



# Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen

Gemeinsamer Jahresbericht 2018 der amtlichen  
Messstellen für Umweltradioaktivität



---

# **Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen**

Gemeinsamer Jahresbericht 2018 der amtlichen  
Messstellen für Umweltradioaktivität

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen  
Recklinghausen 2019

---

## 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](mailto:poststelle@lanuv.nrw.de)

Gemeinsam mit den amtlichen Messstellen in Nordrhein-Westfalen:

Landesinstitut für Arbeitsgestaltung des Landes Nordrhein-Westfalen (LIA),  
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), Schwannstraße 3, 40476 Düsseldorf

Bearbeitung Eva Bierhaus und Dr. Sven Kretschmer (beide LANUV)

Bildnachweis Titel (LANUV)

Kartengrundlage Land NRW (2019). Datenlizenz Deutschland - Namensnennung -  
Version 2.0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0))

Informationsdienste Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter  
• [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)  
Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im  
• WDR-Videotext

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

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

# Inhalt

<b>1 Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG).....</b>	<b>5</b>
<b>2 Radiologische Grundlagen.....</b>	<b>7</b>
2.1 Strahlungsarten .....	7
2.2 Expositionspfade .....	9
2.3 Natürliche Radioaktivität .....	10
2.4 Künstliche Radioaktivität .....	11
2.5 Effektive Jahresdosis.....	12
2.6 Bestimmung der Radioaktivität .....	13
<b>3 Messprogramme .....</b>	<b>15</b>
3.1 Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm).....	15
3.2 Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm).....	17
3.3 Sondermessungen.....	18
<b>4 Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS).....</b>	<b>19</b>
<b>5 Ergebnisse aus Routine- und Sondermessprogramm .....</b>	<b>20</b>
5.1 Zusammenfassung .....	20
5.2 Böden und Pflanzen .....	23
5.3 Futtermittel .....	23
5.4 Lebensmittel.....	23
5.5 Wildschwein .....	25
5.6 Trink- und Grundwasser.....	26
5.7 Oberflächengewässer.....	26
5.8 Abfall und Abwasser .....	27
5.9 Schnellmessung der Bodenoberfläche .....	27
<b>6 Anhang .....</b>	<b>30</b>



# 1 Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem 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 in Deutschland das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) erlassen. Das StrlSchG novelliert grundlegend die bis dahin bestehende deutsche Gesetzgebung zum Schutz der Bevölkerung vor ionisierender Strahlung. So ist das StrVG von 1986 seit dem Jahr 2017 aufgehoben und in den §§ 161-165 des neuen StrlSchG inhaltsgleich wiederzufinden. Die §§ 161-165 („Überwachung der Umweltradioaktivität“) 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 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
- Pflanzen (Indikatorpflanzen, die nicht der Ernährung dienen).

## Radioaktivität

1. Eigenschaft von Radionukliden, sich unter Aussendung von ionisierender Strahlung (Alpha-, Beta-, Gammastrahlung) in stabilere Nuklide umzuwandeln.
2. 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

Darüber hinaus führen einige Länder interne Sondermessprogramme zur Untersuchung spezieller Proben durch (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 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 werdene Energie wird als ionisierende Strahlung bezeichnet.

Die 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 dünner Papierschicht abgeschirmt, Betastrahlung von wenigen Zentimetern Holz oder Ähnlichem. Gammastrahlung hingegen kann selbst von einer Bleiabschirmung nicht komplett absorbiert sondern nur abgeschwächt werden (Abbildung 2.1).

So 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**

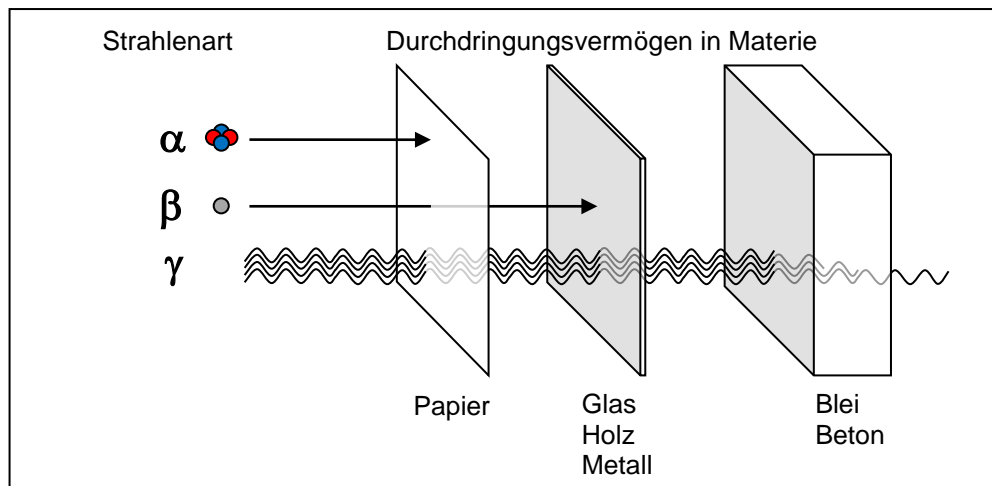
Besteht aus Alphateilchen (einem Helium-Kern: 2 Protonen und 2 Neutronen, positiv geladen). Die Energie der Alphateilchen ist spezifisch für das Radionuklid und kann zur Identifizierung verwendet werden. Beispiele: Uran, Thorium.

#### **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:** 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**, was in der Folge auch zu chemischen Veränderungen führen kann. Im biologischen Gewebe können diese Veränderungen zu Schädigungen von Zellen oder Zellbestandteilen insbesondere der Erbgut tragenden Desoxyribonukleinsäure (DNS) führen.

#### Effektive Dosis

Summe der gewichteten Organdosen in den Geweben oder Organen des Körpers. Wichtungsfaktoren beschreiben die Strahlenempfindlichkeit sowie die Speicherfähigkeit des Organs für den radioaktiven Stoff. Maßeinheit ist das Sievert (Sv).

#### 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. Maßeinheit ist das Sievert (Sv).

#### Äquivalentdosis

Produkt aus der Energiedosis (absorbierte Dosis, Maßeinheit: Gray, Gy = J/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 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 (z.B. Luft - Niederschlag - Futterpflanze - Kuh - Milch - Mensch), die bei den Dosisberechnungen beachtet werden müssen.

### 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 ( $T_{\text{phys}}$ )

Zeit, in der die Hälfte der Radionuklide zerfällt

### biologische Halbwertszeit ( $T_{\text{biol}}$ )

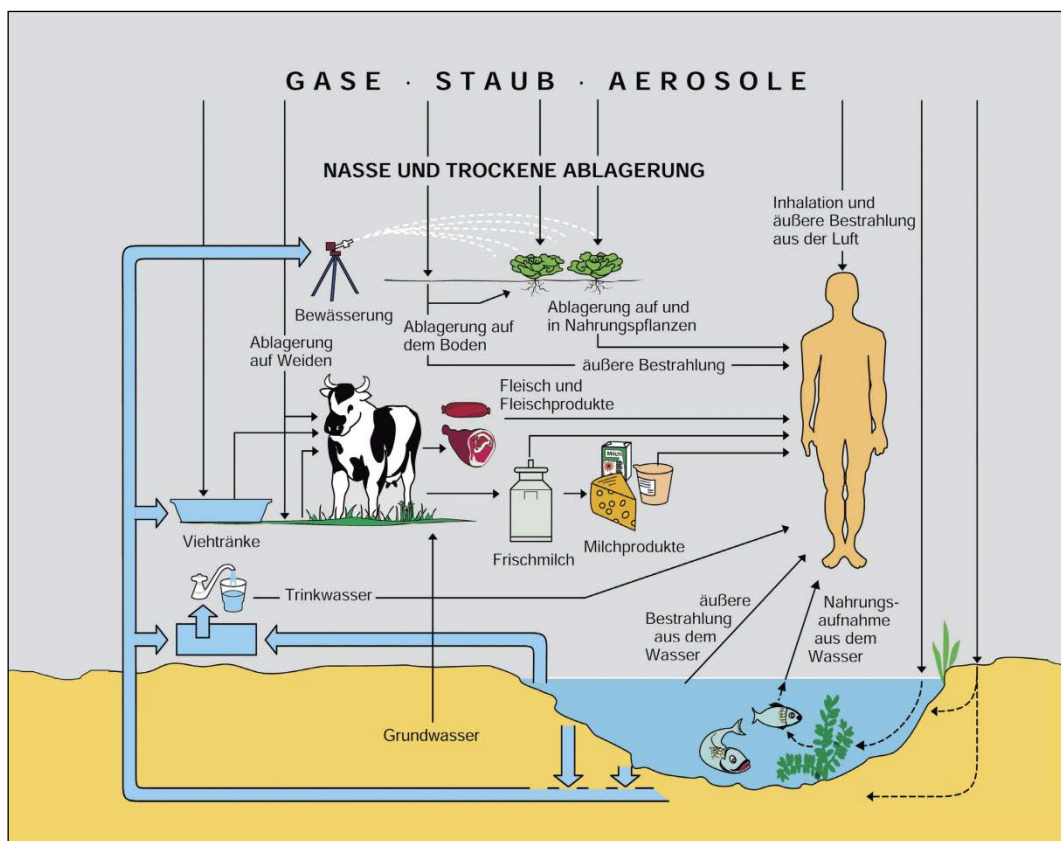
Zeit, in der ein biologischer Organismus, beispielsweise Mensch oder Tier, auf natürlichem Wege die Hälfte der aufgenommenen Menge eines bestimmten Stoffes aus dem Körper oder einem speziellen Organ ausscheidet

### effektive Halbwertszeit ( $T_{\text{eff}}$ )

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

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

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.



