



Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen

Gemeinsamer Jahresbericht 2020 der amtlichen
Messstellen für Umweltradioaktivität

Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen

Gemeinsamer Jahresbericht 2020 der amtlichen
Messstellen für Umweltradioaktivität

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2022

IMPRESSUM

Herausgeber Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz
Nordrhein-Westfalen (LANUV)
Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
Telefax 02361 305-3215
E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de

Gemeinsam mit den amtlichen Messstellen in Nordrhein-Westfalen:

Landesinstitut für Arbeitsgestaltung Nordrhein-Westfalen,
Gesundheitscampus 10, 44801 Bochum
Landesbetrieb für Mess- und Eichwesen Nordrhein-Westfalen,
Kronprinzenstraße 51, 44135 Dortmund
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Münsterland-Emscher-Lippe (CVUA-MEL),
Joseph-König-Straße 40, 48147 Münster
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Ostwestfalen-Lippe (CVUA-OWL),
Westerfeldstraße 1, 32758 Detmold

Im Auftrag des Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes
Nordrhein-Westfalen (MULNV), Emilie-Preyer-Platz 1, 40479 Düsseldorf

Bearbeitung Eva Bierhaus, Susanne Sandtner, Michael Kwiatek (alle LANUV)

Titelbild Birgit Wonner (LANUV)

Informationsdienste Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter
• www.lanuv.nrw.de
Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im
• WDR-Videotext

Bereitschaftsdienst Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV
(24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Inhalt

Inhalt	3
1. Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem StrlSchG	4
2. Radiologische Grundlagen	6
2.1 Strahlungsarten	6
2.2 Biologische Wirkung und Expositionspfade	7
2.3 Natürliche Radioaktivität	9
2.4 Künstliche Radioaktivität	10
2.5 Effektive Jahresdosis	10
2.6 Bestimmung der Radioaktivität	11
3. Messprogramme.....	13
3.1 Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm)	13
3.2 Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm)	16
3.3 Sondermessungen (Untersuchung von Proben aus dem Lebensmittelrecht)	17
3.4 Sondermessprogramm	17
3.5 Besondere Regelungen für den nuklearen Notfall	17
4. Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS).....	18
5. Ergebnisse aus Routine- und Sondermessprogramm.....	19
5.1 Zusammenfassung.....	19
5.2 Böden und Pflanzen.....	22
5.3 Futtermittel	22
5.4 Lebensmittel.....	22
5.5 Wildschwein	24
5.6 Trink- und Grundwasser	26
5.7 Oberflächengewässer	26
5.8 Abfall und Abwasser	26
5.9 Schnellmessung der Bodenoberfläche	27
6. Anhang	29

1 Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG)

Infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl wurde 1986 das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) erlassen, welches die Erfassung der **Radioaktivität** in unterschiedlichen Umweltbereichen regelte. Seit 2013 legt die europäische Richtlinie 2013/59/EURATOM die „grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung“ fest. Zur Umsetzung dieser europäischen Grundnorm wurde im Juni 2017 in Deutschland das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) erlassen. Die §§ 161-165 StrlSchG legen die Aufgaben des Bundes und der Länder zur Ermittlung der Exposition der Gesamtbevölkerung sowie zum vorsorgenden Schutz vor erhöhter Strahlenexposition durch radioaktive Stoffe künstlichen Ursprungs fest.

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 Unfällen kerntechnischer Anlagen) 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
- Pflanzen (Indikatorpflanzen, die nicht der Ernährung dienen).

Darüber hinaus führen einige Länder interne Sondermessprogramme zur Untersuchung spezieller Proben durch (Kapitel 3.4).

Radioaktivität

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

Maß für die Anzahl der Atomkerne, die sich in radioaktiven Stoffen umwandeln. Gemessen wird die Radioaktivität in Zerfällen pro Sekunde. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq).

1 Bq = 1 Zerfall / s

Spezifische Radioaktivität

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

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 sind die Ordnungsbehörden der Kreise und kreisfreien Städte zuständig. Die Umweltproben werden von den Messstellen entnommen.

Die 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. Ein großer Teil der Atomkerne sind instabil (sog. Radionuklide) und wandeln sich unter Energieabgabe in andere stabile oder ebenfalls noch instabile Kerne um. Die dabei frei werdende Energie wird als ionisierende Strahlung bezeichnet.

Die dabei wichtigsten Strahlungsarten sind:

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

Alle genannten Strahlungsarten übertragen ihre Energie auf bestrahlte Materie. Dort bewirken sie z.B. Abspaltungen (Ionisation) oder Umlagerung von Elektronen.

Das Durchdringungsvermögen dieser Strahlungsarten in Materie ist sehr unterschiedlich. Alphastrahlung wird z.B. bereits von einer dünnen Papierschicht abgeschirmt, Betastrahlung von wenigen Zentimetern Holz oder Ähnlichem. Gammastrahlung hingegen kann selbst von einer dicken Bleiabschirmung nicht komplett absorbiert sondern nur abgeschwächt werden (Abbildung 2.1).

Daraus ergeben sich für die unterschiedlichen Strahlenarten verschiedene Probenaufarbeitungen und Messtechniken (unter anderem muss die Strahlung die Messproben ungehindert verlassen und den Detektor erreichen können).

Alphastrahlung

Besteht aus Alphateilchen (einem Helium-Kern: 2 Protonen und 2 Neutronen, positiv geladen). Die Energie der Alphateilchen ist spezifisch für das Radionuklid und kann zur Identifizierung verwendet werden. Beispiele: Uran, Thorium.

Betastrahlung

Besteht aus Betateilchen (Elektron, negative Ladung oder Positron, positive Ladung). Die Energie ist kontinuierlich bis zu einer Maximalenergie verteilt und ermöglicht nur sehr eingeschränkt die Identifizierung des Radionuklids. Beispiele für reine Betastrahler sind Strontium-90 und Tritium.

Gammastrahlung

Besteht aus Gammaquanten (Photonen, ungeladen und masselos). Die Energie der Gammastrahlung ist spezifisch und kann zur Identifizierung des Radionuklids verwendet werden. Beispiele: Kalium-40, Cäsium-137.

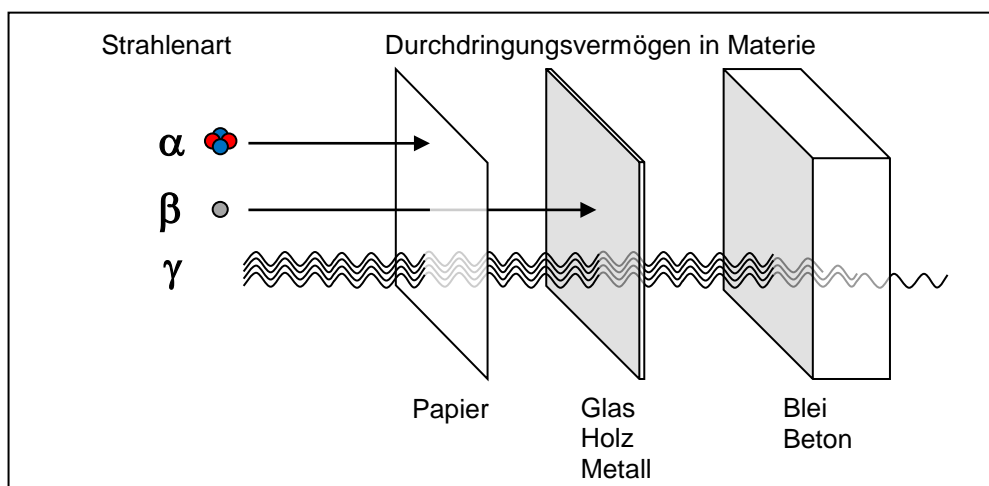


Abbildung 2.1: Durchdringungsvermögen von Alpha (α)-, Beta (β)- und Gamma (γ)-Strahlung in Materie

2.2 Biologische Wirkung und Expositionspfade

Trifft ionisierende Strahlung auf biologisches Gewebe wird Energie auf das Gewebe übertragen. Die übertragene Energie bezogen auf die Masse des Gewebes, bzw. des Organs wird als Energiedosis bezeichnet. Abgesehen von der absorbierten Energie ist die biologische Wirksamkeit auch abhängig von der Strahlenart und der Empfindlichkeit des Gewebes. Da dies nicht direkt messbar ist, wird die Energiedosis mit Wichtungsfaktoren für die Strahlungsart sowie des Organs bzw. Gewebes multipliziert und als berechnete Organ(äquivalent)dosis angegeben. Entscheidend für die biologische Wirkung, also mögliche Schädigungen von Zellen oder Zellbestandteilen insbesondere der Erbgut tragenden Desoxyribonukleinsäure (DNS), ist die vom Körper durch äußere Strahlung oder durch Strahlung inkorporierter radioaktiver Stoffe erhaltene **effektive Dosis**, die Summe aller Organ- bzw. Gewebedosen. 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.

(Organ)Energiedosis

absorbierte Energie pro Masse, gemessen im Standard-Weichteilgewebe. Maßeinheit ist das Gray ($Gy = J/kg$)

Äquivalentdosis

Produkt aus der Energiedosis und dem Strahlungswichtungsfaktor. Bei Kombination mehrerer Strahlungsarten und -energien ist die Äquivalentdosis die Summe ihrer ermittelten Einzelbeiträge. Maßeinheit ist das Sievert ($Sv = J/kg$).

Effektive Dosis

Summe der gewichteten Organ(äquivalent)dosen in den Geweben oder Organen des Körpers. Die Wichtungsfaktoren beschreiben die Strahlenempfindlichkeit sowie die Speicherfähigkeit des Organs für den radioaktiven Stoff. Maßeinheit ist das Sievert ($Sv = J/kg$).

Wichtungsfaktoren

Strahlungswichtungsfaktor 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.

Gewebewichtungsfaktor der die Empfindlichkeit des Gewebes berücksichtigt liegt zwischen 0,01 bis 0,12, in

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 verursacht. Bei der Überwachung der Umgebungsstrahlung wird daher hauptsächlich die Gammadosis (**Äquivalentdosis**) ermittelt.

Die innere Strahlenexposition wird durch die Strahlung inkorporierter Radionuklide verursacht. Da diese nicht direkt messbar sind, wird ausgehend von gemessenen Aktivitäten in Luft, Boden, Nahrungsmitteln usw. mit Hilfe von Rechenmodellen die Dosis abgeschätzt. Dabei werden Ausbreitungswege, An- und Abreicherungen in der Umwelt, durchschnittliche Verzehrsmengen und nuklidspezifische Eigenschaften (**Dosisfaktoren**) berücksichtigt. Abbildung 2.2 zeigt die vielfältigen Expositionspfade, die bei den Dosisberechnungen beachtet werden müssen.

