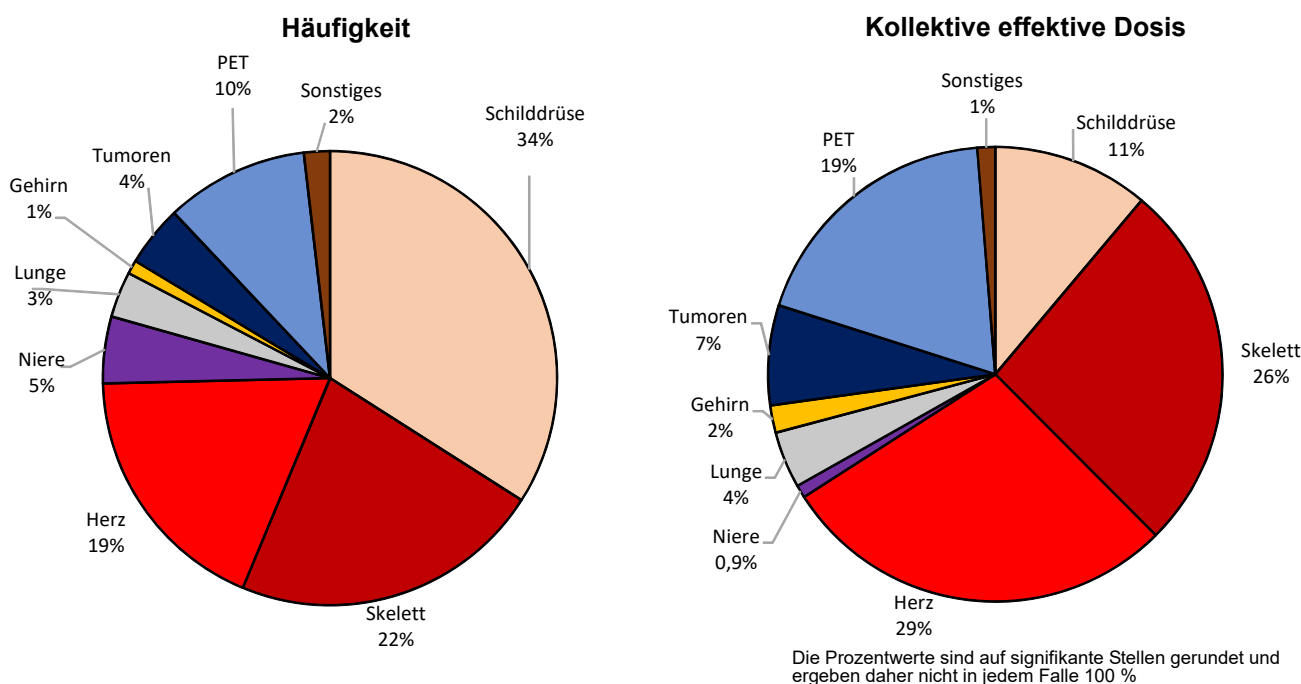


Abbildung B IV 1.2-1 Beiträge zur Gesamthäufigkeit und zur kollektiven effektiven Dosis für verschiedene Untersuchungen in der nuklearmedizinischen Diagnostik 2018 in Deutschland
(Contribution to the overall frequency and to the collective effective dose from different examinations in nuclear medicine diagnostics 2018 in Germany)

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 3617S42443. 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 Maßnahmen

Die nominelle Strahlenexposition der Bevölkerung durch röntgendiagnostische und nuklearmedizinische Untersuchungen betrug im Jahr 2018 etwa 1,7 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. 1,6 mSv pro Person im Jahr 2018. Verglichen damit ist die Exposition durch die nuklearmedizinische Diagnostik relativ gering.

Für niedrige Dosen, wie sie für strahlendiagnostische Maßnahmen 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 Maßnahme ist daher von zentraler Bedeutung (sogenannte „rechtfertigende Indikation“). Wird die sorgfältige Feststellung der rechtfertigenden Indikation durch den fachkundigen Arzt 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 Maßnahmen und der assoziierten Dosis pro Einwohner handelt es sich um Durchschnittswerte bezogen auf die Gesamtbevölkerung. Dabei ist zu berücksichtigen,

sichtigen, 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 Computertomographie oder Untersuchungen des Herzens oder der Blutgefäße, werden vor allem im höheren Alter durchgeführt. Beispielsweise werden mehr als 80 % aller CT-Untersuchungen des Abdomens oder des Beckens bei Patientinnen oder Patienten vorgenommen, die 50 Jahre oder älter sind. In jungen Jahren überwiegen Röntgenuntersuchungen des Skelettsystems [1].

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. Krebspatienten oder Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen eine weit überdurchschnittliche Anzahl von zumeist auch dosisintensiveren Röntgenuntersuchungen 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 Röntgenmaßnahmen 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 Röntgenanwendungen pro Einwohner im oberen Bereich. Insgesamt unterscheiden sich im europäischen Raum die Schätzwerte zur Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen pro Einwohner zum Teil erheblich. Nach DDM2 reichen die Werte von ca. 0,3 (Rumänien) bis 2,1 (Island). Teilweise können die Differenzen auf die verschiedenen Gesundheitssysteme zurückgeführt werden. Charakteristisch für Deutschland ist beispielsweise, dass der Großteil aller Röntgenuntersuchungen im ambulanten Bereich - und hier oftmals von Teilgebietsradiologen - durchgeführt wird. In Ländern, in denen radiologische Maßnahmen 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).

Die hohe Pro-Kopf-Anzahl röntgendiagnostischer Maßnahmen für Deutschland spiegelt den Stand der hiesigen Gesundheitsversorgung wider. Eine Bewertung der vergleichsweise hohen Häufigkeit bzw. der resultierenden Dosis durch die medizinische Röntgendiagnostik 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 Maßnahmen, die Vermeidung von Doppeluntersuchungen (höhere Transparenz zwischen Arztpraxen; Röntgenpass) und die vermehrte Nutzung „alternativer“ diagnostischer Verfahren ohne die Verwendung ionisierender Strahlung (Sonographie, 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; Part 2: Diagnostic Reference Levels in Thirty-six European Countries. Directorate-General for Energy (Directorate D, Unit D 3) 2014, ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180.pdf; ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180%20part2.pdf
- [2] Brix G, Berton M, Nekolla E, Lechel U, Schegerer A, Süselbeck 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

1.4 Magnetresonanztomographie als alternatives Untersuchungsverfahren

Wie in 1.1 bereits erwähnt, ist nicht nur für CT- sondern auch für MRT-Untersuchungen eine starke Zunahme zwischen 2007 und 2018 zu verzeichnen. Im ambulanten kassenärztlichen Bereich lag diese bei 80 % und somit weit höher als der Anstieg für CT-Untersuchungen. Auch im stationären Bereich ist der Anstieg mit ca. 70 % erheblich.

Bemerkenswert ist die gleichzeitige Zunahme von MRT- und CT-Untersuchungen, wobei inzwischen 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 (Faktor 3).

Ganz anders ist dagegen die Situation im ambulanten Bereich: Hier ist eine deutlich höhere Anzahl von MRT-Untersuchungen festzustellen. Gleichzeitig nimmt die Häufigkeit von MRT-Untersuchungen 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 Maßnahme 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 und Abdomens/Beckens.

Insgesamt wurden 2018 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 Röntgenmaßnahmen gehen in die nachfolgende Schätzung für MRT-Untersuchungen für 2016 bis 2018 Datensätze der PKV ein, die auf Grund einer deutlich größeren Stichprobe und validerer Methoden der Hochrechnung als zuverlässiger angesehen werden. Diese Daten deuten darauf hin, dass die Daten für die MRT-Häufigkeit bei den Privatversicherten in den Jahren vor 2016 zu hohe Werte hatten.

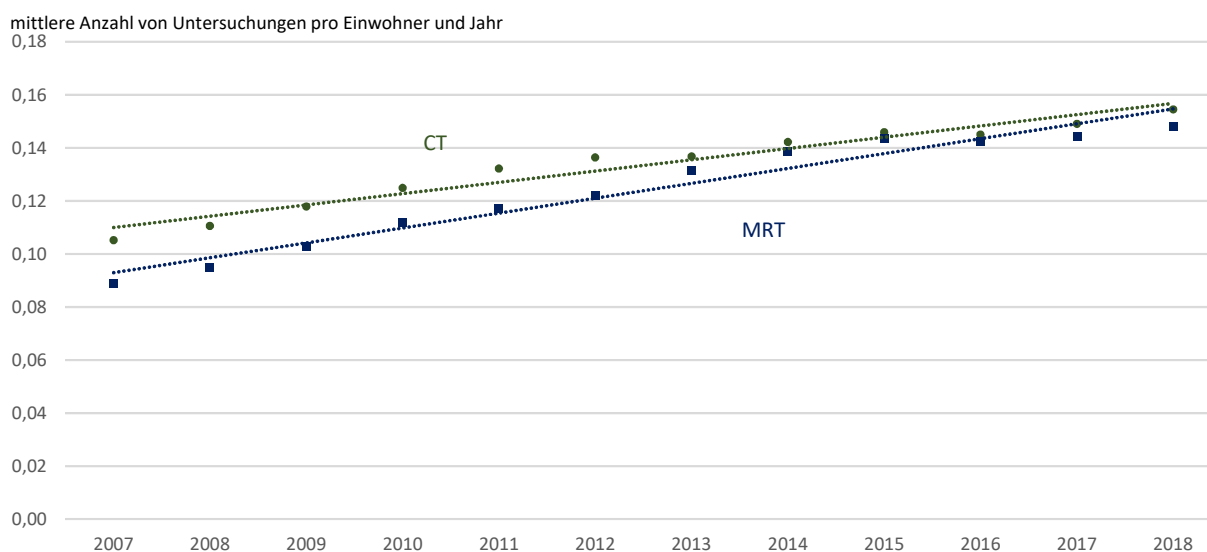


Abbildung B IV 1.4-1 Vergleich der Häufigkeit von CT- und MRT-Untersuchungen in Deutschland
(Comparison of frequencies of CT/MRT examinations in Germany)

Abbildung B IV 1.4-1 gibt die Häufigkeit aller MRT-Untersuchungen - also inklusive der Daten für den privaten ambulanten Sektor - für 2007 bis 2018 wieder. Demnach liegt im Jahr 2018 die Häufigkeit von MRT-Untersuchungen bei ca. 15 pro 100 Personen der deutschen Bevölkerung. Nach den PKV-Daten der Jahre 2016 bis 2018 werden ca. 11,5 % 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 2016 bis 2018 gleicht, erhält man die in [Abbildung B IV 1.4-1](#) gezeigte nahezu lineare Kurve. Demnach wären die Häufigkeiten für MRT-Untersuchungen für 2007 bis 2015 im Mittel um ca. 5 % 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 2018 - 12,5 % als Anteil an allen ambulant durchgeführten CT-Untersuchungen angenommen wurde. Demzufolge hätte für die Jahre vor 2016 eine Überschätzung der CT-Gesamthäufigkeit von ca. 4 % stattgefunden.

2. Therapeutische Strahlenanwendungen

Die Zahl der jährlich auftretenden Neuerkrankungen an Krebs in Deutschland wird für das Jahr 2016 auf ca. 258 520 Erkrankungen bei Männern und auf ca. 233 570 bei Frauen geschätzt. Für das Jahr 2020 wird eine Zunahme der neu diagnostizierten Krebserkrankungen auf rund 510 000 Erkrankungsfälle prognostiziert [1]. 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. Anderenfalls 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 Tumoren, 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.

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 ± 12 % durchgeführten Strahlentherapien ermittelt. [Tabelle T IV.2](#) schlüsselt diese Zahl auf den ambulanten und stationären sowie gesetzlich- und privatversicherten Bereich auf. Demnach wird die weit überwiegende Mehrzahl der Strahlentherapien im ambulanten Bereich durchgeführt.

Des Weiteren wurden die Daten nach den folgenden Parametern differenziert (siehe [Tabelle T IV.3](#)):

- Indikationsstellung/Diagnose
- Behandlungsanlass
- Therapieverfahren
- Bestrahlungsmodalität
- Techniken

Bei den Indikationsstellungen überwiegen leicht die entzündlichen Erkrankungen bzw. benignen Tumoren (55 %) gegenüber den malignen Erkrankungen (45 %). Bei den benignen Erkrankungen handelt es sich hierbei zu ca. 80 % um Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems und des Bindegewebes. Für die malignen Erkrankungen wurden die Strahlentherapien nach verschiedenen Diagnosegruppen (ICD-10-Code) differenziert. Die bösartigen Neubildungen der Brustdrüse (C50) stellen mit ca. 25 % den größten Anteil dar, gefolgt von den bösartigen Neubildungen ungenau bezeichneter, sekundärer Lokalisationen (C76-C80) mit ca. 23 % sowie den bösartigen Neubildungen der Atmungsorgane und sonstiger intrathorakaler Organe (C30-C39) mit ca. 13 %.

Kurativ und palliativ intendierte Behandlungen konnten nicht anhand der Abrechnungsstatistiken differenziert werden. Hierzu wurden die Ergebnisse der ergänzenden Erhebung herangezogen, die die Lücken der Statistiken füllen sollten. An dieser Erhebung haben ca. 30 % der insgesamt 455 im Jahr 2016 bei der DEGRO registrierten strahlentherapeutischen Einrichtungen teilgenommen.

Die Differenzierung der Therapieverfahren sowie der verschiedenen Bestrahlungsmodalitäten wurde allein auf Basis der Abrechnungsstatistiken unter Zuhilfenahme einiger Hilfsrechnungen und Annahmen vorgenommen. Bei der Differenzierung der verschiedenen Techniken wurde hingegen teilweise auch auf die Ergebnisse der begleitenden Erhebung zurückgegriffen.

[Tabelle T IV.4](#) untergliedert die durchgeführten Strahlentherapien in Geschlecht und Altersgruppen. Die Alterskategorien sind zwischen dem 40. und 80. Lebensjahr weitgehend gleich verteilt, wobei vermutlich im jüngeren Alter die benignen und im höheren Alter die malignen Erkrankungen dominieren dürften.

Eine Aktualisierung der o. a. Zahlen für die Folgejahre ist möglich, jedoch nur in einem größeren Rahmen. Hinter einigen Zahlen stecken hochkomplexe Berechnungen sowie diverse Annahmen, für die entsprechende strahlentherapeutische Expertise notwendig ist. Im Ressortforschungsvorhaben [2] wurden auch Daten der Jahre 2015 bis 2017 verarbeitet. Die Anzahl der durchgeführten Strahlentherapien bewegt sich über diese drei Jahre auf einem gleichbleibenden Niveau.

Ausblickend sei erwähnt, dass zum 1. April 2020 ein neuer einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM) eingeführt wurde (für den Bereich der Strahlentherapie erst zum 01.01.2021). Hierbei wurde dem technischen Fortschritt Rechnung getragen. So werden die verschiedenen Verfahren und Bestrahlungsmodalitäten im neuen EBM präziser abgebildet. Bei einer Fortschreibung der Zahlen müssten dann die alten EBM-Ziffern in die neue Struktur transkodiert werden. Analog gilt für die Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ), die derzeit noch neu verhandelt wird.

Literatur

- [1] Krebs in Deutschland für 2015/2016. 12. Ausgabe. Robert Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e. V. (Hrsg) Berlin, 2019; www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/kid_2019/krebs_in_deutschland_2019.pdf?__blob=publicationFile
- [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. Medizinische Forschung

Im Jahr 2020 wurden vom BfS 68 Genehmigungsverfahren nach § 31 StrlSchG und 373 Anzeigeverfahren nach § 32 StrlSchG zur Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen zum Zweck der medizinischen Forschung positiv abgeschlossen (Vorjahr: 69 Genehmigungen nach § 31 StrlSchG und 357 Anzeigen nach § 32 StrlSchG) und 54 anderweitig abgeschlossen. Die Zahl der jährlichen Einreichungen nimmt seit 2001 kontinuierlich zu (siehe **Abbildung B IV 3-1**).

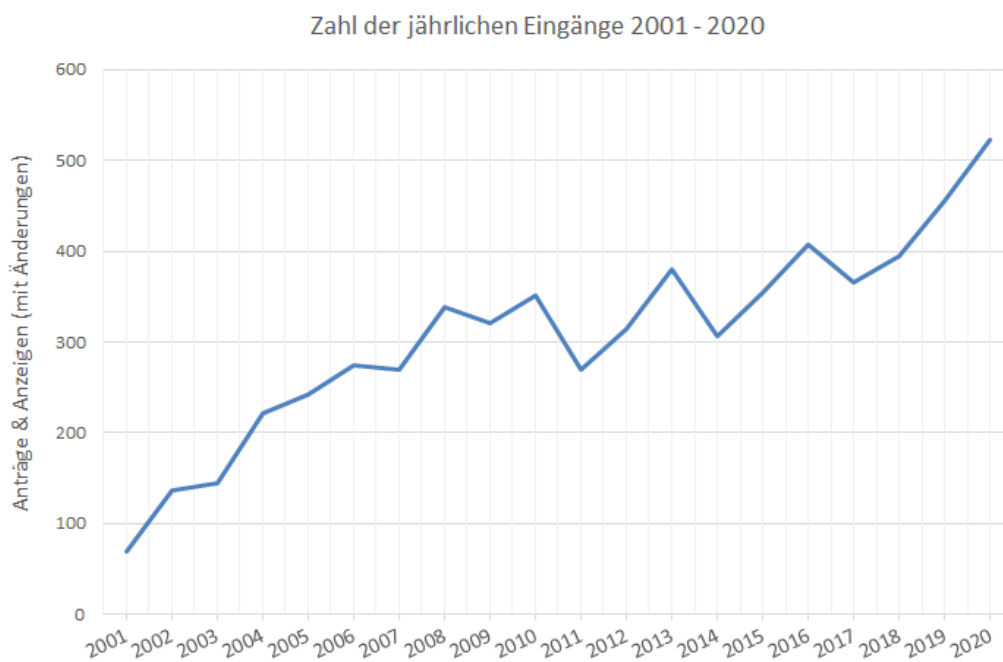


Abbildung B IV 3-1 Jährliche Anzahl der eingegangenen Anträge gemäß § 31 StrlSchG und Anzeigen gemäß § 32 StrlSchG
(*Annual number of applications received under Section 31 StrlSchG and notifications under Section 32 StrlSchG*)

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 bedeutsamen 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 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, kurzfristig in Form von kurzfristigen Informationen auf der Homepage des BfS in anonymisierter Form veröffentlicht werden.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben wurde gemäß § 111 Abs. 2 StrSchV 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 2020 lagen der zentralen Stelle Mitte Juli 2021 Informationen zu 130 Erstmeldungen vor. Zu 113 Erstmeldungen lagen Abschlussmeldungen vor, die ausgewertet wurden. Bei elf Abschlussmeldungen wurde durch die zuständige Behörde und / oder das BfS festgestellt, dass es sich um kein Vorkommnis bei der Anwendung am Menschen handelte, oder dass das berichtete Vorkommnis nicht bedeutsam war. Die Meldungen zu Vorkommnissen bezogen sich ausschließlich auf medizinische Expositionen. Zu Expositionen von untersuchten Personen bei nichtmedizinischen Anwendungen erfolgten keine Meldungen. [Tabelle T IV.5](#) zeigt die Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse mit Abschlussmeldung.

Die mit Abstand meisten Meldungen sind aus dem Bereich der Strahlentherapie zu verzeichnen. Diese betrafen zu ca. 30 % Bestrahlungsplanverwechslungen. Hier kann nur 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]). Die meisten Meldungen in der Strahlentherapie betrafen Personenverwechslungen (40 %). Obwohl von strahlentherapeutisch behandelten Patienten vor Therapiebeginn in der Regel Portraitfotos erstellt werden, kamen derartige Verwechslungen trotzdem vor. Zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. Patientenarmbänder oder Handscanner, können hier die Fehlerquote reduzieren.

Lediglich ein Drittel aller Abschlussmeldungen betrafen die Röntgendiagnostik. So erfolgten im Jahr 2020 nur zwanzig Meldungen aus dem Bereich Computertomographie. In Anbetracht der ca. 13 Millionen CT-Untersuchungen, die pro Jahr in Deutschland durchgeführt werden, erscheint diese Anzahl sehr gering.

Literatur

- [1] Bundesamt für Strahlenschutz, www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/fachinfo/ion/empfehlungen-risiko-analyse.html (abgerufen am 22.04.2020)

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 „Radionukliden ohne HRQ und Sonstiges“ (siehe [Tabelle T V.3](#)), „umschlossene hochradioaktive Quellen (HRQ)“ (siehe [Tabelle T V.4](#)) und „Sonstiges“ (siehe [Tabelle T V.5](#)) zusammen.

Die Gesamteinfuhr an Radionukliden in Gigabecquerel (GBq) hat sich 2020 gegenüber dem Vorjahr in etwa verdoppelt und liegt damit wieder auf dem Niveau von 2018. Die Zunahme gegenüber 2019 wird hauptsächlich durch die Einfuhr von Co-60 aus Kanada verursacht. Mit gut 48 PBq trägt Co-60 aus Kanada zu mehr als 60 % der Aktivität der Gesamteinfuhr an Radionukliden bei.

Die Einfuhr von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen ist gegenüber 2019 um gut 20 % gestiegen und liegt jetzt leicht über dem Niveau von 2017 und 2018.

Die in [Tabelle T V.2](#) dargestellte Gesamtausfuhr an Radionukliden setzt sich analog aus „Radionukliden ohne HRQ und Sonstiges“ (siehe [Tabelle T V.7](#)), „umschlossene hochradioaktive Quellen (HRQ)“ (siehe [Tabelle T V.8](#)) und „Sonstiges“ (siehe [Tabelle T V.9](#)) zusammen.

Die Gesamtausfuhr von Radionukliden in GBq liegt in etwa auf dem Vorjahresniveau.

Die Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe liegt 2020 mit einem Minus von gut 5 % gegenüber 2019 ebenfalls in etwa auf dem Vorjahresniveau und damit erneut deutlich (Faktor 7) über dem Niveau der Jahre 2016 - 2018.

In den Tabellen [T V.3](#) bis [T V.10](#) werden auf Grund der einheitlichen Darstellung aller Tabellen in der Einheit GBq bzw. kg Einzelwerte, die unterhalb von 50 MBq bzw. 50 g liegen, gerundet 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 Strahlenquellen HRQ und Sonstiges)

[Tabelle T V.3](#) (a-c) gibt die Aktivitäten der eingeführten radioaktiven Stoffe wieder; ausgenommen sind hier umschlossene hochradioaktive Strahlenquellen HRQ gemäß StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4, Aktivierungsprodukte (Bestrahlungsproben und aktivierte Anlagenteile), kontaminierte Werkzeuge sowie sonstige radioaktive Gemische.

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

In Summe ist die Aktivität der eingeführten Radionuklide ohne HRQ gegenüber 2019 nahezu unverändert geblieben. Bei den einzelnen Radionukliden gibt es aber teilweise erhebliche Änderungen gegenüber dem Vorjahr. Besonders starke prozentuale Rückgänge gab es bei Ni-63 (-89 %) und Pm-147 (-96 %). Das entspricht absolut einem Minus von gut 8 TBq bei Ni-63 und knapp 9 TBq bei Pm-147. Auf die Gesamtsumme wirken sich die Rückgänge bei der Einfuhr von Lu-177 (-19 %) und Kr-85 (-41 %) mit einem Minus von 28 TBq bzw. 11 TBq gegenüber 2019 jedoch wesentlich deutlicher aus. Bei der Einfuhr ist bei Sr-90+ mit einem Plus von 39 TBq ein erheblicher Zuwachs zu verzeichnen. 2019 lag die Einfuhr von Sr-90+ lediglich im einstelligen GBq-Bereich. Auch bei C-14, Mo-99+, Cs-137+, Ho-166 und Po-210 gab es gegenüber 2019 prozentual deutliche Zuwächse, die Summe dieser Radionuklide bewirkt aber nur ein absolutes Plus von 12 TBq.

Tritium in Form von Tritiumgaslichtquellen (LQ) wurde im Berichtszeitraum mit einer Aktivität von 5 340 GBq eingeführt, im Wesentlichen aus der Schweiz (71 %), gefolgt von Kanada (23 %) und den Vereinigten Staaten (6 %). Das als Tritiumgaslichtquelle eingeführte Tritium ist in [Tabelle T V.3](#) in den Werten für die Gesamteinfuhr von Tritium enthalten. Leuchtstoffe (LU) wurden nicht eingeführt.

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 und Ir-192.

97 % der Gesamtaktivität der als HRQ eingeführten Radionuklide entfällt auf Co-60. Die Einfuhr von Co-60 erfolgte hauptsächlich aus Kanada (64 %), gefolgt von der Russischen Föderation (29 %) und der Schweiz (7 %).

Einfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen, kontaminierten Werkzeugen und sonstigen radioaktiven Gemischen

In [Tabelle T V.5](#) sind die Aktivitätswerte der Einfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen (0,021 GBq), kontaminierten Werkzeugen (0,363 GBq) sowie von sonstigen radioaktiven Gemischen (343,8 GBq) separat ausgewie-

sen, da diese definitionsgemäß nicht in den Tabellen T V.3 und T V.4 berücksichtigt werden. In Tabelle T V.1 sind diese Werte als „Sonstiges“ zusammengefasst.

Einfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe

Tabelle T V.6 zeigt die Gesamteinfuhr des Jahres 2020 von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in Kilogramm. Die Schwerpunkte liegen bei Natururan als größtem Posten, gefolgt von angereichertem Uran mit einem Anreicherungsgrad bis zu 10 %. Hochangereichertes Uran und Plutonium wurde nur im Milligrammbereich eingeführt.

Das unter „sonstige“ aufgeführte abgereicherte Uran stellt das in Abschirm-, Transport- und Lagerbehältern (z. B. für umschlossene Strahlenquellen) enthaltene Uran dar. Hierin sind sowohl die Behälter der Länder zusammengefasst, aus denen ansonsten keine Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe eingeführt wurden, als auch diejenigen der Länder, die in Tabelle T V.6 namentlich aufgeführt sind.

1.3 Ausfuhrstatistik

Ausfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne Strahlenquellen HRQ)

Tabelle T V.7 gibt die Aktivitäten der ausgeführten radioaktiven Stoffe wieder; ausgenommen sind hier umschlossene hochradioaktive Strahlenquellen HRQ gemäß StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4, Aktivierungsprodukte (Bestrahlungsproben und aktivierte Anlagenteile), kontaminierte Werkzeuge sowie sonstige radioaktive Gemische.

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

In Summe hat sich die Aktivität der ausgeführten Radionuklide ohne HRQ gegenüber 2019 nahezu verdoppelt, liegt aber immer noch deutlich unter dem Wert von 2018. Die deutlichsten Zuwächse sind dabei bei I-131 (plus 179 TBq), Y-90 (plus 31 TBq) und H-3 (plus 3 TBq) zu verzeichnen. Bei einigen Radionukliden gab es prozentual deutliche Rückgänge gegenüber 2019. Zu nennen sind hier Am-241 (-81 %), Ge-68+ (-76 %) und Pm-147 (-60 %). Absolut bedeuten diese Zahlen aber jeweils nur Rückgänge von 2,7 TBq, 1,7 TBq bzw. 2,3 TBq. Im Lichte der Zuwächse bei I-131 und Y-90 erscheinen diese Werte daher vernachlässigbar. 54 % der Gesamtaktivität der im Jahr 2020 ausgeführten Radionuklide ohne HRQ entfällt auf I-131. Im Vorjahr betrug dieser Anteil nur 17 %.

Tritium in Form von Tritiumgaslichtquellen (LQ) wurde im Berichtszeitraum mit einer Aktivität von 1 820 GBq ausgeführt, im Wesentlichen in die Vereinigten Staaten (45 %) und die Schweiz (42 %), gefolgt von Norwegen (13 %). 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.

Ausfuhr umschlossener hochradioaktiver Strahlenquellen HRQ

Die Gesamtausfuhr an umschlossenen hochradioaktiven Strahlenquellen (HRQ) (Tabelle T V.8) ist auf dem Niveau des Vorjahres geblieben. Wie im Vorjahr wurden die Radionuklide Co-60, Se-75, Cs-137, Ir-192 und Am-241 als HRQ ausgeführt, wobei sich die Verteilung hin zu Ir-192 verschoben hat, das mit 822 TBq in diesem Jahr 43 % der Gesamtaktivität der ausgeführten HRQ ausmacht (20 % im Jahr 2019). 802 TBq davon wurden in die VR China ausgeführt.

Ausfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen, kontaminierten Werkzeugen und sonstigen radioaktiven Gemischen

In Tabelle T V.9 sind die Aktivitätswerte der Ausfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen (155 kBq), kontaminierten Werkzeugen (11,2 GBq) sowie von sonstigen radioaktiven Gemischen (100,5 GBq) separat ausgewiesen, da diese definitionsgemäß nicht in Tabelle T V.7 und Tabelle T V.8 berücksichtigt werden. In Tabelle T V.2 sind diese Werte als „Sonstiges“ zusammengefasst.

Unbestrahlte Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe

Tabelle T V.10 zeigt die Gesamtausfuhr an unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in Kilogramm.

Die Ausfuhrmenge liegt 2020 mit 6,5 Mio kg nur um gut 5 % unter der Menge von 2019 und damit abermals deutlich über dem Niveau der Jahre 2016 bis 2018, in denen die Menge jeweils unter 1 Mio kg lag.

Der größte Posten finden sich wie 2019 wieder bei der Ausfuhr von abgereichertem Uran in die Russische Föderation. Dieser Posten macht mit 5,9 Mio kg 90 % der Gesamtausfuhrmasse an Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen aus. Uran mit höheren Anreicherungsgraden als 10 % ist im Berichtszeitraum nicht ausgeführt worden, Thorium nur im zweistelligen Grammbereich.

Analog zur Einfuhr (Tabelle T V.6) stellt das unter „sonstige“ aufgeführte abgereicherte Uran das in Abschirm-, Transport- und Lagerbehältern (z. B. für umschlossene Strahlenquellen) enthaltene Uran dar. Hierin sind sowohl die Behälter der Länder zusammengefasst, in die ansonsten keine Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe ausgeführt wurden, als auch diejenigen der Länder, die in Tabelle T V.10 namentlich aufgeführt sind.

1.4 Genehmigungen und Anmeldungen

Tabelle T V.11 zeigt die Gesamtzahlen der Anmeldungen und Genehmigungen im Jahr 2020.

Im Berichtszeitraum gingen 2804 Einfuhranmeldungen (2019: 2596) sowie 7041 Ausfuhranmeldungen (2018: 7697) nach § 13 StrlSchV ein. Die Zahl der bearbeiteten Belege ist damit im Vergleich zum Vorjahr in Summe um ca. 5 % gesunken.

Im Berichtszeitraum wurden vom BAFA 24 Einfuhr- und 57 Ausfuhrgenehmigungen für unbestrahlte Kernbrennstoffe nach § 3 AtG sowie 37 Einfuhr- und 45 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 auf Grund der Überschreitung des 10-fachen HRQ-Grenzwertes (StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 4) nicht mehr im Anmeldeverfahren zulässig ist. Genehmigungen zur Ausfuhr für diejenigen sonstigen radioaktiven Stoffe, deren Aktivität das 10^8 -fache der Freigrenzen gemäß StrlSchV Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 2 pro Versandstück überschreitet, wurden nicht erteilt.

Ferner wurden im Jahr 2020 insgesamt 7 Genehmigungen für die Ein- und Ausfuhr von Konsumgütern gemäß § 42 StrlSchG erteilt, welche jeweils eine Gültigkeit von zwei Jahren haben. 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 innergemeinschaftlicher 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 zur Erteilung von atomrechtlichen Beförderungsgenehmigungen für alle Verkehrsträger gemäß § 4 Atomgesetz für Kernbrennstoffe und §§ 27 und 29 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) für Großquellen. Die Genehmigung der Beförderung sonstiger radioaktiver Stoffe liegt in der Zuständigkeit der Länder.

Gemäß Gefahrgutbeförderungsgesetz und den darauf beruhenden Verordnungen ist das BASE außerdem u.a. zuständig für die Erteilung von verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigungen sowie für die Zulassung und Anerkennung von Transportbehältern.

Für die Entsorgung von Standard- und Nicht-Standard-Brennelementen aus Druckwasserreaktoren wurde im Dezember 2020 eine Revision der Zulassung für den Transport- und Lagerbehälter CASTOR[®] V/19 erteilt, die die Erweiterung des bisher zugelassenen Inventars umfasst.

Anfang November 2020 fand ein Transport von 6 Behältern des Typs CASTOR[®] HAW28M von der Wiederaufarbeitungsanlage in Sellafield (Großbritannien) zum Standortzwischenlager am Kernkraftwerk Biblis statt.

Dieser Transport wurde im Rahmen der Rückführung der aus der Wiederaufarbeitung von bestrahlten Kernbrennstoffen aus Deutschland angefallenen hochradioaktiven Abfälle durchgeführt.

Auf internationalem Gebiet wurde die Mitarbeit des BASE bei der Weiterentwicklung der Sicherheitsstandards zum Transport radioaktiver Stoffe bei der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) fortgesetzt.

2.1 Übersicht über Zulassungen, Beförderungsgenehmigungen und Transporte radioaktiver Stoffe

Gemäß den gefahrgutrechtlichen Regelungen wurden 2020 vom BASE insgesamt 4 Zulassungen für Transportbehälter und 3 deutsche Anerkennungen ausländischer Zulassungen erteilt.

Im Jahr 2020 wurden vom BASE insgesamt 64 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.

2020 wurden insgesamt 362 Transporte mit Kernbrennstoffen (s. **Tabelle T V.12**) durchgeführt, davon entfallen 24 auf Transporte innerhalb Deutschlands, 131 auf den Export, 60 auf den Import und 147 Transporte entfallen auf den Transitverkehr. Mit Großquellen wurden 17 Transporte durchgeführt.

2.2 Beförderung radioaktiver Stoffe im Schienen- und Schiffsverkehr der Eisenbahnen (Überarbeitungsstand BJ 2019)

Daten des Eisenbahn-Bundesamtes

Für dieses Kapitel waren Daten für das Berichtsjahr 2020 bei Redaktionsschluss nicht verfügbar. 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 2019 wurden insgesamt 255 Wagenladungen mit sonstigen radioaktiven Stoffen, verteilt auf 56 Züge, befördert. Zwei der Beförderungen waren nach § 28 StrlSchG genehmigungsfrei, alle anderen fanden auf Grundlage der vom Eisenbahn-Bundesamt erteilten § 27 StrlSchG Genehmigungen statt. Insgesamt wurden pro Beförderung mehr Wagenladungen befördert als im Jahr 2018.

Ein Vergleich zu den Vorjahren ist in [Tabelle T V.13](#) aufgeführt. Gegenüber dem Vorjahr wurden 38 Wagenladungen mehr befördert. Deutlich zugenommen haben die Beförderungen von Uranhexafluorid. Demgegenüber steht eine Abnahme der Transporte von Uranerz. Von den durchgeführten Beförderungen setzte sich keine hinsichtlich Transportgut oder Aktivität von den übrigen nennenswert ab. Die Aktivität der Beförderungen ist erheblich geringer als im Vorjahr. 2018 waren 97 % der Aktivitäten auf 10,5 % der beförderten Wagenladungen entfallen, was im Wesentlichen auf Transporte von Kerneinbauten zur Zwischenlagerung zurückzuführen war. [Abbildung B V 2.2-1](#) zeigt die Entwicklung der transportierten Wagenladungen seit 2009.

[Tabelle T V.14](#) gibt einen Überblick hinsichtlich der Anzahl der Transporte mit der Eisenbahn in Abhängigkeit der jeweiligen rechtlichen Grundlage der erteilten Beförderungsgenehmigung.

[Tabelle T V.15](#) listet die Anzahl der Wagenladungen auf, spezifiziert nach der atomrechtlichen Bezeichnung der beförderten radioaktiven Stoffe und nach den gefahrgutrechtlichen UN-Nummern. Beförderungen nach § 4 AtG (Kernbrennstoffe) fanden nicht statt.

[Tabelle T V.16](#) 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.17](#) listet den Anteil der überwachten Transporte sowie die bei den Überprüfungen festgestellte Mängelquote auf. Von den 56 Beförderungen über Eisenbahnen des Bundes wurden 16 Beförderungen im Jahr 2019 überwacht, wobei 57 Wagen kontrolliert wurden. In zwei Fällen wurden Mängel festgestellt.

In [Tabelle T V.18](#) ist die Anzahl der Mängel, differenziert nach der Gefahrenkategorie, aufgelistet. Mängel mit radiologischer Relevanz traten nicht auf.

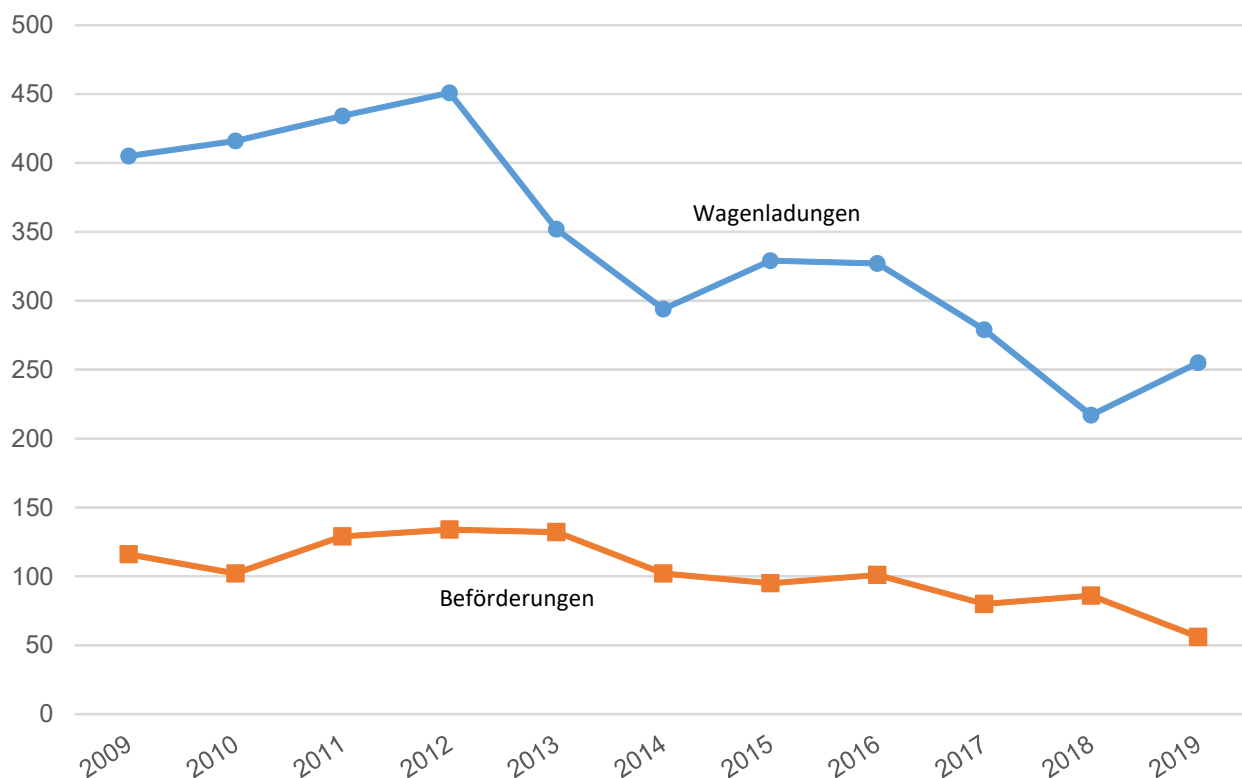


Abbildung B V 2.2-1 Entwicklung der transportierten Wagenladungen seit 2009

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, Absatz 3a, Satz 3 definiert.

3.1 Behördliche Kontrolle der Nutzung ionisierender Strahlung

Im Jahr 2020 waren in Deutschland 9 523 Genehmigungen zum Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen gemäß § 12 Abs. 1 Nr. 3 StrlSchG gültig. Die Zahlen dieser Genehmigungen sind in [Tabelle T V.19](#) und [Tabelle T V.20](#) angegeben, davon waren

- 24 % im Bereich der Medizin einschließlich der medizinischen Forschung und Lehre,
- 20 % im Bereich Forschung und Lehre außerhalb der Medizin,
- 49 % im Bereich Industrie, gewerblicher Wirtschaft und
- 7 % in sonstigen Bereichen (z. B. Behörden) registriert.

In [Tabelle T V.21](#) ist die Zahl der Behördliche Kontrolle der Nutzung ionisierender Strahlung mit Genehmigungen nach § 12 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchG im Jahr 2020 in einer Übersicht, aufgeschlüsselt auf die Bundesländer, wiedergegeben. Von diesen im Rahmen einer Betriebsgenehmigung laufenden Anlagen haben 7 % einer Genehmigung zur Errichtung bedurft. Insgesamt sind die o. g. Anlagen zu 76 % auf Anwendung am Menschen, zu 12 % auf Anlagen in Forschung und Lehre, zu 11 % auf Anlagen in Industrie bzw. gewerblicher Wirtschaft und zu 1 % auf Anlagen in sonstigen Bereichen verteilt.

[Tabelle T V.22](#) ist eine Übersicht der gültigen Genehmigungen im Jahr 2020 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.23](#) ist in einer Übersicht die Zahl der im Jahr 2020 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 2020 können der Übersicht in [Tabelle T V.24](#) entnommen werden. Bei den insgesamt 12 170 durchgeführten Dichtheitsprüfungen wurden 9 Präparate als undicht ermittelt. Davon betroffen waren eine Eisen-55-Quelle, eine Natrium-22-Quelle, eine Americium-241-Quelle und sechs Cobalt-60-Quellen. Eine genaue Aufschlüsselung ist ebenfalls der [Tabelle T V.24](#) zu entnehmen.

In [Tabelle T V.25](#) ist in einer Übersicht die Zahl der im Jahr 2020 erstatteten Anmeldungen nach § 145 Absatz 2 StrlSchG und nach § 159 Absatz 2 StrlSchG aufgeführt.

In den [Tabellen T V.26](#), [T V.27](#) und [T V.28](#) ist eine Übersicht über die Gesamtzahl der Genehmigungen und Anzeigen für Röntgeneinrichtungen im Jahr 2020, unterteilt auf die Bereiche „Humanmedizin“, „Zahnmedizin und Tiermedizin“ sowie „Technik / Nichtmedizin“, für die einzelnen Bundesländer dargestellt. Die Gesamtzahl der genehmigten Störstrahler betrug 1 605 und ist für die Bundesländer in [Tabelle T V.28](#) gesondert aufgeführt. 19 % der nach § 12 Abs. 1 Nr. 4 StrlSchG genehmigten Röntgeneinrichtungen werden für die technische Radiographie zur Grobstrukturanalyse eingesetzt. Im Jahr 2020 wurden im technischen Bereich 11 759 Röntgeneinrichtungen gemäß § 19 Abs. 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. wissenschaftlichen Instrumenten, elektronischen Bauteilen, Leuchtstoffröhren, Ionisationsrauchmeldern, Gasglühstrümpfen, Schweißelektroden und keramischen Gegenständen, enthalten sein. Der Umgang mit diesen radioaktiven Stoffen wird durch ein differenziertes Zulassungssystem 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 (mit Tabelle ausführlich erläutert in [1]).

Bei einigen technischen Prozessen werden Strahlenquellen zur Messung und Steuerung (z. B. für Füllstands-, Dicke- 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 Röntgengeräten, um sowohl die Arbeitnehmer als auch die Bevölkerung vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen.

3.3 Hochradioaktive Quellen (HRQ)

Bis zum Ende des Jahres 2020 wurden insgesamt 732 Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten in das Register für hochradioaktive Strahlenquellen aufgenommen. 82 Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register erteilt.

In der Datenbank der hochradioaktiven Strahlenquellen wurden bis Ende 2020 246 000 Meldungen zu 57 300 registrierten Strahlenquellen über deren Erhalt und Abgabe aufgenommen. Von diesen 57 300 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.29](#) 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 bauartzugehörigen Störstrahlern sind in § 17 der StrSchV auf 1 $\mu\text{Sv/h}$ in 0,1 m Abstand festgelegt.

3.5 Konsumgüter und sonstige Anwendungen

Das StrSchG verbietet zum Schutz des Verbrauchers den Zusatz von radioaktiven Stoffen zu bzw. die Aktivierung von bestimmten Produkten wie z. B. Spielwaren, Schmuck, Lebensmittel und Tabakerzeugnisse.

Es regelt 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 des Gebrauchs.

3.6 Bestand radioaktiver Abfälle

Nachfolgend ist der Bestand an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen zum 31. Dezember 2020 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 Abfallgebilde (G1) von der BGE als endlagerfähig bestätigt, liegt ein „produktkontrolliertes Abfallgebilde“ (G2) vor, welches vom Endlager zur Einlagerung abgerufen werden kann. Eine Übersicht über die Mengen vernachlässigbar Wärme entwickelnder radioaktiver Stoffe für das Jahr 2020 liefert [Tabelle T V.30](#).

Insgesamt existierte bei allen Abfallverursachern am 31. Dezember 2020 ein Bestand an Rohabfällen und vorbehandelten Abfällen - mit dem Endlagerziel Konrad oder einem anderen - von 20 336 t. Der Bestand an Abfallprodukten in Innenbehältern belief sich auf 18 346 m^3 , von denen 5 489 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 108 842 m^3 , von denen 2 936 m^3 vollumfänglich produktkontrolliert sind und vom zukünftigen Endlager Konrad abgerufen werden könnten. Lediglich 145 m^3 und 26 t an radioaktiven Abfällen sind derzeit nicht für das Endlager Konrad vorgesehen.

Detaillierte Angaben zum Bestand der vernachlässigbar Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle ohne Differenzierung des Endlagerziels zum 31. Dezember 2020 für die einzelnen Abfallverursacherguppen sind in [Tabelle T V.31](#) 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 zirka 25 m^3 aus der Wiederaufarbeitung in Karlsruhe (WAK), die im Zwischenlager Nord gelagert werden. Eine Übersicht nach Verursacherguppen gibt [Tabelle T V.32](#).

Bis zum 31.12.2020 sind in Deutschland 16 024 Tonnen Schwermetall (tSM) in Form von bestrahlten Brennelementen aus Leistungsreaktoren angefallen (Vorjahr: 15 777 tSM). Hierin enthalten sind bestrahlte Brennelemente aus den in Betrieb befindlichen und den stillgelegten Kernkraftwerken sowie aus den Kernkraftwerken, die keine Genehmigung zum Leistungsbetrieb mehr besitzen. Von der o. a. Gesamtmenge wurden ca. 6 670 Tonnen Schwermetall an die Wiederaufarbeitungsanlage AREVA NC (vormals COGEMA) in Frankreich, an die Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield Ltd. (vormals BNFL) in Großbritannien und an die WAK in Karlsruhe abgegeben sowie in sonstigen Anlagen im europäischen Ausland entsorgt.

Zusätzlich sind in Deutschland insgesamt ca. 190 Tonnen Schwermetall 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.33](#)).

Ein Großteil der für das Jahr 2020 nach § 170 StrlSchV gemeldeten Vorkommnisse sind Funde von radioaktivem Material, die meist durch eine nicht ordnungsgemäße Entsorgung des radioaktiven Stoffes verursacht wurden. Dabei kam es in keinem Fall zu einer hohen radiologischen Gefährdung.

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-medizin/bevomed/bevomed_node.html) erfasst. Die Meldung eines bedeutsamen Vorkommnisses in der Medizin erfolgt elektronisch durch die zuständige Behörde an die zentrale Stelle im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), die diese Vorkommnisse regelmäßig systematisch wissenschaftlich auswertet. 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 V1, Physikalische Eigenschaften und Wirkungen nichtionisierender Strahlung, beschrieben.

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

Aktuelle Herausforderungen für den Strahlenschutz betreffen vorrangig neue Technikentwicklungen, die begleitende Forschung zum Strahlenschutz beim Stromnetzausbau und das gleichzeitige Einwirken elektromagnetischer Felder von mehreren Quellen.

Technische Weiterentwicklungen sind vor allem bei der drahtlosen Kommunikations- und Energieübertragungstechnik, mit Hauptaugenmerk auf den neuen Mobilfunkstandard 5 G, aber auch der Sicherheitstechnik und der Elektrizitätsversorgung zu beobachten. Die Elektromobilität wirft neue Fragen auf, aber auch Anwendungen elektromagnetischer Felder zu medizinischen oder kosmetischen Zwecken sind stark im Kommen.

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. Ältere wissenschaftliche Untersuchungen haben für magnetische Flussdichten unterhalb von etwa 4 Tesla keine direkten negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf den menschlichen Körper gefunden.

Forschungsvorhaben zeigten, dass es durch die Einführung von Magnetresonanztomographen (MRT) mit höheren magnetischen Flussdichten zu keiner Beeinträchtigung des bedienenden Personals kommt.

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. Bundesimmissionschutzverordnung (26. BImSchV) muss jedoch eingehalten werden. Zudem sind bei der Errichtung und wesentlichen Änderung von Anlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

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 und der Umwelt zu rechnen.

Im Gegensatz zu Wechselstromfreileitungen treten in der Nähe von Gleichstromtrassen auch statische elektrische Felder auf, die bisher wenig erforscht sind. Es wird auch verstärkt zur Ionisierung von Luftpartikeln kommen. Beide Phänomene müssen in naher Zukunft verstärkt erforscht werden.

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 im Körper induzierte elektrische Feldstärke. Die Grenzwerte, zum Beispiel in der 26. Bundesimmissionschutzverordnung (26. BImSchV), werden davon 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.

