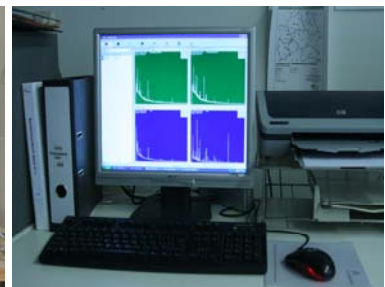




# Strahlenschutzvorsorge in Nordrhein-Westfalen

Gemeinsamer Jahresbericht 2012  
der amtlichen Messstellen für Umweltradioaktivität



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



# **Inhalt**

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

## **2. Radiologische Grundlagen**

- 2.1 Strahlungsarten**
- 2.2 Expositionspfade**
- 2.3 Natürliche Radioaktivität**
- 2.4 Künstliche Radioaktivität**
- 2.5 Effektive Jahresdosis**
- 2.6 Bestimmung der Radioaktivität**

## **3. Messprogramme**

- 3.1 Routinemessprogramm**
- 3.2 Intensivmessprogramm**
- 3.3 Sondermessungen**

## **4. Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS )**

## **5. Ergebnisbericht**

- 5.1 Weideboden, Ackerboden**
- 5.2 Futtermittel und Pflanzen als Indikatoren**
- 5.3 Lebensmittel**
- 5.4 Wildpilze und Wildfleisch**
- 5.5 Trink- und Grundwasser, Oberirdische Gewässer**
- 5.6 Abfälle und Abwässer**
- 5.7 In-situ-Messungen**

## **6. Glossar**

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

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

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

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

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

In die Zuständigkeit des Bundes fallen die Ermittlung der Radioaktivität

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

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

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

Darüber hinaus führen die Länder interne Sonderprogramme zur Untersuchung spezieller Proben (z.B. Importproben, Wildfleisch, Wildpilze) durch (s. Kapitel 3).

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

Die von den Messeinrichtungen erhobenen Daten werden in einem bundesweiten DV-Netzwerk, dem Integrierten Mess- und Informationssystem (IMIS), erfasst und bereitgestellt. Sie sind Grundlage von Modellrechnungen und Prognosen. Daraus und aus der konkreten Belastungssituation können in

## Radioaktivität

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

2. Gehalt an radioaktiven Stoffen. Das Maß ist die Zahl der je Sekunde sich in einem radioaktiven Stoff umwandelnden Atomkerne. Die Maßeinheit ist das Becquerel (Bq). Früher übliche Einheit war das Curie (Ci).  
1 Ci = 37 Milliarden Bq

## Radionuklide

Radioaktive Atomkerne

" $\rightarrow$ " bedeutet "siehe Glossar"

## Radioaktivität, spezifische

Verhältnis der Radioaktivität eines Stoffes zur Masse des Stoffes, in dem der radioaktive Stoff verteilt ist (Einheit Bq/kg).

## Radioaktivitätskonzentration

Verhältnis der Aktivität eines Stoffes zum Volumen des Stoffes, in dem der radioaktive Stoff verteilt ist (Einheit Bq/l).

einem radiologischen Ereignisfall Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor erhöhter Strahlenexposition abgeleitet werden.

## 2. Radiologische Grundlagen

### 2.1 Strahlungsarten

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

Die wichtigsten Strahlungsarten, die von Radionukliden ausgehen können, sind

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

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

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

#### **Alphastrahlung**

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

#### **Alphateilchen**

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

#### **Betastrahlung**

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

#### **Betateilchen**

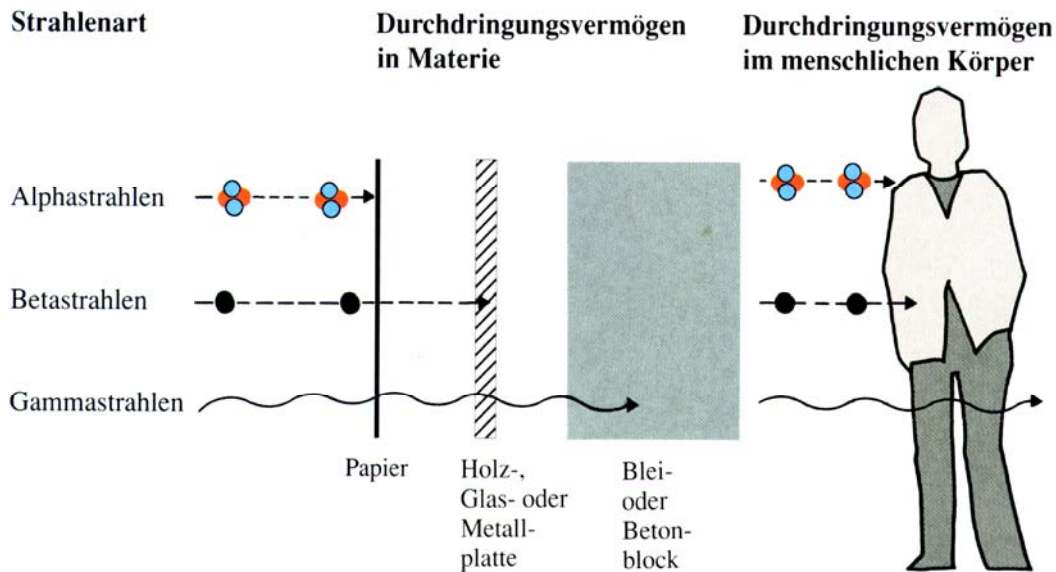
$\rightarrow$  Elektron (negative Ladung) oder dessen Antiteilchen  $\rightarrow$  Positron (positive Ladung), das von einem Atomkern oder Elementarteilchen beim Betazerfall ausgesandt wird.

#### **Gammastrahlung**

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

#### **Gammaquant**

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



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

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

#### **Dosis, effektive**

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

#### **Organdosis**

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

#### **Äquivalentdosis**

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

#### **Qualitätsfaktor**

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

## **2.2 Expositionspfade**

Die Strahlenbelastung des Menschen beruht auf zwei Expositionspfaden:

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

Bedingt durch das hohe Durchdringungsvermögen der Gammastrahlung wird die äußere Strahlenexposition fast ausschließlich von dieser Strahlungsart verursacht. Bei der Überwachung der Umgebungsstrahlung wird daher in der Regel nur die Gammadosis ermittelt. Sie wird mit geeigneten Messgeräten als Äquivalentdosis bestimmt.

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

**Dosisfaktor**

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

**Halbwertszeit, effektive**

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

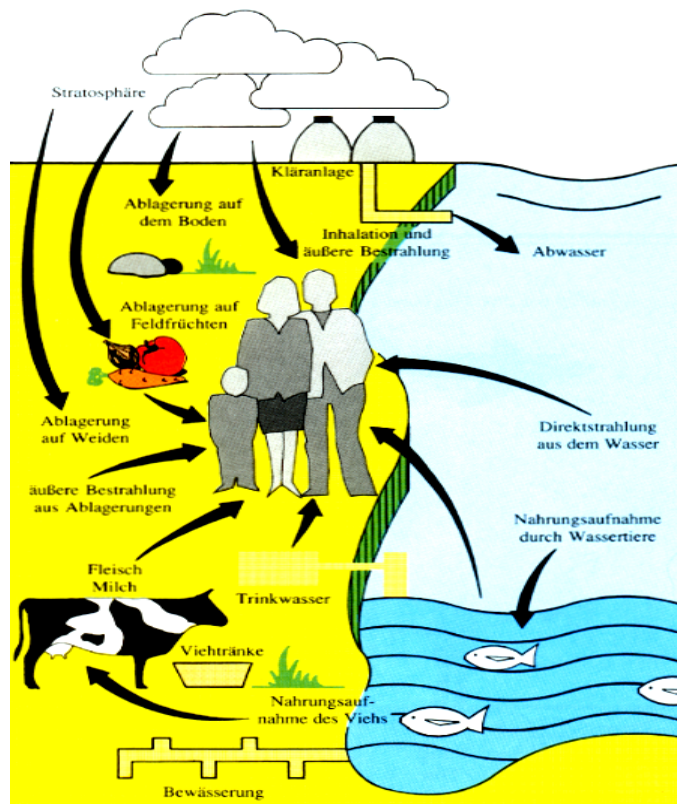
$$T_{\text{eff}} = (T_{\text{phys}} \cdot T_{\text{biol}}) / (T_{\text{phys}} + T_{\text{biol}})$$

**Halbwertszeit, physikalische**

Zeit, in der die jeweils Hälfte der Radionuklide zerfällt

**Halbwertszeit, biologische**

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



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

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

## 2.3 Natürliche Radioaktivität

Einige Radionuklide z.B. Uran-238 ( $^{238}\text{U}$ ), 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 Mengenelement in allen pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln enthalten (ca. 100 Bq/kg) und somit auch im Menschen selbst.