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

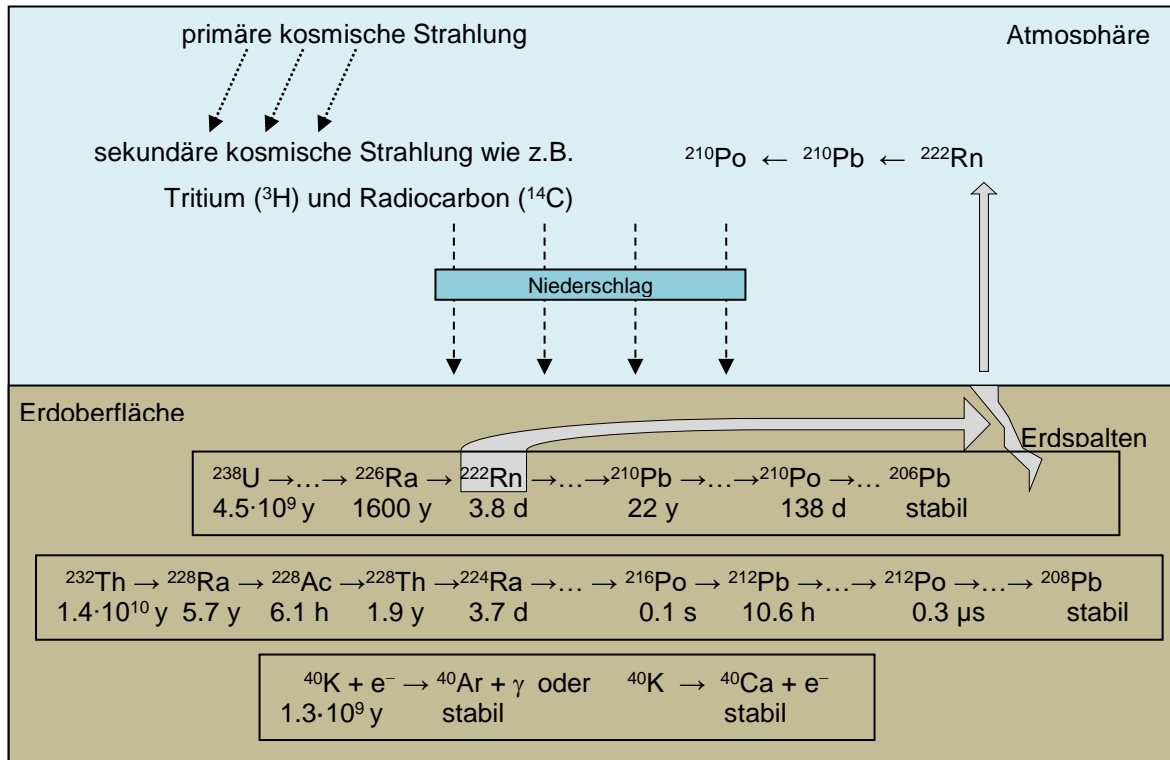
## 2.3 Natürliche Radioaktivität

Einige Radionuklide z.B. Uran-238 ( $^{238}\text{U}$ ), Thorium-232 ( $^{232}\text{Th}$ ) und Kalium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) sind aufgrund ihrer langen **physikalischen Halbwertszeit** (bei  $^{238}\text{U}$  beträgt diese 4,7 Milliarden, bei  $^{232}\text{Th}$  14 Milliarden und bei  $^{40}\text{K}$  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 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 ( $^{222}\text{Rn}$ ) und dessen Zerfallsprodukte, Radionuklide von Blei (Pb) und Polonium (Po) hervorgerufen. Es bildet sich in der Zerfallsreihe von Uran-238 über Radium-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ) 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 (entstanden aus primären Protonenreaktionen) mit Stickstoff-Atomkernen ( $^{14}\text{N}$ ) der Luft die Radionuklide Kohlenstoff-14 ( $^{14}\text{C}$ ) und Tritium ( $^3\text{H}$ ).



**Abbildung 2.3:** Natürliche radioaktive Stoffe in Atmosphäre und Boden und deren physikalische Halbwertszeiten (y = Jahre, d = Tage, h = Stunden, 10<sup>9</sup> = 1 Milliarde, 10<sup>10</sup> = 10 Milliarden)

## 2.4 Künstliche Radioaktivität

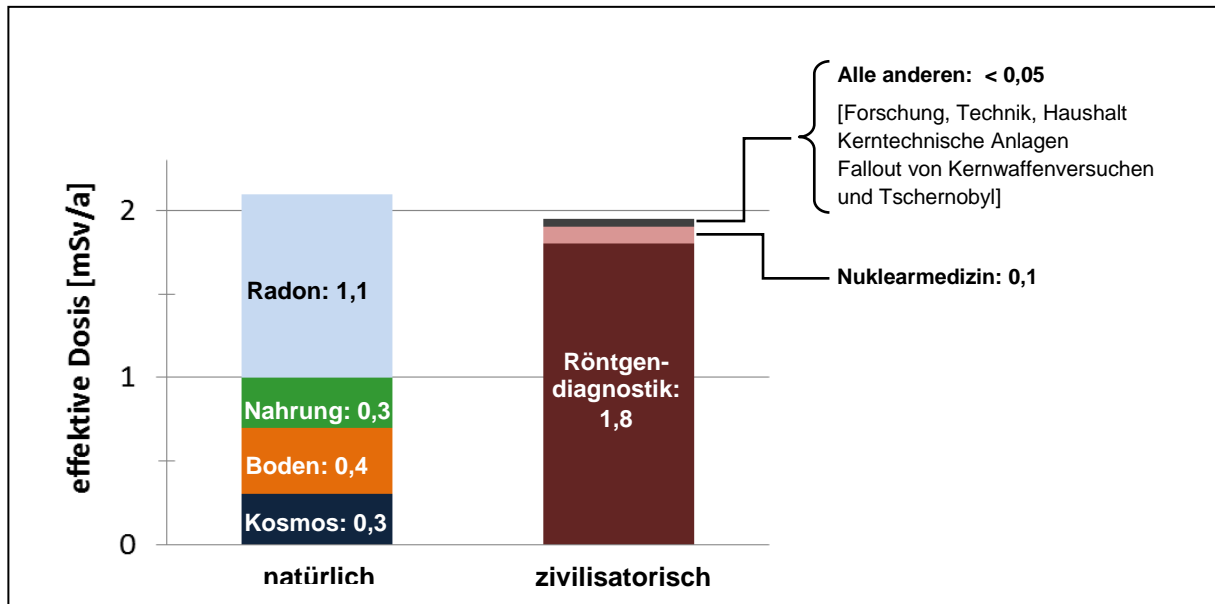
Künstliche Radionuklide werden z.B. in kerntechnischen Anlagen oder Beschleunigern erzeugt. Sie finden Verwendung in Medizin, Technik und Forschung.

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 Atmung und Nahrungsmittelverzehr zusammensetzt (Abbildung 2.4).



**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, Bau und Reaktorsicherheit, Bonn, 2015: "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung Jahresbericht 2013")

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 (1986) auf weniger als 0,011 mSv (2014) zurückgegangen.