Offene Fragen bei bestehenden Grenzwerten

Epidemiologische Studien deuten bei beruflicher Exposition mit starken niederfrequenten Magnetfeldern darauf hin, dass verstärkt neurodegenerative Erkrankungen auftreten könnten. Es scheint vor allem bei der Alzheimer-Demenz und der Amyotrophen Lateralsklerose (ALS: Schädigung der Nervenzellen, die Muskelbewegungen steuern), nicht aber bei der Parkinson-Krankheit und der Multiplen Sklerose einen statistischen Zusammenhang zu geben. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen niederfrequenten Magnetfeldern und diesen Krankheiten konnte jedoch bislang nicht nachgewiesen werden. Die Fragen zu Mechanismen, die an der Entstehung und am Verlauf von Alzheimer-Demenz und ALS beteiligt sind, sind ungeklärt und werden im neuen Forschungsprogramm untersucht.

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

So kann der in mehreren 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 niederfrequenten Magnetfeldern und dem Auftreten von degenerativen Erkrankungen des Nervensystems (z. B. Amyotrophe Lateralsklerose/ALS, Alzheimer-Demenz) können derzeit nicht abschließend beurteilt werden. Bei den HGÜ-Freileitungen sind es vor allem Fragen zu einer erhöhten Wahrnehmung beziehungsweise Wahrnehmbarkeit elektrischer Felder und zu einer möglicherweise verstärkten Korona-Ionen-Wirkung, 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 39 Projekte aus 10 Themenfeldern. Die Beschreibung des Forschungsprogramms sowie den aktuellen Stand der Forschungsvorhaben können auf der Seite des BfS eingesehen werden: http://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau_node.html.

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

- Erfassung der Magnetfeldexposition der allgemeinen Bevölkerung (siehe Programmreport 2019, Seite 231 ff, (<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>))
- 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 Programmreport 2019, S 228 ff, (<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>))
- 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 (siehe Programmreport 2019 S. 234 ff, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)

1.5 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 beobachtet wurden.

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 zu möglichen Langzeitriskien für intensive 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) auch 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 aber nicht zu erwarten. Mögliche Auswirkungen würden - wenn überhaupt - hauptsächlich Haut und Augen betreffen. Hierzu hat das BfS weitere Forschung initiiert.

1.5.1 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 (siehe Programmreport 2019 S. 240 ff, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)
- Nutzung von Mobiltelefonen und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979 (siehe Programmreport 2019 S. 248 ff, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)
- Berücksichtigung aktueller Mobilfunkantennentechnik bei der HF-EMF-Expositionsbestimmung (siehe Programmreport 2019 S. 260, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)
- Machbarkeitsstudie eines auf Smartphone-Apps beruhenden Hochfrequenz-Messnetzwerkes zur Abschätzung der Exposition der Bevölkerung mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks (siehe Programmreport 2019 S. 261, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)
- Wirkungen auf Zellen der Körperoberfläche bei Expositionen mit Zenti- und Millimeterwellen (5G-Frequenzen) (siehe Programmreport 2019 S. 262, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)

1.5.2 Frequenzübergreifende Forschungsvorhaben (Hoch- und Niederfrequenz, gehört zu 1.3 und 1.5)

- Bewertende Literaturstudie zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf oxidative Prozesse bei Menschen sowie in Tier- und Laborstudien (siehe Programmreport 2019 S.237 ff, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>)
- Internationaler Workshop zum Einfluss elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die belebte Umwelt. Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020050821802>

1.5.3 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. 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>).

Im Jahr 2008 wurde die freiwillige Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber erneuert und im Februar 2012 ergänzt. Die Ergänzung der Selbstverpflichtung 2012 beinhaltet erneut die Förderung von wissenschaftlicher Forschung mit dem Schwerpunkt im Bereich Wissensmanagement und Risikokommunikation.

Ein letztes Forschungsvorhaben wurde 2018 begonnen:

- Nutzung von Mobiltelefon und Verlauf der Gliom-Inzidenz seit 1979 (siehe Programmreport 2019, S. 248 ff, (<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020100623424>))

Berichte über Forschungsvorhaben, die über die freiwillige Selbstverpflichtung mitfinanziert wurden, sind auf <http://doris.bfs.de> abrufbar.

Im April 2020 erfolgte eine Fortschreibung der freiwilligen Selbstverpflichtung mit dem Schwerpunkt Kleinzellen. Kleinzellen werden mit dem Rollout von 5G voraussichtlich zahlenmäßig zunehmen. Durch die Erweiterung verpflichten sich die Mobilfunkbetreiber, auch bei Kleinzellen dasselbe Schutzniveau einzuhalten, das für Basisstationen größerer Leistung durch die 26. BImSchV gesichert ist, auch wenn die 26. BImSchV für kleinere Basisstationen mit einer Sendeleistung von weniger als 10 Watt EIRP nicht gilt.

1.5.4 Überprüfung der freiwilligen Selbstverpflichtung mittels Gutachten

Durch unabhängige Gutachten wird seit 2002 in regelmäßigen Abständen überprüft, ob die Zusagen der Selbstverpflichtung eingehalten werden. Die Gutachten prüfen verschiedene Möglichkeiten, die Kommunen und die Öffentlichkeit besser mit Informationen zum Netzausbau und zu Mobiltelefonen zu versorgen. Die Ergebnisse des Gutachtens 2019, das im Juni 2020 veröffentlicht wurde, sind unter https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/580341/1/Mobilfunkgutachten_2019.pdf einsehbar.

1.6 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 sowie 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. Das KEMF führt außerdem das Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ fort.

1.6.1 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.

1.6.2 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, 1.5.1 und 1.5.2). 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 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 mehr Transparenz bei der Vermittlung und Kommunikation von Erkenntnissen im Bereich Strahlenschutz schaffen soll. 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 zu betrachten. Der RTEMF hat sich als Forum etabliert, auf 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 ist die Geschäftsstelle des RTEMF im KEMF angesiedelt.

1.8 Umweltzeichen „Blauer Engel“

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat bereits im Jahr 2001 empfohlen, „bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen“. Für Verbraucher stellt die Nutzung strahlungsarmer Produkte eine Möglichkeit zur Vorsorge gegenüber möglichen aber nicht nachgewiesenen Wirkungen elektromagnetischer Felder dar.

In den Folgejahren sind unter Mitwirkung des BfS für unterschiedliche Verbraucherprodukte Vergabegrundlagen für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ erarbeitet worden, in denen Anforderungen an die Strahlungseigenschaften beschrieben sind. Hersteller können die definierten Qualitätskriterien für die Geräteentwicklung nutzen.

Für strahlungsarme Mobiltelefone gilt der Kriterienkatalog DE-UZ 106: Geräte mit einem unter Laborbedingungen gemessenen SAR-Wert von höchstens 0,6 W/kg (also deutlich unter dem empfohlenen Expositionsgrenzwert von 2 W/kg), die zudem besonders umweltfreundlich konstruiert sind, konnten bis Mitte 2017 ausgezeichnet werden. Anders als Grenzwerte zum Schutz vor nachgewiesenen Wirkungen orientiert sich der niedrigere Wert am technisch Machbaren. Mitte 2017 erfolgte eine Überarbeitung der Vergabekriterien. Im Zuge dessen wurden für die Anwendungsfälle „Betrieb am Ohr“ und „Betrieb am Körper“ neue Höchstwerte von 0,5 W/kg und 1,0 W/kg festgelegt.

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 3 793 klassische Mobiltelefone, Smartphones und Tablets, wobei für 3 448 Geräte ein SAR-Wert für den Anwendungsfall „Betrieb am Ohr“ und für 1 871 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.

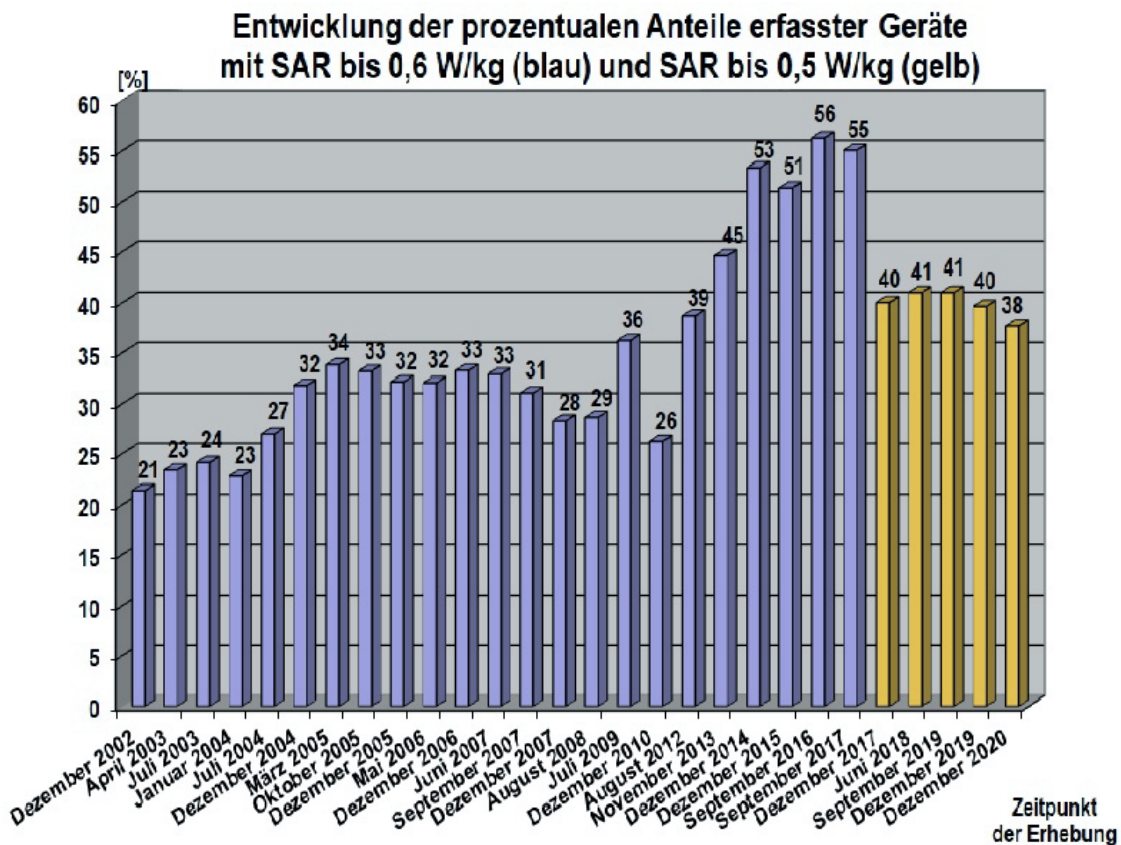


Abbildung B VI 1.4-1 Entwicklung des Anteils „strahlungsarmer“ Mobiltelefone (gemäß Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens „Blauer Engel“)
(Development of the number of low-radiation mobile phones according to the radiation protection criterion of the ecolabel "Blue Angel")

39 % der aktuell erhältlichen klassischen Mobiltelefone, Smartphones und Tablets weisen einen am Kopf ermittelten SAR-Wert von „kleiner/gleich 0,5 W/kg“ auf. Für eine Auszeichnung mit dem Umweltzeichen aus strahlenhygienischer Sicht müsste aber auch das neue zweite Strahlenschutzkriterium „SAR-Wert kleiner/gleich 1,0 W/kg in 0 mm Abstand gemessen“ für den Anwendungsfall „Betrieb des Handys am Körper“ erfüllt sein ([Abbildung B VI 1.4-1](#)).

Die für die Bewertung herangezogenen SAR-Werte beschreiben die von dem Gerät ausgehende maximale Exposition des Nutzers, wenn das Gerät zum Telefonieren am Ohr betrieben wird. Besonders Smartphones werden zunehmend, z. B. bei Datenübertragung, in unmittelbarer Nähe zu anderen Körperteilen verwendet. In der Prüfvorschrift für diese Expositionssituation war die Messposition nicht exakt festgelegt und die Messergebnisse für verschiedene Geräte daher nur eingeschränkt vergleichbar: Durfte früher bei einem Abstand von bis zu 25 Millimetern gemessen werden, sind seit 2017 nur noch Messungen in einem einheitlichem Abstand von 5 Millimetern 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. Die vom BfS befürwortete Anpassung der entsprechenden Prüfvorschrift ist erfolgt. Damit sind die Messergebnisse nun vergleichbarer und Geräte, die den international empfohlenen SAR-Höchstwert unter den neuen Nutzungsbedingungen nicht einhalten, werden vom Markt ferngehalten. Bei der 2017 erfolgten Überarbeitung des Kriterienkatalogs für den Blauen Engel wurde der Sachverhalt berücksichtigt.

Da nur sieben von insgesamt 3 793 Geräten der SAR-Werteliste des BfS einen am Körper in 0 mm Abstand gemessenen SAR-Wert aufweist, kann zur prozentualen Einhaltung des neuen Strahlenschutzkriteriums für diesen Anwendungsfall noch keine genaue Aussage gemacht werden. 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 „<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. 2018 und 2019 waren wie in den Vorjahren mehrere Modelle eines Herstellers mit dem „Blauen Engel“ ausgezeichnet.

Weitere Produkte, die ausgezeichnet werden können, wenn bestimmte Anforderungen an die Strahlungseigenschaften nachgewiesen werden, sind:

- Babyüberwachungsgeräte
- Haushaltslampen
- Router.

Hersteller strahlungsarmer Produkte nutzen den „Blauen Engel“ bislang leider nur vereinzelt.

2. Optische Strahlung

2.1 Solares UV-Monitoring

(ausführliche Informationen siehe [Grundlagenbericht](#) - VI - 5.1 UV-Strahlung)

Im Rahmen des deutschlandweiten solaren UV-Messnetzes des BfS/UBA (www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html) wurde im Jahr 2019 an elf repräsentativen Standorten in Deutschland kontinuierlich die bodennahe, solare UV-Strahlung spektral aufgelöst gemessen.

Um alle Bürger*innen verlässlich über die aktuelle solare UV-Belastung zu informieren, erweitert das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sein UV-Messnetz. Für den Ausbau nutzt das BfS die Infrastruktur seines Ortsdosisleistungs (ODL) -Messnetzes (www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/odl/odl.html) und ergänzt passende ODL-Sonden mit kompakten Breitbandradiometern. Im Jahr 2020 nahmen drei Breitbandradiometer-Stationen den aktiven Messbetrieb im solaren UV-Messnetz auf: Wasserkuppe bei Fulda (Rhön), Wasserlosen bei Schweinfurt und Weißenburg in Mittelfranken.

Die Messdaten aller Stationen werden in der BfS-Messnetzzentrale in Neuherberg/Oberschleißheim gesammelt, dokumentiert, gesundheitlich bewertet und regelmäßig als UV-Index (UVI) auf den Internetseiten des BfS (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. In den Wintermonaten von Oktober bis März werden 3-Monats-Prognosen veröffentlicht. Zusätzlich werden über Twitter (twitter.com/strahlenschutz) Warnmeldungen bei ungewöhnlich hohen UVI-Werten herausgegeben.

Im April 2020 wurden sprunghaft angestiegene, überdurchschnittlich hohe Tagesspitzenwerte des UV-Index an allen UV-Messstationen gemessen. Ursache hierfür war ein Rekordverlust des stratosphärischen Ozons über der Arktis, der sich auf Grund eines außergewöhnlich stabilen stratosphärischen Polarwirbels über der Arktis im Winter 2019/2020 ausbilden konnte. Mit Aufbrechen des Polarwirbels verteilten sich diese Ozonverluste im April über die Nordhalbkugel und führten bundesweit zu Niedrigozonereignissen (low ozone events) mit außergewöhnlich niedrigem stratosphärischen Ozon und entsprechend hohen Messwerten der erythemwirksamen UV-Bestrahlungsstärke. Ähnliche, aber im Vergleich zu dem im Jahr 2020 etwas kleiner ausgefallene Ozonlöcher wurden 1997 und 2011 über der Arktis beobachtet.¹ Eine Studie unter Federführung des Alfred-Wegener-Instituts zeigt, dass ohne deutliche Reduktionen der Treibhausgas-Emissionen die Effekte zunehmen, die zur Entstehung des Arktischen Ozonlochs geführt haben², und in den kommenden Jahren auf Grund des Klimawandels weiter mit großen Ozonlöchern über der Arktis zu rechnen ist. Je nachdem, wie diese ozonarmen Luftmassen mit dem aufbrechenden Polarwirbel weitertransportiert werden, könnte dies bedeuten, dass über Deutschland vermehrt sprunghaft ansteigende und überdurchschnittlich hohe Werte der erythemwirksamen UV-Bestrahlungsstärke in den Monaten März, April und Mai auftreten können. Zusätzlich wur-

¹ Rao J, Garfinkel CI (2020) Arctic Ozone Loss in March 2020 and its Seasonal Prediction in CFSv2: A Comparative Study With the 1997 and 2011 Cases. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 125: e2020JD033524

² von der Gathen P, Kivi R, Wohltmann I, *et al.* Climate change favours large seasonal loss of Arctic ozone. *Nat Commun* 12, 3886 (2021).

de auf Grund einer deutschlandweit überdurchschnittlichen Anzahl an Sonnenscheinstunden im April 2020 eine deutlich erhöhte erythemwirksame UV-Monatsdosis erfasst.

Die Messungen in den anschließenden Sommermonaten ergaben, dass im Jahr 2020 die höchsten ermittelten Tagesspitzenwerte des UV-Index in Nord- und Mitteldeutschland im Juni und Juli bei UV-Index-Werten von 7 bis 9 lagen. Im gleichen Zeitraum wurden in Süddeutschland UV-Index-Werte von 8 bis 10 und im alpinen Hochgebirgsraum UV-Index-Werte von 9 bis 12 gemessen. Dabei lag an neun Tagen im Juni, Juli und August der UV-Index-Tagesspitzenwert im alpinen Hochgebirgsraum bei 11 und an drei Tagen im Juni und Juli bei 12. Die hohen UV-Index-Werte in den Sommermonaten korrelieren mit außergewöhnlich niedrigen Werten des Gesamtzons (Stratosphäre und Troposphäre) über der Nordhalbkugel, deren Ursache eventuell auf eine starke Corona-Pandemie-bedingte Emissionsreduktion von Stickoxiden zurückgeführt werden könnte¹.

Ab einem UVI 3 sind Sonnenschutzmaßnahmen erforderlich, ab einem UVI 8 sind sie dringend erforderlich (<https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/einfuehrung/einfuehrung.htm>; http://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/schutz/schutz_node.html).

Da der Mensch über keinen unmittelbaren Sensor zur Registrierung von UV-Strahlung verfügt, ist die Gefahr groß, dass sich Menschen unbewusst hohen UV-Belastungen zu lange aussetzen und Sonnenbrände erleiden. Um dem damit erhöhten Hautkrebsrisiko vorzubeugen (siehe beispielweise die Empfehlung der Deutschen Strahlenschutzkommission unter

https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/2016/2016-02-11%20Empf_UV-Schutz_KT.html und die S3-Leitlinie „Prävention von Hautkrebs“, <https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/hautkrebs-praevention/>), sind zeitnahe und flächendeckende Messungen der bodennahen solaren UV-Strahlung und die Veröffentlichung des davon abgeleiteten UV-Index 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.

2.2 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. Für großräumige Anlagen existieren bereits Computerprogramme, die eine derartige Abschätzung grob zulassen. Im mikroskaligen Raum herrschen Bedingungen, die im Vergleich zu makroskaligen Modellierungen dazu zwingen, zahlreiche weitere bzw. vermehrt detailliert zu berücksichtigende Parameter zur Darstellung der UV-Expositionen einzuschließen. Dies stellt erhebliche Ansprüche an die Datenverarbeitung. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat darum 2019 eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben, die aufzeigen soll, ob und wenn ja wie die Modellierung von UV-Exposition im mikroskaligen Raum derart vereinfacht werden kann, dass ohne Abstriche an der Qualität der Aussage die mikroskalige Modellierung der UV-Belastung in bestehende GIS-basierte Modellierungsprogramme zur Visualisierung der Hitzebelastung in städtischen Umgebungen integriert werden kann. Ergebnisse wurden Corona-bedingt verzögert im Programmreport 2020 veröffentlicht („Strahlenschutzforschung Programmreport 2020“ unter nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2021121530257):

- Machbarkeitsstudie zur mikroskaligen Modellierung von UV-Belastungen in urbanen Umgebungen für verschiedene Bevölkerungsgruppen zur Hautkrebsprävention - 3619S72490

Umfrage: Verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen

Die Rate der UV-bedingten Hautkrebsneuerkrankungen steigt weiterhin. Die mit dem Klimawandel einhergehenden Wetterveränderungen und Extremwetterereignisse haben nach derzeitigen Prognosen das Potenzial, auch dieses Problem noch zu verschärfen. Ärzteschaft und Institutionen des Strahlenschutzes drängen darum auf eine wirkungsvolle Prävention UV-bedingter Erkrankungen (s. Grundsatzpapier des UV-Schutz-Bündnisses, www.bfs.de/uv-grundsatzpapier) durch deutschlandweite Etablierung weiterer verhältnispräventiver Maßnahmen. Im Rahmen der „Nationalen Versorgungskonferenz Hautkrebs“ (NVKH, <https://nvkh.de>) wurde unter anderem das Versorgungsziel „Schattenspendende Maßnahmen zum Schutz vor hohen UV-Belastungen im Freien sind deutschlandweit in den Lebenswelten der Menschen vorhanden“ formuliert. Um dieses Versorgungsziel zu erreichen, ist zunächst der Ist-Zustand zu erfassen. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat darum 2019 ein Forschungsvorhaben initiiert, mit dessen Hilfe bereits vorhandene UV-reduzierende Maßnahmen wie schattenspendende Strukturen bundesweit erfasst und katalogisiert werden sollen. Ergebnisse werden Corona-bedingt verzögert im Programmreport 2021 veröffentlicht.

- Repräsentative Umfrage zur deutschlandweiten Erfassung verhältnispräventiver Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen bei Kindertagesstätten und Schulen - 3619S72401

¹ Steinbrecht W, Kubistin D, Plass-Dülmer C, Davies J, Tarasick DW, Gathen P, et al. (2021). COVID-19 crisis reduces free tropospheric ozone across the Northern Hemisphere. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL091987.

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 Fahrzeugführer sind nicht nur die direkt angegriffenen Personen betroffen, sondern durch die erhöhte Unfallgefahr bei Beeinträchtigung des Sehvermögens auch andere Verkehrsteilnehmer, Passagiere von Flugzeugen, Bussen oder Zügen sowie Anwohnerinnen und Anwohner und Passantinnen und Passanten. Dieses Thema soll verstärkt bearbeitet werden. 2020 wurde das Projekt „Blendattacken und Augenschäden durch Laser und andere starke optische Strahlungsquellen“ (3620S72410) vergeben. Im Rahmen dieses Projekts sollen Attacken mit starken optischen Strahlungsquellen in Deutschland quantifiziert, die mit diesen Attacken verbundenen Risiken eingeschätzt und die rechtliche Situation analysiert werden. Zudem sollen mögliche Ansätze zur Minimierung der Risiken aufgezeigt werden. Das Projekt läuft bis zum 31.08.2021.

Das Fachgespräch „Gefährdungen durch Laserpointer und ähnliche optische Strahlungsquellen“ fand im November 2020 statt. Es diente dem Austausch mit Expertinnen und Experten vor allem zu den Themen:

- Augenschäden und Blendung durch Lasergeräte oder ähnliche optische Strahlungsquellen
- Relevante Strahlungsquellen
- Sicherheit von Laserprodukten in Verbraucherhand
- Erfahrungen aus der Praxis
- Rechtliche Regelungen und Strategien zur Risikominimierung
- Forschungsbedarf

Auf dem Fachgespräch wurde deutlich, dass unterschieden werden sollte zwischen Augenschäden (Retinaschäden), beispielsweise beim Spiel mit Laserpointern, einerseits und absichtlichen Blendattacken auf Piloten oder Fahrzeugführer andererseits. In ersterem Fall liegt der Fokus auf Augenschäden bei Kindern. Beispiele hierfür wurden von Ophthalmologinnen und Ophthalmologen dargestellt. Zielgruppe für die Risikokommunikation wären insbesondere Eltern und Betreuungspersonen. Im zweiten Fall muss vermieden werden, Nachahmungstäter zu motivieren. Der Fokus dürfte hier eher auf gesetzlichen Regelungen, Produktsicherheit und Marktkontrolle liegen. Das Thema wird weiter verfolgt.

2.3 Hautkrebspräventionsmaßnahmen

2011 initiierte das BfS das UV-Schutz-Bündnis, um die Prävention UV-bedingter Erkrankungen, insbesondere des Hautkrebses, zu stärken. Mittlerweile ist das UV-Schutz-Bündnis eine Kooperation von 27 Arbeitsgemeinschaften, Behörden, Fachgesellschaften, gemeinnützigen Organisationen, Instituten, Stiftungen, Verbänden und Vereinen aus den Bereichen Wissenschaft, Strahlenschutz, Arbeitsschutz, Medizin, Prävention, Gesundheitsförderung und Gesundheitsversorgung, die sich seit Jahren für gelebten UV-Schutz einsetzen (www.bfs.de/uv-schutz-buendnis.de). Die Koordinierungsstelle des Bündnisses liegt beim Bundesamt für Strahlenschutz.

2017 veröffentlichte das UV-Schutz-Bündnis das Grundsatzpapier „Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne - Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land“ (siehe www.bfs.de/uv-grundsatzpapier), das inzwischen auch in Bezug auf die Aktivitäten Deutschlands zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels beachtet und zitiert wird. 2018 wurde vom UV-Schutz-Bündnis nach Vorgaben des Kooperationsverbundes „gesundheitsziele.de“ (gesundheitsziele.de) eine Kriterienanalyse (www.gesundheitsziele.de/cms/medium/798/Kriterienkatalog_final_121024.pdf) zum Thema „Reduzierung der Mortalität und Morbidität UV-bedingter Erkrankungen“ erarbeitet. Diese wurde 2019 dem Evaluationsbeirat, dem Steuerungskreis und dem Ausschuss des Kooperationsverbundes „gesundheitsziele.de“ präsentiert. Von allen drei Gremien wurde dieses Thema als ein wichtiges Teilziel der Gesundheitsziele „gesund aufwachsen“, „gesund älter werden“ und eventuell auch „Rund um die Geburt“ gesehen. Bei einer erneuten Überarbeitung dieser Gesundheitsziele soll darum eine entsprechende Ergänzung in Betracht gezogen werden. Eine gemeinsame Veröffentlichung der Kriterienanalyse durch den Kooperationsverbund und das UV-Schutz-Bündnis im Bundesgesundheitsblatt wurde beschlossen. Sie erfolgt voraussichtlich 2021.

2020 wurde weiter daran gearbeitet, im Grundsatzpapier konkret genannte Maßnahmen umzusetzen. So wurde vom BfS die Erweiterung des UV-Messnetzes (s. Absatz 2.1 Solares UV-Monitoring) vorangetrieben. 2020 wurde vom BfS die Überarbeitung der UV-Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe I begonnen. Auf Grund der mit Corona einhergehenden, forcierten Digitalisierung an Schulen soll ein niederschwelliges, digitales Angebot für die 5. und 6. Klassen aller Schultypen erstellt werden, das aus einem Erklärvideo und einem Arbeitsblatt inklusive Hilfestellung zur Bearbeitung des Arbeitsblattes und einer Lehrerhandreichung mit weiterführenden Informationen und Web-Links weiterer Unterrichtsangebote bestehen wird. Die Arbeiten werden 2021 abgeschlossen sein. Durch die Bündnispartner „Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention (ADP)“ und „Deutsche Krebshilfe (DKH)“ in Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren wurde 2020 ein Grundkatalog für Lehr- und Ausbildungspläne erarbeitet. Darauf basierend wurden auch 2020 unterschiedliche Materialien zur Ergänzung von Lehr- und Ausbildungsplänen entsprechender Berufe (s. Grundsatzpapier) wie Lernvideos oder Material für „Spielerisches / Kreatives“ Lernen erstellt.

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. Die Klimawirkung „UV-bedingte Gesundheitsschädigungen (insbesondere Hautkrebs)“ wurde in das Handlungsfeld „Menschliche Gesundheit“ der Klimawirkungsrisikoanalyse 2021 (KWRA 2021) neu aufgenommen. Das Bundesamt für Strahlenschutz arbeitete 2020 Texte zur Beschreibung dieser Klimawirkung aus. 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. Das Thema „Klimawandel und UV-Strahlung“ wurde 2020 auch für die zu aktualisierende S3-Leitlinie „Prävention von Hautkrebs“ (<https://www.leitlinienprogramm-onkologie.de/leitlinien/hautkrebs-praevention/>) in einem eigenen Kapitel aufbereitet. Die Veröffentlichung der aktualisierten S3-Leitlinie wird 2021 erwartet.

2.4 Rechtliche Regelungen

Solarien

Das Benutzungsverbot von Solarien durch Minderjährige (geregelt seit August 2009 im „Gesetz zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen“ (NiSG)) gilt nunmehr seit elf Jahren, die gemäß NiSG erlassene „Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen künstlicher Ultravioletter Strahlung“ (UV-Schutz-Verordnung, UVSV) seit acht Jahren. Die Kontrolle der Einhaltung der rechtlichen Vorgaben obliegt den Bundesländern.

Laut der Berichte der Bundesländer zeigen auch die 2020 durchgeführten Kontrollen, dass viele Betreiber das erforderliche Angebot einer qualifizierten Beratung nicht machen (angedeutet durch fehlende Dokumentationen über Hauttypenbestimmungen und hauttypbezogene Dosierungspläne), Minderjährigen die Nutzung der Solarien erlauben und weiterhin Solarien ohne ausreichende technische Maßnahmen betrieben werden, die gewährleisten würden, dass die Solarien dem Gesetz und der Verordnung gemäß betrieben werden.

Im Rahmen der Deutschen Großstudie „Nationales Krebshilfe-Monitoring zur Solariennutzung“ (National Cancer Aid Monitoring of Tanning Bed Use, NCAM)¹ wurde gezeigt, dass zwar die Nutzung von Solarien rückläufig ist, gleichzeitig die Nutzung von Solarien durch Minderjährige trotz gesetzlichen Verbots von 1,6 % auf 4,6 % alarmierend gestiegen ist. Bei allen Umfragen war die Attraktivität ein wichtiger Grund für die Nutzung von Solarien. Über den gesamten Befragungszeitraum hinweg gab es einen Anstieg der medizinischen Gründe für den Gebrauch. Darüber hinaus zeigte das Monitoring einen Rückgang des Risikobewusstseins in Bezug auf die Nutzung von Solarien und UV-Strahlung. Auf Grund des abnehmenden Risikobewusstseins ist es notwendig, Präventions- und Aufklärungskampagnen durchzuführen, die sich speziell an die Gruppe der Solariennutzer richten.

Das BMUV und das BfS haben sich auch 2020 im Rahmen Ihrer Aufgabenbereiche für die Umsetzung der rechtlichen Regelungen zur Reduzierung der UV-Belastung für Nutzerinnen und Nutzer von Solarien eingesetzt. Darüber hinaus unterstützten BMUV und BfS 2020 auch das von der Deutschen Krebshilfe und der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e. V. (ADP) organisierte und durchgeführte „Interventionsprogramm Solarien“.

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 Tattoorentfernung 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, soll am 31. Dezember 2021 in Kraft treten². Allerdings zeichnet sich bereits 2020 ab, dass die Etablierung geeigneter Schulungsangebote und der Erwerb der Fachkundenachweise unter anderem bedingt durch die COVID-19-Pandemie bis Ende 2021 nicht realisierbar sein dürfte. Mitarbeiterinnen des BfS nahmen 2020 an Sitzungen der Länderarbeitsgruppe AG-NiSG teil.

¹ Diehl K, Görig T, Greinert R, Breitbart EW, Schneider S (2019) Trends in tanning bed use, motivation, and risk awareness in Germany: findings from four waves of the national cancer aid monitoring (NCAM). *Int J Environ Res Public Health* 16(20):3913 - 3923. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203913>

² Das Inkrafttreten der hier gegenständlichen Regelungen wurde 2021 mit der Verordnung zur Änderung der Verordnung zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzrechts - Friständerung zur Milderung der Folgen der epidemischen Lage Auf Grund des Coronavirus (BGBl. I S. 4646) auf den 31. Dezember 2022 verschoben.

TABELLEN

(Überarbeitungsstand 2021)

(TABLES)

I. Tabellen zur natürlichen Umweltradioaktivität
(Tables on natural environmental radioactivity)

Tabelle T I.1 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre im Zeitraum 1998 bis 2020 (Messwerte der Wismut GmbH)

(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air during the period from 1998 to 2020 – Values measured by the Wismut GmbH)

Zeitraum	Fortluftmengen in $10^9 \text{ m}^3/\text{a}$	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)

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabellen

Tabelle T I.2 Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre 2019 und 2020 (Messwerte der Wismut GmbH)

(Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air in 2019 and 2020 - Values measured by the Wismut GmbH)

Betriebs- teile der Sanierungs- betriebe	Anzahl der Abwet- terschächte und Wetterbohrlöcher		Abwetter- bzw. Abluftmengen in $10^9 \text{ m}^3/\text{a}$		Ableitung radioaktiver Stoffe			
	2020	2019	2020	2019	Rn-222 in TBq/a *		langlebige α -Strahler in MBq/a *	
					2020	2019	2020	2019
Schlema/Alberoda	1	1	1,32	1,32	112 (120)	109 (120)	1,0 (3,5)	2,7 (3,5)

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabelle T I.3 Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer im Zeitraum 1998 bis 2020 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Liquid discharge of radioactive substances into surface waters during the period from 1998 to 2020 – Values measured by the 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)
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)

* Genehmigungswerte in Klammern

Tabellen

Tabelle T I.4 Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer 2019 und 2020
(Messwerte der Wismut GmbH)
(Liquid discharge of radioactive substances into surface waters for the years 2019 and 2020
- Values measured by the Wismut GmbH)

VORFLUTER Betriebs- teile der Sanierungs- betriebe	Abwassermenge in 10 ⁶ m ³ /a *		Ableitung radioaktiver Stoffe			
			Uran in t/a *		Ra-226 in GBq/a *	
	2020	2019	2020	2019	2020	2019
ZWICKAUER MULDE (SACHSEN)	4,937 (-)	5,745 (-)	0,821 (6,836)	1,100 (6,836)	0,114 (4,321)	0,202 (4,321)
Schlema/Alberoda	4,601 (-)	5,329 (-)	0,777 (6,810)	1,044 (6,810)	0,107 (4,282)	0,194 (4,282)
Crossen	0,232 (-)	0,303 (-)	0,044 (-)	0,056 (-)	0,0004 (-)	0,0013 (-)
Pöhla	0,104 (-)	0,113 (-)	0,0002 (0,026)	0,0002 (0,026)	0,0061 (0,039)	0,0063 (0,039)
ELBE (SACHSEN)	1,806 (5,885)	2,535 (5,869)	0,229 (1,713)	0,297 (1,708)	0,011 (2,284)	0,030 (2,278)
Königstein	1,806 (5,885)	2,535 (5,869)	0,229 (1,713)	0,297 (1,708)	0,011 (2,284)	0,030 (2,278)
WEISSE ELSTER (THÜRINGEN)	5,133 (13,000)	5,498 (12,965)	0,227 (2,450)	0,285 (2,444)	0,066 (2,600)	0,065 (2,593)
Ronneburg (WBA)	3,588 (9,662)	3,815 (9,636)	0,083 (1,449)	0,130 (1,445)	0,064 (1,932)	0,063 (1,927)
Seelingstädt	1,545 (3,338)	1,683 (3,329)	0,144 (1,001)	0,155 (0,999)	0,002 (0,668)	0,002 (0,666)
* Genehmigungswerte in Klammern (-) keine Wassermenge festgelegt						

Tabelle T I.5 Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen
(Calculation of authorised limits for liquid discharges)

Betriebs- teile der Sanierungs- betriebe	genehmigte Wasser- menge in m ³ /h		genehmigte max. Konzentration	genehmigter Jahres- mittelwert 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	1100		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	1200		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 2019/2020 und Sommer 2020; Messwerte der Wismut GmbH)
(Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations influenced by mining activities - winter 2019/2020 and summer 2020 - Values measured by the 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 2019/2020					
Schlema/Alberoda	71	20	44	7	177
Pöhla	4	4	0	0	24
Seelingstädt	23	20	3	0	80
Crossen	25	24	1	0	37
Königstein	8	8	0	0	22
Gittersee	6	4	2	0	38
Ronneburg	27	26	1	0	39
Sommer 2020					
Schlema/Alberoda	71	18	32	21	378
Pöhla	5	2	2	1	102
Seelingstädt	23	16	7	0	78
Crossen	24	18	6	0	59
Königstein	8	7	1	0	37
Gittersee	6	3	3	0	56
Ronneburg	27	21	6	0	48

Tabellen

Tabelle T I.7 Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen (Mittelwerte 1991 – 2020 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre; Messwerte der Wismut GmbH)
(Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations not influenced by mining activities - mean values 1991 - 2020 and range of variation of the mean values for the individual years - Values measured by the Wismut GmbH)

Gebiet	Winter (Rn-222-Konzentrationen in Bq/m ³)			Sommer (Rn-222-Konzentrationen in Bq/m ³)		
	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2020	Minimum	Maximum	Mittelwert 1991 – 2020
Schlema/Alberoda	18	40	25	22	39	31
Pöhla *	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	21
Gittersee	15	34	24	21	47	32
Ronneburg	11	40	20	16	37	26

* Im Gebiet Pöhla 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 Bergbauggebiete 2019 und 2020 (Messwerte der Wismut GmbH)
(Median values for annual uranium and radium concentrations in the receiving streams of mining areas in Saxony and Thuringia in the years 2019 and 2020 - Values measured by the Wismut GmbH)

Betrieb	Probenentnahmestelle	Messpunkt	Uran in mg/l		Ra-226 in mBq/l	
			2020	2019	2020	2019
Sächsische Bergbauggebiete						
Königstein	Quellgebiet Eselsbach	k-0018	0,018	0,017	<10	<10
	Eselsbach nach Einmündung Teufelsgrundbach	k-0024	-	0,035	-	<10
	Elbe Rathen	k-0028	0,001	0,001	<10	<10
Gittersee	Kaitzbach vor Halde	g-0076	0,016	0,017	14	11
	Kaitzbach nach Einleitung	g-0077	0,017	0,020	19	18
Aue	Zwickauer Mulde in Aue	m-131	0,0013	0,002	12	14
	Zwickauer Mulde bei Hartenstein	m-111	0,0063	0,005	11	10
Pöhla	Luchsbach vor Schachtanlage	m-115	<0,001	<0,0001	<10	<10
	Luchsbach nach WBA-Auslauf	m-165A	0,014	0,010	22	18
Crossen	Zwickauer Mulde Wehr Mühlgraben	M-201	0,0049	0,0041	<10	<10
	Zwickauer Mulde Brücke Schlunzig	M-205	0,0061	0,008	<10	11
	Oberrothenbacher Bach	M-204	0,570	0,410	13	15
	Zinnborn	M-232	0,290	0,240	72	59
Thüringische Bergbauggebiete						
Seelingstädt	Weißer Elster aus dem Oberlauf	E-312	0,001	0,001	<22	<10
	Weißer Elster nach Einmündung Pölschbach	E-314	0,003	0,003	<10	<10
	Lerchenbach (Culmitzsch)	E-369	0,065	0,066	<10	<10
	Fuchsbach vor Mündung	E-383	0,031	0,029	<10	<10
	Weißer Elster nach Einmündung Fuchsbach	E-321	0,003	0,004	<10	<10
Ronneburg	Gessenbach	e-416	0,012	0,013	<10	<12
	Vereinigte Sprotte	s-609	0,004	0,004	<10	<10
	Wipse	e-437	0,015	0,019	11	<11
	Weißer Elster	e-419	0,003	0,003	<10	<10

Tabelle T I.9 Ergebnisse der Radionuklidbestimmungen in Baustoffgruppen
(Results of radionuclide assessments by building material categories)

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
(Tables on artificial radioactivity in the environment)

Tabelle T II.1 Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland
(Nuclear power plants in the Federal Republic of Germany)

Standort kerntechnische Anlage	Bezeichnung	Typ ^a	elektr. Bruttoleistung (MW)**	Bruttostromerzeugung 2020* (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	Stechlinsee
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
Krümmel	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	1 194	1984	Weser
Gundremmingen C	KRB-C	SWR	1 344	1 042	1984	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	1 200	1986	Elbe
Isar 2	KKI 2	DWR	1 485	1 328	1988	Isar
Emsland	KKE	DWR	1 406	1 299	1988	Ems
Neckarwestheim 2	GKN II	DWR	1 400	1 265	1988	Neckar

a SWR = Leichtwasser-Siedewasserreaktor; DWR = Leichtwasser-Druckwasserreaktor; D₂O-DWR = Schwerwasser-Druckwasserreaktor; HTR = gasgekühlter Hochtemperaturreaktor; NaR = natriumgekühlter Reaktor; WWER = Leichtwasser-Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart

* Daten aus <https://www.kernd.de/kernd-wAssets/docs/presse/PM-00-20-Betriebsergebnisse-KKW-2020.pdf>

** Daten aus Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2019: Bredberg I, Hutter J, Koch A, Kühn K, Niedzwiedz K, Hebig-Schubert K, Wähning R: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2019. BASE-KE-Bericht BASE-KE-01/20, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020092123025>, Salzgitter, September 2020

Tabellen

Tabelle T II.2 Forschungsreaktoren (ausgenommen Nullleistungsreaktoren) in Deutschland
(Research reactors - not including reactors with zero output - in Germany)

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	4	1957/2000
		FRM II	20	2004
Rossendorf	HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf, VKTA-Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e.V.	RFR	10	1957/1991
Geesthacht	Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS-Forschungszentrum)	FRG 1	5	1958/2010
		FRG 2	15	1963/1995
Karlsruhe	Forschungszentrum Karlsruhe (KIT)	FR 2	44	1961/1981
Jülich	Forschungszentrum Jülich	FRJ 1	10	1962/1985
		FRJ 2	23	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
Erlangen	Framatome GmbH (früher AREVA NP GmbH)	FZE	-	1989

* im Dauerbetrieb



Tabelle T II.3 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Deutschland
(Interim storage facilities of spent nuclear fuels in Germany)

Standort	Erteilung der Genehmigung nach AtG	Beginn des Betriebes	Stellplätze gesamt (Ende 2020 belegt)	Stellplätze gesamt (Ende 2019 belegt)
SZL Biblis	22.09.2003	18.05.2006	135 (108)	135 (102)
SZL Brokdorf	28.11.2003	05.03.2007	100 (35)	100 (33)
SZL Brunsbüttel	28.11.2003 ^a	05.02.2006	80 (20)	80 (20)
SZL Grafenrheinfeld	12.02.2003	27.02.2006	88 (54)	88 (43)
SZL Grohnde	20.12.2002	27.04.2006	100 (37)	100 (34)
SZL Gundremmingen	19.12.2003	25.08.2006	192 (80)	192 (69)
SZL Isar	22.09.2003	12.03.2007	152 (79)	152 (73)
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 (89)	151 (86)
SZL Philippsburg	19.12.2003	19.03.2007	152 (62)	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)
<p>a Genehmigung aufgehoben, Aufbewahrungsanordnung der Aufsichtsbehörde gilt bis zur Erteilung einer vollzieh- und ausnutzbaren Aufbewahrungsgenehmigung oder Erlass einer abweichenden Anordnung fort</p> <p>b Genehmigung inzwischen ausgelaufen, siehe: Bredberg I, Hutter J, Koch A, Kühn K, Niedzwiedz K, Hebig-Schubert, K, Wähning R: Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2019. BfE-KE-Bericht BfE-KE-04/19, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2020092123025, Salzgitter, September 2020</p> <p>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.)</p> <p>SZL Standort-Zwischenlager TBL Transportbehälterlager ZLN Zwischenlager Nord AVR Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich ZL Zwischenlager</p>				

Tabelle T II.4 Schachtanlage Asse II und Endlager Morsleben für radioaktive Abfälle in Deutschland
(Asse II mine and the Morsleben radioactive waste repository in Germany)

Standort	Betreiber	Bezeichnung	Beginn des Betriebes	Inventar * (Stand 31.12.2020)	Inventar (Stand 31.12.2019)
Morsleben	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (bis 25.04.2017 Bundesamt für Strahlenschutz)	ERAM	1971	37 260 m ³ / 8,0 E13 Bq	37 252 m ³ / 8,2 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	2,1 E15 Bq**	2,2 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 9.2“ und dem darin implementierten Programm „PAI“ (Stand: Februar 2010)



Tabelle T II.5 Grenznahe kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland
(Nuclear facilities in neighbouring countries located close to the German border)

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	ca. 70 km
	Kernkraftwerk Gösgen	ca. 20 km
Frankreich	Kernkraftwerk Leibstadt	ca. 0,5 km
	Kernkraftwerk Fessenheim (2 Blöcke)*	ca. 1,5 km
Niederlande	Kernkraftwerk Cattenom (4 Blöcke)	ca. 12 km
	Kernkraftwerk Dodewaard (Betrieb beendet)	ca. 20 km
	Urananreicherungsanlage Almelo	ca. 15 km

* Block 1 stillgelegt seit 22.02.2020; Block 2 stillgelegt seit 30.06.2020

Tabelle T II.7 Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020
(Discharges of radioactive noble gases with exhaust air from nuclear power plants in the year 2020)

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Rheins-berg	Gundremmingen A / Lingen	Obrigheim	Würgas-sen	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							
	Neckar-westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unterwe-ser	Philippsburg 1	Grafen-rheinfeld	Krümmel	Gundrem-mingen B, C
Ar-41	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	1,1 E11
Kr-85m	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	1,5 E10
Kr-85	nn	nn	nn	nn	-	9,9 E09	nn	5,1 E10
Kr-87	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	nn
Kr-88	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	2,9 E11
Kr-89	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	6,4 E11
Xe-131m	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	nn
Xe-133m	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	2,2 E10
Xe-133	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	9,4 E11
Xe-135m	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	1,0 E12
Xe-135	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	8,4 E11
Xe-137	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	1,9 E12
Xe-138	nn	nn	nn	nn	-	nn	nn	6,6 E11

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philipps-burg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar-westheim 2
Ar-41	3,6 E10	-	5,9 E08	-	1,4 E11	1,2 E11	1,6 E11	7,4 E10
Kr-85m	3,5 E08	-	5,0 E07	-	5,1 E09	1,9 E08	nn	nn
Kr-85	nn	-	7,8 E10	-	nn	9,5 E11	nn	5,9 E10
Kr-87	nn	-	9,0 E07	-	nn	5,7 E08	nn	2,9 E08
Kr-88	nn	-	3,7 E08	-	nn	7,1 E08	nn	8,6 E08
Kr-89	nn	-	2,3 E08	-	1,1 E10	8,0 E08	nn	nn
Xe-131m	nn	-	4,5 E10	-	nn	2,0 E10	nn	3,8 E09
Xe-133m	nn	-	7,3 E08	-	3,0 E10	1,8 E09	nn	2,5 E09
Xe-133	8,5 E10	-	4,4 E08	-	6,5 E11	5,0 E08	nn	1,8 E08
Xe-135m	nn	-	2,6 E07	-	nn	4,7 E07	nn	7,7 E07

Tabellen

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm- Uentrop	Philipps- burg 2	Mülheim- Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar- westheim 2
Xe-135	3,1 E10	-	1,0 E08	-	5,1 E10	2,7 E08	nn	1,8 E08
Xe-137	nn	-	2,4 E08	-	nn	6,8 E08	nn	2,4 E08
Xe-138	nn	-	3,0 E08	-	nn	1,4 E09	nn	nn
- Messung/Angabe nicht erforderlich								
nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Aktivitätsableitung unter der Erkennungsgrenze)								

Tabelle T II.8 Aktivitätsableitung von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (I-131: Tabelle T II.6)
(Discharges of radioactive particulates with exhaust air from nuclear power plants in the year 2020 - I-131: Table T II.6)

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Rheinsberg	Gundrem- mingen A	Lingen	Obrigheim	Würgas- sen	Stade	Greifs- wald	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	3,6 E03	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	1,5 E04	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	1,3 E05	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	1,5 E05	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Eu-154	2,3 E04	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

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq								
	Biblis B	Neckar-westheim 1	Brunsbüttel	Isar 1	Unterweser	Philippsburg 1	Grafenrheinfeld	Krüm-mel	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	6,9 E05	nn	4,8 E04	1,1 E05	2,4 E04	nn	nn
Zn-65	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn
Sr-89	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	5,0 E05
Sr-90	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	nn	1,7 E04
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	9,7 E05	nn	nn	6,9 E05	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
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

Radio-nuklid	Aktivitätsableitung in Bq							
	Grohnde	Hamm-Uentrop	Philippsburg 2	Mülheim-Kärlich	Brokdorf	Isar 2	Emsland	Neckar-westheim 2
Co-60	nn	nn	8,4 E04	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	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)

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 2010 bis 2020
(Discharges of radioactive noble gases, of I-131 and radioactive particulates (excluding I-131, including strontium and alpha sources) with exhaust air from nuclear power plants in the years from 2010 to 2020)

Jahr	Aktivitätsableitung in Bq			Bruttostromerzeugung in MWa
	radioaktive Edelgase	I-131	an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	
2010	2,3 E13	8,7 E07	4,6 E07	16 045*
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 ⁺

* Quelle: atw, International Journal for Nuclear Power, Betriebsergebnisse, Berlin
+ Quelle: Betriebsergebnisse der Kernkraftwerke in Deutschland für das Jahr 2020 | kernd.de | Informationen zu Kernenergie, Atomenergie, Kernkraft, Atomkraft

Tabelle T II.10 Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren und Forschungsreaktoren von Universitäten im Jahr 2020
(Discharges of radioactive substances with exhaust air from research centres and research reactors from universities in the year 2020)