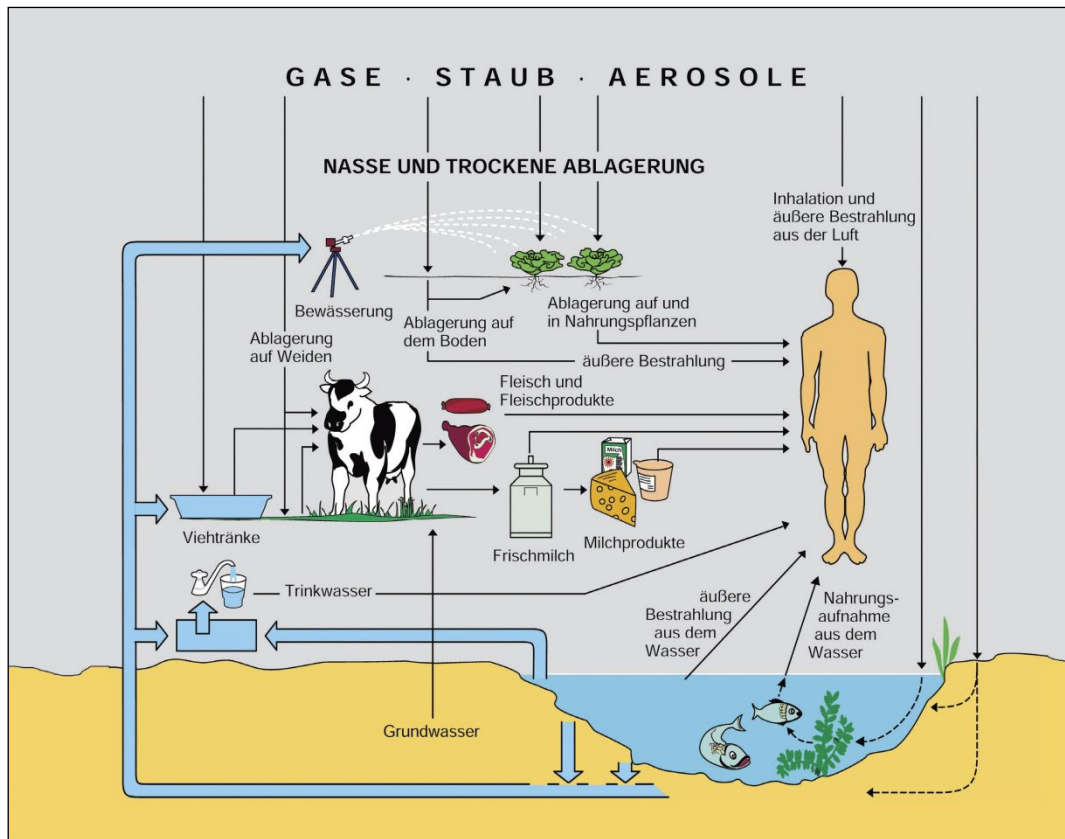


Abbildung 2.2: Wege radioaktiver Stoffe aus Luft und Niederschlag zum Menschen
(Quelle: Informationskreis KernEnergie)

Dosisfaktor

Faktor zur Ermittlung der Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe. Der Dosisfaktor ist abhängig vom Radionuklid (effektive Halbwertszeit, Strahlungsart) vom 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).

physikalische Halbwertszeit (T_{phys})

Zeit, in der die Hälfte der Radionuklide zerfällt.

biologische Halbwertszeit (T_{biol})

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.

effektive Halbwertszeit (T_{eff})

Zeit, in der in einem Organismus die Menge eines Stoffes im Zusammenwirken von physikalischer und biologischer Halbwertszeit auf die Hälfte abnimmt:

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

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 4,5 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 (Abbildung 2.3).

Kalium-40 ist als biologisch essentielles Element 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 zur natürlichen Strahlenexposition bei.

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

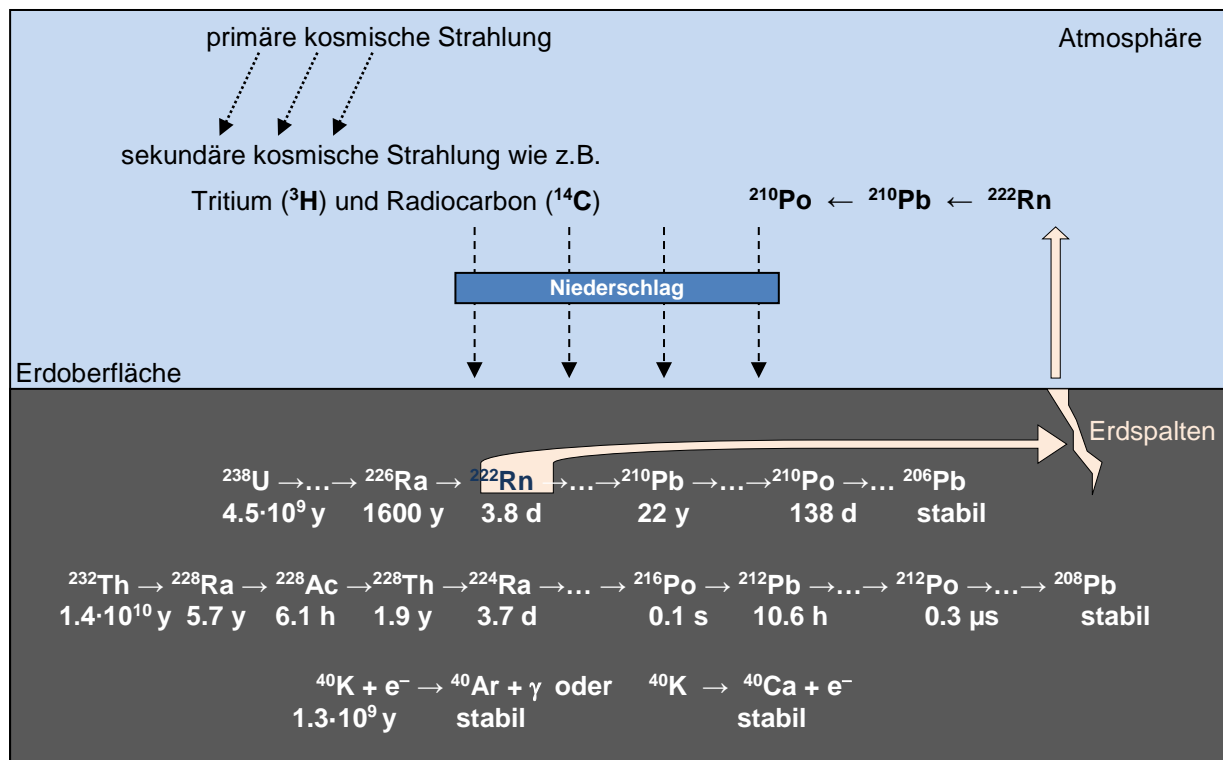


Abbildung 2.3: Natürliche radioaktive Stoffe in Atmosphäre und Boden und deren physikalische Halbwertszeiten (y = Jahre, d = Tage, h = Stunden, 10^9 = 1 Milliarde, 10^{10} = 10 Milliarden)

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, die sich aus kosmischer und terrestrischer Strahlung sowie durch die Beiträge von Atemluft und Nahrungsmitteln zusammensetzt (Abbildung 2.4). Für die zivilisatorische Belastung durch ionisierende Strahlung ist der Einsatz von Röntgenstrahlen dominierend. Die Wirkung der Röntgenstrahlung ist die 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 (1986) auf weniger als 0,011 mSv (2014) zurückgegangen.

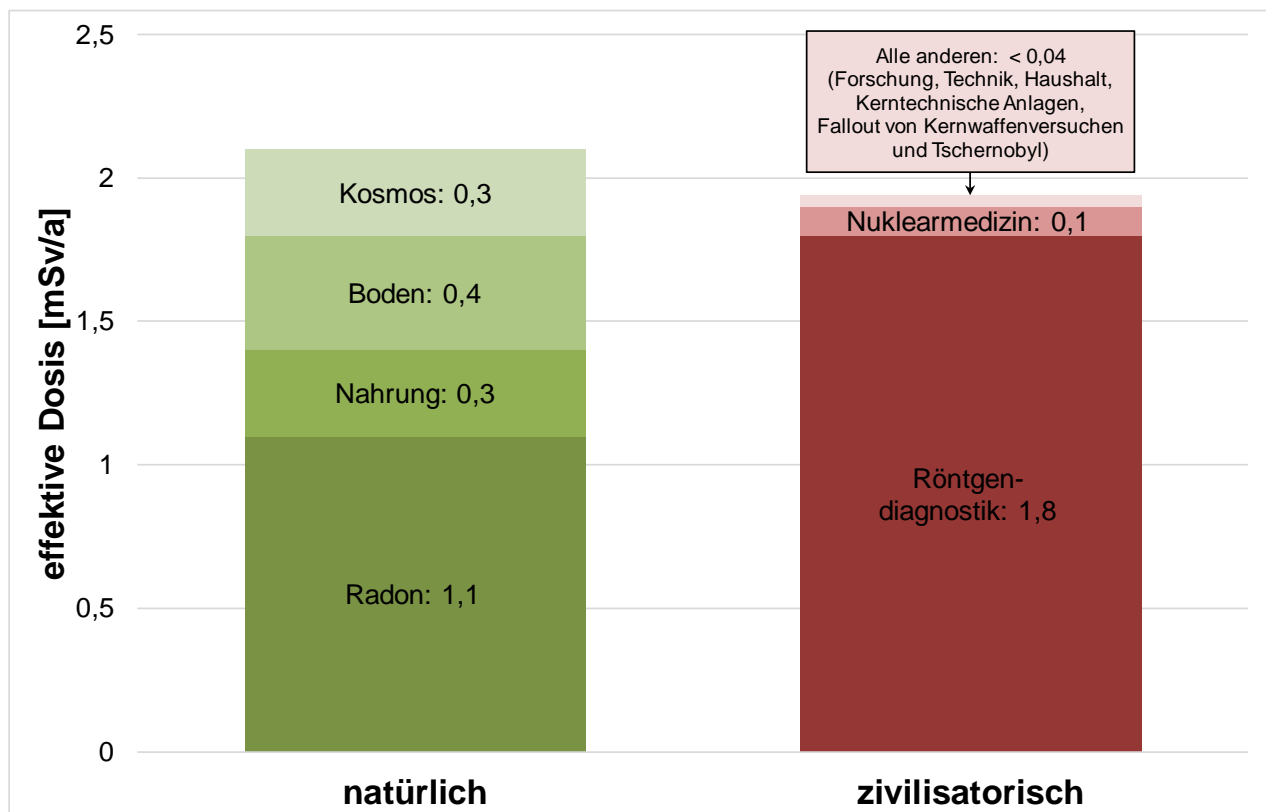


Abbildung 2.4: Effektive Jahresdosis einer Person durch die natürliche und die zivilisatorische Strahlenexposition in mSv, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands. (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, und nukleare Sicherheit, 2020: "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2018")

2.6 Bestimmung der Radioaktivität

Nachdem die Proben aufgearbeitet wurden (z.B. gewaschen, angereichert, getrocknet oder zu Asche geglüht), werden die einzelnen radioaktiven Stoffe gemessen. Das Messverfahren richtet sich nach der Strahlenart der zu bestimmenden Radionuklide. In den meisten Fällen werden die Proben gamma-spektrometrisch (Abbildung 2.5 und Abbildung 2.6) 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 aussendet,
- die Aufarbeitung den geringsten Aufwand in Anspruch nimmt und das Analyseergebnis nach kurzer Zeit vorliegt.

Gammastrahlung

Die Energie der Gammastrahlung ist nuklidspezifisch und wird zur Identifizierung der Radionuklide verwendet.

Mit Hilfe der Kalibrierung wird die Aktivität der gefundenen Radionuklide bestimmt.

