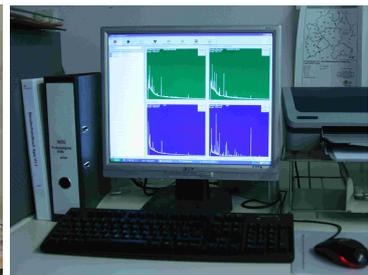


Strahlenschutzvorsorge in Nordrhein-Westfalen

Gemeinsamer Jahresbericht 2013
der amtlichen Messstellen für Umweltradioaktivität



Zuständiges Ministerium:
Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen (MKULNV)



Inhalt

1.	Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG).....	3
2.	Radiologische Grundlagen.....	4
2.1.	Strahlungsarten	4
2.2.	Expositionspfade	5
2.3.	Natürliche Radioaktivität	7
2.4.	Künstliche Radioaktivität.....	8
2.5.	Effektive Jahresdosis.....	8
2.6.	Bestimmung der Radioaktivität	9
3.	Messprogramme.....	11
3.1.	Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm)	11
3.2.	Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm)	13
3.3.	Sondermessungen.....	14
4.	Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS).....	15
5.	Ergebnisse aus Routine- und Sondermessprogramm.....	16
5.1.	Weideboden, Ackerboden	17
5.2.	Futtermittel und Pflanzen als Indikatoren.....	19
5.3.	Lebensmittel	21
5.4.	Wildpilze und Wildfleisch	26
5.5.	Trink- und Grundwasser, Oberirdische Gewässer	29
5.6.	Abfälle und Abwässer	29
5.7.	In-situ-Messungen	33
6.	Glossar.....	36

1. Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)

Infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl wurde 1986 das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG, BGBl. 1986 I S. 2610, zuletzt geändert 8.4.2008) erlassen, welches die Erfassung der **Radioaktivität** in unterschiedlichen Umweltbereichen regelt. Darüber hinaus ist die Bundesrepublik Deutschland nach dem EURATOM-Vertrag von 1957 verpflichtet, Einrichtungen zur ständigen Überwachung des Gehaltes der Luft, des Wassers und des Bodens an Radioaktivität sowie zur Überwachung der Einhaltung der Strahlenschutznormen zu schaffen.

Diese Rechtsgrundlage dient der Ermittlung der Exposition der Gesamtbevölkerung sowie dem vorsorgenden Schutz vor erhöhter Strahlenexposition durch radioaktive Stoffe vorwiegend künstlichen Ursprungs.

Man unterscheidet zwischen einem kontinuierlichen Routinemessprogramm und einem Intensivmessprogramm, welches bei einem Ereignis mit Freisetzung radioaktiver Stoffe in radiologisch nicht unerheblichem Umfang (z.B. bei Stör-/Unfällen kerntechnischer Anlagen oder beim Transport von radioaktiven Stoffen) ausgelöst wird.

Zwischen den Einrichtungen des Bundes und denen der Länder besteht eine Aufgabenteilung, die sich an den Umweltbereichen orientiert.

In die Zuständigkeit des Bundes fällt die Ermittlung der Radioaktivität

- in Luft und Niederschlag,
- in den Bundeswasserstraßen,
- in Nord- und Ostsee einschließlich der Küstengewässer sowie die
- Messung der externen Strahlenbelastung in Form der Ortsdosisleistung.

Die Länder ermitteln die **spezifische Radioaktivität** bzw. **Radioaktivitätskonzentration** in Bundesauftragsverwaltung in den Bereichen

- Lebensmittel,
- Futtermittel,
- Trinkwasser, Grundwasser und oberirdische Gewässer (außer Bundeswasserstraßen),
- Abwässer, Klärschlamm und Abfälle,
- Boden und
- Pflanzen (Indikatorpflanzen, die nicht der Ernährung dienen).

Darüber hinaus führen die Länder interne Sonderprogramme zur Untersuchung spezieller Proben durch (z.B. Importproben, Wildfleisch, Wildpilze; Kapitel 3.3).

In Nordrhein-Westfalen ist für die fünf Regierungsbezirke Arnsberg, Detmold, Düsseldorf, Köln und Münster jeweils eine Messstelle mit den Untersuchungen der genannten Umweltbereiche betraut, wobei bestimmte Untersuchungen aus Gründen der erforderlichen spezifischen Laborausstattung zentral erfolgen. Für die Entnahme der Lebensmittel- und Futtermittelproben auf Veranlassung der Messstellen sind die Ordnungsbehörden der Kreise und kreisfreien Städte zuständig. Die Umweltproben werden von den Messstellen selbst entnommen.

Radioaktivität

1. Eigenschaft von Radionukliden, sich unter Aussendung von \rightarrow ionisierender Strahlung (\rightarrow Alpha-, Beta-, Gammastrahlung) in stabilere Nuklide umzuwandeln.

2. Gehalt an radioaktiven Stoffen. Das Maß ist die Zahl der je Sekunde sich in einem radioaktiven Stoff umwandelnden Atomkerne. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq). Früher übliche Einheit war das Curie (Ci).

1 Ci = 37 Milliarden Bq

Radionuklide

Radioaktive Atomkerne

" \rightarrow " bedeutet "siehe Glossar"

Radioaktivität, spezifische

Verhältnis der Radioaktivität eines Stoffes zur Masse des Stoffes, in dem der radioaktive Stoff verteilt ist.

Einheit: Bq/kg

Radioaktivitätskonzentration

Verhältnis der Aktivität eines Stoffes zum Volumen des Stoffes, in dem der radioaktive Stoff verteilt ist.

Einheit: Bq/L

Die von den Messeinrichtungen erhobenen Daten werden in einem bundesweiten DV-Netzwerk, dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS; Kapitel 4), erfasst und bereitgestellt. Sie sind Grundlage von Modellrechnungen und Prognosen. Daraus und aus der konkreten Belastungssituation können in einem radiologischen Ereignisfall Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor erhöhter Strahlenexposition abgeleitet werden.

2. Radiologische Grundlagen

2.1. Strahlungsarten

Materie besteht aus Atomen, die sich aus einem Atomkern und den ihn umhüllenden Elektronen zusammensetzen. Unter bestimmten Bedingungen können Atomkerne instabil (sog. Radionuklide) sein und in andere ebenfalls noch instabile oder stabile Kerne zerfallen. Dabei senden sie energiereiche Strahlung aus.

Die wichtigsten Strahlungsarten, die von Radionukliden ausgehen können, sind

- **Alphastrahlung**
- **Betastrahlung**
- **Gammastrahlung**

Alle genannten Strahlungsarten übertragen auf bestrahlte Materie Energie und bewirken damit darin z.B. eine Abspaltung (man spricht daher auch von „ionisierender Strahlung“, denn es entstehen dabei elektrisch geladene Ionen) oder Umlagerung von Elektronen, was in der Folge auch zu chemischen Veränderungen führt. Im biologischen Gewebe bewirken diese Veränderungen Schädigungen von Zellen oder Zellbestandteilen insbesondere der Erbgut tragenden DNS (Desoxyribonukleinsäure).

Das Durchdringungsvermögen dieser Strahlungsarten in Materie ist sehr unterschiedlich, was bei der Probenaufarbeitung und bei der Wahl der Messtechnik (die Strahlung muss die Messproben ungehindert verlassen und den Detektor erreichen können) berücksichtigt werden muss (Abbildung 2.1)

Alphastrahlung

Strahlung radioaktiver Stoffe, die aus \rightarrow Alphateilchen besteht. Die Energie der Alphateilchen ist spezifisch für den Atomkern von dem sie stammen und kann zur Identifizierung des Radionuklids verwendet werden. Beispiele sind Uran und Thorium.

Alphateilchen

Bei bestimmten radioaktiven Zerfällen ausgesandtes, positiv geladenes Teilchen. Es besteht aus zwei \rightarrow Neutronen und zwei \rightarrow Protonen.

Betastrahlung

Strahlung von radioaktiven Stoffen, die aus \rightarrow Betateilchen besteht. Die Energie ist kontinuierlich bis zu einer Maximalenergie verteilt und ermöglicht nur eingeschränkt die Identifizierung des Radionuklids. Beispiele für reine Betastrahler sind Strontium-90 und Tritium.

Betateilchen

\rightarrow Elektron (negative Ladung) oder dessen Antiteilchen \rightarrow Positron (positive Ladung), das von einem Atomkern oder Elementarteilchen beim Betazerfall ausgesandt wird.

Gammastrahlung

Strahlung von radioaktiven Stoffen, die aus \rightarrow Gammaquanten besteht. Sie wird von allen angeregten Atomkernen ausgesandt, die nach Umwandlung eines \rightarrow Radionuklids entstanden. Ihre Energie ist spezifisch für den Atomkern von dem sie stammen und kann zur Identifizierung des Radionuklids verwendet werden.

Gammaquant

Energiequant kurzwelliger elektromagnetischer Strahlung (ähnlich Röntgenstrahlen), welches vom \rightarrow Atomkern beim Übergang von einem höher angeregten in einen niedriger angeregten Energiezustand ausgesandt wird.

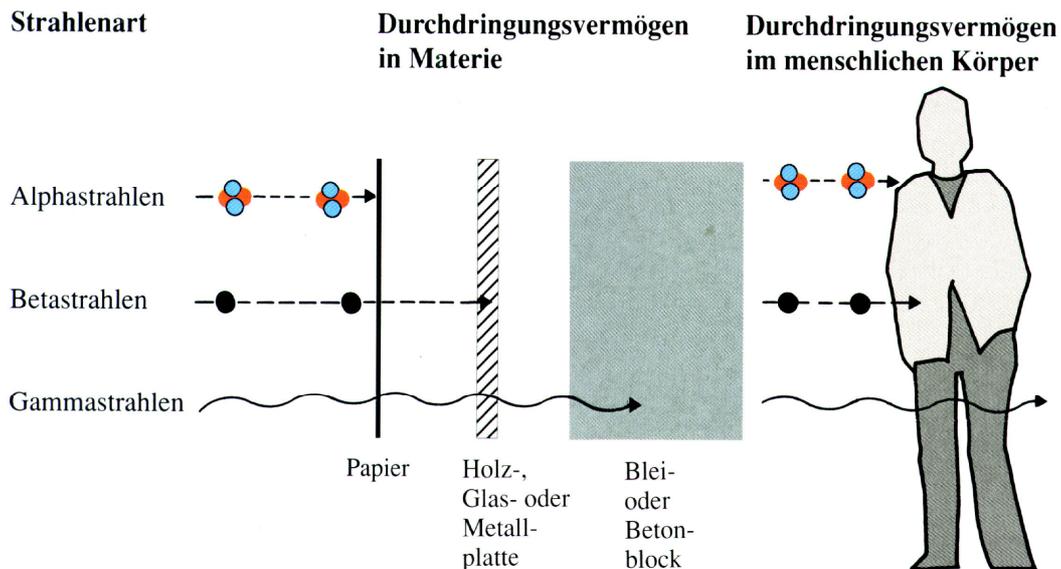


Abbildung 2.1: Abschirmung und Durchdringungsvermögen von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung

Entscheidend für die biologische Wirkung ist die vom Körper durch äußere Strahlung oder durch Strahlung inkorporierter radioaktiver Stoffe erhaltene **effektive Dosis**.

Dosis, effektive

Summe der gewichteten →Organdosen in den Geweben oder Organen des Körpers. Wichtungsfaktoren sind die Strahlenempfindlichkeit sowie die Speicherkapazität des Organs für den radioaktiven Stoff.

Organdosis

→Äquivalentdosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil. Bei Kombination mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Organdosis die Summe der Einzelbeiträge durch äußere oder innere →Strahlenexposition

Äquivalentdosis

Produkt aus der →Energiedosis (absorbierte Dosis, Maßeinheit: Gray, Gy = Joule/kg) im Standard-Weichteilgewebe und einem →Qualitätsfaktor. Bei Kombination mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die Äquivalentdosis die Summe ihrer ermittelten Einzelbeiträge. Maßeinheit ist das Sievert (Sv)

Qualitätsfaktor

Wichtungsfaktor zur Ermittlung der →Äquivalentdosis, der die Einflüsse Strahlungsart und -energie (Strahlungsqualität) auf die biologische Wirksamkeit der Strahlung (→Strahlenwirkung) berücksichtigt. Für Gamma- und Betastrahlung hat der Qualitätsfaktor den Wert 1, für Alphastrahlung den Wert 20.

2.2. Expositionspfade

Die Strahlenbelastung des Menschen beruht auf zwei Expositionspfaden:

- Die *äußere Strahlenexposition*, deren natürlicher Beitrag sich vorwiegend aus kosmischer und terrestrischer Strahlung zusammensetzt.
- Die *innere Strahlenexposition*, die infolge der Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper, zum Beispiel durch die Atmung (Inhalation), oder durch Nahrungsaufnahme (Ingestion) erfolgt.

Bedingt durch das hohe Durchdringungsvermögen der Gammastrahlung wird die äußere Strahlenexposition fast ausschließlich von dieser Strahlungsart verursacht. Bei der Überwachung der

Umgebungsstrahlung wird daher in der Regel nur die Gammadosis ermittelt. Sie wird mit geeigneten Messgeräten als Äquivalentdosis bestimmt.

Die innere Strahlenexposition wird durch die Strahlung inkorporierter Radionuklide verursacht. Da diese nicht direkt gemessen werden kann, wird sie mit Hilfe von Rechenmodellen ermittelt, ausgehend von gemessenen Aktivitäten in Luft, Boden, Nahrungsmitteln usw. Hierzu müssen alle Ausbreitungswege, An- und Abreicherungen in der Umwelt, durchschnittliche Verzehrsmengen und nuklidspezifische Eigenschaften (**Dosisfaktoren**) berücksichtigt werden, die zur Strahlenexposition des Menschen beitragen (Abbildung 2.2).

Dosisfaktor

Wirksamkeitsfaktor eines radioaktiven Stoffes zur Ermittlung der →Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe. Der Dosisfaktor ist abhängig vom →Radionuklid (→effektive Halbwertszeit, Strahlungsart, Zielorgan des Körpers), von der Inkorporationsart (Inhalation, Ingestion), von der chemischen Verbindung des Radionuklids (löslich, unlöslich), sowie vom Alter der betroffenen Person (Kleinkind, Jugendlicher, Erwachsener)

Halbwertszeit, effektive

Zeit (T_{eff}), in der in einem Organismus die Menge eines Stoffes im Zusammenwirken von → physikalischer (T_{phys}) und →biologischer (T_{biol}) Halbwertszeit auf die Hälfte abnimmt

$$T_{\text{eff}} = (T_{\text{phys}} \cdot T_{\text{biol}}) / (T_{\text{phys}} + T_{\text{biol}})$$

Halbwertszeit, physikalische

Zeit, in der die jeweils Hälfte der Radionuklide zerfällt

Halbwertszeit, biologische

Zeit, in der ein biologischer Organismus, beispielsweise Mensch oder Tier, auf natürlichem Wege die Hälfte der aufgenommenen Menge eines bestimmten Stoffes aus dem Körper oder einem speziellen Organ ausscheidet

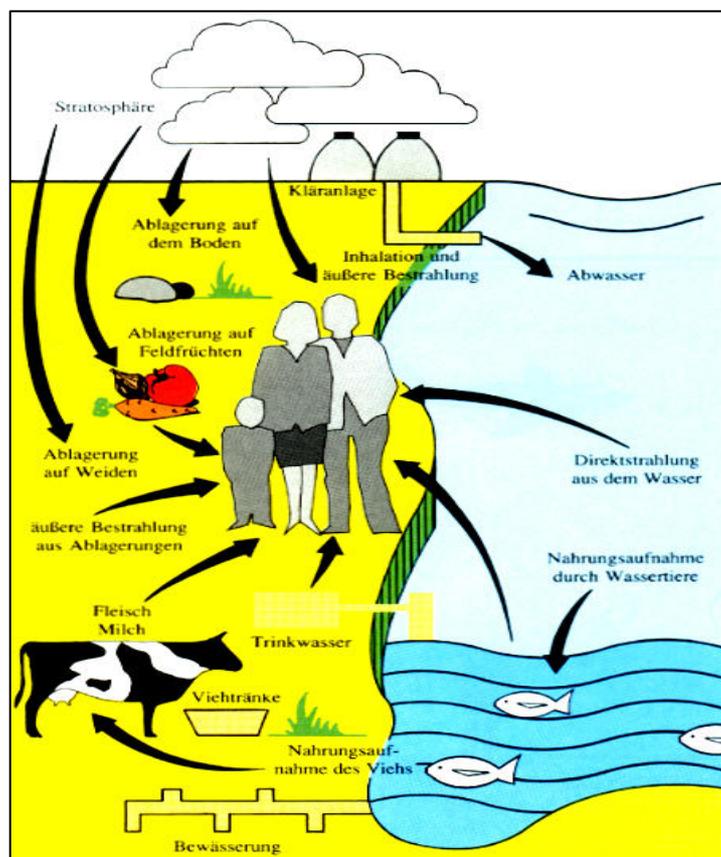


Abbildung 2.2: Wege radioaktiver Stoffe aus Luft und Niederschlag zum Menschen

Abbildung 2.2 zeigt die vielfältigen Expositionspfade (z.B. Luft - Niederschlag - Futterpflanze - Kuh - Milch - Mensch), die bei den Dosisberechnungen berücksichtigt werden müssen. Im Hinblick auf die Herkunft der radioaktiven Stoffe unterscheidet man zwischen natürlicher und künstlicher (oder zivilisatorischer) Radioaktivität, wobei die biologische Wirkung in beiden Fällen prinzipiell gleich ist.