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)	3,0 E09	9,5 E05 ^{b)}	1,5 E03	4,6 E03	3,6 E10	1,5 E12
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	2,1 E09	1,3 E06	6,6 E05	nn	4,1 E10	2,8 E12
HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf	2,9 E10	1,9 E06	nn	nn	1,1 E08	3,5 E10
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS-Forschungszentrum Geesthacht)	nn	7,3 E03	nn	-	8,6 E06	3,3 E09
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI, einschließlich Zentralstelle für radioaktive Abfälle)	3,2 E08	5,2 E02	nn	-	1,2 E09	7,9 E09
Garching, FRM I	-	nn	nn	-	-	1,1 E08
Garching, FRM II	1,5 E11	nn	nn	-	2,1 E10	1,5 E11
Forschungsreaktor Mainz	6,4 E10	nn	nn	-	-	3,4 E06
Framatome GmbH, Standort Erlangen	8,2 E06	nn	2,3 E04	nn	1,2 E04	1,2 E08
a) Halbwertszeit > 8 Tage, ohne I-131, einschließlich Strontiumisotope und Alphastrahler						
b) davon Alphastrahler: 6,1 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
(Discharges of alpha emitting radioactive substances with exhaust air from processing facilities for nuclear fuels)

Betrieb	Aktivitätsableitung in Bq	
	2020	2019
ANF GmbH (Lingen)	<1,7 E04	<1,5 E04
URENCO D (Gronau)	3,2 E04	3,0 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

(Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Asse mine II and the radioactive waste repository Morsleben)

Radionuklid	Aktivitätsableitung in Bq	
	2020	2019
Morsleben		
H-3	1,8 E10	1,7 E10
C-14	9,1 E08	9,6 E08
Rn-222 ^{a)}	3,4 E10	3,0 E10
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	2,2 E06	2,2 E06
Schachanlage Asse II		
H-3	1,2 E10	1,2 E10
C-14	8,3 E08	8,2 E08
Rn-222 (Gas)	8,0 E10	6,7 E10
an Schwebstoffen gebundene Radionuklide	9,6 E05	1,0 E06
a) gleichgewichtsäquivalente Radon-222-Aktivitätskonzentration		

Tabelle T II.13 Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in Deutschland im Jahr 2020 (Summenwerte, H-3 und Alphastrahler)
(Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear power plants in Germany in the year 2020 - summation values, H-3 and alpha sources)

Kernkraftwerk	Aktivität in Bq		
	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer H-3)	H-3	α-Strahler
Siedewasserreaktoren			
KWL Lingen a)	2,2E+05	2,1E+06	2,0E+03
KKB Brunsbüttel a)	4,0E+06	2,1E+10	nn
KKI Isar 1 a)	3,5E+07	1,1E+10	nn
KKP Philippsburg 1 a)	1,2E+07	1,3E+11	nn
KKK Krümmel a)	1,1+E06	1,8E+10	nn
KGG Gundremmingen a)	1,7E+08	1,0E+12	nn
Summe SWR	2,3E+08	1,2E+12	2,0E+03
Druckwasserreaktoren			
KWO Obrigheim a)	5,2E+05	2,9E+07	5,2E+02
KKS Stade a)	7,0+E03	8,5E+05	9,2E+01
KWB Biblis a)	1,9E+08	3,1E+12	2,4E+05
GKN Neckar 1 a)	keine Abgabe 2020		
KKU Unterweser a)	3,7E+06	4,6E+10	2,1E+05
KKG Grafenrheinfeld a)	1,2E+06	2,8E+11	8,5E+04
KWG Grohnde	nn	1,1E+13	nn
KKP Philippsburg 2 a)	2,1E+08	5,6E+12	nn
KMK Mülheim-Kärlich a)	4,6E+08	9,3E+06	nn
KBR Brokdorf	nn	2,1E+13	nn
KKI Isar 2	9,0E+04	2,2E+13	nn
KKE Emsland	1,4+E06	1,4E+13	nn
GKN Neckar 2	nn	1,7E+13	nn
KGR Greifswald Block 1 bis 5 a)	Zum Redaktionsschluss lagen die Daten für 2020 nicht vor		
KKR Rheinsberg a)	1,8E+06	nn	6,8E+04
Summe DWR	8,6E+08	9,4E+13	6,3E+05
Summe	1,1E+09	9,5E+13	6,3E+05
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
(Discharges of radioactive substances with waste water from research centres)

Forschungszentrum	Aktivität in Bq						Abwasser in m ³
	Spalt- und Aktivierungsprodukte (außer H-3)		H-3		α-Strahler		
	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage)	2,52E+06	1,17E+06	1,94E+12	4,57E+11	5,10E+05	7,26E+05	1,59E+04
Forschungszentrum Jülich (einschließlich Versuchsreaktor AVR)	3,08E+07	5,30E+07	1,96E+12	6,62E+11	4,47E+07	4,21E+07	3,92E+06
Helmholtz-Zentrum Geesthacht (früher GKSS Forschungszentrum Geesthacht)	1,66E+04	6,76E+04	3,20E+05	7,45E+05	1,12E+02	3,85E+01	2,00E-01
Helmholtz-Zentrum Berlin (früher Hahn-Meitner-Institut Berlin, HMI)	2,45E+02	4,43E+03	4,65E+08	4,26E+07	1,07E+04	nn	6,66E+01
Framatome GmbH, Standort Erlangen	5,66E+05		6,04E+09		1,97E+05		9,80E+02
Garching FRM II	1,11E+07	3,88E+07	1,50E+10	4,60E+10	nn	nn	3,66E+01
HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf	1,28E+07	3,75E+06	1,50E+09	2,00E+10	2,60E+05	5,80E+04	8,06E+02
TRIGA Mainz	1,72E+05	0,00E+00	5,10E+05	0,00E+00	1,7E+05	0,00E+00	2,5e6E+01

nn nicht nachgewiesen (Messwerte der Aktivitätskonzentration bzw. Ableitungswerte unter der Erkennungsgrenze)
- keine Abgabe

Tabellen

Tabelle T II.15 Ableitungen radioaktiver Stoffe (Alpha-Aktivität) mit dem Abwasser aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben
(Discharges of radioactive substances - alpha activity - with waste water from nuclear fuel production plants)

Betrieb	Aktivität in Bq				Abwasser in m ³
	α-Strahler		β-Strahler		
	2020	2019	2020	2019	2020
ANF GmbH (Lingen)	nn	nn	nn	nb	7,80E+02
URENCO (Gronau)	3,98E+03	7,82 E03	3,90E+03	3,96 E03	9,99E+01

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 dem Endlager Morsleben
(Discharges of radioactive substances with waste water from the radioactive waste repository Morsleben)

Radionuklid	Aktivität in Bq		Abwasser in m ³
	2020	2019	
H-3	4,50E+04	8,9 E05	4,6
Nuklidgemisch (außer H-3)	8,10E+03	3,24 E03	

Tabelle T II.17 Exposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft
(Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)

kerntechnische Anlagen	oberer Wert *			
	der effektiven Dosis			
	für Erwachsene in μSv		für Kleinkinder in μSv	
	2020	2019	2020	2019
KKR Rheinsberg**	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWL Lingen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWO Obrigheim	<0,1	0,1	<0,1	0,1
KKS Stade	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWW Würgassen	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KGR Greifswald**	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWB Biblis A, B	<0,1	0,2	<0,1	0,4
GKN Neckarwestheim 1, 2	0,1	1	0,1	2
KKB Brunsbüttel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKI Isar 1, 2	0,2	3	0,2	5
KKU Unterweser	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKP Philippsburg 1, 2	0,2	0,4	0,2	0,7
KKG Grafenrheinfeld	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKK Krümmel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KG G Gundremmingen A, B, C	<0,1	0,6	0,1	0,1
KWG Grohnde	0,2	0,4	0,3	0,6
THTR-300 Hamm-Uentrop	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KMK Mülheim-Kärlich	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KBR Brokdorf	0,1	0,7	0,2	1
KKE Emsland	0,1	0,4	0,3	0,8

* berechnet für eine repräsentative Person an den ungünstigsten Einwirkungsstellen
** unvollständige Berechnung für Expositionspfade, bei denen Radionuklide in den Vorjahren akkumuliert wurden, da Werte für die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft vor 1990 (Greifswald) bzw. vor 1984 (Rheinsberg) nicht vorliegen

Tabelle T II.18 Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser
(Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with waste water)

kerntechnische Anlagen	oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene in μSv		oberer Wert der effektiven Dosis für Kinder in μSv	
	2020	2019	2020	2019
KGK Gundremmingen A, B und C	0,4	0,1	0,6	0,1
KWO Obrigheim	<0,1	0,3	<0,1	0,5
KKS Stade	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
KWB Biblis A und B	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
KBA Biblis Block A	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
KBB Biblis Block B	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
GKN Neckarwestheim 1 und 2	2,9	0,2	6,6	0,4
KKB Brunsbüttel	<0,1	0,5	<0,1	0,2
KKI Isar 1 und 2	1,8	0,2	3,8	0,4
KKU Unterweser	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KKP Philippsburg 1 und 2	0,1	0,2	0,2	0,5
KKG Grafenrheinfeld	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
KKK Krümmel	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWG Grohnde	0,7	0,3	1,5	0,5
KMK Mülheim-Kärlich	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KBR Brokdorf	<0,1	0,1	0,2	0,2
KKE Emsland	4,7	0,6	11,8	1,1
KKR Rheinsberg *	<0,1	1,1	<0,1	0,9
KGR Greifswald *	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
KWL Lingen	<0,1	<0,1	<1,0	0,1

* Bei der Berechnung der Exposition konnten für Expositionspfade, bei denen die effektive Dosis durch langjährige Ablagerungen von Radionukliden 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
(Radiation exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)

Forschungseinrichtung	oberer Wert			
	der effektiven Dosis in μSv			
	für Erwachsene		für Kleinkinder	
	2020	2019	2020	2019
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) früher Forschungszentrum Karlsruhe (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage) *	2	2	3	4
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR) *	3	0,1	5	0,1
HZDR - Helmholtz-Zentrum Dresden Rossendorf Gesamtstandort *	0,4	0,4	0,7	0,8
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	0,2	0,3	0,4
Garching, FRM I und FRM II	0,3	0,1	0,5	0,2
* entnommen aus den Jahresberichten 2020 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*
(Exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with waste water)

Forschungseinrichtung	oberer Wert			
	der effektiven Dosis in μSv			
	für Erwachsene		für Kleinkinder	
	2020	2019	2020	2019
Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (einschl. Wiederaufarbeitungsanlage)	<0,1	<0,1	0,1	<0,1
Forschungszentrum Jülich (einschl. Versuchsreaktor AVR)	1,6	<6,8	3,5	6,8
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	
Framatome GmbH, Standort Erlangen	<0,1		<0,1	
Garching, FRM II	<0,1		0,1	
Forschungszentrum Rossendorf	<0,1		<0,1	
TRIGA Mainz	<0,1		<0,1	
* Werte von 2019 nach Angaben der Forschungszentren				

Tabelle T II.21 Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser
(Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water)

Betrieb	Ableitung mit der Fortluft oberer Wert der effektiven Dosis in μSv				Ableitung mit dem Abwasser oberer Wert der effektiven Dosis für Erwachsene und Kleinkinder in μSv	
	für Erwachsene		für Kleinkinder		2020	2021
	2020	2019	2020	2019		
	ANF GmbH (Lingen)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
URENCO (Gronau)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Tabelle T II.22 Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Direktstrahlung*
(Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels due to direct radiation)

Betrieb	Direktstrahlung			
	Gamma-Ortsdosis in mSv/a		Neutronen-Ortsdosis in mSv/a	
	2020	2019	2020	2019
ANF GmbH (Lingen)	0,58 (MP4)	0,26 (MP4, I. HJ) k.A. (II. HJ)	<0,05 (alle MP, I.HJ) <0,05 (alle MP, II.HJ)	<0,05 (alle MP, I.HJ) k.A. (II.HJ)
URENCO (Gronau)	0,92 (MP5)	1,02 (MP5)	0,06 (MP6, I.HJ) 0,05 (MP4,5,9 II.HJ)	0,06 (MP2,7,8, I.HJ) 0,06 (MP3,4, II.HJ)

* höchster gemessener Wert des Betreibers am Anlagenzaun einschließlich des natürlichen Untergrunds
MP = Messpunkt HJ = Halbjahr <= kleiner Nachweisgrenze k.A.= keine Angabe

Tabelle T II.23 Exposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachtanlage Asse II durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser
(Radiation exposure in the surroundings of the final repositories due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water)

	Fortluft oberer Wert in μSv der effektiven Dosis		Abwasser oberer Wert in μSv der effektiven Dosis	
	2020	2019	2020	2019
Endlager Morsleben				
Erwachsene	0,7	0,7	<0,1	<0,1
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre) mit Muttermilch ernährte Säuglinge	1	1	<0,1	<0,1
	2	2	<0,1	<0,1
Schachtanlage Asse II**				
Erwachsene	0,9	0,8	-	-
Kleinkinder (Altersgruppe 1 bis 2 Jahre)	1	1	-	-
Säuglinge (≤ 1 Jahr)	2	2	-	-

** keine Ableitungen mit dem Abwasser

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
2011 *	3 556	0,4	10	5,27	416
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
Januar	3 002	0,2	12,9	0,18	252
Februar	2 924	0,2	4,9	0,10	134
März	3 835	0,4	11,0	0,41	228
April	5 098	0,5	13,5	0,51	292
Mai	4 266	0,5	8,4	0,27	202
Juni	4 795	0,6	10,0	0,15	308
Juli	3 372	0,4	9,0	0,08	193
August	5 044	0,5	11,0	0,20	477
September	4 487	0,4	10,9	0,23	443
Oktober	2 457	0,2	6,2	0,13	273
November	2 742	0,2	7,0	0,23	497
Dezember	1 862	0,1	6,8	0,30	494

* 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
2011 *	5 310	0,47	2,7**	555
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
Januar	5 210	0,40	<0,13	356
Februar	4 430	0,32	<0,14	215
März	4 170	0,31	0,25	443
April	8 200	0,78	0,69	774
Mai	6 420	0,65	0,81	442
Juni	5 440	0,52	0,13	439
Juli	6 190	0,62	0,15	474
August	7 140	0,59	<0,18	786
September	6 210	0,46	<0,17	1 131
Oktober	3 520	0,25	<0,16	360
November	5 230	0,37	0,35	602
Dezember	2 510	0,19	<0,13	260

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet
 ** durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst <Messwert kleiner Nachweisgrenze



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
2011 *	1 610	42,7**	1 620	39,7**
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 *	1 660	2,2	1 660	2,1
Januar	1 530	1,8	1 530	<1,4
Februar	1 520	<1,2	1 510	1,9
März	1 620	<1,5	1 610	1,4
April	1 460	3,1	1 520	3,1
Mai	1 560	2,2	1 610	2,1
Juni	1 470	<2,0	1 510	<1,9
Juli	2 240	<1,5	2 300	1,8
August	1 520	<1,5	1 550	<2,0
September	2 010	3,9	1 960	4,0
Oktober	1 440	1,6	1 460	1,9
November	1 550	1,5	1 480	<1,2
Dezember	1 970	4,6	1 900	2,9

* Jahresmittelwerte: aus den Monatsmittelwerten berechnet und gerundet
 ** durch Emissionen aus Fukushima beeinflusst < Messwert kleiner Nachweisgrenze

Tabellen

Tabelle T II.26 Deposition von Einzelnucliden mit dem Niederschlag
 (Deposition of individual nuclides with precipitation)

Messungen des Deutschen Wetterdienstes

Zeitraum	Offenbach am Main			Potsdam		
	l/m ²	Deposition in Bq/m ²		l/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2011	584,0	<468,2	<1,0	606,7	<101,9	<1,5
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
Januar	36,9	22,8	< 0,06	30,7	13,8	<0,08
Februar	84,6	101,0	< 0,03	84,8	37,8	<0,09
März	43,5	33,1	< 0,06	30,9	12,7	<0,08
April	23,3	32,2	< 0,06	23,6	36,6	<0,08
Mai	32,8	39,0	< 0,08	29,1	20,9	<0,08
Juni	48,9	89,0	<0,08	64,4	34,9	<0,06
Juli	19,3	31,7	< 0,06	43,0	18,6	<0,08
August	61,2	99,8	< 0,04	38,8	16,5	<0,08
September	30,9	17,4	< 0,06	53,2	42,3	<0,11
Oktober	50,3	21,4	< 0,05	69,8	22,2	<0,08

Zeitraum	Offenbach am Main			Potsdam		
	l/m ²	Deposition in Bq/m ²		l/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
November	14,6	9,8	< 0,06	17,7	7,3	<0,08
Dezember	93,4	40,9	<0,05	20,2	4,6	<0,07
< Messwert kleiner Nachweisgrenze						

Zeitraum	Aachen			Schleswig		
	l/m ²	Deposition in Bq/m ²		l/m ²	Deposition in Bq/m ²	
		Be-7	Cs-137		Be-7	Cs-137
2011	715,9	<375,6	<0,84	930,1	412,3	<0,97
2012	840,0	1 032,2	<0,9	1 071,8	<192,0	<0,8
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	<0,76	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
Januar	39,1	31,3	<0,07	111,9	72,7	<0,08
Februar	146,7	113,0	<0,07	147,5	91,2	<0,08
März	94,3	77,0	<0,08	47,4	24,7	<0,07
April	18,4	10,9	<0,07	19,6	17,8	<0,07
Mai	13,2	8,5	<0,08	33,7	12,2	<0,07
Juni	94,4	106,0	<0,08	115,2	36,1	<0,08
Juli	50,0	23,7	<0,08	112,5	14,6	<0,08
August	81,0	18,8	<0,08	64,9	11,2	<0,07
September	58,7	14,5	<0,07	39,6	10,1	<0,07
Oktober	79,9	14,1	<0,07	110,1	19,4	<0,07
November	27,3	*	*	44,1	19,3	<0,06
Dezember	73,1	62,0	<0,08	70,6	15,0	<0,04

< Messwert kleiner Nachweisgrenze * Probenverlust beim Versand

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 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131

(Annual mean values for activity concentrations of gaseous I-131)

(in mBq/m³, Messwerte der Betreiber)

Probenentnahmestelle	N	I-131 (mBq/m ³)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BER Berlin	2	<0,64	<0,62	<0,68	<0,57	<0,52	<0,51	<0,5
KKB Brunsbüttel	2	<0,31	<0,28	<0,28	<0,28	<0,27	<0,31	*
KBR Brokdorf	2	<0,24	<0,18	<0,16	<0,17	<0,17	<0,16	<0,15
KKK Krümmel	3	<0,33	<0,35	<0,37	<0,34	<0,40	<0,40	<0,37
GKSS Geesthacht	1	<0,17	<0,16	*	*	*	*	*
KKS Stade	1	*	*	*	*	*	*	*
KKU Unterweser	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	-	-	-
KWG Grohnde	3	<1,4	<1,6	<1,6	<1,7	-	-	<1,5
KKE Emsland	2	<0,33	<0,33	<0,33	<0,33	-	-	<0,31
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	<0,36	<0,34	<0,37	<0,36	<0,35	<0,40	<0,38
KKP Philippsburg	4	<0,61	<0,57	<0,61	<0,52	<0,47	<0,48	<0,44
KWO Obrigheim	3	*	*	*	*	*	*	*
GKN Neckarwestheim	2	<0,57	<0,57	<0,58	<0,66	<0,56	<0,57	<0,54
FZ Karlsruhe	3	<0,19	<0,23	<0,14	<0,12	<0,13	<0,13	<0,11
KKI Isar	3	<0,24	<0,26	<0,25	<0,25	<0,26	<0,26	<0,26
KKG Grafenrheinfeld	3	<0,34	<0,31	<0,27	<0,27	<0,29	<0,27	<0,25
KGK Gundremmingen B	3	<0,21	<0,17	<0,16	<0,14	<0,14	<0,13	<0,13
KGR Greifswald	2	*	*	*	*	*	*	*
VKTA Rossendorf	1	<0,062	<0,072	<0,11	<0,11	<0,14	<0,11	<0,11
KKR Rheinsberg	-	*	*	*	*	*	*	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	*	*	*	*	*	*	*
N Zahl der Messstationen		- keine Messwerte						
* Messungen eingestellt								

Tabelle T II.28 Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Co-60
(Annual mean values for activity concentrations of Co-60)

(in mBq/m³, Messwerte der Betreiber)

Probenentnahmestelle	N	Co-60 (mBq/m ³)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BER Berlin	2	<0,27	<0,24	<0,35	<0,31	<0,29	<0,29	<0,3
KKB Brunsbüttel	2	<0,059	<0,063	<0,062	<0,063	<0,062	<0,062	<0,043
KBR Brokdorf	2	<0,079	<0,054	<0,062	<0,066	<0,080	<0,080	<0,080
KKK Krümmel	3	<0,038	<0,037	<0,041	<0,05	<0,041	<0,041	<0,05
GKSS Geesthacht	1	<0,037	<0,035	<0,028	<0,029	<0,028	<0,028	<0,029
KKS Stade	1	-	-	-	-	-	-	-
KKU Unterweser	2	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	-	-	<0,12
KWG Grohnde	3	<0,14	<0,15	<0,15	<0,14	-	-	<0,14
KKE Emsland	2	<0,21	<0,24	<0,29	<0,31	-	-	<0,26
KWW Würgassen	2	<0,1	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	3	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
THTR Hamm-Uentrop	2	*	*	*	*	*	*	*
KWB Biblis	3	<0,11	<0,11	<0,12	<0,12	<0,13	<0,13	<0,12
KKP Philippsburg	4	<0,032	<0,028	<0,031	<0,027	<0,025	<0,025	<0,026
KWO Obrigheim	3	<0,04	<0,053	<0,052	<0,062	<0,051	<0,051	<0,038
GKN Neckarwestheim	2	<0,14	<0,14	<0,13	<0,12	<0,13	<0,13	<0,17
FZ Karlsruhe	3	<0,007	<0,007	<0,007	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005
KKI Isar	3	<0,2	<0,27	<0,28	<0,28	<0,29	<0,29	<0,28
KKG Grafenrheinfeld	3	<0,068	<0,1	<0,062	<0,064	<0,070	<0,070	<0,080
KGK Gundremmingen B	3	<0,10	<0,21	<0,26	<0,23	<0,24	<0,24	<0,22
KGR Greifswald	2	<0,00095	<0,12	<0,26	<0,22	<0,21	<0,21	
VKTA Rossendorf	3	<0,01	<0,011	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,019
KKR Rheinsberg	2	*	*	*	*	*	*	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	<0,17	<0,14	<0,13	<0,14	<0,19	<0,19	<0,19
N Zahl der Messstationen		- keine Messwerte						
* Messungen eingestellt								

Tabellen

Tabelle T II.29 Umgebungsstrahlung bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren
(Ambient radiation from nuclear power plants and research reactors)

(γ -Ortsdosisleistung in nSv/h, Messwerte der Betreiber)

Probenentnahmestelle	N	γ -Ortsdosisleistung in nSv/h						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BER Berlin	2	69	68	[69] ⁶	69	70	[70] ⁹	69
KKB Brunsbüttel	2	94 ^{MT}	93	93	93	96	93	94
KBR Brokdorf	2	89	88	90	90	94	92	92
KKK Krümmel	3	74	77	77	76	79	78	79
GKSS Geesthacht	1	83	84	83	84	84	84	84
KKS Stade	1	a	*	*	*	*	*	*
KKU Unterweser	2	[99] ⁹	91	103	102	[102] ⁶	[109] ⁹	113
KWG Grohnde	3	93	93	97	97	[95] ⁶	a	97
KKE Emsland	2	72	71	71	71	[71] ⁶	a	71
KWW Würgassen	3	*	*	*	*	*	*	*
FZ Jülich	12	107	106	105	102	106	106	106
THTR Hamm-Uentrop	2	90 ^l	80 ^r	81 ^r	80 ^r	86 ^r	81 ^r	80 ^r
KWB Biblis	3	106 ^m	106 ^m	104 ^m	106 ^m	107 ^m	107 ^m	107 ^m
KKP Philippsburg	4	106	105	104	107	107	106	107
KWO Obrigheim	2	119	118	120	117	111	116	126
GKN Neckarwestheim	2	131	125	127	129	137	130	133
FZ Karlsruhe	6	108	107	93 ^{MTv}	92	93	92	93
KKI Isar	3	93	92	93	92	95	96	96
KKG Grafenrheinfeld	3	102	101	101	102	103	103	105
KGG Gundremmingen B	3	92	89	91	83	86	90	90
KGR Greifswald	20	83 ^j	83 ^j	[83] ^{9j}	85 ^j	87 ^j	[86] ^{9j}	[86] ^{6j}
VKTA Rossendorf	2	118	114	115	118	114	[110] ³	[113] ⁹
KKR Rheinsberg	4	*	*	*	*	*	*	*
KMK Mülheim-Kärlich	2	115	116	117	114	113	112	114

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 6 reduziert, gemäß überarbeitetem Umgebungsüberwachungsprogramm
 l leicht erhöhte ODL-Messwerte an einer Messstelle durch Bodenbearbeitung im Umfeld der Messstelle (Einbringung von Kalksteinschotter)
 m Anzahl der Messstationen auf 2 reduziert; Messstation Ibersheim ab 01.04.2013 ersatzlos entfallen
 r Rückbau der 2008 eingebrachten Kalksteinschotterfläche im Umfeld einer Messstelle im Juli 2014
 v Verlegung von Messstationen innerhalb der Ortschaften

Tabelle T II.30 Deposition mit dem Niederschlag bezogen auf Co-60
(Deposition of radioactivity related to Co-60)

Probenentnahmestelle	N	Aktivität in Bq/m ² oder in Bq/l							
		2016	2016	2017	2017	2018	2018	2019	2020
		(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/l)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)	(Bq/m ²)
BER Berlin	1		<0,56		<0,52		<0,52	<0,45	
KKB Brunsbüttel	2		<0,68		<0,92		<0,50	<0,43	<0,72
KBR Brokdorf	2		<0,76		<0,62		<0,44	<0,47	<0,54
KKK Krümmel	4		<0,56		<0,99		<0,45	<0,57	<0,73
GKSS Geesthacht	2		<1,3		<2,0		<0,84	<1,3	<1,1
KKS Stade	1		*		*		*	*	*
KKU Unterweser	2		<0,28		<0,37				<0,39
KWG Grohnde	2		<0,21		<3,1			-	<1,1
KKE Emsland	2		<0,72		<0,71			-	<0,81
KWW Würgassen	2						*	*	*
FZ Jülich	1	<0,05		<0,05			<0,05	<0,05	
THTR Hamm-Uentrop	*		*		*		*	*	*
KWB Biblis	2		<1,3		<1,0		<0,69	<0,95	<0,71
KKP Philippsburg	4		<1,6		<1,4		<0,94	<1,3	<1,2
KWO Obrigheim	2		<3,4		<5,0		<3,7	<3,1	<1,9
GKN Neckarwestheim	2		<2,1		<1,8		<1,2	<1,6	<1,2
FZ Karlsruhe	3		<2,5		<1,2		<1,3	<1,2	<1,3
KKI Isar	3		<2,5		<2,3		<2,1	<1,9	<2,3
KKG Grafenrheinfeld	2		<0,34		<0,5		<0,56	<0,58	<0,48
KGK Gundremmingen B	2		<1,8		<1,2		<1,4	<1,5	<1,5
KGR Greifswald	2		<1,5		<2,6		<1,4		
VKTA Rossendorf	2		<1,2		<0,99		<0,70	<0,82	<0,91
KKR Rheinsberg	2		<0,16		<0,16				<0,16
KMK Mülheim-Kärlich	2		<0,57		<0,77		<0,52	<0,60	<0,58
* Messungen eingestellt		- keine Messwerte		N Zahl der Messstationen					

Tabellen

Tabelle T II.31 Übersicht über die für 2020 insgesamt ausgewerteten Messwerte von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrlSchG und REI mit den jeweiligen maximalen gemessenen Werten und den zugehörigen Gewässern und Bezugszeiten

(Overview of all measuring results for surface water, suspended matter, and sediment evaluated in 2020, in accordance with the StrlSchG and REI, along with the respective maximal measured values and the corresponding water sources and reference times)

Kompartiment Nuklid	Anzahl der Messungen	maximaler Einzelmesswert	Gewässer	Entnahmeort bzw. KT-Anlage	Datum/ Zeitraum	Überwachungsprogramm
Oberflächenwasser (Bq/l)						
Gα	210	0,138	Elbe	Wedel, km 642,0	Januar	StrlSchG
Gβ	148	6,2	Salzbach	ERAM Morsleben	März	REI
H-3	1800	5810	Ems	KKE Emsland, Auslaufbauwerk	I. Quartal	REI
Co-60	1790	0,034	Elbe	Billwerder Bucht, km 618,0	20.10.	StrlSchG
Sr-90	252	0,023	Untertrave	Travemünde, km 26,9	Mai	StrlSchG
I-131	578	0,052	Weschnitz	KWB Biblis	15.09.	REI
Cs-137	1752	0,032	Arendsee	Arendsee	10.02.	StrlSchG
Lu-177	5	3,16	Weschnitz	KWB Biblis	18.05.	REI
Pu-(239+240)	105	0,00396	Starnberger See	Starnberg	27.05.	StrlSchG
Schwebstoff (Bq/kg TM)						
Co-58	64	4,11	Mosel	Perl, km 241,9	November	StrlSchG
Co-60	519	4,51	Mosel	Perl, km 241,9	Oktober	StrlSchG
I-131	294	147	Mosel	Palzem, km 229,9	Januar	StrlSchG
Cs-137	517	203	Steinhuder Meer	Wunstorf	II. Quartal	StrlSchG
Lu-177	2	129	Rhein	Weil, km 170,3	November	StrlSchG
Sediment (Bq/kg TM)						
Gα	10	5060	Seege	BGZ Gorleben	04.08.	REI
Gβ	4	1640	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	IV. Quartal	REI
Co-60	1042	3,74	Mosel	Perl, km 241,9	29.04.	StrlSchG
Sr-90	11	3,03	Mosel	KKW Cattenom	18.08.	REI
I-131	573	124	Rhein	KKP Philippsburg	08.03.	REI
Cs-137	1073	188	Steinhuder Meer	Wunstorf	08.12.	StrlSchG
Pu-(239+240)	2	0,320	Isar	Forschungsneutronenquelle FRM II	2020	REI
Am-241	28	4,00	Hirschkanal	KIT Karlsruhe	II. Quartal	REI

Tabelle T II.32 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Fließgewässern nach StrlSchG

(Monitoring of surface water, suspended matter, and sediment from rivers in accordance with the StrlSchG)

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2020	2019
RHEIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Weil, km 170,3	12	0	0,92	5,89	2,12	2,02
		Koblenz, km 590,3	12	0	1,70	3,90	2,85	2,66
		Wesel, km 814,0	12	0	1,79	4,73	3,38	3,85
	Sr-90	Weil, km 170,3	2	0	0,0086	0,0087	0,0086	0,0057
		Koblenz, km 590,3	2	0	0,0075	0,0114	0,0095	0,0067
		Wesel, km 814,0	2	0	0,0130	0,0154	0,0142	0,0084
	Cs-137	Weil, km 170,3	12	12	<0,0013	<0,0031	nn	nn
		Koblenz, km 590,3	12	12	<0,0013	<0,0027	nn	nn
		Wesel, km 814,0	12	12	<0,0010	<0,0036	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 170,3	12	12	<0,31	<1,20	nn	nn
		Koblenz, km 590,3	12	11	<0,27	<1,13	<0,69	nn
		Wesel, km 814,0	8	7	0,58	<2,87	<1,69	nn
	Cs-137	Weil, km 170,3	12	0	4,15	27,3	8,49	6,33
		Koblenz, km 590,3	12	0	5,99	8,25	7,24	6,47
		Wesel, km 814,0	9	0	5,56	12,5	8,31	7,79
	I-131	Weil, km 170,3	11	1	1,99	30,0	10,1	13,1
		Koblenz, km 590,3	12	1	1,52	7,15	4,81	4,22
		Wesel, km 814,0	7	7	<20,1	<65,5	nn	<31,3
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Weil, km 170,3	4	4	<0,28	<0,47	nn	nn
		Worms, km 444,50-446,60	11	11	<0,14	<0,48	nn	nn
		Koblenz, km 591,3	3	3	<0,38	<0,49	nn	nn
	Cs-137	Düsseldorf, km 740,3-748,9	8	8	<0,26	<0,74	nn	nn
		Weil, km 170,3	4	0	1,96	4,94	3,01	4,49
		Worms, km 444,50-446,60	11	0	0,18	6,96	2,42	0,64
		Koblenz, km 591,3	3	0	4,65	5,01	4,87	7,47
		Düsseldorf, km 740,3-748,9	8	0	1,13	9,70	6,12	6,88
NECKAR								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lauffen, km 125,2	12	0	1,87	34,6	12,8	5,5
		Rockenau, km 61,4	12	0	3,01	17,7	8,9	5,0
	Sr-90	Lauffen, km 125,2	-	-	-	-	-	0,0071
		Rockenau, km 61,4	3	0	0,0067	0,0111	0,0088	0,0076
	Cs-137	Lauffen, km 125,6	12	12	<0,0010	<0,0029	nn	<0,0019
		Rockenau, km 61,4	12	11	<0,0011	<0,0028	<0,0020	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Rockenau, km 61,4	4	4	<0,79	<1,87	nn	nn
	Cs-137	Obertürkheim, km 189,5	4	0	5,75	7,84	6,70	6,57
		Rockenau, km 61,4	4	0	5,93	6,60	6,31	4,92
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Guttenbach, km 72,0-73,6	9	9	<0,42	<1,21	nn	nn
	Cs-137	Lauffen, km 125,2-126,5	6	0	3,41	7,42	5,44	6,18
		Neckarzimmern, km 85,8-86,2	6	0	2,50	7,03	5,77	5,52
		Guttenbach, km 72,0-73,6	9	0	3,99	6,49	5,06	5,41
MAIN								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wipfeld, km 316,2	11	0	0,58	1,02	0,79	0,78
		Eddersheim, km 15,6	11	0	0,61	1,27	0,81	0,80
	Sr-90	Wipfeld, km 316,2	-	-	-	-	-	0,0071
		Eddersheim, km 15,6	1	0	0,0075	0,0075	0,0075	0,0078
	Cs-137	Wipfeld, km 316,2	12	12	<0,0012	<0,0029	nn	nn
		Eddersheim, km 15,6	12	10	<0,0010	0,0037	<0,0021	<0,0019
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 323,7	4	4	<0,70	<1,20	nn	nn
	Cs-137	Hallstadt, km 388,3	4	0	6,85	11,7	10,2	11,2
		Garstadt, km 323,7	4	0	9,57	17,6	13,0	11,2

Tabellen

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Garstadt, km 316,2-324,8	4	4	<0,35	<1,17	nn	nn
	Cs-137	Hallstadt, km 388,2	4	0	4,29	7,93	5,44	7,58
		Garstadt, km 316,2-324,8	4	0	4,30	26,4	15,7	11,5
MOSEL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Wincheringen, km 222,2	12	0	17,5	58,0	36,7	38,8
		Koblenz, km 2,0	12	0	6,97	23,5	15,8	16,3
	Sr-90	Wincheringen, km 222,2	4	0	0,0071	0,0215	0,0123	0,0077
		Koblenz, km 2,0	3	0	0,0059	0,0092	0,0073	0,0045
	Cs-137	Wincheringen, km 222,2	12	10	<0,0011	0,0039	<0,0021	nn
Koblenz, km 2,0		12	11	<0,0013	<0,0029	<0,0020	<0,0019	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-58	Perl, km 241,9	10	1	0,42	4,11	1,76	2,42
	Co-60	Perl, km 241,9	12	1	0,56	4,51	2,05	5,64
		Koblenz, km 2,0	12	12	<0,48	<1,95	nn	<1,04
	Ag-110m	Perl, km 241,9	9	9	<0,46	<1,47	nn	<1,42
		Palzem, km 229,9	12	12	<0,38	<1,78	nn	<1,64
	Cs-137	Perl, km 241,9	11	0	4,77	8,77	6,36	7,84
		Koblenz, km 2,0	12	0	4,15	9,69	6,47	7,52
	I-131	Perl, km 241,9	12	4	<2,84	14,4	7,44	10,8
Koblenz, km 2,0		12	7	1,89	16,1	<5,33	<6,03	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Perl, km 238,6-242,0	12	1	0,36	3,74	1,33	1,17
		Trier, km 184,1-196,1	10	9	0,46	<0,87	<0,69	<0,84
		Koblenz/Güls km 4,05	2	2	<0,40	<0,58	nn	nn
	Ag-110m	Perl, km 238,6-242,0	12	12	<0,31	<0,79	nn	<0,71
		Palzem, km 230,10	6	6	<0,31	<0,60	nn	<1,48
	Cs-137	Perl, km 238,6-242,0	12	0	2,22	8,18	5,97	6,16
		Trier, km 184,1-196,1	10	0	8,03	14,2	11,9	11,3
		Koblenz/Güls, km 4,05	2	0	1,97	24,1	13,1	16,0
SAAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Schoden, km 7,7	12	0	0,62	1,23	0,80	0,72
	Sr-90		4	0	0,0058	0,0121	0,0096	0,0073
		Cs-137		12	11	<0,0010	0,0035	<0,0020
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schoden, km 7,7	12	0	6,78	20,4	10,7	15,7
	I-131		12	2	2,89	38,7	13,1	<17,4
DONAU								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<4,1	<5,3	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	12	0	0,77	1,22	0,97	0,98
		Vilshofen, km 2249,4	12	0	1,26	3,94	2,46	2,25
	Sr-90	Regensburg, km 2381,3	3	0	0,0026	0,0107	0,0067	0,0114
		Vilshofen, km 2249,4	2	0	0,0093	0,0117	0,0105	0,0070
	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	4	<0,0033	<0,0047	nn	nn
		Regensburg, km 2381,3	12	11	<0,0009	0,0037	<0,0019	<0,0021
	Vilshofen, km 2249,4	12	12	<0,0012	<0,0026	nn	<0,0018	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	2	0	36,8	56,8	46,8	58,7
		Regensburg, km 2381,3	4	0	23,1	32,7	28,6	32,3
		Vilshofen, km 2249,4	12	0	17,2	24,5	20,7	21,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Ulm-Wiblingen, km 2590,8	4	0	47,6	52,9	50,1	52,2
		Regensburg, km 2373,1-2381,4	10	0	4,33	62,2	27,2	19,2
		Straubing, km 2326,7	4	0	32,6	34,7	33,5	37,1
		Grünau, km 2205,5	2	0	19,4	20,2	19,8	17,9
ISAR								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Pullach, km 162,0	4	3	2,82	<4,63	<4,18	3,71
		Plattling, km 9,1	4	3	5,19	<5,83	<5,45	5,82
	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	4	<0,0033	<0,0073	nn	<0,0149
		Plattling, km 9,1	4	4	<0,0081	<0,0114	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	17,6	21,4	18,9	14,4
		Plattling, km 9,1	3	0	8,54	12,9	10,7	19,7

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2020	2019
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Pullach, km 162,0	4	0	15,7	31,1	22,1	21,6
		Plattling, km 9,1	4	0	1,22	3,46	1,89	5,74
EMS								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Geeste, km 106,7	12	0	1,85	24,9	9,99	12,35
		Terborg, km 24,6	12	0	1,06	13,4	5,21	5,25
	Co-60 Sr-90	Terborg, km 24,6	12	12	<0,0016	<0,0029	nn	nn
		Geeste, km 106,7	4	0	0,0053	0,0213	0,0129	0,0062
	Cs-137	Terborg, km 24,6	1	0	0,0121	0,0121	0,0121	0,0108
Geeste, km 106,7		12	12	<0,0009	<0,0032	nn	nn	
		Terborg, km 24,6	12	2	<0,0017	0,0130	0,0060	<0,0101
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Terborg, km 24,64	4	4	<0,73	<0,94	nn	nn
	Cs-137	Geeste, km 106,7	4	0	10,1	12,2	11,0	10,2
		Terborg, km 24,64	4	0	5,06	6,11	5,59	7,34
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Herbrum, km 212,75	2	2	<0,65	<1,33	nn	1,46
	Cs-137	Herbrum, km 212,75	2	0	4,46	4,51	4,48	5,16
WESER / UNTERWESER / JADEBUSEN								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Rinteln, km 163,2	12	0	0,62	12,1	3,61	5,90
		Langwedel, km 329,4	12	0	0,72	7,76	2,87	3,48
		Blexen, km 429,7	11	0	1,51	4,42	3,05	3,18
	Sr-90	Rinteln, km 163,2	3	0	0,0041	0,0091	0,0071	0,0165
		Langwedel, km 329,4	2	0	0,0063	0,0080	0,0072	0,0103
		Blexen, km 429,7	2	0	0,0091	0,0114	0,0103	0,0064
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	12	11	<0,0014	<0,0034	<0,0025	<0,0021
		Langwedel, km 329,4	10	10	<0,0013	<0,0029	nn	nn
		Blexen, km 429,7	10	6	<0,0013	0,0057	<0,0028	0,0038
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Co-60	Wilhelmshaven/Jadebusen	4	4	<0,52	<0,74	nn	nn
	Cs-137	Rinteln, km 163,2	4	0	4,47	8,46	6,20	7,60
		Langwedel, km 329,4	11	0	4,03	7,88	6,28	7,87
		Wilhelmshaven/Jadebusen	4	0	3,33	4,76	4,02	3,03
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Bremen (Insel), km 373,97	7	7	<0,31	<1,09	nn	nn
	Cs-137	Minden, km 204,40	2	0	4,65	7,84	6,25	25,9
		Bremen (Insel), km 373,97	7	0	3,79	11,0	6,94	9,20
ELBE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Dresden, km 58,0	9	0	3,04	13,8	8,03	6,41
		Tangermünde, km 389,1	10	0	2,72	9,36	5,78	4,04
		HH (Seemannshöft), km 628,8	4	0	1,41	7,09	4,91	4,44
		Wedel, km 642,0	12	0	1,53	7,30	3,96	3,32
	Sr-90	Dresden, km 58,0	4	0	0,0075	0,0097	0,0084	0,0062
		Tangermünde, km 389,1	1	0	0,0091	0,0091	0,0091	0,0081
		HH (Seemannshöft), km 628,8	4	0	0,0039	0,0068	0,0050	0,0041
		Wedel, km 642,0	4	0	0,0093	0,0120	0,0105	0,0083
	Cs-137	Dresden, km 58,0	9	9	<0,0010	<0,0056	nn	nn
		Tangermünde, km 389,1	10	10	<0,0010	<0,0043	nn	nn
HH (Seemannshöft), km 628,8		4	4	<0,0019	<0,0030	nn	<0,0018	
		Wedel, km 642,0	12	4	0,0013	0,0064	0,0035	<0,0022
		HH (Seemannshöft), km 628,8	4	0	0,000014	<0,000042	0,000028	<0,00012
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	9	0	6,82	20,4	13,9	13,5
		Geesthacht, km 586,0	4	0	7,26	17,8	10,9	8,52
		HH (Seemannshöft), km 628,8	8	0	2,25	4,25	3,43	4,12
		Wedel, km 642,0	4	0	4,08	6,15	4,80	3,41
	I-131	HH (Seemannshöft), km 628,8	8	8	<0,62	<1,25	nn	<1,21
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Dresden, km 58,0	-	-	-	-	-	19,3
		Arneburg, km 403,5	2	0	2,73	7,16	4,94	3,72
		HH (Bunthaus), km 609,8	4	0	12,9	16,1	14,8	14,5
		Cuxhaven, km 726,3	1	0	1,98	1,98	1,98	2,72

GEWÄSSER Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2020	2019
ODER								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Eisenhüttenstadt, km 554,2	3	0	1,04	1,08	1,06	0,81
		Schwedt, km 690,6	12	0	0,50	1,07	0,84	0,75
	Sr-90	Eisenhüttenstadt, km 554,2	1	0	0,0123	0,0123	0,0123	0,0083
		Schwedt, km 690,6	2	0	0,0095	0,0120	0,0107	0,0072
		Eisenhüttenstadt, km 554,2	2	2	<0,0014	<0,0019	nn	<0,0019
Cs-137	Schwedt, km 690,6	12	1	<0,0015	<0,0041	<0,0026	<0,0028	
	Eisenhüttenstadt, km 554,2	1	0	38,7	38,7	38,7	4,90	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwedt, km 690,6	3	0	9,18	19,1	12,8	10,6
		Schwedt, km 690,6	3	0	9,18	19,1	12,8	10,6
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Eisenhüttenstadt, km 554,2	-	-	-	-	-	-
		Hohensaaten, km 667,5	5	0	8,34	12,35	10,3	11,2
SPREE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	1,13	<1,34	<1,24	nn
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	11	0	0,50	0,93	0,64	0,61
	Sr-90	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	4	0	0,0046	0,0120	0,0077	0,0039
		Berlin-Sophienwerder, km 0,60	4	4	<0,0017	<0,0067	nn	nn
		Berlin-Schöneeweide, km 27,2	11	11	<0,0013	<0,0037	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	8	0	13,5	25,1	21,4	19,0
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	2	3,28	5,79	4,62	4,30
	I-131	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	8	5	<10,8	<76,3	nn	<44,6
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	4	<3,21	<6,64	nn	<2,60
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Berlin-Schöneeweide, km 27,2	1	0	19,7	19,7	19,7	21,9
		Berlin, km 9,20 (Einmündung Landwehrkanal)	4	0	14,6	17,3	15,9	16,0
HAVEL								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Zehdenick, km 15,1	12	0	0,43	0,98	0,75	0,79
	Sr-90	Zehdenick, km 15,1	3	0	0,0044	0,0130	0,0093	0,0082
	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	12	11	<0,0014	<0,0028	<0,0022	<0,0020
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	4	0	27,0	38,6	32,5	30,6
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Zehdenick, km 15,1	6	0	16,7	21,4	17,9	25,2
SAALE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Halle/Planena, km 104,5	12	0	0,51	1,01	0,80	0,70
		Camburg, km 187,0	4	4	<3,00	<3,80	nn	nn
	Sr-90	Halle/Planena, km 104,5	3	0	0,0047	0,0114	0,0084	0,0051
		Camburg, km 187,0	4	3	0,0031	<0,0074	<0,0051	<0,0050
		Halle/Planena, km 104,5	11	10	<0,0010	<0,0029	<0,0020	nn
Cs-137	Camburg, km 187,0	4	4	<0,0355	<0,0505	nn	nn	
	Halle/Planena, km 104,5	4	0	9,87	13,5	11,4	10,4	
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Camburg, km 187,0	4	0	10,6	29,9	19,4	29,7
		Camburg, km 187,0	4	0	10,6	29,9	19,4	29,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Halle/Planena, km 104,5	7	0	5,02	14,1	10,5	9,24
		Dorndorf-Steudnitz, km 192,0	4	0	12,9	14,1	13,4	14,1
PEENE								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Anklam, km 89,8	12	0	0,42	0,91	0,70	0,75
	Sr-90	Anklam, km 89,8	3	0	0,0075	0,0100	0,0090	0,0098
	Cs-137	Anklam, km 89,8	11	9	<0,0011	0,0030	<0,0019	<0,0023
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 89,8	4	0	26,7	45,1	32,5	32,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Anklam, km 89,8	4	0	27,8	34,6	30,7	33,5

GEWÄSSER Komparti- ment	Nuklid	Probenentnahmeort, Flusskilometer	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2020	2019
TRAVE / UNTERTRAVE								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Travemünde, km 26,9	12	0	0,79	1,07	0,95	0,83
	Sr-90		3	0	0,0105	0,0231	0,0150	0,0086
	Cs-137		12	2	0,0012	0,0132	0,0077	0,0071
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Travemünde, km 26,9	4	0	8,59	53,6	33,7	25,1
NORD-OSTSEE-KANAL								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	12	0	0,87	1,53	1,03	0,88
	Sr-90		3	0	0,0063	0,0211	0,0114	0,0125
	Cs-137		12	1	0,0011	0,0150	0,0056	0,0068
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Kiel-Holtenau, Einmündung Nord-Ostsee-Kanal	4	0	18,4	23,1	20,1	16,0
nn nicht nachgewiesen/nachweisbar								

Tabelle T II.33 Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Seen und Talsperren nach StrlSchG
(Monitoring of surface water, suspended matter, and sediment from lakes and dams in accordance with the StrlSchG)

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
					Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
			N	<NWG	min. Wert	max. Wert	2020	2019
BADEN-WÜRTTEMBERG / BAYERN / Bodensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Langenargen	8	8	<4,1	<5,3	nn	nn
		Nonnenhorn	4	3	2,41	<4,63	<4,07	3,55
	Cs-137	Langenargen	8	8	<0,0025	<0,0060	nn	nn
		Nonnenhorn	4	4	<0,0035	<0,0047	nn	<0,0138
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	0	5,31	7,74	6,04	5,71
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Nonnenhorn	4	0	5,42	8,91	7,14	10,8
BAYERN / Chiemsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seeon-Seebruck	1	0	3,28	3,28	3,28	-
	Sr-90		1	0	0,0211	0,0211	0,0211	-
	Cs-137		1	1	<0,0060	<0,0060	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	3	0	22,6	28,9	26,7	-
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seeon-Seebruck	3	0	4,69	11,6	8,56	11,0
Starnberger See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Starnberg	3	2	2,41	<4,63	<3,89	2,93
	Sr-90		3	0	0,0126	0,0212	0,0175	0,0083
	Cs-137		3	3	<0,0085	<0,0102	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Starnberg	4	0	81,6	107	98,5	120
BERLIN / Müggelsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	PE-Stelle 41035	4	1	0,85	<1,33	1,06	nn
	Sr-90		4	0	0,0020	0,0039	0,0029	0,0029
	Cs-137		4	4	<0,0025	<0,0097	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	2	1,23	<4,52	2,55	3,97
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	PE-Stelle 41035	4	0	24,6	29,7	27,6	30,1