Die natürliche Strahlenbelastung über die Atemluft wird hauptsächlich durch das Edelgas Radon-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ) 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 (n) (entstanden aus primären Protonenreaktionen) mit Stickstoff-Atomkernen ( $^{14}\text{N}$ ) der Luft die Radionuklide Kohlenstoff-14 ( $^{14}\text{C}$ ) und Tritium ( $^3\text{H}$ ).

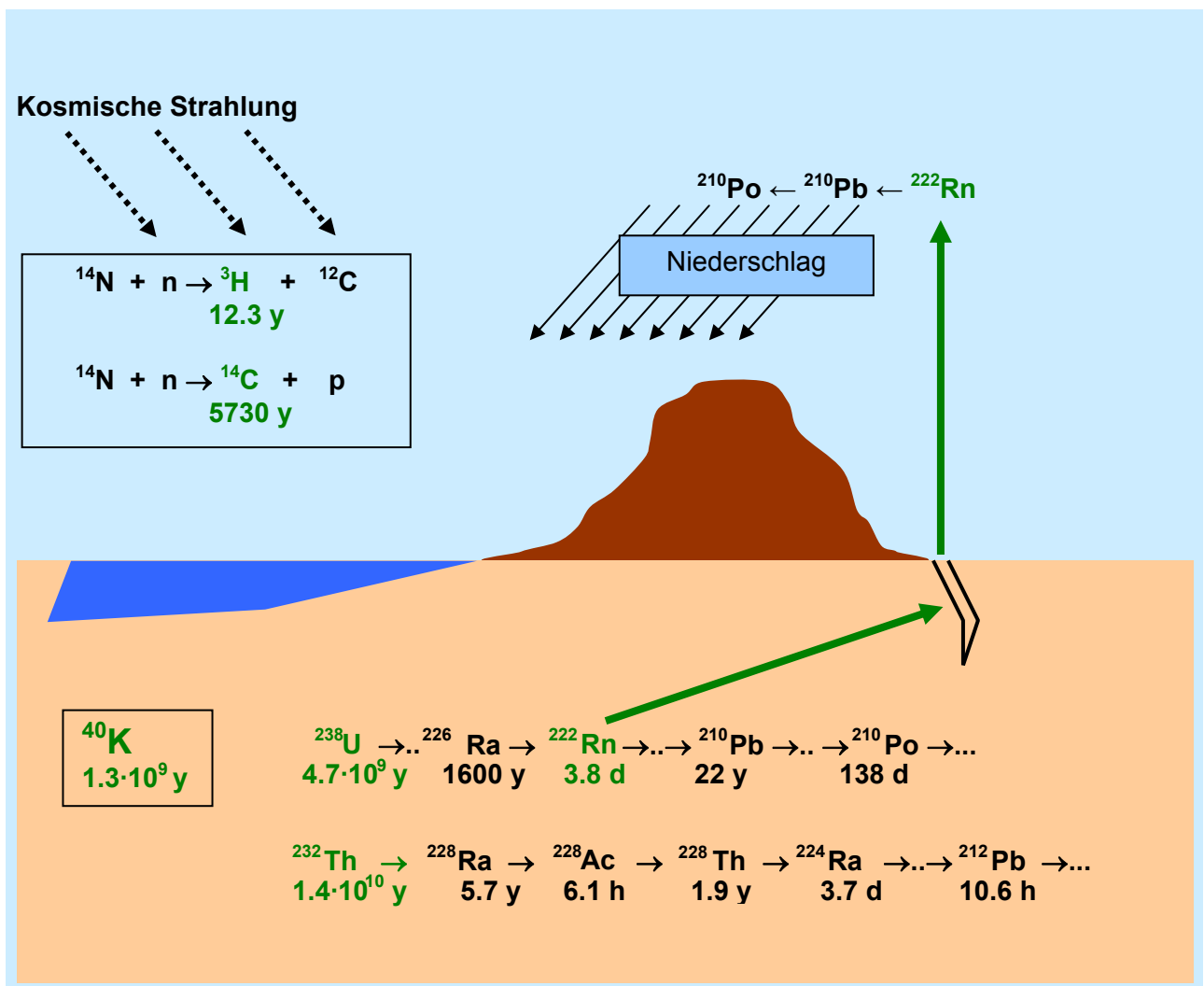


Abbildung 2.3: Natürliche radioaktive Stoffe in Atmosphäre und Boden und deren physikalische Halbwertszeiten (y = Jahre, d = Tage, h = Stunden,  $10^9 = 1$  Milliarde,  $10^{10} = 10$  Milliarden)

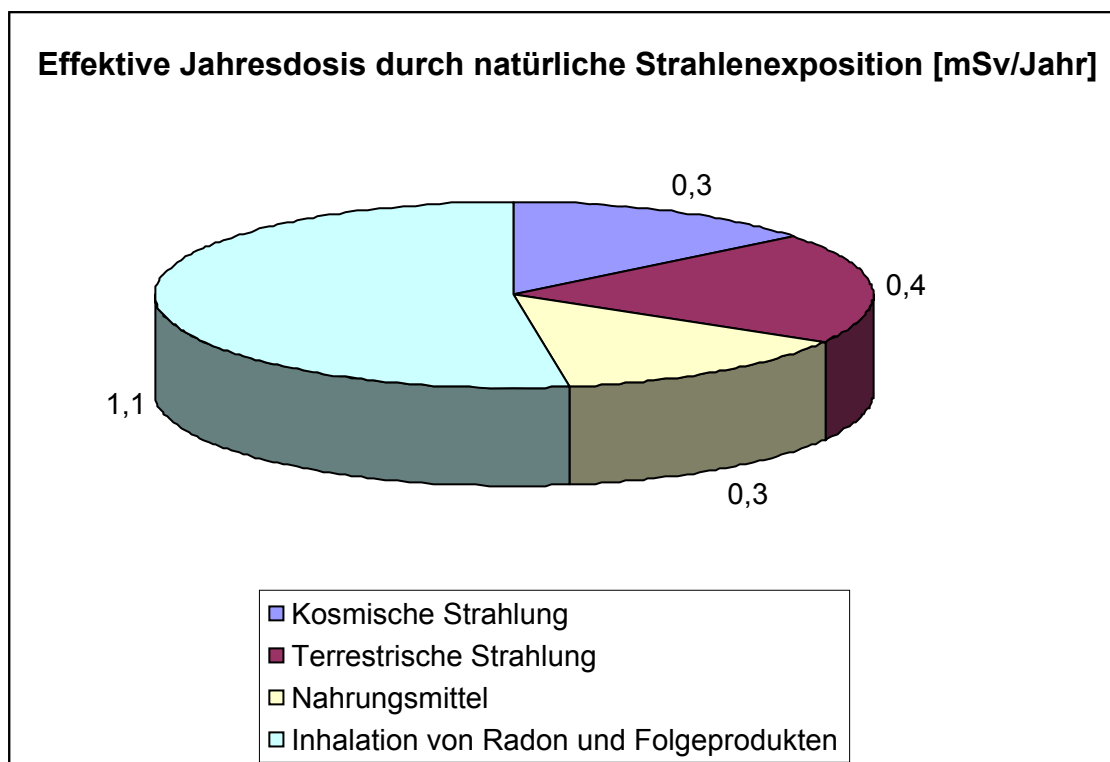
## 2.4 Künstliche Radioaktivität

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 (vgl. Parlamentsbericht "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2011", Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Postfach 120629, 53048 Bonn), die sich aus kosmischer und terrestrischer Strahlung sowie durch die Beiträge von Atmung und Nahrungsmittelverzehr zusammensetzt (s. Abbildung 2.4).



**Abbildung 2.4: Zusammensetzung der mittleren effektiven Jahresdosis durch natürliche Strahlenexposition**

Für die zivilisatorische Belastung durch ionisierende Strahlung ist der Einsatz von Röntgenstrahlen dominierend. Die Wirkung der Röntgenstrahlung ist der der Gammastrahlung ähnlich. Die zivilisatori-



sche Strahlenexposition beträgt im Mittel etwa 1,9 mSv im Jahr und stammt nahezu vollständig aus dem medizinischen Bereich.