Typischer Messbereich: 50 bis 2000 Kilo-Elektronenvolt (keV)

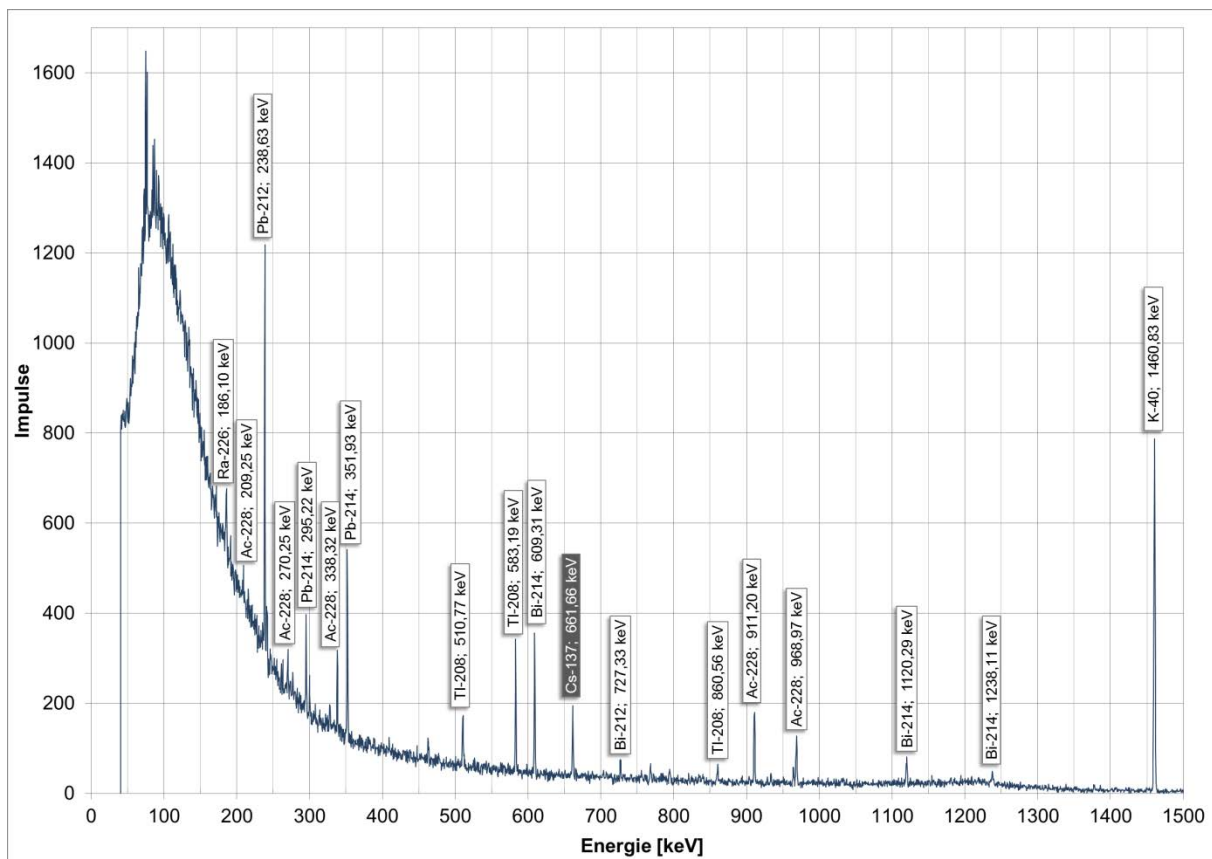


Abbildung 2.5: Gammastrahlungsspektrum mit Energielinien verschiedener natürlicher Radionuklide sowie des künstlichen Cäsium-137

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.

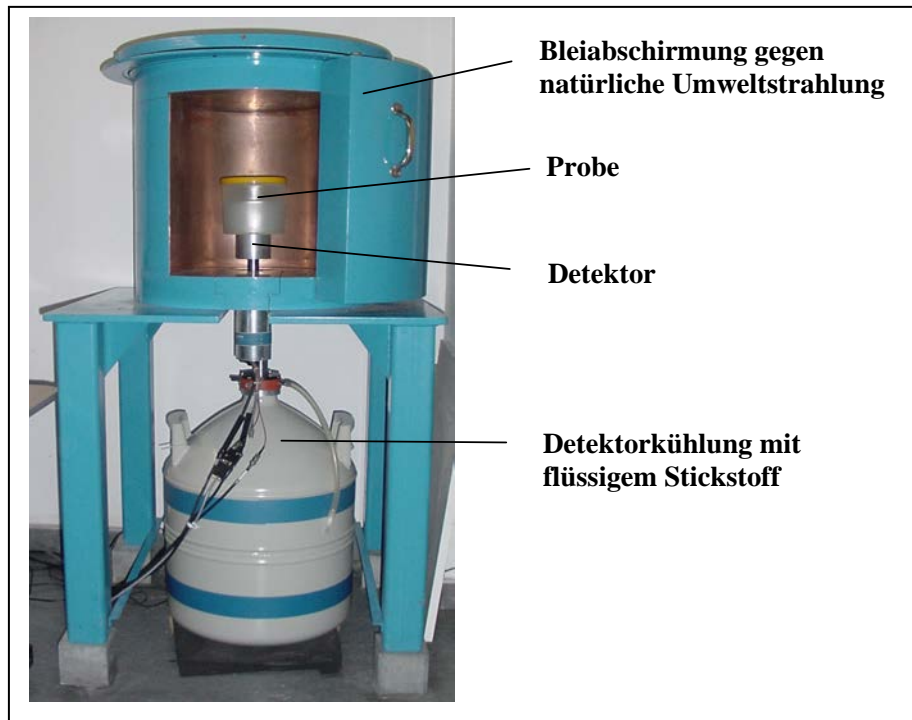


Abbildung 2.6: Messplatz für Gammaskopie:
Abschirmung: 1500 bis 2000 Kg Blei
Probenvolumen: 1 Liter
Halbleiter-Detektor: Kristall aus reinstem Germanium mit Verstärker und Vielkanalanalysator
Kühlung: 30 L flüssiger Stickstoff

3 Messprogramme

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (kurz: AVV-IMIS) konkretisiert die im Strahlenschutzgesetz beschriebenen Aufgaben des Bundes und der Länder (siehe auch Kapitel 4). Die AVV-IMIS unterscheidet folgende Messprogramme:

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

3.1 Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm)

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

Art und Anzahl sowie Zeitabstände und Orte der Probenahmen bzw. Messungen sind nach Vorgabe der AVV-IMIS sowie in landeseigenen Messprogrammen festgelegt. Lebensmittel-, Futtermittel- und Umweltproben werden nach einem für jedes Bundesland spezifischen 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. 1700 Untersuchungen routinemäßig durchgeführt. Hierbei werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

- Gammaskpektrometrie
- Alphaskpektrometrie
- Strontiumanalysen
- Tritiumanalysen
- In-situ-Messungen

Je nach Probenart und Untersuchungsziel sind maximal zulässige Nachweisgrenzen festgelegt. Bei der Gammaskpektrometrie beziehen sich diese auf das künstliche Radionuklid Cobalt-60 (Tabelle 3.1). Die in der Praxis erzielten Nachweisgrenzen für Co-60 können deutlich darunter liegen. Nachweisgrenzen für andere Nuklide aber auch darüber.

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

Probenarten	geforderte Nachweisgrenzen				
	Bq/kg Feuchtmasse bzw. Bq/L bzw. Bq/d*p (Gesamtnahrung)				Bq/m ²
	Gamma-Spektrometrie ¹⁾	Strontium-Analysen	Alpha-Spektrometrie	Tritium-Analysen	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	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 ³⁾	5				
Kompostierungsanlagen ³⁾	5				
Sonstige Produkte	0,2				

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

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 fünf amtlichen Messstellen in Nordrhein-Westfalen sind:

- Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Münsterland-Emscher-Lippe
(CVUA MEL in Münster; zuständig für die Proben aus dem Regierungsbezirk Münster)
- Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Ostwestfalen-Lippe
(CVUA OWL in Detmold; zuständig für die Proben aus dem Regierungsbezirk Detmold)
- Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
(LANUV NRW in Duisburg; zuständig für die Proben aus dem Regierungsbezirk Köln)
- Landesbetrieb Mess- und Eichwesen NRW
(LBME, Betriebsstelle Eichamt Dortmund; zuständig für den Regierungsbezirk Arnsberg)
- Landesinstitut für Arbeitsgestaltung NRW
(LIA NRW in Düsseldorf; zuständig für die Proben aus dem Regierungsbezirk 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 erheblichen radiologischen Auswirkungen. Auf Veranlassung des Bundesumweltministeriums wird der Intensivmessbetrieb im Ereignisfall oder zu Übungszwecken ausgelöst und beendet. Gemäß AVV-IMIS kann der Intensivmessbetrieb (bei lokalem Ereignis auch sektoriert, d.h. örtlich begrenzt) z.B. durch folgende Ereignisse erforderlich werden:

- Freisetzung radioaktiver Stoffe bei einem Unfall in einer weiter entfernten kerntechnischen Anlage außerhalb des Gebietes der Bundesrepublik Deutschland mit der Möglichkeit eines Eintrages radioaktiver Stoffe in das Bundesgebiet,
- Freisetzung radioaktiver Stoffe bei einem Stör-/Unfall in einer inländischen bzw. grenznahen ausländischen kerntechnischen Anlage,
- Freisetzung radioaktiver Stoffe bei Transportunfällen von Kernbrennstoffen oder anderen Objekten mit hohem Radionuklidinventar auf dem Land-, Wasser- und Luftweg,
- Absturz eines Satelliten mit nuklearer Stromversorgung,
- Einleitung hoch kontaminierter Abwässer in den Vorfluter nach einem Unfall in einer in-/ausländischen kerntechnischen Anlage,
- Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem nuklear angetriebenen Schiff nach einer Havarie,
- nukleare Explosionen.

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. Für das Notfallmanagement sieht die AVV-IMIS auf die Unfallphasen abgestimmte Maßnahmen vor. Dabei wird das folgende Phasenmodell zugrunde gelegt.

Phase 1: Vor und während der Ausbreitung radioaktiver Stoffe (Prognosen und frühe Schutzmaßnahmen).

Phase 2: Unmittelbar nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe (langfristige Maßnahmen).

Phase 3: Nach Rückgang der hohen Anfangskontamination (Übergang in das Routinemessprogramm).

In der Phase 1 erfolgen Messungen durch die Bundesbehörden. Die Probenahme in den Bundesländern mit räumlicher und zeitlicher Verdichtung gegenüber dem Routinemessprogramm beginnt in der Regel in Phase 2. Die Messergebnisse aus dem Intensivmessprogramm ermöglichen, die Kontamination in der Umwelt schnell und flächendeckend zu erfassen und einen Überblick über die gegebenenfalls eingeschränkte Vermarktungsfähigkeit betroffener landwirtschaftlicher Produkte zu bekommen. Ziel ist es, die mögliche Strahlenbelastung der Bevölkerung abzuschätzen und entsprechende Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zu ergreifen.

3.3 Sondermessungen (Untersuchung von Proben aus dem Lebensmittelrecht)

Im Routinemessprogramm werden nicht nur Proben untersucht, die unmittelbar von heimischen Erzeugerbetrieben stammen, sondern auch importierte Lebensmittel. Seit 1986 sind Höchstwerte für die spezifische Radioaktivität festgelegt. Gemäß Artikel 3 der VO (EU) 2020/1158 (Abl. L 257 vom 05. August 2020, S. 1) beträgt der maximale Höchstwert an kumulierter Radioaktivität von Cäsium-137 für Milch und Milcherzeugnisse sowie für Säuglings- und Kleinkindernahrung 370 Bq/kg und für alle anderen Lebensmittel 600 Bq/kg. Für bestimmte Erzeugnisse aus Japan gelten abweichende Höchstwerte, die in den Durchführungsverordnungen (EU) 2017/2058 (Abl. L 294 vom 10. November 2017, S. 29) und (EU) 2019/1787 (Abl. L 272 vom 25. Oktober 2019, S. 140) festgelegt sind.