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
Stößensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Siemenswerder	4	2	0,81	<1,34	1,14	nn
	Sr-90		4	0	0,0028	0,0038	0,0033	0,0032
	Cs-137		4	4	<0,0026	<0,0046	nn	<0,0044
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	1,27	4,43	3,03	<3,30
	I-131		4	3	<2,08	<6,87	<3,42	3,73
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Siemenswerder	4	0	22,3	49,7	37,4	23,7
BRANDENBURG / Stechlinsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Neuglobsow	4	4	<5,60	<5,92	nn	nn
	Sr-90		3	0	0,0054	0,0089	0,0076	0,006
	Cs-137		4	3	0,0045	<0,0128	<0,0092	<0,009
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Neuglobsow	4	0	6,97	13,1	10,4	10,5
Neuendorfer See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Alt-Schadow	4	4	<3,42	<6,17	nn	<5,73
	Sr-90		3	0	0,0024	<0,0025	0,0024	0,0031
	Cs-137		4	4	<0,0070	<0,0145	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	0	9,90	14,6	12,0	15,8
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Alt-Schadow	4	0	0,60	1,12	0,75	0,65
HESSEN / Marbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Erbach	3	3	<5,72	<6,04	nn	nn
	Sr-90		1	1	<0,0073	<0,0073	nn	0,0045
	Cs-137		3	3	<0,0146	<0,0253	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	3	0	19,4	22,4	20,9	23,9
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Erbach	3	0	1,89	5,53	3,71	2,30
MECKLENBURG-VORPOMMERN / Borgwallsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Lüssow	4	4	<5,29	<5,47	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0096	<0,0123	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	1	0	6,09	6,09	6,09	4,1
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Lüssow	4	0	4,20	7,42	6,33	4,48
Schweriner See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schwerin	4	4	<5,42	<5,56	nn	nn
	Sr-90		4	2	<0,0038	0,0063	0,0050	0,0034
	Cs-137		4	4	<0,0085	<0,0114	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	8,63	58,5	40,5	43,4
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schwerin	4	0	18,2	41,4	29,8	41,7
NIEDERSACHSEN / Sösetalsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Osterode am Harz	4	2	1,40	<2,10	1,76	nn
	Sr-90		4	2	0,0003	0,0018	0,0009	<0,0009
	Cs-137		4	4	<0,0009	<0,0014	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	3	0	16,5	26,0	20,7	24,2
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Osterode am Harz	4	0	22,3	36,3	30,2	32,2

LAND/Gewässer Kompartiment	Nuklid	Proben- entnahmeort	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
Steinhuder Meer								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Wunstorf	4	1	1,16	2,34	1,75	<1,50
	Cs-137		4	1	<0,0024	0,0224	0,0100	0,005
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	3	0	180	203	191	177
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Wunstorf	4	0	65,7	188	105	67,6
NORDRHEIN-WESTFALEN / Möhne-Stausee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Möhnesee	4	3	4,79	<5,97	<5,60	<5,33
	Sr-90		1	1	<0,0055	<0,0055	nn	0,0062
	Cs-137		4	4	<0,0041	<0,0087	nn	nn
Dreilägerbach-Talsperre								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Roetgen	4	4	<5,90	<6,00	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0005	<0,0013	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Roetgen	4	0	1,83	5,41	3,47	5,57
RHEINLAND-PFALZ / Laacher See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Maria Laach	4	4	<3,1	<3,3	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,0190	0,0240	0,0213	0,021
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Maria Laach	4	0	30,0	49,0	36,8	32
SACHSEN / Talsperre Pöhl								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Thoßfell	4	4	<6,4	<6,6	nn	nn
	Cs-137		3	3	<0,0074	<0,0080	nn	nn
Schwebstoff (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	2	0	10,8	15,3	13,0	15,7
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Thoßfell	3	0	24,8	28,6	27,2	28,0
SACHSEN-ANHALT / Arendsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Arendsee	4	4	<5,36	<5,48	nn	nn
	Cs-137		4	0	0,0212	0,0324	0,0285	0,029
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Arendsee	4	0	24,3	38,5	30,4	35,9
Schollener See								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Schollene	4	4	<5,25	<5,50	nn	nn
	Cs-137		4	1	<0,0110	0,0134	0,0123	0,013
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Schollene	4	0	62,1	175	120	192
SCHLESWIG-HOLSTEIN / Schaalsee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Seedorf	4	4	<10	<10	nn	nn
	Sr-90		4	4	<0,010	<0,010	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0060	<0,0170	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Seedorf	4	0	63,9	74,4	67,8	79,3
Wittensee								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Groß Wittensee	4	4	<10	<10	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0100	<0,0130	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Cs-137	Groß Wittensee	4	0	83,2	160	136	64,9
THÜRINGEN / Talsperre Ohra								
Oberflächenwasser (Bq/l)	H-3	Luisenthal	4	3	<3,38	<3,73	<3,49	<3,31
	Cs-137		4	4	<0,0445	<0,0501	nn	nn

Tabelle T II.34 Überwachung der Gewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen gemäß der REI
(Monitoring of water bodies in the surroundings of nuclear facilities in accordance with the REI)

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
RHEIN / KKW Beznau und KKW Leibstadt (Schweiz)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Aare-Einmündung	4	4	<4,4	<5,3	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<4,1	<5,3	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	3	3	<4,1	<4,5	nn	<5,45
	Co-60	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0028	<0,0046	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,0044	<0,0053	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,0043	<0,0051	nn	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	4	4	<0,0032	<0,0041	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	4	4	<0,0039	<0,0053	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	4	4	<0,0038	<0,0048	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Aare-Einmündung	2	2	<0,19	<0,23	nn	nn
		vor KKW Leibstadt	2	2	<0,20	<0,22	nn	nn
		nach KKW Leibstadt	2	2	<0,30	<0,32	nn	nn
	Cs-137	vor Aare-Einmündung	2	0	2,74	2,95	2,84	4,13
		vor KKW Leibstadt	2	0	4,15	4,92	4,53	3,53
		nach KKW Leibstadt	2	0	2,91	2,94	2,92	2,63
RHEIN / KKW Fessenheim (Frankreich) (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Weil	13	11	2,60	7,70	<4,69	<5,35
		Neuf Brisach	13	9	<4,10	7,00	<4,99	<5,53
	Co-60	Weil	13	13	<0,0063	<0,0209	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0050	<0,0173	nn	nn
	Cs-137	Weil	13	13	<0,0054	<0,0185	nn	nn
		Neuf Brisach	13	13	<0,0049	<0,0173	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	2	<0,19	<0,20	nn	nn
		Breisach, km 232,0	2	2	<0,20	<0,24	nn	nn
	Cs-137	Neuenburg/Grißheim km 206,5	2	0	0,97	1,49	1,23	1,68
		Breisach, km 232,0	2	0	3,26	3,29	3,28	3,22
RHEIN / HIRSCHKANAL / KIT Karlsruhe								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Hirschkanal	52	0	0,020	0,049	0,034	0,033
	Gβ		52	0	0,063	0,311	0,154	0,162
	H-3		64	50	1,59	<5,30	<2,80	<3,10
	Co-60		4	4	<0,0048	<0,0081	nn	nn
	Cs-137		4	4	<0,0046	<0,0070	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Gα	Hirschkanal	4	0	529	564	544	594
	Gβ		4	0	1447	1640	1543	1584
	Co-60		8	8	<0,20	<5,76	nn	nn
	Cs-137		8	0	9,04	68,8	36,1	56
	Am-241		8	1	0,29	<9,79	2,68	4,2

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
RHEIN / KKP Philippsburg (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	3	1,70	5,00	3,38	<4,39
		Auslaufbauwerke I u. II	32	5	0,87	203	12,2	43,2
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0035	<0,036	nn	nn
		Auslaufbauwerke I u. II	16	16	<0,0027	<0,036	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0037	<0,035	nn	nn	
	Auslaufbauwerke I u. II	16	16	<0,0024	<0,034	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	3	1	<0,56	0,82	0,69	nn
		Auslaufbauwerk	4	2	<0,42	0,80	0,63	1,83
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	3	0	10,6	13,1	11,5	8,36
		Auslaufbauwerk	4	0	7,95	10,7	9,14	7,10
RHEIN / KWB Biblis (stillgelegt) und BE-Zwischenlager								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	7	4,50	<26,5	<7,88	4,76
		Auslaufbauwerke A u. B	16	15	<4,42	<14	<6,01	4,90
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,022	<0,032	nn	nn
		Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,021	<0,035	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,022	<0,032	nn	nn	
	Auslaufbauwerke A u. B	16	16	<0,020	<0,036	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,38	<0,39	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,40	<0,41	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	5,80	6,60	6,20	11,5
		nach Auslaufbauwerk	2	0	10,0	11,0	10,5	10,5
RHEIN / KMK Mühlheim-Kärlich (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	4	4	<6,0	<9,0	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	0	2,5	3,1	2,8	3,0
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,013	<0,024	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,009	<0,015	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,012	<0,020	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	4	4	<0,008	<0,013	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,42	<0,46	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,35	<0,62	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	8,9	11,0	10,0	9,3
		nach Auslaufbauwerk	2	0	2,4	5,0	3,7	4,8
NECKAR / GKN Neckarwestheim								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	5	2,6	<5,3	<3,8	<4,3
		Auslaufbauwerk	20	6	2,2	52,9	11,0	8,3
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0056	<0,039	nn	nn
		Auslaufbauwerk	20	20	<0,0043	<0,038	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0052	<0,037	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	20	20	<0,0040	<0,039	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	2	2	<0,25	<0,28	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,28	<0,39	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	2	0	1,21	4,76	2,98	2,24
		nach Auslaufbauwerk	2	0	5,22	5,65	5,43	5,20
NECKAR / KKO Obrigheim (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Guttenbach	21	8	5,1	19,9	10,0	7,0
	Co-60		21	21	<0,0030	<0,039	nn	nn
	Cs-137		21	21	<0,0028	<0,038	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	-
		nach Auslaufbauwerk	2	2	<0,26	<0,28	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	-	-	-	-	-	-
		nach Auslaufbauwerk	2	0	5,49	6,05	5,77	4,88

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
MAIN / KKG Grafenrheinfeld (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<3,8	<10	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	6	<3,9	32,0	<13,2	<8,9
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,023	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,027	<0,049	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,038	<0,047	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,041	<0,047	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	4	4					
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,0	<1,2	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<1,0	<1,3	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	13,9	15,9	14,5	14,3
		nach Auslaufbauwerk	4	0	14,0	18,7	16,1	15,3
MOSEL / KKW Cattenom (Frankreich)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Palzem, km 230	12	0	20	51	36	41
	Co-60		12	12	<0,010	<0,019	nn	nn
	Cs-137		12	12	<0,011	<0,021	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Palzem, km 230	2	0	0,96	1,50	1,23	1,0
	Sr-90		2	0	0,30	0,51	0,41	0,37
	Cs-137		2	0	9,30	11,0	10,2	7,3
DONAU / KRB Gundremmingen								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<4,57	<6,03	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	0	20,1	56,2	36,4	55
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0023	<0,033	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	8	<0,0023	<0,033	nn	nn
		Auslaufbauwerk I	8	8	<0,0023	<0,034	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0023	<0,034	nn	nn	
	Auslaufbauwerk I	8	8	<0,0023	<0,034	nn	<0,017	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,22	<0,40	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	0	0,95	2,23	1,63	0,73
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	33,6	50,8	42,4	42,0
		nach Auslaufbauwerk	4	0	9,61	35,9	25,3	18,3
ISAR / KKI Isar 1 und 2								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	8	<4,58	<6,50	nn	<5,51
		Auslaufbauwerk	12	4	<4,58	390	152	122
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0023	<0,044	nn	nn
		Auslaufbauwerk	12	12	<0,0024	<0,044	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,0023	<0,0026	nn	nn
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0023	<0,0026	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	6	6	<0,0023	<0,0039	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,16	<0,20	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,11	<0,18	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	18,9	25,9	22,3	16,5
		nach Auslaufbauwerk	4	0	10,2	16,7	14,0	22,2
ISAR / FRM II Forschungsneutronenquelle HML München								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	nach FRM II, km 130,3	8	5	<3,65	37,2	<13,2	23,4
	C-14		8	8	<0,15	<5,65	nn	nn
	Co-60		8	8	<0,0040	<0,0490	nn	<0,0225
	Cs-137		8	8	<0,0039	<0,0508	nn	nn
	U-235		2	1	0,0006	<0,0020	<0,0013	0,0021
	Pu-238		2	2	<0,0003	<0,0083	nn	nn
	Am-241		2	2	<0,0005	<0,0015	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	nach FRM II, km 124,6	4	4	<0,07	<0,21	nn	nn
	Cs-137		4	0	4,02	9,01	7,16	8,73
	U-235		1	0	1,30	1,30	1,30	1,40
	Pu-(239+240)		1	0	0,32	0,32	0,32	0,27
	Am-241		1	1	<0,15	<0,15	nn	nn

GEWÄSSER/ KT-Anlage Komparti- ment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
EMS / KKE Emsland								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	5	1,60	<6,98	<4,28	4,1
		Auslaufbauwerk	8	0	30,6	5805	2242	1592
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0082	<0,032	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0062	<0,031	nn	nn
		Auslaufbauwerk	4	4	<0,0069	<0,011	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	4	<0,58	<0,87	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 106,3	4	4	<0,56	<1,00	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 84,7	4	0	9,52	15,6	14,0	13,6
		nach Auslaufbauwerk, km 106	4	0	20,4	23,3	21,7	23,7
WESER / KWG Grohnde								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	7	6	1,28	<6,53	<3,82	<3,42
		Auslaufbauwerk	7	1	<4,97	97,2	54,2	45,1
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0062	<0,044	nn	nn
		Auslaufbauwerk	7	7	<0,0066	<0,049	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	7	7	<0,0052	<0,044	nn	nn
Auslaufbauwerk		7	7	<0,0053	<0,995	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Grohnde, km 122	3	3	<0,44	<0,69	nn	nn
		Hess. Oldendorf, km 147	3	3	<0,18	<0,46	nn	nn
	Cs-137	Grohnde, km 122	3	0	4,40	9,43	7,09	7,42
		Hess. Oldendorf, km 147	3	0	0,78	7,52	4,10	3,44
UNTERWESER / KKU Unterweser (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	8	4	1,59	<5,54	3,82	<4,99
		Auslaufbauwerk	8	4	2,18	<5,54	4,16	<4,51
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,0086	<0,018	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,0085	<0,019	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,0074	<0,0172	nn	nn
Auslaufbauwerk		4	4	<0,0068	<0,0171	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	4	<0,30	<0,64	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	4	<0,16	<0,45	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 44,1	4	0	3,02	4,86	4,36	4,07
		nach Auslaufbauwerk, km 60,0	4	0	1,75	3,08	2,38	2,28
RUR / Forschungszentrum Jülich								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Selhausen	8	8	<5,9	<10	nn	nn
		Jülich-Süd	8	6	<6,0	20	<10,6	nn
	Co-60	Selhausen	8	8	<0,0042	<0,050	nn	nn
		Jülich-Süd	8	8	<0,0039	<0,050	nn	nn
	Gα	Selhausen	4	4	<0,05	<0,05	nn	nn
		Jülich-Süd	4	4	<0,05	<0,05	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Selhausen	2	2	<3,4	<3,7	nn	nn
		Jülich-Süd	2	2	<3,2	<3,7	nn	nn
	Cs-137	Selhausen	2	0	3,10	11,0	7,05	10,6
		Jülich-Süd	2	0	9,00	10,0	9,50	9,3
	I-131	Selhausen	-	-	-	-	-	7,7
		Jülich-Süd	-	-	-	-	-	12
GOORBACH / Urananreicherungsanlage Gronau								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Hauptentwässerungsleitungen	8	3	<0,079	0,543	0,186	0,28
		Retentionsanlage	4	1	0,102	1,633	0,618	0,19
		Goorbach, unterhalb der Stra- ßenkreuzung	4	4	<0,2	<0,2	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Ra-226	Dinkel, nach Kläranlage Gro- nau	2	0	53	66	60	76
	Ra-228		2	0	32	34	33	38

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
AHAUSER AA / BGZ Ahaus								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Ahauser Aa	4	4	<0,07	<0,07	nn	nn
	Rβ		4	4	<0,11	<0,11	nn	nn
	H-3		4	4	<5,6	<6,0	nn	nn
	Co-60		4	4	<0,0054	<0,0066	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Einleitung Moorbach	3	3	<3,6	<4,4	nn	nn
		Ahauser Aa	3	3	<3,7	<4,3	nn	nn
	Cs-137	Einleitung Moorbach	3	0	5,6	12	8,3	6,0
		Ahauser Aa	3	0	12	17	15	15
		Retentionsbecken	4	0	2,0	4,7	3,8	4,9
		Retentionsbecken	4	0	10	26	18	22,5
	I-131	Ahauser Aa	2	0	15	65	40	37
ELBE / Forschungszentrum Geesthacht								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	6	4,82	<10	<8,27	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	6	5,48	<10	<8,38	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	<0,035	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	8	8	<0,012	<0,033	nn	nn
	nach Auslaufbauwerk, km 579,6	8	8	<0,012	<0,034	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	6	<0,62	<0,91	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	6	<0,49	<1,23	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 578,6	6	2	0,67	1,50	1,08	<0,86
	nach Auslaufbauwerk, km 579,6	6	2	0,34	2,17	1,12	<0,91	
ELBE / KKK Krümmel (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	16	9	4,25	9,91	<7,14	nn
		Auslaufbauwerk	16	9	<6,2	18,0	<8,43	nn
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0150	<0,031	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0160	<0,043	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0160	<0,038	nn	nn
	Auslaufbauwerk	24	24	<0,0160	<0,046	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	8	8	<0,140	<0,66	nn	nn
		Auslaufbauwerk	8	8	<0,120	<0,53	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	8	2	0,35	<0,71	0,52	0,63
		Auslaufbauwerk	8	4	0,25	<0,94	0,66	0,61
ELBE / KBR Brokdorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	15	7	<3,00	16,9	6,34	7,56
		Auslaufbauwerk	16	1	<9,16	69,2	31,5	34,5
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0038	<0,031	nn	nn
		Auslaufbauwerk	16	16	<0,0045	<0,040	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	16	16	<0,0061	<0,033	nn	nn
	Auslaufbauwerk	16	16	<0,0059	<0,043	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<1,00	<1,14	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,84	<1,17	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	1,53	2,10	1,85	<0,83
		nach Auslaufbauwerk	4	1	<0,88	1,82	1,34	1,84
ELBE / KKS Stade (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk, km 628,8	16	0	1,40	7,60	4,44	4,62
		nach Auslaufbauwerk, km 660,6	4	0	1,50	6,46	3,41	3,55
	Co-60	vor Auslaufbauwerk, km 628,8	16	16	<0,0010	<0,0150	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk, km 660,6	4	4	<0,0009	<0,0025	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk, km 628,8	16	12	0,0005	<0,0133	<0,0035	<0,0024
	nach Auslaufbauwerk, km 660,6	4	3	<0,0009	<0,00237	<0,0015	0,0014	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,39	<0,64	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,68	<0,99	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	2,89	4,00	3,68	3,59
		nach Auslaufbauwerk	4	1	0,86	4,35	2,46	1,86

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
ELBE / KKB Brunsbüttel (außer Betrieb)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslaufbauwerk	24	12	2,82	18,8	7,22	<5,95
		Auslaufbauwerk	24	8	2,66	29,8	10,0	<6,18
	Co-60	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0090	<0,024	nn	nn
		Auslaufbauwerk	24	24	<0,0088	<0,022	nn	nn
	Sr-90	vor Auslaufbauwerk	12	0	0,0007	0,0040	0,0024	0,0030
		Auslaufbauwerk	12	0	0,0014	0,0037	0,0025	0,0026
Cs-137	vor Auslaufbauwerk	24	24	<0,0108	<0,025	nn	nn	
	Auslaufbauwerk	24	24	<0,0096	<0,023	nn	nn	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslaufbauwerk	4	4	<0,97	<1,14	nn	nn
		nach Auslaufbauwerk	4	4	<0,89	<1,51	nn	nn
	Cs-137	vor Auslaufbauwerk	4	0	1,89	4,74	3,14	2,0
		nach Auslaufbauwerk	4	0	0,92	3,99	2,36	1,5
ELBE / SEEGE / DANNENBERGER LANDGRABEN / BGZ Gorleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Gα	Elbe km 493,6, Gorleben	2	2	<0,14	<0,14	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,13	<0,14	nn	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,14	<0,14	nn	nn
	H-3	Elbe km 493,6, Gorleben	2	0	3,02	8,48	5,75	2,75
		Seege km 16, Meetschow	2	0	1,17	1,20	1,18	1,41
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	1	1,01	<1,69	1,35	1,61
	Sr-90	Elbe km 493,6, Gorleben	1	1	<0,00075	<0,00075	nn	0,0057
		Seege km 16, Meetschow	1	0	0,00105	0,00105	0,00105	0,0052
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	1	0	0,00130	0,00130	0,00130	0,0055
	Co-60	Elbe km 493,6, Gorleben	2	2	<0,0046	<0,0054	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,0040	<0,0054	nn	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,0042	<0,0046	nn	nn
	Cs-137	Elbe km 493,6, Gorleben	2	2	<0,0039	<0,0049	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,0039	<0,0051	nn	0,0033
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,0037	<0,0039	nn	nn
	Sediment (Bq/kg TM)	Gα	Elbe km 493,6, Gorleben	2	0	86,8	367	227
Seege km 16, Meetschow			2	0	683	5061	2872	87
Dan. Landgraben km 6; Siemen			2	0	219	631	425	65
Co-60		Elbe km 493,6, Gorleben	2	2	<0,15	<0,21	nn	nn
		Seege km 16, Meetschow	2	2	<0,86	<1,03	nn	nn
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	2	<0,29	<0,56	nn	nn
Cs-137		Elbe km 493,6, Gorleben	2	0	1,33	2,91	2,12	0,85
		Seege km 16, Meetschow	2	0	65,0	70,4	67,7	2,79
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	2	0	2,03	6,75	4,39	1,65
Pu-238		Seege km 16, Meetschow	1	1	<0,24	<0,24	nn	-
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	1	1	<0,13	<0,13	nn	-
Pu-239		Seege km 16, Meetschow	1	1	<0,24	<0,24	nn	-
		Dan. Landgraben km 6; Siemen	1	1	<0,13	<0,13	nn	-
ELBE / KALTER BACH / WESENITZ / Forschungsstandort Rossendorf								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	Kalter Bach	8	8	<4,0	<9,7	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<6,5	<6,5	nn	nn
	Co-60	Kalter Bach	8	8	<0,0015	<0,0180	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<0,0066	<0,0077	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	8	8	<0,0059	<0,0180	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<0,0064	<0,0068	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Kalter Bach	4	4	<0,30	<0,93	nn	nn
		Wesenitz	2	2	<0,52	<0,74	nn	nn
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	2	<0,35	<0,36	nn	nn
	Cs-137	Kalter Bach	4	0	1,20	2,30	1,65	8,9
		Wesenitz	2	0	3,40	6,40	4,90	2,6
		Elbe, unterhalb d. Wesenitz	2	0	0,94	1,10	1,02	0,76

GEWÄSSER/ KT-Anlage Kompartiment	Nuklid	Probenentnahmestelle	Anzahl 2020		Aktivitätskonzentration/spez. Aktivität			
			N	<NWG	Einzelwerte 2020		Jahresmittelwerte	
					min. Wert	max. Wert	2020	2019
ALLER / Endlager Morsleben								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Salzbach	4	4	<6,0	<6,0	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<6,0	<6,0	nn	nn
	Co-60	vor Salzbach	4	4	<0,007	<0,008	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<0,008	<0,010	nn	nn
	Cs-137	vor Salzbach	4	4	<0,006	<0,007	nn	nn
		nach Salzbach	4	4	<0,007	<0,007	nn	nn
Gß	vor Salzbach	12	0	0,32	0,54	0,44	0,44	
	nach Salzbach	12	0	3,4	6,2	4,71	4,38	
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Belsdorf	1	1	<0,55	<0,55	nn	nn
		Schwanefeld	1	1	<0,25	<0,25	nn	nn
	Cs-137	Belsdorf	1	0	2,5	2,5	2,5	9,7
		Schwanefeld	1	0	3,0	3,0	3,0	3,1
diverse Vorfluter / Schachanlage Asse II								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	Co-60	Vorfluter b. Espenberg	4	4	<0,037	<0,066	nn	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,058	<0,092	nn	nn
	Cs-137	Vorfluter b. Espenberg	4	4	<0,032	<0,066	nn	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,056	<0,84	nn	nn
	Pb-210	Vorfluter b. Espenberg	4	4	<0,54	<1,00	nn	nn
		Vorfluter b. Wittmar	4	4	<0,86	<1,3	nn	nn
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	Altenau, Bansleben	1	1	<0,341	<0,341	nn	nn
		Altenau, Groß Denkte	1	1	<0,366	<0,366	nn	nn
	Cs-137	Altenau, Bansleben	1	0	2,59	2,59	2,59	1,84
		Altenau, Groß Denkte	1	0	1,28	1,28	1,28	0,97
	Pb-210	Altenau, Bansleben	1	0	31,4	31,4	31,4	19,9
		Altenau, Groß Denkte	1	0	20,7	20,7	20,7	15,4
HAVEL / KKR Rheinsberg (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	50 m vor Auslauf	4	4	<5,68	<5,77	nn	nn
		50 m nach Auslauf	4	4	<5,68	<5,77	nn	nn
	Co-60	50 m vor Auslauf	4	4	<0,0015	<0,006	nn	nn
		50 m nach Auslauf	4	4	<0,0016	<0,004	nn	nn
	Cs-137	50 m vor Auslauf	4	3	<0,0021	<0,009	<0,005	<0,004
		50 m nach Auslauf	4	3	<0,0024	<0,005	<0,003	0,004
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	50 m vor Auslauf	2	2	<0,047	<0,047	nn	nn
		50 m nach Auslauf	2	2	<0,057	<0,068	nn	nn
	Cs-137	50 m vor Auslauf	2	0	1,73	1,90	1,82	2,84
		50 m nach Auslauf	2	0	3,33	3,98	3,66	2,11
GREIFSWALDER BODDEN / KGR Greifswald (stillgelegt)								
Oberflächen- wasser (Bq/l)	H-3	vor Auslauf	16	16	<5,26	<10,0	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	16	<5,26	<10,0	nn	nn
	Co-60	vor Auslauf	16	16	<0,0077	<0,047	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	16	<0,0073	<0,046	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	16	12	0,0122	<0,046	<0,034	<0,034
		nach Auslauf (Hafenbecken)	16	13	<0,0116	<0,046	<0,034	<0,033
Sediment (Bq/kg TM)	Co-60	vor Auslauf	4	4	<0,27	<0,34	nn	nn
		nach Auslauf (Hafenbecken)	4	4	<0,42	<1,70	nn	nn
	Cs-137	vor Auslauf	4	0	2,01	4,19	3,07	4,27
		nach Auslauf (Hafenbecken)	4	0	26,2	36,7	31,7	30,5
nn nicht nachgewiesen/nachweisbar - Messung/Angabe nicht erforderlich bzw. nicht erfolgt								

Tabelle T II.35 Radioaktive Kontamination von Weideböden
(Radioactive contamination of pasture soil)

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2018	0 - 10	13	21,2	51,6	9	<4,4	11,0
	2019	0 - 10	13	25,0	84,8	9	<2,6	8,3
	2020	0 - 10	12	22,0	68,7	9	<1,3	4,1
Bayern	2018	0 - 10	20	63,7	252,3	17	2,6	5,1
	2019	0 - 10	20	66,7	296,4	17	2,5	4,8
	2020	0 - 10	20	63,0	271,5	17	2,4	3,9
Berlin	2018	0 - 10	3	6,3	7,1	1	0,5	
	2019	0 - 10	4	8,7	11,9	1	1,6	
	2020	0 - 10	3	5,3	6,3	1	0,5	
Brandenburg	2018	0 - 10	11	13,1	39,0	6	1,2	3,0
	2019	0 - 10	42	10,2	40,9	6	1,1	2,5
	2020	0 - 10	36	8,9	28,0	5	0,8	1,3
Bremen	2018	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2019	0 - 10	2	18,8	26,6	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	1	12,3		a)	a)	a)
Hamburg	2018	0 - 10	1	3,6		a)	a)	a)
	2019	0 - 10	2	7,7	11,0	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	2	8,3	12,5	a)	a)	a)
Hessen	2018	0 - 10	2	15,3	19,0	a)	a)	a)
	2019	0 - 10	2	17,6	21,8	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	2	15,3	21,3	a)	a)	a)
Mecklenburg-Vorpommern	2018	0 - 10	11	11,2	38,2	3	0,7	1,3
	2019	0 - 10	10	10,4	35,5	3	0,5	0,8
	2020	0 - 10	10	7,3	16,5	3	1,0	1,6
Niedersachsen	2018	0 - 10	16	16,9	35,8	9	1,6	2,8
	2019	0 - 10	14	13,3	27,5	9	1,6	2,6
	2020	0 - 10	15	13,6	22,1	7	1,4	2,8
Nordrhein-Westfalen	2018	0 - 10	14	10,4	40,6	5	<1,0	2,9
	2019	0 - 10	14	8,8	24,8	5	0,4	0,9
	2020	0 - 10	14	8,2	14,6	5	0,6	1,1
Rheinland-Pfalz	2018	0 - 10	8	12,9	31,6	3	0,8	1,1
	2019	0 - 10	8	6,4	12,5	3	0,7	0,8
	2020	0 - 10	7	11,4	22,3	3	0,7	1,1
Saarland	2018	0 - 10	4	18,8	27,2	2	1,5	1,8
	2019	0 - 10	4	18,0	23,9	2	0,9	0,9
	2020	0 - 10	4	15,5	26,3	2	1,2	1,2
Sachsen	2018	0 - 10	8	9,3	28,8	5	0,6	1,1
	2019	0 - 10	8	8,7	26,5	5	0,7	1,1
	2020	0 - 10	8	8,3	23,5	5	0,6	1,0



Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Sachsen-Anhalt	2018	0 - 10	13	46,6	110,2	a)	a)	a)
	2019	0 - 10	14	31,0	79,2	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	14	23,7	84,9	a)	a)	a)
Schleswig-Holstein	2018	0 - 10	7	8,3	12,8	6	0,6	1,2
	2019	0 - 10	7	6,5	10,4	6	<0,7	1,1
	2020	0 - 10	8	6,7	12,7	6	0,7	1,4
Thüringen	2018	0 - 10	7	13,9	24,8	3	0,7	1,2
	2019	0 - 10	7	15,0	29,3	3	0,5	0,8
	2020	0 - 10	7	14,8	31,5	3	0,6	0,8

a) Messwerte lagen nicht vor

Tabelle T II.36 Radioaktive Kontamination von Ackerböden
(Radioactive contamination of arable soil)

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2018	0 - 30	11	14,2	52,1	1	3,1	
	2019	0 - 30	12	12,7	34,7	1	<3,5	
	2020	0 - 30	12	13,4	52,1	1	1,7	
Bayern	2018	0 - 30	30	22,3	135,8	3	3,4	7,0
	2019	0 - 30	30	21,6	130,2	3	2,9	4,8
	2020	0 - 30	30	21,3	148,6	3	2,4	4,7
Berlin	2018	0 - 30	2	6,0	6,9	1	0,6	
	2019	0 - 30	2	5,1	5,9	1	0,3	
	2020	0 - 30	2	5,6	6,3	1	0,5	
Brandenburg	2018	0 - 30	9	6,2	20,4	3	0,2	0,3
	2019	0 - 30	11	5,5	18,6	3	0,3	0,5
	2020	0 - 30	7	8,3	21,8	3	<0,2	0,2
Bremen	2018	0 - 30	1	5,7		1	0,5	
	2019	0 - 30	3	6,0	6,4	2	0,5	0,6
	2020	0 - 30	3	5,9	6,6	2	1,0	1,0
Hamburg	2018	0 - 30	1	4,4		1	0,6	
	2019	0 - 30	1	4,4		1	0,5	
	2020	0 - 30	1	4,5		1	0,3	
Hessen	2018	0 - 30	6	8,2	15,7	2	0,7	1,2
	2019	0 - 30	6	6,9	10,4	2	<0,7	1,1
	2020	0 - 30	6	7,8	14,9	2	1,1	1,4
Mecklenburg-Vorpommern	2018	0 - 30	6	5,6	12,0	2	<0,4	<0,8
	2019	0 - 30	7	5,9	12,0	2	0,4	0,6
	2020	0 - 30	7	5,9	12,7	2	0,4	0,5

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Niedersachsen	2018	0 - (25/30)	23	<6,1	12,1	6	0,8	1,2
	2019	0 - (25/30)	25	6,7	13,8	6	0,6	1,0
	2020	0 - (25/30)	23	6,6	22,4	8	0,8	1,0
Nordrhein-Westfalen	2018	0 - 30	10	5,7	9,7	5	<1,0	3,0
	2019	0 - 30	10	5,5	9,1	5	<0,4	0,6
	2020	0 - 30	11	5,9	9,0	5	0,6	0,9
Rheinland-Pfalz	2018	0 - (25/30)	8	6,2	12,6	2	0,8	0,9
	2019	0 - (25/30)	8	6,7	19,9	2	0,5	0,6
	2020	0 - (25/30)	8	5,4	10,4	2	1,0	1,3
Saarland	2018	0 - 30	1	5,7		a)	a)	a)
	2019	0 - 30	1	12,3		a)	a)	a)
	2020	0 - 30	1	12,5		a)	a)	a)
Sachsen	2018	0 - 30	7	6,7	13,3	a)	a)	a)
	2019	0 - 30	7	6,2	14,3	a)	a)	a)
	2020	0 - 30	7	5,8	12,4	a)	a)	a)
Sachsen-Anhalt	2018	0 - 30	15	8,4	37,9	5	<0,6	1,0
	2019	0 - 30	15	7,8	37,8	5	1,0	2,4
	2020	0 - 30	15	7,7	29,5	5	0,2	0,4
Schleswig-Holstein	2018	0 - 30	5	7,5	14,3	a)	a)	a)
	2019	0 - 30	5	5,3	8,0	a)	a)	a)
	2020	0 - 30	5	4,8	7,3	a)	a)	a)
Thüringen	2018	0 - 30	6	7,8	17,0	2	0,9	0,9
	2019	0 - 30	6	7,5	16,0	2	1,1	1,2
	2020	0 - 30	6	8,2	19,9	2	0,9	0,9
a) Messwerte lagen nicht vor								

Tabellen

Tabelle T II.37 Radioaktive Kontamination von Waldböden
(Radioactive contamination of forest soil)

Bundesland	Jahr	Entnahmetiefe (cm)	Aktivität in Bq/kg TM					
			Cs-137			Sr-90		
			N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2018	0 - 10	4	33,4	67,1	2	1,8	2,9
	2019	0 - 10	4	29,8	72,7	1	1,1	
	2020	0 - 10	4	33,4	60,6	a)	a)	a)
Niedersachsen	2018	0 - 10	2	59,2	92,1	a)	a)	a)
	2019	0 - 10	2	71,1	132,0	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	2	60,5	109,0	a)	a)	a)
Nordrhein-Westfalen	2018	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2019	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Sachsen-Anhalt	2018	0 - 10	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2019	0 - 10	4	54,3	101,0	a)	a)	a)
	2020	0 - 10	6	61,2	126,0	a)	a)	a)

a) Messwerte lagen nicht vor

Tabellen

Tabelle T II.38 Radioaktive Kontamination von Weide- und Wiesenbewuchs
(Radioactive contamination of pasture and meadow vegetation)

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Baden-Württemberg	2018	27	<0,2	0,4	9	<0,4	1,1
	2019	32	<0,2	0,4	16	<0,2	0,5
	2020	32	<0,2	0,6	15	<0,2	0,6
Bayern	2018	52	<0,5	4,4	23	0,3	1,0
	2019	51	<0,4	3,4	24	0,3*	0,8*
	2020	48	<1,1	9,8	21	0,8*	5,6*
Berlin	2018	3	0,3	0,5	1	0,2	
	2019	4	<0,3	0,5	1	0,2	
	2020	6	<0,3	0,4	a)	a)	a)
Brandenburg	2018	16	<1,4	11,0	8	<0,6	2,0
	2019	34	<1,4	23,7	9	0,2*	0,5*
	2020	29	<1,1	12,3	9	0,2*	0,4*
Bremen	2018	1	0,3		1	0,3	
	2019	2	0,5	1,0	1	0,5	
	2020	2	<0,6	1,0	1	0,3	
Hamburg	2018	4	0,1	0,2	a)	a)	a)
	2019	3	<0,2	0,3	a)	a)	a)
	2020	3	0,2	0,3	1	0,2	

Bundesland	Jahr	Aktivität in Bq/kg FM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Hessen	2018	15	<0,3	0,7	8	<1,0*	2,4*
	2019	15	<0,1	0,2	8	0,2*	0,4*
	2020	15	<0,3	1,5	8	0,5*	0,8*
Mecklenburg-Vorpommern	2018	20	<0,2	0,9	8	0,2	0,6
	2019	19	<0,3	1,4	8	<0,2	0,8
	2020	19	<0,4	4,3	8	0,2	0,6
Niedersachsen	2018	42	<0,6	9,6	21	0,2	0,3
	2019	42	<0,3	5,1	20	0,2	0,6
	2020	42	<0,3	3,8	22	0,2	0,3
Nordrhein-Westfalen	2018	24	<0,3	<0,4	10	<0,3	<1,0
	2019	25	<0,3	<0,5	9	<0,4	<1,2
	2020	25	<0,3	<0,7	8	<0,3	1,2
Rheinland-Pfalz	2018	15	<0,1	<0,4	8	0,4	1,4
	2019	15	<0,1	0,9	7	0,2	0,5
	2020	14	<0,1	0,5	7	<0,3	0,9
Saarland	2018	4	<0,4	0,6	2	0,2	0,4
	2019	4	<0,2	<0,3	2	0,5*	0,5*
	2020	4	<0,2	<0,2	2	0,2	0,3
Sachsen-Anhalt	2018	23	<8,9	76,5	5	<0,1	0,2
	2019	24	<10,2	77,7	5	0,2	0,2
	2020	24	<8,4	93,9	5	0,1	0,2
Sachsen	2018	14	<0,3	1,8	6	<0,6	<1,8
	2019	14	<0,3	3,2	6	0,3*	0,5*
	2020	14	<0,2	0,7	6	0,3*	0,5*
Schleswig-Holstein	2018	22	<0,7	4,6	12	0,4	1,0
	2019	21	<0,2	0,9	12	0,2	0,5
	2020	22	<0,2	<0,5	12	0,1	0,2
Thüringen	2018	17	<0,1	0,4	7	0,2*	0,5*
	2019	17	<0,1	0,1	7	0,1*	0,2*
	2020	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 Mittelwertbildung herausgenommen, da sie einer anderen statistischen Grundgesamtheit angehören

Tabelle T II.39 Radioaktive Kontamination einiger Futtermittel (Produkte aus dem Inland)
(Radioactive contamination of some feedstuffs - inland production)

Futtermittel	Jahr	Aktivität in Bq/kg TM					
		Cs-137			Sr-90		
		N	Mittelwert	max. Wert	N	Mittelwert	max. Wert
Mais u.	2018	251	<0,4	2,5	a)	a)	a)
Maissilagen	2019	243	<0,4	5,9	a)	a)	a)
	2020	113	<0,3	2,4			
Futterrüben	2018	15	<0,5	<2,0	a)	a)	a)
	2019	13	<0,4	1,8	a)	a)	a)
	2020	5	<0,3	1,2	a)	a)	a)
Futtergetreide	2018	149	<0,2	<13,5*	a)	a)	a)
	2019	142	<0,2	1,6	1	0,1	
	2020	140	<0,2	1,1	a)	a)	a)
Grünfütterpflanzen (ohne Mais)	2018	6	<0,4	0,6	a)	a)	a)
	2019	10	<9,3	0,5	a)	a)	a)
	2020	7	<0,4	1,0	a)	a)	a)
Futterkartoffeln	2018	70	<0,4	2,1	a)	a)	a)
	2019	74	<0,4	1,7	a)	a)	a)
	2020	52	<0,2	1,2	a)	a)	a)
Erbsen	2018	3	<0,2	<0,3	a)	a)	a)
	2019	4	<0,3	<0,5	a)	a)	a)
	2020	7	<0,4	1,8	a)	a)	a)
Raps	2018	59	<0,3	1,5	a)	a)	a)
	2019	30	<0,1	<0,4	a)	a)	a)
	2020	43	<0,2	0,7	a)	a)	a)
Ölkuchen/ Ölschrote	2018	2	<0,1	<0,2	a)	a)	a)
	2019	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2020	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Sonnenblumen	2018	6	<0,2	<0,3	a)	a)	a)
	2019	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2020	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Kraftfutter- mischung	2018	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2019	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2020	a)	a)	a)	a)	a)	a)
Silage	2018	a)	a)	a)	a)	a)	a)
	2019	13	<0,4	1,3	a)	a)	a)
	2020	7	<0,2	0,3	a)	a)	a)

a) Messwerte lagen nicht vor

* Der Wert ist nicht repräsentativ, nicht in die Mittelwertbildung einbezogen

Tabelle T II.40 Radioaktive Kontamination von Futtermittelimporten
(Radioactive contamination of imported feedstuffs)

Futtermittel	Jahr	N	Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Futtergetreide	2018	10	<0,2	0,5
	2019	13	<0,3	1,9
	2020	18	<0,2	0,3
Mais, Maisprodukte	2018	13	<0,2	<0,4
	2019	15	<0,2	<0,4
	2020	45	<0,2	<0,4
Maniok, Tapioka	2018	a)	a)	a)
	2019	1	0,3	
	2020	a)	a)	a)
Ölkuchen, Ölschrote	2018	2	<0,1	<0,2
	2019	8	<0,2	0,3
	2020	5	<0,3	<0,5
Sonnenblumen	2018	5	<0,2	<0,3
	2019	2	<0,2	<0,3
	2020	3	<0,3	<0,4
Sojabohnen	2018	27	<0,3	0,7
	2019	5	<0,2	<0,3
	2020	a)	a)	a)
Krafftuttermischung	2018	a)	a)	a)
	2019	1	<0,2	
	2020	a)	a)	a)
Mühlennachprodukte	2018	a)	a)	a)
	2019	2	<0,3	<0,4
	2020	a)	a)	a)
a) Messwerte lagen nicht vor				

Tabelle T II.41 Radioaktive Kontamination von Pflanzen (Indikatoren)
(Radioactive contamination of plants - indicators)

Pflanzenindikator	Jahr	N	Aktivität in Bq/kg TM	
			Cs-137	
			Mittelwert	max. Wert
Blätter	2018	101	<3,2	29,1
	2019	97	<2,7	34,4
	2020	99	<4,0	50,8
Nadeln	2018	52	<16,3	321,0
	2019	48	<24,9	823,2
	2020	51	<23,9	722,7
Gras	2018	93	<5,3	130,0
	2019	82	<4,1	90,5
	2020	91	<8,3	165,0
Farne (Thüringen)	2018	2	26,1	51,0
	2019	2	16,3	29,4
	2020	2	16,8	32,4

Tabelle T II.42 Radioaktivität des Bodens in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
(Specific activity of the soil in the vicinity of nuclear facilities)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	9	10,96	20	7,83	17	8,18 (1,90 – 22,00)
	Pu-238	7	<0,80	6	<1,77	7	<1,10 (<0,02 – <2,04)
	Pu-(239+240)	7	<0,54	6	<0,66	7	<0,63 (0,14 – <0,92)
	Sr-90	3	0,97	2	1,62	3	1,02 (0,63 – 1,75)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	4,43	4	4,58	4	3,31 (2,21 – 4,56)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	3,98	4	2,25	4	2,72 (2,09 – 3,40)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	8,75	6	7,78	6	7,53 (1,12 – 19,00)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	18,04	6	17,67	6	19,10 (4,01 – 43,28)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	13,60	2	13,50	2	11,46 (10,75 – 12,17)
Bayern							
KGK Gundremmingen	Cs-137	10	29,09	10	33,00	10	27,83 (15,40 – 45,30)
KKI Isar	Cs-137	12	36,06	12	32,99	12	33,07 (11,70 – 56,50)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	14,20	10	4,48	10	4,23 (1,45 – 7,22)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	<18,71	4	<25,28	4	16,10 (2,05 – 29,40)
Framatome GmbH, Standort Erlangen	Cs-137	4	9,80	4	10,12	4	15,97 (5,02 – 34,70)
	Pu-238	4	<0,19	4	<0,16	4	<0,13 (<0,09 – <0,16)
	Pu-(239+240)	4	<0,24	4	<0,19	4	<0,21 (<0,13 – <0,29)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Framatome GmbH Standort Karlstein	U-235	4	0,45	4	0,68	4	0,54 (0,18 – 0,83)
	U-238	4	7,60	4	12,68	4	11,92 (4,16 – 17,50)
	Am-241	4	<0,28	4	<0,08	4	<0,17 (<0,10 – <0,36)
	Cs-137	2	10,20	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	1	<0,20	a)		a)		
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	4	7,71	4	6,04	4	6,42 (5,70 – 8,08)
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	5	7,00	4	7,02	4	6,33 (5,00 – 8,18)
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	6	4,92	6	5,05	6	5,41 (3,51 – 6,52)
	Pu-(239+240) Asche	a)		a)		a)	
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	3	<3,42	8	4,34	8	3,75 (1,30 – 7,40)
	U-235	a)		a)		a)	
Zwischenlager Nord	Cs-137	6	5,36	12	5,05	24	4,32 (0,88 – 9,77)
	U-235	a)		a)		a)	
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	5	8,37	8	7,69	8	8,17 (1,84 – 15,60)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	5	11,56	8	12,13	6	16,25 (8,10 – 26,10)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKE Emsland	Cs-137	5	7,17	8	5,85	8	5,01 (1,80 – 10,70)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	13	21,03	14	13,14	16	11,96 (5,57 – 19,90)
	Sr-90	2	5,35	2	<3,16	2	<0,67 (0,20 - <1,14)
	Pu-238	2	<0,20	1	<0,22	1	<0,12
	Pu-(239+240)	a)		a)		1	<0,12
Schacht Konrad II ^{b)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Advanced Nuclear Fuels Lingen	Cs-137	a)		a)		a)	
	U-234	a)		a)		a)	

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Forschungsbergwerk Asse	U-235	a)		a)		a)	
	U-238	a)		a)		a)	
	Cs-137	3	5,57	8	5,54	6	5,22 (4,70 – 6,10)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	8	3,89	8	4,38	8	3,70 (2,82 – 4,21)
	Sr-90	6	0,92	6	0,59	6	0,59 (0,26 – 1,28)
KWW Würgassen ^{c)}	Cs-137	14	12,01	a)		a)	
THTR Uentrop ^{c)}	Cs-137	4	<4,76	5	<1,74	5	7,81 (<0,25 – 18,90)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	5	7,22	5	4,68	5	5,30 (4,20 – 6,50)
	Sr-90	5	0,41	5	<0,27	5	0,24 (0,14 – 0,36)
UAG Gronau	U-238	a)		a)		a)	
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	6,46	4	9,68	4	8,62 (4,96 – 12,99)
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137	11	7,01	11	<6,99	11	6,84 (0,53 – 14,51)
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	10	4,54	13	5,05	10	5,14 (1,40 – 11,80)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	6	5,42	10	4,45	10	4,24 (1,90 – 7,10)
	Sr-90	2	0,23	2	0,21	2	<0,22 (<0,20 – 0,23)
	Gesamt-β	3	607	4	615	4	590 (470 – 730)
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	6	4,80	6	3,42	6	4,12 (3,10 – 5,03)
	Sr-90	2	0,15	2	0,23	2	0,25 (0 - ,25 – 0,26)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	18,10	8	13,70	6	17,02 (7,88 – 35,02)
	Sr-90	1	2,70	3	1,70	1	1,70
KKK Krümmel	Cs-137	8	5,18	11	4,45	8	4,17 (3,37 – 5,12)
	Sr-90	4	0,53	7	0,38	4	0,62 (0,55 – 0,76)
KBR Brokdorf	Cs-137	8	7,71	11	9,48	10	10,98 (1,24 – 19,99)
	Sr-90	4	0,98	5	1,32	4	1,22 (1,03 – 1,49)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg TM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Zwischenlager	Cs-137	4	11,12	a)		a)	
Brokdorf	Sr-90	2	1,35	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.43 Spezifische Aktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
(Specific activity of vegetation in the vicinity of nuclear facilities)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	7	<0,13	8	<0,11	8	<0,17 (0,03 - <0,30)
	Pu-238	a)		4	<0,05	4	<0,08 (<0,06 - <0,12)
	Pu-(239+240)	4	<0,13	4	<0,02	4	<0,03 (<0,02 - <0,05)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,25	4	<0,24	4	<0,24 (0,05 - <0,39)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,23	4	<0,18	4	<0,19 (0,09 - <0,34)
KKP Philippsburg	Cs-137	6	<0,53	6	<0,30	6	<0,31 (0,10 - <0,46)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	0,06	6	<0,11	6	<0,10 (<0,03 - 0,29)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	0,66	2	0,05	2	0,39 (0,34 - 0,44)
Bayern							
KG G Gundremmingen	Cs-137	10	<0,12	10	<0,16	10	<0,13 (0,05 - 0,31)
KKI Isar	Cs-137	12	0,32	12	<0,35	12	<0,22 (0,05 - 0,61)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	10	<0,17	10	<0,24	10	<0,17 (<0,09 - <0,24)
Forschungsreaktor München	Cs-137	4	<0,28	4	<0,20	4	<0,38 (0,10 - 0,70)
Framatome GmbH, Standort Erlangen	Cs-137	4	0,59	4	<0,55	4	<0,32 (<0,04 - 0,71)
	Pu-238	a)		4	<0,15	4	<0,02 (<0,00 - <0,05)
	Pu-(239+240)	a)		4	<0,09	4	<0,02 (<0,01 - <0,04)
	U-235	4	0,47	4	<0,05	4	<0,02 (<0,00 - 0,03)
	U-238	4	<0,02	4	0,49	4	0,22 (0,01 - 0,49)
	Am-241	4	<0,06	4	<0,03	4	<0,02 (<0,00 - <0,04)
Framatome GmbH, Standort Karlstein	Cs-137	2	<0,30	a)		a)	
	Pu-238	a)		a)		a)	
	Pu-(239+240)	a)		a)		a)	
	U-235	a)		a)		a)	
	U-238	1	<0,25	a)		a)	
Am-241	a)		a)		a)		