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

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

\*)Parlamentsbericht "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2011", Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

## 2.6 Bestimmung der Radioaktivität

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

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

### Gammastrahlung

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

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

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

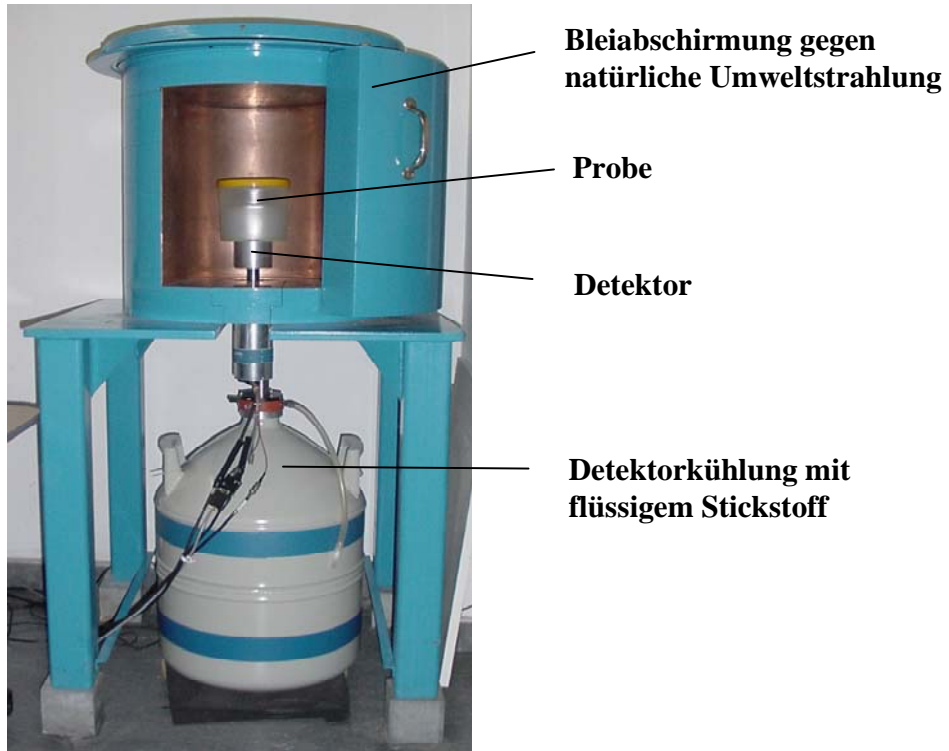


Abbildung 2.5: Messplatz für Gammaspektrometrie

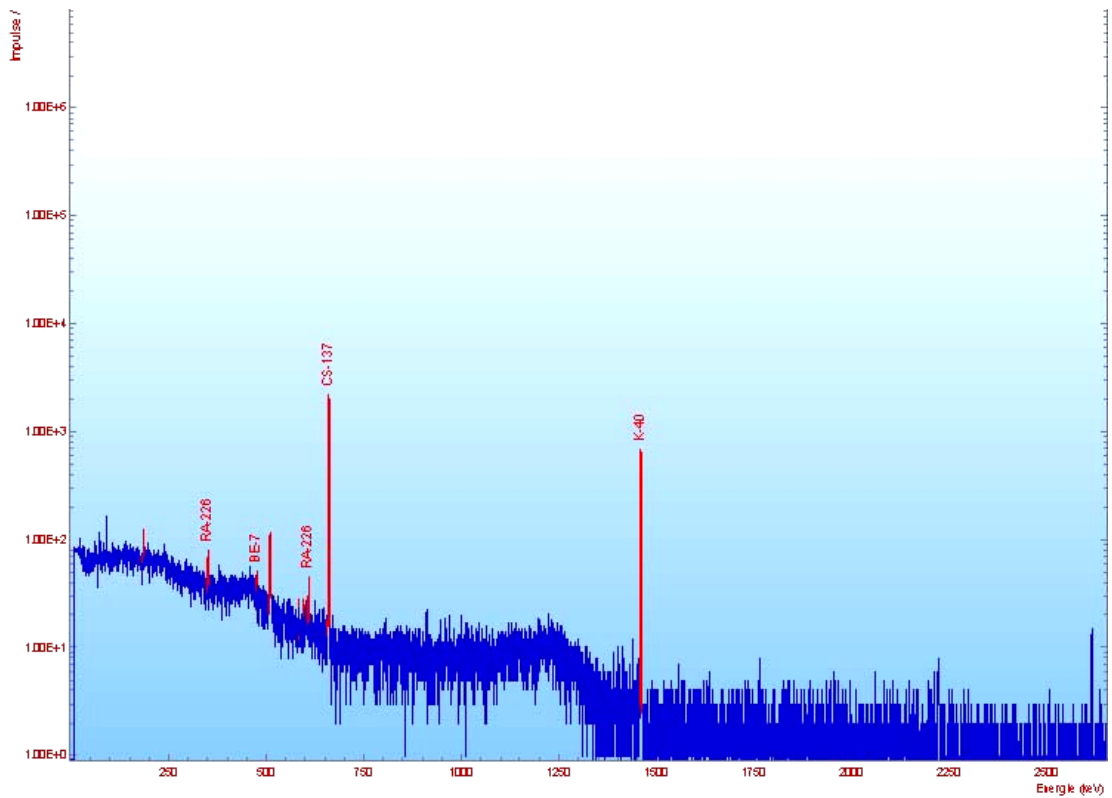


Abbildung 2.6: Gammaspektrum

### 3. Messprogramme

Im Rahmen der Durchführung des StrVG werden folgende Messprogramme unterschieden:

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

#### 3.1 Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm)

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

Art und Anzahl sowie Zeitabstände und Orte der Probenahmen bzw. Messungen sind festgelegt.

Lebensmittel-, Futtermittel- und Umweltproben werden nach einem für jedes Bundesland festgelegten Mengengerüst an festgelegten Orten entnommen, um z.B. eine zeitliche Entwicklung der Umweltradioaktivität an einem bestimmten Ort verfolgen zu können.

In Nordrhein-Westfalen werden jährlich ca. 1800 Untersuchungen routinemäßig durchgeführt.

Hierbei werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

- Gammaskpektrometrie
- Alphaskpektrometrie
- 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.

Bezeichnung	geforderte Nachweisgrenzen				
	Bq/kg Feuchtmasse bzw. Bq/l bzw. Bq/d*p (Gesamtnahrung)				Bq/m <sup>2</sup>
	Gammastrahlung <sup>1)</sup>	Strontiumanalysen	Alphaspektrometrie	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      4) Bezogen auf Trockenmasse, Weidegras bezogen auf Feuchtmasse  
2) nur Weidegras  
3) Bezogen auf Trockenmasse

**Tabelle 3.1: Probeneinteilung und geforderte Nachweisgrenzen**

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

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

Diese Regionalisierung der Zuständigkeiten bietet mehrere fachliche und organisatorische Vorteile:

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

Die in Nordrhein-Westfalen zuständigen 5 amtlichen Messstellen sind:

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

### **3.2 Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm)**

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

Auf Veranlassung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 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 wird 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 3 Phasen aufgeteilt:

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

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

### **3.3 Sondermessungen**

Neben den Messungen nach dem StrVG werden landeseigene Sondermessungen durchgeführt.

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

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

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

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

## **4. Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS)**

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

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

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

Anschließend werden die Ergebnisse an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit weitergeleitet. Letzteres entscheidet gegebenenfalls über Maßnahmen zum Schutz der

Bevölkerung. Relevante Daten und Informationen werden der Öffentlichkeit regelmäßig zur Verfügung gestellt (Internetlink: <http://www.bfs.de>).