Da auf dem Gebiet der Europäischen Union in bestimmten Regionen noch heute Wildpilze, wild wachsende Beeren, Wildfleisch und Raubfische aus Seen höher belastet sein können, wurde den Mitgliedstaaten durch die Empfehlung (2003/274/EG) der Kommission (Abl. L 99 vom 17. April 2003, S. 55) empfohlen, die Höchstwerte für Radiocäsium (Summe aus Cäsium-134 und Cäsium-137) auch beim Inverkehrbringen inländischer Produkte einzuhalten und die Bevölkerung über das Gesundheitsrisiko beim Verzehr solcher Produkte zu unterrichten.

3.4 Sondermessprogramm

Derzeit wird in einem landeseigenen Sondermessprogramm das Fleisch von Wildschweinen aus Nordrhein-Westfalen hinsichtlich der Einhaltung des Höchstwertes für Radiocäsium von 600 Bq/kg untersucht.

3.5 Besondere Regelungen für den nuklearen Notfall

Im Falle eines nuklearen Unfalls oder eines anderen radiologischen Notfalls gelten in der Europäischen Union für Lebens- und Futtermittel die über die VO (Euratom) 2016/52 (Abl. L 13 vom 20.01.2016, S. 2) festgelegten Höchstgehalte für spezifische Radionuklide. Zudem können gemäß Abschnitt 9a des Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB) in der Bekanntmachung der Neufassung vom 03.06.2013 (BGBl. I Nr. 27 vom 10.06.2013, S. 1426) weitere nationale Regelungen festgelegt werden.

4 Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS)

Das Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) 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 (Abbildung 4.1). Rund um die Uhr speichert das System Daten von 5 Bundesmessnetzen mit über 1000 ortsfesten Messstationen und ca. 40 Landesmessstationen. Die Messdaten werden nach einer ersten fachlichen Prüfung an die Zentralstelle des Bundes (ZdB) 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 Bundesumweltministerium weitergeleitet. Letzteres entscheidet gegebenenfalls über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Relevante Daten und Informationen werden der Öffentlichkeit regelmäßig zur Verfügung gestellt.

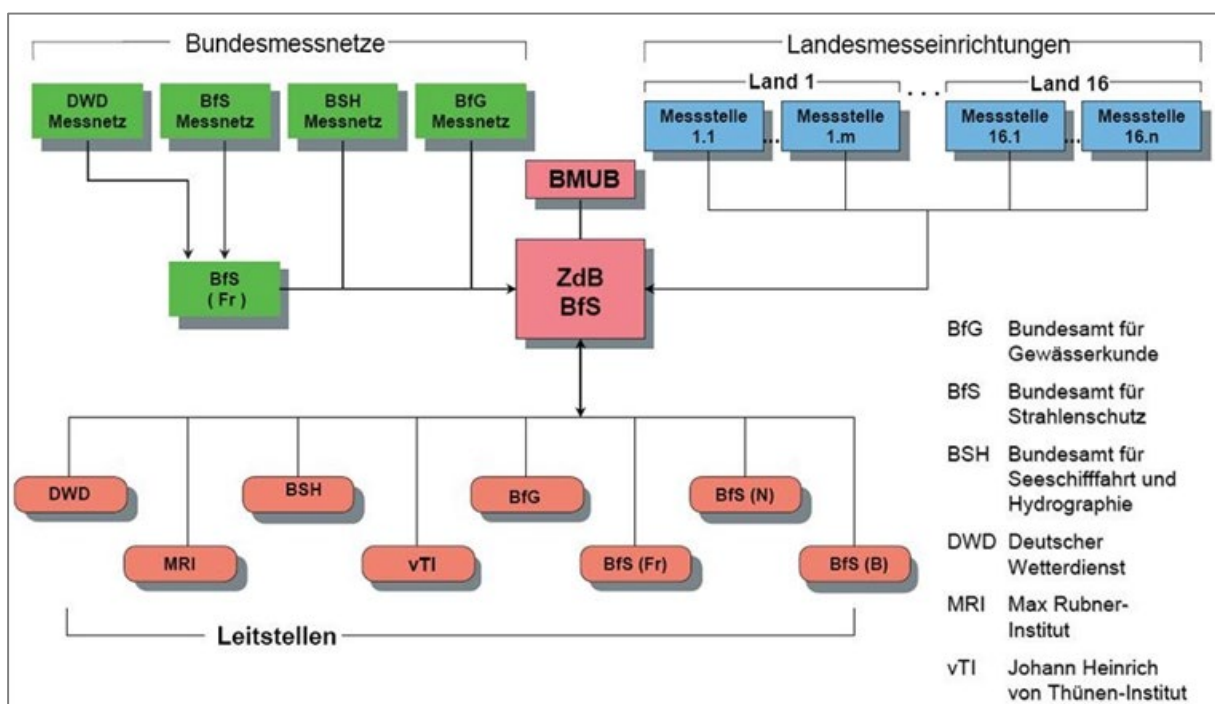


Abbildung 4.1: Das IMIS-Messnetz (Quelle: BMU, Download: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Bilder_Info Grafiken/imis_mess_und_informationssystem.png)

5 Ergebnisse aus Routine- und Sondermessprogramm

5.1 Zusammenfassung

In dem Jahr 2020 wurden insgesamt 1637 Einzelanalysen (Alpha-, Beta- und Gammanuklide) an 1444 Proben vorgenommen (Tabelle 5.1 und Tabelle 5.2). Die Messergebnisse sind im Anhang (Kapitel 6) in Datentabellen zusammengefasst und nach Umweltbereichen und Probenarten sortiert. Für die Zusammenfassung der Werte wird der Median gewählt (auch Zentralwert genannt), da er im Vergleich zum arithmetischen Mittelwert robuster gegenüber Ausreißerwerten ist. Eine nähere Erläuterung wird zu Beginn von Kapitel 6 gegeben. Als Teil dieser Messungen wurden an 25 Messstellen in NRW In-situ-Gammamessungen (Vorort-Messungen mit dem mobilen Gammaskpektrometer) durchgeführt, deren Ergebnisse in Kapitel 5.9 erläutert werden.

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 Wildprodukten und Umweltproben aus nicht landwirtschaftlich genutzten Bereichen (z.B. Klärschlämme und Abwässer) werden regelmäßig künstliche radioaktive Stoffe nachgewiesen. In der Regel aber auch hier in sehr geringen Konzentrationen. Hierbei handelt es sich um Cäsium-137 (Rückstände vom Tschernobyl-Fallout), Strontium-90 (Rückstände der Kernwaffentests in den 50iger und 60iger Jahren), sowie Jod-131 (Rückstände aus der Nuklearmedizin). In 2020 wurden mit Ausnahme von zwei Wildschwein-Proben in keinen weiteren Proben höchstwertüberschreitende Werte festgestellt.

Tabelle 5.1: Anzahl der untersuchten Routineproben und In-situ-Messungen im Jahr 2020

Art der Proben	Ergebnistabellen im Anhang	Anzahl der Proben
Böden, Pflanzen, In-situ	7.1	70
Futtermittel	7.2 und 7.3	93
Lebensmittel	7.4 und 7.5	1012
Trink- und Grundwasser	7.6	27
Gewässer	7.7	128
Abfälle	7.8	114
Gesamt		1444

Tabelle 5.2: Anzahl aller Routineanalysen und In-situ-Gamma-Messungen im Jahr 2020

Art der Messung	Anzahl der Messungen
Alphaspektrometrie (Am-241, U- und Pu-Isotope)	28
Beta-Messungen (H-3)	62
Beta-Messungen (Sr-90)	103
Gamma-Messungen (z.B. Cs-137, K-40, I-131)	1419
In-situ-Gamma-Messungen	25
Summe aller Analysen	1637

Die folgenden zwei Abbildungen 5.1 und 5.2 geben einen Überblick der Verteilung von Strontium-90 und Cäsium-137 in unserer Umwelt. Es wird deutlich, dass sich beide Radionuklide zum überwiegenden Teil in den festen Umweltkompartimenten (feste Abfälle, Sedimente, Böden) befinden. In den wässrigen Umweltmedien (Abwässer, Sickerwässer, Oberflächenwässer) lassen sie sich kaum nachweisen. In Lebens- und Futtermitteln aus nordrhein-westfälischen Erzeugerbetrieben sind die Gehalte so niedrig, dass die Messwerte zum größten Teil im Bereich der Nachweisgrenze oder darunter liegen. Die Messergebnisse der einzelnen Umweltbereiche werden in den nachfolgenden Kapiteln diskutiert.

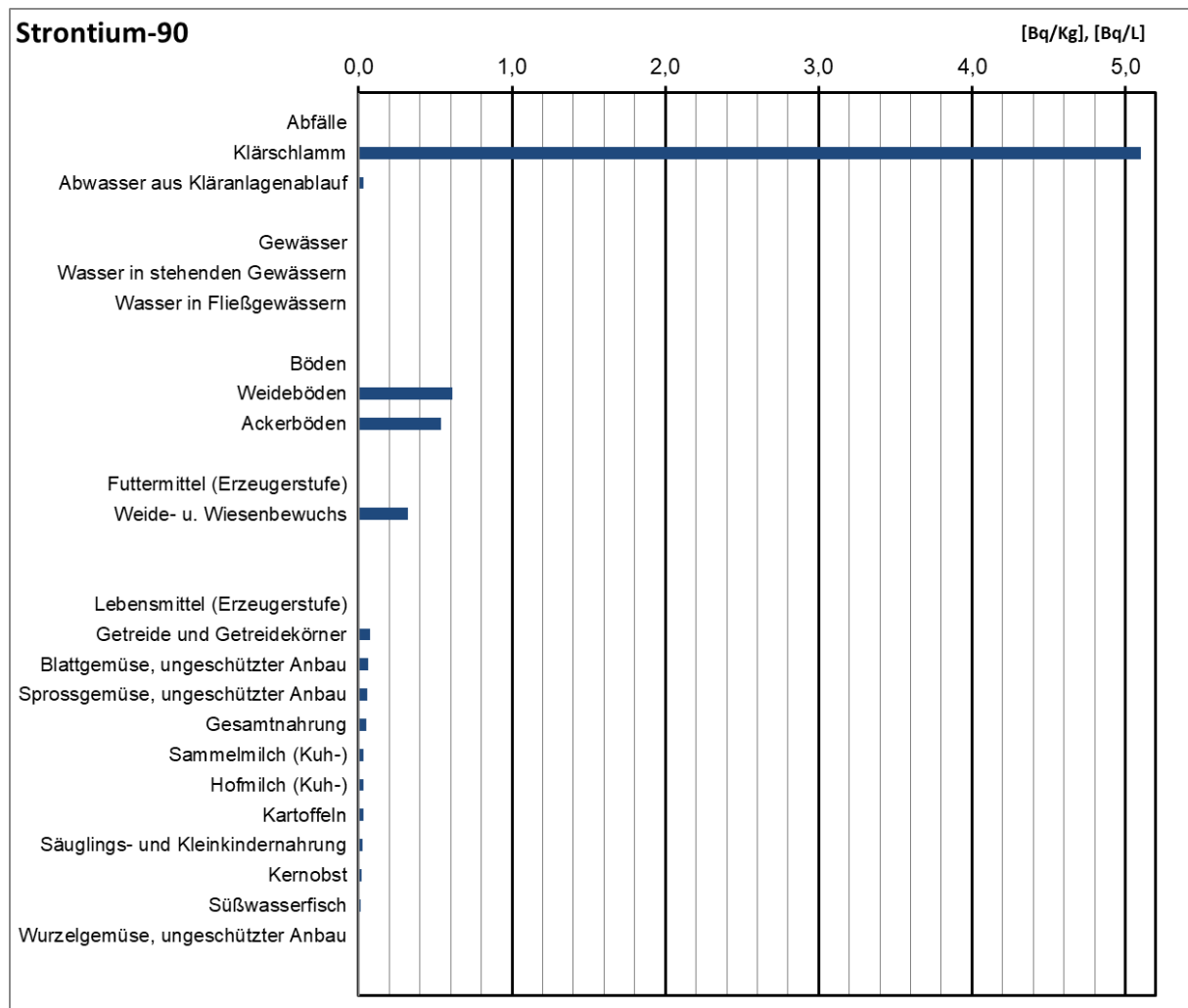


Abbildung 5.1: Strontium-90-Konzentrationen in Lebens- und Futtermitteln (Erzeugerproben) sowie Umweltproben aus NRW. Dargestellt ist jeweils der Median aus den Analysen des Jahres 2020.