2.3. Natürliche Radioaktivität

Einige Radionuklide z.B. Uran-238 (^{238}U), Thorium-232 (^{232}Th) und Kalium-40 (^{40}K) sind aufgrund ihrer langen physikalischen Halbwertszeit (bei ^{238}U beträgt diese 4,7 Milliarden, bei ^{232}Th 14 Milliarden und bei ^{40}K 1,3 Milliarden Jahre) seit der Entstehung der Erde noch in beträchtlicher Menge in der Erdkruste vorhanden (s. Abbildung 2.3).

Kalium-40 ist als biologisch essentielles Mengenelement in allen pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln enthalten (ca. 100 Bq/kg) und somit auch im Menschen selbst.

Die natürliche Strahlenbelastung über die Atemluft wird hauptsächlich durch das Edelgas Radon-222 (^{222}Rn) und dessen Zerfallsprodukte, Radionuklide von Blei (Pb) und Polonium (Po) hervorgerufen. Es bildet sich in der Zerfallsreihe von Uran-238 über Radium-226 (^{226}Ra) und geht vom Boden (z.B. durch Erdspalten) in die Atmosphäre über, von der aus die radioaktiven Folgeprodukte durch nasse (Niederschlag) oder trockene Deposition auf die Oberflächen von Boden und Pflanzen gelangen. Ähnliche Produkte entstehen in der Thorium-232-Zerfallsreihe. Die dabei entstehenden Blei- und Polonium Radionuklide tragen ebenfalls wesentlich zur natürlichen Strahlenexposition bei.

In der irdischen Atmosphäre wird natürliche Radioaktivität durch energiereiche Weltraumstrahlung (hauptsächlich Protonen) gebildet. Hier entstehen durch Kernreaktionen sekundärer Neutronen (n) (entstanden aus primären Protonenreaktionen) mit Stickstoff-Atomkernen (^{14}N) der Luft die Radionuklide Kohlenstoff-14 (^{14}C) und Tritium (^3H).

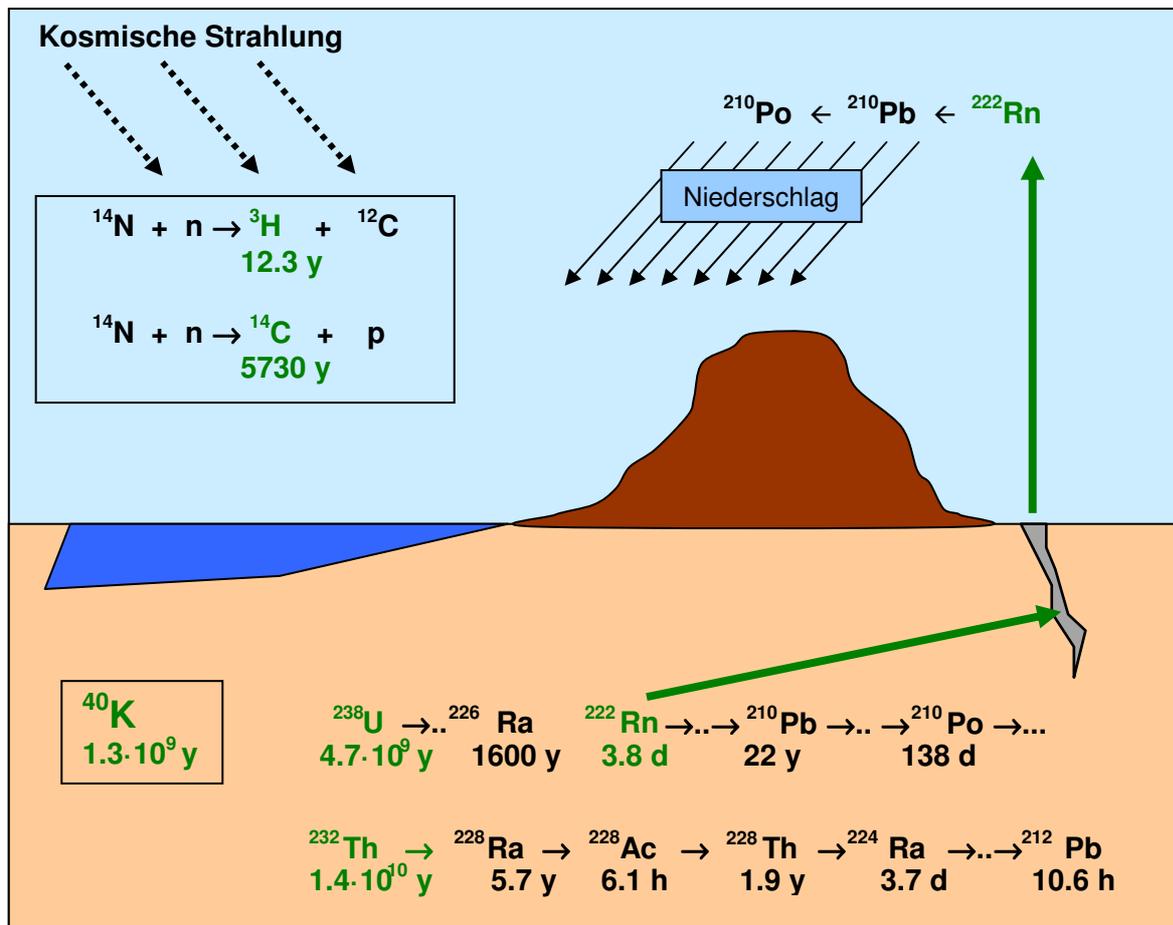


Abbildung 2.3: Natürliche radioaktive Stoffe in Atmosphäre und Boden und deren physikalische Halbwertszeiten (y = Jahre, d = Tage, h = Stunden, 10⁹ = 1 Milliarde, 10¹⁰ = 10 Milliarden)

2.4. Künstliche Radioaktivität

Künstliche Radionuklide werden z.B. in kerntechnischen Anlagen oder Beschleunigern erzeugt. Sie finden Verwendung in Medizin, Technik und Forschung.

Die künstliche Radioaktivität in der Umwelt entstammt hauptsächlich Kernspaltungsprozessen und wurde bis 1986 von Rückständen der oberirdischen Kernwaffentests in den 50er und 60er Jahren, danach jedoch von den Auswirkungen des Unfalls im Kernkraftwerk von Tschernobyl dominiert.

Von besonderer Bedeutung für die Belastung des Menschen sind Radionuklide mit großer physikalischer Halbwertszeit z.B. Cäsium-137 (30 Jahre) oder Strontium-90 (28 Jahre) und mittlerer bis großer biologischer Halbwertszeit z.B. Cäsium (ca. 3 Monate bei Erwachsenen) und Strontium (ca. 50 Jahre).

2.5. Effektive Jahresdosis

Durch die natürliche Strahlenexposition ergibt sich für die Bevölkerung in Deutschland eine mittlere effektive Jahresdosis von ca. 2,1 mSv (vgl. Parlamentsbericht "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2012", Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Postfach 120629, 53048 Bonn), die sich aus kosmischer und terrestrischer Strahlung sowie durch die Beiträge von Atmung und Nahrungsmittelverzehr zusammensetzt (Abbildung 2.4).

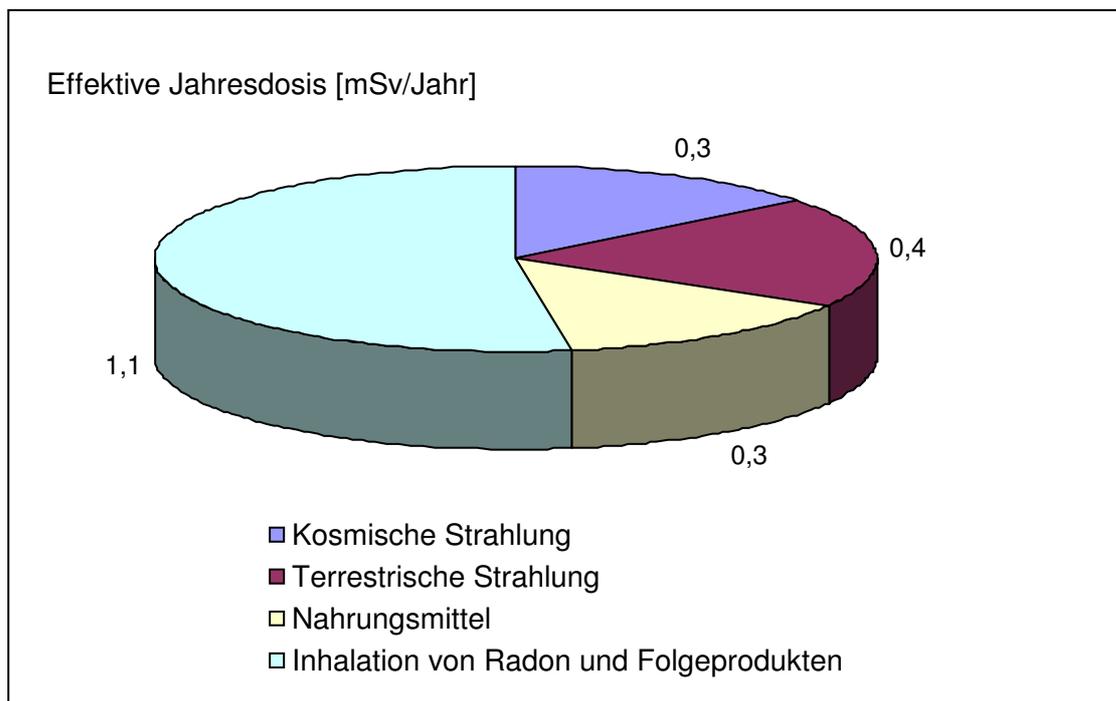


Abbildung 2.4: Zusammensetzung der mittleren effektiven Jahresdosis durch natürliche Strahlenexposition

Für die zivilisatorische Belastung durch ionisierende Strahlung ist der Einsatz von Röntgenstrahlen dominierend. Die Wirkung der Röntgenstrahlung ist der der Gammastrahlung ähnlich. Die **zivilisatorische Strahlenexposition** beträgt im Mittel etwa 1,9 mSv im Jahr und stammt nahezu vollständig aus dem medizinischen Bereich.

Die mittlere Strahlenexposition durch den Reaktorunfall in Tschernobyl ist von 0,11 mSv/a im Unfalljahr 1986 heute auf weniger als 0,011 mSv im Jahr zurückgegangen.

Art der zivilisatorischen Strahlenexposition	mittlere effektive Jahresdosis*) [mSv/a]
Kerntechnische Anlagen	< 0,01
Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01
Reaktorunfall Tschernobyl	< 0,011
Anwendung in Forschung, Technik, Haushalt	< 0,01
Anwendung in der Medizin	ca. 1,9
Summe:	ca. 1,9

*)Parlamentsbericht "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2012", Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

2.6. Bestimmung der Radioaktivität

Nachdem Proben aufgearbeitet wurden (z.B. gewaschen, aufkonzentriert, getrocknet oder zu Asche verbrannt), werden die einzelnen radioaktiven Stoffe gemessen. Das Messverfahren richtet sich nach der Strahlenart der zu bestimmenden Radionuklide. In den meisten Fällen werden die Proben **gammastreumetrisch** (Abbildung 2.5) untersucht, da

- viele strahlenbiologisch relevante Nuklide Gammastrahler sind.
- mit diesem Verfahren mehrere Nuklide gleichzeitig bestimmt werden können, weil jedes Nuklid bei der Kernumwandlung Gammastrahlen mit charakteristischen Energien (Abbildung 2.6) aussendet.
- die Aufarbeitung den geringsten Aufwand in Anspruch nimmt und das Analyseergebnis nach kurzer Zeit vorliegt.

Gammastrahlung

Energieverteilung der →Gammaquanten eines →Radionuklids oder einer Mischung von Radionukliden, welche zu deren Identifizierung und Quantifizierung gemessen wird

Sowohl die benötigten Probenmengen wie auch die erforderlichen Messzeiten hängen wesentlich von dem Gehalt an Radioaktivität ab. Je geringer dieser ist, umso längere Messzeiten, größere Probenmengen bzw. aufwändigere Probenvorbereitungen sind erforderlich, um die spezifische Aktivität bzw. Aktivitätskonzentration hinreichend genau zu bestimmen.

Die Bestimmung alphastrahlender (z.B. Uran, Plutonium) oder ausschließlich betastrahlender Nuklide (z.B. Strontium) ist wesentlich aufwändiger, da die betreffenden Elemente vor der Messung durch chemische Abtrennungen isoliert werden müssen.