Tabellen

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	3	0,81	4	<0,22	4	<0,30 (0,12 – 0,40)
	Sr-90	a)		a)		a)	
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	7	<1,79*	4	4,00	4	<2,77 (<0,35 – 5,93)
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,08	6	<0,08	6	<0,09 (<0,04 - <0,17)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,15	8	<0,69	8	<0,33 (<0,08 – 1,30)
Zwischenlager Nord	Cs-137	6	<0,18	12	<0,26	24	<0,17 (<0,07 – 0,55)
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	5	<0,10	8	<0,11	10	<0,08 (<0,06 – 0,11)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	5	<0,15	8	<0,13	6	<0,16 (<0,08 - <0,24)
Zwischenlager Grohnde	Cs-137	a)		a)		1	<0,26
KKE Emsland	Cs-137	4	<0,25	8	<0,23	8	<0,22 (<0,08 – 0,68)
Zwischenlager Lingen	Cs-137	a)		a)		a)	
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	10	5,04	16	<4,00	16	<0,76 (0,09 – 4,43)
	Sr-90	2	0,95	2	7,55	2	0,52 (0,24 – 0,79)
Schacht Konrad II ^{b)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
	Gesamt- α	a)		a)		a)	
Advanced Nuclear Fuels Lingen	Cs-137	a)		a)		a)	
	Pu-238	a)		a)		a)	
	Pu-(239+240)	a)		a)		a)	
	U-234	a)		a)		a)	
	U-235	a)		a)		a)	
	U-238	a)		a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	3	<0,15	8	<0,18	5	<0,22 (<0,12 - <0,34)
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,06	3	<0,08	2	<0,06 (<0,05 - <0,06)
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWW Würgassen ^{c)}	Cs-137	10	<0,30	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
THTR Uentrop ^{c)}	Cs-137	4	<0,21	3	<0,56	4	<0,80 (<0,04 – 1,39)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid/ Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Zwischenlager Ahaus	Sr-90	a)		a)		a)	
	Cs-137	10	<0,25	10	<0,58	10	<0,07 (<0,03 - <0,12)
	Sr-90	10	0,36	10	0,13	10	0,17 (0,10 – 0,28)
UAG Gronau	U-238	a)		a)		a)	
	Uran (Bq/kgTM)	12	<0,27	12	<0,23	12	<0,25 (<0,23 – 0,42)
	Fluor (mg/kg TM)	12	<1,76	12	<1,50	12	<1,72 (<1,50 – 3,90)
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	4	<0,18	4	<0,12	4	<0,19 (<0,06 - <0,28)
Cattenom (Frankreich)	Cs-137	6	<0,08	6	<0,15	6	<0,06 (<0,05 - <0,06)
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	9	<0,16*	7	<0,46*	8	<0,48 (0,05 - <1,20)
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	14	<0,79	10	<0,37	10	<0,21 (<0,10 - <0,46)
	Gesamt-β	2	260	4	151	4	263 (220 – 340)
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,23	4	<0,19	4	<0,17 (<0,12 - <0,21)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	6	<0,13	8	<0,41	6	<0,13 (<0,06 - <0,21)
	Sr-90	a)		2	0,19	a)	
KKK Krümmel	Cs-137	4	<0,13	6	<0,13	4	<0,12 (<0,06 - <0,20)
	Sr-90	4	0,41	7	0,45	4	0,08 (0,18 – 0,65)
KBR Brokdorf	Cs-137	6	<0,13	11	<0,11	10	<0,11 (<0,07 - <0,15)
	Sr-90	a)		1	0,21	a)	
Zwischenlager Brokdorf	Cs-137	4	<0,12	a)		a)	
<p>a) Messwerte lagen nicht vor</p> <p>b) Der Planfeststellungsbeschluss für das Endlagerprojekt Konrad liegt vor. Das Messprogramm nach REI beginnt zwei Jahre vor Inbetriebnahme.</p> <p>c) im Betrieb des sicheren Einschlusses</p> <p>* In Bq/kg TM angegebene echte Messwerte wurden mit dem Faktor 0,2 in Bq/kg FM umgerechnet. Nachweisgrenzen wurden nicht umgerechnet.</p>							

Tabelle T II.44 Allgemeine Überwachung von Grundwasser und Trinkwasser in Deutschland
(General monitoring of groundwater and drinking water in Germany)

	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^a	Maximal- wert ^a	Mittel- wert ^a	Median ^b	Median ^b
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	98	41	25	1700	240	<190	200
	Cs-137	98	98				<6,7	<7,2
	Sr-90	50	33	0,59	87		3,9	3,1
	H-3	62	52	810	2600		<4600	<3800
	U-234	50	21	0,032	110	13	2,5	2,9
	U-235	50	44	0,25	0,92		<0,73	<0,74
	U-238	50	22	0,013	64	6,5	2,3	2,1
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	87	46	24	620		<160	<190
	Cs-137	87	87				<7,3	<8,4
	Sr-90	40	22	1,4	16		<4,3	<4,1
	H-3	39	35	1100	3300		<4600	<3700
	U-234	42	15	0,14	100	12	2,4	3,4
	U-235	42	36	0,19	4,6		<0,98	<1,0
	U-238	42	16	0,063	92	11	1,7	2,0
Reinwasser	K-40	223	133	11	4200		<190	160
	Cs-137	223	223				<7,7	<8,0
	Sr-90	62	33	1,0	17		4,7	3,1
	H-3	66	55	850	4400		<5000	<4000
	U-234	65	23	0,059	94	9,1	1,4	<1,6
	U-235	66	56	0,006	3,9		<0,75	<1,0
	U-238	67	28	0,036	84	8,5	<1,5	<1,5
<p>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.</p> <p>b Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden.</p>								

Tabelle T II.45 Umgebungsüberwachung von Anlagen nach Atomgesetz in Deutschland (Grundwasser und Trinkwasser)
(Surveillance of the surroundings of facilities - according to the Atomic Energy Act groundwater and drinking water)

	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt ^a	Anzahl <NWG	Minimal- wert ^b	Maximal- wert ^b	Mittel- wert ^b	Median ^c	Median ^c
Grundwasser (mBq/l)								
	K-40	289	171	37	19000		<510	<550
	Co-60	406	406				<29	<31
	Cs-137	310	310				<25	<30
	Sr-90	27	15	0,50	3,0		1,8	<6,0
	H-3	411	384	1000	12000		<5800	<5700
	R-Beta	16	16				<100	<110
	G-Alpha	39	16	17	120	32	35	<50
Trinkwasser (mBq/l)								
Rohwasser	K-40	69	40	45	510		<190	230
	Co-60	65	65				<9,9	<10
	Cs-137	64	64				<9,7	<9,9
	Sr-90	9	7	2,9	5,2		<1,0	<1,0
	H-3	71	65	1500	8400		<3100	<3200
	G-Alpha	6	0	29	50	37	36	33
Reinwasser	K-40	126	82	30	340		<160	<200
	Co-60	139	139				<7,4	<7,5
	Cs-137	124	124				<8,0	<9,6
	Sr-90	40	36	0,13	5,2		5,2	<10
	H-3	140	132	2400	16000		<4100	<5300
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>c Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden.</p>								

Tabellen

Tabelle T II.46 Radioaktive Kontamination der Rohmilch
(Radioactive contamination of the raw milk)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2018	19	<0,04 (<0,01 – 0,13)	63	<0,10 (<0,02 – 0,25)
	2019	7	<0,04 (<0,02 – 0,10)	60	<0,12 (<0,04 – 0,23)
	2020	7	0,12 (0,07 – 0,20)	51	<0,12 (<0,03 – <0,22)
Bayern	2018	26	<0,09 (0,02 – <0,46)	222	<0,13 (0,06 – 0,56)
	2019	20	<0,04 (0,02 – <0,20) *	217	<0,10 (0,04 – 0,24)
	2020	23	0,06 (0,03 – 0,15) *	152	<0,10 (0,04 – <0,22)
Berlin	2018	12	<0,48 (0,01 – <5,20)	24	<0,25 (<0,08 – 1,15)
	2019	12	0,02 (0,01 – 0,03) *	24	<0,43 (0,04 – 1,92)
	2020	12	0,02 (0,01 – 0,04) *	24	<0,49 (0,09 – 3,45)
Brandenburg	2018	23	<0,52 (0,01 – <4,90)	63	<0,16 (<0,05 – 1,00)
	2019	12	<0,01 (0,01 – <0,02) *	89	<0,17 (<0,04 – 0,91)
	2020	10	0,01 (0,01 – 0,04) *	81	<0,14 (<0,04 – 0,77)
Bremen	2018	12	<0,02 (<0,00 – 0,05)	12	<0,24 (<0,06 – 0,79)
	2019	10	0,02 (0,01 – 0,03)	12	<0,15 (0,03 – 0,049)
	2020	10	0,02 (0,01 – 0,04)	12	<0,14 (<0,05 – 0,27)
Hamburg	2018	12	0,01 (0,01 – 0,02)	12	<0,12 (<0,07 – <0,16)
	2019	12	<0,05 (0,01 – 0,34) **	12	<0,10 (<0,06 – <0,17)
	2020	10	0,02 (0,01 – 0,04)	12	<0,14 (<0,05 – 0,27)
Hessen	2018	16	<0,45 (0,02 – <2,29)	49	<0,07 (<0,03 – <0,13)
	2019	12	0,03 (0,02 – 0,04) *	34	<0,07 (<0,06 – <0,08)
	2020	12	0,03 (0,02 – 0,04) *	33	<0,08 (<0,06 – <0,18)
Mecklenburg-Vorpommern	2018	13	<0,01 (0,01 – <0,02)	47	<0,16 (<0,12 – 0,19)
	2019	11	<0,01 (<0,01 – 0,01)	45	<0,17 (<0,14 – 0,63)
	2020	13	<0,01 (<0,01 – 0,02)	48	<0,17 (<0,13 – <0,20)
Niedersachsen	2018	27	<0,07 (0,02 – 0,28)	150	<0,25 (0,05 – 5,56)
	2019	18	<0,05 (<0,02 – 0,15)	151	<0,19 (0,04 – <0,50)
	2020	25	<0,03 (0,02 – 0,07)	155	<0,19 (0,05 – 0,58)
Nordrhein-Westfalen	2018	13	<0,03 (<0,01 – <0,10)	104	<0,15 (<0,03 – 1,01)
	2019	12	<0,03 (<0,01 – 0,11) *	105	<0,13 (<0,01 – 0,33)
	2020	13	0,04 (0,02 – 0,08) *	107	<0,13 (<0,00 – 0,77)
Rheinland-Pfalz	2018	12	0,02 (0,01 – 0,02)	36	<0,05 (<0,02 – <0,07)
	2019	13	0,02 (0,02 – 0,03)	39	<0,05 (<0,02 – <0,07)
	2020	13	0,02 (0,02 – 0,02)	39	<0,07 (<0,02 – <0,19)
Saarland	2018	12	<0,04 (<0,02 – 0,07)	15	<0,08 (<0,05 – 0,19)
	2019	12	0,05 (0,02 – 0,12) *	15	<0,09 (<0,07 – 0,12)
	2020	12	0,03 (0,02 – 0,05) *	15	<0,09 (<0,07 – <0,11)
Sachsen	2018	12	<0,31 (0,01 – <1,80)	60	<0,10 (0,06 – <0,16)
	2019	11	0,02 (0,01 – 0,02) *	59	<0,11 (0,06 – <0,21)
	2020	12	0,02 (0,01 – 0,03) *	60	<0,09 (0,06 – <0,13)

Bundesland	Jahr	Sr-90 (Bq/l)		Cs-137 (Bq/l)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Sachsen-Anhalt	2018	12	<0,47 (<0,03 - <1,00)	72	<0,11 (0,07 – 0,37)
	2019	12	0,32 (0,13 – 0,68) **	70	<0,11 (0,07 – 0,33)
	2020	12	<0,48 (0,25 – 0,86) **	69	<0,11 (<0,07 – 0,22)
Schleswig-Holstein	2018	12	<0,04 (<0,02 - <0,10)	84	<0,13 (0,06 – 0,20)
	2019	12	<0,02 (0,01 – 0,06)	84	<0,12 (<0,00 - <0,17)
	2020	12	<0,02 (<0,02 – 0,05)	84	<0,11 (<0,08 - <0,20)
Thüringen	2018	16	<0,66 (0,01 - <3,27)	37	<0,10 (<0,09 - <0,12)
	2019	17	0,01 (0,01 – 0,02)	36	<0,10 (<0,08 - <0,12)
	2020	15	0,02 (0,01 – 0,02) *	36	<0,10 (<0,09 - <0,12)
Bundesrepublik (gesamt)	2018	249	<0,21 (<0,00 - <5,20)	1050	<0,14 (<0,02 – 5,56)
	2019	203	<0,03 (<0,01 – 0,20) *	1052	<0,14 (<0,00 – 1,92)
	2020	213	<0,03 (0,01 – 0,20) *	978	<0,14 (<0,00 – 3,45)

* Ergebnisse aus der Sr-Schnellbestimmung wurden bei Mittelwertbildung und Wertebereichen nicht berücksichtigt
 ** alle Werte stammen aus der Sr-Schnellbestimmung

Tabelle T II.47 Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten im Jahr 2020
 (Range of radioactive contamination of milk and milk products in the year 2020)

Produkt	N	Cs-134 (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)	
		max. Wert	min. Wert	max. Wert	min. Wert
Rohmilch	978	<0,38	<0,00	3,45	<0,00
Käse	1	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Milchpulver	4	<0,38	<0,17	1,55	0,88
Importe					
Käse	87	<0,23	<0,06	<6,07	<0,07
Frischkäse	3	<0,21	<0,07	<0,19	0,09
Schafskäse	5	<0,16	<0,08	<0,20	<0,08
Lakenkäse	a)	a)	a)	a)	a)

a) Messwerte lagen nicht vor

Tabelle T II.48 Radioaktive Kontamination der Milch in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen
 (Radioactive contamination of milk in the vicinity of nuclear power plants)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg FZ Karlsruhe	Cs-137	2	<0,02	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	2	<0,16	2	<0,16 (0,03 – <0,30)
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,03	4	<0,03 (<0,02 - <0,03)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 – 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,004 - <0,008	10	<0,004 - <0,008
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,02	7	<0,22 (<0,02 - <0,67)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 – 0,02)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKP Philippsburg	I-131 (nur Bereich)	10	<0,004 - <0,007	13	<0,004 - <0,791
	Cs-137	4	<0,03	8	<0,24 (<0,02 - <0,71)
	Sr-90	4	<0,06	4	<0,06 (0,01 - <0,20)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	I-131 (nur Bereich)	11	<0,005 - <0,009	15	<0,005 - <0,647
	Cs-137	7	<0,03	8	<0,05 (<0,02 - <0,18)
	Sr-90	5	0,02	5	0,02 (0,02 - 0,02)
KKW Fessenheim (Frankreich)	I-131 (nur Bereich)	11	<0,004 - <0,008	12	<0,004 - <0,205
	Cs-137	4	<0,03	6	<0,32 (<0,02 - <1,03)
	Sr-90	4	0,02	4	0,02 (0,01 - 0,03)
Bayern KRB Gundremmingen	I-131 (nur Bereich)	10	<0,004 - <0,007	12	<0,004 - <1,08
	Cs-137	6	<0,02	6	<0,02 (<0,01 - <0,04)
	Sr-90	6	<0,02	6	<0,02 (<0,01 - 0,03)
KKI Isar	I-131 (nur Bereich)	18	<0,004 - <0,010	18	<0,004 - <0,010
	Cs-137	4	0,05	4	0,05 (0,03 - 0,07)
	Sr-90	4	<0,02	4	<0,02 (0,01 - <0,02)
KKG Grafenrheinfeld	I-131 (nur Bereich)	12	<0,004 - <0,009	12	<0,004 - <0,009
	Cs-137	6	<0,09	6	<0,09 (<0,01 - <0,09)
	Sr-90	6	<0,02	6	<0,02 (<0,01 - <0,02)
FRM II	I-131 (nur Bereich)	18	<0,005 - <0,010	18	<0,05 - <0,010
	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
Brandenburg KKR Rheinsberg	Cs-137	4	<0,13	4	<0,13 (<0,07 - 0,21)
	Sr-90	4	0,01	4	0,01 (0,01 - 0,01)
	I-131 (nur Bereich)	4	<0,063 - <0,133	4	<0,063 - <0,133
Hessen KWB Biblis	Cs-137	10	<0,05	10	<0,05 (<0,02 - <0,08)
	Sr-90	10	<0,01	10	<0,01 (<0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	28	<0,004 - <0,008	30	<0,004 - <0,008
Mecklenburg-Vorpommern KGR Greifswald	Cs-137	4	<0,17	4	<0,17 (<0,15 - <0,19)
	Sr-90	4	0,01	4	0,01 (0,01 - 0,01)
	I-131 (nur Bereich)	3	<0,145 - <0,154	3	<0,145 - <0,154
Niedersachsen KKS Stade	Cs-137	a)		a)	
	Sr-90	a)		a)	
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	2	<0,09	4	<0,11 (<0,08 - <0,13)
	Sr-90	2	0,02	4	<0,01 (<0,01 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,008	12	<0,005 - <0,009

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KWG Grohnde	Cs-137	2	<0,06	4	<0,06 (<0,05 - <0,08)
	Sr-90	2	<0,02	4	<0,02 (<0,01 - <0,02)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,010	12	<0,005 - <0,010
KKE Emsland	Cs-137	2	<0,08	4	<0,08 (<0,08 - <0,08)
	Sr-90	2	<0,01	4	<0,01 (<0,01 - 0,01)
	I-131 (nur Bereich)	10	<0,005 - <0,011	12	<0,005 - <0,011
Zwischenlager Gorleben	Cs-137	18	<0,10	22	<0,09 (0,04 - 0,18)
	Sr-90	7	<0,02	11	<0,02 (<0,01 - 0,04)
	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	<0,13	2	<0,17 (<0,16 - <0,17)
Nordrhein-Westfalen					
FZ Jülich	Cs-137	a)		2	<0,06 (<0,03 - <0,08)
	Sr-90	4	0,02	2	0,02 (0,02 - 0,02)
	I-131 (nur Bereich)	32	<0,005 - <0,010	6	<0,006 - <0,009
KWW Würgassen ^{c)}	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	12	<0,23 (<0,23 - <0,23)
	Fluor (mq/l)	12	<0,42	12	<0,42 (<0,42 - <0,42)
Rheinland-Pfalz					
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	2	<0,07	2	<0,07 (<0,06 - <0,07)
	Sr-90	a)		a)	
	I-131 (nur Bereich)	2	<0,06 - <0,08	2	<0,060 - <0,080
KKW Cattenom (Frankreich)	Cs-137	5	<0,03	6	<0,03 (<0,01 - <0,07)
	Sr-90	5	0,02	6	0,02 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	12	<0,006 - <0,060	13	<0,006 - <0,060
Sachsen					
VKTA Rossendorf	Cs-137	2	<0,13	2	<0,09 (<0,08 - <0,10)
	Sr-90	2	0,02	2	0,03 (0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	2	<0,084 - <0,120	2	<0,071 - <0,089
Sachsen-Anhalt					
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,09	4	<0,09 (<0,07 - 0,11)
	Sr-90	a)		a)	
Schleswig-Holstein					
GKSS Geesthacht	Cs-137	4	<0,13	4	<0,13 (<0,13 - <0,14)
	Sr-90	4	<0,02	4	<0,02 (<0,02 - 0,03)
	I-131 (nur Bereich)	a)		a)	

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/l			
		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKB Brunsbüttel	Cs-137	4	<0,04	14	<0,10 (0,02 - <0,16)
	Sr-90	4	0,02	8	0,02 (0,01 – 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	32	<0,005 - <0,010	42	<0,005 - <0,010
KKK Krümmel	Cs-137	6	<0,04	12	<0,07 (<0,01 - <0,13)
	Sr-90	6	0,02	8	0,03 (0,01 – 0,05)
	I-131 (nur Bereich)	18	<0,005 - <0,009	24	<0,005 - <0,010
KBR Brokdorf	Cs-137	8	<0,03	10	<0,05 (<0,03 - <0,11)
	Sr-90	8	0,02	9	0,02 (0,02 – 0,06)
	I-131 (nur Bereich)	24	<0,005 - <0,009	26	<0,005 - <0,010
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.49 Spezifische Cs-137-Aktivität in Süßwasserfischen
(Specific Cs-137 activity in freshwater fish)

Messungen der Bundesländer

Gewässer	Region	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2020					2019
		N	nn	min.	max.	Median	Median
Binnenseen	Norddeutschland	60	9	<0,07	13,5	1,10	0,89
	Mitteldeutschland	15	4	<0,11	18,0	1,33	0,20
	Süddeutschland	17	2	0,08	5,71	0,50	0,28
Fischteiche	Norddeutschland	11	4	<0,11	0,73	0,17	0,23
	Mitteldeutschland	24	11	<0,08	0,39	0,12	0,11
	Süddeutschland	24	13	0,1	3,28	0,11	0,13
Fließgewässer	Norddeutschland	13	7	0,07	1,56	0,07	<0,15
	Mitteldeutschland	21	15	0,05	0,38	0,08	0,09
	Süddeutschland	1	1			<0,19	<0,18
nicht spezifizierte Gewässer	Norddeutschland	-	-	-	-	-	0,16
	Mitteldeutschland	1	1	-	-	<0,13	<0,20
	Süddeutschland	1	1	-	-	<0,07	-

Tabelle T II.50 Cs-137-Aktivität in Forellen und Karpfen
(Cs-137 activity in trout and carp)

Messungen der Bundesländer (aus Binnenseen, Fischteichen und Fließgewässern)

Fisch	Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2020					2019
	N	nn	min.	max.	Median	Median
Forellen	34	16	0,07	0,33	0,11	0,12
Karpfen	30	15	<0,08	1,35	0,16	0,15

Tabelle T II.51 Spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren aus der Nord- und Ostsee
(Specific Cs-137 activity in fish, crustaceans and molluscs from the North Sea and the Baltic Sea)
 Messungen der Bundesländer und der Leitstelle

Gewässer	Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
		2020					2019
		N	nn	min.	max.	Median	Median
Nordsee	Fische	34	21	0,04	0,24	0,06	0,08
	Garnelen	12	11	<0,09	<0,20	<0,10	<0,11
	Miesmuscheln	13	13	<0,08	<0,19	<0,09	<0,10
Ostsee	Fische	12	0	0,07	2,20	1,39	1,55

Tabelle T II.52 Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen
(Specific Cs-137 activity in samples of imported fish, crustaceans, molluscs and fishery products)

Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2020					2019
	N	nn	min.	max.	Median	Median
Süßwasserfisch	23	13	<0,08	0,53	<0,08	<0,08
Seefisch	121	76	<0,04	0,40	0,07	0,07
Krusten- u. Schalentiere	9	8	<0,05	<0,13	<0,10	<0,11
Fischereierzeugnisse	3	2	<0,08	0,11	0,90	<0,10

Tabelle T II.53 Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen aus dem Pazifik
(Specific Cs-137 activity in samples of imported fish, crustaceans, molluscs and fishery products from the Pacific Ocean)

Probenart	spez. Cs-137-Aktivität in Bq/kg FM					
	2020					2019
	N	nn	min.	max.	Median	Median
Seefisch	18	16	<0,04	0,20	<0,08	0,11
Fischereierzeugnisse	-	-	-	-	-	<0,09

Tabelle T II.54 Spezifische Sr-90-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren
(*Specific Sr-90 activity in fish, crustaceans and molluscs*)

Messungen der Bundesländer

Probenart	Gewässer	spez. Sr-90-Aktivität in Bq/kg FM					
		2020					2019
		N	nn	min.	max.	Median	Median
Fisch	Binnenseen	14	2	0,010	0,16	0,033	0,026
	Fischteiche	10	1	0,010	0,98	0,030	0,026
	Fließgewässer	7	0	0,002	0,026	0,018	0,008
Garnelen	Nordsee	12	11	<0,010	0,091	0,02	0,011
Miesmuscheln	Nordsee	10	8	<0,010	0,059	<0,01	<0,010

Tabelle T II.55 Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Fischen aus verschiedenen Meeresgebieten inkl. Nachtrag zu früheren Jahren
(*Specific radionuclide activities in fish from different marine areas incl. supplement to earlier years*)

Ergebnisse der Leitstelle am Thünen-Institut für Fischereiökologie, Bremerhaven

Meer / Probe	Radionuklid	Jahr	N	nn	Aktivitätskonzentration (Bq/kg FM)		
					min.	max.	Median
Irische See							
Fischfleisch	Cs-137	2019	1	0	-	-	0,73
	Cs-134	2019	1	1	-	-	< 0,014
Gesamtfisch	Cs-137	2019	10	0	0,10	1,79	0,47
	Cs-134	2019	10	8	<0,009	<0,015	<0,012
Nordsee							
Gesamtfisch	Cs-137	2018	12	0	0,04	0,13	0,06
		2019	22	0	0,04	0,15	0,07
		2020	2	0	0,04	0,06	0,05
Ostsee (südliche und westliche)							
Fischfleisch	Cs-137	2018	3	0	0,86	2,46	1,07
		2019	1	0	-	-	1,75
Gesamtfisch	Cs-137	2018	10	0	0,86	3,05	1,94
		2019	7	0	1,27	2,80	2,15
		2020	9	0	0,70	2,24	1,46

Tabelle T II.56 Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz

(Activity in fish and aquatic plants - within the framework of ambient surveillance for facilities according to the Atomic Energy Act)

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2020					2019	
			N	nn	min.	max.	Median	Median	
Fisch (Bq/kg FM)									
Donau	KGG Gundremmingen	Cs-137	6	3	<0,08	0,24	<0,15	0,23	
Elbe	HZ Geesthacht (ex GKSS)	Cs-137	6	4	<0,13	<0,19	<0,13	0,16	
		Cs-137	4	0	0,10	0,21	0,16	0,22	
	PKA Gorleben	Cs-137		0	-	-	-	-	
	KKS Stade	Cs-137		0					
	KBR Brokdorf		Sr-90	6	6	<0,005	<0,009	<0,007	<0,010
			Cs-137	6	0	0,15	0,25	0,23	0,33
			Cs-137		0	-	-	-	0,21
Ems	KKE Emsland	Cs-137	2	0	0,08	0,23	0,15	-	
Greifswalder Bodden	KGR Greifswald	Cs-137	2	0	0,48	2,12	1,29	0,64	
Sacrower See	HZB (ehem. HMI) Berlin	Cs-137	1	0	-	-	10,0	9,8	
Griebenitzsee		Cs-137	1	1	-	-	0,15	0,15	
Gr. Wannsee		Cs-137	1	0	-	-	0,54	-	
Isar	KKI 1/2 Isar	Cs-137	4	4	<0,15	<0,18	<0,17	<0,16	
	FRM II Garching	Cs-137	1	0	-	-	<0,14	<0,17	
Main	KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	4	4	<0,16	<0,21	<0,20	<0,19	
Mosel	Cattenom (Frankreich)	Sr-90	1	1	-	-	<0,01	-	
		Cs-137	3	2	0,05	<0,06	<0,06	-	
Neckar	GKN Neckarwestheim	Cs-137	2	0	0,03	0,04	0,04	0,02	
	KWO Obrigheim	Cs-137	5	1/2 ^a	0,04	0,05	0,04	a	
Rhein	KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	0/1 ^a	-	-	0,05	0,05	
		Sr-90	8	0/2 ^a	0,01	0,02	0,01	0,01	
	Cs-137	8	4/2 ^a	<0,04		<0,05	0,05		
	KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	4	0/2 ^a	0,08	0,09	0,09	0,06	
		Sr-90	1	0	-	-	<0,01	0,02	
	Cs-137	8	1/3 ^a	0,07	0,15	0,13	<0,08		
	KIT Karlsruhe	Cs-137	2	0/1 ^a	-	-	0,03		
Rur	FZ Jülich	Cs-137	4	0	0,16	0,24	0,16	0,24	
		Co-60	4	4	<0,22	<0,28	<0,26	<0,25	
Ellbogensee	KKR Rheinsberg	Cs-137	2	0	1,52	2,55	2,04	6,77	
Stechlinsee		Cs-137	1	0	-	-	7,68	-	
Weser	KKU Unterweser	Cs-137	6	0	0,05	0,18	0,06	0,08	
	KWG Grohnde	Cs-137	6	4	<0,03	<0,07	<0,04	-	
Wasserpflanzen (Bq/kg TM)									
Ahauser Aa	Ahaus	Co-60	1	1	-	-	<0,29	<0,36	
		Cs-137	1	0	-	-	0,35	-	

Tabellen

Gewässer	Anlage	Radio-nuklid	2020					2019
			N	nn	min.	max.	Median	Median
Moorbach	Ahaus	Co-60	1	1	-	-	<0,56	<0,36
		Cs-137	0	0	-	-	-	-
Donau	KGG Gundremmingen	Co-60	2	2	<0,18	<0,43	<0,31	<0,88
		Cs-134	2	2	<0,12	<0,26	<0,19	<0,58
		Cs-137	2	0	0,53	2,60	1,57	1,22
Isar	FRM II Garching	Co-60	4	4	<0,28	<0,48	<0,33	<0,54
		Cs-137	4	0	0,83	4,40	1,68	2,66
	KKI 1/2 Isar	Mn-54	0	0	-	-	-	-
		Co-60	1	0	-	-	1,0	2,07
Main	KKG Grafenrheinfeld	I-131	1	0	-	-	10	6,83
		Cs-137	1	0	-	-	6,7	7,07
		Co-60	2	0	<0,18	<0,19	<0,19	0,55
		Cs-137	2	0	2,20	4,00	3,10	2,06

N: Anzahl der Messungen; nn: Anzahl der Werte <NWG
 *a Die zweite Zahl entspricht der Anzahl nicht lieferbarer Proben

Tabelle T II.57 Weizen, Inland
(Wheat, domestic production)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2019	31	<0,15 (0,05 - <0,21)	8	<0,09 (<0,04 - 0,19)
	2020	27	<0,13 (0,02 - <0,22)	7	0,09 (0,05 - 0,15)
Bayern	2019	59	<0,11 (<0,06 - <0,18)	8	0,15 (0,08 - 0,25)
	2020	51	<0,13 (0,04 - 0,31)	10	0,13 (0,04 - 0,41)
Berlin	2019	2	<0,12 (<0,10 - <0,14)	1	0,09
	2020	2	<0,16 (<0,16 - <0,16)	1	0,1
Brandenburg	2019	19	<0,10 (<0,05 - <0,15)	2	0,12 (0,09 - 0,15)
	2020	21	<0,10 (<0,04 - <0,16)	2	0,08 (0,02 - 0,14)
Bremen	2019	3	<0,04 (<0,03 - <0,06)		
	2020	4	<0,05 (<0,03 - <0,07)		
Hamburg	2019	3	<0,11 (<0,09 - <0,13)	1	0,07
	2020	4	<0,09 (<0,07 - <0,11)	1	0,1
Hessen	2019	17	<0,09 (<0,07 - <0,12)		
	2020	17	<0,09 (<0,05 - <0,12)		
Mecklenburg-Vorpommern	2019	28	<0,14 (<0,11 - <0,17)	1	0,05
	2020	30	<0,13 (<0,10 - <0,16)	2	0,08 (0,06 - 0,10)
Niedersachsen	2019	36	<0,15 (<0,09 - <0,27)	4	0,08 (0,05 - 0,14)
	2020	31	<0,16 (<0,06 - <0,29)	6	<0,15 (<0,04 - 0,40)
Nordrhein-Westfalen	2019	25	<0,11 (<0,04 - <0,19)	1	0,09
	2020	28	<0,12 (<0,04 - <0,19)	1	0,07
Rheinland-Pfalz	2019	20	<0,07 (<0,03 - <0,09)	4	0,20 (0,12 - 0,29)
	2020	20	<0,08 (<0,03 - <0,11)	3	0,11 (0,09 - 0,16)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2019	3	<0,11 (<0,06 - <0,14)	1	0,09
	2020	4	<0,09 (<0,04 - <0,13)	1	0,12
Sachsen	2019	30	<0,12 (0,09 - <0,16)	3	0,12 (0,12 - 0,13)
	2020	30	<0,12 (<0,09 - 0,18)	3	0,06 (0,04 - 0,07)
Sachsen-Anhalt	2019	31	<0,14 (<0,09 - 0,27)	3	0,22 (0,03 - 0,49)
	2020	34	<0,11 (<0,08 - <0,15)	3	0,04 (0,02 - 0,06)
Schleswig-Holstein	2019	34	<0,13 (<0,06 - <0,15)	4	0,08 (0,04 - 0,12)
	2020	35	<0,12 (<0,07 - <0,19)	3	0,09 (0,05 - 0,16)
Thüringen	2019	34	<0,12 (<0,08 - <0,14)	1	0,07
	2020	34	<0,12 (<0,10 - <0,14)	1	0,03
Bundesrepublik (gesamt)	2019	375	<0,12 (<0,03 - <0,27)	42	<0,12 (0,03 - 0,49)
	2020	372	<0,12 (0,02 - 0,31)	44	<0,10 (0,02 - 0,41)

Tabelle T II.58 Weizen, Einfuhr
(Wheat, import)

Importe	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Italien	2019	1	<0,13
	2020	1	<0,12
Kanada	2019	3	<0,13(<0,10 - <0,18)
	2020	1	<0,06
Österreich	2019	2	<0,15(<0,13 - <0,18)
	2020	1	<0,07
Polen	2019	2	<0,13(<0,11 - <0,14)
	2020	1	<0,11
Tschechische Republik	2019	-	
	2020	1	<0,03
Türkei	2019	1	<0,06
	2020	1	<0,04
Ungarn	2019	1	<0,07
	2020	1	<0,17

Tabelle T II.59 Sonstige Getreide, Inland und Einfuhr
(Other cereals, domestic production and import)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)
Gerste	2019	104	<0,14	(<0,04 - 0,77)	1	0,12
	2020	106	<0,13	(<0,06 - <0,26)	5	<0,10 (0,03 - 0,19)
Hafer	2019	19	<0,20	(0,07 - 0,82)	1	<0,04
	2020	22	<0,35	(<0,08 - 3,64)	3	0,21 (0,07 - 0,35)
Reis	2019	9	<0,13	(<0,06 - <0,20)	-	
	2020	12	<0,12	(<0,09 - <0,19)	-	
Roggen	2019	130	<0,14	(0,01 - 0,82)	9	0,08 (0,02 - 0,14)
	2020	130	<0,14	(<0,04 - 1,13)	10	<0,08 (<0,01 - 0,18)
Triticale	2019	14	<0,13	(<0,07 - <0,29)	1	0,05
	2020	20	<0,13	(<0,08 - <0,24)	1	0,12
sonstiges Getreide	2019	12	<0,13	(<0,07 - 0,20)	-	
	2020	16	<0,17	(0,08 - 0,44)	-	

Tabelle T II.60 Kalbfleisch, Inland
(Veal, domestic production)

Bundesland	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2019	6	<0,16 (<0,10 - 0,24)
	2020	8	<0,26 (<0,11 - 0,60)
Bayern	2019	5	0,57 (0,12 - 2,11)
	2020	8	<0,15 (0,07 - 0,31)
Berlin	2019		
	2020	3	0,36 (0,15 - 0,53)
Brandenburg	2019	3	0,69 (0,17 - 1,35)
	2020	3	1,02 (0,19 - 2,42)
Bremen	2019	3	0,16 (0,06 - 0,28)
	2020	5	0,13 (0,09 - 0,19)
Hamburg	2019	3	<0,12 (0,06 - 0,16)
	2020		
Hessen	2019	2	<0,12 (<0,11 - <0,14)
	2020	5	<0,16 (<0,09 - 0,25)
Mecklenburg-Vorpommern	2019	3	<1,01 (<0,12 - 2,57)
	2020	3	<0,76 (<0,16 - 1,36)
Niedersachsen	2019	11	<0,42 (0,09 - 1,80)
	2020	18	<0,48 (<0,10 - 5,50)
Nordrhein-Westfalen	2019	15	<0,17 (0,08 - 0,33)
	2020	26	<0,20 (0,09 - 0,71)
Rheinland-Pfalz	2019	4	<0,12 (<0,08 - 0,21)
	2020	4	<0,36 (<0,10 - 0,98)

Bundesland	Jahr	Cs-137 Bq/kg FM	
		N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2019	1	<0,08
	2020	4	<0,19 (<0,09 - 0,43)
Sachsen	2019	3	0,33 (0,14 - 0,57)
	2020	4	0,18 (0,10 - 0,28)
Sachsen-Anhalt	2019	3	<0,16 (<0,11 - 0,24)
	2020	5	<0,24 (<0,14 - 0,36)
Schleswig-Holstein	2019	2	<0,71 (<0,14 - 1,28)
	2020	2	<0,44 (<0,14 - 0,73)
Thüringen	2019	3	<0,09 (0,07 - <0,10)
	2020	5	<0,12 (<0,10 - 0,15)
Bundesrepublik (gesamt)	2019	67	<0,31 (0,06 - 2,57)
	2020	103	<0,30 (0,07 - 5,50)

Tabelle T II.61 Rindfleisch, Inland
(Beef, domestic production)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2019	45	<0,27 (<0,10 - 1,27)
	2020	34	<0,25 (<0,10 - 2,06)
Bayern	2019	91	<0,34 (0,05 - 3,63)
	2020	78	<0,28 (0,06 - 2,43)
Berlin	2019	7	1,57 (0,81 - 2,64)
	2020	12	<0,67 (<0,12 - 2,71)
Brandenburg	2019	11	<2,61 (0,14 - 10,5)
	2020	13	<0,95 (<0,07 - 7,90)
Bremen	2019	6	0,22 (0,08 - 0,57)
	2020	8	<0,16 (<0,06 - 0,46)
Hamburg	2019	6	<0,32 (0,07 - 1,04)
	2020	12	<0,54 (0,08 - 4,11)
Hessen	2019	12	<0,13 (<0,06 - 0,40)
	2020	13	<0,14 (<0,09 - 0,32)
Mecklenburg-Vorpommern	2019	11	<0,46 (0,08 - 2,08)
	2020	17	<0,74 (<0,10 - 3,53)
Niedersachsen	2019	50	<0,81 (0,09 - 8,40)
	2020	54	<0,43 (0,08 - 3,80)
Nordrhein-Westfalen	2019	50	<0,18 (<0,03 - 0,96)
	2020	56	<0,15 (0,04 - 0,41)
Rheinland-Pfalz	2019	13	<0,15 (<0,08 - 0,39)
	2020	18	<0,11 (<0,06 - 0,29)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2019	7	<0,13 (0,08 - 0,31)
	2020	8	<0,16 (<0,09 - 0,34)
Sachsen	2019	11	<0,22 (0,09 - 0,95)
	2020	13	<0,27 (<0,11 - 0,95)
Sachsen-Anhalt	2019	12	<0,32 (0,08 - 0,75)
	2020	14	<0,12 (<0,07 - 0,16)
Schleswig-Holstein	2019	25	<0,62 (<0,11 - 9,52)
	2020	30	<0,25 (<0,09 - 0,88)
Thüringen	2019	10	<0,12 (<0,09 - 0,18)
	2020	13	<0,12 (<0,09 - <0,18)
Bundesrepublik (gesamt)	2019	368	<0,46 (<0,03 - 10,5)
	2020	393	<0,31 (0,04 - 7,90)

Tabelle T II.62 Schweinefleisch, Inland
(Pork, domestic production)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2019	22	<0,19 (0,09 - <0,79)
	2020	20	<0,16 (<0,10 - 0,31)
Bayern	2019	43	<0,14 (0,04 - 0,62)
	2020	26	<0,12 (0,06 - 0,24)
Berlin	2019	6	0,21 (0,12 - 0,35)
	2020	5	<0,14 (0,08 - <0,18)
Brandenburg	2019	13	<0,16 (<0,05 - 0,50)
	2020	18	<0,14 (<0,07 - 0,31)
Bremen	2019	8	<0,10 (<0,07 - 0,27)
	2020	10	<0,09 (<0,06 - 0,13)
Hamburg	2019	6	<0,14 (<0,13 - 0,16)
	2020	11	<0,13 (<0,08 - <0,19)
Hessen	2019	12	<0,09 (<0,06 - <0,13)
	2020	13	<0,11 (0,07 - <0,17)
Mecklenburg-Vorpommern	2019	10	<0,13 (<0,08 - 0,24)
	2020	7	<0,12 (<0,10 - <0,14)
Niedersachsen	2019	62	<0,16 (0,07 - 0,88)
	2020	76	<0,14 (<0,08 - <0,24)
Nordrhein-Westfalen	2019	91	<0,14 (<0,03 - 0,29)
	2020	99	<0,14 (0,02 - <0,59)
Rheinland-Pfalz	2019	14	<0,09 (<0,07 - <0,14)
	2020	16	<0,11 (<0,07 - <0,18)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2019	7	<0,10 (<0,07 - <0,14)
	2020	8	<0,10 (0,06 - 0,16)
Sachsen	2019	11	<0,13 (0,08 - 0,18)
	2020	13	<0,20 (0,08 - 0,98)
Sachsen-Anhalt	2019	24	<0,20 (<0,08 - 0,52)
	2020	26	<0,11 (<0,07 - 0,19)
Schleswig-Holstein	2019	12	<0,12 (<0,08 - <0,14)
	2020	20	<0,12 (<0,08 - 0,28)
Thüringen	2019	15	<0,13 (<0,09 - 0,24)
	2020	14	<0,12 (<0,09 - <0,23)
Bundesrepublik (gesamt)	2019	356	<0,14 (<0,03 - 0,88)
	2020	382	<0,13 (0,02 - 0,98)

Tabelle T II.63 Sonstiges Fleisch, Inland und Einfuhr
(Other meat, domestic production and import)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Kalbfleisch (Import)	2019	29	<0,19 (0,06 - 0,31)
	2020	33	<0,26 (0,09 - 0,98)
Rindfleisch (Import)	2019	42	<0,42 (<0,06 - 6,70)
	2020	50	<0,23 (0,05 - 4,11)
Schweinefleisch (Import)	2019	43	<0,13 (<0,04 - 0,79)
	2020	43	<0,12 (0,07 - <0,20)
Lamm	2019	24	<0,27 (<0,07 - 2,14)
	2020	19	<0,20 (<0,07 - 0,81)
Geflügel Ente	2019	19	<0,12 (<0,07 - <0,17)
	2020	17	<0,13 (<0,06 - <0,20)
Gans	2019	15	<0,11 (<0,05 - <0,17)
	2020	17	<0,15 (<0,07 - 0,21)
Huhn	2019	137	<0,14 (<0,05 - 1,10)
	2020	120	<0,14 (<0,07 - 0,82)
Pute	2019	32	<0,11 (<0,0001 - <0,17)
	2020	38	<0,12 (<0,06 - <0,18)

Tabelle T II.64 Wild, Inland und Einfuhr
(*Game, domestic production and import*)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Haarwildfleisch			
Damwild	2019	13	4,01 (0,15 - 14,0)
	2020	9	<10,9 (<0,10 - 26,8)
Hirsch	2019	17	6,44 (0,14 - 37,4)
	2020	10	<6,76 (0,08 - 53,1)
Reh	2019	40	<12,0 (0,05 - 113)
	2020	47	<9,13 (<0,12 - 77,9)
Wildschwein	2019	224	<29,9 (0,06 - 925)
	2020	258	<64,5 (<0,04 - 802)
sonstige	2019	2	<0,77 (<0,16 - 1,39)
	2020	2	0,89 (0,27 - 1,51)

Tabelle T II.65 Kartoffeln, Inland
(*Potatoes, domestic production*)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg	2019	9	<0,13 (<0,05 - <0,22)	1	<0,04
	2020	7	<0,14 (0,05 - <0,18)	1	<0,04
Bayern	2019	41	<0,14 (0,04 - 0,22)	3	0,02 (0,01 - 0,03)
	2020	40	<0,14 (<0,08 - 0,20)	4	0,06 (0,01 - 0,12)
Berlin	2019	2	<0,12 (0,06 - <0,17)	1	0,01
	2020	8	<0,15 (0,11 - <0,17)	1	0,03
Brandenburg	2019	11	<0,12 (0,06 - <0,17)	2	<0,03 (0,02 - <0,04)
	2020	14	<0,13 (<0,10 - 0,24)	1	<0,02
Bremen	2019	2	<0,08 (<0,08 - <0,08)		
	2020	4	<0,06 (0,04 - <0,07)		
Hamburg	2019	2	<0,12 (<0,08 - <0,15)		
	2020	4	<0,13 (<0,09 - <0,16)		
Hessen	2019	6	<0,10 (<0,07 - <0,12)		
	2020	7	<0,10 (<0,09 - <0,13)	1	0,01
Mecklenburg-Vorpommern	2019	9	<0,12 (<0,11 - <0,14)		
	2020	10	<0,09 (<0,05 - <0,13)		
Niedersachsen	2019	55	<0,16 (0,04 - 0,51)	5	<0,03 (<0,03 - <0,04)
	2020	66	<0,16 (0,05 - 0,59)	3	<0,04 (<0,04 - <0,04)
Nordrhein-Westfalen	2019	24	<0,12 (<0,04 - <0,19)	4	0,01 (0,004 - 0,02)
	2020	25	<0,13 (<0,07 - <0,20)	4	<0,03 (<0,02 - 0,05)
Rheinland-Pfalz	2019	12	<0,07 (<0,03 - <0,09)	2	0,03 (0,02 - 0,03)
	2020	17	<0,09 (0,04 - <0,18)	3	0,02 (0,01 - 0,02)

Bundesland	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Saarland	2019	2	<0,12 (<0,10 - <0,13)		
	2020	4	<0,10 (<0,09 - <0,12)		
Sachsen	2019	6	<0,12 (<0,11 - <0,14)	1	0,01
	2020	8	<0,12 (<0,09 - <0,16)	1	0,02
Sachsen-Anhalt	2019	9	<0,15 (<0,09 - 0,31)	2	0,01 (0,004 - 0,01)
	2020	12	<0,14 (<0,08 - <0,17)	2	0,01 (0,01 - 0,01)
Schleswig-Holstein	2019	5	<0,12 (<0,11 - <0,15)	1	<0,02
	2020	7	<0,10 (<0,08 - <0,13)	1	<0,02
Thüringen	2019	3	<0,12 (<0,11 - <0,12)	1	0,04
	2020	5	<0,11 (<0,09 - <0,13)	1	0,02
Bundesrepublik (gesamt)	2019	198	<0,13 (<0,03 - 0,51)	23	<0,02 (0,004 - <0,04)
	2020	238	<0,13 (0,04 - 0,59)	23	<0,03 (0,01 - 0,12)

Tabelle T II.66 Gemüse (frisch), Inland und Einfuhr
(Fresh vegetables, domestic production and import)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Blattgemüse	2019	680	<0,14 (<0,02 - 1,85)	50	<0,09 (0,01 - 0,66)
	2020	641	<0,14 (<0,02 - 0,74)	60	<0,12 (0,005 - 0,56)
Fruchtgemüse	2019	205	<0,12 (<0,02 - 0,48)	8	0,06 (0,01 - 0,26)
	2020	225	<0,13 (<0,02 - 0,35)	10	<0,07 (<0,01 - 0,23)
Sprossgemüse	2019	243	<0,12 (<0,01 - 0,49)	21	<0,03 (0,01 - 0,09)
	2020	230	<0,13 (<0,01 - <0,31)	18	<0,07 (<0,01 - 0,20)
Wurzelgemüse	2019	177	<0,13 (<0,03 - 0,29)	15	0,10 (0,03 - 0,23)
	2020	161	<0,14 (<0,02 - 0,40)	8	0,17 (0,02 - 0,73)
Kartoffeln (Import)	2019	37	<0,12 (<0,06 - <0,22)	-	
	2020	40	<0,12 (0,04 - <0,20)	-	

Tabelle T II.67 Speisepilze, Inland und Einfuhr
(Mushrooms, domestic production and import)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)
Kulturpilze	2019	2	<0,06 (<0,06 - <0,06)
	2020	7	<0,29 (0,07 - 0,91)
Wild-Blätterpilze	2019	57	<61,7 (<0,11 - 738)
	2020	55	<42,4 (<0,10 - 313)
Wild-Leisten- u. Trompetenpilze	2019*	23	94,8 (0,38 - 914)
	2020*	17	37,2 (0,82 - 135)
Wild-Röhrenpilze	2019	164	<49,5 (0,14 - 500)
	2020	147	<63,2 (<0,16 - 948)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
sonstige Wildpilze	2019	14	<113	(<0,18 - 593)
	2020	16	<62,2	(<0,18 - 221)
Wildpilzmischungen	2019	9	<7,86	(<0,20 - 33,4)
	2020	11	<4,77	(<0,10 - 28,6)
* Pfifferlinge				