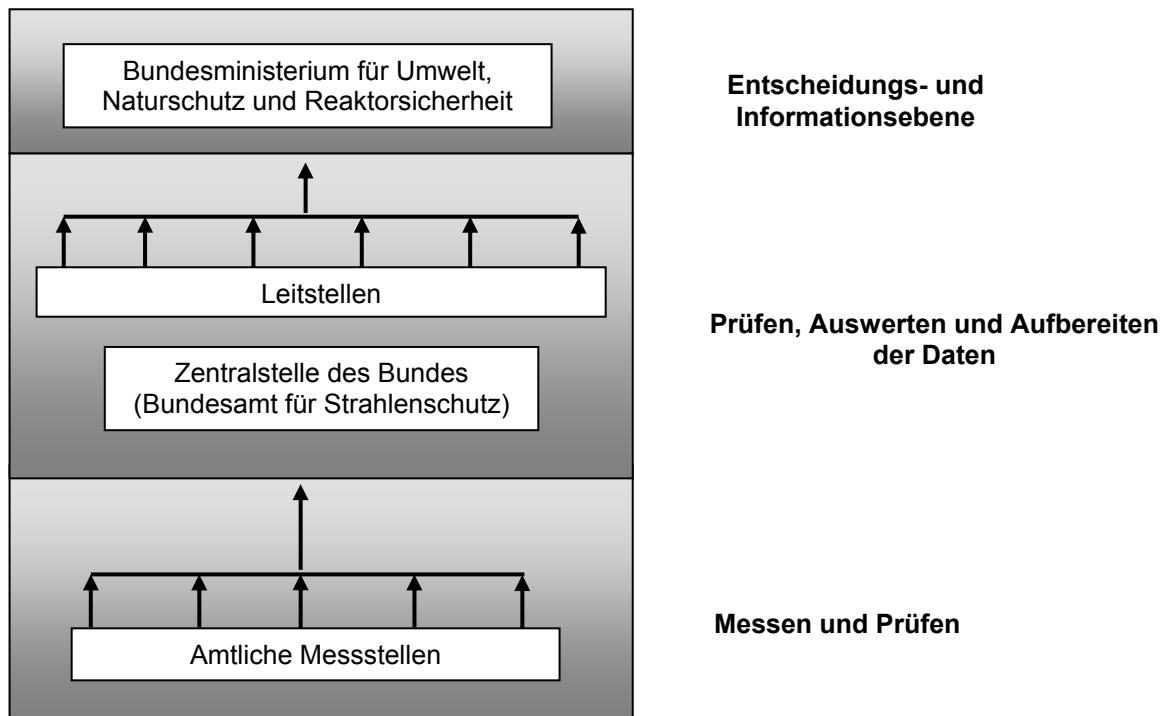


Abbildung 4.1: Datenfluss im IMIS

## 5. Ergebnisbericht

### Zusammenfassung:

Die Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen wird durch die fünf amtlichen Messstellen des Landes auf der Grundlage der Messprogramme nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) sowie nach einem landeseigenen Messprogramm durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen des Jahres 2012 zeigen, dass die in Nordrhein-Westfalen erzeugten Lebens- und Futtermittel sowie Trinkwasser insgesamt nur äußerst geringe Gehalte künstlicher Radioaktivität aufweisen. In Böden, Pflanzen aus nicht landwirtschaftlich genutzten Bereichen (Blätter, Nadeln, Gras), Schwebstoffen und Sedimenten aus Gewässern, Feststoffproben von Abfällen sowie in Wildpilzen und Wildfleisch sind demgegenüber höhere Gehalte künstlicher radioaktiver Stoffe nachzuweisen.

### 5.1 Weideboden, Ackerboden

Böden enthalten in erster Linie die natürlich vorkommenden Radionuklide aus den Zerfallsreihen des Urans und Thoriums sowie das Kalium-40 (K 40) (s. Abbildung 2.3). Von den künstlich erzeugten Radionukliden werden heute noch Cäsium-137 (Cs 137) und Strontium-90 (Sr 90) nachgewiesen. Sie stammen zum größten Teil von dem Reaktorunfall in Tschernobyl und aus den atmosphärischen Kernwaffenversuchen. Entsprechend den zum Zeitpunkt des Reaktorunfalls (1986) herrschenden meteorologischen Bedingungen (Durchzug der radioaktiven Wolke, Dauer und Intensität des zeitglei-

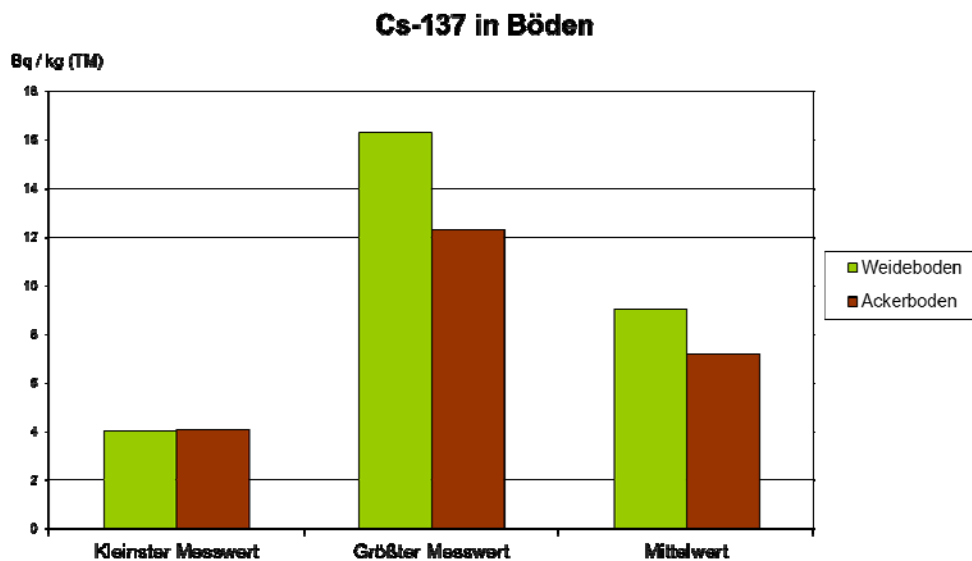
chen Niederschlägen) wurden die einzelnen Regionen in Nordrhein-Westfalen, unterschiedlich kontaminiert. Die Wanderung der Radionuklide Cäsium-137 und Strontium-90 in den Boden hinein erfolgt nur sehr langsam. Da beide Radionuklide eine lange Halbwertszeit aufweisen, verändert sich ihre spezifische Aktivität im Boden von Jahr zu Jahr nur geringfügig.

Je nach Bodenart bzw. -nutzung sind Unterschiede bezüglich des Gehalts künstlicher radioaktiver Stoffe festzustellen (Tabelle 5.1, Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2). In Ackerböden, die mehrfach durchpflügt wurden, kann man von einer gleichmäßigen Verteilung der künstlichen Radionuklide bis zur Pflugtiefe (15 – 40 cm) ausgehen, was sich in einer kleineren Streuung der Messwerte bestätigt. Bei unbearbeiteten Böden (z.B. Weideböden) verhindert die Fixierung an Tonmineralien die Wanderung der Radionuklide in tiefere Schichten, weswegen bei der Probenahme eine Einstichtiefe von 10 cm ausreicht.

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weideböden	Cs 137	17	0	4,0	16	9,0	Bq/kg(TM)
	K 40	17	0	241	680	480	
	Sr 90	6	1	0,12	3,8	1,1	
Ackerböden	Cs 137	8	0	4,1	12	7,2	Bq/kg(TM)
	K 40	8	0	306	810	498	
	Sr 90	4	1	0,10	4,0	1,5	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.1: Spezifische Aktivitäten in Böden aus NRW 2012**



**Abbildung 5.1: Spezifische Cs-137 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2012**



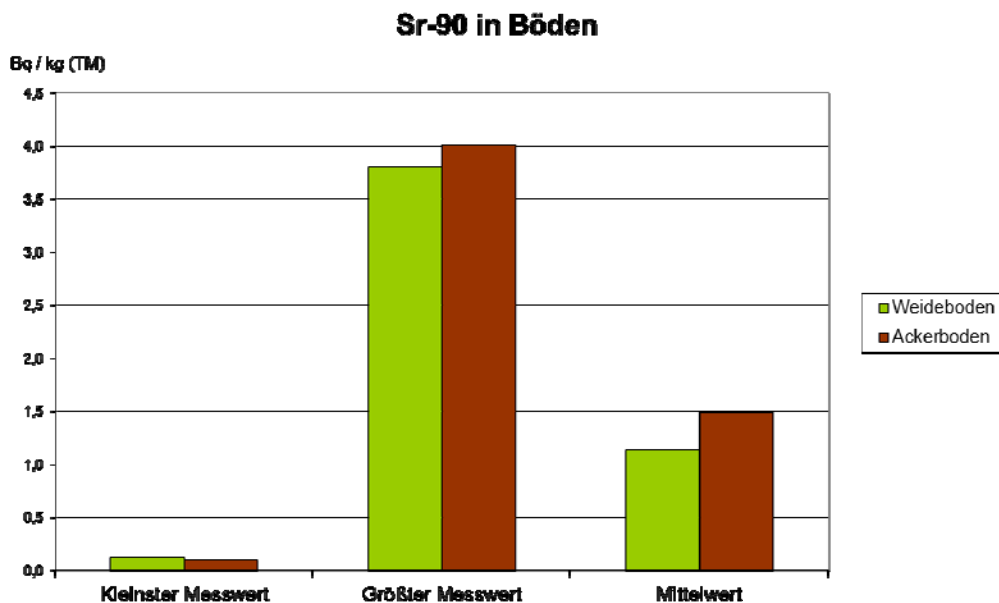


Abbildung 5.2: Spezifische Sr-90 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2012