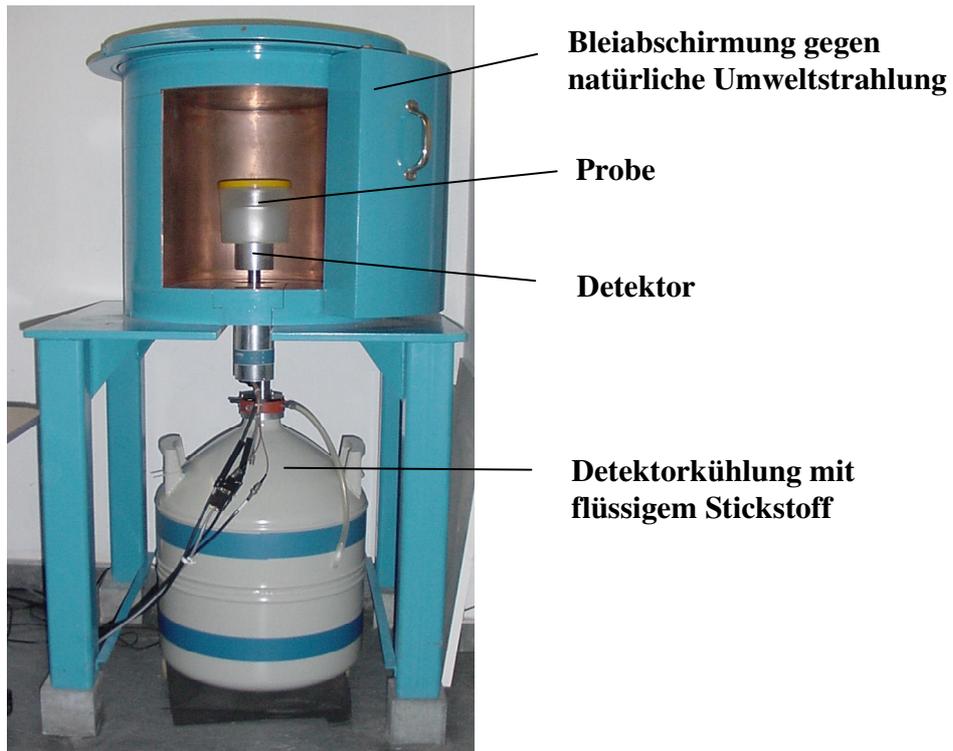


Abbildung 2.5: Messplatz für Gammaskpektrometrie

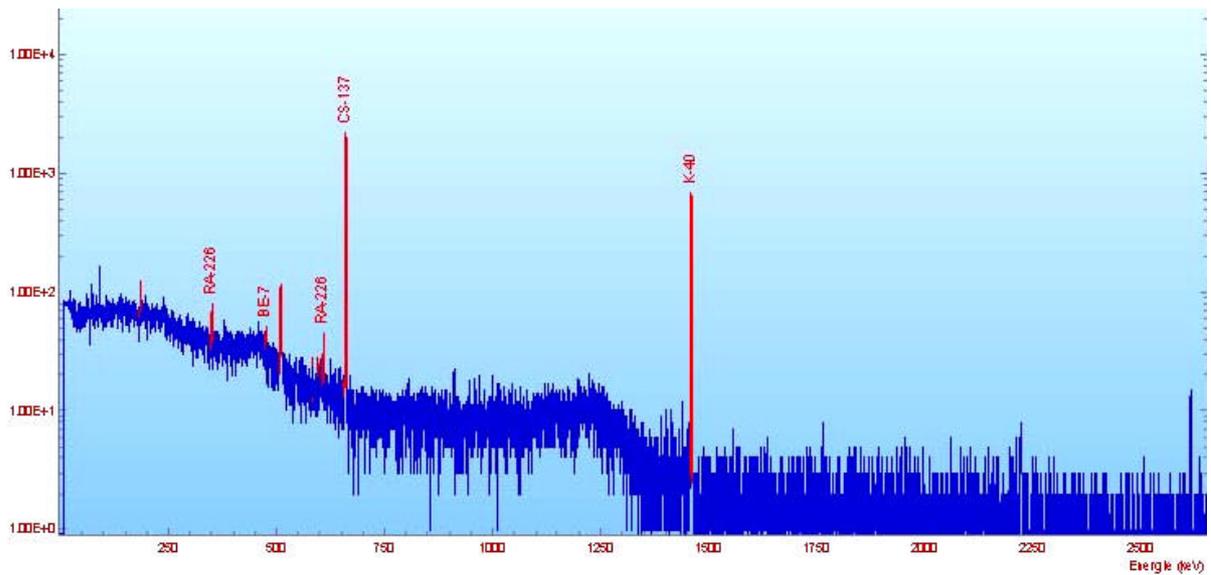


Abbildung 2.6: Gammaskpektrum mit Energielinien verschiedener natürlicher Radionuklide sowie des künstlichen Cs-137.

3. Messprogramme

Im Rahmen der Durchführung des StrVG werden folgende Messprogramme unterschieden:

- Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm)
- Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm)
- Sondermessprogramme

3.1. Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm)

Das Routinemessprogramm dient der Gewinnung von Referenzwerten (Hintergrundwerten) für die Beurteilung von Ereignissen mit möglichen, nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen und der routinemäßigen Überwachung der Umweltradioaktivität.

Art und Anzahl sowie Zeitabstände und Orte der Probenahmen bzw. Messungen sind festgelegt. Lebensmittel-, Futtermittel- und Umweltproben werden nach einem für jedes Bundesland festgelegten Mengengerüst an festgelegten Orten entnommen, um z.B. eine zeitliche Entwicklung der Umweltradioaktivität an einem bestimmten Ort verfolgen zu können.

In Nordrhein-Westfalen werden jährlich ca. 1800 Untersuchungen routinemäßig durchgeführt. Hierbei werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

- Gammaspektrometrie
- Alphaspektrometrie
- Strontiumanalysen
- Tritiumanalysen
- In-situ-Messungen

Je nach Probenart und Untersuchungsziel sind maximal zulässige Nachweisgrenzen (bei der Gammaspektrometrie beziehen sich diese auf das künstliche Radionuklid Cobalt-60) festgelegt (Tabelle 3.1). Die in der Praxis erzielten Nachweisgrenzen können deutlich darunter liegen.

Tabelle 3.1: Übersicht über Probenarten, Analysemethoden und die geforderten Nachweisgrenzen

Probenarten	geforderte Nachweisgrenzen				
	Bq/kg Feuchtmasse bzw. Bq/L bzw. Bq/d*p (Gesamtnahrung)				Bq/m ²
	Gamma- spektrometrie ¹⁾	Strontium- analysen	Alpha- spektrometrie	Tritiumanalysen	In-situ- Messungen ¹⁾
Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft	0,2	0,04			
Nahrungsmittel tierischer Herkunft	0,2				
Gesamtnahrung	0,4	0,04			
Kindernahrung	0,2	0,02			
Milch und Milchprodukte	0,2	0,02			
Blätter, Tannennadeln, Gras ³⁾	0,5				
Futtermittel ⁴⁾	0,5	0,05 ²⁾			
Boden ³⁾	0,5	0,5			200
Wasser	0,05	0,01	0,01	10	
Schwebstoffe ³⁾	5				
Sedimente ³⁾	5				
Trinkwasser	0,05	0,01	0,01	10	
Grundwasser	0,05	0,01	0,01	10	
Süßwasserfisch	0,2	0,02			
Abwasser	0,1	0,1	0,1		
Klärschlamm ³⁾	5	5	5		
Hausmülldeponie	0,1			10	
Verbrennungsanlagen	5				
Kompostierungsanlagen ³⁾	5				
Sonstige Produkte	0,2				

1) Nachweisgrenze bezogen auf Cobalt-60
2) nur Weidegras
3) Bezogen auf Trockenmasse
4) Bezogen auf Trockenmasse, Weidegras bezogen auf Feuchtmasse

In bundeseinheitlichen Messanleitungen (Normverfahren) werden die Arbeitsabläufe, angefangen bei der Probenahme über die Probenaufbereitung bis hin zur Messung festgelegt, um einen Vergleich der gewonnenen Messergebnisse zu ermöglichen.

Für die Durchführung dieser Aufgaben sind in Nordrhein-Westfalen 5 amtliche Messstellen zuständig, die jeweils einem Regierungsbezirk zugeordnet sind.

Diese Regionalisierung der Zuständigkeiten bietet mehrere fachliche und organisatorische Vorteile:

- Durch die Regionalisierung lassen sich örtliche Gegebenheiten bei den Probenahmen besser berücksichtigen.
- Die von einer Messstelle unter regionalen Gesichtspunkten überwachten Umweltmedien lassen Rückschlüsse auf die Übergangsfaktoren von einem Medium zum anderen zu (z.B. Auswirkung der radioaktiven Belastung des Bodens auf den Bewuchs).
- Die Wege vom Ort der Probenahme zu den Messstellen sind kürzer als bei einem zentralisierten medienbezogenen Programm.
- Die Messaufgaben sind nahezu gleichmäßig auf die Messstellen verteilt, was organisatorische und haushaltstechnische Maßnahmen wesentlich vereinfacht.

Die in Nordrhein-Westfalen zuständigen 5 amtlichen Messstellen sind:

- Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Münsterland-Emscher-Lippe, Münster
- Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Ostwestfalen-Lippe, Detmold
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Außenstelle Düsseldorf
- Landesbetrieb Mess- und Eichwesen NRW, Betriebsstelle Eichamt Dortmund
- Landesinstitut für Arbeitsgestaltung NRW, Düsseldorf

3.2. Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm)

Das Intensivmessprogramm dient der Erfassung der radioaktiven Kontamination von Lebens- und Futtermitteln sowie der Umwelt im Falle von Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen.

Auf Veranlassung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) wird der Intensivmessbetrieb im Ereignisfall oder zu Übungszwecken ausgelöst und beendet.

Der Intensivmessbetrieb (bei lokalem Ereignis auch sektoriert, d.h. örtlich begrenzt) kann z.B. durch folgende Ereignisse ausgelöst werden:

- Freisetzung radioaktiver Stoffe bei einem Unfall in einer in- oder ausländischen kerntechnischen Anlage mit der Möglichkeit eines Eintrages radioaktiver Stoffe im Bundesgebiet
- Freisetzung radioaktiver Stoffe bei Transportunfällen
- Absturz einer Raumsonde mit nuklearer Stromversorgung
- Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem nuklear angetriebenen Schiff nach einer Havarie
- Größere Nukleare Explosion

Im Intensivmessbetrieb werden die Anzahl der Proben sowie die räumliche Dichte der Probenahmeorte und In-situ-Messorte erheblich gesteigert.

Für diesen Fall halten die Messstellen hinreichende personelle und apparative Ausstattungen vor.

Das Intensivmessprogramm wird in drei Phasen aufgeteilt:

- Phase 1: vor und während der Ausbreitung radioaktiver Stoffe
- Phase 2: unmittelbar nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe
- Phase 3: nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe und nach Rückgang der hohen Anfangskontamination

In der Phase 1 erfolgen Messungen durch die Bundesbehörden. Die Probenahme in den Bundesländern beginnt in der Regel in Phase 2. Dann werden auch Lebensmittel- und Futtermittelproben aus der Handelsstufe zur Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten untersucht.

3.3. Sondermessungen

Neben den Messungen nach dem StrVG werden landeseigene Sondermessungen durchgeführt.

Im Routinemessprogramm werden, abgesehen von den Importproben, grundsätzlich nur Proben untersucht, die unmittelbar von Erzeugerbetrieben stammen. Um einen Überblick über die Radioaktivität in Lebens- und Futtermitteln der Handelsstufe zu erhalten, werden in NRW zusätzlich Proben vom Handel untersucht, deren Herkunftsort im In- oder Ausland liegt.

Seit 1986 sind für Erzeugnisse aus Drittländern, die besonders von dem Unfall von Tschernobyl betroffen sind (Verordnung (EWG) Nr. 1707/86, ABl. Nr. L 152 vom 31.5.1986 , bis zur Verordnung (EG) Nr. 733/2008, ABl. Nr. L 201 vom 15.7.2008) Höchstwerte für die spezifische Radioaktivität festgelegt.

Sie beziehen sich auf das langlebige Radiocäsium und betragen für Milch und Milcherzeugnisse sowie für Kleinkindernahrung 370 Bq/kg. Für alle anderen noch betroffenen Nahrungs- und Futtermittel 600 Bq/kg.

Da auf dem Gebiet der Europäischen Union noch heute Wildpilze, wild wachsende Beeren, Wildfleisch und Raubfische aus Seen höher belastet sein können, wurde den Ländern der Europäischen Union durch die EU-Kommission empfohlen (ABl. L 99 vom 17.4.2003), diese Höchstwerte auch bei dem Inverkehrbringen inländischer Produkte einzuhalten und die Bevölkerung über das Gesundheitsrisiko bei Verzehr solcher Produkte zu unterrichten. Diese Empfehlung ist in Deutschland Grundlage dafür, höher belastete Erzeugnisse der o.g. Art nicht für die Vermarktung zuzulassen.

4. Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS)

Das Integrierte Mess- und Informationssystem wurde in der Bundesrepublik nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl eingerichtet.

IMIS ist ein bundesweites Netzwerk, an dem insgesamt ca. 70 Rechnerstandorte bei Institutionen des Bundes und der Länder beteiligt sind. Rund um die Uhr speichert das System Daten von 5 Bundesmessnetzen mit über 1000 ortsfesten Messstationen und ca. 40 Landesmessstationen (Abbildung 4.1).

Die Messdaten werden nach einer ersten fachlichen Prüfung an die Zentralstelle des Bundes geleitet. Diese übermittelt die Daten zur abschließenden Plausibilitätsprüfung, Auswertung und Aufbereitung an die für die jeweiligen Umweltbereiche zuständigen fachlichen Einrichtungen des Bundes (Leitstellen).

Anschließend werden die Ergebnisse an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit weitergeleitet. Letzteres entscheidet gegebenenfalls über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Relevante Daten und Informationen werden der Öffentlichkeit regelmäßig zur Verfügung gestellt (Internetlink: <http://www.bfs.de>).

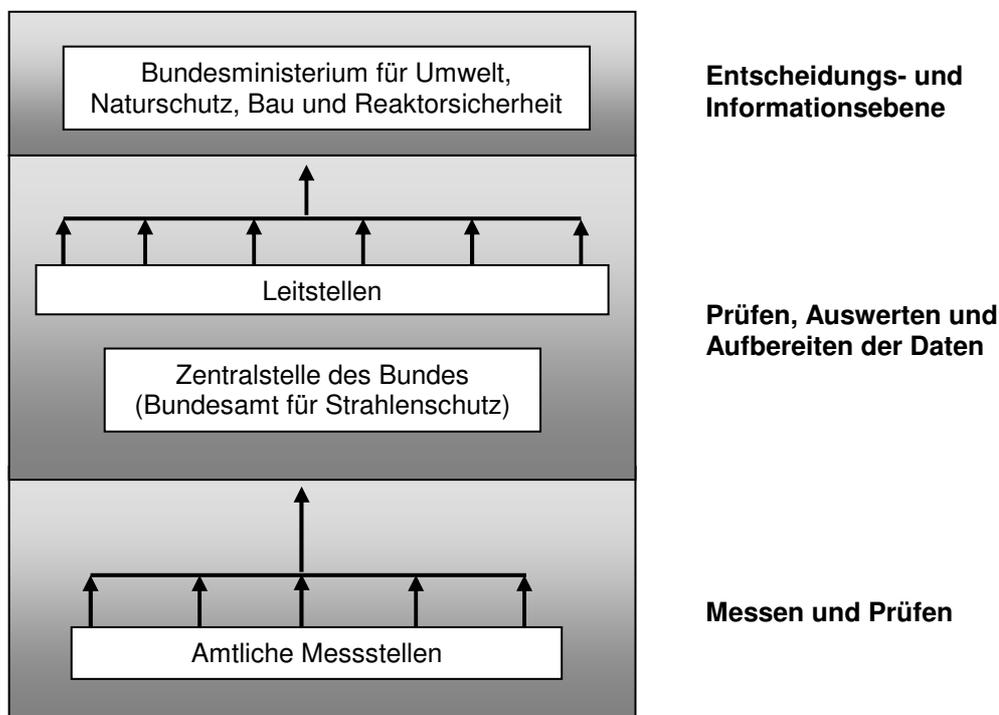


Abbildung 4.1: Datenfluss und Organisation im IMIS

5. Ergebnisse aus Routine- und Sondermessprogramm

Zusammenfassung

Die Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen wird durch die fünf amtlichen Messstellen des Landes auf der Grundlage der Messprogramme nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) sowie nach einem landeseigenen Messprogramm durchgeführt. Im Jahr 2013 wurden insgesamt 2027 Einzelanalysen (Alpha-, Beta- und Gammanuklide) an 1811 verschiedenen Proben vorgenommen (Tabellen 5.1 und 5.2). Die Ergebnisse der Messungen zeigen, dass die in Nordrhein-Westfalen erzeugten als auch nach NRW importierten Lebens- und Futtermittel sowie Trinkwasser insgesamt nur äußerst geringe Gehalte künstlicher Radioaktivität aufweisen. In Böden, Pflanzen aus nicht landwirtschaftlich genutzten Bereichen (Blätter, Nadeln, Gras), Schwebstoffen und Sedimenten aus Gewässern, Feststoffproben von Abfällen sowie in Wildpilzen und Wildfleisch sind demgegenüber höhere Gehalte künstlicher radioaktiver Stoffe nachzuweisen.