## 2.6 Bestimmung der Radioaktivität

Nachdem die Proben aufgearbeitet wurden (z.B. gewaschen, angereichert, getrocknet oder zu Asche gegläht), werden die einzelnen radioaktiven Stoffe gemessen. Das Messverfahren richtet sich nach der Strahlenart der zu bestimmenden Radionuklide. In den meisten Fällen werden die Proben gammastrahlendimetrisch (Abbildung 2.6) untersucht, da viele strahlenbiologisch relevante Nuklide Gammastrahler sind.

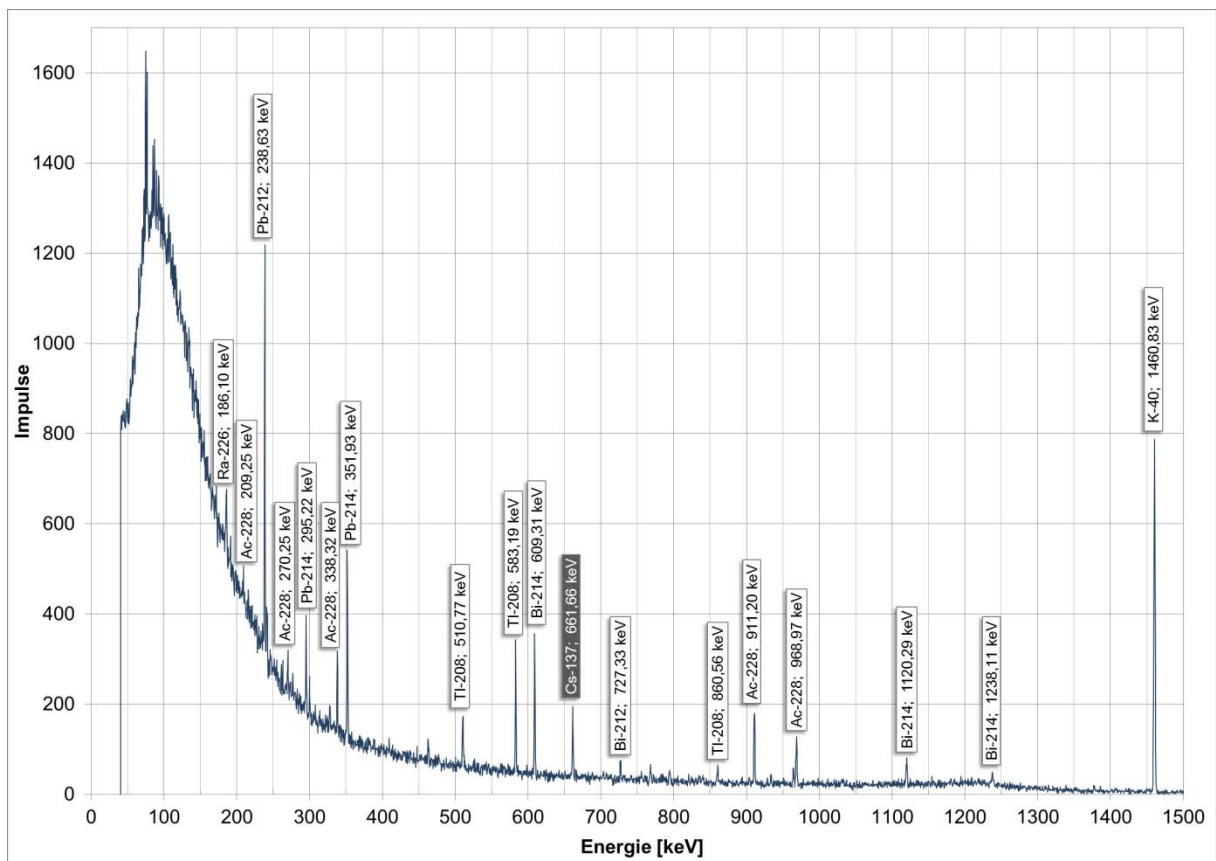
- mit diesem Verfahren mehrere Nuklide gleichzeitig bestimmt werden können, weil jedes Nuklid bei der Kernumwandlung Gammastrahlen mit charakteristischen Energien (Abbildung 2.5) aussendet.
- die Aufarbeitung den geringsten Aufwand in Anspruch nimmt und das Analyseergebnis nach kurzer Zeit vorliegt.

### Gammastrahlenspektrum

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

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

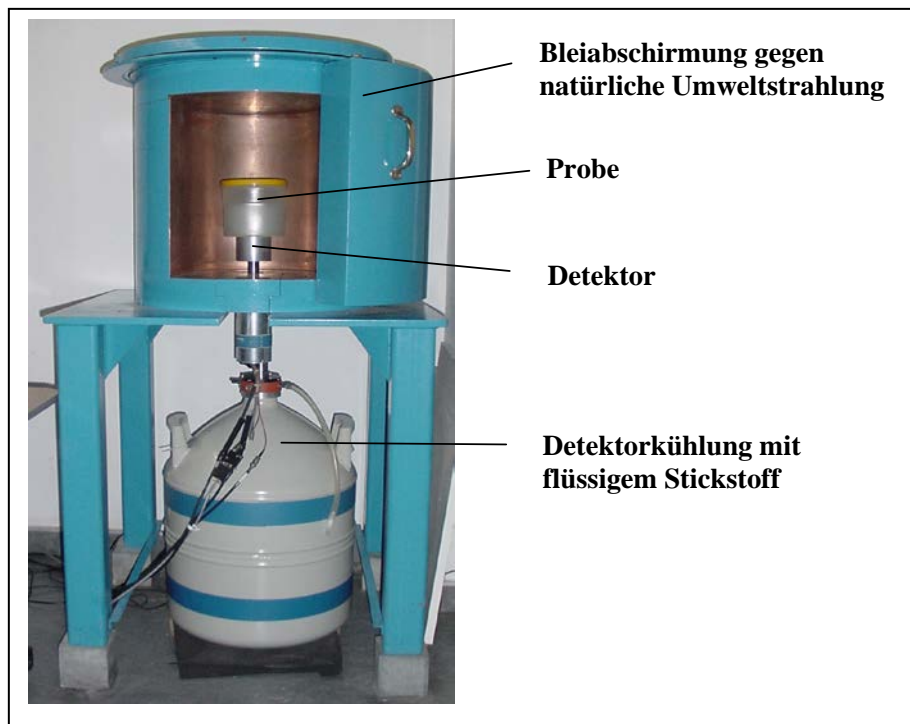
Typischer Messbereich: 50 bis 2000 Kilo-Elektronenvolt (keV)



**Abbildung 2.5:** Gammastrahlenspektrum 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 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 des Strahlenschutzgesetzes sowie in landeseigenen Messprogrammen festgelegt. Lebensmittel-, Futtermittel- und Umweltpollen 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. 1800 Untersuchungen routinemäßig durchgeführt. Hierbei werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

- Gammaskpektrometrie
- Alphaspektrometrie
- Strontiumanalysen
- Tritiumanalysen
- In-situ-Messungen

Je nach Probenart und Untersuchungsziel sind maximal zulässige Nachweisgrenzen (bei der Gammaskpektrometrie 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 <sup>2</sup>
	Gamma- spektrometrie <sup>1)</sup>	Strontium- analysen	Alpha- spektrometrie	Tritiumanalysen	In-situ- Messungen <sup>1)</sup>
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 <sup>3)</sup>	0,5				
Futtermittel <sup>4)</sup>	0,5	0,05 <sup>2)</sup>			
Boden <sup>3)</sup>	0,5	0,5			200
Wasser	0,05	0,01	0,01	10	
Schwebstoffe <sup>3)</sup>	5				
Sedimente <sup>3)</sup>	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 <sup>3)</sup>	5	5	5		
Hausmülldeponie	0,1			10	
Verbrennungsanlagen	5				
Kompostierungsanlagen <sup>3)</sup>	5				
Sonstige Produkte	0,2				

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

### **3.3 Sondermessungen**

Im Routinemessprogramm werden nicht nur Proben untersucht, die unmittelbar von heimischen Erzeugerbetrieben stammen, sondern auch Importproben. Seit 1986 sind für Erzeugnisse aus Drittländern, die besonders von dem Unfall von Tschernobyl betroffen sind Höchstwerte für die spezifische Radioaktivität festgelegt (Verordnung (EWG) Nr. 1707/86, ABl. Nr. L152 vom 31.05.1986, Verordnung (EG) Nr. 733/2008, ABl. Nr. L201 vom 15.07.2008). 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. In einem landeseigenen Sondermessprogramm wird das Fleisch von Wildschweinen aus Nordrhein-Westfalen hinsichtlich der Überschreitung des Cs-137-Höchstwertes geprüft.