Tabelle T II.68 Obst und Rhabarber, Inland und Einfuhr
(Fruit and rhubarb, domestic production and import)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)			Sr-90 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)		N	Mittelwert (Bereich)	
Beerenobst							
Brombeere/Himbeere	2019	16	<0,10	(<0,06 - <0,18)	-		
	2020	8	<0,12	(<0,07 - <0,18)	-		
Erdbeere	2019	82	<0,10	(<0,04 - <0,23)	7	0,06	(0,03 - 0,21)
	2020	85	<0,12	(<0,01 - <0,26)	5	<0,05	(0,02 - 0,08)
Johannisbeere	2019	15	<0,10	(<0,05 - <0,18)	-		
	2020	14	<0,11	(<0,06 - <0,16)	2	0,06	(0,05 - 0,06)
Stachelbeere	2019	4	<0,11	(<0,06 - <0,15)	1	0,04	
	2020	5	<0,10	(<0,08 - <0,11)	-		
Tafelweintrauben	2019	13	<0,09	(<0,05 - <0,15)	1	0,03	
	2020	19	<0,10	(<0,03 - <0,18)	2	0,02	(0,01 - 0,02)
Wald- und Wildbeeren	2019*	28	<2,81	(<0,05 - 38,7)	3	<0,05	(<0,04 - 0,06)
	2020*	20	<1,52	(<0,09 - 18,3)	2	<0,05	(<0,04 - 0,05)
Kernobst	2019	208	<0,12	(<0,02 - <0,27)	25	<0,02	(0,002 - 0,10)
	2020	199	<0,13	(<0,02 - 0,43)	22	<0,04	(0,005 - 0,67)
Rhabarber	2019	20	<0,11	(<0,04 - <0,20)	2	0,30	(0,09 - 0,50)
	2020	11	<0,12	(<0,06 - <0,20)	-		
Steinobst	2019	95	<0,11	(<0,04 - <0,24)	8	<0,04	(<0,01 - 0,08)
	2020	94	<0,12	(<0,03 - <0,25)	12	<0,03	(0,01 - 0,08)
Zitrusfrüchte	2019	17	<0,10	(<0,04 - <0,15)	-		
	2020	16	<0,11	(<0,05 - <0,19)	-		
sonstige Obstarten	2019	14	<0,12	(<0,07 - <0,18)	-		
	2020	13	<0,14	(<0,06 - <0,18)	-		
- Messung/Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden * überwiegend Heidelbeeren							

Tabelle T II.69 Sonstige Lebensmittel, Inland und Einfuhr
(Other foodstuffs, domestic production and import)

Produkt	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		
		N	Mittelwert (Bereich)	
Honig	2019	36	<13,7	(<0,10 - 240)
	2020	46	<12,5	(<0,10 - 271)
Hülsenfrüchte, Ölsamen, Schalenobst	2019	10	<0,17	(<0,09 - <0,34)
	2020	8	<0,16	(<0,10 - 0,20)
Fleischprodukte	2019	2	<0,13	(<0,08 - <0,17)
	2020	1	<0,11	
Gemüseprodukte	2019	-		
	2020	1	<0,09	
Obstprodukte	2019	3	<0,07	(<0,06 - <0,08)
	2020	7	<1,54	(0,06 - 10,2*)

* Maximalwert durch eine Beerenobstmischung, tiefgefroren

Tabelle T II.70 Arithmetische Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in ausgewählten Lebensmitteln, Inland
(Arithmetic annual mean values of the specific activities of Sr-90 and Cs-137 in selected foodstuffs - domestic production)

Jahr	Sr-90 (Bq/kg FM)			Cs-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalb- fleisch	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
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

Jahr	Sr-90 (Bq/kg FM)			Cs-137 (Bq/kg FM)					
	Weizen	Kartoffeln	Kernobst	Rindfleisch	Schweinefleisch	Kalb- fleisch	Weizen	Kartoffeln	Kernobst
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 *
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 *

* Inland und Einfuhr - Messung/Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

Tabelle T II.71 Aktivitätszufuhr von Cs-137 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung
(Intake of Cs-137 and Sr-90 activity with the whole diet)

Monat	Jahr	Aktivitätszufuhr Cs-137 in Bq/(d · p) (d = Tag und p = Person)		Aktivitätszufuhr Sr-90 in Bq/(d · p) (d = Tag und p = Person)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Januar	2019	68	<0,19 (<0,02 - <0,39)	14	<0,04 (0,003 - 0,10)
	2020	61	<0,26 (0,03 - 3,80)	13	<0,05 (0,002 - 0,16)
Februar	2019	51	<0,18 (<0,04 - <0,41)	3	<0,06 (<0,04 - 0,08)
	2020	54	<0,23 (<0,03 - 1,20)	3	<0,04 (0,04 - 0,05)
März	2019	57	<0,21 (<0,03 - 1,00)	6	<0,05 (<0,01 - 0,09)
	2020	52	<0,22 (0,03 - 0,75)	6	<0,06 (0,04 - 0,14)
April	2019	60	<0,29 (0,02 - 3,07)	15	<0,08 (0,02 - 0,32)
	2020	45	<0,82 (<0,04 - 16,0*)	12	<0,05 (0,002 - 0,17)
Mai	2019	61	<0,21 (<0,03 - 0,60)	5	<0,05 (<0,03 - 0,07)
	2020	50	<0,19 (<0,03 - <0,43)	3	<0,04 (0,03 - 0,04)
Juni	2019	55	<0,20 (0,02 - <0,48)	4	<0,05 (<0,03 - 0,08)
	2020	56	<0,20 (<0,02 - <0,41)	6	<0,09 (<0,04 - 0,20)
Juli	2019	62	<0,20 (<0,03 - 0,60)	15	<0,05 (0,003 - 0,18)
	2020	58	<0,19 (0,03 - 0,57)	14	<0,08 (0,01 - 0,49)
August	2019	60	<0,23 (0,03 - 2,50)	3	<0,06 (0,03 - 0,10)
	2020	56	<0,22 (<0,02 - 1,66)	5	<0,05 (0,04 - <0,06)
September	2019	58	<0,20 (<0,05 - 0,60)	5	<0,03 (0,01 - 0,05)
	2020	63	<0,25 (<0,03 - 2,66)	5	<0,03 (0,02 - 0,05)
Oktober	2019	60	<0,22 (<0,04 - 1,48)	12	<0,05 (0,003 - 0,07)
	2020	57	<0,18 (<0,04 - <0,55)	13	<0,06 (0,01 - 0,23)
November	2019	55	<0,22 (<0,04 - 1,50)	4	<0,08 (<0,04 - 0,14)
	2020	51	<0,17 (0,03 - <0,39)	3	<0,05 (0,04 - 0,06)
Dezember	2019	52	<0,29 (<0,001 - <3,10)	4	0,04 (0,03 - 0,05)
	2020	52	<0,17 (0,03 - <0,38)	3	<0,03 (<0,02 - 0,04)
Jahr (gesamt)	2019	699	<0,22 (<0,001 - <3,10)	90	<0,05 (0,003 - 0,32)
	2020	655	<0,25 (<0,02 - 16,00)	86	<0,06 (0,002 - 0,49)

* enthielt ukrainische Blaubeeren

Tabellen

Tabelle T II.72 Säuglings- und Kleinkindernahrung
(Baby and infant food)

Monat	Jahr	Cs-137 (Bq/kg FM)		Sr-90 (Bq/kg FM)	
		N	Mittelwert (Bereich)	N	Mittelwert (Bereich)
Januar	2019	23	<0,09 (<0,02 - <0,18)	9	<0,03 (<0,002 - 0,14)
	2020	23	<0,11 (<0,02 - 0,40)	10	0,03 (0,01 - 0,06)
Februar	2019	21	<0,09 (<0,01 - 0,19)	2	<0,02 (0,02 - <0,02)
	2020	19	<0,13 (<0,05 - 0,61)	2	<0,01 (<0,01 - <0,02)
März	2019	20	<0,10 (0,03 - <0,20)	6	<0,09 (0,01 - 0,33)
	2020	15	<0,12 (0,02 - 0,51)	4	<0,06 (<0,01 - 0,15)
April	2019	23	<0,09 (<0,03 - <0,13)	4	<0,03 (<0,01 - 0,08)
	2020	13	<0,17 (<0,06 - 0,53)	1	0,09
Mai	2019	19	<0,13 (0,05 - 0,63)	1	0,02
	2020	23	<0,10 (<0,03 - 0,30)	3	<0,02 (<0,02 - <0,03)
Juni	2019	17	<0,18 (0,02 - 1,14)	-	
	2020	20	<0,10 (<0,02 - <0,21)	1	0,02
Juli	2019	29	<0,12 (<0,12 - 0,12)	7	<0,02 (0,01 - 0,03)
	2020	22	<0,08 (<0,02 - <0,15)	7	<0,03 (0,02 - 0,07)
August	2019	21	<0,10 (<0,03 - <0,18)	3	<0,02 (<0,02 - 0,03)
	2020	26	<0,12 (<0,02 - 0,48)	1	0,02
September	2019	22	<0,22 (0,02 - 2,64)	6	<0,03 (0,01 - 0,09)
	2020	18	<0,10 (0,02 - <0,19)	6	<0,06 (0,01 - 0,10)
Oktober	2019	21	<0,09 (0,01 - <0,19)	2	<0,04 (<0,02 - 0,05)
	2020	22	<0,21 (<0,02 - 1,60)	2	0,03 (0,02 - 0,05)
November	2019	26	<0,11 (<0,01 - 0,25)	-	
	2020	20	<0,13 (<0,03 - 0,52)	-	
Dezember	2019	16	<0,10 (0,04 - <0,15)	-	
	2020	19	<0,20 (<0,04 - 1,31)	-	
Jahr (gesamt)	2019	258	<0,12 (<0,01 - 2,64)	40	<0,04 (<0,002 - 0,33)
	2020	240	<0,13 (<0,02 - 1,60)	37	<0,04 (<0,01 - 0,15)

- Messung/Angabe nicht erforderlich bzw. nicht vorhanden

Tabelle T II.73 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Gemüse
(Radioactivity of food of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: vegetables)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	18	<0,04	26	<0,04	29	<0,04 (<0,02 - <0,14)
	Sr-90	8	0,05	13	<0,10	10	<0,03 (0,01 – 0,10)
KWO Obrigheim	Cs-137	10	<0,05	12	<0,04	11	<0,04 (<0,03 - <0,06)
	Sr-90	7	0,07	8	0,09	7	0,08 (0,02 – 0,13)
GKN Neckarwestheim	Cs-137	11	<0,04	10	<0,04	9	<0,03 (<0,01 - <0,05)
	Sr-90	7	0,10	5	0,09	5	0,06 (0,02 – 0,16)
KKP Philippsburg	Cs-137	13	<0,05	10	<0,03	12	<0,04 (<0,02 - <0,08)
	Sr-90	10	0,05	8	<0,28	5	0,03 (0,01 – 0,07)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	16	<0,04	22	<0,05	16	<0,03 (<0,02 – 0,07)
	Sr-90	4	0,05	10	0,07	11	0,07 (0,02 – 0,28)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	7	<0,05	9	<0,06	13	<0,05 (<0,02 - <0,08)
	Sr-90	2	0,05	4	0,07	6	0,07 (0,01 – 0,20)
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	1	<0,06	1	<0,04	1	<0,05
	Sr-90	1	0,02	1	0,04	1	0,05
KKI Isar	Cs-137	1	<0,02	1	<0,02	1	<0,03
	Sr-90	1	0,08	1	0,08	1	0,10
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	3	<0,13	3	<0,12	3	<0,12 (<0,09 - <0,14)
	Sr-90	3	<0,07	3	<0,04	3	<0,04 (<0,04 - <0,04)
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	<0,04	1	<0,04	1	<0,04
	Sr-90	1	0,01	1	0,04	1	0,03
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	16	<0,14	7	<0,13	15	<0,44 (<0,09 - <1,70)
	Sr-90	3	0,05	2	0,03	2	0,02 (0,01 – 0,03)
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	12	<0,29	11	<0,29	12	<0,23 (<0,11 – 0,40)
	Sr-90	12	0,28	11	0,35	12	<0,11 (0,02 – 0,52)
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	11	<0,05	15	<0,04	12	<0,05 (<0,01 - <0,10)
	Sr-90	11	0,04	10	0,03	12	0,03 (0,01 – 0,08)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	



Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKU Unterweser	Cs-137	a)		3	<0,12	7	<0,10 (<0,06 – <0,11)
	Sr-90	a)		3	<0,02	7	<0,09 (<0,02 – 0,17)
KWG Grohnde	Cs-137	a)		5	<0,08	6	<0,10 (<0,06 - <0,12)
	Sr-90	a)		5	<0,02	6	<0,05 (0,01 – 0,12)
KKE Emsland	Cs-137	a)		4	<0,13	8	<0,14 (<0,09 – 0,17)
	Sr-90	a)		4	0,05	8	<0,01 (<0,01 - <0,02)
Schacht Konrad II ^{b)}	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	a)		4	<0,05	5	<0,13 (<0,08 - <0,27)
	Sr-90	a)		4	0,08	5	<0,05 (0,02 – 0,08)
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,08	4	<0,14	3	<0,08 (<0,04 - <0,10)
	Sr-90	3	0,02	4	0,03	3	0,01 (0,0 – 0,02)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	16	<1,69	16	<1,69	21	<1,74 (<1,50 – 4,40)
	Uran (Bq/kg TM)	16	<0,31	16	<0,21	21	<0,33 (<0,23 – 0,81)
	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	<0,16	3	<0,14	3	<0,13 (0,11 - <0,15)
	Sr-90	1	0,04	a)		1	0,06
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	6	<0,14	4	<0,13	4	<0,13 (<0,11 - <0,14)
	Sr-90	1	<0,02	1	0,06	1	0,03
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,05	1	<0,03	1	0,08
	Sr-90	1	0,08	1	0,16	1	0,12
KKB Brunsbüttel	Cs-137	1	<0,05	1	<0,04	1	<0,05
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKK Krümmel	Cs-137	1	0,05	1	<0,06	2	<0,04 (0,03 - <0,05)
	Sr-90	1	0,14	1	0,10	2	0,05 (0,01 – 0,09)

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.74 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Getreide
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: cereals)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	a)		2	<0,08	2	<0,10 (<0,08 - <0,12)
	Sr-90	a)		2	0,05	2	0,03 (0,03 – 0,04)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,04	4	<0,05	4	<0,04 (<0,04 - <0,05)
	Sr-90	2	0,05	a)		a)	
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,04	4	<0,05	4	<0,05 (<0,03 - <0,06)
	Sr-90	2	0,07	2	0,08	a)	
KKP Philippsburg	Cs-137	3	<0,05	2	<0,07	2	<0,05 (<0,02 - <0,07)
	Sr-90	2	0,07	1	0,07	1	0,06
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	<0,05	7	<0,04	5	<0,04 (<0,03 - <0,06)
	Sr-90	2	0,07	a)		2	0,08 (0,06 – 0,11)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	3	<0,06	3	<0,05	3	<0,04 (<0,04 - <0,05)
	Sr-90	2	0,10	2	0,16	2	0,11 (0,08 – 0,13)
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	4	<0,03	4	<0,03	4	<0,02 (<0,02 - <0,03)
	Sr-90	4	<0,04	4	<0,04	4	<0,04 (<0,01 – 0,08)
KKI Isar	Cs-137	5	<0,03	5	<0,10	5	<0,03 (<0,02 – 0,05)
	Sr-90	5	<0,05	5	<0,05	5	<0,07 (<0,01 – 0,18)
KKG Grafenrheinfeld	Cs-137	2	<0,09	2	<0,11	2	<0,10 (<0,10 - <0,11)
	Sr-90	2	<0,03	2	<0,03	2	<0,03 (<0,03 - <0,04)
Forschungsreaktor München	Cs-137	1	<0,02	1	<0,02	1	<0,02
	Sr-90	1	0,04	1	0,03	1	0,09
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	a)		a)		a)	
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	6	<0,10	5	<0,08	4	<0,08 (<0,07 - <0,10)
	Sr-90	6	<0,06	5	0,06	4	0,06 (0,04 – 0,12)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	a)		7	<0,15	6	<0,14 (<0,10 - <0,16)
	Sr-90	a)		7	0,08	6	0,05 (0,02 – 0,08)
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)		2	<0,11	2	<0,09 (<0,07 - <0,12)



Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKE Emsland	Sr-90	a)		2	<0,21	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	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	a)		2	<0,06	2	<0,19 (<0,17 - <0,21)
	Sr-90	a)		2	0,22	2	0,06 (0,05 – 0,07)
Nordrhein-Westfalen							
Zwischenlager Ahaus	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
FZ Jülich	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	6	<0,15	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	<0,03	2	<0,06	2	<0,04 (<0,03 - <0,04)
	Sr-90	2	0,08	2	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	<0,16	3	<0,12	3	<0,12 (<0,10 - <0,15)
	Sr-90	a)		2	0,08	2	0,05 (0,04 – 0,06)
Schleswig-Holstein							
GKSS Geesthacht	Cs-137	1	<0,14	1	<0,16	1	<0,10
	Sr-90	1	0,12	1	0,14	1	0,05
KKB Brunsbüttel	Cs-137	2	<0,16	2	<0,12	2	<0,11 (<0,10 - <0,11)
	Sr-90	2	0,07	2	0,05	2	0,09 (0,09 – 0,09)
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,12	2	<0,10	2	<0,12 (<0,12 - <0,12)
	Sr-90	2	0,15	2	0,15	2	0,07 (0,04 – 0,09)
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.75 Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Obst
(Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: fruit)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	7	<0,04	5	<0,04	5	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	6	0,07	3	<0,77	2	0,03 (0,01 – 0,05)
KWO Obrigheim	Cs-137	4	<0,06	4	<0,04	3	<0,04 (<0,02 - <0,07)
	Sr-90	2	0,08	2	0,06	1	0,13
GKN Neckarwestheim	Cs-137	4	<0,04	4	<0,03	5	<0,11 (<0,02 - <0,41)
	Sr-90	2	0,12	2	0,07	4	0,03 (0,01 – 0,10)
KKP Philippsburg	Cs-137	7	<0,05	3	<0,04	6	<0,05 (<0,02 - <0,07)
	Sr-90	5	0,03	2	<0,16	2	0,02 (0,02 – 0,02)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	6	<0,04	4	<0,02	2	<0,02 (<0,02 - <0,02)
	Sr-90	3	0,16	1	0,02	2	<0,01 (<0,00 - <0,01)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	<0,02	a)		a)	
	Sr-90	1	0,07	a)		a)	
Bayern							
KRB Gundremmingen	Cs-137	2	<0,02	2	<0,03	2	<0,03 (<0,03 - <0,03)
	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	<0,09	2	<0,10	2	<0,10 (<0,10 - <0,10)
	Sr-90	2	<0,04	2	<0,03	2	<0,04 (<0,03 - <0,04)
Berlin							
Forschungsreaktor BERII	Cs-137	9	<0,11	9	<0,16	19	<0,78 (0,07 – 3,50)
	Sr-90	3	0,04	2	0,02	3	0,04 (0,02 – 0,06)
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a)		1	0,17	a)	
	Sr-90	a)		1	0,20	a)	
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	4	<0,06	5	<0,05	5	<0,04 (<0,02 - <0,08)
	Sr-90	4	0,06	5	<0,02	5	<0,01 (<0,00 - <0,01)
Mecklenburg-Vorp.							
KGR Greifswald	Cs-137	1	<0,09	3	<0,11	3	<0,10 (<0,07 - <0,12)
	Sr-90	1	<0,01	3	<0,01	3	<0,01 (<0,01 – 0,02)
Niedersachsen							
KKS Stade	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	

Tabellen

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KKU Unterweser	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KWG Grohnde	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
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	a)		2	<0,08	1	<0,06
	Sr-90	a)		2	<0,03	1	<0,01
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	a)		1	<0,09	2	<0,11 (<0,11 - <0,11)
	Sr-90	a)		1	0,03	2	0,01 (0,00 – 0,03)
UAG Gronau	Fluor (mg/kg TM)	2	<0,15	2	<1,50	a)	
	Uran (Bq/kg TM)	2	<0,23	2	<0,23	a)	
	U-238 (Bq/kg TM)	a)		a)		a)	
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	5	<0,02	5	<0,03	5	<0,02 (<0,01 - <0,03)
	Sr-90	a)		a)			
KKW Cattenom	Cs-137	3	<0,02	3	<0,03	3	<0,03 (<0,02 - <0,04)
	Sr-90	3	<0,01	3	<0,01	3	<0,01 (<0,01 - <0,01)
Sachsen							
VKTA Rossendorf	Cs-137	1	<0,14	1	<0,14	1	<0,17
	Sr-90	1	0,01	1	0,00	1	0,01
Sachsen-Anhalt							
Endlager Morsleben	Cs-137	4	<0,12	5	<0,13	5	<0,12 (<0,10 - <0,14)
	Sr-90	1	<0,02	1	0,00	4	<0,01 (0,00 - <0,01)
Schleswig-Holstein							
KKK Krümmel	Cs-137	2	<0,06	2	<0,05	2	<0,05 (<0,05 - <0,06)
	Sr-90	2	0,04	2	0,04	2	0,04 (0,02 – 0,05)
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: Kartoffeln
(Radioactivity of food stuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: potatoes)

Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
Baden-Württemberg							
FZ Karlsruhe	Cs-137	3	<0,05	4	<0,04	3	<0,03 (<0,03 - <0,04)
	Sr-90	3	<0,01	3	<0,01	2	<0,01 (<0,01 - <0,01)
KWO Obrigheim	Cs-137	2	<0,05	2	<0,08	2	<0,05 (<0,05 - <0,05)
	Sr-90	2	0,02	2	0,02	a)	
GKN Neckarwestheim	Cs-137	2	<0,03	2	<0,06	3	<0,22 (<0,03 - <0,59)
	Sr-90	2	0,02	2	0,02	a)	
KKP Philippsburg	Cs-137	a)		2	<0,04	5	<0,74 (<0,02 – 2,06)
	Sr-90	a)		1	<0,90	2	<0,01 (<0,01 - <0,01)
KKW Beznau/Leibstadt (Schweiz)	Cs-137	2	<0,05	3	<0,04	3	<0,05 (<0,03 - <0,07)
	Sr-90	2	0,02	a)		2	0,01 (0,01 – 0,01)
KKW Fessenheim (Frankreich)	Cs-137	2	<0,04	2	<0,05	2	<0,03 (<0,03 - <0,03)
	Sr-90	2	0,01	2	0,01	2	0,02 (0,01 – 0,02)
KKW Cattenom (Frankreich)		2	<0,02	1	<0,05	2	<0,03 (<0,03 - <0,03)
		2	0,02	1	0,01	2	0,01 (0,01 – 0,01)
Bayern							
KGG 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	2	<0,21	3	<0,16	3	<0,26 (0,10 - 0,51)
	Sr-90	1	0,02	1	0,02	1	0,03
Brandenburg							
KKR Rheinsberg	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
Hessen							
KWB Biblis	Cs-137	7	<0,04	6	<0,05	6	<0,08 (<0,02 - <0,13)
	Sr-90	7	0,02	6	<0,02	6	<0,02 (0,01 - <0,04)
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	a)		1	<0,16	1	<0,15
	Sr-90	a)		1	<0,03	1	<0,03



Bundesland kerntechnische Anlage	Nuklid / Mess- verfahren	Aktivität in Bq/kg FM					
		2018		2019		2020	
		N	Mittelwert	N	Mittelwert	N	Mittelwert (Bereich)
KWG Grohnde	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
KKE Emsland	Cs-137	a)		1	<0,16	1	<0,15
	Sr-90	a)		1	<0,03	1	<0,03
Forschungsbergwerk Asse	Cs-137	a)		1	<0,11	a)	
Nordrhein-Westfalen							
FZ Jülich	Cs-137	3	<0,08	2	<0,05	2	<0,10 (<0,09 - <0,10)
	Sr-90	3	0,01	2	0,02	2	<0,01 (<0,00 – 0,02)
Rheinland-Pfalz							
KMK Mülheim-Kärlich	Cs-137	a)		a)		a)	
	Sr-90	a)		a)		a)	
a) Messwerte lagen nicht vor							

Tabelle T II.77 Spezifische Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in ausgewählten Arzneimittelpflanzen für das Jahr 2020
(Specific activities of Cs-137 and K-40 in selected medicine plants for the year 2020)

Probe	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg TM)	Cs-137 (Bq/kg TM)
Bitterkleeblätter, geschnitten	Ukraine	870	2900
Islandmoos, geschnitten	Rumänien	92	72
Gänsefingerkraut, geschnitten	Polen	400	130
Grüner Tee, Gun Powder	China	630	< NWG*: 0,2
* <NWG - kleiner als die Nachweisgrenze mit Angabe des Zahlenwertes für die Nachweisgrenze			

Tabelle T II.78 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Bitterkleeblättern für die Jahre 2005 bis 2020 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes

(Annual mean values for specific activities of Cs-137 and K-40 in bogbean leaves for the years 2005-2020 and indication of their country of origin)

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

Tabelle T II.79 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Islandmoos für die Jahre 2000 bis 2020 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes

(Annual mean values for specific activities of Cs-137 and K-40 in iceland moss for the years 2000 - 2020 and indication of their country of origin)

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
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

Tabelle T II.80 Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Gänsefingerkraut für die Jahre 2000 bis 2020 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes

(Annual mean values for specific activities of Cs-137 and K-40 in silverweed herb for the years 2000 - 2020 and indication of their country of origin)

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

Tabelle T II.81 Spezifische Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Frischmasse - in ausgewählten Sonderproben für das Jahr 2020

(Specific activities of Cs-137 and K-40 in selected special samples for the year 2020)

Probe	Ursprungsland	K-40 (Bq/kg FM)	Cs-137 (Bq/kg FM)
Bio- Wildpreiselbeeren	Deutschland	21	11
* <NWG - kleiner als die Nachweisgrenze mit Angabe des Zahlenwertes für die Nachweisgrenze			

Tabelle T II.82 Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2020 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte
(General surveillance of waste water and sewage sludge in the year 2020 - minimum, maximum, and mean values)

Land	Nuklid	2020						2019
		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	17	1,4	2,4		<1,8	<2,0
	Co-60	20	20				<0,071	<0,093
	I-131	20	17	0,11	0,32		<0,13	<0,15
	Cs-137	20	20				<0,069	<0,083
	Sr-90	4	4				<0,1	<0,1
	U-234	4	4				<0,1	<0,1
	U-235	4	4				<0,1	<0,1
	U-238	4	4				<0,1	<0,1
Hamburg	K-40	5	5				<1,4	<1,1
	Co-60	5	5				<0,067	<0,054
	I-131	5	0	0,059	0,24	0,15	0,14	0,13
	Cs-137	5	4			0,023	<0,065	<0,052
	Sr-90	5	0	0,0043	0,0086	0,0058	0,0054	0,0023
	U-234	5	0	7,2E-05	0,00019	0,00011	9,2E-05	0,00012
	U-235	5	4			1,0E-05	<3,4E-05	<4,7E-05
	U-238	5	0	5,7E-05	0,00013	8,3E-05	6,3E-05	7,6E-05
Niedersachsen	K-40	48	14	0,31	1,3	0,71	0,75	<0,7
	Co-60	48	48				<0,029	<0,032
	I-131	48	34	0,035	0,53		<0,078	<0,075
	Cs-137	48	48				<0,025	<0,027
	Sr-90	6	6				<0,054	<0,011
	U-234	4	0	0,00094	0,0031	0,0019	0,0017	0,00069
	U-235	4	4				<0,00079	<0,00068
	U-238	4	0	0,0011	0,0024	0,0016	0,0014	<0,00048
Bremen	K-40	8	4	0,4	1,4	0,91	<0,68	<1,1
	Co-60	8	8				<0,024	<0,043
	I-131	8	1	0,042	0,15	0,094	0,079	0,11
	Cs-137	8	8				<0,024	<0,048
	Sr-90	4	3			0,014	0,014	<0,027
	U-234	4	1	0,00047	0,0012	0,00093	0,0012	<0,0034
	U-235	4	3			0,00034	<0,0024	<0,0038
	U-238	4	1	0,00075	0,0013	0,0011	0,00099	0,0031
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	21	0,37	1,5		1,4	<1,4
	Co-60	40	40				<0,079	<0,076
	I-131	40	25	0,037	0,4		<0,12	<0,11
	Cs-137	40	40				<0,077	<0,075
	Sr-90	4	2	0,019	0,18	0,1	<0,044	<0,051
	U-234	4	0	0,002	0,009	0,0066	0,0076	<0,0099
	U-235	4	3			0,001	<0,0029	<0,006
	U-238	4	0	0,001	0,0073	0,0049	0,0056	<0,008
Hessen	K-40	20	15	0,47	0,9		<0,77	<0,56
	Co-60	20	20				<0,035	<0,026
	I-131	20	16	0,055	0,55		<0,071	<0,045
	Cs-137	20	20				<0,04	<0,028
	Sr-90	4	3			0,0071	<0,011	0,01
	U-234	4	0	0,0037	0,044	0,022	0,02	0,019
	U-235	4	2	0,0012	0,0016	0,0014	0,0012	<0,0005
	U-238	4	0	0,0032	0,03	0,015	0,013	0,012
Rheinland-Pfalz	K-40	19	1	0,19	1,5	0,84	0,79	0,68
	Co-60	19	19				<0,012	<0,017
	I-131	19	5	0,018	0,54	0,11	0,047	<0,034
	Cs-137	19	19				<0,011	<0,016

Tabellen

Land	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
	Sr-90	4	0	0,0014	0,0016	0,0015	0,0015	0,0015
	U-234	4	0	0,0084	0,013	0,011	0,011	0,014
	U-235	4	4				<0,0015	<0,001
	U-238	4	0	0,0076	0,012	0,0089	0,008	0,0099
Baden-Württemberg	K-40	40	0	0,23	0,83	0,5	0,51	0,51
	Co-60	40	40				<0,009	<0,0065
	I-131	3	3				<110	<0,74
	Cs-137	40	40				<0,0087	<0,0064
	Sr-90	4	3			0,002	<0,002	<0,0026
	U-234	4	0	0,0033	0,0075	0,0052	0,0049	
	U-235	4	3			0,00024	<0,00031	
	U-238	4	0	0,0024	0,0064	0,0042	0,0039	
Bayern	K-40	39	28	0,37	1,7		<1,3	<1,3
	Co-60	39	39				<0,074	<0,071
	I-131	38	29	0,066	0,27		0,2	<0,18
	Cs-137	39	39				<0,077	<0,078
	Sr-90	3	1	0,0065	0,017	0,012	<0,016	0,016
	U-234	4	0	0,0028	0,014	0,0086	0,0087	0,0054
	U-235	4	4				<0,0018	<0,0012
	U-238	4	0	0,0013	0,013	0,0064	0,0056	0,007
Saarland	K-40	8	0	0,23	2,3	0,86	0,72	0,57
	Co-60	8	8				<0,0082	<0,0078
	I-131	8	8				<0,098	<0,081
	Cs-137	8	8				<0,0075	<0,0081
	Sr-90	4	4				<0,019	<0,021
	U-234	4	4				<0,0059	<0,0063
	U-235	4	4				<0,0034	<0,0041
	U-238	4	4				<0,0038	<0,0041
Berlin	K-40	4	0	0,88	0,97	0,93	0,94	0,92
	Co-60	4	4				<0,0051	<0,0055
	I-131	10	2	0,03	0,26	0,12	0,12	0,088
	Cs-137	4	4				<0,005	<0,0055
	Sr-90	4	0	0,0022	0,0039	0,0029	0,0028	0,0021
	U-234	4	0	0,0012	0,0017	0,0015	0,0015	0,00099
	U-235	4	2	5,7E-05	6,4E-05	6,0E-05	<6,1E-05	0,00013
	U-238	4	0	0,0012	0,0015	0,0013	0,0013	0,00098
Brandenburg	K-40	39	14	0,73	3,3	1,1	1,0	0,97
	Co-60	39	39				<0,016	<0,018
	I-131	47	28	0,017	0,83		0,1	<0,14
	Cs-137	39	39				<0,025	<0,018
	Sr-90	12	5	0,0018	0,0047	0,0029	0,0019	<0,002
	U-234	12	7	0,0002	0,00047		<0,00029	0,00051
	U-235	12	11			9,7E-05	<0,00012	<9,3E-05
	U-238	12	7	0,00028	0,00043		0,00031	0,00045
Mecklenburg-Vorpommern	K-40	20	0	0,59	1,6	1,1	1,1	0,98
	Co-60	20	20				<0,014	<0,013
	I-131	19	11	0,02	0,19		<0,092	<0,041
	Cs-137	20	20				<0,01	<0,01
	Sr-90	4	1	0,0044	0,0096	0,0064	<0,0062	<0,0034
	U-234	4	3			0,0067	<0,0049	<0,0065
	U-235	4	4				<0,004	<0,0069
	U-238	4	3			0,0066	<0,0045	<0,0065
Sachsen	K-40	20	9	0,6	1,4	0,94	<0,97	<1,0
	Co-60	20	20				<0,083	<0,085
	I-131	20	14	0,083	0,29		<0,089	<0,11
	Cs-137	20	20				<0,074	<0,076
	Sr-90	4	3			0,009	<0,015	<0,012
	U-234	4	3			0,0015	<0,001	0,0027

Land	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
	U-235	4	4				<0,00089	<0,0021
	U-238	4	2	0,0016	0,0017	0,0017	0,0016	0,0027
Sachsen-Anhalt	K-40	20	0	0,32	1,3	0,67	0,64	0,57
	Co-60	20	20				<0,0086	<0,0095
	I-131	20	6	0,01	0,16	0,044	0,016	0,019
	Cs-137	20	20				<0,008	<0,01
	Sr-90	4	2	0,0034	0,015	0,0092	<0,004	0,012
	U-234	4	2	0,013	0,014	0,013	0,013	<0,0018
	U-235	4	4				<0,00062	<0,0023
U-238	4	2	0,0044	0,0079	0,0062	0,0044	<0,0017	
Thüringen	K-40	20	17	0,92	1,4		<1,8	<1,6
	Co-60	20	20				<0,088	<0,081
	I-131	20	18	0,24	0,52		<0,1	<0,1
	Cs-137	20	20				<0,088	<0,085
	Sr-90	4	4				<0,011	<0,01
	U-234	4	0	0,0021	0,069	0,034	0,033	0,035
	U-235	4	2	0,0018	0,0019	0,0019	0,0018	<0,0025
U-238	4	0	0,0015	0,038	0,019	0,018	0,024	
Bundesrepublik Deutschland	K-40	370	145	0,19	15	0,9	0,96	0,93
	Co-60	370	370				<0,034	<0,032
	I-131	345	217	0,01	0,83		<0,1	<0,099
	Cs-137	370	369			0,023	<0,033	<0,03
	Sr-90	74	41	0,0014	0,18		<0,0078	0,0079
	U-234	73	24	7,2E-05	0,069	0,0082	0,0028	0,0047
	U-235	73	62	1,0E-05	0,0019		<0,00093	<0,002
U-238	73	23	5,7E-05	0,038	0,0054	<0,0019	<0,0036	
Klärschlamm (Bq/kg TM)								
Schleswig-Holstein	K-40	20	1	31	150	78	64	67
	Co-60	20	20				<1,1	<2,1
	I-131	20	3	3,1	66	24	16	11
	Cs-137	20	14	0,75	3,1		<1,6	<2,6
	Sr-90	4	0	1,2	1,4	1,3	1,2	0,75
	U-234	4	0	10	13	12	12	12
	U-235	4	4				<5,0	<5,0
U-238	4	0	9,2	12	10	10	10	
Hamburg	K-40	10	0	91	440	230	200	280
	Co-60	10	9			0,12	<1,2	<1,3
	I-131	10	0	6,4	52	19	15	22
	Cs-137	10	5	0,32	0,68	0,45	<1,8	<1,9
	Sr-90	4	0	0,82	2,6	1,6	1,6	0,88
	U-234	4	0	11	14	13	13	13
	U-235	6	0	0,46	1,5	0,85	0,56	0,54
U-238	9	0	9,5	110	46	46	12	
Niedersachsen	K-40	40	0	35	720	190	99	89
	Co-60	40	40				<1,6	<1,3
	I-131	40	4	1,5	160	38	15	26
	Cs-137	40	25	0,64	4,0		1,6	1,4
	Sr-90	4	3			1,3	<4,4	<2,8
	U-234	4	0	15	39	26	26	22
	U-235	4	0	0,61	1,3	0,91	0,85	0,85
U-238	4	0	14	30	21	19	17	
Bremen	K-40	8	0	130	380	290	300	350
	Co-60	8	8				<0,92	<1,7
	I-131	8	0	21	150	56	39	50
	Cs-137	8	3	0,43	1,5	0,94	<1,4	2,1
Sr-90	2	0	1,2	1,8	1,5	1,5	<1,8	

Land	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
Nordrhein-Westfalen	K-40	40	0	63	420	180	130	120
	Co-60	40	40				<0,8	<0,93
	I-131	40	0	0,65	300	41	32	28
	Cs-137	40	11	0,85	3,9	2,0	1,7	2,0
	Sr-90	4	0	1,1	8,7	5,0	5,1	5,0
	U-234	4	0	25	50	41	44	45
	U-235	4	0	1,2	1,9	1,6	1,6	1,8
	U-238	4	0	16	44	31	33	35
Hessen	K-40	20	0	91	160	120	120	120
	Co-60	20	20				<0,7	<0,43
	I-131	20	2	3,1	81	21	9,0	12
	Cs-137	20	7	0,6	2,6	1,6	<1,5	1,3
	Sr-90	2	0	2,2	3,5	2,8	2,8	<3,3
	U-234	4	0	41	180	110	100	99
	U-235	4	0	1,5	5,3	3,2	3,1	3,5
	U-238	4	0	32	120	75	72	70
Rheinland-Pfalz	K-40	19	0	93	220	150	150	170
	Co-60	19	19				<0,19	<0,29
	I-131	19	0	0,65	85	26	20	14
	Cs-137	19	3	0,31	2,8	1,6	1,3	1,6
	Sr-90	4	0	0,61	1,0	0,81	0,81	0,91
	U-234	4	0	50	65	57	57	60
	U-235	4	1	1,5	1,7	1,6	1,6	1,7
	U-238	4	0	31	43	37	36	39
Baden-Württemberg	K-40	40	0	54	330	150	140	160
	Co-60	40	40				<0,49	<0,53
	I-131	28	9	2,4	2300	190	37	18
	Cs-137	40	0	0,98	24	7,2	3,3	3,2
	Sr-90	4	2	0,38	0,55	0,46	<3,9	
	U-234	4	0	27	46	33	30	
	U-235	4	0	0,95	1,9	1,3	1,2	
	U-238	4	0	18	41	28	26	
Baden-Württemberg (West ³)	Co-60	28	28				<0,48	<0,51
	Cs-137	28	0	0,98	16	3,7	2,2	2,7
	Sr-90	2	2				<4,1	
Baden-Württemberg (Ost ⁴)	Co-60	12	12				<0,58	<0,56
	Cs-137	12	0	5,3	24	15	17	22
	Sr-90	2	0	0,38	0,55	0,46	0,46	
Bayern	K-40	39	0	75	1200	280	190	180
	Co-60	39	39				<0,97	<1,1
	I-131	36	9	2,4	130	48	24	27
	Cs-137	39	1	1,4	12	4,0	3,0	<3,1
	Sr-90	3	0	2,5	6,4	4,3	4,0	3,0
	U-234	4	0	37	190	110	99	140
	U-235	8	0	1,9	7,2	4,2	3,5	4,6
	U-238	4	0	39	170	100	95	120
Bayern (Nord ³)	Co-60	20	20				<1,1	<1,1
	Cs-137	20	1	1,4	3,9	2,5	2,2	<2,6
	Sr-90	2	0	2,5	6,4	4,5	4,5	4,1
Bayern (Süd ⁴)	Co-60	19	19				<0,87	<1,1
	Cs-137	19	0	1,5	12	5,6	4,9	5,2
	Sr-90	1	0			4,0	4,0	2,2
Saarland	K-40	8	0	44	450	170	110	190
	Co-60	8	8				<0,35	<0,37
	I-131	8	0	2,0	64	17	11	20
	Cs-137	8	0	0,41	6,7	2,4	1,3	2,7
	Sr-90	4	0	2,7	5,5	4,3	4,4	<1,5

Land	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
	U-234	4	0	75	76	75	76	72
	U-235	4	0	2,2	3,5	2,8	2,7	2,3
	U-238	4	0	50	57	54	55	50
Berlin	K-40	12	0	37	89	64	64	62
	Co-60	12	12				<1,0	<0,63
	I-131	12	0	28	200	74	67	65
	Cs-137	12	8	0,59	0,89		<0,95	0,8
	Sr-90	2	0	1,0	1,5	1,3	1,3	0,96
	U-234	2	0	11	14	13	13	13
	U-235	2	0	0,47	0,68	0,57	0,57	0,6
	U-238	2	0	9,9	15	12	12	11
Brandenburg	K-40	47	0	42	200	86	81	83
	Co-60	47	47				<0,32	<0,2
	I-131	47	0	1,4	290	60	63	41
	Cs-137	47	11	0,22	4,1	0,9	0,73	0,77
	Sr-90	10	0	0,86	1,9	1,3	1,1	1,2
	U-234	10	0	3,8	20	9,3	7,4	18
	U-235	10	4	0,18	0,88	0,55	0,7	0,73
	U-238	10	0	3,8	17	9,1	8,6	16
Mecklenburg- Vorpommern	K-40	20	0	58	240	110	100	110
	Co-60	20	20				<0,42	<0,43
	I-131	20	4	4,2	140	51	37	33
	Cs-137	20	4	0,41	2,9	1,1	0,57	0,61
	Sr-90	4	0	0,16	11	4,2	2,9	<1,2
	U-234	4	0	15	17	15	15	16
	U-235	4	0	0,9	1,1	0,96	0,92	<0,73
	U-238	4	0	13	18	15	15	14
Sachsen	K-40	20	0	65	370	130	120	140
	Co-60	20	20				<0,8	<0,75
	Cs-137	20	8	0,83	11	2,8	1,7	<1,5
	Sr-90	4	0	1,4	2,3	1,8	1,8	1,8
	U-234	4	0	61	97	73	66	77
	U-235	4	2	2,4	3,5	2,9	2,4	3,4
	U-238	4	0	54	90	64	56	77
Sachsen-Anhalt	K-40	20	0	78	230	140	130	120
	Co-60	20	20				<0,45	<0,5
	I-131	20	2	0,26	79	19	7,2	14
	Cs-137	20	3	0,51	3,2	1,4	0,88	0,93
	Sr-90	4	0	0,49	1,8	1,3	1,5	1,1
	U-234	4	0	41	100	74	78	68
	U-235	14	1	1,3	6,1	3,5	2,8	3,2
	U-238	18	0	23	90	53	51	63
Thüringen	K-40	20	0	110	300	180	170	180
	Co-60	20	20				<0,54	<0,48
	I-131	20	6	0,69	140	45	22	18
	Cs-137	20	2	0,54	2,7	1,5	1,1	1,4
	Sr-90	4	0	0,55	0,89	0,78	0,84	0,69
	U-234	4	0	44	170	100	97	95
	U-235	4	0	1,2	3,6	2,4	2,4	2,8
	U-238	4	0	26	86	56	56	52
Bundesrepublik Deutschland	K-40	383	1	31	1200	160	120	120
	Co-60	383	382			0,12	<0,65	<0,58
	I-131	348	39	0,26	2300	50	26	24
	Cs-137	383	105	0,22	24	2,7	1,5	1,6
	Sr-90	63	5	0,16	11	2,1	1,5	1,2
	U-234	64	0	3,8	190	48	38	44
	U-235	80	12	0,18	7,2	2,2	1,7	2,1
	U-238	83	0	3,8	170	41	34	39

Land	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel-/ Einzel- wert ¹	Median ²	Median ²
Bundesrepublik Deutschland (Nord ³)	Co-60	352	351			0,12	<0,6	<0,55
	Cs-137	352	105	0,22	16	1,8	1,4	1,5
	Sr-90	60	5	0,16	11	2,2	1,5	1,2
Bundesrepublik Deutschland (Süd ⁴)	Co-60	31	31				<0,75	<0,92
	Cs-137	31	0	1,5	24	9,3	6,9	7,4
	Sr-90	3	0	0,38	4,0	1,7	0,55	2,2

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.83 Überwachung von Abfällen
(Monitoring of wastes)

Land	Nuklid	2020						2019
		Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel ¹ -/ Einzelwert	Median ²	Median ²
Sickerwasser (Bq/l)								
alle Länder	H-3	62	11	1,5	180	32	17	20
	K-40	62	5	0,2	62	14	10	11
	Co-60	62	62				<0,033	<0,03
	I-131	50	50				<0,07	<0,068
	Cs-137	62	40	0,0042	0,22		<0,042	<0,036
Nord ³	Cs-137	57	39	0,0042	0,1			
Süd ⁴	Cs-137	5	1	0,068	0,22			
Flugasche / Filterstaub (Bq/kg TM)								
alle Länder	K-40	50	0	290	3400	1300	1100	1300
	Co-60	50	50				<0,44	<0,47
	I-131	50	32	0,26	170		<1,0	<1,1
	Cs-137	50	1	0,24	130	30	16	14
	Nord ³	Cs-137	43	1	0,24	73		
Süd ⁴	Cs-137	7	0	34	130			
Schlacke (Bq/kg TM)								
alle Länder	K-40	84	0	110	1400	340	280	270
	Co-60	84	83			0,97	<0,23	<0,22
	I-131	81	64	0,2	14		<0,42	<0,47
	Cs-137	84	6	0,3	25	2,8	1,4	1,3
	Nord ³	Cs-137	76	6	0,3	15		
Süd ⁴	Cs-137	8	0	1,4	25			
feste Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/kg TM)								
alle Länder	K-40	50	2	2,9	2200	520	320	300
	Co-60	50	49			2,6	<0,32	<0,3
	I-131	47	16	0,38	310	24	3,1	3,2
	Cs-137	50	13	0,16	51	13	2,3	2,6
	Nord ³	Cs-137	47	13	0,16	51		
Süd ⁴	Cs-137	3	0	34	45			

		2020						2019
Land	Nuklid	Anzahl gesamt	Anzahl <NWG	Minimal- wert ¹	Maximal- wert ¹	Mittel ¹ -/ Einzelwert	Median ²	Median ²
flüssige Rückstände der Rauchgasreinigung (Bq/l)								
alle Länder	K-40	31	8	0,51	380	48	5,5	8,5
	Co-60	31	30			0,062	0,062	<0,076
	I-131	30	8	0,24	280	31	0,98	2,1
	Cs-137	31	19	0,03	3,9		<0,093	<0,093
	Cs-137	29	17	0,03	3,9			
Nord ³	Cs-137	29	17	0,03	3,9			
Süd ⁴	Cs-137	2	2					
Kompost (Bq/kg TM)								
Alle Länder	K-40	75	0	220	930	500	510	490
	Co-60	75	75				<0,29	<0,3
	I-131	60	60				<0,53	<0,51
	Cs-137	75	0	1,8	40	5,4	4,3	4,3
	Cs-137	71	0	1,8	8,4			
Nord ³	Cs-137	71	0	1,8	8,4			
Süd ⁴	Cs-137	4	0	9,0	40			
<p>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.</p> <p>2 Der angegebene Median berücksichtigt das Messergebnis „<NWG“ so, als wäre ein tatsächlicher Messwert gleich der NWG erhalten worden.</p> <p>3 Nördlich bzw. westlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel</p> <p>4 Südlich bzw. östlich der Linie Radolfzell - Eichstätt - Regensburg - Zwiesel</p>								

III. Tabellen zur beruflichen Strahlenexposition
(*Tables on occupational radiation exposure*)

- in diesem Bereich gibt es keine Tabellen -



Tabellen

IV. Tabellen zur medizinischen Strahlenexposition
(Tables on radiation exposure from medical applications)

Tabelle T IV.1 Typische Werte für die effektive Dosis häufiger Röntgenmaßnahmen
(Ranges of effective doses for frequently applied x-ray diagnostic procedures)

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	0,3 - 0,5
Brustwirbelsäule in 2 Ebenen	0,1 - 0,4
Lendenwirbelsäule in 2 Ebenen	0,3 - 0,8
Beckenübersicht	0,1 - 0,4
Bauchraum (Abdomenübersicht)	0,2 - 0,6
Röntgenuntersuchungen mit Aufnahmen und Durchleuchtung	
Darm (Dünndarm bzw. Kolonkontrasteinlauf)	2 - 8
Koronarangiographie	3 - 8
PTCA (perkutane transluminale koronare Angiographie zur Herzkranzgefäßweiterung)	5 - 14
Bein-Becken-Phlebographie (ein Bein)	0,1 - 0,4
Becken-Bein-Arteriographie	3 - 9
CT-Untersuchungen	
Hirnschädel	1 - 2
Lendenwirbelsäule:	
LWS Bandscheibe	1 - 3
LWS Knochen	5 - 11
Brustkorb (Thorax)	4 - 7
Bauchraum (Abdomen plus Becken)	6 - 13

Tabelle T IV.2 Anzahl der im Jahr 2016 durchgeführten Strahlentherapien
(Number of radiation therapies performed in 2016)

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 Anzahl der im Jahr 2016 durchgeführten Strahlentherapien (differenziert)
(Number of radiation therapies performed in 2016) - differentiated