Tabelle 5.1: Zusammenfassung der Art und Anzahl an Routine-Proben aus dem Jahr 2013

Art der Proben	Ergebnisse in den Datentabellen	Anzahl der Proben
Lebensmittel	5.8 bis 5.13	
<i>Milch und Milchprodukte</i>		179
<i>Obst und Gemüse</i>		383
<i>Fleisch und Fleischprodukte</i>		358
<i>Gesamtnahrung</i>		155
<i>Fisch</i>		49
<i>Sonstige Lebensmittel</i>		121
Futtermittel	5.4 bis 5.6	200
Böden und Pflanzen	5.3 und 5.7	50
Trink- und Grundwasser	5.14	81
Gewässer	5.15	120
Abfälle	5.16	115
Gesamt		1811

Tabelle 5.2: Zusammenfassung der Art und Anzahl an Routine-Analysen aus dem Jahr 2013

Art der Messung	Anzahl der Messungen
Alpha-Messungen (Am-241, U- und Pu-Isotope)	28
Beta-Messungen (H-3)	65
Beta-Messungen (Sr-90)	123
Gamma-Messungen (Cs-137, K-40, I-131)	1811
In-situ-Gamma-Messungen	25
Summe aller Labor-Analysen (ohne In-situ)	2027

5.1. Weideböden, Ackerböden

Böden enthalten in erster Linie die natürlich vorkommenden Radionuklide aus den Zerfallsreihen des Urans und Thoriums sowie das Kalium-40 (K 40) (siehe auch Abbildung 2.3 und Kapitel 5.7). Von den künstlich erzeugten Radionukliden werden heute noch Cäsium-137 (Cs 137) und Strontium-90 (Sr 90) nachgewiesen. Sie stammen zum größten Teil von dem Reaktorunfall in Tschernobyl und aus den atmosphärischen Kernwaffenversuchen. Entsprechend den zum Zeitpunkt des Reaktorunfalls (1986) herrschenden meteorologischen Bedingungen (Durchzug der radioaktiven Wolke, Dauer und Intensität des zeitgleichen Niederschlages) wurden die einzelnen Regionen in Nordrhein-Westfalen, unterschiedlich kontaminiert. Die Wanderung der Radionuklide Cäsium-137 und Strontium-90 in den Boden hinein erfolgt nur sehr langsam. Da beide Radionuklide eine lange Halbwertszeit aufweisen, verändert sich ihre spezifische Aktivität im Boden von Jahr zu Jahr nur geringfügig.

Je nach Bodenart bzw. -nutzung sind Unterschiede bezüglich des Gehalts künstlicher radioaktiver Stoffe festzustellen (Tabelle 5.3, Abbildung 5.2 und Abbildung 5.3). In Ackerböden, die mehrfach durchpflügt wurden, kann man von einer gleichmäßigen Verteilung der künstlichen Radionuklide bis zur Pflugtiefe (15-40 cm) ausgehen, was zum Beispiel an den Cs-137-Messwerten deutlich wird, die in Ackerböden eine geringere Streuung aufweisen als in den Weideböden. Bei unbearbeiteten Böden (z.B. Weideböden) verhindert die Fixierung an Tonmineralien die Wanderung der Radionuklide in tiefere Schichten, weswegen bei den Probenahmen eine Einstichtiefe von 10 cm ausreicht.

Tabelle 5.3: Spezifische Aktivitäten in Böden aus NRW 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weideböden	Cs 137	15	0	1,3	23	10,7	Bq/kg(TM)
	K 40	15	0	155	690	489	
	Sr 90	5	1	0,28	2,3	1,1	
Ackerböden	Cs 137	10	0	3,6	13	6,4	Bq/kg(TM)
	K 40	10	0	236	800	499	
	Sr 90	5	1	0,04	11,2	3,6	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

Die Abbildungen 5.1 bis 5.3 stellen die Daten graphisch in Form von Boxplots (Box-Whisker-Plots) dar. Ein Boxplot vermittelt schnell einen Eindruck darüber, in welchem Bereich die Daten liegen und wie sie sich über diesen Bereich verteilen, so dass die einzelnen Datensätze leichter miteinander verglichen werden können. Abbildung 5.1 gibt eine kleine Erläuterung, wie die Diagramme zu lesen sind. Aus jedem Diagramm kann der Median, die zwei Quartile und beide Extremwerte abgelesen werden.

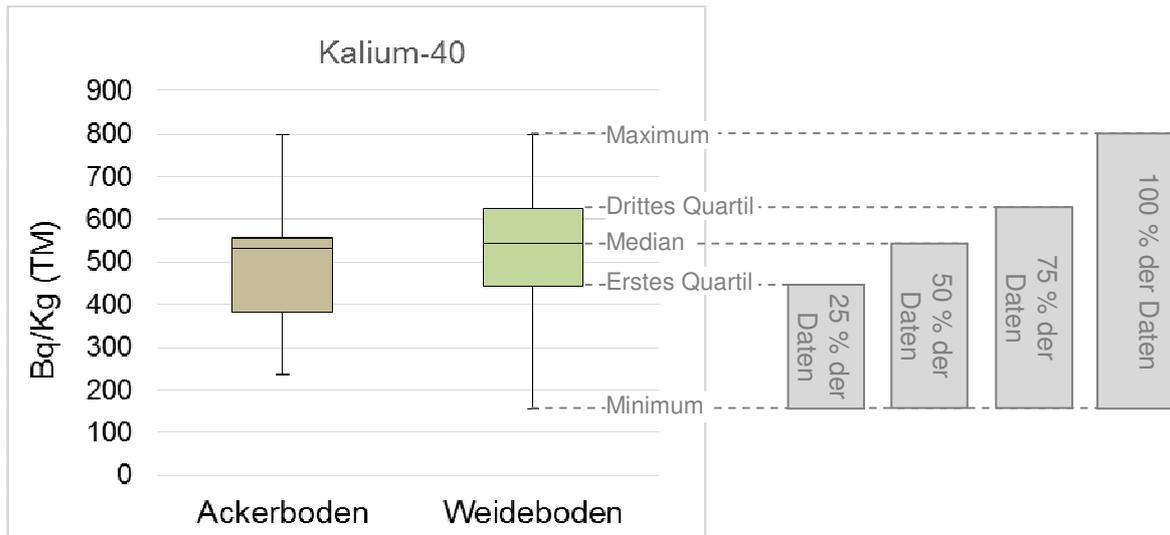


Abb.5.1: Spezifische K-40 Aktivität in Ackerböden (10 Proben) und Weideböden (15 Proben).

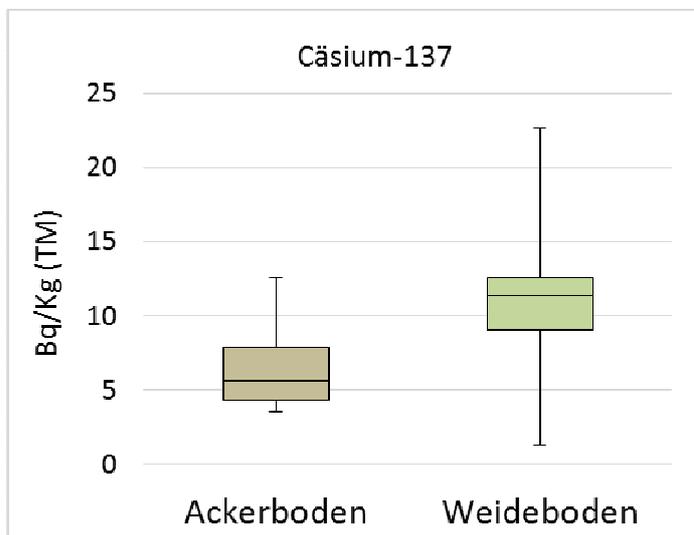


Abb.5.2: Spezifische Cs-137 Aktivität in Ackerböden (10 Proben) und Weideböden (15 Proben).

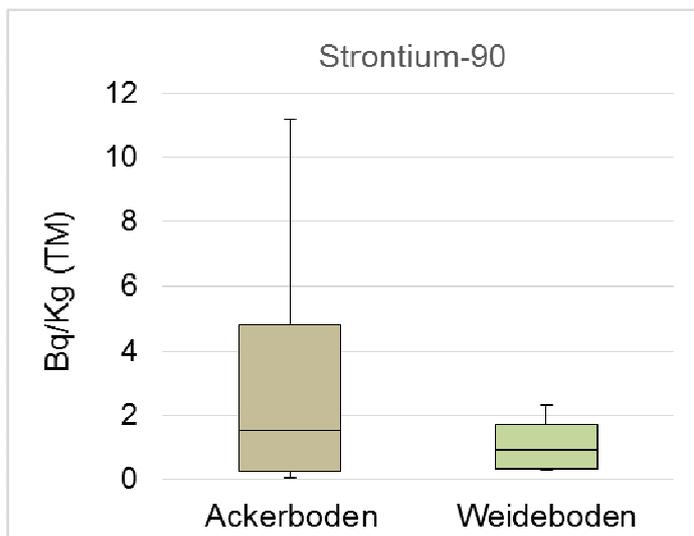


Abb.5.3: Spezifische Sr-90 Aktivität in Acker- und Weideböden (jeweils 5 Proben).

5.2. Futtermittel und Pflanzen als Indikatoren

Futtermittel sind die Zwischenstation für den Transfer von Radionukliden vom Boden in tierische Nahrungsmittel und damit in den Menschen. Bei den sich ergebenden unterschiedlichen Aktivitätskonzentrationen in Futtermitteln spielen sowohl pflanzenphysiologische Faktoren als auch die Verfügbarkeit der Radionuklide im Boden (Bodenart) und die Bodenbearbeitung und -bewirtschaftung eine Rolle. So weisen Futtermittel, die auf unbearbeiteten Böden wachsen (Grünfutter), höhere Aktivitätskonzentrationen auf als diejenigen Futtermittel, die auf bearbeiteten Böden wachsen (Mais, Getreide, Kartoffeln, Rüben) (Tabelle 5.4; man beachte die unterschiedlichen Einheiten Bq/kg(FM) bzw. Bq/kg(TM)). Futtermittel werden flächenrepräsentativ überwacht. Neben einheimisch erzeugten werden auch importierte Futtermittel (Tabelle 5.5) und in einem landeseigenen Messprogramm Futtermittel aus der Handelsstufe überwacht (Tabelle 5.6).

Darüber hinaus werden weitere Pflanzenproben aus Bereichen ohne landwirtschaftliche Nutzung überwacht (Tabelle 5.7). Hierbei handelt es sich um Teile von Pflanzen, die überall zur Verfügung stehen und als Indikatoren geeignet sind (Gras, Blätter, Nadeln).

Tabelle 5.4: Spezifische Aktivitäten in Futtermitteln aus NRW 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weide- u. Wiesenbewuchs	Cs 137	23	20	0,03	0,8	0,3	Bq/kg(FM)
	K 40	23	0	25	339	185	
	Sr 90	10	0	0,080	1,41	0,42	
Mais (ganze Pflanze)	Cs 137	21	21	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	21	0	173	931	393	Bq/kg(TM)
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	24	24	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	24	0	33	482	172	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	9	9	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	9	0	120	840	525	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	7	5	0,23	7,58	3,91	Bq/kg(TM)
	K 40	7	0	76	1070	378	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>FM</i>	<i>= Feuchtmasse</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

Tabelle 5.5: Spezifische Aktivitäten in importierten Futtermitteln 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Sonstige Futtermittel	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	19,40	623	258	
Maisprodukte	Cs 137	1	0	0,15		-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	103		-	
Schrote	Cs 137	4	2	0,42	0,51	0,47	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	228	859	443	
Kraftfuttermischungen	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	231	340	286	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

Tabelle 5.6: Spezifische Aktivitäten in Futtermitteln aus der Handelsstufe 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Schrote	Cs 137	2	1	0,81		-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	770	809	790	
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	6	5	0,14		-	Bq/kg(TM)
	K 40	6	0	105	343	235	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	916	922	919	
Heu	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	820		-	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	5	5	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	5	0	203	482	382	
Kraftfuttermischungen	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	219	320	270	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

Tabelle 5.7: Spezifische Aktivitäten in Indikatorpflanzen aus NRW 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Blätter	Cs 137	10	5	0,7	21	8,1	Bq/kg(TM)
	K 40	10	0	160	490	294	
Nadeln	Cs 137	5	1	0,34	81	21	Bq/kg(TM)
	K 40	5	0	162	272	215	
Gras	Cs 137	10	8	0,4	0,9	0,7	Bq/kg(TM)
	K 40	10	0	658	1430	935	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

5.3. Lebensmittel

Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (783 Erzeugerproben von insgesamt 1245 Lebensmittelproben). Weitere Lebensmittelproben stammten aus dem Import und in einem landeseigenen Messprogramm wurden Lebensmittelproben aus der Handelsstufe überwacht. Die Entnahme von einheimischen Lebensmitteln erfolgt direkt beim Erzeuger. Anzahl und Art dieser Proben sind in Tabelle 5.8 dargestellt.

Die Lebensmittel pflanzlicher Herkunft vom Freiland werden regional erntereif entnommen und untersucht. Lebensmittel tierischer Herkunft werden gleichmäßig über das Jahr verteilt untersucht. Die Messung von Rohmilchproben erfolgt monatlich. Gesamtnahrung (Frühstück, Mittag- und Abendessen für eine Person aus einer Gemeinschaftsverpflegung) wird stichprobenartig wöchentlich entnommen und als 2-Wochen Mischprobe gemessen. Säuglings- und Kleinkindernahrung (Menüs und Getränke) einschließlich Milchersatznahrung werden monatlich entnommen und gemessen. Süßwasserfisch wird sowohl aus Fließgewässern (Rhein, Wupper, Lippe, Sieg) wie auch aus der Teichwirtschaft entnommen und gemessen. Alle Lebensmittelproben werden gammaspektrometrisch untersucht. Ein Anteil zwischen 10 % und 30 %, abhängig von der Probenart, wird zusätzlich auf den Gehalt an Strontium-90 analysiert.