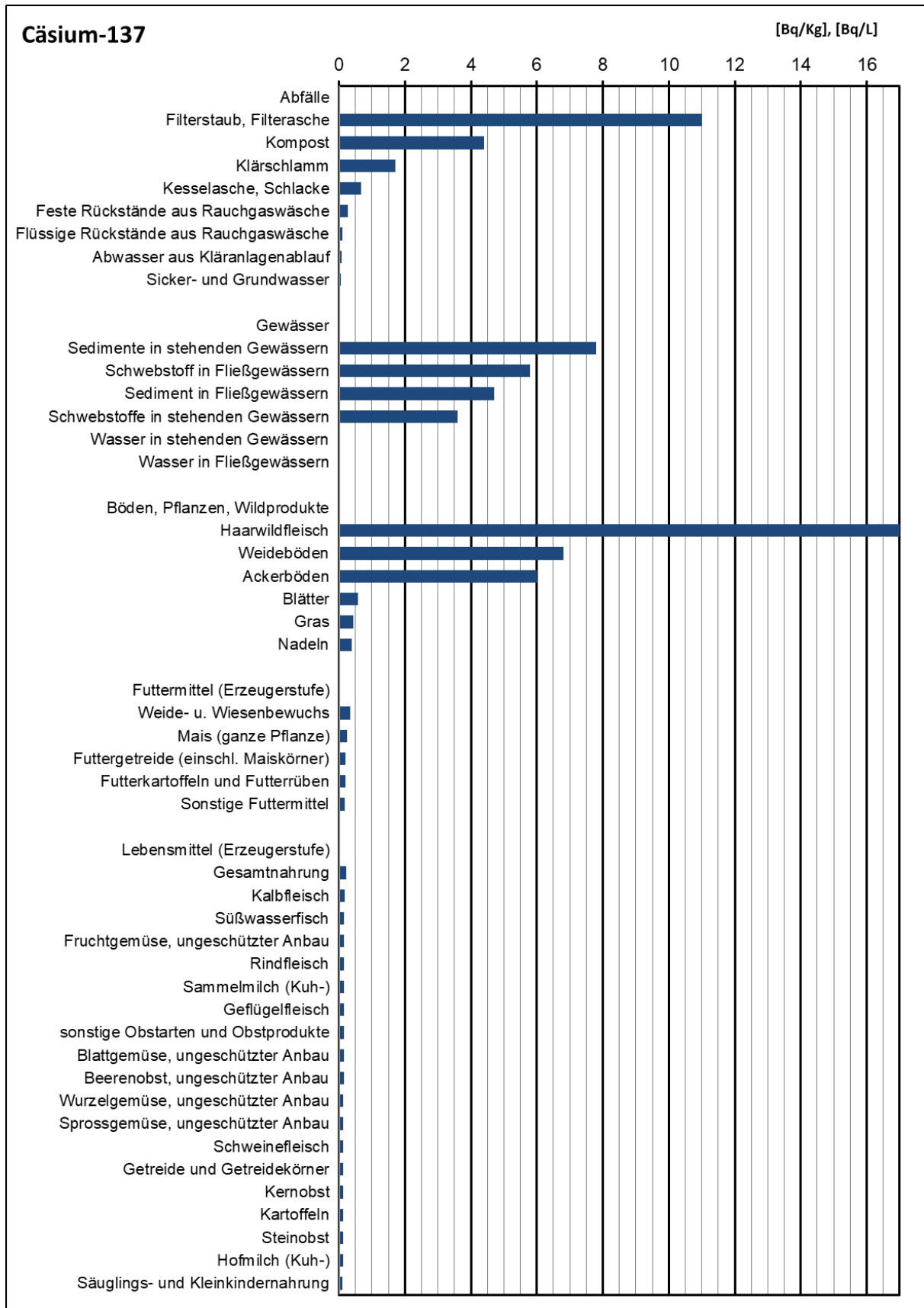


Abbildung 5.2: Cäsium-137-Konzentrationen in Lebens- und Futtermitteln (Erzeugerproben) sowie Umweltproben aus NRW. Dargestellt ist jeweils der Median aus den Analysen des Jahres 2020.

5.2 Böden und Pflanzen

Böden enthalten in erster Linie die natürlich vorkommenden Radionuklide aus den Zerfallsreihen des Urans und Thoriums sowie das Kalium-40 (K-40). 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 oberirdischen Kernwaffenversuchen. Die Verlagerung der Radionuklide Cs-137 und Sr-90 in die tieferen Bodenschichten erfolgt nur sehr langsam. Außerdem zerfallen beide Radionuklide relativ langsam mit Halbwertszeiten von 30 Jahren (Cs-137) und 29 Jahren (Sr-90). Daher 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. In Ackerböden, die vielfach durchpflügt werden, kann man von einer gleichmäßigen Verteilung der künstlichen Radionuklide bis zur Pflugtiefe (15-40 cm) ausgehen (Cs-137-Median: 6,0 Bq pro Kg Ackerboden). Bei unbearbeiteten Böden (z.B. Weideboden) verzögert die Fixierung an Tonmineralen die Wanderung der Radionuklide in tiefere Schichten (Cs-137-Median: 6,8 Bq pro Kg Weideboden in den obersten 0-10 cm).

Aus den Umweltbereichen ohne landwirtschaftliche Nutzung werden Pflanzenproben entnommen (Gras, Blätter, Nadeln) und auf Gammanuklide analysiert. Die Pflanzen stehen überall zur Verfügung und eignen sich als Indikatoren für die Kontamination der Umwelt. Auch heute noch ist das Cs-137 aus Tschernobyl in einigen Pflanzenproben messbar. Der Median der Pflanzenproben liegt bei circa 0,4 Bq bis 0,6 Bq Cs-137 pro Kg Trockenmasse (Bq/Kg TM). Die höchsten Messwerte im Jahr 2020 waren in Nadeln 81 Bq/Kg TM, in Blättern 23,0 Bq/Kg TM und in Gras 1,3 Bq/Kg TM (siehe Tabelle 6.1, Seite 30).

5.3 Futtermittel

Futtermittel sind die Zwischenstation für den Transfer von Radionukliden vom Boden in tierische Nahrungsmittel und damit in den Menschen. Neben einheimisch erzeugten Futtermitteln (Tabelle 6.2, Seite 31) wird auch Importware (Tabelle 6.3, Seite 31) überwacht.

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 können Futtermittel, die auf unbearbeiteten Böden wachsen (Grünfutter), höhere Aktivitätskonzentrationen von Cs-137 aufweisen als diejenigen Futtermittel, die auf bearbeiteten Böden wachsen (Mais, Getreide, Kartoffeln, Rüben). Der Median der Cs-137-Messwerte aller in 2020 gemessenen Futtermittelproben ist kleiner als 0,3 Bq pro Kg Feuchtmasse.

5.4 Lebensmittel

Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (906 Erzeugerproben von insgesamt 1012 Lebensmittelproben, siehe Tabelle 6.4, Seite 32). Die Entnahme von einheimischen Lebensmitteln erfolgt direkt beim Erzeuger. 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

gamaspektrometrisch untersucht. Ein Anteil zwischen 10 % und 30 %, abhängig von der Probenart, wird zusätzlich auf den Gehalt an Strontium-90 analysiert.

Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen spielt Cs-137 als Kontaminant kaum noch eine Rolle, da es dort durch Bearbeitungs- und Düngemaßnahmen fest an Bodenbestandteile gebunden wird und den Wurzeln praktisch nicht mehr zur Verfügung steht. Damit ist es auch in den landwirtschaftlich erzeugten pflanzlichen und tierischen Lebens- und Futtermitteln nahezu bedeutungslos geworden. In Abbildung 5.3 sind Zeitreihen für Cs-137 in Milch und Rindfleisch (Erzeugerproben aus NRW) dargestellt. Aus ihnen ist ersichtlich, dass die mittlere Cs-137-Konzentration in diesen Nahrungsmitteln seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 deutlich zurückgegangen ist.

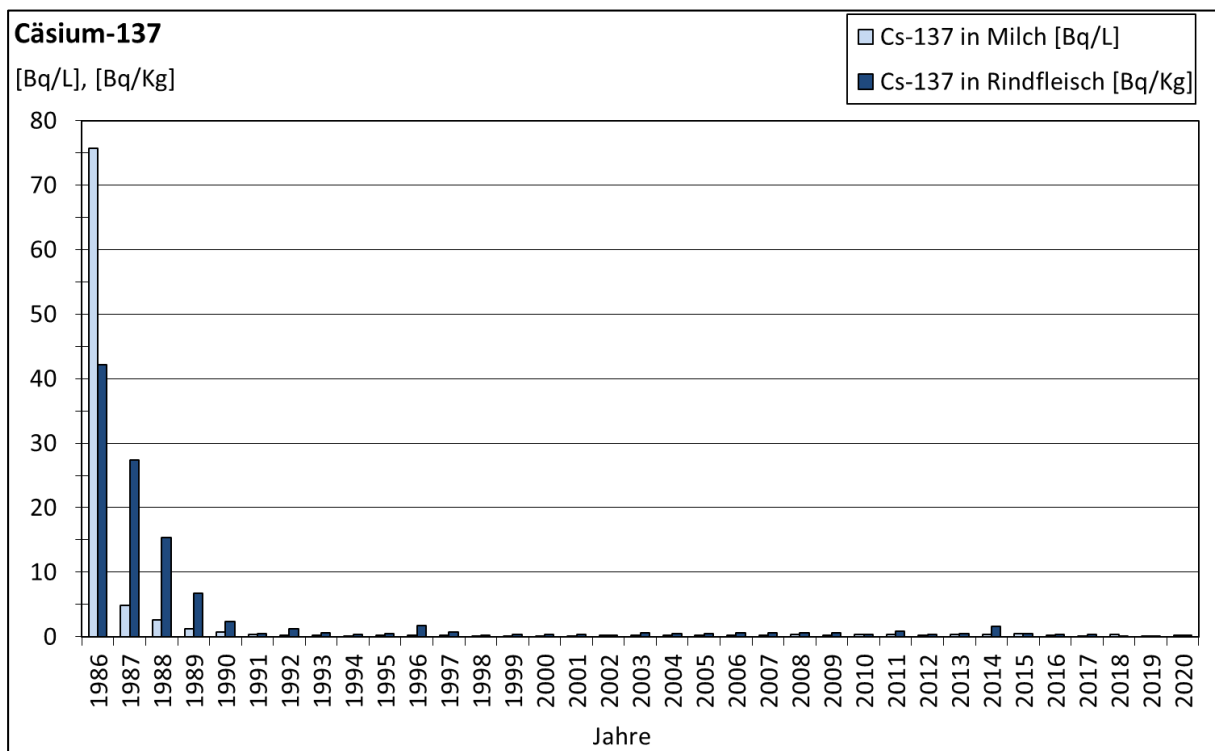


Abbildung 5.3: Jahresmittelwerte von Cs-137 in Milch und Rindfleisch aus NRW von 1986 bis 2020. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 106 Milchproben und 51 Rindfleischproben analysiert.