## 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 4.2).

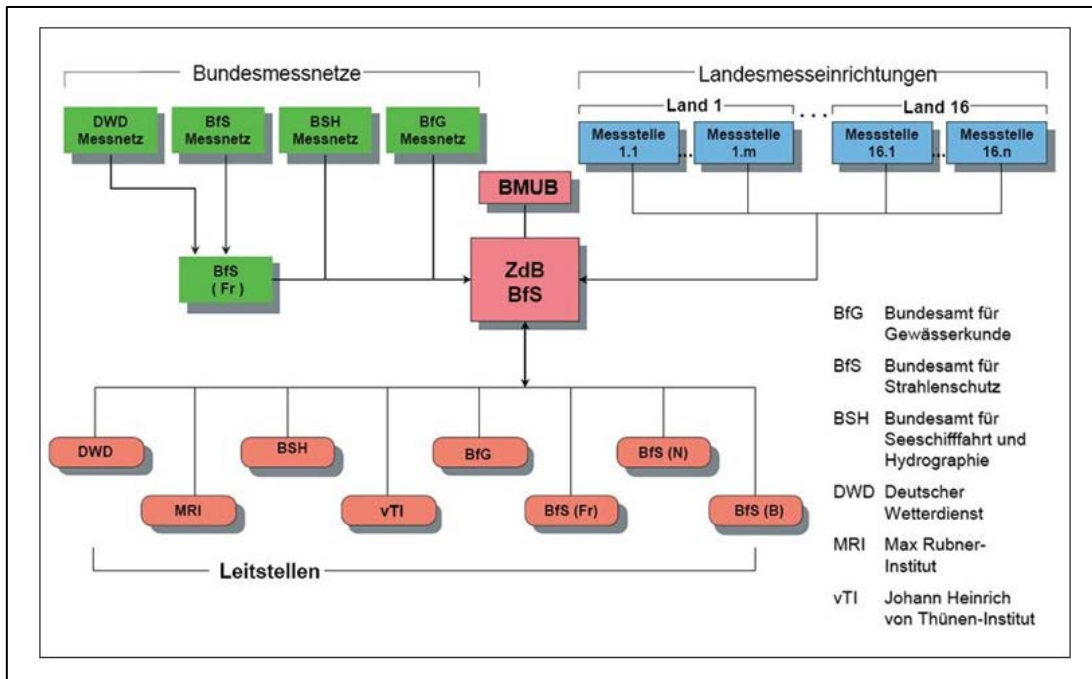


Abbildung 4.1: Das IMIS-Messnetz (Quelle: BMU, Download: [https://www.bmu.de/...](https://www.bmu.de/))

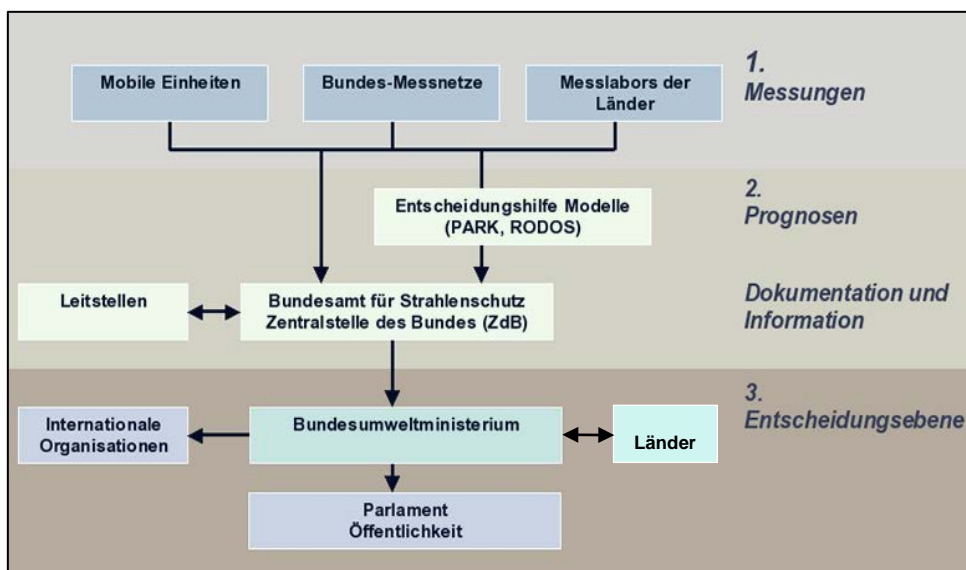


Abbildung 4.2: Datenfluss und Organisation im IMIS (Quelle: modifizierte Grafik des BfS)

## 5 Ergebnisse aus Routine- und Sondermessprogramm

### 5.1 Zusammenfassung

In dem Jahr 2018 wurden insgesamt 1692 Einzelanalysen (Alpha-, Beta- und Gammanuklide) an 1449 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.

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 werden regelmäßig Spuren künstlicher radioaktiver Stoffe nachgewiesen. Hierbei handelt es sich um Spuren von Cäsium-137 z.B. in Wildschwein (Rückstände vom Tschernobyl-Fallout), Strontium-90 z.B. in Böden (Rückstände der Kernwaffentests in den 50iger und 60iger Jahren), sowie Jod-131 z.B. in Klärschlamm (Rückstände aus der Nuklearmedizin).

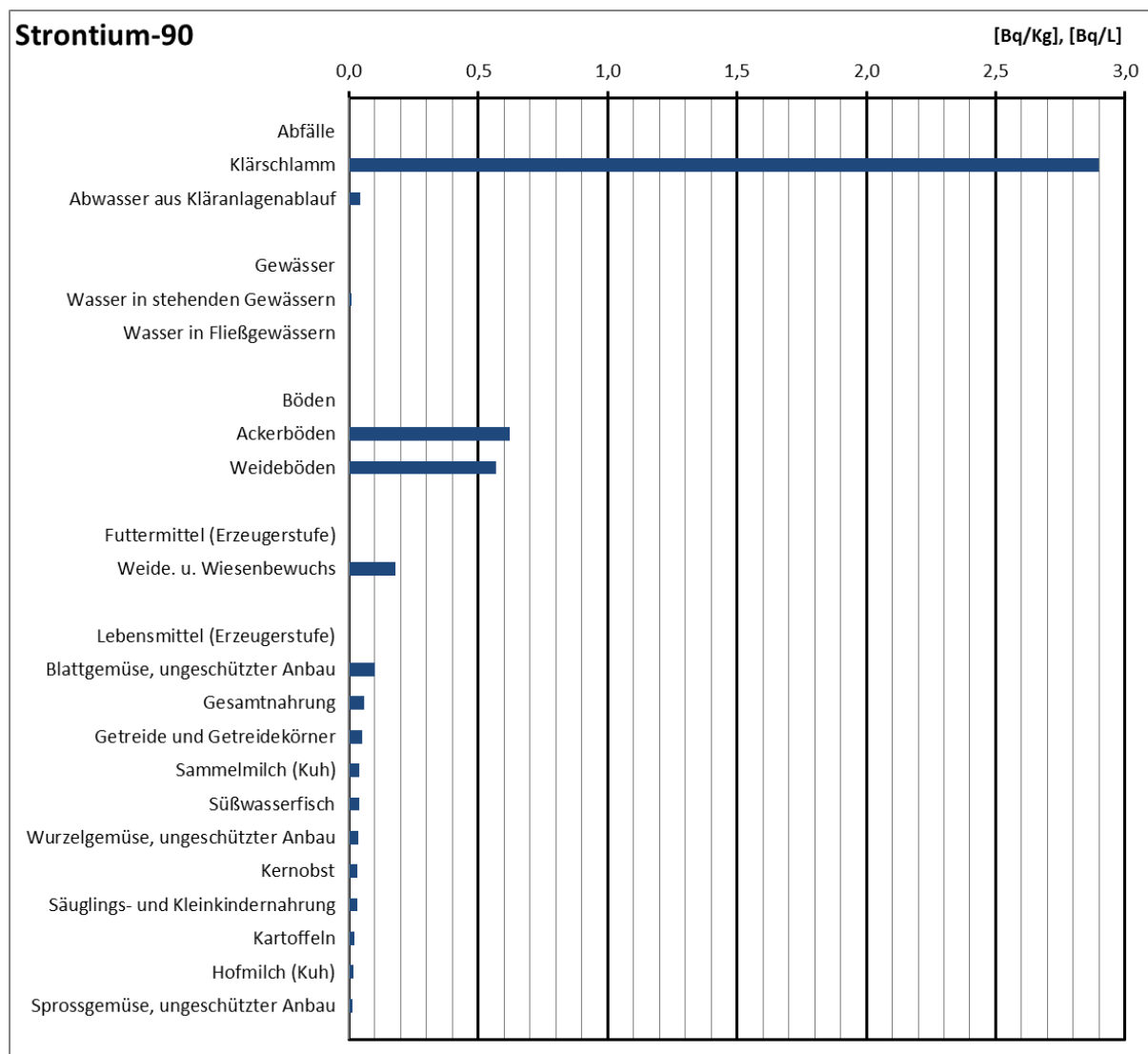
**Tabelle 5.1:** Anzahl der untersuchten Proben im Jahr 2018