	Absolut	%-Anteil
Indikationsstellung/Diagnose		
Entzündliche Erkrankungen oder benigne Tumoren	259 000	55 %
Maligne Erkrankungen	210 000	45 %
Gesamt	469 000	100 %
Behandlungsanlass		
Palliativ intendierte Behandlung	106 000	23 %
Kurativ intendierte Behandlung	363 000	77 %
Gesamt	469 000	100 %
Therapieverfahren		
Mit Teletherapie erbrachte Strahlentherapien	461 000	98 %
Mit Brachytherapie erbrachte Strahlentherapien	8 000	2 %
Unbekannt	<500	0 %
Gesamt	469 000	100 %
Bestrahlungsmodalität		
Röntgenstrahlung	141 500	30 %
Megavoltstrahlentherapie (ultraharte Röntgenstrahlung)	310 000	66 %
Gammastrahlung	6 000	1 %
Elektronen	2 500	1 %
Protonen / Schwerionen	1 500	0 %
Nicht eindeutig ermittelbar (Kombinationstherapien)	7 000	2 %
Unbekannt	500	0 %
Gesamt	469 000	100 %
Techniken:		
Konventionelle Radiotherapie	140 000	30 %
3D-konformale Radiotherapie	166 000	35 %
Hochpräzisionstechnik (Intensitätsmodulierte sowie stereotaktische Radiotherapie)	143 500	31 %
Interstitielle Brachytherapie	2 500	1 %
Übrige Techniken	16 500	4 %
Unbekannt	500	0 %
Gesamt	469 000	100 %

Tabelle T IV.4 Anzahl der in 2016 durchgeführten Strahlentherapien nach demographischen Merkmalen
(Number of radiation therapies performed in 2016 by demographic characteristics)

Altersgruppen		Geschlecht			Gesamt
		männlich	weiblich	absolut	Anteil
1	0 bis 39 Jahre	6 000	8 500	14 500	3 %
2	40 bis 49 Jahre	15 000	32 000	47 000	10 %
3	50 bis 54 Jahre	17 500	36 500	54 000	12 %
4	55 bis 59 Jahre	22 500	36 500	59 000	12 %
5	60 bis 64 Jahre	25 500	35 500	61 000	13 %
6	65 bis 69 Jahre	26 500	34 000	60 500	13 %
7	70 bis 74 Jahre	25 500	30 500	56 000	12 %
8	75 bis 79 Jahre	30 000	36 000	66 000	14 %
9	über 80 Jahre	21 500	29 500	51 000	11 %
Gesamt		190 000	279 000	469 000	
Anteil Geschlecht		40 %	59 %		100 %

Tabelle T IV.5 Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse mit Abschlussmeldung
(Distribution of significant incidents with final report)

Medizinisches Fachgebiet	Anzahl der Vorkommnisse
Röntgendiagnostik (einschließlich Röntgendurchleuchtung)	35
Interventionen (zu diagnostischen oder therapeutischen Zwecken)	13
Therapie mit ionisierender Strahlung und umschlossenen radioaktiven Stoffen	47
Nuklearmedizin (Diagnostik und Therapie)	7

V. Tabellen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung
(Tables on the handling of radioactive materials and sources of ionising radiation)

Tabelle T V.1 Einfuhr radioaktiver Stoffe nach Deutschland - ohne radioaktive Abfälle
(Import of radioactive materials to Germany - without radioactive waste)

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 und Sonstiges (GBq)	umschlossene hochradioaktive Quellen HRQ (GBq)	Sonstiges (GBq)	Gesamteinfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2019	284 055	37 425 403	227	37 709 685	3 528 424
2020	283 652	78 030 569	344	78 314 565	4 317 212

Tabelle T V.2 Ausfuhr radioaktiver Stoffe aus Deutschland - ohne radioaktive Abfälle
(Export of radioactive materials from Germany - without radioactive waste)

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 und Sonstiges (GBq)	umschlossene hochradioaktive Quellen HRQ (GBq)	Sonstiges (GBq)	Gesamtausfuhr Radionuklide (GBq)	Kernbrennstoffe, Ausgangsstoffe (kg)
2019	209 108	1 897 066	15	2 106 189	6 949 267
2020	395 972	1 915 912	112	2 311 996	6 562 399

Tabelle T V.3 Einfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2020
(Import of open and sealed radionuclides (without HRQ) in the year 2020)

a)

Versenderland	Aktivität in GBq								
	H-3	C-14	P-32	P-33	S-35	Fe-55	Co-57	Co-60	Ni-63
Algerien								20,4	
Australien			90,0						
Belarus						407,0			
Indien						3,7		64,3	
Israel									
Kanada	1 225,5								11,2
Rep. Korea									
Russland	370,0	415,5					24,6	25,4	
Saudi-Arabien								55,9	
Schweiz	11 189,8							15,7	0,7
Singapur									0,6
Südafrika									
Türkei									
Usbekistan			2 220,0	455,1	370,0				
VAE									
USA	540,3	111,7	29,6		0,8	0,0	110,0	0,1	985,1
VR China									59,4
sonstige								84,6	16,4
Summe	13 325,6	527,2	2 339,6	455,1	370,8	410,7	134,6	266,4	1 073,4



b)

Versenderland	Aktivität in GBq								
	Ge-68	Se-75	Kr-85	Sr-90	Mo-99	I-125	I-131	Cs-137	Pm-147
Algerien		123,2							
Australien	1,4		3,0					85,2	
Belarus									
Indien		2 944,5	37,0	4,0				1 300,5	62,0
Israel		227,2							
Kanada	120,5					12 472,0			3,7
Rep. Korea		162,0							
Russland	9 464,3		13 131,3	39 034,4					
Saudi-Arabien								100,3	
Schweiz	0,4	0,1	40,6	2,3		3,2		101,4	
Singapur			138,8			0,7		19,6	
Südafrika	25,2	1.509,0	0,0				32 141,0		
Türkei	6,0				12 090,0				
Usbekistan						10.064,0			
VAE		132,5							
USA	185,4	0,7	2.336,8	0,0		2,4		2,7	257,0
VR China	11,8	148,0	240,5						
sonstige	5,8	26,2	105,0	2,2					26,7
Summe	9 820,7	5 273,3	16 032,9	39 042,9	12 090,0	22 542,3	32 141,0	1 609,6	349,4

Tabellen

c)

Versenderland	Aktivität in GBq						Summe
	Ho-166	Lu-177	W-188	Ir-192	Po-210	sonstige	
Algerien							143,6
Australien						4,0	183,6
Belarus							407,0
Indien				35,3		0,0	4 451,3
Israel							227,2
Kanada	4 204,9	19,2		68,4		17,3	18 142,7
Rep. Korea							162,0
Russland		277,5				24,8	62 767,8
Saudi-Arabien							156,2
Schweiz						24,3	11 378,3
Singapur						33,0	192,6
Südafrika		81 860,0				4,9	115 540,1
Türkei						0,4	12 096,4
Usbekistan		499,5				0,2	13 608,8
VAE							132,5
USA	64,2	37 637,2	645,9		115,0	100,0	43 124,8
VR China				148,0		0,0	607,7
sonstige		4,0				58,5	329,4
Summe	4 269,1	120 297,3	645,9	251,7	115,0	267,5	283 651,9

Tabelle T V.4 Einfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2020

(Import of sealed sources HRQ in the year 2020)

Versenderland	Aktivität in GBq				Summe
	Co-60	Se-75	Cs-137	Ir-192	
Australien	7 200,0				7 200,0
Belarus	6 292,5				6 292,5
Brasilien				289,0	289,0
Indien		382,6			382,6
Indonesien	36,0				36,0
Japan	145,3				145,3
Kanada	48 615 342,0			243,0	48 615 585,0
Nordmazedonien		215,0			215,0
Republik Korea	6 200,0				6 200,0
Russische Föderation	21 753 639,3	1 886 397,0	9 780,0		23 649 816,3
Saudi-Arabien		1 159,4			1 159,4
Schweiz	5 427 000,0	1 334,4		3 634,3	5 431 968,7
Südafrika		3 644,0			3 644,0
Thailand	34,1				34,1
Türkei				125,3	125,3
USA		1 383,8		261 765,6	263 149,4
VR China		296,0		44 030,0	44 326,0
Summe	75 815 889,2	1 894 812,2	9 780,0	310 087,2	78 030 568 7

Tabellen

Tabelle T V.5 Einfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen, kontaminierten Werkzeugen und sonstigen radioaktiven Gemischen im Jahr 2020

(Import of irradiation samples and activated plant components, contaminated tools and other radioactive mixtures in the year 2020)

Versenderland	Aktivität in GBq			Summe
	Bestrahlungsproben und aktivierte Anlagenteile	kontaminierte Werkzeuge	sonstige radioaktive Gemische	
Schweiz		0,4	343,8	344,2
Usbekistan	0,0			0,0
Vereinigte Staaten			0,0	0,0
Summe	0,0	0,4	343,8	344,2

Tabelle T V.6 Einfuhr von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in kg im Jahr 2020
(Import of non-irradiated nuclear fuels and raw materials in kg in the year 2020)

Versenderland	Einfuhr in kg						
	abger. Uran	Natururan	anger. Uran Anreicherungsgrad ≤ 10 %	anger. Uran Anreicherungsgrad ≤ 20 %	Plutonium	Thorium	Summe
Frankreich			50 875,6				50 875,6
Indien						140,0	140,0
Kanada		4 090 580,0					4 090 580,0
Niederlande			12 090,2				12 090,2
Russische Föderation			65 873,6				65 873,6
Schweden			83 536,1				83 536,1
Seychellen						8,8	8,8
USA	8,4		45,8	0,0	0,0	0,0	54,2
Vereinigtes Königreich			6 033,2				6 033,2
sonstige (nur Transport- und Abschirmbehälter)	8 020,5						8 020,5
Summe in kg	8 028,9	4 090 580,0	218 454,4	0,0	0,0	148,8	4 317 212,2

Tabellen

**Tabelle T V.7 Ausfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ)
im Jahr 2020**
(Export of sealed and unsealed radionuclides (without HRQ)
in the year 2020)

a)

Empfängerland	Aktivität in GBq								
	H-3	F-18	Co-60	Ni-63	Ga-68	Ge-68	Kr-85	Sr-90	Y-90
Ägypten			8,2				46,3	1,9	48,4
Argentinien			5,1	0,6					2,0
Aserbaidtschan								0,0	
Australien			0,4			5,6		0,1	
Belarus			0,9				17,8		
Brasilien			1,7		1,9	29,0	42,9	0,5	
Chile						4,5		0,1	
Dem Volksrep. Korea			29,6						
Hongkong						3,8			
Indien			358,4	19,4		42,1	138,8	3,7	
Indonesien			0,2				123,4		
Island									
Israel			0,1	0,6		17,1			102,0
Japan			37,0	558,9		0,4	2.967,7	4,1	104,9
Kanada				11,8		1,9	55,9		8,4
Kenia				0,6				0,0	
Kolumbien									
Kuwait			3,8	1,1		3,8			
Libanon					1,5	1,9			
Madagaskar									
Malaysia			7,4			7,5	46,3	0,0	
Marokko							3,0	0,0	
Mauretanien									
Mexiko				1,1		1,1	76,6	0,0	
Neuseeland			7,4						
Nigeria							92,5		
Norwegen	234,5		8,9	1,1		2,0	22,2		24,0
Oman							69,3	9,3	
Pakistan			0,1			1,9	99,8		
Panama									
Papua-Neuguinea									
Philippinen						1,9	46,3	0,2	
Republik Korea			68,1				290,1	3,8	
Russ. Föderation			0,6	1,9			200,2	2,0	
Saudi-Arabien			177,6			3,7	9,9		33,0
Schweiz	7 661,3	7 678,5	0,0	3,7	211,5	8,4	23,7	1,6	348,0
Serbien				3,7			9,6		
Singapur						3,8		0,1	18 040,0
Sri Lanka							0,0		
Südafrika				1,7		29,1	49,3	1,5	3,0
Taiwan			6,8			1,9	83,3	0,0	

Empfängerland	Aktivität in GBq								
	H-3	F-18	Co-60	Ni-63	Ga-68	Ge-68	Kr-85	Sr-90	Y-90
Thailand			0,4			1,9	215,3	1,6	
Tunesien				1,7					
Türkei	210,0		7,9	4,3	2,2	35,5	70,3	3,0	183,0
Ukraine				0,4			44,4		
Uruguay				0,6		1,1			
VAE			11,5			2,2	138,8		
USA	900,4		875,6	10,9	1,9	277,8	4 709,1	67,1	41 962,7
VR China			482,0	10,5		41,9	6 515,2	73,4	963,9
sonstige			54,2	8,1		4,8	267,9	0,2	15,0
Summe	9 006,2	7 678,5	2 153,7	642,5	219,0	536,6	16 475,4	174,1	61 838,3

b)

Empfängerland	Aktivität in GBq								Summe
	I-125	I-131	Cs-137	Pm-147	Lu-177	Ac-225	Am-241	sonstige	
Ägypten			96,9		14,0			0,7	216,3
Argentinien					372,3			10,4	390,3
Aserbaidshan			7,4		50,0	52,2	0,0	0,0	109,6
Australien	0,2		257,3		10 996,5	158,2		2,2	11 420,6
Belarus			364,8						364,8
Brasilien			89,0	25,0	1 215,3		52,9	3,7	1 461,8
Chile	0,0		222,8		308,4				531,2
Dem Volksrep. Korea			150,0						150,0
Hongkong		2 264,0			1 629,5				3 893,5
Indien			827,2	75,0	4 368,5	14,0	0,0	0,1	5 847,2
Indonesien			369,7				0,0	0,0	369,7
Island		248,3							248,3
Israel	146,1	2 259,8	22,2		2 186,0		0,0	2,2	4 736,1
Japan	0,9		146,6	64,8	21,6		37,0	75,2	4 019,1
Kanada	0,0	3,7	22,0	3,7	7 019,3	0,1	0,0	0,1	7 126,8
Kenia	10,4	300,4	44,4						355,2
Kolumbien		354,3	0,0	18,5	1 136,0	0,0			1 508,9
Kuwait		580,9	212,2		231,0		0,0		1 032,8
Libanon		103,3			171,0	0,0			274,3
Madagaskar			222,0						222,0
Malaysia		7 142,5	11,1	25,0	30,0		0,0	0,0	7 269,8
Marokko	6,8	1 237,2						2,2	1 246,2
Mauretanien		151,7	1,9						153,6
Mexiko	26,0		0,0		2 339,0	0,1			2 443,9
Neuseeland	0,0	741,7	0,6					0,8	742,3
Nigeria			88,8				6,7		95,5
Norwegen	51,0	1.849,0	829,5		1.117,1	0,2		93,4	4 239,2
Oman		494,7							494,7
Pakistan		3,4			634,0				637,4
Panama		198,2	1,1						199,3
Papua-Neuguinea			196,8						196,8

Empfängerland	Aktivität in GBq								Summe
	I-125	I-131	Cs-137	Pm-147	Lu-177	Ac-225	Am-241	sonstige	
Philippinen			76,2	50,0	780,0		0,0		954,6
Republik Korea	7,6	7 394,2	422,6		726,9	0,4	37,0	3,8	8 954,4
Russ. Föderation	1 903,3						0,0	3,3	2 111,3
Saudi-Arabien		71,1	9,6		672,0				976,8
Schweiz	108,7	185 003,2	0,7		9 289,2	0,0	1,5	88,2	210 428,4
Serbien					713,0		1,7		728,0
Singapur	0,1	729,1	58,5		2 618,0				21 449,6
Sri Lanka		3 755,4					0,0		3 755,4
Südafrika	604,0	9,5	0,0		530,4	4,4	6,7	0,0	1 239,6
Taiwan			1,3		360,1			0,0	453,4
Thailand			61,8		1 090,0	80,7	0,0	0,0	1 451,8
Tunesien		405,2							406,8
Türkei	51,3		363,0		1 321,0		0,0	0,0	2 251,5
Ukraine			1,7	1,4			306,0		354,0
Uruguay					541,0				542,7
VAE			29,6		14,0		0,0		196,0
USA	1,2		183,0	1 215,3	9 391,3	1,6	171,7	163,7	59 933,4
VR China	0,4		2 719,1	3,7	5 780,7		0,0	12,0	16 602,9
sonstige	21,2	65,5	229,3	18,5	15,0		21,7	1,4	722,9
Summe	2 939,3	215 366,5	8 340,9	1 500,9	67 682,0	312,0	642,8	463,5	395 972,3

Tabelle T V.8 **Ausfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2020**
(Export of sealed radiation sources HRQ in the year 2020)

Empfängerland	Aktivität in GBq					Summe
	Co-60	Se-75	Cs-137	Ir-192	Am-241	
Algerien		3 967,0				3 967,0
Argentinien	128,8	2 405,0				2 533,8
Bahrain		11 701,0				11 701,0
Belarus	148,0					148,0
Brasilien		2 590,0				2 590,0
Chile	63,7					63,7
Gabun	78,2					78,2
Indien	154,4	91 679,0				91 833,4
Indonesien	270 155,2					270 155,2
Israel		5 694,0				5 694,0
Japan	233,9		1 480,0			1 713,9
Kanada	77,9			2 798,0		2 875,9
Kasachstan	313,7					313,7
Kuba	75,9					75,9
Malaysia	74,0					74,0
Marokko	155,3					155,3
Mexiko	75,5					75,5
Myanmar	78,7					78,7
Nordmazedonien		1 950,0				1 950,0

Empfängerland	Aktivität in GBq					Summe
	Co-60	Se-75	Cs-137	Ir-192	Am-241	
Peru	77,9		94 890,0			94 967,9
Philippinen	68,7					68,7
Republik Korea	265,5	2 960,0	149 522,0			152 747,5
Russische Föderation	1.493,7					1 493,7
Saudi-Arabien		12 197,0				12 197,0
Schweiz		4 435,2		17 118,0		21 553,2
Serbien		5 627,7				5 627,7
Südafrika		184 447,0				184 447,0
Thailand	341,3					341,3
Ukraine					820,0	820,0
Uruguay	79,2					79,2
VAE		1 980,0				1 980,0
Vereinigte Staaten	333,0		10 730,0		1 554,0	12 617,0
Volksrepublik China	37,0	34 228,0	194 470,0	802 160,0		1 030 895,0
Summe	274 509,3	365 860,9	451 092,0	822 076,0	2 374,0	1 915 912,2

Tabelle T V.9 **Ausfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen, kontaminierten Werkzeugen und sonstigen radioaktiven Gemischen im Jahr 2020**
(Export of irradiation samples and activated plant components, contaminated tools and other radioactive mixtures in the year 2020)

Versenderland	Aktivität in GBq			Summe
	Bestrahlungsproben und aktivierte Anlagenteile	kontaminierte Werkzeuge	sonstige radioaktive Gemische	
Brasilien		0,1		0,1
Dschibute			0,0	0,0
Indonesien			0,0	0,0
Israel			0,0	0,0
Japan		10,4		10,4
Kenia			0,0	0,0
Saudi-Arabien			0,0	0,0
Schweiz	0,0	0,7	100,1	100,8
Taiwan			0,0	0,0
Vereinigte Staaten			0,3	0,3
Volksrepublik China			0,1	0,1
Summe	0,0	11,2	100,5	111,7

Tabelle T V.10 Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe in kg im Jahr 2020
(Export of non-irradiated nuclear fuels and raw materials in kg in the year 2020)

Empfängerland	Ausfuhr in kg				Summe
	abger. Uran	Natururan	anger. Uran Anreicherungsgrad ≤ 10 %		
Brasilien			2 325,4		2 325,4
Frankreich			65 025,0		65 025,0
Kanada		524,5			524,5
Niederlande			2,6		2,6
Russische Föderation	5 945 612,9		8 230,3		5 953 843,3
Schweden			105 455,9		105 455,9
Schweiz			49 344,3		49 344,3
USA	67,7	15,5	317 561,1		317 644,3
Vereinigtes Königreich			62.920,7		62 920,7
VR China		0,0		0,0	0,0
sonstige (nur Transport- und Abschirmbehälter)	5 312,6				5 312,6
Summe	5 950 993,3	540,0	610 865,3	0,0	6 562 398,6

Tabelle T V.11 Gesamtzahlen der Anmeldungen und Genehmigungen im Jahr 2020
(Total number of applications and permits in the year 2020)

	registriert	erteilt	genutzt
Anmeldungen für sonstige radioaktive Stoffe gemäß § 13 StrlSchV			
Einfuhr	2 804		
Ausfuhr	7 041		
Genehmigungen für unbestrahlte Kernbrennstoffe gemäß § 3 AtG			
Einfuhr		24	7
Ausfuhr		57	24
Genehmigungen für sonstige radioaktive Stoffe gemäß § 12 StrlSchV			
Einfuhr		37	26
Ausfuhr		45	38
Genehmigungen für Konsumgüter gemäß § 42 StrlSchG			
Ein und Ausfuhr		7	

Tabelle T V.12 Übersicht über die Anzahl der durchgeführten Kernbrennstofftransporte (Unterscheidung der Beförderungen nach Verkehrsträgern und Verkehrsart)
(Overview of the number of reported shipments of nuclear fuels – for various modes and types of transport)

Anzahl der Inlandtransporte	2020	2019
Schiene / unbestrahltes Material	0	0
Schiene / bestrahltes Material	0	0
Schiene / Reststoffe und Abfall	0	0
Straße / unbestrahltes Material	22	26
Straße / bestrahltes Material	2	0
Straße / Reststoffe und Abfall	0	0
Binnenwasserstraße / unbestrahltes Material	0	0
Binnenwasserstraße / bestrahltes Material	0	0
Binnenwasserstraße / Reststoffe und Abfall	0	0
insgesamt	24	26
Anzahl der grenzüberschreitenden Transporte		
Luft / unbestrahltes Material	0	0
Luft / bestrahltes Material	0	0
Luft / Reststoffe und Abfall	0	0
See / unbestrahltes Material	15	59
See / bestrahltes Material	0	0
See / Reststoffe und Abfall	1	2
Schiene / unbestrahltes Material	0	0
Schiene / bestrahltes Material	0	0
Schiene / Reststoffe und Abfall	0	0
Straße / unbestrahltes Material	239	261
Straße / bestrahltes Material	83	106
Straße / Reststoffe und Abfall	0	0
insgesamt	338	426

Tabelle T V.13 Zahl der jährlich beförderten Wagenladungen / Transporte mit radioaktiven Stoffen
(Number of yearly transported truck loads / transports containing radioactive materials)

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

a geringe Anzahl überwiegend wegen Aussetzung von Brennelementetransporten

Tabelle T V.14 Anzahl der Beförderungen radioaktiver Stoffe (Bahn) in Abhängigkeit von der rechtlichen Grundlage
(Number of transports of radioactive materials (railway) in respect of their legal basis)

Rechtliche Grundlage	Genehmigungsbehörde	Anzahl Transporte		Anzahl Wagenladungen	
		2019	2018	2019	2018
AtG § 4	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	-	-	-	-
AtG § 23 Abs. 2	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	-	-	-	-
StrlSchV § 16 (2018) bzw. StrlSchG § 27 (2019)	Eisenbahn-Bundesamt (EBA)	56	86	255	217

Tabelle T V.15 Wagenladungssendungen
(Truck-loads)

Art der beförderten Stoffe	UN- Nummer*	Anzahl der Wagen	
		2019	2018
Kernbrennstoffe			
verglaste hochradioaktive Spaltproduktlösungen, High Aktive Waste (HAW)	3328	-	-
unbestrahltes, angereichertes Uran (< 1 % U-235) als U ₃ O ₈	3321	-	-
sonstige radioaktive Stoffe			
Uran der natürlichen Isotopenzusammensetzung bzw. abgereichertes Uran in Form von Uranhexafluorid (UF ₆)	2978	170	62
Natururan in Form von Uranoxid (U ₃ O ₈)	2912	35	91
Rückstände/Abfälle aus kerntechnischen Anlagen			
- in Typ (BU)-Behältern	2916	-	20
- SCO in Industrierversandstücken	2913	8	3
- Industrieverpackungen	3321	33	41
- in Typ A-Versandstücken	2915	-	-
freigestellte Versandstücke			
- als leere Verpackung	2908	-	-
- als begrenzte Stoffmenge	2910	9	-
Summe		255	217

* Nummer zur Stoffkennzeichnung nach Gefahrgutrecht

Tabellen

Tabelle T V.16 Beförderte Gesamtaktivität
(Total activity transported)

Art der beförderten Stoffe	beförderte Gesamtaktivität (Werte zum Teil geschätzt)	
	2019 (TBq)	2018 (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)	84,3	49,8
Natururan in Form von Uranoxid (U ₃ O ₈)	47,8	125,2
Rückstände/Abfälle aus kerntechnischen Anlagen		
- in Typ (BU)-Behältern	-	6 535,4
- SCO in Industrierversandstücken	-	0,3
- Industrieverpackungen	35,4	474,5
- in Typ A-Versandstücken	-	-
freigestellte Versandstücke		
- als leere Verpackung	-	-
- als begrenzte Stoffmenge	-	-
Summe	167,5	7 185,1

Tabelle T V.17 Anteil der überprüften Beförderungen, bezogen auf Transportarten, sowie festgestellte Mängel
(Contingent of reviewed transports based on types of transport and detected defects)

Transportart	Wagen		überprüfte Wagen		Beanstandungen	
	2019	2018	2019	2018	2019	2018
sonstige radioaktive Stoffe	255	217	57	87	2	5
Kernbrennstoffe	-	-	-	-	-	-

Tabelle T V.18 Festgestellte Verstöße gegen Gefahrgutvorschriften
(Detected contemptes against dangerous goods regulations)

Verstöße	Anzahl	
	2019	2018
Gefahrenkategorie I (schwerwiegender Verstoß)	-	-
Gefahrenkategorie II (weniger schwerwiegender Verstoß)	-	-
Gefahrenkategorie III (kein schwerwiegender Verstoß)	2	5

Tabelle T V.19 Übersicht über die Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2020)
(Survey of the number of licences according to § 12 paragraph 1, point 1 StrlSchG relating to the handling of radioactive substances - as at December 31, 2020)

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	483	387	755	64
Bayern	232	142	538	96
Berlin	172	224	235	2
Brandenburg	33	47	132	49
Bremen	23	14	41	9
Hamburg	43	32	79	26
Hessen	187	110	349	32
Mecklenburg-Vorpommern	26	48	78	6
Niedersachsen	215	222	514	85
Nordrhein-Westfalen	561	341	963	92
Rheinland-Pfalz	91	72	209	17
Saarland	30	35	42	13
Sachsen	45	90	264	22
Sachsen-Anhalt	49	26	185	19
Schleswig-Holstein	78	77	110	41
Thüringen	62	26	128	105
Summe	2 330	1 893	4 622	678

* 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.20 Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG zum Umgang mit ausschließlich umschlossenen radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2020)
(Survey of the number of licences according to § 12 paragraph 1, point 3 StrlSchG relating to the handling of sealed radioactive sources only - as at December 31, 2020)

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	219	156	565	39
Bayern	63	47	492	16
Berlin	34	37	35	12
Brandenburg	8	27	115	11
Bremen	10	8	37	4
Hamburg	12	17	55	4
Hessen	48	30	211	7
Mecklenburg-Vorp.	10	33	63	4
Niedersachsen	43	77	400	18
Nordrhein-Westf.	137	160	720	78
Rheinland-Pfalz	28	31	130	17
Saarland	6	8	32	1
Sachsen	16	54	250	10
Sachsen-Anhalt	11	9	179	14
Schleswig-Holstein	13	10	87	7
Thüringen	13	1	127	10
Summe	671	705	3 498	252
* 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.21 Übersicht über die Zahl der Anlagen mit Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 und § 10 StrlSchG (Stand: 31.12.2020)

(Survey of the number of licencees according to § 12 paragraph 1, point 1 StrlSchG - as at December 31, 2020)

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	101	6	16	1
Bayern	105	18	33	0
Berlin	42	14	1	0
Brandenburg	13	1	1	0
Bremen	5	0	0	0
Hamburg	25	4	2	5
Hessen	37	4	3	0
Mecklenburg-Vorp.	12	2	0	0
Niedersachsen	58	14	10	2
Nordrhein-Westfalen	208	25	20	0
Rheinland-Pfalz	35	4	0	0
Saarland	10	0	1	0
Sachsen	28	17	6	0
Sachsen-Anhalt	16	1	5	1
Schleswig-Holstein	20	0	3	0
Thüringen	20	5	5	0
Summe	735	115	106	9
* einschließlich in Verbindung mit nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG erteilten Genehmigungen				

Tabelle T V.22 Übersicht über gültige Genehmigungen
(Survey of current licences)

Land	Am 31.12.2020 gültige Genehmigungen nach:					
	§ 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG (Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen)	§ 12 Absatz 1 Nummer 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	1689	124 (12)	339	34	2	6
Bayern	1008	156 (10)	310	63	11	6
Berlin	633	57 (5)	210	44	1	2
Brandenburg	261	15 (0)	62	13	-	-
Bremen	87	5 (0)	49	7	0	0
Hamburg	180	36 (4)	106	5	0	0
Hessen	678	44 (4)	138	17	0	0
Mecklenburg-Vorp.	158	14 (2)	59	4	1	0
Niedersachsen	1036	84 (1)	204	42	0	1
Nordrhein-Westf.	1957	253 (15)	562	88	2	9
Rheinland-Pfalz	389	39 (2)	155	28	0	0
Saarland	120	11 (0)	18	13	0	0
Sachsen	421	51 (9)	142	28	0	1
Sachsen-Anhalt	279	23 (0)	40	11	0	0
Schleswig-Holstein	306	23 (0)	108	8	1	1
Thüringen	321	30 (2)	42	7	1	0
Summe	9 523	965 (66)	2 544	412	19	26
* Errichtungsgenehmigungen nach § 10 StrlSchG in Klammern						

Tabellen

Tabelle T V.23 Übersicht über die Zahl der im Jahr 2020 erstatten Anzeigen
(Survey of the number of notifications in the year 2020)

Land	Zahl der erstatteten Anzeigen	
	Anlagen	BAZ
	§ 17StrISchG (anzeigebedürftiger Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen)	§ 208 Absatz 3 StrISchG (Verwendung und Lagerung bestimmter BAZ-Vorrichtungen nach StrISchV 1989)
Baden-Württemberg	36	552
Bayern	13	475
Berlin	2	ca. 500
Brandenburg	0	123
Bremen	1	0
Hamburg	1	170
Hessen	6	k.A.
Mecklenburg-Vorp.	0	0
Niedersachsen	0	1 339
Nordrhein-Westfalen	38	2 634
Rheinland-Pfalz	0	555
Saarland	0	148
Sachsen	11	72
Sachsen-Anhalt	0	13
Schleswig-Holstein	0	169
Thüringen	0	0
Summe	108	6 750
k.A. keine Angaben		

Tabelle T V.24 Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen nach § 89 StrlSchV im Jahr 2020
(Survey on the results of leakage tests of sealed radioactive sources according to § 66 StrlSchV - year 2020)

Land	Gesamtzahl der durchgeführten Dichtheitsprüfungen	Anzahl HRQ	Anzahl und Nuklid der bei den Prüfungen als undicht ermittelten Präparate	Anzahl undichter HRQ
Baden-Württemberg	1 766	289	0	0
Bayern	2 395	146	0	0
Berlin	244	73	0	0
Brandenburg	521	9	0	0
Bremen	56	16	0	0
Hamburg	453	201	0	0
Hessen	339	14	1 x Fe-55	0
Mecklenburg-Vorpommern	219	6	0	0
Niedersachsen	1 717	228	2 (1 x Na-22, 1 x Am-241)	0
Nordrhein-Westfalen	2 803	562	0	0
Rheinland-Pfalz	308	15	0	0
Saarland	35	2	0	0
Sachsen	935	191	6 x Co-60	6
Sachsen-Anhalt	85	7	0	0
Schleswig-Holstein	281	41	0	0
Thüringen	13 (nicht vollständig erfasst)	0	0	0
Summe	12 170	1 800	9	6

Tabellen

Tabelle T V.25 Im Jahr 2020 erstattete Anmeldungen nach § 145 Absatz 2 StrlSchG und nach § 159 Absatz 2 StrlSchG
Notifications submitted under § 145 (2) and § 159 (2) StrlSchG - year 2020

Land	Am 31.12.2020 erstattete Anmeldungen nach:	
	§ 145 Absatz 2 StrlSchG (Altlastensanierung)	§ 159 Absatz 2 StrlSchG (sonstige bestehende Expositionssituation)
Baden-Württemberg	0	0
Bayern	0	0
Berlin	0	0
Brandenburg	25	-
Bremen	0	0
Hamburg	0	0
Hessen	k.A.	k.A.
Mecklenburg-Vorpommern	0	0
Niedersachsen	0	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	25	0
k.A. keine Angabe		

Tabelle T V.26 Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Humanmedizin im Jahr 2020
(Survey on the granted and registered X-Ray installations (RöE) in medicine in 2020)

Land	Teleradiologie					Gesamtzahl der nach § 19 Absatz 1 StrlSchG angezeigten RöE
	Gesamtzahl der nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 i.V.m. § 19 Absatz 2 Nr. 2 StrlSchG genehmigten RöE für die Behandlung von Menschen	Gesamtzahl der nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 StrlSchG genehmigten RöE	Anzahl genehmigter RöE für die Teleradiologie nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 i.V.m. § 19 Absatz 2 Nummer 3 StrlSchG	Teleradiologie mit Ausdehnung auf reguläre Dienstzeit *	Anzahl der RöE im Rahmen der Früherkennung gemäß § 12 Absatz 1 Nummer 4 StrlSchG i.V. m. § 19 Absatz 2 Nummer 4 StrlSchG	
Baden-Württemberg	42	407	72	49	72	4 262
Bayern	21	385	130	42	85	5 459
Berlin	12	158	20	3	23	2 075
Brandenburg	5	102	75	58	20	911
Bremen	1	16	1	1	8	323
Hamburg	3	42	10	0	3	956
Hessen	19	75	48	27	15	2 389
Mecklenburg-Vorpommern	3	48	29	8	21	688
Niedersachsen	14	233	54	12	75	2 933
Nordrhein-Westfalen	80	887	201	17	170	7 709
Rheinland-Pfalz	13	148	63	14	23	1 808
Saarland	0	27	21	7	6	543
Sachsen	11	112	73	20	39	1 646
Sachsen-Anhalt	7	67	32	8	14	1 048
Schleswig-Holstein	4	88	17	5	0	1 117
Thüringen	9	68	33	2	28	1 257
Summe	244	2 863	879	273	602	35 124
* Erteilung auf Grund eines besonderen Bedürfnisses nach § 14 Absatz 2 Satz 3 StrlSchG über Nacht-, Wochenend- und Feiertagsdienst hinaus						



Tabelle T V.27 Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Zahnmedizin und Tiermedizin im Jahr 2020

(Survey on the granted and registered X-Ray installations (RöE) in dentistry and veterinary medicine in 2020)

Land	Zahnmedizin		Anwendung am Tier in der Tierheilkunde	
	Gesamtzahl der nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 StrISchG genehmigten RöE	Gesamtzahl der nach § 19 Absatz 1 Nummer 1 Buchst. b StrISchG angezeigten RöE	Gesamtzahl der nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 StrISchG genehmigten RöE	Gesamtzahl der nach § 19 Absatz 1 Nummer 1 StrISchG angezeigten RöE
Baden-Württemberg	829	13 079	365	700
Bayern	151	16 787	489	1 026
Berlin	43	4 631	73	372
Brandenburg	60	2 338	109	249
Bremen	5	673	11	36
Hamburg	12	2 620	45	93
Hessen	105	7 072	189	575
Mecklenburg-Vorp.	3	1 929	46	116
Niedersachsen	149	8 249	296	847
Nordrhein-Westfalen	1 497	16 921	682	1 157
Rheinland-Pfalz	25	4 126	110	353
Saarland	0	934	12	97
Sachsen	31	5 174	114	264
Sachsen-Anhalt	8	2 707	40	167
Schleswig-Holstein	37	3 252	167	277
Thüringen	2	2 574	44	163
Summe	2 957	93 066	2 792	6 492

Tabelle T V.28 Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen sowie genehmigte Störstrahler in Technik/Nichtmedizin im Jahr 2020
(Survey on the granted and registred X-Ray installations and granted interfering radiation sources in technological/non-medical areas in 2020)

Land	Gesamtzahl der nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 StrISchG genehmigten RÖE	Anzahl der nach § 12 Absatz 1 Nummer 4 i.V.m. § 19 Absatz 2 Nummer 1 StrISchG genehmigten RÖE *	Gesamtzahl der angezeigten RÖE nach § 19 Absatz 1 Nummer. 1 Buchst. a StrISchG i.V.m. § 18 Absatz 1 Nummer 1 Buchst. c StrISchG **	Gesamtanzahl der angezeigten RÖE nach § 19 Absatz 1 Nummer 2 StrISchG ***	Gesamtzahl der nach § 12 Abs. 1 Nummer 5 StrISchG genehmigten Störstrahler)
Baden-Württemberg	1 938	113	909	1 082	296
Bayern	2 522	551	1 070	760	332
Berlin	590	117	391	219	120
Brandenburg	287	118	216	78	24
Bremen	138	45	109	36	6
Hamburg	335	216	281	83	38
Hessen	911	70	448	369	153
Mecklenburg-Vorp.	151	28	63	32	28
Niedersachsen	1 112	155	677	544	47
Nordrhein-Westfalen	3 119	612	1 375	1 017	185
Rheinland-Pfalz	570	100	133	196	53
Saarland	98	43	70	31	83
Sachsen	674	167	480	184	140
Sachsen-Anhalt	286	92	90	83	50
Schleswig-Holstein	342	38	156	157	23
Thüringen	287	59	269	151	27
Summe	13 360	2 524	6 737	5 022	1 605
* Für die technische Radiographie zur Grobstrukturanalyse					
** Bauartzugelassene Röntgenstrahler und Verwendung von med. RÖE außerhalb der Anwendung am Menschen bzw. Tier in der Tierheilkunde					
*** Basis-, Hoch- und Vollschutzgeräte sowie Schulröntgeneinrichtungen					

Tabellen

Tabelle T V.29 Übersicht über die Entwicklung der Daten im HRQ-Register seit dem Jahr 2006
(Survey on the development of data in the HASS-register since the year 2006)

Stand	Genehmigungsinhaber	Behörden	Strahlenquellen	Meldungen
Ende 2006	321	43	1 740	3 139
Ende 2007	453	47	7 626	16 863
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

Tabelle T V.30 Übersicht über die Mengen (Massen und Volumina) vernachlässigbar Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle am 31. Dezember 2020
(Survey of quantities (masses and volumes) of intermediately stored radioactive wastes on 31 December 2020)

Kategorie	Einheit	Endlagerziel Konrad	anderes Endlager
Rohabfälle (RA)	t	7 982	5
vorbehandelte Abfälle (VA)	t	12 328	21
Abfallprodukte in Innenbehältern (P1)	m ³	12 713	144
produktkontrollierte Abfallprodukte (P2)	m ³	5 489	0
Abfallprodukte in Konradbehältern (G1)	m ³	105 904	1
produktkontrollierte Abfallgebinde (G2)	m ³	2 936	0
Summe	t	20 311	26
	m ³	127 042	145

Tabelle T V.31 Übersicht über den Bestand radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung nach Verursachergруппen am 31. Dezember 2020
(Survey on the stock of radioactive wastes with negligible heat generation according to groups of waste producers on 31 December 2020)

Abfallverursacher	RA [t]	VA [t]	P1 [m ³]	G1 [m ³]	P2 [m ³]	G2 [m ³]
Forschungseinrichtungen	1 399	6 082	1 949	41 669	1 559	0
kerntechnische Industrie	193	10	205	7 924	78	2 921
Kernkraftwerke*	5 526	5 616	7 740	40 510	3 416	15
Landessammelstellen	672	445	2.395	906	102	0
Wiederaufarbeitung (WAK)	196	197	568	14.897	335	0
Summe	7 987	12 349	12 857	105 906	5 489	2 936
* in Betrieb befindliche, dauerhaft abgeschaltete, in Stilllegung befindliche und zurückgebaute Kernkraftwerke						

Tabelle T V.32 Übersicht über den Bestand an Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen - ohne bestrahlte BE - nach Verursachergruppen am 31. Dezember 2020
(Survey on the stock of radioactive heat generating wastes - without irradiated BE - according to groups of waste producers on 31 December 2020)

Verursachergruppe	Volumen in m ³	
	radioaktive Abfälle	
	2020	2019
Forschungseinrichtungen	4	4
kerntechnische Industrie	0	0
Kernkraftwerke	0	0
stillgelegte Kernkraftwerke	0	0
Landessammelstellen	2	2
Wiederaufbereitung europäisches Ausland (HAW) und WAK/VEK	570	570
Summe	576	576

Tabelle T V.33 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

(Radiological incidents in handling radioactive substances, in the operation of facilities for the generation of ionising radiation (i. e. accelerators) and X-ray devices and during transport of radioactive material)

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
Januar 2020	Feststellung einer erhöhten Strahlenexposition bei einer Klinik-Mitarbeiterin	unbekannt (Strahlenschutzmaßnahmen wurden laut Stellungnahme stets eingehalten)	Personendosis 24,2 mSv	weitere Untersuchungen
09.01.2020	Fund einer Anzeigeeinrichtung mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 1,1 MBq) im Metallschrott bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Separierung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
14.01.2020	Fund eines Höhenmessers mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 30 kBq) in Metallschrott bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Abgabe zur Entsorgung
15.01.2020	Fund einer Prüfstrahlenquelle (Cs-137, 330 kBq) bei einer Privatperson	unterlassene Entsorgung	unbekannt	Entsorgung über die Landes-sammelstelle
23.01.2020	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 120 kBq) bei einer Privatperson	unterlassene Entsorgung	unbekannt	Entsorgung über die Landes-sammelstelle
27.01.2020	Fund einer Flugzeuguhr mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 80 kBq) in Metallschrott bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	unbekannt	Entsorgung über die Landes-sammelstelle
29.01.2020	Fund eines Radium-Emanationsapparates (Ra-226, 1,5 MBq) auf einem Schrottplatz	unzulässige Entsorgung	keine	Separierung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
05.02.2020	Fund eines Rohres mit Inkrustierungen natürlich radioaktiver Stoffe (Ra-226, Dosisleistung 0,3 µSv/h) in Metallschrott bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	sachgemäße Entsorgung
11.02.2020	versehentliche Exposition von Mitarbeitern bei Wartungsarbeiten an Einrichtungen, die eine Füllstandsmesseinrichtung mit einer Strahlenquelle (Cs-137, 11 GBq) besitzen	für ca. eine Woche unbe-merkte Beschädigung am Verschluss des Strahlerbehälters	mögliche Exposition mehrerer Mitarbeiter von bis zu 0,6 mSv in einem realistischen Szenario	Überarbeitung der Gefährdungsbeurteilung, Erhöhung der Frequenz von Kontrollgängen, Ersatz des Strahlerbehälters, bauliche Maßnahmen zum Schutz gegen Beschädigung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
14.02.2020	Fund eines Skalenteils mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 550 kBq) in Metallschrott bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	unbekannt	Entsorgung durch Landessammelstelle
16.02.2020	Fund eines Radium-Trinkkur-Bechers (Ra-226, 800 kBq) bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Separierung und ordnungsgemäße Entsorgung
26.02.2020	unbeabsichtigte Öffnung des Strahlenfensters beim Quellenbehälter einer radiometrischen Messeinrichtung	Bruch einer Walze zur Kontrolle der Strahleröffnung	unbekannt	Sicherstellung der Strahlenquelle, Information des Herstellers zur Identifikation der ggf. betroffenen Teile der Produktionscharge, vorübergehender Verbleib der Quellenbehälter im Strahlerbunker
26.02.2020	Fund von radioaktiven Uranchemikalien (Uran-natürlich, 1,4 MBq) in einer Firma	unterlassene Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
27.02.2020	Fund von zwei Technetium-Generatoren (Tc-99m) und weiteren radioaktiven Stoffen (Tc-99m; Co-60; Cs-137, 106 kBq) in einem Privatgebäude	unterlassene Entsorgung	unbekannt	Entsorgung über die Landessammelstelle
02.03.2020	Fund einer Strahlenquelle (Am-241, 3,7 GBq) bei Demontage einer seit 30 Jahren stillgelegten Dichtemesseinrichtung	unterlassene Entsorgung der Strahlenquelle, die zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage genehmigungsfrei verwendet werden konnte	unbekannt (Beurteilung erst nach Vorliegen der Ergebnisse der Dichtheitsprüfung und Dosisleistungsmessung)	Durchführung einer Dichtheitsprüfung und Dosisleistungsmessung, Separierung und ordnungsgemäße Entsorgung der Strahlenquelle
04.03.2020	Versehentliche Exposition von Mitarbeitern durch unbeabsichtigtes Einschalten einer Röntgeneinrichtung in einem Klinikum	unbemerkte Betätigung des Fußschalters und fehlende Beachtung der Warnlampe während einer Patientenumlagerung	Dosis für die Mitarbeiter < 5 µSv, zusätzliche Exposition des Patienten 118 cGy*cm ²	Einschalten eines zusätzlichen akustischen Warnsignals bei der Auslösung von Röntgenstrahlung, Mitarbeiterschulung
13.03.2020	Fund eines Anzeigegegerätes mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226) im Schrott	unzulässige Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung
13.03.2020	Fund einer Dose mit Glühstrümpfen mit natürlich radioaktivem Thorium (Th-232; Dosisleistung an der Oberfläche 15,4 µSv/h) in Metallschrott bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Separierung und ordnungsgemäße Entsorgung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
27.03.2020	Exposition eines Mitarbeiters durch Betreten eines Röntgenraumes bei eingeschalteter Röntgeneinrichtung während einer Materialuntersuchung	mangelnde Abschaltung der Röntgenanlage durch Versagen des mechanischen Türkontakts und fehlende Beachtung der Warnlampe	Personendosis 0,6 mSv, Hautdosis ca. 370 mSv (auf Basis einer Sachverständigenbegutachtung, da Mitarbeiter kein Personendosimeter trug)	Austausch des Türkontaktschalters durch selbstüberwachenden Kontaktschalter, Verbot der Betätigung des Mitarbeiters als Strahlenschutzbeauftragter
02.04.2020	Fund eines radioaktiven Stoffes (Th-232, Dosisleistung am Container 0,18 µSv/h) im Hausmüll bei einem Müllverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung
06.04.2020	Fund radioaktiver Farbe in einem Bleibehälter (Ra-226, 140 kBq) bei einer Privatperson	unterlassene Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
11.04.2020	Fund verschiedener radioaktiver Chemikalien (Dosisleistung 5,3 µSv/h) bei einer Privatperson	unterlassene Entsorgung	unbekannt	Sicherstellung und ordnungsgemäße Übernahme durch Landesamt zur Untersuchung
15.04.2020	Herausfallen einer Strahlenquelle (Ir-192, 3 TBq) aus dem Kollimator bei einer Prüfung mit einem Gammarradiographiegerät	Ausfall von Sicherheitseinrichtungen (genaue Ursachenermittlung noch nicht abgeschlossen)	Exposition zweier Mitarbeiter von 0,2 mSv bzw. 0,5 mSv	Bergung der Quelle und Verbringung in einen Notstrahlenschutzbehälter, weitere Ermittlungen
21.04.2020	Fund von natürlichen radioaktiven Stoffen (Dosisleistung am Container 0,14 µSv/h) bei einem Müllverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung
23.04.2020	Fund eines radioaktiv kontaminierten Presscontainers (Tc-99m, Dosisleistung am Container 1,5 µSv/h) aus einer Klinik bei einem Müllverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung am Folgetag
29.04.2020	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 150 kBq) in einem privaten Haushalt	unterlassene Entsorgung	unbekannt	Entsorgung über die Landes-sammelstelle
18.05.2020	Fund einer Glasampulle mit Spuren von radioaktiven Stoffen (Co-60; Nb-94; Eu-152; U-235) bei der Auflösung einer Nuklearmedizinischen Abteilung	unterlassene Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
20.05.2020	Fund eines Steins mit natürlich radioaktiven Stoffen (Dosisleistung an der Oberfläche 0,2 µSv/h) in einem Privathaus	unterlassene Entsorgung	keine	Sicherstellung und sichere Aufbewahrung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
26.05.2020	Fund von ca. 40 Wolframzylindern mit natürlich radioaktivem Thorium (Th-232, 100 kBq) in Metallschrott	unzulässige Entsorgung	unbekannt	Sicherstellung und ordnungsgemäße Zwischenlagerung, Entsorgung durch Landessammelstelle
Juli 2020	Strahlenexposition einer Person bei Justierarbeiten an einem Strahlkollimator	sonstiges	Handdosis 768 mSv	besondere ärztliche Überwachung, Hochstufung als beruflich exponierte Person der Kategorie A
02.07.2020	Strahlenexposition einer Person bei der Erprobung von Röntgeneinrichtungen in einer Privatfirma	mangelnde Abschaltung der Röntgenanlage durch Deaktivierung der Türkontaktschalter auf Grund fehlerhafter Verkabelung	Ganzkörperdosis 183 mGy auf Basis einer nachträglich durchgeführten biologischen Dosimetrie	besondere ärztliche Überwachung, Versetzung der Person in einen anderen Aufgabenbereich ohne Zutritt zu Strahlenschutzbereichen
02.07.2020	Fund eines radioaktiven Drahtes (Am-241, 460 kBq) in einem Lagerraum	unterlassene Entsorgung	unbekannt	gesicherte Zwischenlagerung und Entsorgung über die Landessammelstelle
07.07.2020	Fund eines radioaktiven Prüfstrahlers (Cs-137, 370 kBq) bei der Auflösung eines Feuerwehr-Depots	unterlassene Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
07.07.2020	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 900 kBq) in Metallschrott bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	unbekannt	Entsorgung über die Landessammelstelle
17.07.2020	Fund eines Radium-Trinkbechers (Ra-226, 600 kBq) in einem Privathaus	unterlassene Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
27.07.2020	Verlust von 3 Ionisationsrauchmeldern (Am-241, je 29,6 kBq) in einem ehemaligen Parkhaus	Diebstahl radioaktiver Stoffe	unbekannt	polizeiliche Ermittlungen
27.07.2020	Fund eines radioaktiven Bauteils (Ra-226, 1,6 MBq) im Elektronikschrott bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landessammelstelle
28.07.2020	Exposition von Personen bei der Kalibrierung einer Röntgeneinrichtung zur Schichtdickenmessung	Durchführung von Arbeiten bei versehentlich nicht geschlossenem Shutter	Personendosis 0,3 µSv	Einbau eines Sicherheitschalters zur Veranlassung des sofortigen Schließens des Shutters nach Eintritt durch eine Zugangstür
03.08.2020	Fund eines radioaktiv kontaminierten Presscontainers (Tc-99m, Dosisleistung am Container 0,5 µSv/h) aus einer Klinik bei einem Müllverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	abklingen lassen, anschließend ordnungsgemäße Entsorgung