## 5.2 Futtermittel und Pflanzen als Indikatoren

Futtermittel sind die Zwischenstation für den Transfer von Radionukliden vom Boden in tierische Nahrungsmittel und damit in den Menschen. Bei den sich ergebenden unterschiedlichen Aktivitätskonzentrationen in Futtermitteln spielen sowohl pflanzenphysiologische Faktoren als auch die Verfügbarkeit der Radionuklide im Boden (Bodenart) und die Bodenbearbeitung und -bewirtschaftung eine Rolle. So weisen Futtermittel, die auf unbearbeiteten Böden wachsen (Grünfutter), höhere Aktivitätskonzentrationen auf als diejenigen Futtermittel, die auf bearbeiteten Böden wachsen ( Mais, Getreide, Kartoffeln, Rüben) (Tabelle 5.2; man beachte die unterschiedlichen Einheiten Bq/kg(FM) bzw. Bq/kg(TM)). Futtermittel werden flächenrepräsentativ überwacht. Neben einheimisch erzeugten werden auch importierte Futtermittel (Tabelle 5.3) und in einem landeseigenen Messprogramm Futtermittel aus der Handelsstufe überwacht (Tab 5.4).

Darüber hinaus werden weitere Pflanzenproben aus Bereichen ohne landwirtschaftliche Nutzung überwacht (Tabelle 5.5). Hierbei handelt es sich um Teile von Pflanzen, die überall zur Verfügung stehen und als Indikatoren geeignet sind ( Gras, Blätter, Nadeln ).

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weide- u. Wiesenbewuchs	Cs 137	24	21	0,29	2,4	1,1	Bq/kg(FM)
	K 40	24	0	55	1030	306	
	Sr 90	10	0	0,065	0,53	0,24	
Mais (ganze Pflanze)	Cs 137	19	19	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	19	0	191	673	338	Bq/kg(TM)
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	18	17	0,23		-	Bq/kg(TM)
	K 40	18	0	74	364	146	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	10	9	0,18		-	Bq/kg(TM)
	K 40	10	0	168	1620	775	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	7	6	1,2		-	Bq/kg(TM)
	K 40	7	0	126	510	357	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.2: Spezifische Aktivitäten in Futtermitteln aus NRW 2012**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Sonstige Futtermittel	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	3	0	140		426	
Maisprodukte	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	70		-	
Schrote	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	251	430	341	
Krafftuttermischungen	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	122	264	193	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.3: Spezifische Aktivitäten in importierten Futtermitteln 2012**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Grünfutterpflanzen (außer Weide- u. Wiesenbewuchs)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	1070		-	
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	111	133	123	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	59		-	
Heu	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	820		-	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	6	5	1,4		-	Bq/kg(TM)
	K 40	6	1	8,6	245	134	
Kraftfuttermischungen	Cs 137	3	2	0,16		-	Bq/kg(TM)
	K 40	3	0	350	390	365	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.4: Spezifische Aktivitäten in Futtermitteln aus der Handelsstufe 2012**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Blätter	Cs 137	9	5	0,6	11	3,7	Bq/kg(TM)
	K 40	9	0	257	600	413	
Nadeln	Cs 137	4	1	0,89	115	46	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	181	230	199	
Gras	Cs 137	11	8	1,2	2,0	1,6	Bq/kg(TM)
	K 40	11	0	217	1250	929	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.5: Spezifische Aktivitäten in Indikatorpflanzen aus NRW 2012**

### 5.3 Lebensmittel

Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (781 Proben). Weitere Lebensmittelproben stammen aus dem Import und in einem landeseigenen Messprogramm wurden Lebensmittelproben aus der Handelsstufe überwacht. Die Entnahme von einheimischen Lebensmitteln erfolgt direkt beim Erzeuger. Anzahl und Art dieser Proben sind in Tabelle 5.6 dargestellt.

Die Lebensmittel pflanzlicher Herkunft vom Freiland werden regional erntereif entnommen und untersucht. Lebensmittel tierischer Herkunft werden gleichmäßig über das Jahr verteilt untersucht. Die Messung von Rohmilchproben erfolgt monatlich. Gesamtnahrung (Frühstück, Mittag- und Abendessen für eine Person aus einer Gemeinschaftsverpflegung) wird stichprobenartig wöchentlich entnommen und als 2-Wochen Mischprobe gemessen. Säuglings- und Kleinkindernahrung (Menüs und Getränke) einschließlich Milchersatznahrung werden monatlich entnommen und gemessen. Süßwasserfisch wird sowohl aus Fließgewässern (Rhein, Wupper, Lippe, Sieg) wie auch aus der Teichwirtschaft entnommen und gemessen. Alle Lebensmittelproben werden gammaskopimetrisch untersucht. Ein

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

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinsten Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Sammelmilch (Kuh-)	Cs 137	84	84	-	-	-	Bq/l
	K 40	84	0	41	83	54	
	Sr 90	10	0	0,010	0,053	0,025	
Hofmilch (Kuh-)	Cs 137	13	12	0,186		-	Bq/l
	K 40	13	0	45	140	56	
	Sr 90	1	1	-	-	-	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	102	99	0,20	0,62	0,37	Bq/kg(FM)
	K 40	102	0	43	350	114	
	Sr 90	6	1	0,016	0,12	0,051	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	28	27	0,29		-	Bq/kg(FM)
	K 40	28	1	26	247	110	
	Sr 90	2	0	0,040	0,058	0,049	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	32	31	0,13		-	Bq/kg(FM)
	K 40	32	0	43	146	86	
	Sr 90	3	0	0,053	0,068	0,060	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	40	40	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	40	0	38	185	95	
	Sr 90	2	0	0,045	0,070	0,057	
Kartoffeln	Cs 137	17	16	0,21		-	Bq/kg(FM)
	K 40	17	0	102	166	137	
	Sr 90	4	3	0,031		-	
Blattgemüse, geschützter Anbau	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	90		-	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Cs 137	50	46	0,031	0,44	0,16	Bq/kg(FM)
	K 40	50	0	95	223	143	
	Sr 90	4	0	0,090	0,99	0,32	
Kernobst	Cs 137	16	16	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	16	0	24	53	40	
	Sr 90	4	2	0,022	0,047	0,035	
Steinobst	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	49	78	62	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	5	5	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	59	82	71	
Sonstige Obstarten	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	6	0	96	172	120	
Rindfleisch	Cs 137	55	45	0,076	0,78	0,37	Bq/kg(FM)
	K 40	55	0	52	217	108	
Kalbfleisch	Cs 137	14	11	0,25	0,43	0,35	Bq/kg(FM)
	K 40	14	0	85	140	103	
Schweinefleisch	Cs 137	92	81	0,053	1,0	0,26	Bq/kg(FM)
	K 40	92	0	12	327	107	
Geflügelfleisch	Cs 137	44	44	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	44	0	75	138	101	
Süßwasserfisch	Cs 137	20	15	0,19	0,33	0,24	Bq/kg(FM)
	K 40	20	0	90	176	127	
	Sr 90	1	1	-	-	-	
Gesamtnahrung	Cs 137	129	123	0,24	3,2	0,94	Bq/(d*p)
	K 40	129	0	0,021	329	107	
	Sr 90	20	2	0,030	0,13	0,063	
Säuglings- und Kleinkindernahrung	Cs 137	24	21	0,15	0,35	0,25	Bq/kg(FM)
	K 40	24	0	23	167	72	
	Sr 90	3	2	0,020	0,02	0,020	
Milchprodukte außer Käse, Trockenprodukte	Cs 137	2	0	0,55	0,66	0,60	Bq/kg
	K 40	2	0	532	563	548	
Gemüseprodukte einschl. Kartoffeln, Frischprodukte auch tiefgefroren	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	71	178	124	

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

**Tabelle 5.6: Spezifische Aktivitäten in Lebensmitteln, Erzeugerproben NRW 2012**

Ergebnisse von Lebensmitteln aus der Handelsstufe sowie speziell von ausländischen Lebensmitteln sind in den Tabellen 5.7 und 5.8 dargestellt.