Art der Proben	Ergebnistabellen im Anhang	Anzahl der Proben
Böden, Pflanzen, In-situ	6.1	74
Futtermittel	6.2 und 6.3	91
Lebensmittel	6.4 und 6.5	1007
Trink- und Grundwasser	6.6	49
Gewässer	6.7	113
Abfälle	6.8	115
Gesamt		1449

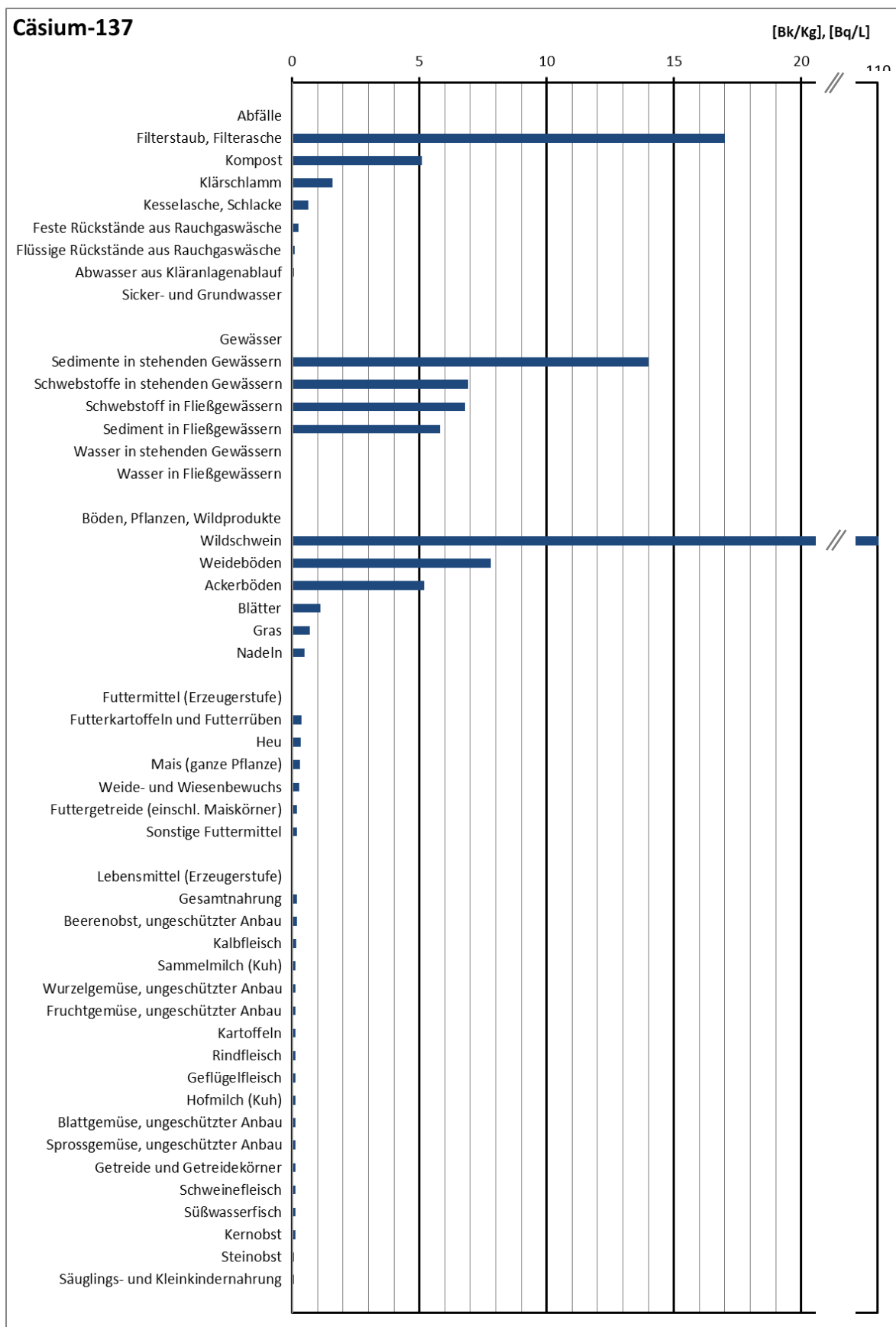
**Tabelle 5.2:** Anzahl der an den Proben durchgeführten Analysen im Jahr 2018

Art der Messung	Anzahl der Messungen
Alphaspektrometrie (Am-241, U- und Pu-Isotope)	69
Beta-Messungen (H-3)	63
Beta-Messungen (Sr-90)	110
Gamma-Messungen (z.B. Cs-137, K-40, I-131)	1425
In-situ-Gamma-Messungen	25
Summe aller Analysen	1692

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 nordrheinwestfälischen 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 2018.



**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 2018.



## 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: 5,2 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: 7,8 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 0,5 Bq bis 1 Bq Cs-137 pro Kg Trockenmasse (Bq/Kg TM). Die höchsten Messwerte im Jahr 2018 waren in Nadeln 130 Bq/Kg TM, in Blättern 11 Bq/Kg TM und in Gras 13 Bq/Kg TM (siehe Tabelle 6.1).

## 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) wird auch Importware (Tabelle 6.3) 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 2018 gemessenen Futtermittelproben ist kleiner als 0,4 Bq pro Kg Trockenmasse.

## 5.4 Lebensmittel

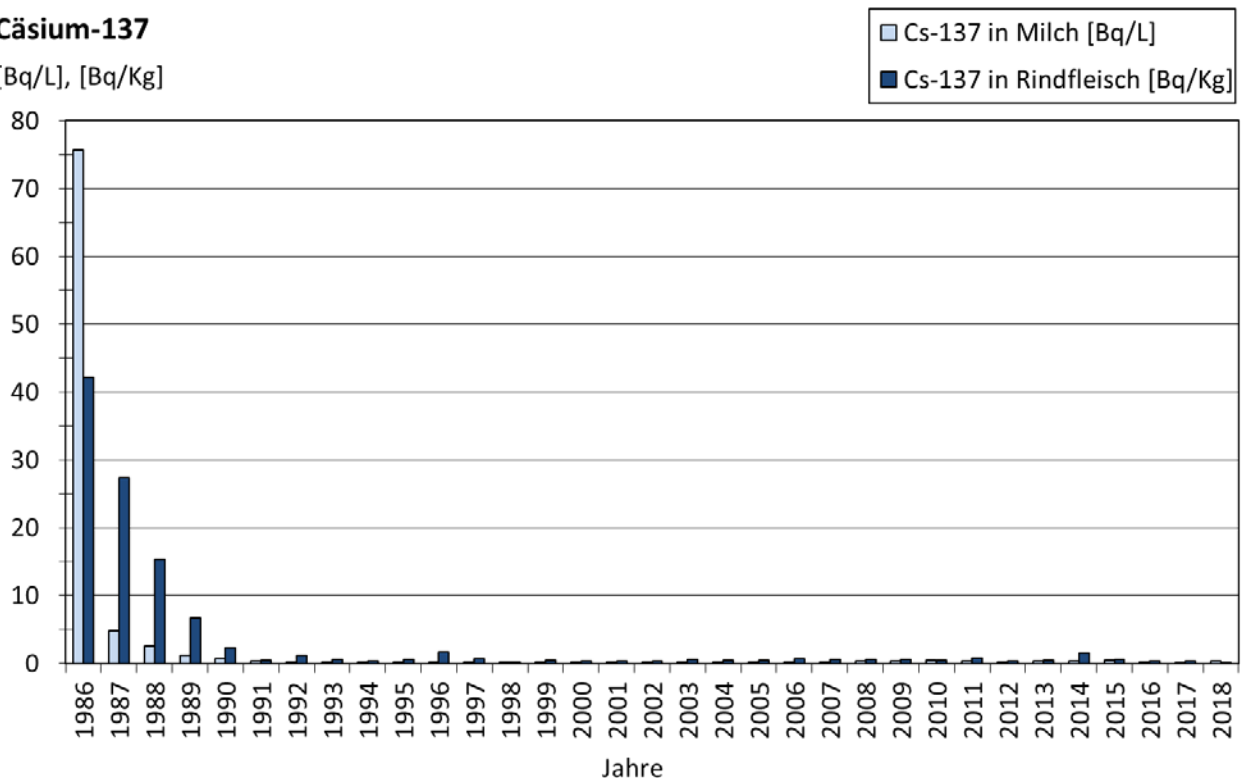
Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (901 Erzeugerproben von insgesamt 1007 Lebensmittelproben, siehe Tabelle 6.4). Die Entnahme von einheimischen Lebensmitteln erfolgt direkt beim Erzeuger. Die 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 gamma-spektrometrisch

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

Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen spielt Cäsium-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.