Tabelle 5.8: Spezifische Aktivitäten in Lebensmitteln, Erzeugerproben NRW 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Sammelmilch (Kuh-)	Cs 137	86	86	-	-	-	Bq/L
	K 40	86	0	41	78,5	54	
	Sr 90	10	0	0,010	0,130	0,031	
Hofmilch (Kuh-)	Cs 137	13	10	0,22	0,51	0,36	Bq/L
	K 40	13	0	37	54	50	
	Sr 90	2	1	0,05	-	-	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	98	97	0,16	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	98	0	33,3	390	113	
	Sr 90	7	0	0,020	0,11	0,061	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	21	21	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	21	0	53	216	102	
	Sr 90	1	0	0,06	-	-	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	37	36	0,13	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	37	0	23	209	86	
	Sr 90	1	0	0,07	-	-	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	51	50	7,27	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	51	0	32	228	89	
	Sr 90	4	0	0,050	0,110	0,070	
Kartoffeln	Cs 137	16	16	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	16	0	97	193	138	
	Sr 90	5	2	0,01	0,19	0,073	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Cs 137	51	50	0,08	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	51	0	101	197	138	
	Sr 90	4	1	0,05	0,23	0,12	
Kernobst	Cs 137	16	16	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	16	0	18	47	34	
	Sr 90	2	1	0,02	-	-	
Steinobst	Cs 137	5	5	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	33	94	60	
	Sr 90	2	1	0,06	-	-	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	7	7	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	41	64	56	
Wald- und Wildbeeren	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	99	-	-	
Sonstige Obstarten	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	66	-	-	
Rindfleisch	Cs 137	53	43	0,08	1,18	0,47	Bq/kg(FM)
	K 40	53	0	21	137	105	
Kalbfleisch	Cs 137	13	5	0,14	0,98	0,41	Bq/kg(FM)
	K 40	13	0	81	130	111	
Schweinefleisch	Cs 137	93	80	0,050	0,3	0,13	Bq/kg(FM)
	K 40	93	0	2	158	104	
Geflügelfleisch	Cs 137	39	38	0,30	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	39	0	67	173	112	
Süßwasserfisch	Cs 137	27	16	0,09	0,30	0,20	Bq/kg(FM)
	K 40	27	0	77	159	126	
	Sr 90	1	1	-	-	-	
Gesamtnahrung	Cs 137	131	126	0,22	3,4	0,95	Bq/(d*p)
	K 40	131	0	0,280	280	120	
	Sr 90	20	4	0,030	0,20	0,064	
Säuglings- und Kleinkindernahrung	Cs 137	24	23	0,25	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	24	1	19	157	40	
	Sr 90	4	4	-	-	-	

Anmerkung:
 NWG = Erzielte Nachweisgrenze
 FM = Feuchtmasse
 Bq/(d*p) = Aktivität pro Tageskost

Ergebnisse von Lebensmitteln aus der Handelsstufe sowie speziell von ausländischen Lebensmitteln sind in den Tabellen 5.9 und 5.10 dargestellt.

Tabellen 5.9: Spezifische Aktivitäten in Lebensmitteln aus dem Handel in NRW 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
bearbeitete Trinkmilch (Kuh-)	Cs 137	12	12	-	-	-	Bq/L
	K 40	12	0	47	63	57	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	19	19	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	19	0	53	153	111	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	7	7	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	54	186	112	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	25	25	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	25	0	32	113	140	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	8	8	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	8	0	73	157	92	
Kartoffeln	Cs 137	12	12	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	12	0	111	161	129	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Cs 137	9	9	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	9	0	25	165	122	
Sonstige Getreidearten	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	129,00	137,00	133	
Kernobst	Cs 137	9	9	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	9	0	26	61	42	
Steinobst	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	59	63	61	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	5	5	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	49	73	60	
Sonstige Obstarten	Cs 137	12	11	0,20	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	12	0	36	145	71	
Rindfleisch	Cs 137	18	11	0,22	2,29	0,60	Bq/kg(FM)
	K 40	18	0	81	133	114	
Kalbfleisch	Cs 137	8	2	0,16	0,46	0,36	Bq/kg(FM)
	K 40	8	0	101	124	111	
Schweinefleisch	Cs 137	18	17	0,14	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	18	0	93	142	109	
Geflügelfleisch	Cs 137	11	10	0,09	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	11	0	86	133	101	
Lammfleisch	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	88	-	-	
Süßwasserfisch	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	171	-	-	
Seefisch	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	96	-	-	
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	15	15	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	15	0	13	66	36	
Milchprodukte außer Käse, Frischprodukte	Cs 137	35	30	0,18	0,29	0,24	Bq/kg(FM)
	K 40	35	0	20	79	52	
Milchprodukte außer Käse, haltbar gemacht	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	33	-	-	
Fleischprodukte u. Wurstwaren, ohne Wild, Frischprod. auch tiefgef. r.	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	118	-	-	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>FM</i>	<i>= Feuchtmasse</i>					

Tabellen 5.10: Spezifische Aktivitäten in ausländischen Lebensmitteln 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	72	139	106	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	12	12	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	12	0	50	108	73	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	172	-	-	
Kartoffeln	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	127	144	137	
Sonstige Getreidearten	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	23	25	24	
Kernobst	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	39	-	-	
Steinobst	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	59	-	-	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	39	79	53	
Sonstige Obstarten	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	6	0	10	61	43	
Rindfleisch	Cs 137	7	6	0,68	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	98	129	116	
Kalbfleisch	Cs 137	4	1	0,25	0,42	0,34	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	66	119	96	
Schweinefleisch	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	94	138	109	
Geflügelfleisch	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	60	118	97	
Lammfleisch	Cs 137	2	1	0,25	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	111	115	113	
Süßwasserfisch	Cs 137	11	8	0,13	0,19	0,16	Bq/kg(FM)
	K 40	11	0	46	112	80	
Seefisch	Cs 137	9	8	0,32	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	9	0	51	146	94	
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	14	14	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	14	0	6,9	35	23	
Käse aus Milch anderer Tiere	Cs 137	2	1	8,09	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	18	43	31	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>FM</i>	<i>= Feuchtmasse</i>					

In den Abbildung 5.3 u. 5.4 sind Zeitreihen der Aktivitätskonzentrationen für Cäsium-137 in Erzeugerproben aus Nordrhein-Westfalen dargestellt. Aus ihnen ist ersichtlich, dass die spezifische Aktivität von Cäsium-137 (Minimal-, Maximal- und Mittelwerte) in Erzeugerproben seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 deutlich zurückgegangen ist. Die Größenachse in den Zeitreihen ist der besseren Darstellung wegen logarithmisch aufgeteilt.

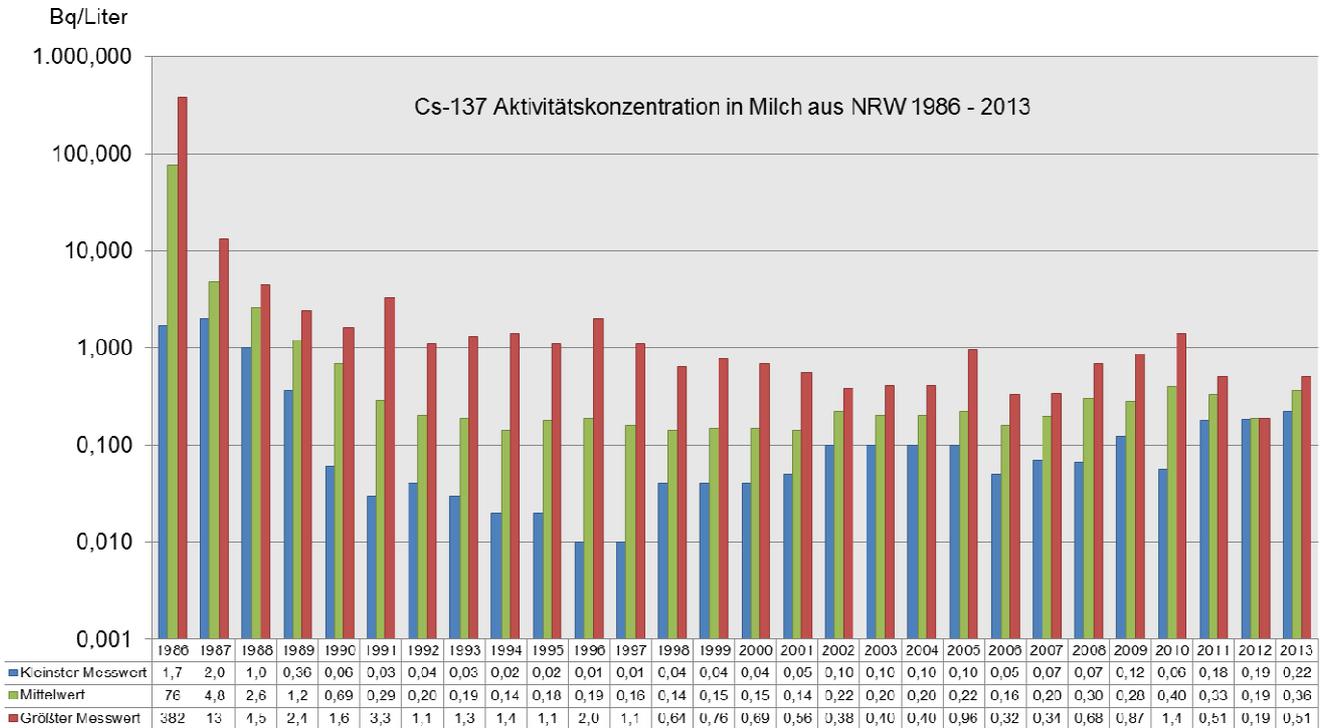


Abbildung 5.3: Cs-137 Aktivitätskonzentration in Milch aus NRW 1986 – 2013.

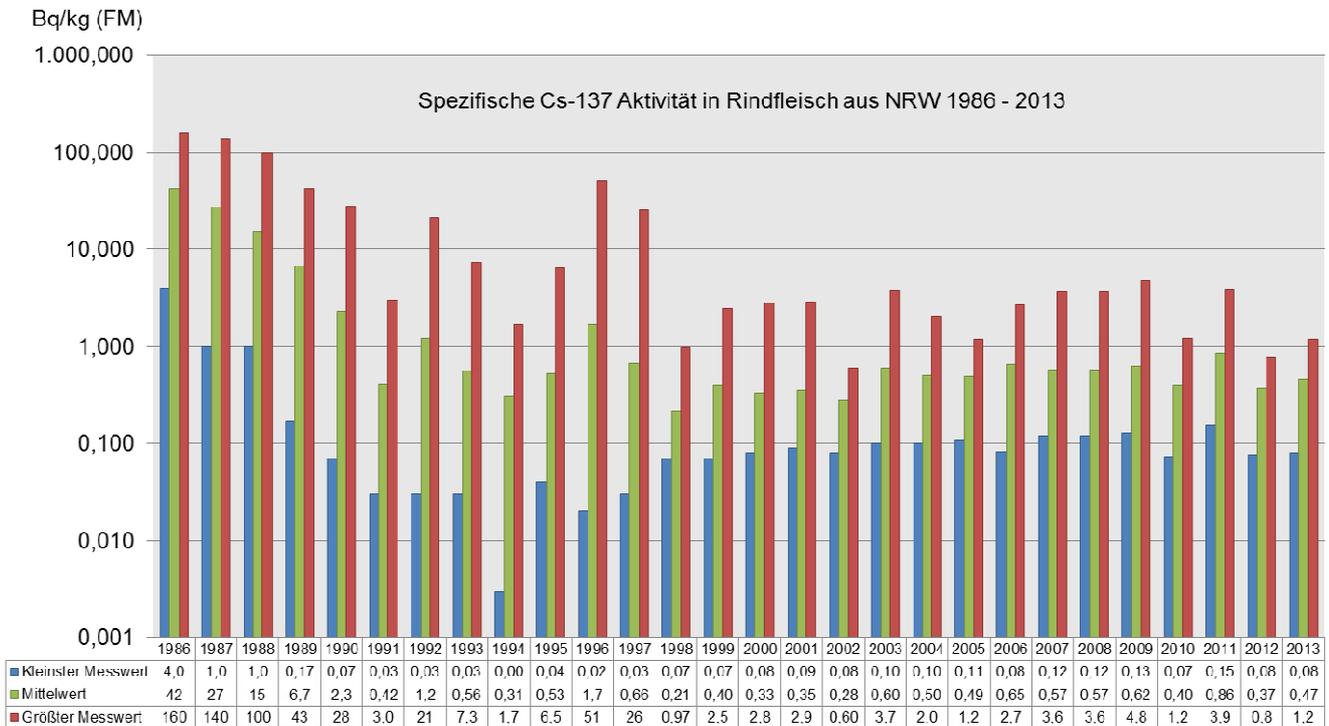


Abbildung 5.4: Spezifische Cs-137 Aktivität in Rindfleisch aus NRW 1986 - 2013

5.4. Wildpilze und Wildfleisch

Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen spielt Cäsium-137 durch Bearbeitungs- und Düngemaßnahmen als Kontaminant kaum noch eine Rolle, da es dort fest an Bodenbestandteile gebunden wird und den Wurzeln praktisch nicht zur Verfügung steht. Damit ist es auch in den landwirtschaftlich erzeugten pflanzlichen und tierischen Lebens- und Futtermitteln nahezu bedeutungslos geworden.

Hingegen kann die Radiocäsium-Belastung von Wildpilzen und Wildfleisch derzeit noch höher sein, denn in Waldökosystemen bildet sich, aufgrund des dort herrschenden Kaliummangels und der sauren Böden ein Kreislauf des Radiocäsiums aus, der in der Zersetzungszone im Waldboden, der Humusschicht (in ca. 5-7 cm Tiefe) zu einer Anhäufung des Radiocäsiums führt, und darüber hinaus für Flachwurzeln und das Pilzmyzel dort leicht verfügbar ist. Das Cäsium-137 wird also solange im Kreislauf verbleiben, bis es zu einem vernachlässigbaren Rest zerfallen ist.

Die regional sehr unterschiedliche Cäsium-137-Kontamination der Waldpflanzen führt zwangsläufig zu einer ebenfalls regional sehr unterschiedlichen Belastung des Wildbrets. Im Herbst, in der Mästphase für den Winter, in der die Tiere auch verstärkt Pilze aufnehmen, ist die spezifische Aktivität am höchsten. Generell gilt, dass Schwarzwild bezüglich der Radiocäsiumkontamination heute die als kritisch einzustufende Tierart ist. Dies kommt u.a. daher, dass Wildschweine ihre Nahrung (z.B. in Form des hochbelasteten Hirschtrüffels) vermehrt in der Humusschicht suchen.



Abbildung 5.5: Maronen-Röhrling

Wildwachsende Pilze entnehmen ihre Nährstoffe ebenfalls aus der Humusschicht, so dass es auch bei diesen zu einer verstärkten Anreicherung des Radiocäsiums kommen kann. Es hat sich gezeigt, dass hier neben der örtlichen Bodenkontamination sortenspezifische Eigenschaften starken Einfluss auf die Höhe der Belastung haben.

Im Frühjahr bzw. Herbst werden Sondermessungen an den beiden Lebensmittelgruppen Wildfleisch und essbare wildwachsende Pilze durchgeführt. Tabelle 5.11 zeigt die Ergebnisse für wildwachsende Pilze aus NRW.

Tabelle 5.11: Spezifische Aktivitäten in wildwachsenden Pilzen aus NRW, 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Birkenpilz (<i>Leccinum scabrum</i>)	Cs 137	1	0	5,7	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	74	-	-	
Blauer Lacktrichterling (<i>Laccaria amethystina</i>)	Cs 137	1	0	25	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	364	-	-	
Butterpilz (<i>Suillus luteus</i>)	Cs 137	1	0	0,4	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	88	-	-	
Edel-Reizker (<i>Lactarius deliciosus</i>)	Cs 137	1	0	6,5	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	57	-	-	
Frauentäubling (<i>Russula cyanoxantha</i>)	Cs 137	1	0	7,5	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	159	-	-	
Goldtäubling (<i>Russula aurata</i>)	Cs 137	1	0	5,5	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	103	-	-	
Hallimasch (<i>Armillariella mellea</i>)	Cs 137	5	0	2,6	13	6,4	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	50	269	148	
Herkuleskeule (<i>Clavaria fistulosa</i>)	Cs 137	1	0	0,7	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	93	-	-	
Krause Glucke (<i>Sparassis crispa</i>)	Cs 137	5	0	2,3	13	8,0	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	84	151	113	
Maronenröhrling (<i>Xerocomus badius</i>)	Cs 137	10	0	3,4	162	43	Bq/kg(FM)
	K 40	10	0	86	205	110	
Parasolpilz (<i>Macrolepiota procera</i>)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	202	-	-	
Pfifferling (<i>Cantharellus cibarius</i>)	Cs 137	2	0	0,8	41	21	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	94	232	163	
Rauchbl. Schwefelkopf (<i>Hypholoma capnoides</i>)	Cs 137	1	0	1,32	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	83	-	-	
Schwefelporling (<i>Lätiporus sulphureus</i>)	Cs 137	1	0	1,13	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	169	-	-	
Speisetäubling (<i>Russula vesca</i>)	Cs 137	2	0	1,8	4,9	3,3	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	75	115	95	
Steinpilz (<i>Boletus edulis b. ärens, b. pinicola, b. ästivalis</i>)	Cs 137	8	1	6	66	19	Bq/kg(FM)
	K 40	8	0	62	175	131	
Waldchampignon (<i>Agaricus silvaticus</i>)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	42	-	-	
Waldfreundrübling (<i>Collybia dryophila</i>)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	48	-	-	
Wildpilzmischungen	Cs 137	5	1	0,6	2,1	1,3	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	57	121	77	
Anmerkung:	NWG = Erzielte Nachweisgrenze FM = Feuchtmasse						

In der Europäischen Union ist es nicht erlaubt, Lebensmittel in den Verkehr zu bringen, wenn der Höchstwert für Radiocäsium von 600 Bq/kg (370 Bq/kg bei Milch und Milcherzeugnisse sowie bei Kleinkindernahrung) überschritten wird. Dieser nach EG-Verordnung 733/2008/EG für Importware geltende Höchstwert wird auch auf Inlandprodukte sinngemäß angewendet. Tabelle 5.12 zeigt die Ergebnisse von Cs-137 Messungen an Wildfleisch.