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
bearbeitete Trinkmilch (Kuh-)	Cs 137	16	16	-	-	-	Bq/l
	K 40	16	0	0,000052	64	51	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	29	29	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	29	0	44	188	106	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	14	14	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	14	0	60	165	102	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	21	21	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	21	0	35	168	83	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	14	14	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	14	0	54	495	130	
Kartoffeln	Cs 137	9	9	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	9	0	107	156	133	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Cs 137	7	7	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	123	211	153	
Sonstige Getreidearten	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	-	137	-	
Kernobst	Cs 137	14	14	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	14	0	29	47	36	
Steinobst	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	86	140	113	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	47	74	58	
Wald-/Wildbeeren	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	-	25	-	
Sonstige Obstarten	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	6	0	48	101	70	
Rindfleisch	Cs 137	27	18	0,12	0,64	0,27	Bq/kg(FM)
	K 40	27	0	87	125	107	
Kalbfleisch	Cs 137	6	3	0,43	21	7,3	Bq/kg(FM)
	K 40	6	0	94	132	114	
Schweinefleisch	Cs 137	15	12	0,13	26	8,7	Bq/kg(FM)
	K 40	15	0	77	129	112	
Geflügelfleisch	Cs 137	11	11	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	11	0	99	130	113	
Lammfleisch	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	118	123	121	
Süßwasserfisch	Cs 137	5	2	0,078	0,22	0,16	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	53	133	97	
Seefisch	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	71	117	94	
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	22	20	0,16	0,19	0,17	Bq/kg(FM)
	K 40	22	0	15	57	27	
Käse aus Milch anderer Tiere	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	-	17	-	
Milchprodukte außer Käse, Frischprodukte	Cs 137	27	26	-	0,12	-	Bq/kg(FM)
	K 40	27	0	29	88	57	
Hühnereier	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	46	51	49	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse

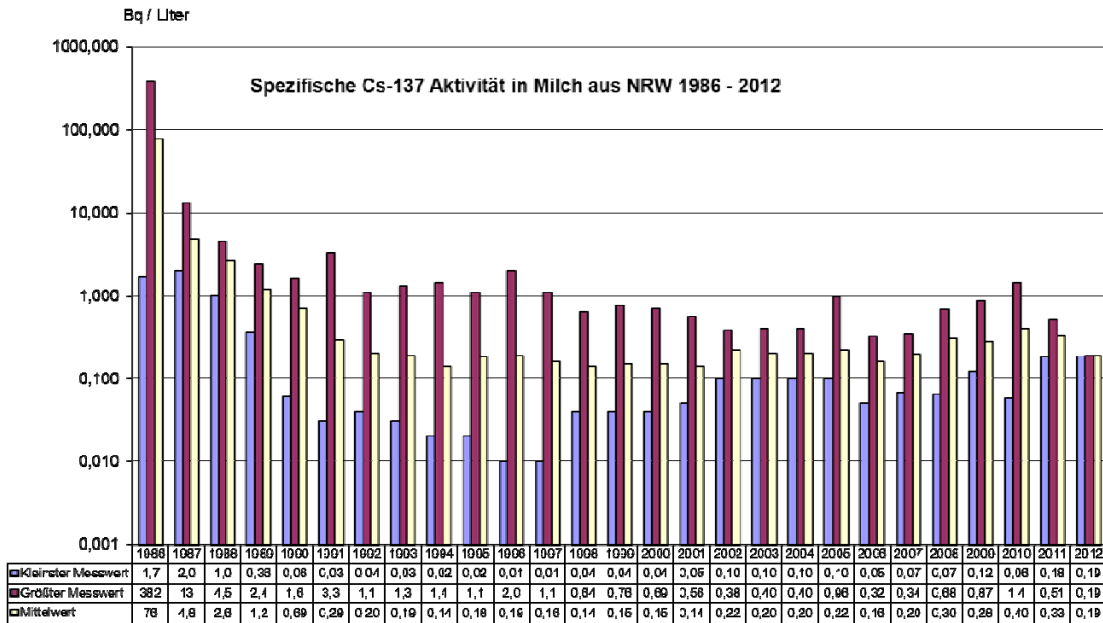
**Tabellen 5.7: Spezifische Aktivitäten in Lebensmitteln aus dem Handel in NRW 2012**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	90		-	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	133		-	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	10	10	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	10	0	33	90	65	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	79	146	104	
Kartoffeln	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	104	143	124	
Sonstige Getreidearten	Cs 137	2	1	0,32		-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	32	750	391	
Kernobst	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	32		-	
Steinobst	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	55		-	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	40		-	
Sonstige Obstarten	Cs 137	4	3	0,23		-	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	25	67	44	
Rindfleisch	Cs 137	4	3	0,21		-	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	52	157	98	
Kalbfleisch	Cs 137	3	0	0,22	0,45	0,35	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	102	114	109	
Schweinefleisch	Cs 137	5	5	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	102	143	126	
Geflügelfleisch	Cs 137	7	7	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	69	135	99	
Lammfleisch	Cs 137	2	1	0,25		-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	111	115	113	
Süßwasserfisch	Cs 137	9	5	0,22	1,8	1,0	Bq/kg(FM)
	K 40	9	0	23	138	90	
Seefisch	Cs 137	10	8	0,25	0,26	0,26	Bq/kg(FM)
	K 40	10	0	29	152	110	
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	12	11	40		-	Bq/kg(FM)
	K 40	12	0	2,8	366	48	
Käse aus Milch anderer Tiere	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	14	21	17	

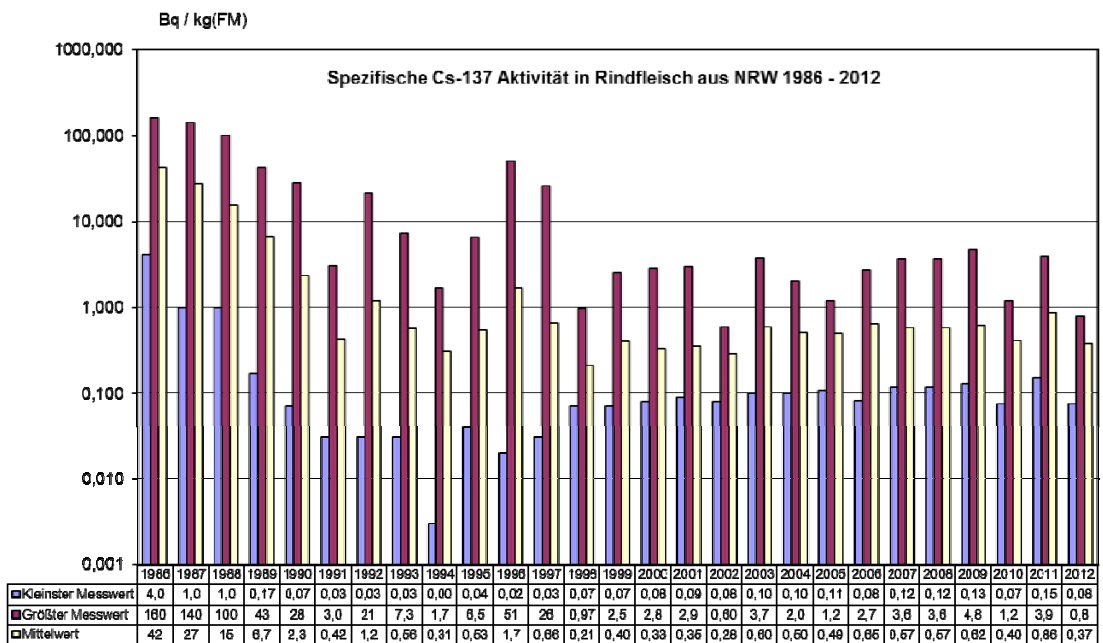
Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse

**Tabellen 5.8: Spezifische Aktivitäten in ausländischen Lebensmitteln 2012**

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



**Abbildung 5.3: Cs-137 Aktivitätskonzentration in Milch NRW 1986 - 2012**



**Abbildung 5.4: Spezifische Cs-137 Aktivität in Rindfleisch NRW 1986 - 2012**

## 5.4 Wildfleisch

In der Europäischen Union ist es nicht erlaubt, Lebensmittel in den Verkehr zu bringen, wenn der Höchstwert für Radiocäsium von 600 Bq/kg (370 Bq/kg bei Milch und Milcherzeugnisse sowie bei Kleinkindernahrung) überschritten wird. Dieser nach EG-Verordnung 733/2008/EG für Importware geltende Höchstwert wird auch auf Inlandprodukte sinngemäß angewendet. Tabelle 5.9 zeigt die Ergebnisse von Cs-137 Messungen an Wildfleisch.