### Cäsium-137

[Bq/L], [Bq/Kg]



**Abbildung 5.3:** Jahresmittelwerte von Cs-137 in Milch und Rindfleisch aus NRW von 1986 bis 2018. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 104 Milchproben und 56 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 2018 zu 91% bis 95% 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 2018 wurden zwischen Januar und Mai insgesamt 123 Wildschweinproben genommen. Die Messungen ergaben in 15 Fällen eine Höchstwertüberschreitung mit Messwerten zwischen 602 und 1250 Bq/Kg.

### 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 Verordnung (EG) 733/2008 für Importware geltende Höchstwert wird auch auf Inlandprodukte sinngemäß angewendet.

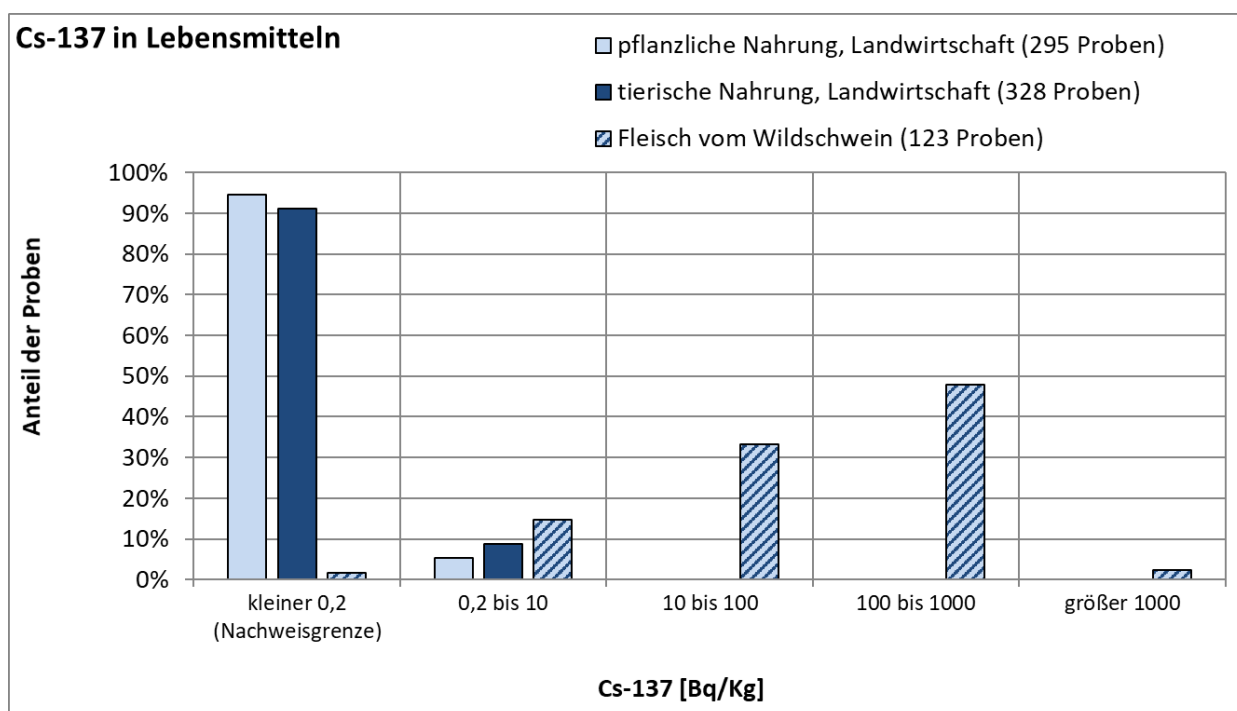
### Kalium-40 und die Strahlenbelastung durch die Nahrung

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 (vergleiche 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.



**Abbildung 5.4:** Von den in 2018 gemessenen Proben liegen 95% der pflanzlichen und 91% der tierischen Lebensmittel, welche in NRW erzeugt wurden unterhalb der Nachweisgrenze von 0,2 Bq Cs-137 pro Kg. Im Gegensatz dazu liegen nur 2% der gemessenen Wildschweinproben unterhalb dieser Nachweisgrenze.

## 5.6 Trink- und Grundwasser

Halbjährlich werden solche Wasserwerke beprobt, welche geschütztes Rohwasser (Grundwasser aus Tiefbrunnen) zu Trinkwasser verarbeiten. Alle sonstigen Grundwasserbrunnen werden ebenfalls halbjährlich beprobt. Diejenigen Wasserwerke, welche ungeschütztes Rohwasser (Oberflächenwasser, Uferfiltrat) verarbeiten, werden vierteljährlich beprobt. In allen Wasserproben aus dem Jahr 2018 lagen die ermittelten Werte für Cäsium-137, Iod-131, Strontium-90, Tritium und Alphastrahler unterhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenzen (Tabelle 6.6 und Tabelle 3.1)

## 5.7 Oberflächengewässer

Die Ermittlung der Radioaktivität in oberirdischen Gewässern erstreckt sich auf die Untersuchungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben. Es werden Wasserproben aus sechs Fließgewässern kontinuierlich und aus sechs Talsperren diskontinuierlich genommen. Schwebstoffe werden aus vier Fließgewässern und zwei Talsperren entnommen. Die Sedimentproben stammen aus vier Talsperren, zwei Bühnenfeldern, drei Hafeneinfahrten und drei Stauhaltungen. Tabelle 6.7 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 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

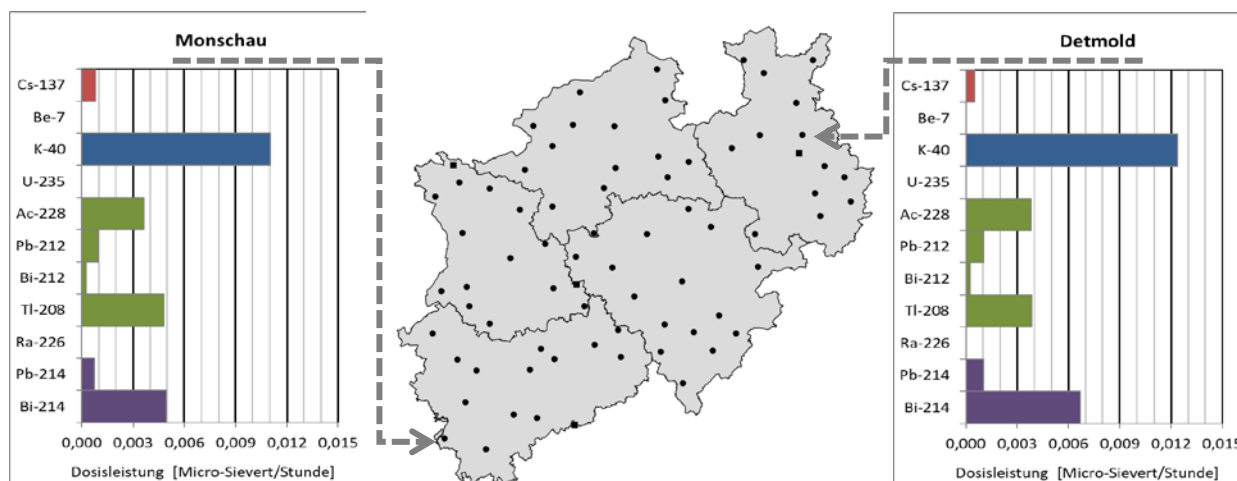
Der Einsatz von mobilen Messsystemen direkt vor Ort (lat.: in situ) erlaubt einen schnellen Überblick über den Gehalt an natürlichen und künstlichen radioaktiven Stoffen in und auf dem Boden. Die In-situ-Gammaspektrometrie ist ein in der Überwachung der Umweltradioaktivität routinemäßig eingesetztes 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 Gammaskopiergerät inklusive Stickstoffkühlung und Elektronikgehäuse, aufgebaut auf einem Stativ direkt neben einer ortsfesten Gamma-Ortsdosisleistungs-Sonde (ODL-Sonde) des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS). Im Messbus befindet sich der PC zur Auswertung des Gammaskopiergeräts. Tabelle 5.3 zeigt beispielhaft das Ergebnis der In-situ-Messung in Monschau am 07.11.2018 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.