Tabelle 5.12: Spezifische Aktivitäten in Wildfleisch 2013

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Fleischteilstück Hauskaninchen, auch tiefgefroren	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Hirsch, auch tiefgefroren	Cs 137	2	1	0,36	-	-	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Reh, auch tiefgefroren	Cs 137	1	0	0,55	-	-	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Wildschwein, auch tiefgefroren	Cs 137	70	8	0,88	1430	168	Bq/kg(FM)
Fleischteilstücke Fohlen/Pferd auch tiefgefroren	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>FM</i>	<i>= Feuchtmasse</i>					

Da in den letzten Jahren in der Senne und angrenzenden Gebieten vermehrt Wildschweine mit erhöhten Radiocäsiumgehalten beobachtet wurden, werden seither alle im Zeitraum Januar bis Mai erlegten Wildschweine aus diesem Gebiet auf radioaktive Belastung untersucht. Im Berichtsjahr 2013 wurden 3 Proben festgestellt, deren Werte oberhalb des o.g. Grenzwertes lagen (Tabelle 5.13).

Tabelle 5.13: Wildschweinproben aus NRW mit Cs-137-Grenzwertüberschreitung, 2013

Probenart	Probenahme-datum	Radionuklid	Messwert	Maßeinheit
Fleischteilstück Wildschwein, auch tiefgefroren	02.01.2013	Cs 137	782	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Wildschwein, auch tiefgefroren	28.01.2013	Cs 137	1060	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Wildschwein, auch tiefgefroren	21.01.2013	Cs 137	1430	Bq/kg(FM)

5.5. Trink- und Grundwasser, Oberirdische Gewässer

Die Radionuklidbestimmungen an Trinkwasser erstrecken sich auf 5 Wasserwerke, die ungeschützte Rohwässer (Oberflächenwasser, Uferfiltrat) und 5 Wasserwerke, die geschütztes Rohwasser (Grundwasser aus Tiefbrunnen) zu Trinkwasser verarbeiten. Diejenigen Wasserwerke, welche geschütztes Rohwasser verarbeiten, werden halbjährlich, diejenigen, welche ungeschütztes Rohwasser verarbeiten, werden vierteljährlich beprobt. Grundwasser wird aus 5 Brunnen entnommen und halbjährlich beprobt.

In allen Wasserproben lagen die ermittelten Werte für Cäsium-137, Strontium-90 und Alphastrahler unterhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenzen (Tabellen 5.14 und 3.1).

Die Ermittlung der Radioaktivität in oberirdischen Gewässern erstreckt sich auf die Untersuchungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben. Wasser aus sechs Fließgewässern wird kontinuierlich und aus sechs Talsperren diskontinuierlich beprobt. Schwebstoffe werden aus vier Fließgewässern und zwei Talsperren entnommen. Die Sedimentproben stammen aus vier Talsperren, zwei Bühnenfeldern, drei Hafeneinfahrten und drei Stauhaltungen. Dabei sind auch Rückstände des Iod-131 aus der Radiojodtherapie nachweisbar (Tabelle 5.15).

5.6. Abfälle und Abwässer

In NRW werden im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) auch Abwässer und Klärschlamm aus zehn Kläranlagen, Sickerwasser und deponienahes Grundwasser von fünf Hausmülldeponien, Verbrennungsrückstände (Filterasche, Schlacke, feste Rückstände und Waschwasser aus der Rauchgasreinigung) aus vier Müllverbrennungsanlagen und Kompost von einer Kompostierungsanlage untersucht. Nennenswerte spezifische Cäsium-137 Aktivitäten finden sich nur noch in den festen Endprodukten der jeweiligen Verarbeitungs- bzw. Beseitigungsanlagen. Dies sind Klärschlamm aus der Kläranlage, Filterasche, Schlacke und Rückstände aus der Rauchgaswäsche von Müllverbrennungsanlagen und der Kompost aus der Kompostierungsanlage. Die spezifischen Cäsium-137 Aktivitäten der wässrigen Produkte liegen unterhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenze (Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen). Auch in den Proben aus Kläranlagen sind Rückstände des Iod-131 aus der Radiojodtherapie nachweisbar (Tabelle 5.16).

Tabelle 5.14: Aktivitätskonzentrationen in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen, NRW 2013

Probenart	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Grundwasser (nicht zur Trinkwassergewinnung)	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/l
	K 40	4	0	0,10	0,17	0,13	
	Sr 90	2	2	-	-	-	
	H 3	2	2	-	-	-	
Rohwasser, geschützt, aus Grund- und Tiefenwasser	Cs 137	8	8	-	-	-	Bq/l
	K 40	8	7	0,13	-	-	
	Sr 90	2	2	-	-	-	
	H 3	3	3	-	-	-	
	Am 241			-	-	-	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	3	3	-	-	-	
	U 234	4	1	0,0007	0,0055	0,0038	
	U 235	4	4	-	-	-	
U 238	4	2	0,0017	0,0020	0,0018		
Rohwasser, ungeschützt, aus Oberflächenwasser	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/l
	K 40	6	2	0,03	0,25	0,13	
	Sr 90	2	0	0,0020	0,0034	0,0027	
	H 3	2	2	-	-	-	
	Am 241	3	3	-	-	-	
	Pu 238	3	3	-	-	-	
	Pu 239/240	3	3	-	-	-	
	U 234	3	1	0,0088	0,0171	0,0130	
	U 235	3	3	-	-	-	
U 238	3	1	0,0055	0,0143	0,0099		
Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen	Cs 137	25	25	-	-	-	Bq/l
	K 40	25	11	0,03	1,17	0,16	
	Sr 90	4	0	-	-	-	
	H 3	4	4	-	-	-	
	Am 241	6	6	-	-	-	
	Pu 238	6	6	-	-	-	
	Pu 239/240	6	6	-	-	-	
	U 234	6	2	0,0058	0,0172	0,0113	
	U 235	6	6	-	-	-	
U 238	6	2	0,0051	0,0149	0,0095		
Reinwasser aus Mischrohwasser	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/l
	K 40	6	5	0,13	-	-	
Anmerkung:	NWG	= Erzielte Nachweisgrenze					

Tabelle 5.15: Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoffen und Sedimenten aus Flüssen und Seen NRW 2013

Umweltbereich	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Wasser in Fließgewässern	Cs 137	20	19	0,0009	-	-	Bq/l
	I 131	16	16	-	-	-	
	K 40	20	0	0,10	0,41	0,21	
	Sr 90	4	0	0,0010	0,0020	0,0015	
	H 3	20	20	-	-	-	
	Am 241	8	8	-	-	-	
	Pu 238	8	8	-	-	-	
	Pu 239/240	8	8	-	-	-	
	U 234	8	0	0,0089	0,0122	0,0110	
	U 235	8	8	-	-	-	
U 238	8	0	0,0064	0,0102	0,0080		
Schwebstoff in Fließgewässern	Cs 137	16	0	3,4	23	9,3	Bq/kg(TM)
	I 131	15	10	2,0	18	8	
	K 40	16	0	256	1010	540	
Sediment in Fließgewässern	Cs 137	24	0	0,43	14	6,6	Bq/kg(TM)
	I 131	23	21	0,7	10	5,3	
	K 40	24	0	380	767	539	
Wasser in stehenden Gewässern	Cs 137	28	28	-	-	-	Bq/l
	I 131	26	26	-	-	-	
	K 40	28	18	0,050	0,210	0,097	
	Sr 90	4	1	0,002	0,026	0,011	
	H 3	28	27	4,8	-	-	
Schwebstoffe in stehenden Gewässern	Cs 137	8	4	11,2	22	14	Bq/kg(TM)
	I 131	7	7	-	-	-	
	K 40	8	0	460	660	578	
Sedimente in stehenden Gewässern	Cs 137	24	0	2,86	257	40	Bq/kg(TM)
	I 131	24	24	-	-	-	
	K 40	24	0	253	1010	566	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

Tabelle 5.16: Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifische Aktivitäten in Abfällen und Abwässern NRW 2013

Umweltbereich	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Abwasser aus Kläranlagenablauf	Cs 137	38	38	-	-	-	Bq/l
	I 131	38	26	0,08	1,16	0,33	
	K 40	38	31	0,58	5,93	1,92	
	Sr 90	4	2	0,022	0,050	0,036	
	Pu 238	3	3	-	-	-	
	Pu 239/240	3	3	-	-	-	
	U 234	3	0	0,0043	0,0101	0,0062	
	U 235	3	3	-	-	-	
	U 238	3	1	0,0034	0,0067	0,0051	
Klärschlamm	Cs 137	40	7	0,58	5,2	2,5	Bq/kg(TM)
	I 131	38	2	0,7	442	70	
	K 40	40	0	38	710	187	
	Sr 90	4	1	1,3	27,9	10,8	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	4	4	-	-	-	
	U 234	4	0	34	66	46	
	U 235	4	0	1,4	2,0	1,6	
U 238	4	0	28	44	34		
Filterstaub, Filterasche	Cs 137	6	0	5,1	67	32	Bq/kg(TM)
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	6	0	1170	3600	1968	
Kesselasche, Schlacke	Cs 137	6	0	0,30	1,0	0,74	Bq/kg(TM)
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	6	0	191	590	302	
Feste Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	6	4	0,9	2,3	1,6	Bq/kg(TM)
	I 131	6	3	6,8	78	33	
	K 40	6	1	6,1	153	51	
Flüssige Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/l
	I 131	4	2	10,3	12,2	11,3	
	K 40	4	0	9,6	16,6	13,8	
Sicker- und Grundwasser	Cs 137	6	4	0,100	0,110	0,105	Bq/l
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	6	0	7,5	57	27	
	H 3	6	0	6,2	72	39	
Kompost	Cs 137	8	0	2,6	11	6,5	Bq/kg(TM)
	I 131	8	8	-	-	-	
	K 40	8	0	321	720	495	
<i>Anmerkung:</i>	<i>NWG</i>	<i>= Erzielte Nachweisgrenze</i>					
	<i>TM</i>	<i>= Trockenmasse</i>					

5.7. In-situ-Messungen

Der Einsatz von mobilen Messsystemen direkt vor Ort (lat.: in situ), erlaubt einen schnellen Überblick über den Gehalt an natürlichen und künstlichen radioaktiven Stoffen in und auf dem Boden. Die In-situ-Gammaspektrometrie ist ein in der Überwachung der Umweltradioaktivität routinemäßig eingesetztes Messverfahren. Es liefert innerhalb kürzester Zeit verfügbare Ergebnisse, die mittels Mobilfunk direkt vom Gelände aus, zusammen mit den exakten geographischen Positionsangaben an die zuständige Bundesleitstelle übermittelt werden.



Abbildung 5.6: In-situ-Messung an einer ODL Station auf einem Gelände des THW.

Abbildung 5.6 zeigt das Messsystem bestehend aus dem tragbaren Gammadetektor inklusive Stickstoffkühlung und Elektronikoffer, aufgebaut auf einem Stativ direkt neben einer ortsfesten Gamma-ODL-Sonde des BfS. Im Messbus befindet sich der PC zur Auswertung des Gammapektrums. Tabelle 5.17 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer solchen In-situ-Messung mit den typischerweise auftretenden Radionukliden. Hierbei wird deutlich, dass die natürlichen Radionuklide in der Summe einen weitaus größeren Anteil zu der Gamma-Ortsdosisleistung beitragen als das künstliche Cs-137 (siehe auch Abbildung 5.8). Die Aktivitäten der natürlichen Nuklide können nach einem Niederschlag erhöht sein, da sie aus der Atmosphäre ausgewaschen werden und mit dem Regen oder Schnee auf die Bodenoberfläche gelangen. Es können auch weitere natürliche Nuklide hinzukommen, wie z.B. das Beryllium-7 welches durch kosmische Strahlung in der Atmosphäre gebildet und von dort ausgewaschen wird.

Tabelle 5.17: Beispielhaftes Spektrum einer In-situ-Gammaspektrometrie mit den Radionukliden, deren Aktivität oberhalb der Nachweisgrenze lag.

Radionuklid	Dosisleistung [$\mu\text{Sv/h}$]	Flächenaktivität [kBq/m ²]	Ursprung
K 40	0,0085	21,10	natürlich
Pb 214	0,0006	0,79	natürlich (Tochternuklide aus der U-238-Zerfallsreihe)
Bi 214	0,0040	1,06	
Ac 228	0,0024	1,00	natürlich (Tochternuklide aus der Th-232-Zerfallsreihe)
Pb 212	0,0007	0,93	
Bi 212	0,0002	0,81	
Tl 208	0,0029	0,35	künstlich (Tschernobyl-Fallout)
Cs 137	0,0005	0,30	

An 170 Standorten in Nordrhein-Westfalen unterhält das Bundesamt für Strahlenschutz auf öffentlichen Wiesenflächen stationäre Messsonden (ODL-Messnetz), von denen kontinuierlich Messdaten der Gamma-Ortsdosisleistung abgerufen werden. 75 dieser Standorte wurden zur Ergänzung und Optimierung der ODL-Daten für zusätzliche In-situ-Messungen festgelegt. Jährlich wird zyklisch ein Drittel dieser Standorte vom In-situ-Messfahrzeug NRW angefahren.

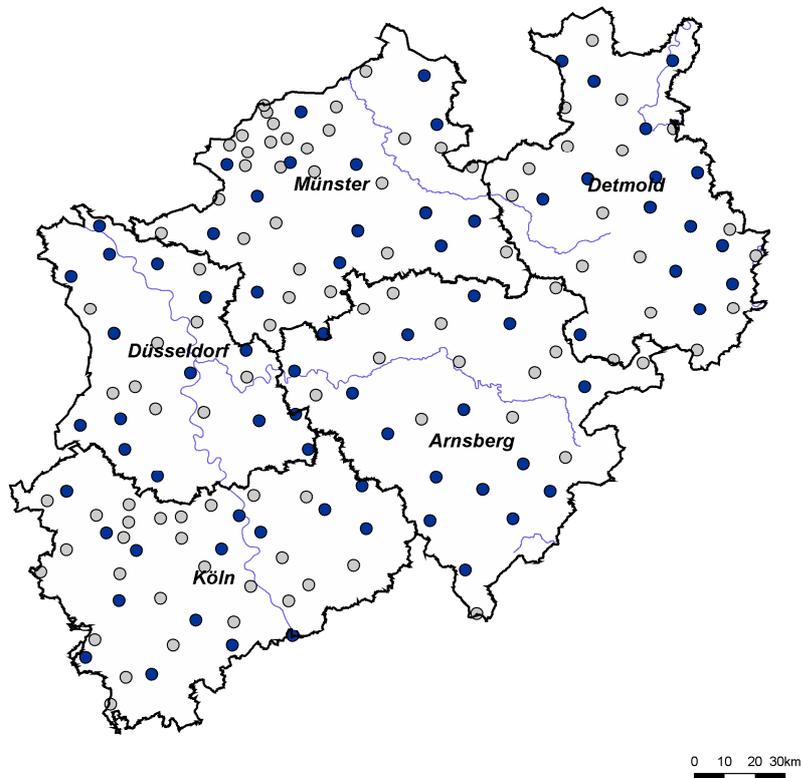


Abbildung 5.7: Übersichtskarte der 75 In-situ-Messpunkte (dunkelblau) an ausgewählten Standorten von ODL-Messsonden (hellgrau) für die In-situ-Messungen in NRW.