Probenart	Radio-nuklid	Herkunftsland	Anzahl	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Fleischteilstück Hirsch auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Hirsch auch tiefgefroren	Cs 137	Polen	1	0	1,1		-	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	34	1	0,98	979	156	Bq/kg(FM)

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse

**Tabellen 5.9: Spezifische Aktivitäten in Wildfleisch 2012**

Da in den letzten Jahren in der Senne und angrenzenden Gebieten vermehrt Wildschweine mit erhöhten Radiocäsiumgehalten beobachtet wurden, werden seither alle im Zeitraum Januar bis Mai erlegten Wildschweine aus diesem Gebiet auf radioaktive Belastung untersucht.

Im Berichtsjahr 2012 wurden 3 Proben festgestellt, deren Werte oberhalb des o.g. Grenzwertes lagen (Tabelle 5.10).

Probenart	Probenahmebeginn	Radio-nuklid	Messwert	Maßeinheit
Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren	27.12.2012	Cs 137	839	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren	27.12.2012	Cs 137	851	Bq/kg(FM)
Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren	04.04.2012	Cs 137	979	Bq/kg(FM)

**Tabelle 5.10: Wildschweinproben aus NRW mit Grenzwertüberschreitung, 2012**

## 5.5 Trink- und Grundwasser, Oberirdische Gewässer

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

In allen Wasserproben lagen die ermittelten Werte für Cäsium-137, Strontium-90 und Alphastrahler (Tabelle 5.11) unterhalb der geforderten Nachweisgrenzen (Tabelle 3.1).



Probenart	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Grundwasser (nicht zur Trinkwassergewinnung)	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/l
	K 40	3	0	0,11	0,14	0,12	
	Sr 90	2	2	-	-	-	
	H 3	2	2	-	-	-	
Rohwasser, geschützt, aus Grund- und Tiefenwasser	Cs 137	9	9	-	-	-	Bq/l
	K 40	9	7	0,14	0,81	0,47	
	Sr 90	2	0	0,011	0,017	0,014	
	H 3	2	2	-	-	-	
	Am 241	2	2	-	-	-	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 23940	4	4	-	-	-	
	U 234	4	0	0,00069	0,0051	0,0037	
	U 235	4	4	-	-	-	
U 238	4	0	0,00032	0,0017	0,0013		
Rohwasser, ungeschützt, aus Oberflächenwasser	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/l
	K 40	6	2	0,028	0,14	0,088	
	Sr 90	2	0	0,0020	0,0052	0,0036	
	H 3	2	2	-	-	-	
	Am 241	2	2	-	-	-	
	Pu 238	2	2	-	-	-	
	Pu 23940	2	2	-	-	-	
	U 234	2	1	0,0079	-	-	
	U 235	2	2	-	-	-	
U 238	2	1	0,0058	-	-		
Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen	Cs 137	24	24	-	-	-	Bq/l
	K 40	24	8	0,027	1,1	0,27	
	Sr 90	4	0	0,0010	0,013	0,0058	
	H 3	4	4	-	-	-	
	Am 241	7	7	-	-	-	
	Pu 238	7	7	-	-	-	
	Pu 23940	7	7	-	-	-	
	U 234	7	2	0,0064	0,017	0,011	
	U 235	7	5	0,00037	0,00057	0,00047	
U 238	7	2	0,0044	0,014	0,0087		
Reinwasser aus Mischroh- wasser	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/l
	K 40	4	3	0,96	-	-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze

**Tabelle 5.11: Aktivitätskonzentrationen in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen NRW 2012**

Die Ermittlung der Radioaktivität in oberirdischen Gewässern erstreckt sich auf die Untersuchungen von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben. Wasser aus sechs Fließgewässern wird kontinuierlich und aus sechs Talsperren diskontinuierlich beprobt. Schwebstoffe werden aus vier Fließgewässern und zwei Talsperren entnommen. Die Sedimentproben stammen aus vier Talsperren, zwei Buhnenfeldern, drei Hafeneinfahrten und drei Stauhaltungen. Dabei sind auch Rückstände des Iod-131 aus der Radiojodtherapie nachweisbar (Tabelle 5.12).

Umweltbereich	Messgröße	Anzahl	Anzahl <NWG	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	Maßeinheit
Wasser in Fließgewässern	Cs 137	20	19	0,0014		-	Bq/l
	I 131	15	12	0,017	0,024	0,021	
	K 40	20	0	0,10	0,45	0,20	
	Sr 90	4	0	0,0010	0,0020	0,0018	
	H 3	20	20	-	-	-	
	Am 241	8	8	-	-	-	
	Pu 238	8	8	-	-	-	
	Pu 23940	8	8	-	-	-	
	U 234	8	0	0,0082	0,012	0,010	
	U 235	8	8	-	-	-	
U 238	8	0	0,0051	0,0090	0,0075		
Schwebstoff in Fließgewässern	Cs 137	17	0	0,70	20	7,8	Bq/kg(TM)
	I 131	17	12	6,0	18	13	
	K 40	17	0	234	776	456	
Sediment in Fließgewässern	Cs 137	24	2	0,11	15	6,4	Bq/kg(TM)
	I 131	21	20	3,4		-	
	K 40	24	1	68	670	471	
Wasser in stehenden Gewässern	Cs 137	28	28	-	-	-	Bq/l
	I 131	27	26	0,084		-	
	K 40	28	16	0,050	0,25	0,10	
	Sr 90	4	0	0,0020	0,0060	0,0045	
	H 3	28	28	-	-	-	
Schwebstoffe in stehenden Gewässern	Cs 137	8	4	9,2	22	14	Bq/kg(TM)
	I 131	7	7	-	-	-	
	K 40	8	0	400	690	545	
Sedimente in stehenden Gewässern	Cs 137	24	0	3,7	212	33	Bq/kg(TM)
	I 131	23	22	3,9		-	
	K 40	24	0	226	850	499	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.12: Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoffen und Sedimenten aus Flüssen und Seen NRW 2012**

## 5.6 Abfälle und Abwässer

In NRW werden im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) auch Abwässer und Klärschlamm aus zehn Kläranlagen, Sickerwasser und deponienahes Grundwasser von fünf Hausmülldeponien, Verbrennungsrückstände ( Filterasche, Schlacke, feste Rückstände und Waschwasser aus der Rauchgasreinigung ) aus vier Müllverbrennungsanlagen und Kompost von einer Kompostierungsanlage untersucht. Nennenswerte spezifische Cäsium-137 Aktivitäten finden sich nur noch in den festen Endprodukten der jeweiligen Verarbeitungs- bzw. Beseitigungsanlagen. Dies sind Klärschlamm

Umweltbereich	Messgröße	Anzahl	Anzahl <NWG	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	Maßeinheit
Abwasser aus Kläranlagenablauf	Cs 137	38	37	0,12		-	Bq/l
	I 131	35	22	0,037	0,72	0,30	
	K 40	38	26	0,58	5,1	1,3	
	Sr 90	4	2	0,034	0,092	0,063	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	4	4	-	-	-	
	U 234	4	0	0,0072	0,0089	0,0083	
	U 235	4	4	-	-	-	
U 238	4	1	0,0066	0,0067	0,0067		
Klärschlamm	Cs 137	38	8	0,57	7,2	2,7	Bq/kg(TM)
	I 131	38	0	2,5	136	48	
	K 40	38	2	46	450	177	
	Sr 90	4	0	0,8	8,3	3,1	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	2	2	-	-	-	
	U 234	4	0	37	45	40	
	U 235	4	0	1,4	1,9	1,6	
U 238	4	0	30	34	32		
Filterstaub, Filterasche	Cs 137	6	0	3,5	51	26	Bq/kg(TM)
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	6	0	900	2550	1823	
Kesselasche, Schlacke	Cs 137	6	0	0,45	1,8	0,93	Bq/kg(TM)
	I 131	6	5	0,039	-	-	
	K 40	6	0	196	370	267	
Feste Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	6	4	1,1	1,5	1,3	Bq/kg(TM)
	I 131	6	3	0,4	63	34	
	K 40	6	0	5,9	100	37	
Flüssige Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/l
	I 131	4	1	0,43	11	4,3	
	K 40	4	0	8,2	47	21	
Sicker- und Grundwasser	Cs 137	6	3	0,041	0,25	0,14	Bq/l
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	6	0	9,6	66	31	
	H 3	6	1	7,8	97	50	
Kompost	Cs 137	8	1	4,6	13	7,9	Bq/kg(TM)
	I 131	8	8	-	-	-	
	K 40	8	0	345	675	514	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.13: Aktivitätskonzentrationen bzw. spezifische Aktivitäten in Abfällen und Abwässern NRW 2012**

aus der Kläranlage, Filterasche, Schlacke und Rückstände aus der Rauchgaswäsche von Müllverbrennungsanlagen und der Kompost aus der Kompostierungsanlage. Die spezifischen Cäsium-137 Aktivitäten der wässrigen Produkte liegen unterhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenze ( Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen ). Auch in den Proben aus Kläranlagen sind Rückstände des Iod-131 aus der Radiojodtherapie nachweisbar (Tabelle 5.13).