Nicht nur die Aktivität in den Proben hat abgenommen, sondern auch die Anzahl der Proben, in denen Cs-137 gefunden wird ist rückläufig. Die Cs-137-Konzentrationen in allen landwirtschaftlich erzeugten Proben aus NRW lagen im Jahr 2020 zu 96% bis 99% unterhalb der Nachweisgrenze von Cs-137 bzw. unterhalb von 0,2 Bq/Kg (Abbildung 5.4). Das bedeutet, dass die Cs-137-Konzentrationen im Großteil der Proben so gering sind, dass sie kaum noch nachweisbar sind.

5.5 Wildschwein

Im Gegensatz zu den landwirtschaftlich erzeugten Lebensmitteln kann die Cs-137-Belastung von wildwachsenden Pilzen und Wildfleisch in Deutschland derzeit vergleichsweise höher sein, denn im sauren und kaliumarmen Waldboden bleibt das Cs-137 für Pflanzen, Pilze und Bodenorganismen leicht verfügbar. Das meiste leicht verfügbare Cs-137 befindet sich in der oberflächennahen Humusschicht, aus welcher die Pilze ihre Nährstoffe entnehmen. So kann es zu einer Anreicherung des Cs-137 in den Pilzen kommen. Dabei hat sich gezeigt, dass neben der regional sehr unterschiedlichen Bodenkontamination auch artspezifische Eigenschaften der Pilze einen Einfluss auf die Höhe der Belastung haben.

Über ihre Nahrung nehmen Wildschweine das Cs-137 auf und reichern es in ihrem Körper an, wodurch vereinzelt hohe Cs-137-Belastungen in Wildschweinen auftreten können. Die Abbildung 5.4 zeigt, in welchem Maße in Nordrhein-Westfalen das Wildschweinfleisch höher belastet ist als die tierischen und pflanzlichen Lebensmittel aus landwirtschaftlicher Produktion. Das Fleisch von Wildschweinen kann auch heute noch den EU-Höchstwert von 600 Bq/Kg überschreiten. Im Jahr 2020 wurden zwischen Januar und Mai insgesamt 134 Wildschweinproben genommen. Die Messwerten liegen zwischen <0,8 und 802 Bq/Kg. 2 Proben haben den Höchstwert von 600 Bq/Kg überschritten.

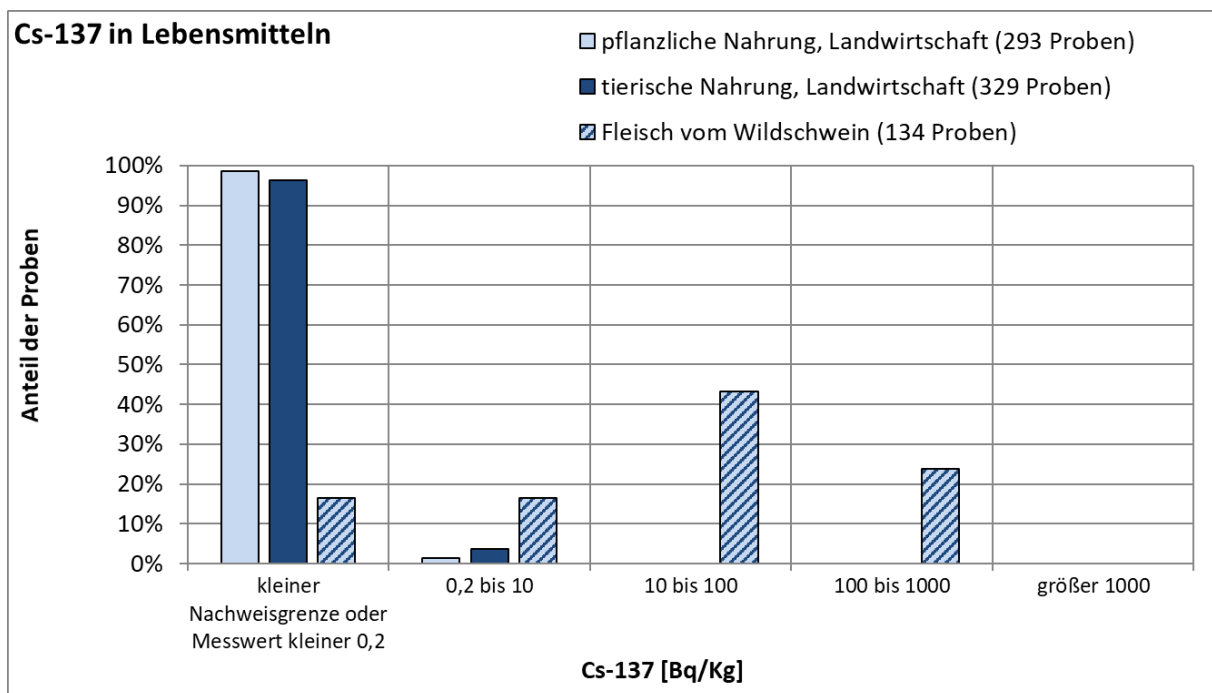


Abbildung 5.4: Von den in 2020 gemessenen Proben liegen 99% der pflanzlichen und 96% der tierischen Lebensmittel, welche in NRW erzeugt wurden unterhalb der Nachweisgrenze von Cs-137 bzw. unter 0,2 Bq Cs-137 pro Kg. Im Gegensatz dazu liegen nur 16% der gemessenen Wildschweinproben unterhalb der Nachweisgrenze von Cs-137.

Der EU-Höchstwert

In der Europäischen Union ist es nicht erlaubt, Lebensmittel in den Verkehr zu bringen, wenn der Höchstwert für Radiocäsium von 600 Bq/kg bzw. 370 Bq/kg bei Milch, Milcherzeugnisse und Kleinkindernahrung überschritten wird. Dieser nach Durchführungsverordnung (EU) 2020/1158 vom 5. August 2020 für Importware geltende Höchstwert wird auch auf Inlandprodukte sinngemäß angewendet.

Kalium-40 und die Strahlenbelastung durch die Nahrung

Das Element Kalium enthält von Natur aus 0,0117 Prozent radioaktives Kalium-40. Kalium ist ein wichtiges Element für den Stoffwechsel im menschlichen Körper und ist in allen pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln vorhanden. Daher wird die Kalium-40-Aktivität bei jeder gammaspektrometrischen Analyse bestimmt. Der Kalium-40-Messwert dient zur Prüfung der Plausibilität einer jeden Gamma-Analyse.

Bei einer Person mit durchschnittlicher Ernährungsgewohnheit führt die Aufnahme natürlicher radioaktiver Stoffe mit der Nahrung zu einer effektiven Dosis von circa 0,3 Millisievert pro Jahr (Kapitel 2, Abbildung 2.4). Das Kalium-40 liefert dabei einen Beitrag von circa 0,17 Millisievert pro Jahr.

Zum Vergleich:

Der Verzehr von einem Kilogramm Wildfleisch mit 1250 Becquerel Cäsium-137 liefert einen zusätzlichen Beitrag von 0,016 Millisievert.

Bei einer achtstündige Flugreise beträgt die Strahlenbelastung in etwa 0,1 Millisievert.

Eine beruflich strahlenexponierte Person darf in Deutschland eine jährliche Strahlendosis von bis zu 20 Millisievert erhalten.

5.6 Trink- und Grundwasser

Geschütztes Rohwasser (Grund- und Tiefenwasser) und ungeschütztes Rohwasser (Oberflächenwasser, Uferfiltrat), das in den Wasserwerken zu Trinkwasser verarbeitet wird, wird jährlich beprobt, während Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen viertel- und halbjährlich beprobt und untersucht wird.

Zusätzlich werden Grundwasserbrunnen halbjährlich beprobt.

In allen Wasserproben aus dem Jahr 2020 lagen die ermittelten Werte für Cäsium-137, Iod-131, Strontium-90, Tritium und Alphastrahler unterhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenzen (Tabelle 6.6, Seite 35).

5.7 Oberflächengewässer

Die Ermittlung der Radioaktivität in oberirdischen Gewässern erstreckt sich auf die Untersuchungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben. Es werden Wasserproben aus vier Fließgewässern kontinuierlich und aus fünf Talsperren diskontinuierlich genommen. Schwebstoffe werden aus zwei Fließgewässern und zwei Talsperren entnommen. Die Sedimentproben stammen aus drei Talsperren, zwei Bühnenfeldern, drei Hafeneinfahrten und drei Stauhaltungen. Tabelle 6.7 (Seite 36) und Abbildung 5.2 zeigen, dass in Schwebstoffen und Sedimenten mehr Cäsium-137 enthalten ist als im Wasser der Fließ- und Stillgewässer. Das Cäsium-137 wurde nach Freisetzung und Ablagerung im Lauf der Jahrzehnte fest in die Kristallgitterstruktur von Tonmineralen eingebaut, so dass es an Sedimentpartikeln gebunden bleibt und nicht im Wasser gelöst vorliegt und außerdem nur geringfügig für den Nährstoffkreislauf verfügbar ist.

5.8 Abfall und Abwasser

In NRW werden im Rahmen des Strahlenschutzgesetzes auch Abwasser 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 sowie Kompost von einer Kompostierungsanlage untersucht (Tabelle 6.8, Seite 37 und Abbildung 5.2). Cäsium-137-Aktivitäten oberhalb der Nachweisgrenze finden sich hauptsächlich in den festen Abfallprodukten, während die wässrigen Abfallprodukte kaum Cs-137 enthalten. In der Nuklearmedizin (Radiojodtherapie) kommt das Iod-131 zur Anwendung, dessen Rückstände häufig in Klärschlamm und Abwasser nachweisbar sind.

5.9 Schnellmessung der Bodenoberfläche

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 Ergebnisse, die mittels Mobilfunk direkt vom Gelände aus zusammen mit den exakten geographischen Positionsangaben an die zuständige Bundesleitstelle übermittelt werden können.