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).



**Abbildung 5.7:** In-Situ-Gammaspektrometrie in NRW. Die Punkte zeigen die 75 Messstellen verteilt über die fünf Regierungsbezirke. Beispielpflicht dargestellt sind Messergebnisse aus dem Jahr 2018 an den Messstellen in Detmold (09.10.2018) und Monschau (07.11.2018). Außer Cäsium-137 sind alle gemessenen Radionuklide natürlichen Ursprungs (siehe auch Tabelle 5.3).

**Tabelle 5.3:** Ergebnis der In-situ-Gammaspektrometrie-Messung in Monschau am 07.11.2018. (<NWG= kleiner Nachweisgrenze)

Radionuklid	Flächenaktivität [Bq/m <sup>2</sup> ]	Dosisleistung [ $\mu\text{Sv/h}$ ]	Herkunft
Cäsium-137 (Cs-137)	477	0,0008	künstlich (Tschernobyl-Fallout)
Beryllium-7 (Be-7)	< NWG	< NWG	natürlich (kosmogen)
Kalium-40 (K-40)	27290	0,0110	natürlich (geogen)
Uran-235 (U-235)	< NWG	< NWG	natürlich (geogen)
Actinium-228 (Ac-228)	1504	0,0037	
Blei-212 (Pb-212)	1210	0,0010	natürlich (geogen, aus der Th-232-Zerfallsreihe)
Bismut-212 (Bi-212)	1009	0,0003	
Thallium-208 (Tl-208)	591	0,0048	
Radium-226 (Ra-226)	< NWG	< NWG	
Blei-214 (Pb-214)	1006	0,0007	natürlich (geogen, aus der U-238-Zerfallsreihe)
Bismut-214 (Bi-214)	1300	0,0049	

### **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 (<http://odlinfo.bfs.de>) zeigen eine äußere Strahlenexposition von 0,112  $\mu\text{Sv/h}$  in Monschau bzw. 0,096  $\mu\text{Sv/h}$  in Detmold.

Zum Vergleich: Die in-situ-Messungen zeigen für Cs-137 einen Beitrag zur äußeren Strahlung von 0,0008  $\mu\text{Sv/h}$  (Monschau 07.11.2018) und 0,0005  $\mu\text{Sv/h}$  (Detmold 09.10.2018).

## 6 Anhang

In den folgenden Tabellen sind die Messergebnisse der Alpha- und Gammaskpektrometrien sowie Betaanalysen des Jahres 2018 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 2018

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Bodenoberfläche, unversiegelt (in-situ, nuklidspez. Dosisleistung)	Cs 137	25	0,00061	0,0018	µSv/h
	K 40		0,014	0,030	
Weideböden (bis 10 cm Tiefe)	Cs 137	15	7,8	41	Bq/kg(TM)
	K 40		540	690	
	Sr 90	5	0,57	2,9	
Ackerböden (bis 40 cm Tiefe)	Cs 137	10	5,2	9,7	Bq/kg(TM)
	K 40		510	670	
	Sr 90	5	0,62	3,0	
Blätter	Cs 137	10	1,1	11	Bq/kg(TM)
	K 40		260	440	
Nadeln	Cs 137	5	0,48	130	Bq/kg(TM)
	K 40		180	310	
Gras	Cs 137	10	0,68	13	Bq/kg(TM)
	K 40		850	1200	

**Tabelle 6.2:** Spezifische Aktivitäten in Futtermitteln, Erzeugerproben aus NRW 2018

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Weide- und Wiesenbewuchs	Cs 137	24	0,27	< 0,44	Bq/kg(FM)
	K 40		210	360	
	Sr 90	10	0,18	0,97	
Mais (ganze Pflanze)	Cs 137	18	0,32	< 0,46	Bq/kg(TM)
	K 40		350	560	
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	19	0,18	0,68	Bq/kg(TM)
	K 40		150	500	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	8	0,36	< 2,0	Bq/kg(TM)
	K 40		820	1600	
Heu	Cs 137	1		0,35	Bq/kg(TM)
	K 40			760	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	11	0,18	< 0,71	Bq/kg(TM)
	K 40		530	1100	

**Tabelle 6.3:** Spezifische Aktivitäten in importierten Futtermitteln 2018

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	2	0,15	< 0,16	Bq/kg(TM)
	K 40		140	150	
Stroh, Cobs, Trockenmehle	Cs 137	2	0,24	< 0,26	Bq/kg(TM)
	K 40		390	710	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	2	0,056	< 0,087	Bq/kg(TM)
	K 40		520	800	
Maisprodukte	Cs 137	1		< 0,42	Bq/kg(TM)
	K 40			64	
Schrote	Cs 137	3	0,32	< 0,33	Bq/kg(TM)
	K 40		710	780	

**Tabelle 6.4:** Spezifische Aktivitäten in Lebensmitteln, Erzeugerproben aus NRW 2018

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Sammelmilch (Kuh)	Cs 137	63	0,14	< 0,21	Bq/l
	K 40		50	77	
	Sr 90	6	0,042	0,10	
Hofmilch (Kuh)	Cs 137	41	0,13	1,0	Bq/l
	K 40		59	69	
	Sr 90	7	0,016	0,083	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	95	0,13	0,29	Bq/kg(FM)
	K 40		95	340	
	Sr 90	7	0,10	0,97	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	31	0,14	0,28	Bq/kg(FM)
	K 40		110	250	
	Sr 90	3	0,038	0,11	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	41	0,14	< 0,21	Bq/kg(FM)
	K 40		74	210	
	Sr 90	1		0,0098	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	41	0,13	< 0,21	Bq/kg(FM)
	K 40		72	130	
	Sr 90	3	0,015	0,019	
Kartoffeln	Cs 137	20	0,14	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K 40		140	230	
	Sr 90	4	0,021	0,079	
Wildpilze	Cs 137	1		< 0,18	Bq/kg(FM)
	K 40			240	
Getreide und Getreidekörner	Cs 137	44	0,13	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K 40		140	190	
	Sr 90	3	0,052	0,088	
Kernobst	Cs 137	17	0,12	< 0,18	Bq/kg(FM)
	K 40		42	56	
	Sr 90	4	0,034	0,062	
Steinobst	Cs 137	2	0,072	< 0,12	Bq/kg(FM)
	K 40		71	72	
Beerenobst und Wald-/Wildbeeren, ungeschützter Anbau	Cs 137	5	0,18	200	Bq/kg(FM)
	K 40		62	110	
	Sr 90	1		0,014	
Rindfleisch	Cs 137	56	0,14	1,7	Bq/kg(FM)
	K 40		110	150	

Fortsetzung von Tabelle 6.4

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Kalbfleisch	Cs 137	15	0,16	8,5	Bq/kg(FM)
	K 40		110	130	
Schweinefleisch	Cs 137	87	0,13	< 0,23	Bq/kg(FM)
	K 40		120	150	
Geflügelfleisch	Cs 137	40	0,14	0,22	Bq/kg(FM)
	K 40		110	160	
Lammfleisch	Cs 137	1		< 0,20	Bq/kg(FM)
	K 40			130	
Haarwildfleisch	Cs 137	123	110	1300	Bq/kg(FM)
	K 40		110	130	
Süßwasserfisch	Cs 137	24	0,13	< 0,35	Bq/kg(FM)
	K 40		120	160	
	Sr 90	2	0,041	0,079	
Seefisch	Cs 137	1		< 0,035	Bq/kg(FM)
	K 40			43	
Gesamtnahrung	Cs 137	129	0,20	9,2	Bq/(d*p)
	K 40		100	200	
	Sr 90	19	0,060	0,22	
Säuglings- und Kleinkindernahrung	Cs 137	24	0,053	< 0,15	Bq/kg(FM)
	K 40		33	100	
	Sr 90	4	0,031	0,064	