Während die Ortsdosisleistung aus den natürlichen Radionukliden von den unterschiedlichen Gegebenheiten der geologischen Erdformationen an den Messorten bestimmt wird, hängt die Ortsdosis aus den künstlichen Radionukliden stark von den meteorologischen Bedingungen zum Zeitpunkt ihrer Freisetzung ab (Durchzug der radioaktiven Wolke, Dauer und Intensität des zeitgleichen Niederschlages). Den wesentlichen Beitrag an künstlicher Radioaktivität in der Umwelt liefert das durch den Reaktorunfall in Tschernobyl freigesetzte Cäsium-137.

Die folgende Karte zeigt die aus den Aktivitätsmesswerten berechneten Dosisleistungen in Micro-Sievert pro Stunde [$\mu\text{Sv/h}$] (Messwerte oberhalb der Nachweisgrenze) des Jahres 2013 in Nordrhein-Westfalen für das künstliche Radionuklid Cäsium-137 und für einige natürliche Radionuklide (Abbildung 5.8).

Ebenfalls sind in den Karten die 170 ODL-Messstellen als Punkte dargestellt, deren Farbkodierungen den lokalen Mittelwert der unspezifischen Ortsdosisleistung wiedergeben. Die tagesaktuellen Ergebnisse der ODL-Messungen werden online vom Bundesamt für Strahlenschutz auf der Internetseite <http://odlinfo.bfs.de/> bereitgestellt.

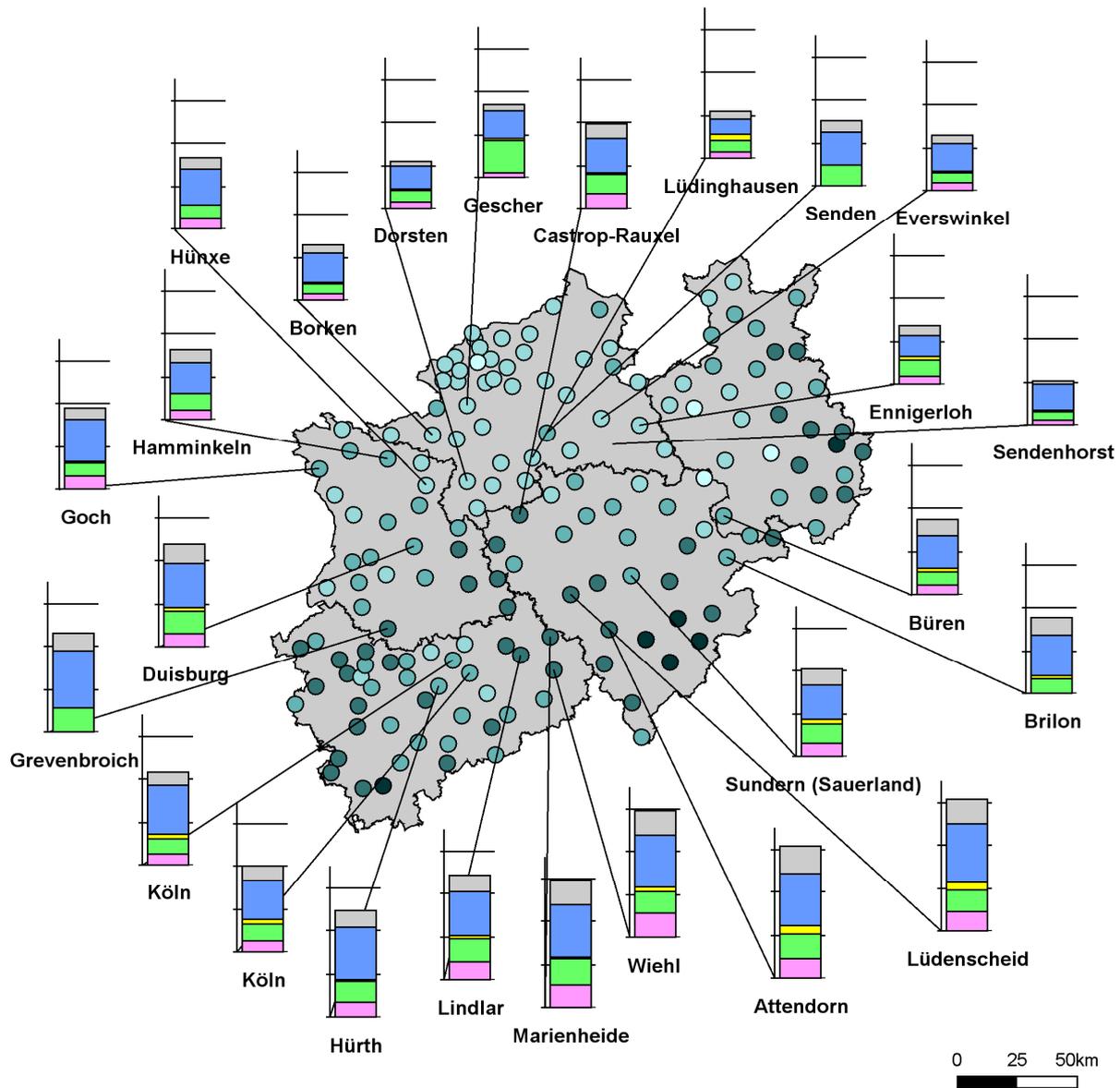


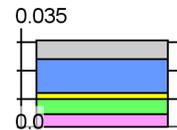
Abbildung 5.8:

Die Kartendiagramme zeigen die Beiträge zur Gamma-Ortsdosisleistung von einer Auswahl an Radionukliden, darunter die natürlichen Nuklide Ac-228, Bi-214, K-40, Tl-208, sowie das künstliche Nuklid Cs-137. Die Daten wurden im Jahr 2013 an 25 Orten in NRW mittels halbstündiger Insitu-Messungen erhoben.

Die Punkte kennzeichnen die Messstellen, an denen die Gamma-Ortsdosisleistungen (ODL) durch die ortsfesten BfS-eigenen Gamma-ODL-Sonden kontinuierlich aufgezeichnet werden. Die Farbskala zeigt die Höhe der ODL-Mittelwerte an.

Legende

Nuklidspezifisch
Messwert [$\mu\text{Sv/h}$]



Nuklidspezifisch

- Ac 228
- Bi 214
- Cs 137
- K 40
- Tl 208

Skalierung: linear

ODL
24 Stunden - Mittelwerte
Messwert [$\mu\text{Sv/h}$]

- [0,05 ; 0,06) (4)
- [0,06 ; 0,08) (59)
- [0,08 ; 0,1) (55)
- [0,1 ; 0,11) (43)
- [0,11 ; 0,12] (6)

Regierungsbezirke
Nordrhein-Westfalen

6. Glossar

Aktivität

Zahl der je Sekunde sich in einem radioaktiven Stoff umwandelnden \rightarrow Atomkerne. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq). Früher übliche Einheit war das Curie (Ci). Kurzzeichen: Ci, $1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} = 37$ Milliarden Bq

Aktivität, spezifische

Verhältnis der Aktivität eines Stoffes zur Masse des Stoffes, in dem das \rightarrow Radionuklid verteilt ist (Einheit Bq/kg).

Aktivitätskonzentration

Verhältnis der Aktivität eines Stoffes zum Volumen des Stoffes (Einheit Bq/l)

Aktivitätszufuhr

Die durch Mund oder Nase (Ingestion bzw. Inhalation) oder durch die Haut in den Körper gelangte Menge radioaktiver Stoffe.

Alphastrahlung

Strahlung radioaktiver Stoffe, die aus \rightarrow Alphateilchen besteht. Die Energie der Alphateilchen ist spezifisch für den Atomkern von dem sie stammen. Alphastrahlung ist die am wenigsten durchdringende Strahlung der vier Strahlungsarten (Alpha- Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlung). Sie wird schon durch ein Blatt Papier absorbiert und ist nur dann gefährlich, wenn die Alphastrahler eingeatmet oder mit der Nahrung aufgenommen werden oder in Wunden gelangen.

Alphateilchen

Bei bestimmten radioaktiven Zerfällen ausgesandtes, positiv geladenes Teilchen. Es besteht aus Heliumkern (zwei \rightarrow Neutronen und zwei \rightarrow Protonen).

Alphazerfall

Radioaktive Umwandlung, bei der ein \rightarrow Alphateilchen emittiert wird. Beim Alphazerfall nimmt die Ordnungszahl um zwei Einheiten und die Massenzahl um vier Einheiten ab.

Angeregter Zustand

Zustand eines \rightarrow Atoms oder \rightarrow Atomkerns mit einer höheren Energie, als im Grundzustand. Die Überschussenergie wird im Allgemeinen als \rightarrow Gammaquant abgegeben.

Äquivalentdosis

Produkt aus der \rightarrow Energiedosis (absorbierte Dosis, Einheit: Gray, $\text{Gy} = \text{Joule/kg}$) im Standard-Weichteilgewebe und einem \rightarrow Qualitätsfaktor. Bei Kombination mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die Äquivalentdosis die Summe ihrer ermittelten Einzelbeiträge. Einheit ist das Sievert (Sv) früher das Rem $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

Atom

Das kleinste Teilchen eines Elementes, das auf chemischem Wege nicht weiter teilbar ist. Es besteht aus einem \rightarrow Atomkern und einer Hülle von \rightarrow Elektronen. Der Durchmesser beträgt ungefähr ein hundertmillionstel Zentimeter (10^{-8} cm).

Atomgewicht

Relativzahl für die Masse eines \rightarrow Atoms. Die Grundlage der Einheit ist das Kohlenstoffatom, dessen Kern aus 6 \rightarrow Protonen und 6 \rightarrow Neutronen besteht. Ihm wurde das Atomgewicht 12 zugeteilt. Somit ist die Atomgewichtseinheit $1/12$ des Gewichtes des Kohlenstoff 12.

Atomkern

Der positiv geladene Kern eines \rightarrow Atoms. Sein Durchmesser beträgt einige 10^{-13} cm , das ist rund $1/100.000$ des Atomdurchmessers. Er enthält fast die gesamte Masse des Atoms. Er besteht aus \rightarrow Protonen und \rightarrow Neutronen. Die Anzahl der Protonen bestimmt die Kernladungs- oder Ordnungszahl Z, die Summe der Protonen und Neutronen ergibt die Massenzahl M des Kernes.

Becquerel

Einheit der \rightarrow Aktivität eines radioaktiven Stoffes

Beschleuniger

Gerät zum Beschleunigen von geladenen Elementarteilchen (z.B. →Elektronen, →Protonen, →Ionen). Bei Kollisionen dieser Teilchen mit Atomkernen bei hoher Bewegungsenergie können Kernreaktionen ablaufen, bei denen als Produkt radioaktive Stoffe entstehen.

Betastrahlung

Strahlung von radioaktiven Stoffen, die aus →Elektronen besteht. Die Energie ist kontinuierlich bis zu einer Maximalenergie verteilt. Betastrahlen werden bereits durch geringe Schichtdicken (z.B. 2 cm Kunststoff oder 1 cm Aluminium) absorbiert. Beispiele für reine Betastrahler sind Strontium-90 (→ Strontium-90-Bestimmung) und Tritium (→ H³-Bestimmung)

Betateilchen

→Elektron (negative Ladung) oder dessen Antiteilchen →Positron (positive Ladung), das von einem Atomkern oder Elementarteilchen beim Betazerfall ausgesandt wird.

Betazerfall

Radioaktive Umwandlung unter Emission eines →Betateilchens

Bodenstrahlung

Strahlung, die von radioaktiven Ablagerungen im Boden ausgeht (→Strahlung, terrestrisch)

Bq

Kurzzeichen für →Becquerel als Einheit für die Aktivität (1Bq = 1 Zerfall pro Sekunde)

Ci

Kurzzeichen für →Curie als alte Einheit für die →Aktivität (1 Ci = 37.000.000.000 Bq)

Dekontamination

Beseitigung oder Verminderung einer →Kontamination

Dosimetrie

Messverfahren zur Bestimmung der durch ionisierende Strahlung in Materie erzeugten →Ionen-, →Energie- oder →Äquivalentdosis

Dosis

Äquivalentdosis, →Dosis, effektive, →Körperdosis, →Organdosis, →Ortsdosis, →Personendosis

Dosis, effektive

Summe der gewichteten →Organdosen in den Geweben oder Organen des Körpers. Wichtungsfaktoren sind die Strahlenempfindlichkeit sowie die Speicherfähigkeit des Organs für den radioaktiven Stoff.

Dosis, genetisch signifikante

Die genetisch signifikante Dosis ist definiert als die Summe der mit einem genetischen Wichtungsfaktor multiplizierten Werte der Keimdrüsendosen aller Angehörigen einer Bevölkerungsgruppe, dividiert durch deren Anzahl. Dabei ist im genetischen Wichtungsfaktor die mittlere Kindererwartung der strahlenexponierten Personen in Abhängigkeit vom Alter berücksichtigt.

Dosis-Wirkungs-Beziehung

Beziehung zwischen der →Energie- oder →Äquivalentdosis und der daraus resultierenden →Strahlenwirkung

Dosisfaktor

Wirksamkeitsfaktor eines radioaktiven Stoffes zur Ermittlung der →Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe. Der Dosiskoeffizient ist abhängig vom →Radionuklid (effektive Halbwertszeit, Strahlungsart, Zielorgan), von der Inkorporationsart (Inhalation/ Ingestion), von der chemischen Verbindung des Radionuklids (löslich/unlöslich), sowie vom Alter der Person.

Dosisgrenzwert

Gesetzlich vorgeschriebene Obergrenze einer Dosis für die Exposition beruflich oder nicht beruflich strahlenexponierter Personen. Für die Bevölkerung sind folgende Grenzwerte in der Strahlenschutzverordnung festgelegt.

- Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark: 0,3 mSv/Jahr
- alle anderen Organe: 0,9 mSv/Jahr
- Knochenoberfläche, Haut: 1,8 mSv/Jahr

Dosisleistung

Die Dosisleistung ist der Quotient aus der Dosis und der Zeit

Elektron

Negativ geladenes Elementarteilchen mit einer Ruhemasse von $9,1094 \times 10^{-31}$ kg (entspricht einer Ruheenergie von 511 keV), das ist 1/1836 der Protonenmasse. Elektronen umgeben den positiv geladenen →Atomkern und bestimmen das chemische Verhalten des Atoms.

Elektronvolt

In der Atom- und Kernphysik gebräuchliche Einheit der Energie. Ein Elektronvolt (eV) ist die von einem Elektron oder sonstigen einfach geladenen Teilchen gewonnene Bewegungsenergie beim Durchlaufen einer Spannungsdifferenz von 1 Volt im Vakuum.

Element

Chemischer Grundstoff, der sich auf chemischem Wege nicht mehr in einfachere Substanzen umwandeln lässt.