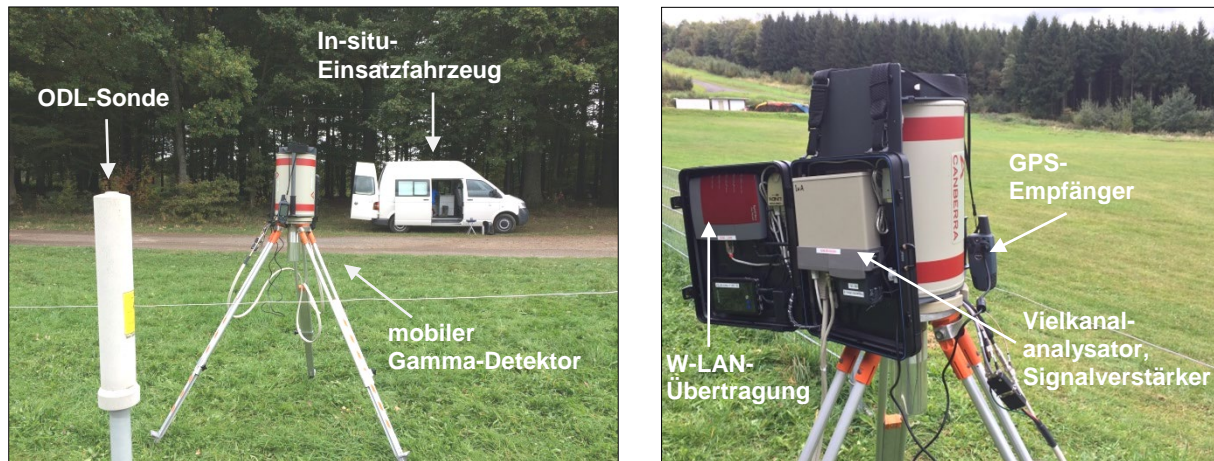


Abbildung 5.6: In-situ-Messung an einer ODL-Sonde

Abbildung 5.6 zeigt das Messsystem bestehend aus dem tragbaren Gammaspektrometer inklusive Stickstoffkühlung und Elektronikoffen, aufgebaut auf einem Stativ direkt neben einer ortsfesten Gamma-Ortsdosisleistung-Sonde (ODL-Sonde) des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS). Im Messbus befindet sich der PC zur Auswertung des Gammaspektrums. Tabelle 5.3 zeigt beispielhaft das Ergebnis der In-situ-Messung in Viersen am 12.08.2020 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 5.7). 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 wie z.B. das Beryllium-7, welches durch kosmische Strahlung in der Atmosphäre gebildet und von dort ausgewaschen wird.

Strahlenexposition durch den Boden

Die Höhe der natürlichen äußeren Strahlung (terrestrisch + kosmisch) beträgt in Deutschland zwischen 0,05 $\mu\text{Sv/h}$ und 0,18 $\mu\text{Sv/h}$ (Mikrosievert pro Stunde).

Die Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (<https://odlinfo.bfs.de>) zeigen eine äußere Strahlenexposition von 0,087 $\mu\text{Sv/h}$ in Viersen bzw. 0,072 $\mu\text{Sv/h}$ in Bielefeld.

Zum Vergleich: Die in-situ-Messungen zeigen für Cs-137 einen Beitrag zur äußeren Strahlung von 0,00032 $\mu\text{Sv/h}$ (Viersen 12.08.2020) und 0,00023 $\mu\text{Sv/h}$ (Bielefeld 02.09.2020).

Tabelle 5.3: Ergebnis der In-situ-Gammaspektrometrie-Messung in Viersen am 12.08.2020.
(<NWG= kleiner Nachweisgrenze)

Radionuklid	Flächenaktivität [Bq/m ²]	Dosisleistung [μSv/h]	Herkunft
Cäsium-137 (Cs-137)	196	0,00032	künstlich (Tschernobyl-Fallout)
Beryllium-7 (Be-7)	< NWG	< NWG	natürlich (kosmogen)
Kalium-40 (K-40)	30500	0,012	natürlich (geogen)
Uran-235 (U-235)	< NWG	< NWG	natürlich (geogen)
Actinium-228 (Ac-228)	1650	0,0040	natürlich (geogen, aus der Th-232-Zerfallsreihe)
Blei-212 (Pb-212)	1134	0,00090	
Bismut-212 (Bi-212)	805	0,00023	
Thallium-208 (Tl-208)	586	0,0048	natürlich (geogen, aus der U-238-Zerfallsreihe)
Radium-226 (Ra-226)	< NWG	< NWG	
Blei-214 (Pb-214)	1117	0,00081	
Bismut-214 (Bi-214)	1293	0,0049	

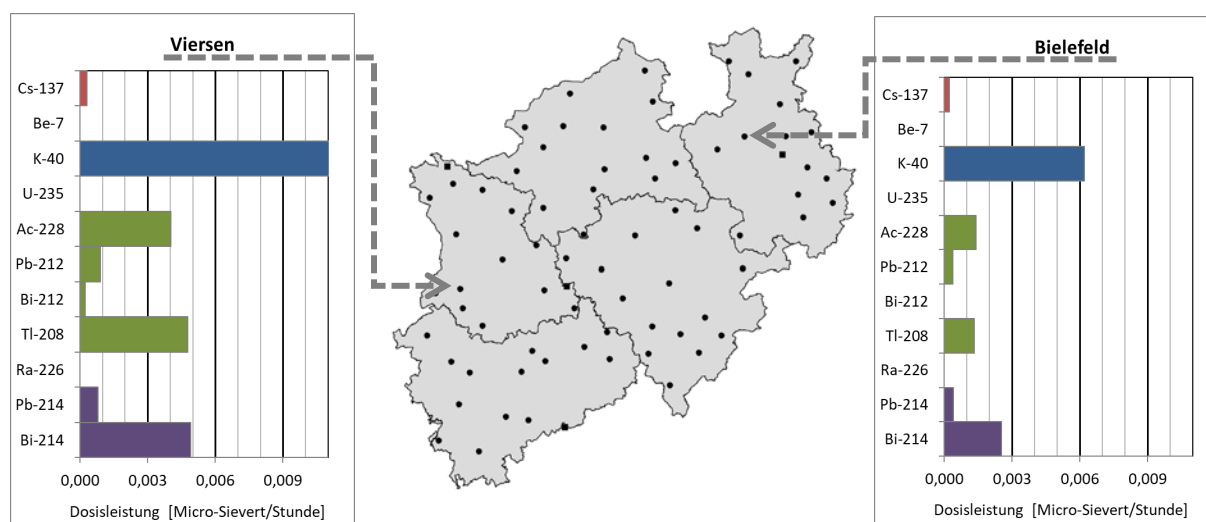


Abbildung 5.7: In-Situ-Gammaspektrometrie in NRW. Die Punkte zeigen die 75 Messstellen verteilt über die fünf Regierungsbezirke. Beispielhaft dargestellt sind Messergebnisse aus dem Jahr 2020 an den Messstellen in Viersen (12.08.2020) und Bielefeld (02.09.2020). Außer Cäsium-137 sind alle gemessenen Radionuklide natürlichen Ursprungs (siehe auch Tabelle 5.3).

Die natürliche äußere Strahlenbelastung setzt sich aus der kosmischen und der terrestrischen Strahlung zusammen. Die Höhe der äußeren Strahlung wird in der Einheit $\mu\text{Sv/h}$ (Mikrosievert pro Stunde) angegeben und bewegt sich in Deutschland je nach örtlichen Gegebenheiten zwischen $0,05 \mu\text{Sv/h}$ und $0,18 \mu\text{Sv/h}$. Die Strahlung, die durch den Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 frei gesetzt wurde, trägt heute nur wenig zur gesamten Strahlenbelastung bei (Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz).

6 Anhang

In den folgenden Tabellen sind die Messergebnisse aus den Routineanalysen der Alpha- und Gammaskpektrometriem sowie Betaanalysen des Jahres 2020 zusammengefasst. Die Proben sind nach Umweltbereichen und Messprogrammen (Herkunft der Probe) gruppiert. Alle Proben werden gammaskpektrometrisch untersucht, hier berichtet werden die Ergebnisse von Cäsium-137 (Cs-137), Kalium-40 (K-40) und bei Wasser und Abfallproben Iod-131 (I-131). K-40 ist als natürliches Radionuklid in allen Lebens-, Futtermitteln und Umweltproben enthalten. Es wird zur Plausibilitätskontrolle verwendet und daher standardmäßig immer berichtet. Bei einem festgelegten Teil der Proben werden außerdem die Betastrahler Tritium (H-3) und Strontium-90 (Sr-90) sowie die Alphastrahler Americium-241 (Am-241), Uran (U-234/235/238) und Plutonium (Pu-238/239/240) überwacht. Sind in den Proben diese Radionuklide nicht nachweisbar, wird anstatt eines Messwertes die mit dem Messverfahren erreichte Nachweisgrenze angegeben. Die tatsächliche Aktivität liegt demnach auf jeden Fall unterhalb dieser Nachweisgrenze.

Die hier dargestellten Daten wurden von den fünf amtlichen Messstellen repräsentativ für ganz NRW an verschiedenen Probenahmestellen und zu unterschiedlichen Jahreszeiten erhoben. Daher sind die Messwerte häufig nicht normalverteilt, was bedeutet, es können Ausreißerwerte auftreten. Außerdem handelt es sich bei vielen Daten nicht um Messwerte, sondern teilweise können nur die erreichten Nachweisgrenzen berichtet werden. Aus diesen Gründen wird für die Zusammenfassung von mehreren Daten der Median verwendet. Er ist der mittlere Wert in einer Zahlenreihe oder auch „Zentralwert“ genannt. Im Vergleich zum arithmetischen Mittelwert ist der Median robuster gegenüber Ausreißern. Zusätzlich zum Median wird hier auch der höchste gemessene Wert (Maximum) angegeben, so dass die Spannweite der Werte deutlich wird.

Der Median wird nicht angegeben, wenn die Anzahl der Messungen = 1 beträgt. Liegen alle Messergebnisse unterhalb der vom Labor ermittelten Nachweisgrenze, wird das Maximum als „kleiner Nachweisgrenze“ (< ...) angegeben. Berichtet werden die Ergebnisse in der Regel mit einer Genauigkeit von 2 signifikanten Stellen. Zu beachten sind unterschiedliche Einheiten bzw. Bezug auf Trockenmasse (TM), Feuchtmass (FM) oder Volumen.

Tabelle 6.1: Spezifische Aktivitäten bzw. Dosisleistung in/auf Böden und Indikatorpflanzen aus NRW 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Bodenoberfläche, unversiegelt (in-situ, nuklidspez. Dosisleistung)	Cs-137	25	0,00037	0,0017	µSv/h
	K-40		0,010	0,021	
Weideböden (bis 10 cm Tiefe)	Cs-137	13	6,8	14	Bq/kg(TM)
	K-40		490	600	
	Sr-90	5	0,61	1,1	
Ackerböden (bis 40 cm Tiefe)	Cs-137	10	6,0	9,0	Bq/kg(TM)
	K-40		450	670	
	Sr-90	5	0,54	0,87	
Blätter	Cs-137	9	0,58	23	Bq/kg(TM)
	K-40		300	670	
Nadeln	Cs-137	5	0,38	81	Bq/kg(TM)
	K-40		190	210	
Gras	Cs-137	8	0,43	1,3	Bq/kg(TM)
	K-40		760	1100	
	Sr-90	1		1,0	

Tabelle 6.2: Spezifische Aktivitäten in Futtermitteln, Erzeugerproben aus NRW 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Weide- u. Wiesenbewuchs	Cs-137	24	0,33	< 0,66	Bq/kg(FM)
	K-40		220	850	
	Sr-90	7	0,32	1,2	
Grünfütterpflanzen (außer Weide- u. Wiesenbewuchs)	Cs-137	1		< 0,42	Bq/kg(FM)
	K-40			810	
Mais (ganze Pflanze)	Cs-137	23	0,25	< 0,46	Bq/kg(FM)
	K-40		120	760	
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs-137	18	0,20	< 0,35	Bq/kg(FM)
	K-40		130	180	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs-137	7	0,19	0,37	Bq/kg(FM)
	K-40		130	760	
Sonstige Futtermittel	Cs-137	10	0,17	< 0,51	Bq/kg(FM)
	K-40		150	1100	
Maisprodukte	Cs-137	1		< 0,079	Bq/kg(FM)
	K-40			51	