**Tabelle 6.5:** Spezifische Aktivitäten in importierten Lebensmitteln 2018

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Frischgemüse (einschl. Kartoffeln und Pilze), auch tiefgefroren, Trockenprodukte und haltbargemacht	Cs 137	2	0,14	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K 40		120	130	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	2	0,16	< 0,20	Bq/kg(FM)
	K 40		120	180	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	2	0,16	< 0,17	Bq/kg(FM)
	K 40		120	130	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	14	0,14	< 0,20	Bq/kg(FM)
	K 40		72	130	
	Sr 90	1		0,041	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	1		< 0,12	Bq/kg(FM)
	K 40			150	
Kartoffeln	Cs 137	4	0,11	< 0,17	Bq/kg(FM)
	K 40		130	140	
Kulturpilze	Cs 137	1		< 0,10	Bq/kg(FM)
	K 40			120	
Getreide und Getreidekörner	Cs 137	2	0,15	< 0,15	Bq/kg(FM)
	K 40		120	130	
sonstige Obstarten und Obstprodukte, Frisch- oder Trockenprodukte, auch haltbargemacht	Cs 137	5	0,069	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K 40		49	110	
Kernobst	Cs 137	4	0,094	< 0,15	Bq/kg(FM)
	K 40		39	43	
Steinobst	Cs 137	3	0,15	< 0,19	Bq/kg(FM)
	K 40		64	97	
Rindfleisch	Cs 137	6	0,15	0,19	Bq/kg(FM)
	K 40		120	130	
Kalbfleisch	Cs 137	5	0,14	0,17	Bq/kg(FM)
	K 40		110	130	
Schweinefleisch	Cs 137	6	0,14	< 0,20	Bq/kg(FM)
	K 40		120	140	
Geflügelfleisch	Cs 137	5	0,10	< 0,17	Bq/kg(FM)
	K 40		110	110	
Lammfleisch	Cs 137	1		< 0,087	Bq/kg(FM)
	K 40			110	
Süßwasserfisch	Cs 137	13	0,17	0,59	Bq/kg(FM)
	K 40		95	130	
Seefisch	Cs 137	11	0,16	0,27	Bq/kg(FM)
	K 40		99	130	

Fortsetzung von Tabelle 6.5

Probenart	Radionuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	14	0,17	< 0,22	Bq/kg(FM)
	K 40		26	41	
Käse aus Milch anderer Tiere	Cs 137	1		< 0,043	Bq/kg(FM)
	K 40			18	
Milchprodukte außer Käse, Frisch- oder Trockenprodukte, auch haltbargemacht	Cs 137	4	0,13	< 0,15	Bq/kg(FM)
	K 40		49	58	

**Tabelle 6.6:** Aktivitätskonzentrationen in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen, NRW 2018

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Reinwasser aus geschützten Rohwasservorkommen	Cs 137	8	0,0040	< 0,0086	Bq/l
	I 131		0,029	< 0,078	
	K 40		0,13	0,21	
	Pu 238	2	0,0025	0,0027	
	Pu 239/240		0,0025	0,0027	
	U 234		0,021	0,022	
	U 235		0,0012	0,0012	
	U 238		0,018	0,019	
Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen	Cs 137	19	0,0016	< 0,010	Bq/l
	I 131		0,075	< 0,57	
	K 40		0,12	< 0,22	
	Sr 90	3	0,0049	0,010	
	H 3	4	5,6	6,3	
	Am 241	4	0,0019	0,0021	
	Pu 238	4	0,0028	0,0071	
	Pu 239/240		0,0028	0,0071	
	U 234		0,0038	0,0065	
	U 235		0,0024	0,0028	
	U 238		0,0043	0,0078	
Reinwasser aus Mischrohwasser	Cs 137	3	0,013	< 0,013	Bq/l
	I 131		0,030	< 0,10	
	K 40		0,20	< 0,25	
Grundwasser (nicht zur Trinkwassergewinnung)	Cs 137	4	0,0031	< 0,0035	Bq/l
	I 131		0,037	< 0,050	
	K 40		0,12	0,16	
	Sr 90	2	0,0016	0,0018	
	H 3	2	3,9	4,9	
Rohwasser, geschützt, aus Grund- und Tiefenwasser	Cs 137	11	0,016	< 0,020	Bq/l
	I 131		0,023	< 30	
	K 40		0,20	0,51	
	Sr 90	2	0,0060	0,0090	
	H 3	2	3,3	3,4	
	Pu 238	5	0,0049	0,0094	
	Pu 239/240		0,0049	0,0094	
	U 234		0,0040	0,022	
	U 235		0,00073	0,0052	
	U 238		0,0024	0,017	

Fortsetzung von Tabelle 6.6

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Rohwasser, ungeschützt, aus Oberflächenwasser	Cs 137	4	0,0042	< 0,0090	Bq/l
	I 131		0,015	< 0,015	
	K 40		0,11	< 0,19	
	Sr 90	2	0,0046	0,0077	
	H 3	2	5,6	6,3	
	Am 241	2	0,0017	0,0017	
	Pu 238		0,0025	0,0028	
	Pu 239/240		0,0025	0,0028	
	U 234		0,0026	0,0041	
	U 235		0,0020	0,0028	
	U 238		0,0032	0,0052	



**Tabelle 6.7:** Aktivitätskonzentrationen und spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoffen und Sedimenten aus Flüssen und Seen, NRW 2018

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Wasser in Fließgewässern	Cs 137	19	0,0016	< 0,010	Bq/l
	I 131		0,083	< 0,53	
	K 40		0,18	0,53	
	Sr 90	4	0,0017	0,0022	
	H 3	19	4,9	6,6	
	Am 241	7	0,0014	0,0022	
	Pu 238	7	0,0020	0,0030	
	Pu 239/240		0,0020	0,0030	
	U 234	7	0,012	0,013	
	U 235		0,00092	0,0012	
	U 238		0,0073	0,0094	
Schwebstoff in Fließgewässern	Cs 137	14	6,8	13	Bq/kg(TM)
	I 131		7,6	600	
	K 40		540	680	
Sediment in Fließgewässern	Cs 137	22	5,8	62	Bq/kg(TM)
	I 131		1,3	91	
	K 40		490	710	
Wasser in stehenden Gewässern	Cs 137	28	0,0088	< 0,023	Bq/l
	I 131		0,017	< 0,32	
	K 40		0,20	0,86	
	Sr 90	4	0,0094	0,020	
	H 3	28	4,9	6,6	
Schwebstoff in stehenden Gewässern	Cs 137	8	6,9	21	Bq/kg(TM)
	I 131		8,7	810	
	K 40		560	670	
Sediment in stehenden Gewässern	Cs 137	22	14	100	Bq/kg(TM)
	I 131		0,68	160	
	K 40		530	770	

**Tabelle 6.8:** Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Abfällen und Abwässern, NRW 2018

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Messungen	Median	Maximum	Einheit
Abwasser aus Kläranlagenablauf	Cs 137	39	0,080	< 0,10	Bq/l
	I 131		0,13	< 10	
	K 40		1,8	5,4	
	Sr 90	4	0,044	0,098	
	Pu 236	4	0,0021	0,0021	
	Pu 238		0,0017	0,0062	
	Pu 239/240		0,0018	0,0062	
	U 234		0,0084	0,015	
	U 235		0,0020	0,0028	
	U 238	0,0072	0,0092		
Klärschlamm	Cs 137	40	1,6	4,3	Bq/kg(TM)
	I 131		36	160	
	K 40		120	470	
	Sr 90	4	2,9	5,2	
	Pu 238	4	0,63	2,0	
	Pu 239/240		0,58	2,0	
	U 234		45	86	
	U 235		1,7	3,9	
	U 238		37	58	
Filterstaub, Filterasche	Cs 137	6	17	57	Bq/kg(TM)
	I 131		0,73	1,1	
	K 40		1700	2900	
Kesselasche, Schlacke	Cs 137	6	0,64	0,76	Bq/kg(TM)
	I 131		0,45	1,4	
	K 40		220	250	
Feste Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	6	0,26	2,8	Bq/kg(TM)
	I 131		4,7	39	
	K 40		16	170	
Flüssige Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	4	0,085	< 0,097	Bq/l
	I 131		4,4	19	
	K 40		18	25	
Sicker- und Grundwasser	Cs 137	6	0,048	< 0,094	Bq/l
	I 131		0,084	< 0,11	
	K 40		17	29	
	H 3	6	47	61	
Kompost	Cs 137	8	5,1	7,6	Bq/kg(TM)
	I 131		2,1	41	
	K 40		570	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](http://www.lanuv.nrw.de)