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
04.08.2020	Verlust von Schulstrahlenquellen (Ra-226, 115 kBq; Cs-137, 293 kBq; Th-232, 37 kBq; Am-241, 340 kBq; Sr-90, 31 kBq; Tl-204, 73 kBq) in einer Schule	unzulässige Entsorgung durch Abtransport bei Sanierungsarbeiten und anschließende Deponierung	keine	Sicherstellung der Strahlenquellen durch Rückverfolgung der betroffenen Deponie bisher erfolglos, weitere Untersuchungen
05.08.2020	Fund einer Radium-Trinkkur und weiterer radioaktiv kontaminierter Objekte (Ra-226, gesamt 3,4 MBq; Th-232, 360 kBq; U-238, 10 MBq) bei einem Metallschrottverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Lagerung
07.08.2020	Fund von 17 Ionisationsrauchmeldern (Am-241, je 5 kBq) in Elektro-schrott bei einem Wertstoffhof	unzulässige Entsorgung	keine	Abholung und ordnungsgemäße Entsorgung
13.08.2020	Fund eines Rohres mit Inkrustationen natürlich radioaktiver Stoffe (Ra-226) bei einem Schrotthandel	unzulässige Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung
20.08.2020	Ausfall der Lüftungsanlage bei einem Radionuklid-Labor zur Herstellung von Radiopharmaka	Ausfall eines defekten Steuermoduls durch Spannungsschwankungen im elektrischen Netz des Versorgungsunternehmens	zeitweilige Strömungsumkehr in Kontrollbereichen, aber keine erhöhte Strahlenexposition von Personen und keine Freisetzung radioaktiver Stoffe	Wiederherstellung der ordnungsmäßigen Funktion der Lüftung und Wartung der Gebäudeleittechnik durch Fachfirma
21.08.2020	Fund radioaktiv kontaminierter Inkontinenzmaterien (Lu-177, 20 MBq) im Hausmüll bei einer Deponie	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
24.08.2020	unbeabsichtigte Exposition von Mitarbeitern durch einen Beschleuniger bei einer Universität	Entstehung unerwarteter Bremsstrahlung in Nachbarräumen durch unbeabsichtigtes Auftreffen des Elektronenstrahls (20 MeV) auf ein Ventil	Personendosis insgesamt kleiner als 0,1 mSv	Einrichtung von temporären Kontrollbereichen, Aufbau eines neuen Online-Überwachungssystems für Gamma- und Beta-Strahlung
24.08.2020	Fund eines Weckers mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226) bei einer Firma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
09.09.2020	Ausfall des Ablüfters einer Lüftungsanlage bei einem Rohabfalllager	Motorschaden des Ablüfters durch Bruch eines Lagerkäfigs	keine	Aussetzen der Arbeiten in dem betroffenen Raum bis zur Reparatur der Lüftungsanlage

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
10.09.2020	Ausfall von Röntgeneinrichtungen sowie von technischen Einrichtungen im Bereich der Nuklearmedizin und der Strahlentherapie in einem Universitätsklinikum	Ausfall der Softwaresysteme durch Hacker-Angriff	keine	Schrittweise Wiederherstellung des vollständigen Betriebs, Überarbeitung der Ausfallkonzepte
23.09.2020	Fund von radioaktiv kontaminierten Windeln (Lu-177, 1,28 MBq) im Hausmüll bei einem Müllverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung, ordnungsgemäße Lagerung und Entsorgung
29.09.2020	Fund eines radioaktiven Stoffes (Ra-226; Dosisleistung am Container 3,2 µSv/h) im Hausmüll bei einer Müllverwertung	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
30.09.2020	Fund radioaktiv kontaminierter Stoffe (Lu-177; Dosisleistung am Container 1,1 µSv/h) im Hausmüll bei einem Müllverwerter	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
27.10.2020	Übergießen einer Kokille, die eine Strahlenquelle (Co-60, 333 MBq) enthält, mit flüssigem Stahl in einem Stahlwerk	unbekannt (Ursachenermittlung noch nicht abgeschlossen)	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Lagerung der Kokille mit der Strahlenquelle, weitere Ermittlungen
04.11.2020	Kontamination durch eine radioaktive Ausgangslösung (Lu-177, 75 GBq; Yb-169, 0,5 GBq; Yb-175, 40 GBq) in einem Radionuklid-Labor bei der Herstellung von Lutetium	Herausfallen einer Kapillare durch einen Konstruktionsfehler am Sammelbehälterdeckel	Personendosis 0,3 mSv, Handdosis 24 mSv	Behebung des Fehlers, Installation zusätzlicher Abschirmungen und sicherheitstechnischer Vorrichtungen, vorübergehende Sperrung des Raums durch Aufsichtsbehörde
10.11.2020	Fund eines Radiumemanators (Ra-226, Dosisleistung an der Oberfläche 100 µSv/h) in Metallschrott bei einem Recyclingbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
17.11.2020	Fund eines Probenglases mit radioaktivem Uranylinitrat (Uran-anreichert, 260 kBq) bei der Auflösung eines Lehrstuhls	unterlassene Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
20.11.2020	Fund von 9 radioaktiven Strahlern (Sr-90, insgesamt 1,74 MBq) bei der Demontage von Strahlenmesstechnik zur Entsorgung	unterlassene Entsorgung	keine	Inventarisierung der Quellen; Nachforschung über weitere, bisher nicht erkannte Prüfstrahler in der vorhandenen Messtechnik

Datum	Vorkommnis	Ursache	Folgen	Maßnahmen/ Bemerkungen
27.11.2020	Auftreten einer deutlich erhöhten Aktivitätskonzentration in Schlackematerial (Am-241, 690 kBq/g) bei einer Firma zur Metallaufbereitung	Aufkonzentration von radioaktiven Stoffen durch den Schmelzprozess in einer unerwarteten Höhe (Ursachenermittlung noch nicht abgeschlossen)	keine	Einführung verschiedener Maßnahmen zur Verhinderung der Kontaminationsverschleppung, Veranlassung von Inkorporationsmessungen beim Personal
30.11.2020	Fund eines Kurskreisels mit radioaktiver Leuchtfarbe (Ra-226, 50 kBq) bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung
07.12.2020	Fund radioaktiver Schweißelektroden (Th-232, Dosisleistung an der Oberfläche 6,5 µSv/h) im Metallschrott bei einem Schrottreyclingunternehmen	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung über die Landes-sammelstelle
07.12.2020	Fund von Sand mit natürlichen radioaktiven Stoffen (Ra-226; Dosisleistung an der Oberfläche 0,18 µSv/h) im Metallschrott bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	ordnungsgemäße Entsorgung
08.12.2020	Exposition der Fingerkuppe einer Mitarbeiterin mit radioaktiver Lösung (Lu-177, 1 MBq) nach einem Kanülenstich in einem Radionuklid-Labor	versehentliche Perforation der Schutzhandschuhe beim Aufnehmen einer am Boden liegenden Kanüle mit Luthetium-Lösung	Hautdosis max. 6,7 Sv, ggf. deterministische Schäden an der Einstichstelle	Reduktion der Aktivität auf 10 bis 20 kBq durch Entfernung eines Hautstücks an der Einstichstelle, regelmäßige ärztliche Überwachung, Beschäftigung der Mitarbeiterin außerhalb des Kontrollbereichs
15.12.2020	Fund eines Radium-Emanators (Ra-226, 100 kBq) in einem Privathaushalt	sonstiges	keine	Sicherstellung, sichere Aufbewahrung
16.12.2020	Fund einer Neutronen-Schulstrahlenquelle (Ra-226, 111 MBq) bei einem Abfallbetrieb	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung, Information der Polizeibehörde
16.12.2020	Fund einer Prüfstrahlenquelle (Ra-226, 295 kBq) im Metallschrott bei einer Recyclingfirma	unzulässige Entsorgung	keine	Sicherstellung und ordnungsgemäße Entsorgung

VI. Tabellen zur nichtionisierenden Strahlung
(Tables on non-ionising radiation)

Tabelle T VI.1 SAR-Werte für Mobiltelefone
(SAR values for mobile phones)

Erhebung Juni 2021						
betrachtete Modelle (Mobiltelefone, Smart- phones und Tablets)	SAR-Werte für den Anwendungsfall „Betrieb am Ohr“			SAR-Werte für den Anwendungsfall „Betrieb am Körper“		
	Anzahl	SAR-Wert W/kg	bis 0,5 W/kg (strahlungs- arm*)	Anzahl	SAR-Wert W/kg	bis 0,5 W/kg (Messabstand 0,5 cm)**
nur aktuell erhältliche	702	0,07 bis 1,82	39 % der Modelle	587	0,24 bis 1,9	1,8 % der Modelle
(aktuelle <u>und</u> nicht mehr in Produktion befindliche Auslaufmodelle)	3 448	0,05 bis 1,94	29,5 % der Modelle	1871	0,003 bis 1,99	1,9 % der Modelle
<p>* „strahlungsarm“ gemäß seit Juli 2017 geltendem Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens „Blauer Engel“ für den Anwendungsfall „Handy am Kopf“, SAR <0,5 W/kg</p> <p>** Abschätzung, wie viele Geräte das seit Juli 2017 geltende Strahlenschutzkriterium des Umweltzeichens für den Anwendungsfall „Handy körpernah betrieben“ einhalten</p>						



VII. Abkürzungen und Glossar
(List of abbreviations and glossary)

Tabelle T VII.1 Abkürzungen
(Abbreviations)

Abkürzung (Abbreviation)	Bedeutung (Meaning)
A	Ampere
ARTM	Atmosphärisches Radionuklid-Transport-Modell <i>Atmospheric Radionuclide Transport Model</i>
ÄS	Ärztliche und zahnärztliche Stellen <i>Positions prescribed for doctors and dentists</i>
AMG	Arzneimittelgesetz <i>Medical Preparations Act</i>
AtAV	Atomrechtliche Abfallverbringungsverordnung <i>Waste Shipment Regulation</i>
AtG	Atomgesetz <i>Atomic Energy Act</i>
AVR	Atomversuchsreaktor <i>Nuclear test reactor</i>
AVV	Allgemeine Verwaltungsvorschrift <i>General Administrative Provisions</i>
B	magnetische Flussdichte <i>Magnetic flux density</i>
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung <i>Federal Office of Economics and Export Control</i>
BDBOS	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben <i>Federal Agency for Digital Radio of Security Authorities and Organisations</i>
BEMFV	Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder <i>Regulation on verification procedure for limitation of electromagnetic fields</i>
BfArM	Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte <i>Federal Institute for Drugs and Medical Devices</i>
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde <i>Federal Institute of Hydrology</i>
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz <i>Federal Office for Radiation Protection</i>
BGBl	Bundesgesetzblatt <i>Federal Law Gazette</i>
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe <i>Federal Institute for Geosciences and Natural Resources</i>
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung <i>Federal Company for Radioactive Waste Disposal</i>
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung <i>Federal Immission Control Ordinance</i>
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung <i>Federal Ministry of Education and Research</i>
BMG	Bundesministerium für Gesundheit <i>Federal Ministry of Health</i>
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit <i>Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety</i>
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit <i>Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety</i>
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur <i>Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure</i>

Abkürzung (Abbreviation)	Bedeutung (Meaning)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie <i>Federal Ministry of Economic Affairs and Energy</i>
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben <i>Security authorities and organisations</i>
BNetzA	Bundesnetzagentur <i>Federal Network Agency</i>
Bq	Becquerel
Bq/m ³	Becquerel pro Kubikmeter <i>Becquerel per cubic meter</i>
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie <i>Federal Office for Maritime Shipping and Hydrography</i>
/d×p	pro Tag und Person <i>per day and person</i>
DMF	Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm <i>German Mobile Telecommunication Research Programme</i>
DNS	Desoxyribonukleinsäure (engl. DNA) <i>Deoxyribonucleic acid</i>
DRW	Diagnostische Referenzwerte <i>Diagnostic reference levels</i>
DWD	Deutscher Wetterdienst <i>German Meteorological Service</i>
DWR	Druckwasserreaktor <i>Pressurized Water Reactor</i>
E	elektrische Feldstärke <i>electric field strength</i>
EAS	elektronische Artikel-Sicherung <i>electronic article surveillance</i>
EBM	einheitlicher Bewertungsmaßstab <i>uniform standard of assessment</i>
EMF	elektromagnetische Felder <i>electromagnetic fields</i>
EU	Europäische Union <i>European Union</i>
EEG	Elektroenzephalogramm <i>Electroencephalogram</i>
E _{ery}	Erythemwirksame (sonnenbrandwirksame) Bestrahlungsstärke <i>erythematous irradiance</i>
Euratom	Europäische Atomgemeinschaft <i>European Atomic Energy Community</i>
EUREF	Europäische Referenzorganisation für qualitätsgesichertes Brustscreening und Diagnoseleistungen <i>European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services</i>
FFS	Fischereiforschungsschiff <i>Fisheries Research Vessel</i>
FM	Feuchtmasse <i>Wet weight</i>
GGF	Gleichgewichtsfaktor <i>equilibrium factor</i>
GKV	gesetzliche Krankenversicherung <i>legal medical insurance</i>
GoÄ	Gebührenordnung Ärzte <i>schedule of fees</i>
GSM	Globales Mobilfunksystem <i>Global System for Mobile Communications</i>
FZ	Forschungszentrum

Abkürzung (Abbreviation)	Bedeutung (Meaning)
	<i>Research Centre</i>
G α	Gesamt-Alpha-Aktivität <i>Total Alpha Activity</i>
G β	Gesamt-Beta-Aktivität <i>Total Beta Activity</i>
H	magnetische Feldstärke <i>magnetic field strength</i>
hED	Halbstunden-Erythemgewichtete UV-Dosiswerte <i>Halfhour-erythema-weighted UV dose values</i>
HF	hochfrequente elektromagnetische Strahlung <i>high frequently electromagnetic radiation</i>
HTR	Hochtemperaturreaktor <i>High Temperature Reactor</i>
HWZ	Halbwertszeit <i>Half-life</i>
Hz	Hertz
IAEA	Internationale Atomenergie-Organisation <i>International Atomic Energy Agency IAEA</i>
IARC	Internationale Agentur für Krebsforschung <i>International Agency for Research on Cancer</i>
ICNIRP	Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung <i>International Commission on Non-Ionising Radiation Protection</i>
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission <i>International Commission on Radiological Protection</i>
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem <i>Integrated Measuring and Information System</i>
IR	Infrarot-Strahlung Wellenlänge 780 nm - 1 mm <i>Infrared Radiation wave length 780 nm - 1 mm</i>
JAZ	Jahresaktivitätszufuhr <i>Annual Intake of Activity</i>
FZ	Kernforschungsanlage <i>Nuclear Research Facility</i>
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung <i>National Association of Statutory Health Insurance Physicians</i>
KEMF	Kompetenzzentrum Elektromagnetische Felder <i>Competence Center Electromagnetic Fields</i>
KFZ	Kernforschungszentrum <i>Nuclear Research Centre</i>
KKW	Kernkraftwerk <i>Nuclear Power Plant</i>
KNK	Kompakte natriumgekühlte Kernreaktoranlage <i>Compact Sodium cooled nuclear plant</i>
KTA	Kerntechnischer Ausschuss <i>Nuclear Safety Standards Commission</i>
KVB	Kassenärztliche Bundesvereinigung <i>German Association of Statutory Health Insurance Physicians</i>
LET	Linearer Energietransfer <i>Linear energy transfer</i>
LTE	Long Term Evolution
m ³	Kubikmeter <i>Cubic metre</i>
MED	minimale erythemtogene Dosis für Hautrötung <i>minimal dose for erythema induction</i>
MRI	Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel <i>Federal Research Institute of Nutrition and Food</i>
MRT	Magnetresonanztomographie

Abkürzung (Abbreviation)	Bedeutung (Meaning)
	<i>Magnetic Resonance Tomography</i>
MSP	Mammographie-Screening-Programm <i>Mammography Screening Programme</i>
mSv	Millisievert
MZFR	Mehrzweckforschungsreaktor <i>Multipurpose research reactor</i>
NF	niederfrequente elektrische und magnetische Strahlung <i>low frequently electromagnetic radiation</i>
NIR	nichtionisierende Strahlung <i>non-ionising radiation</i>
NGO	<i>non-governmental organisation</i>
NiSG	Gesetz zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen <i>Act on Protection against Non-Ionising Radiation When Applying to Humans</i>
NISV	Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen <i>Ordinance on Protection against the Harmful Effects of Non-Ionising Radiation When Applying to Humans</i>
NWG	Nachweisgrenze, siehe auch Grundlagenbericht II- 2 Nachweisgrenzen bei radiometrischen Verfahren <i>Detection limit</i>
nSv	Nanosievert <i>Nanosievert</i>
ODL	Ortsdosisleistung <i>Ambient Dose Rate</i>
PAS	<i>Public Available Specification</i>
PET	Positronen-Emissions-Tomographie <i>Positron Emission Tomography</i>
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt <i>National Metrology Institute</i>
PTCA	Perkutane transluminale koronare Angioplastie <i>Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty</i>
PKV	Verband der Privaten Krankenversicherung <i>Private Health Insurances</i>
R β	Rest-Beta-Aktivität <i>Residual beta activity</i>
REI	Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen <i>Guideline Relating to Emission and Immission Monitoring of Nuclear Facilities</i>
RMP	Routinemessprogramm <i>Routine Measuring Program</i>
RöV	Röntgenverordnung <i>X-ray Ordinance</i>
RTS	Runder Tisch Solarien <i>Roundtable solaria</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
S	Leistungsflussdichte <i>Power flux density</i>
SAR	Spezifische Absorptionsrate <i>Specific absorption rate</i>
SCO	oberflächenkontaminierte Objekte <i>surface contaminated objects</i>
SNR	Schneller natriumgekühlter Reaktor <i>Sodium-cooled reactor</i>
SPECT	Single-Photon-Emissionscomputertomographie <i>Single Photon Emission Computed Tomography</i>
SSK	Strahlenschutzkommission

Abkürzung (Abbreviation)	Bedeutung (Meaning)
	<i>German Commission on Radiological Protection</i>
SSR	Strahlenschutzregister <i>radiation protection register</i>
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz <i>Radiation Protection Act</i>
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung <i>Radiation Protection Ordinance</i>
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz <i>Precautionary Radiation Protection Act</i>
SWR	Siedewasserreaktor <i>Boiling Water Reactor</i>
Sv	Sievert <i>Sievert</i>
T	Tesla
TETRA-BOS	<i>Terrestrial Trunked Radio - Digitaler BOS-Funk</i>
TBL	Transportbehälterlager <i>Transport Container Repository</i>
TM	Trockenmasse <i>Dry weight</i>
UBA	Umweltbundesamt <i>Federal Environment Agency</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
UNSCEAR	Wissenschaftliches Komitee der Vereinten Nationen über die Wirkung von atomarer Strahlung <i>United Nation's Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
UV	Ultraviolette Strahlung Wellenlänge 100 - 400 nm <i>Ultraviolet Radiation wavelength 100 - 400 nm</i>
UVSV	UV-Schutzverordnung <i>UV protective ordinance</i>
V	Volt
VO	Verordnung <i>Ordinance</i>
VOAS	Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz <i>Ordinance on the Guarantee of Nuclear Safety and Radiation Protection</i>
vTI	Johann Heinrich von Thünen-Institut <i>Johann Heinrich von Thünen Institute</i>
W	Watt
WAA	Wiederaufarbeitungsanlage <i>Reprocessing Plant</i>
WBA	Wasserbehandlungsanlage <i>Water Treatment Plant</i>
WHO	Weltgesundheitsorganisation <i>World Health Organization</i>
WWER	Leichtwasser- Druckwasserreaktor sowjetischer Bauart <i>Russian Type Light Water Pressurized Water Reactor</i>
Z ₀	Feldwellenwiderstand des leeren Raums <i>Field characteristic impedance</i>
ZdB	Zentralstelle des Bundes <i>Central Federal Agency for the Surveillance of radioactivity</i>

Tabelle T VII.2 Glossar
(Glossary, German only)

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 μ Sv = Mikrosievert ist der millionste Teil des Sievert. 1 mSv = Millisievert ist der tausendste Teil des Sievert.
Ärztliche und zahn-ärztliche 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
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

Begriff	Bedeutung
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).
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.

Begriff	Bedeutung
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
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

Begriff	Bedeutung
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
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

Begriff	Bedeutung
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.)
Risikowahrnehmung	Prozess der subjektiven Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen auf Grund persönlicher Erfahrungen, aufgenommenen 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)

Begriff	Bedeutung
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, UV-Index	Maß für sonnenbrandwirksame solare Strahlung 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 Größen, Einheiten und ausgewählte Radionuklide (Physical units)

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
(Physical units - basic units)

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
(Physical units - SI units applied in radiology)

Physikalische Größe	SI-Einheit	alte Einheit	Beziehung
Aktivität	Becquerel (Bq) 1 Bq = 1/s	Curie (Ci)	1 Ci = 3,7 · 10 ¹⁰ Bq * 1 Bq = 2,7 · 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 · 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 · 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
(Prefixes)

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
(Physical quantities in non-ionising radiation)

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder			
Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit	Bemerkungen
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 $376,7 \Omega$ (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
(List of selected radionuclides)

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
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	$I\gamma$
44	Ruthenium	Ru-103	39,4 d	β^-, γ
		Ru-106	374 d	β^-
46	Palladium	Pd-103	16,96 d	$\epsilon,$
47	Silber	Ag-108m	418 a	ϵ, γ
		Ag-110m	250 d	$\beta^-, \gamma, I\gamma$
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



Ordnungszahl Z	Element	Radionuklid	Halbwertszeit	Strahlungsart
		Sb-125	2,77 a	β^- , γ
52	Tellur	Te-123m	120 d	$I\gamma$
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	$I\gamma$
		Xe-133	5,25 d	β^- , γ
		Xe-133m	2,19 d	$I\gamma$
54	Xenon	Xe-135	9,1 h	β^- , γ
		Xe-135m	15,3 m	$I\gamma$, 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
		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

Ordnungszahl Z	Element	Radionuklid	Halbwertszeit	Strahlungsart
		U-234	2,46 x 10 ⁵ a	α
		U-235	7,04 x 10 ⁸ a	α, γ
		U-238	4,47 x 10 ⁹ a	α
93	Neptunium	Np-239	2,36 d	β ⁻ , γ
94	Plutonium	Pu-238	87,7 a	α
		Pu-239 *)	2,41 x 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
			μs = Mikrosekunden s = Sekunden m = Minuten h = Stunden d = Tage a = Jahre	ε = Elektroneneinfang γ = Gammastrahlung Iγ = Isomerenzerfall β ⁺ = Positronen β ⁻ = Elektronen 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 Alphapektrometern 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 (TABLES ON NATURAL ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY)

Tabelle T I.1	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre im Zeitraum 1998 bis 2020 (Messwerte der Wismut GmbH) (Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air during the period from 1998 to 2020 – Values measured by the Wismut GmbH)	118
Tabelle T I.2	Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft in die Atmosphäre 2019 und 2020 (Messwerte der Wismut GmbH) (Discharge of radioactive substances into the atmosphere with exhaust air in 2019 and 2020 - Values measured by the Wismut GmbH)	118
Tabelle T I.3	Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer im Zeitraum 1998 bis 2020 (Messwerte der Wismut GmbH) (Liquid discharge of radioactive substances into surface waters during the period from 1998 to 2020 – Values measured by the Wismut GmbH)	119
Tabelle T I.4	Flüssige Ableitung radioaktiver Stoffe in die Oberflächengewässer 2019 und 2020 (Messwerte der Wismut GmbH) (Liquid discharge of radioactive substances into surface waters for the years 2019 and 2020 - Values measured by the Wismut GmbH)	120
Tabelle T I.5	Errechnung der Genehmigungswerte für flüssige Ableitungen (Calculation of authorised limits for liquid discharges)	120
Tabelle T I.6	Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich beeinflussten Messstellen (Winter 2019/2020 und Sommer 2020; Messwerte der Wismut GmbH) (Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations influenced by mining activities - winter 2019/2020 and summer 2020 - Values measured by the Wismut GmbH)	121
Tabelle T I.7	Rn-222-Konzentration in der bodennahen Atmosphäre an bergbaulich nicht beeinflussten Messstellen (Mittelwerte 1991 – 2020 und Schwankungsbreite der Mittelwerte der einzelnen Jahre; Messwerte der Wismut GmbH) (Radon-222 concentrations in the atmosphere close to ground level at sampling locations not influenced by mining activities - mean values 1991 - 2020 and range of variation of the mean values for the individual years - Values measured by the Wismut GmbH)	121
Tabelle T I.8	Medianwerte der jährlichen Uran- und Radiumkonzentrationen in den Vorflutern sächsischer und thüringischer Bergbauggebiete 2019 und 2020 (Messwerte der Wismut GmbH) (Median values for annual uranium and radium concentrations in the receiving streams of mining areas in Saxony and Thuringia in the years 2019 and 2020 - Values measured by the Wismut GmbH)	122
Tabelle T I.9	Ergebnisse der Radionuklidbestimmungen in Baustoffgruppen (Results of radionuclide assessments by building material categories)	123

II. TABELLEN ZUR KÜNSTLICHEN UMWELTRADIOAKTIVITÄT (TABLES ON ARTIFICIAL RADIOACTIVITY IN THE ENVIRONMENT)

Tabelle T II.1	Kernkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland (Nuclear power plants in the Federal Republic of Germany)	124
Tabelle T II.2	Forschungsreaktoren (ausgenommen Nulleistungsreaktoren) in Deutschland (Research reactors - not including reactors with zero output - in Germany)	125
Tabelle T II.3	Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Deutschland (Interim storage facilities of spent nuclear fuels in Germany)	126
Tabelle T II.4	Schachanlage Asse II und Endlager Morsleben für radioaktive Abfälle in Deutschland (Asse II mine and the Morsleben radioactive waste repository in Germany)	127
Tabelle T II.5	Grenznahe kerntechnische Anlagen im benachbarten Ausland (Nuclear facilities in neighbouring countries located close to the German border)	127

Tabelle T II.6	Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (Discharges of radioactive substances with exhaust air from nuclear power plants in the year 2020)	128
Tabelle T II.7	Aktivitätsableitung radioaktiver Edelgase mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (Discharges of radioactive noble gases with exhaust air from nuclear power plants in the year 2020)	129
Tabelle T II.8	Aktivitätsableitung von an Schwebstoffen gebundenen Radionukliden mit der Fortluft aus Kernkraftwerken im Jahr 2020 (I-131: Tabelle T II.6) (Discharges of radioactive particulates with exhaust air from nuclear power plants in the year 2020 - I-131: Table T II.6)	130
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 2010 bis 2020 (Discharges of radioactive noble gases, of I-131 and radioactive particulates (excluding I-131, including strontium and alpha sources) with exhaust air from nuclear power plants in the years from 2010 to 2020)	133
Tabelle T II.10	Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Forschungszentren und Forschungsreaktoren von Universitäten im Jahr 2020 (Discharges of radioactive substances with exhaust air from research centres and research reactors from universities in the year 2020)	134
Tabelle T II.11	Aktivitätsableitung alphastrahlender radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben (Discharges of alpha emitting radioactive substances with exhaust air from processing facilities for nuclear fuels)	134
Tabelle T II.12	Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft aus der Schachanlage Asse II und dem Endlager Morsleben (Discharges of radioactive substances with exhaust air from the Asse mine II and the radioactive waste repository Morsleben)	135
Tabelle T II.13	Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken in Deutschland im Jahr 2020 (Summenwerte, H-3 und Alphastrahler) (Discharges of radioactive substances with waste water from nuclear power plants in Germany in the year 2020 - summation values, H-3 and alpha sources)	136
Tabelle T II.14	Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Forschungszentren (Discharges of radioactive substances with waste water from research centres)	137
Tabelle T II.15	Ableitungen radioaktiver Stoffe (Alpha-Aktivität) mit dem Abwasser aus Kernbrennstoff verarbeitenden Betrieben (Discharges of radioactive substances - alpha activity - with waste water from nuclear fuel production plants)	137
Tabelle T II.16	Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben (Discharges of radioactive substances with waste water from the radioactive waste repository Morsleben)	137
Tabelle T II.17	Exposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft (Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)	138
Tabelle T II.18	Strahlenexposition in der Umgebung von Kernkraftwerken durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser (Radiation exposures in the surroundings of nuclear power plants due to the discharge of radioactive substances with waste water)	139
Tabelle T II.19	Exposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Aktivitätsableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft (Radiation exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with exhaust air)	140

Tabelle T II.20	Exposition in der Umgebung von Forschungszentren durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser* (<i>Exposures in the surroundings of research centres due to the discharge of radioactive substances with waste water</i>)	140
Tabelle T II.21	Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser (<i>Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water</i>)	141
Tabelle T II.22	Exposition in der Umgebung der Kernbrennstoff verarbeitenden Betriebe durch die Direktstrahlung* (<i>Radiation exposures in the surroundings of processing facilities for nuclear fuels due to direct radiation</i>)	141
Tabelle T II.23	Exposition in der Umgebung des Endlagers Morsleben und der Schachanlage Asse II durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft und dem Abwasser (<i>Radiation exposure in the surroundings of the final repositories due to the discharge of radioactive substances with exhaust air and waste water</i>)	141
Tabelle T II.24	Strahlenexposition durch Direktstrahlung* aus zentralen Zwischenlagern (<i>Radiation exposure due to direct radiation from interim storage facilities</i>)	142
Tabelle T II.25	Einzelnuclid-Aktivitätskonzentrationen in der bodennahen Luft (<i>Activity concentrations of individual nuclides in ground-level air</i>)	142
Tabelle T II.26	Deposition von Einzelnucliden mit dem Niederschlag (<i>Deposition of individual nuclides with precipitation</i>)	144
Tabelle T II.27	Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen des gasförmigen I-131 (<i>Annual mean values for activity concentrations of gaseous I-131</i>)	146
Tabelle T II.28	Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen von Co-60 (<i>Annual mean values for activity concentrations of Co-60</i>)	147
Tabelle T II.29	Umgebungsstrahlung bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren (<i>Ambient radiation from nuclear power plants and research reactors</i>)	148
Tabelle T II.30	Deposition mit dem Niederschlag bezogen auf Co-60 (<i>Deposition of radioactivity related to Co-60</i>)	149
Tabelle T II.31	Übersicht über die für 2020 insgesamt ausgewerteten Messwerte von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentmessungen nach StrlSchG und REI mit den jeweiligen maximalen gemessenen Werten und den zugehörigen Gewässern und Bezugszeiten (<i>Overview of all measuring results for surface water, suspended matter, and sediment evaluated in 2020, in accordance with the StrlSchG and REI, along with the respective maximal measured values and the corresponding water sources and reference times</i>)	150
Tabelle T II.32	Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Fließgewässern nach StrlSchG (<i>Monitoring of surface water, suspended matter, and sediment from rivers in accordance with the StrlSchG</i>)	151
Tabelle T II.33	Überwachung von Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Seen und Talsperren nach StrlSchG (<i>Monitoring of surface water, suspended matter, and sediment from lakes and dams in accordance with the StrlSchG</i>)	155
Tabelle T II.34	Überwachung der Gewässer in der Umgebung kerntechnischer Anlagen gemäß der REI (<i>Monitoring of water bodies in the surroundings of nuclear facilities in accordance with the REI</i>)	158
Tabelle T II.35	Radioaktive Kontamination von Weideböden (<i>Radioactive contamination of pasture soil</i>)	165
Tabelle T II.36	Radioaktive Kontamination von Ackerböden (<i>Radioactive contamination of arable soil</i>)	166
Tabelle T II.37	Radioaktive Kontamination von Waldböden (<i>Radioactive contamination of forest soil</i>)	168

Tabelle T II.38	Radioaktive Kontamination von Weide- und Wiesenbewuchs (<i>Radioactive contamination of pasture and meadow vegetation</i>)	168
Tabelle T II.39	Radioaktive Kontamination einiger Futtermittel (Produkte aus dem Inland) (<i>Radioactive contamination of some feedstuffs - inland production</i>)	170
Tabelle T II.40	Radioaktive Kontamination von Futtermittelimporten (<i>Radioactive contamination of imported feedstuffs</i>)	171
Tabelle T II.41	Radioaktive Kontamination von Pflanzen (Indikatoren) (<i>Radioactive contamination of plants - indicators</i>)	172
Tabelle T II.42	Radioaktivität des Bodens in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen (<i>Specific activity of the soil in the vicinity of nuclear facilities</i>)	172
Tabelle T II.43	Spezifische Aktivität des Bewuchses in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen (<i>Specific activity of vegetation in the vicinity of nuclear facilities</i>)	175
Tabelle T II.44	Allgemeine Überwachung von Grundwasser und Trinkwasser in Deutschland (<i>General monitoring of groundwater and drinking water in Germany</i>)	178
Tabelle T II.45	Umgebungsüberwachung von Anlagen nach Atomgesetz in Deutschland (Grundwasser und Trinkwasser) (<i>Surveillance of the surroundings of facilities - according to the Atomic Energy Act groundwater and drinking water</i>)	179
Tabelle T II.46	Radioaktive Kontamination der Rohmilch (<i>Radioactive contamination of the raw milk</i>)	180
Tabelle T II.47	Bereiche der radioaktiven Kontamination von Milch und Milchprodukten im Jahr 2020 (<i>Range of radioactive contamination of milk and milk products in the year 2020</i>)	181
Tabelle T II.48	Radioaktive Kontamination der Milch in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen (<i>Radioactive contamination of milk in the vicinity of nuclear power plants</i>)	181
Tabelle T II.49	Spezifische Cs-137-Aktivität in Süßwasserfischen (<i>Specific Cs-137 activity in freshwater fish</i>)	184
Tabelle T II.50	Cs-137-Aktivität in Forellen und Karpfen (<i>Cs-137 activity in trout and carp</i>)	184
Tabelle T II.51	Spezifische Cs-137-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren aus der Nord- und Ostsee (<i>Specific Cs-137 activity in fish, crustaceans and molluscs from the North Sea and the Baltic Sea</i>) 185	185
Tabelle T II.52	Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fischereierzeugnissen (<i>Specific Cs-137 activity in samples of imported fish, crustaceans, molluscs and fishery products</i>) 185	185
Tabelle T II.53	Spezifische Cs-137-Aktivität in Importproben von Fisch, Krusten- u. Schalentieren sowie Fische- reierzeugnissen aus dem Pazifik (<i>Specific Cs-137 activity in samples of imported fish, crustaceans, molluscs and fishery products from the Pacific Ocean</i>)	185
Tabelle T II.54	Spezifische Sr-90-Aktivität in Fischen, Krusten- und Schalentieren (<i>Specific Sr-90 activity in fish, crustaceans and molluscs</i>)	186
Tabelle T II.55	Spezifische Radionuklid-Aktivitäten von Fischen aus verschiedenen Meeresgebieten inkl. Nachtrag zu früheren Jahren (<i>Specific radionuclide activities in fish from different marine areas incl. supplement to earlier years</i>)	186
Tabelle T II.56	Aktivität von Fischen und Wasserpflanzen im Rahmen der Umgebungsüberwachung der Anlagen nach Atomgesetz (<i>Activity in fish and aquatic plants - within the framework of ambient surveillance for facilities according to the Atomic Energy Act</i>)	187
Tabelle T II.57	Weizen, Inland (<i>Wheat, domestic production</i>)	188

Tabelle T II.58	Weizen, Einfuhr (<i>Wheat, import</i>)	189
Tabelle T II.59	Sonstige Getreide, Inland und Einfuhr (<i>Other cereals, domestic production and import</i>)	190
Tabelle T II.60	Kalbfleisch, Inland (<i>Veal, domestic production</i>)	190
Tabelle T II.61	Rindfleisch, Inland (<i>Beef, domestic production</i>)	191
Tabelle T II.62	Schweinefleisch, Inland (<i>Pork, domestic production</i>)	192
Tabelle T II.63	Sonstiges Fleisch, Inland und Einfuhr (<i>Other meat, domestic production and import</i>)	193
Tabelle T II.64	Wild, Inland und Einfuhr (<i>Game, domestic production and import</i>)	194
Tabelle T II.65	Kartoffeln, Inland (<i>Potatoes, domestic production</i>)	194
Tabelle T II.66	Gemüse (frisch), Inland und Einfuhr (<i>Fresh vegetables, domestic production and import</i>)	195
Tabelle T II.67	Speisepilze, Inland und Einfuhr (<i>Mushrooms, domestic production and import</i>)	195
Tabelle T II.68	Obst und Rhabarber, Inland und Einfuhr (<i>Fruit and rhubarb, domestic production and import</i>)	196
Tabelle T II.69	Sonstige Lebensmittel, Inland und Einfuhr (<i>Other foodstuffs, domestic production and import</i>)	197
Tabelle T II.70	Arithmetische Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Sr-90 und Cs-137 in ausgewählten Lebensmitteln, Inland (<i>Arithmetic annual mean values of the specific activities of Sr-90 and Cs-137 in selected foodstuffs - domestic production</i>)	197
Tabelle T II.71	Aktivitätszufuhr von Cs-137 und Sr-90 mit der Gesamtnahrung (<i>Intake of Cs-137 and Sr-90 activity with the whole diet</i>)	199
Tabelle T II.72	Säuglings- und Kleinkindernahrung (<i>Baby and infant food</i>)	200
Tabelle T II.73	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Gemüse (<i>Radioactivity of food of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: vegetables</i>) . . .	201
Tabelle T II.74	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Getreide (<i>Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: cereals</i>) . .	203
Tabelle T II.75	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Obst (<i>Radioactivity of foodstuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: fruit</i>) . . .	205
Tabelle T II.76	Radioaktivität der pflanzlichen Lebensmittel in der näheren Umgebung kerntechnischer Anlagen: Kartoffeln (<i>Radioactivity of food stuffs of vegetable origin in the vicinity of nuclear facilities: potatoes</i>)	207
Tabelle T II.77	Spezifische Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in ausgewählten Arz- neimittelpflanzen für das Jahr 2020 (<i>Specific activities of Cs-137 and K-40 in selected medicine plants for the year 2020</i>) . . .	208
Tabelle T II.78	Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Bitterkleeblättern für die Jahre 2005 bis 2020 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes (<i>Annual mean values for specific activities of Cs-137 and K-40 in bogbean leaves for the years 2005-2020 and indication of their country of origin</i>)	209

Tabelle T II.79	Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Islandmoos für die Jahre 2000 bis 2020 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes (<i>Annual mean values for specific activities of Cs-137 and K-40 in iceland moss for the years 2000 - 2020 and indication of their country of origin</i>)	209
Tabelle T II.80	Jahresmittelwerte der spezifischen Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Trockenmasse - in Gänsefingerkraut für die Jahre 2000 bis 2020 mit Angabe des jeweiligen Herkunftslandes (<i>Annual mean values for specific activities of Cs-137 and K-40 in silverweed herb for the years 2000 - 2020 and indication of their country of origin</i>)	210
Tabelle T II.81	Spezifische Aktivitäten von Cs-137 und K-40 - bezogen auf Frischmasse - in ausgewählten Sonderproben für das Jahr 2020 (<i>Specific activities of Cs-137 and K-40 in selected special samples for the year 2020</i>)	210
Tabelle T II.82	Allgemeine Überwachung von Abwasser und Klärschlamm im Jahr 2020 - Minimal-, Maximal- und Mittelwerte (<i>General surveillance of waste water and sewage sludge in the year 2020 - minimum, maximum, and mean values</i>)	211
Tabelle T II.83	Überwachung von Abfällen (<i>Monitoring of wastes</i>)	216
III. TABELLEN ZUR BERUFLICHEN STRAHLENEXPOSITION (<i>TABLES ON OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE</i>)		
IV. TABELLEN ZUR MEDIZINISCHEN STRAHLENEXPOSITION (<i>TABLES ON RADIATION EXPOSURE FROM MEDICAL APPLICATIONS</i>)		
Tabelle T IV.1	Typische Werte für die effektive Dosis häufiger Röntgenmaßnahmen (<i>Ranges of effective doses for frequently applied x-ray diagnostic procedures</i>)	219
Tabelle T IV.2	Anzahl der im Jahr 2016 durchgeführten Strahlentherapien (<i>Number of radiation therapies performed in 2016</i>)	219
Tabelle T IV.3	Anzahl der im Jahr 2016 durchgeführten Strahlentherapien (differenziert) (<i>Number of radiation therapies performed in 2016 - differentiated</i>)	220
Tabelle T IV.4	Anzahl der in 2016 durchgeführten Strahlentherapien nach demographischen Merkmalen (<i>Number of radiation therapies performed in 2016 by demographic characteristics</i>)	221
Tabelle T IV.5	Verteilung der bedeutsamen Vorkommnisse mit Abschlussmeldung (<i>Distribution of significant incidents with final report</i>)	221
V. TABELLEN ZUM UMGANG MIT RADIOAKTIVEN STOFFEN UND IONISIERENDER STRAHLUNG (<i>TABLES ON THE HANDLING OF RADIOACTIVE MATERIALS AND SOURCES OF IONISING RADIATION</i>)		
Tabelle T V.1	Einfuhr radioaktiver Stoffe nach Deutschland - ohne radioaktive Abfälle (<i>Import of radioactive materials to Germany - without radioactive waste</i>)	222
Tabelle T V.2	Ausfuhr radioaktiver Stoffe aus Deutschland - ohne radioaktive Abfälle (<i>Export of radioactive materials from Germany - without radioactive waste</i>)	222
Tabelle T V.3	Einfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2020 (<i>Import of open and sealed radionuclides (without HRQ) in the year 2020</i>)	223
Tabelle T V.4	Einfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2020 (<i>Import of sealed sources HRQ in the year 2020</i>)	226
Tabelle T V.5	Einfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen, kontaminierten Werkzeugen und sonstigen radioaktiven Gemischen im Jahr 2020 (<i>Import of irradiation samples and activated plant components, contaminated tools and other radioactive mixtures in the year 2020</i>)	226
Tabelle T V.6	Einfuhr von unbestrahlten Kernbrennstoffen und Ausgangsstoffen in kg im Jahr 2020 (<i>Import of non-irradiated nuclear fuels and raw materials in kg in the year 2020</i>)	227
Tabelle T V.7	Ausfuhr offener und umschlossener Radionuklide (ohne HRQ) im Jahr 2020 (<i>Export of sealed and unsealed radionuclides (without HRQ) in the year 2020</i>)	228

Tabelle T V.8	Ausfuhr umschlossener Strahlenquellen HRQ im Jahr 2020 (<i>Export of sealed radiation sources HRQ in the year 2020</i>)	230
Tabelle T V.9	Ausfuhr von Bestrahlungsproben und aktivierten Anlagenteilen, kontaminierten Werkzeugen und sonstigen radioaktiven Gemischen im Jahr 2020 (<i>Export of irradiation samples and activated plant components, contaminated tools and other radioactive mixtures in the year 2020</i>)	231
Tabelle T V.10	Ausfuhr unbestrahlter Kernbrennstoffe und Ausgangsstoffe in kg im Jahr 2020 (<i>Export of non-irradiated nuclear fuels and raw materials in kg in the year 2020</i>)	232
Tabelle T V.11	Gesamtzahlen der Anmeldungen und Genehmigungen im Jahr 2020 (<i>Total number of applications and permits in the year 2020</i>)	232
Tabelle T V.12	Übersicht über die Anzahl der durchgeführten Kernbrennstofftransporte (Unterscheidung der Beförderungen nach Verkehrsträgern und Verkehrsart) (<i>Overview of the number of reported shipments of nuclear fuels – for various modes and types of transport</i>)	233
Tabelle T V.13	Zahl der jährlich beförderten Wagenladungen / Transporte mit radioaktiven Stoffen (<i>Number of yearly transported truck loads / transports containing radioactive materials</i>)	234
Tabelle T V.14	Anzahl der Beförderungen radioaktiver Stoffe (Bahn) in Abhängigkeit von der rechtlichen Grundlage (<i>Number of transports of radioactive materials (railway) in respect of their legal basis</i>)	234
Tabelle T V.15	Wagenladungssendungen (<i>Truck-loads</i>)	235
Tabelle T V.16	Beförderte Gesamtaktivität (<i>Total activity transported</i>)	235
Tabelle T V.17	Anteil der überprüften Beförderungen, bezogen auf Transportarten, sowie festgestellte Mängel (<i>Contingent of reviewed transports based on types of transport and detected defects</i>)	236
Tabelle T V.18	Festgestellte Verstöße gegen Gefahrgutvorschriften (<i>Detected contempt against dangerous goods regulations</i>)	236
Tabelle T V.19	Übersicht über die Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG zum Umgang mit radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2020) (<i>Survey of the number of licences according to § 12 paragraph 1, point 1 StrlSchG relating to the handling of radioactive substances - as at December 31, 2020</i>)	236
Tabelle T V.20	Zahl der Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG zum Umgang mit ausschließlich umschlossenen radioaktiven Stoffen (Stand: 31.12.2020) (<i>Survey of the number of licences according to § 12 paragraph 1, point 3 StrlSchG relating to the handling of sealed radioactive sources only - as at December 31, 2020</i>)	237
Tabelle T V.21	Übersicht über die Zahl der Anlagen mit Genehmigungen* nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 und § 10 StrlSchG (Stand: 31.12.2020) (<i>Survey of the number of licencees according to § 12 paragraph 1, point 1 StrlSchG - as at December 31, 2020</i>)	238
Tabelle T V.22	Übersicht über gültige Genehmigungen (<i>Survey of current licences</i>)	239
Tabelle T V.23	Übersicht über die Zahl der im Jahr 2020 erstatten Anzeigen (<i>Survey of the number of notifications in the year 2020</i>)	240
Tabelle T V.24	Ergebnisse der Dichtheitsprüfungen an umschlossenen radioaktiven Stoffen nach § 89 StrlSchV im Jahr 2020 (<i>Survey on the results of leakage tests of sealed radioactive sources according to § 66 StrlSchV - year 2020</i>)	241
Tabelle T V.25	Im Jahr 2020 erstattete Anmeldungen nach § 145 Absatz 2 StrlSchG und nach § 159 Absatz 2 StrlSchG (<i>Notifications submitted under § 145 (2) and § 159 (2) StrlSchG - year 2020</i>)	242

Tabelle T V.26	Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Humanmedizin im Jahr 2020 (<i>Survey on the granted and registered X-Ray installations (RöE) in medicine in 2020</i>)	243
Tabelle T V.27	Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen (RöE) in der Zahnmedizin und Tiermedizin im Jahr 2020 (<i>Survey on the granted and registered X-Ray installations (RöE) in dentistry and veterinary medicine in 2020</i>)	244
Tabelle T V.28	Übersicht über genehmigte und angezeigte Röntgeneinrichtungen sowie genehmigte Störstrahler in Technik/Nichtmedizin im Jahr 2020 (<i>Survey on the granted and registred X-Ray installations and granted interfering radiation sources in technological/non-medical areas in 2020</i>)	245
Tabelle T V.29	Übersicht über die Entwicklung der Daten im HRQ-Register seit dem Jahr 2006 (<i>Survey on the development of data in the HASS-register since the year 2006</i>)	246
Tabelle T V.30	Übersicht über die Mengen (Massen und Volumina) vernachlässigbar Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle am 31. Dezember 2020 (<i>Survey of quantities (masses and volumes) of intermediately stored radioactive wastes on 31 December 2020</i>)	246
Tabelle T V.31	Übersicht über den Bestand radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung nach Verursachergruppen am 31. Dezember 2020 (<i>Survey on the stock of radioactive wastes with negligible heat generation according to groups of waste producers on 31 December 2020</i>)	246
Tabelle T V.32	Übersicht über den Bestand an Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen - ohne bestrahlte BE - nach Verursachergruppen am 31. Dezember 2020 (<i>Survey on the stock of radioactive heat generating wastes - without irradiated BE - according to groups of waste producers on 31 December 2020</i>)	247
Tabelle T V.33	Bedeutame 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 (<i>Radiological incidents in handling radioactive substances, in the operation of facilities for the generation of ionising radiation (i. e. accelerators) and X-ray devices and during transport of radioactive material</i>)	248
VI. TABELLEN ZUR NICHTIONISIERENDEN STRAHLUNG (<i>TABLES ON NON-IONISING RADIATION</i>)		
Tabelle T VI.1	SAR-Werte für Mobiltelefone (<i>SAR values for mobile phones</i>)	255
VII. ABKÜRZUNGEN UND GLOSSAR (<i>LIST OF ABBREVIATIONS AND GLOSSARY</i>)		
Tabelle T VII.1	Abkürzungen (<i>Abbreviations</i>)	256
Tabelle T VII.2	Glossar (<i>Glossary, German only</i>)	261
VIII. PHYSIKALISCHE GRÖßEN, EINHEITEN UND AUSGEWÄHLTE RADIONUKLIDE (<i>PHYSICAL UNITS</i>)		
Tabelle T VIII.1	Physikalische Einheiten - Basiseinheiten (<i>Physical units - basic units</i>)	266
Tabelle T VIII.2	Physikalische Einheiten - SI-Einheiten in der Radiologie (<i>Physical units - SI units applied in radiology</i>)	267
Tabelle T VIII.3	Präfixe für dezimale Vielfache und Teile von Einheiten (<i>Prefixes</i>)	267
Tabelle T VIII.4	Physikalische Größen in der Nichtionisierenden Strahlung (<i>Physical quantities in non-ionising radiation</i>)	268

Tabelle T VIII.5 Liste ausgewählter Radionuklide
(List of selected radionuclides)269