Tabelle 6.3: Spezifische Aktivitäten in importierten Futtermitteln 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs-137	2	0,18	< 0,21	Bq/kg(FM)
	K-40		130	170	
Stroh, Cobs, Trockenmehle	Cs-137	1		< 0,25	Bq/kg(FM)
	K-40			600	
Schrote	Cs-137	6	0,32	< 0,46	Bq/kg(FM)
	K-40		700	840	

Tabelle 6.4: Spezifische Aktivitäten in Lebensmitteln, Erzeugerproben aus NRW 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Sammelmilch (Kuh-)	Cs-137	63	0,15	< 0,21	Bq/l
	K-40		49	69	
	Sr-90	6	0,030	0,070	
Hofmilch (Kuh-)	Cs-137	43	0,12	0,77	Bq/l
	K-40		57	68	
	Sr-90	6	0,030	0,082	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	98	0,15	0,41	Bq/kg(FM)
	K-40		93	390	
	Sr-90	7	0,062	0,24	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	27	0,14	0,40	Bq/kg(FM)
	K-40		110	220	
	Sr-90	1		0,028	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	37	0,15	0,25	Bq/kg(FM)
	K-40		70	210	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	44	0,14	< 0,21	Bq/kg(FM)
	K-40		80	160	
	Sr-90	2	0,058	0,10	
Kartoffeln	Cs-137	18	0,13	< 0,16	Bq/kg(FM)
	K-40		130	180	
	Sr-90	4	0,030	0,050	
Getreide und Getreidekörner	Cs-137	45	0,14	0,27	Bq/kg(FM)
	K-40		130	160	
	Sr-90	3	0,074	0,098	
sonstige Obstarten und Obstprodukte, Frisch- oder Trockenprodukte, auch haltbar gemacht	Cs-137	2	0,15	< 0,17	Bq/kg(FM)
	K-40		200	270	
Kernobst	Cs-137	13	0,14	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K-40		34	52	
	Sr-90	3	0,020	0,028	
Steinobst	Cs-137	3	0,12	< 0,16	Bq/kg(FM)
	K-40		76	87	
	Sr-90	1		0,036	
Beerenobst und Wald-/Wildbeeren, ungeschützter Anbau	Cs-137	6	0,15	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K-40		59	100	
	Sr-90	1		0,055	

Fortsetzung Tabelle 6.4

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Rindfleisch	Cs-137	51	0,15	0,41	Bq/kg(FM)
	K-40		110	130	
Kalbfleisch	Cs-137	19	0,17	0,31	Bq/kg(FM)
	K-40		100	140	
Schweinefleisch	Cs-137	93	0,14	< 0,59	Bq/kg(FM)
	K-40		110	140	
Geflügelfleisch	Cs-137	38	0,15	< 0,20	Bq/kg(FM)
	K-40		100	140	
Haarwildfleisch	Cs-137	134	17	800	Bq/kg(FM)
	K-40		110	130	
Süßwasserfisch	Cs-137	22	0,15	0,38	Bq/kg(FM)
	K-40		120	140	
	Sr-90	3	0,011	0,019	
Gesamtnahrung	Cs-137	128	0,23	0,75	Bq/(d*p)
	K-40		100	180	
	Sr-90	19	0,052	0,49	
Säuglings- und Kleinkindernahrung	Cs-137	22	0,096	< 0,15	Bq/kg(FM)
	K-40		28	68	
	Sr-90	4	0,028	0,032	

Tabelle 6.5: Spezifische Aktivitäten in importierten Lebensmitteln 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Frischgemüse (einschl. Kartoffeln und Pilze), auch tiefgefroren, Trockenprodukte und haltbar gemacht	Cs-137	3	0,17	< 0,20	Bq/kg(FM)
	K-40		150	160	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	3	0,092	< 0,12	Bq/kg(FM)
	K-40		69	110	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	1		< 0,13	Bq/kg(FM)
	K-40			71	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs-137	14	0,13	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K-40		66	100	
Kartoffeln	Cs-137	4	0,12	< 0,18	Bq/kg(FM)
	K-40		130	140	
Fruchtgemüse, geschützter Anbau	Cs-137	1		< 0,14	Bq/kg(FM)
	K-40			71	
Kulturpilze	Cs-137	1		0,073	Bq/kg(FM)
	K-40			120	
Getreide und Getreidekörner	Cs-137	2	0,11	< 0,11	Bq/kg(TM)
	K-40		35	46	

Fortsetzung Tabelle 6.5

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
sonstige Obstarten und Obstprodukte, Frisch- oder Trockenprodukte, auch haltbargemacht	Cs-137	6	0,13	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K-40		57	110	
Kernobst	Cs-137	4	0,15	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K-40		31	41	
Steinobst	Cs-137	2	0,12	< 0,13	Bq/kg(FM)
	K-40		67	77	
Rindfleisch	Cs-137	6	0,16	< 0,20	Bq/kg(FM)
	K-40		100	130	
Kalbfleisch	Cs-137	6	0,17	0,71	Bq/kg(FM)
	K-40		120	130	
Schweinefleisch	Cs-137	4	0,12	< 0,15	Bq/kg(FM)
	K-40		120	120	
Geflügelfleisch	Cs-137	7	0,18	< 0,21	Bq/kg(FM)
	K-40		89	120	
Lammfleisch	Cs-137	1		< 0,16	Bq/kg(FM)
	K-40			99	
Süßwasserfisch	Cs-137	11	0,14	0,53	Bq/kg(FM)
	K-40		88	110	
Seefisch	Cs-137	10	0,14	0,27	Bq/kg(FM)
	K-40		92	140	
Käse aus Kuhmilch	Cs-137	16	0,15	< 6,1	Bq/kg(FM)
	K-40		20	41	
Käse aus Milch anderer Tiere	Cs-137	1		0,17	Bq/kg(FM)
	K-40			18	
Milchprodukte außer Käse, Frisch- oder Trockenprodukte, auch haltbar gemacht	Cs-137	3	0,16	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K-40		52	62	

Tabelle 6.6: Aktivitätskonzentrationen in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen, NRW 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Reinwasser aus geschützten Rohwasservorkommen	Cs-137	5	0,0048	< 0,0050	Bq/l
	I-131		0,056	< 0,062	
	K-40		0,13	0,16	
Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen	Cs-137	19	0,0014	< 0,0095	Bq/l
	I-131		0,081	< 0,73	
	K-40		0,12	4,2	
	Sr-90	4	0,0031	0,0059	
	H-3	4	6,0	6,1	
	Am-241	5	0,0028	0,0036	
	Pu-238		0,0029	0,0079	
	Pu-239/240		0,0029	0,0079	
	U-234		0,0060	0,016	
	U-235		0,00098	0,0015	
U-238	0,0046	0,013			
Reinwasser aus Mischrohwasser	Cs-137	3	0,046	< 0,047	Bq/l
	I-131		0,047	< 0,050	
	K-40		0,63	< 0,66	
Grundwasser (nicht zur Trinkwassergewinnung)	Cs-137	4	0,0026	< 0,0029	Bq/l
	K-40		0,095	0,099	
	Sr-90	2	0,0040	0,0040	
	H-3	2	6,0	6,0	
Rohwasser, geschützt, aus Grund- und Tiefenwasser	Cs-137	9	0,031	< 0,043	Bq/l
	I-131		0,038	< 0,067	
	K-40		0,41	< 0,57	
	Sr-90	2	0,0075	< 0,010	
	H-3	2	5,4	< 6,2	
	Pu-238	4	0,0047	< 0,0073	
	Pu-239/240		0,0047	< 0,0073	
	U-234		0,0031	0,0045	
	U-235		0,00098	0,0010	
U-238	0,0016	0,0023			
Rohwasser, ungeschützt, aus Oberflächenwasser	Cs-137	7	0,0060	< 0,0085	Bq/l
	I-131		0,014	< 0,047	
	K-40		0,17	0,37	
	Sr-90	2	0,0021	0,0028	
	H-3	2	6,0	6,0	
	Am-241	3	0,0015	0,0018	
	Pu-238		0,0018	0,0038	
	Pu-239/240		0,0018	0,0038	
	U-234		0,0048	0,017	
	U-235		0,00068	0,0017	
	U-238	0,0030	0,014		

Tabelle 6.7: Aktivitätskonzentrationen und spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoffen und Sedimenten aus Flüssen und Seen, NRW 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Maximum		Einheit
			Median		
Wasser in Fließgewässern	Cs-137	19	0,0012	< 0,010	Bq/l
	I-131		0,092	< 0,31	
	K-40		0,15	0,57	
	Sr-90	3	0,0018	0,0021	
	H-3	19	6,0	6,4	
	Am-241	8	0,0040	0,0072	
	Pu-238		0,0034	0,0071	
	Pu-239/240		0,0034	0,0071	
	U-234		0,011	0,013	
	U-235		0,00096	0,0018	
	U-238		0,0089	0,010	
Schwebstoff in Fließgewässern	Cs-137	12	5,8	17	Bq/kg(TM)
	I-131		21	3300	
	K-40		470	630	
Sediment in Fließgewässern	Cs-137	21	4,7	11	Bq/kg(TM)
	I-131		4,1	36	
	K-40		520	770	
Wasser in stehenden Gewässern	Cs-137	27	0,0081	< 0,037	Bq/l
	I-131		0,027	< 0,25	
	K-40		0,19	< 0,58	
	Sr-90	4	0,0042	0,021	
	H-3	27	6,0	6,8	
Schwebstoffe in stehenden Gewässern	Cs-137	8	3,6	23	Bq/kg(TM)
	I-131		69	860	
	K-40		550	610	
Sedimente in stehenden Gewässern	Cs-137	21	7,8	120	Bq/kg(TM)
	I-131		4,4	570	
	K-40		490	820	

Tabelle 6.8: Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Abfällen und Abwässern, NRW 2020

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Abwasser aus Kläranlagenablauf	Cs-137	40	0,077	< 0,13	Bq/l
	I-131		0,11	< 280	
	K-40		1,3	15	
	Sr-90	4	0,032	0,18	
	Pu-238	4	0,0051	0,0093	
	Pu-239/240		0,0046	0,0093	
	U-234		0,0076	0,0090	
	U-235		0,0019	0,0044	
	U-238		0,0056	0,0073	
Klärschlamm	Cs-137	39	1,7	< 5,6	Bq/kg(TM)
	I-131		32	300	
	K-40		130	420	
	Sr-90	4	5,1	8,7	
	Pu-238	4	0,72	0,96	
	Pu-239/240		0,51	0,80	
	U-234		44	50	
	U-235		1,6	1,9	
	U-238		33	44	
Filterstaub, Filterasche	Cs-137	6	11	59	Bq/kg(TM)
	I-131		0,60	0,85	
	K-40		1400	2300	
Kesselasche, Schlacke	Cs-137	6	0,68	1,2	Bq/kg(TM)
	I-131		0,78	1,5	
	K-40		190	320	
Feste Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs-137	6	0,26	8,0	Bq/kg(TM)
	I-131		3,8	23	
	K-40		10	320	
Flüssige Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs-137	4	0,10	0,12	Bq/l
	I-131		3,5	25	
	K-40		16	27	
Sicker- und Grundwasser	Cs-137	6	0,048	0,072	Bq/l
	I-131		0,057	0,071	
	K-40		13	45	
	H-3	6	15	37	
Kompost	Cs-137	7	4,4	6,8	Bq/kg(TM)
	I-131		1,5	9,6	
	K-40		540	690	

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de