Elementarladung

Kleinste elektrische Ladungseinheit ($1,6021 \cdot 10^{-19}$ Coulomb). Die elektrische Ladung tritt nur in ganzzahligen Vielfachen dieser Einheit auf. Ein →Elektron besitzt eine negative, ein →Proton eine positive Elementarladung.

Elementarteilchen

Teilchen, die sich derzeit nicht als zusammengesetzt erkennen lassen.

Energiedosis

Gesamte absorbierte Strahlungsenergie in der Masseneinheit. Die Einheit der Energiedosis ist Gray (Gy) $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Joule durch Kilogramm (J/kg)}$

eV

Kurzbezeichnung für →Elektronvolt ($1 \text{ MeV} = 1000 \text{ keV} = 1\,000\,000 \text{ eV}$).

Expositionspfad

Weg der radioaktiven Stoffe von der Ableitung aus einer Anlage oder Einrichtung über einen Ausbreitungs- oder Transportvorgang bis zu einer →Strahlenexposition des Menschen.

Folgedosis, effektive

→Äquivalentdosis, die ein Organ oder Gewebe durch Inkorporation eines oder mehrerer Radionuklide während des folgenden Bezugszeitraumes erhält. (50-Jahre-Folgedosis = Dosis während eines Zeitraumes von 50 Jahren nach der Inkorporation)

Gammaquant

Energiequant kurzwelliger elektromagnetischer Strahlung, welches vom →Atomkern beim Übergang von einem höher in einen niedriger angeregten Energiezustand ausgesandt wird. Die Energien von Gammaquanten liegen gewöhnlich zwischen 0,01 und 10 MeV.

Gammaspektrum

Energieverteilung der →Gammaquanten eines →Radionuklids oder einer Mischung von Radionukliden, welches zu deren Identifizierung und Quantifizierung gemessen wird.

Gammastrahlung

Hochenergetische, kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die aus \rightarrow Gammaquanten besteht. Gammastrahlen sind sehr durchdringend und lassen sich am besten durch Materialien hoher Dichte (z.B. Blei) schwächen.

Ganzkörperdosis

Mittelwert der \rightarrow Äquivalentdosis über Kopf, Rumpf, Oberarme und Oberschenkel als Folge einer als homogen angesehenen Bestrahlung des ganzen Körpers.

Gray

Einheit der Energiedosis 1 Gray (Gy) = 1 Joule/Kilogramm; (frühere Einheit: Rad (rd); 1Gy = 100 rd)

Halbwertszeit, physikalische

Zeit, in der die Hälfte der Kerne eines \rightarrow Radionuklids zerfällt.

Halbwertszeit, biologische

Zeit, in der ein biologisches System, beispielsweise ein Mensch oder Tier, auf natürlichem Wege die Hälfte der aufgenommenen Menge eines bestimmten Stoffes aus dem Körper oder einem speziellen Organ ausscheidet.

Halbwertszeit, effektive (T_{eff})

Zeit, in der in einem biologischen System die Menge eines Radionuklids im Zusammenwirken von physikalischer (T_{phys}) und biologischer (T_{biol}) Halbwertszeit auf die Hälfte abnimmt.
Berechnung von $T_{\text{eff}} = (T_{\text{phys}} \cdot T_{\text{biol}}) / (T_{\text{phys}} + T_{\text{biol}})$

Ingestion

Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Nahrungsmittel und Trinkwasser

Inhalation

Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Einatmen

Inkorporation

Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Organismus durch Inhalation und Ingestion

Ionendosis

Gesamte in Luft pro Masseneinheit durch \rightarrow ionisierende Strahlung erzeugte elektrische Ladung. Die Einheit der Ionendosis ist Coulomb pro Kilogramm (C/kg). Bis Ende 1985 wurde die Einheit Röntgen (Kurzzeichen: R) verwendet. 1 Röntgen = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg.

Ionendosisleistung

Die in einer bestimmten Zeit abgegebene \rightarrow Ionendosis dividiert durch die Zeitdauer. Die Einheit ist Ampere pro Kilogramm (A/kg), wobei A = C/s. Bis Ende 1985 wurde die Einheit Röntgen/Stunde (R/h) verwendet. 1 R/h = $7,17 \cdot 10^{-8}$ A/kg.

Ionisation

Aufnahme oder Abgabe von \rightarrow Elektronen durch \rightarrow Atome oder Moleküle, die dadurch in \rightarrow Ionen umgewandelt werden. Hohe Temperaturen, elektrische Entladungen und energiereiche Strahlung können zur Ionisation führen.

Ion

Elektrisch geladenes atomares oder molekulares Teilchen, das aus einem neutralen \rightarrow Atom oder Molekül durch Abspaltung oder Anlagerung von \rightarrow Elektronen oder durch elektrolytische Dissoziation von Molekülen in Lösungen entstehen kann.

Isotope

\rightarrow Atome derselben Kernladungszahl (d.h. desselben chemischen \rightarrow Elementes), jedoch unterschiedlicher Neutronenzahl.

Körperdosis

Sammelbegriff für →Organdosis und effektive →Dosis. Die Körperdosis für einen Bezugszeitraum (z.B. Kalenderjahr, Monat) ist die Summe aus der durch äußere Strahlenexposition während dieses Bezugszeitraums erhaltenen Dosis und der →Folgedosis, durch eine →Aktivitätszufuhr während dieses Bezugszeitraums.

Kontamination Verunreinigung mit radioaktiven Stoffen, bei der eine Weiterverbreitung der radioaktiven Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann.

Kontrollbereich

Bereich, in dem Personen infolge des Umgangs mit radioaktiven Stoffen oder des Betriebs von Anlagen zur Erzeugung ionisierender →Strahlen durch äußere oder innere →Strahlenexposition im Kalenderjahr eine effektive →Dosis von mehr als 6 mSv oder höhere →Organdosen für die Augenlinse von mehr als 45 mSv oder für die Haut, Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel von mehr als 150 mSv erhalten können.

Lineare Energieübertragung

Energieabgabe eines ionisierenden Teilchens an die durchstrahlte Materie. Der lineare Energieübertrag wird in keV/μm (→eV) angegeben (→Qualitätsfaktor).

Neutron

Kernbaustein bestehend aus zwei "down"- und einem "up"-→Quarks

Nukleon

Gemeinsame Bezeichnung für →Proton und →Neutron.

Nukleonenzahl

Anzahl der →Protonen und →Neutronen (→Nukleonen) in einem →Atomkern. Die Nukleonenzahl des ²³⁸U ist 238 bestehend aus 92 Protonen und 146 Neutronen.

Nuklid

Eine durch seine Protonenzahl, Neutronenzahl und seinen Energiezustand charakterisierte Atomart. Es sind etwa 2500 verschiedene Nuklide bekannt, die sich auf die 111 zurzeit bekannten Elemente verteilen. Davon sind über 2200 Nuklide radioaktiv (→Radionuklide).

Organdosis

→Äquivalentdosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil. Bei Kombination mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die gesamte Organdosis die Summe der Einzelbeiträge durch äußere oder innere →Strahlenexposition.

Ortsdosis

→Äquivalentdosis, gemessen an einem bestimmten Ort.

Ortsdosisleistung

In einer bestimmten Zeit erzeugte →Ortsdosis, dividiert durch die Zeitdauer.

Paarbildung

Wechselwirkung von energiereicher elektromagnetischer Strahlung mit Materie. Ist die Energie der Strahlung größer als 1,02 MeV, besteht die Möglichkeit zur Erzeugung eines →Elektron-→Positron-Paares (Materialisation von Energie).

Personendosis

→Äquivalentdosis, gemessen an einer für die →Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche.

Photo-Effekt

Wechselwirkung von Röntgen- und →Gammastrahlung mit Materie. Das Röntgen- oder →Gammaquant überträgt seine Energie an ein Hüllelektron des →Atoms. Das →Elektron erhält hierbei Bewegungsenergie, die gleich der Energie des Quants, vermindert um die Bindungsenergie des Elektrons ist.

Positron

Positiv geladenes Antiteilchen des \rightarrow Elektrons

Proton

Kernbaustein bestehend aus zwei "up"- und einem "down"- \rightarrow Quarks

Photon

Energiequant der elektromagnetischen Strahlung. Die Ruhemasse des Photons ist Null. Es hat keine elektrische Ladung.

Qualitätsfaktor

Wichtungsfaktor zur Ermittlung der \rightarrow Äquivalentdosis, der die Einflüsse Strahlungsart und -energie (Strahlungsqualität) auf die biologische Wirksamkeit der Strahlung (\rightarrow Strahlenwirkung) berücksichtigt. Für \rightarrow Photonen und \rightarrow Elektronen aller Energien hat der Qualitätsfaktor den Wert $Q = 1$.

Quarks

Elementarteilchen, die durch Gluonen verbunden, Bausteine von Neutron und Proton sind

Radionuklide, kurzlebige

Radioaktive \rightarrow Atomkerne mit einer Halbwertszeit bis zu 100 Tagen

Radionuklide, langlebige

Radioaktive \rightarrow Atomkerne mit einer Halbwertszeit von mehr als 100 Tagen

Radioaktivität

Doppeldeutig: Potenzial instabiler Atomkerne, sich unter Aussendung von \rightarrow ionisierender Strahlung in stabilere umzuwandeln oder Gehalt an radioaktiven Stoffen

Radiotoxizität

Maß für die Gesundheitsschädlichkeit eines \rightarrow Radionuklids

Sievert

Einheit für die \rightarrow Äquivalentdosis $1\text{Sv} = 100\text{rem}$

Sperrbereich

Bereich des \rightarrow Kontrollbereichs, in dem die \rightarrow Ortsdosisleistung höher als 3 mSv pro Stunde sein kann.

Stoffe, offene radioaktive

Alle radioaktiven Stoffe mit Ausnahme der umschlossenen radioaktiven Stoffe.

Stoffe, umschlossene radioaktive

Radioaktive Stoffe, die ständig von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle umschlossen oder in festen inaktiven Stoffen ständig so eingebettet sind, dass bei üblicher betriebsmäßiger Beanspruchung ein Austritt radioaktiver Stoffe mit Sicherheit verhindert wird; eine Abmessung muss mindestens 0,2 cm betragen.

Strahlen, ionisierende

Photonen- oder Teilchenstrahlen, die in der Lage sind, direkt oder indirekt die Bildung von \rightarrow Ionen zu bewirken

Strahlenexposition

Einwirkung ionisierender \rightarrow Strahlung auf den menschlichen Körper. Ganzkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender Strahlung auf den ganzen Körper, Teilkörperexposition ist die Einwirkung ionisierender Strahlung auf einzelne Organe, Gewebe oder Körperteile. Äußere Strahlenexposition ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen außerhalb des Körpers, innere Strahlenexposition ist die Einwirkung durch Strahlungsquellen innerhalb des Körpers.

Strahlenexposition, natürliche

Einwirkung ionisierender →Strahlung bestehend aus natürlicher kosmischer und terrestrischer Strahlung. In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die natürliche Strahlenexposition für die meisten Einwohner zwischen 1,5-4 mSv pro Jahr. Der Durchschnittswert beträgt 2,4 mSv.

Strahlenexposition, medizinische

Exposition einer Person im Rahmen ihrer medizinischen Untersuchung oder Behandlung in der Heilkunde oder Zahnheilkunde (Patient), oder Exposition einer Person, an der mit ihrer Einwilligung radioaktive Stoffe oder ionisierende Strahlung in der medizinischen Forschung angewendet werden (Proband). In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die genetisch signifikante →Strahlendosis durch die Röntgendiagnostik pro Einwohner im Durchschnitt (regional mit großen Unterschieden) 0,5 mSv pro Jahr, wobei die Schwankungsbreite dieses Wertes zu etwa 50% abgeschätzt wird. Daraus ergibt sich rechnerisch aus den →Organdosen eine effektive →Äquivalentdosis von 1 mSv pro Einwohner. Die therapeutische Strahlenanwendung und die Radionuklidanwendung in der Nuklearmedizin liefern dagegen nur kleine Dosisbeiträge in Bezug auf die Gesamtbevölkerung.

Strahlenschutzbereich

→Überwachungsbereich, →Kontrollbereich und →Sperrbereich als Teil des Kontrollbereichs

Strahlenwirkungen, nicht stochastische (oder deterministische)

Bei "nicht stochastischen" bzw. deterministischen Strahlenwirkungen variiert der Schweregrad der Wirkungen mit der Dosis, und es kann daher ein Schwellenwert angegeben werden.

Strahlenwirkungen, stochastische

"Stochastische" Wirkungen beruhen auf dem Zufallsprinzip. Es sind solche, bei denen die Wahrscheinlichkeit, dass sie auftreten, jedoch nicht ihr Schweregrad als eine Funktion der →Dosis betrachtet wird. Für sie existiert im Gegensatz zu "nicht stochastischen" Wirkungen kein Schwellenwert. In dem für Strahlenschutz zwecke relevanten Dosisbereich werden vererbare Wirkungen als stochastisch angesehen. Auch einige somatische Wirkungen sind stochastischer Natur. Hierbei wird die Krebsentstehung als das wichtigste somatische Strahlenrisiko bei niedrigen Dosen angesehen.

Strahlenwirkungen, genetische

biologische Strahlenwirkungen, die sich auf die Nachkommen der exponierten Person in der ersten oder späteren Generationen auswirken

Strahlenwirkungen, somatische

biologische Strahlenwirkungen, die sich auf die exponierte Person, jedoch nicht auf ihre Nachkommen auswirken.

Strahlung, ionisierende

→Strahlen, ionisierende

Strahlung, kosmische

Natürliche Strahlung, die direkt oder indirekt aus Quellen außerhalb der Erde herrührt. Sie ist abhängig von der Höhe über dem Meer (in Meereshöhe ca. 0,3 mSv pro Jahr, auf der Zugspitze ca. 1,1 mSv pro Jahr)

Strahlung, terrestrische

Natürliche Strahlung, die direkt oder indirekt aus Quellen innerhalb der Erde herrührt. Sie ist abhängig von der spezifischen Aktivität im Boden (0,2 - 2 mSv pro Jahr). Der Mittelwert der Bundesrepublik beträgt 0,7 mSv pro Jahr.

Tritium

→Radionuklid des Wasserstoffs (^3H) bestehend aus einem →Proton und zwei →Neutronen

Überwachungsbereich

Überwachungsbereiche sind nicht zum →Kontrollbereich gehörende betriebliche Bereiche, in denen Personen im Kalenderjahr eine effektive →Dosis von mehr als 1 Millisievert oder höhere →Organdosen als 15 Millisievert für die Augenlinse oder 50 Millisievert für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel erhalten können.

Umgang mit radioaktiven Stoffen

Gewinnung, Erzeugung, Lagerung, Bearbeitung, Verarbeitung, sonstige Verwendung und Beseitigung von radioaktiven Stoffen im Sinne des § 2 des Atomgesetzes sowie der Betrieb von Bestrahlungsvorrichtungen; als Umgang gilt auch die Aufsuchung, Gewinnung und Aufbereitung von radioaktiven Bodenschätzen im Sinne des Bundesberggesetzes.

Unfall, radiologischer

Ereignisablauf, der für eine oder mehrere Personen eine effektive →Dosis von mehr als 50 Millisievert (→Sievert) zur Folge haben kann.

Zerfall

Die spontane Umwandlung eines →Nuklids in ein anderes oder in einen anderen Energiezustand desselben Nuklids

Zerfallsenergie

Die bei einem →Zerfall freigesetzte Energie

Zerfallskonstante

Die Zerfallskonstante λ eines radioaktiven →Zerfalls ist gleich dem Reziprokwert der mittleren Lebensdauer t . Zwischen der Zerfallskonstanten λ , der mittleren Lebensdauer t und der →Halbwertszeit T bestehen folgende Beziehungen $\lambda = 1/t = \ln 2 / T$