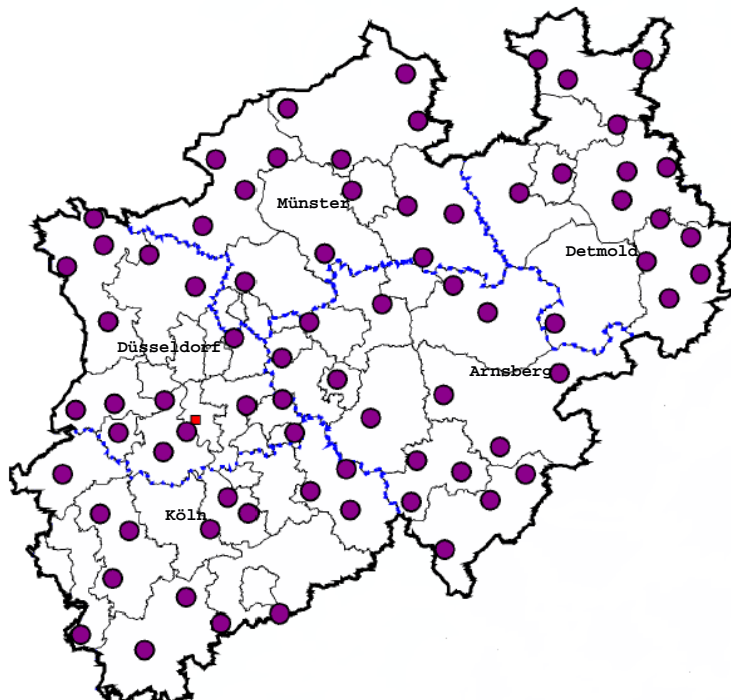
## 5.7 In-situ-Messungen

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



**Abbildung 5.6: In-situ Messung an einer ODL Station auf dem Gelände einer Schule**

An 173 Standorten in Nordrhein-Westfalen unterhält das Bundesamt für Strahlenschutz auf öffentlichen Wiesenflächen stationäre Messsonden (ODL-Messnetz), von denen kontinuierlich Messdaten der Gamma-Ortsdosisleistung abgerufen werden. 75 dieser Standorte wurden zur Ergänzung und Optimierung der ODL-Daten für zusätzliche In-situ-Messungen festgelegt. Jährlich wird zyklisch ein Drittel dieser Standorte vom In-situ-Messfahrzeug NRW angefahren.



**Abbildung 5.7: Übersichtskarte der 75 Messpunkte am Standort von ODL-Messsonden für die In-situ-Messungen in NRW**

Den wesentlichen Beitrag an künstlicher Radioaktivität in der Umwelt liefert das durch den Tschernobyl-Reaktorunfall freigesetzte Cäsium-137. Während die Aktivitätskonzentration der natürlichen Radi-

onuklide von den unterschiedlichen Gegebenheiten der geologischen Erdformationen an den Messorten bestimmt wird, hängt die örtliche Aktivitätsflächenbelegung durch die künstlichen Radionuklide stark von den meteorologischen Bedingungen ab.

Die folgenden Karten zeigen die aus den Aktivitätsmesswerten berechneten Dosisleistungen (Messwerte oberhalb der Nachweisgrenze) des Jahres 2012 in Nordrhein-Westfalen für das künstliche Radionuklid Cäsium-137 (Abbildung 5.9) und für das natürliche Radionuklid Kalium-40 (Abbildung 5.8), dessen Dosisleistung im Mittel um den Faktor 10 höher liegt. Ebenfalls sind in den Karten die 173 ODL-Messstellen als Punkte dargestellt, deren Farbkodierungen den lokalen Jahresmittelwert der unspezifischen Ortsdosisleistung wiedergeben.

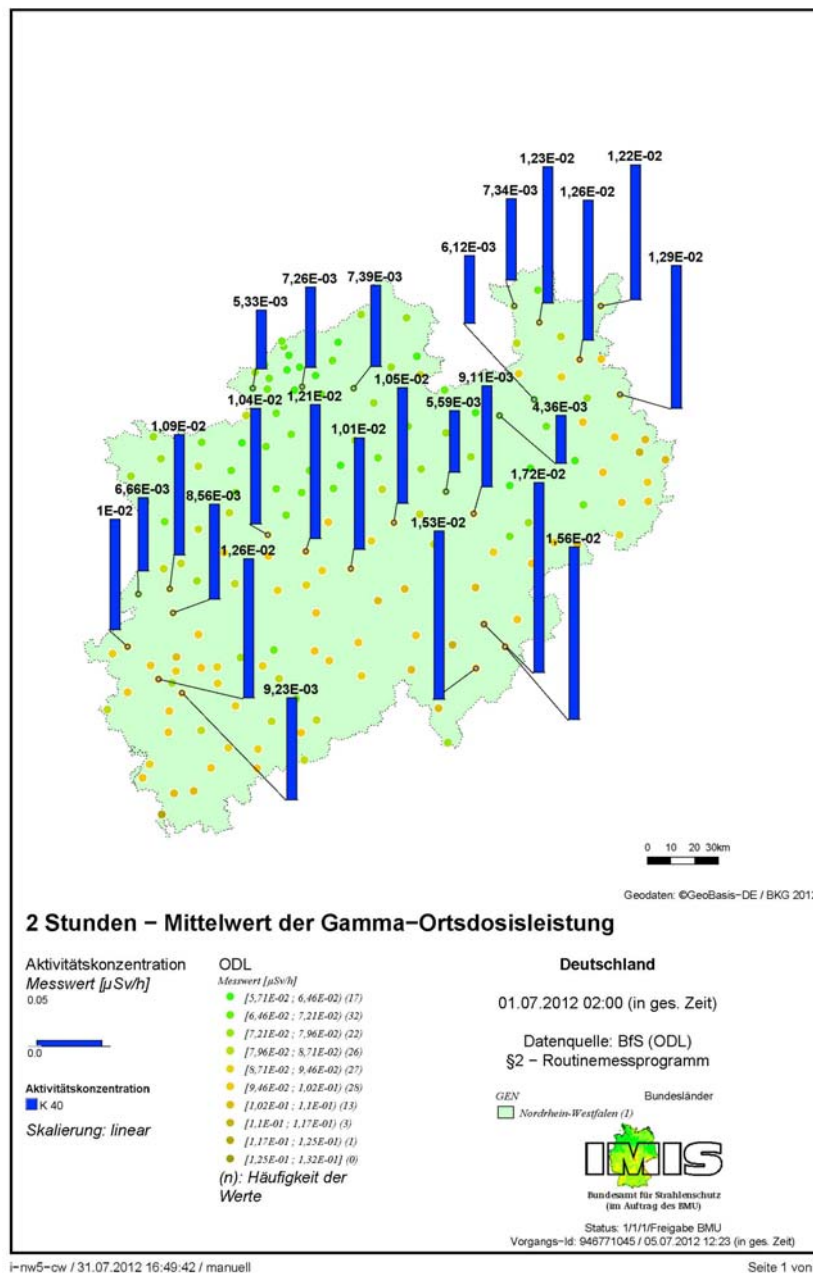


Abbildung 5.8: Karte mit ODL- und K-40 In-situ-Messwerten (nuklidspezifische Dosisleistung) NRW 2012

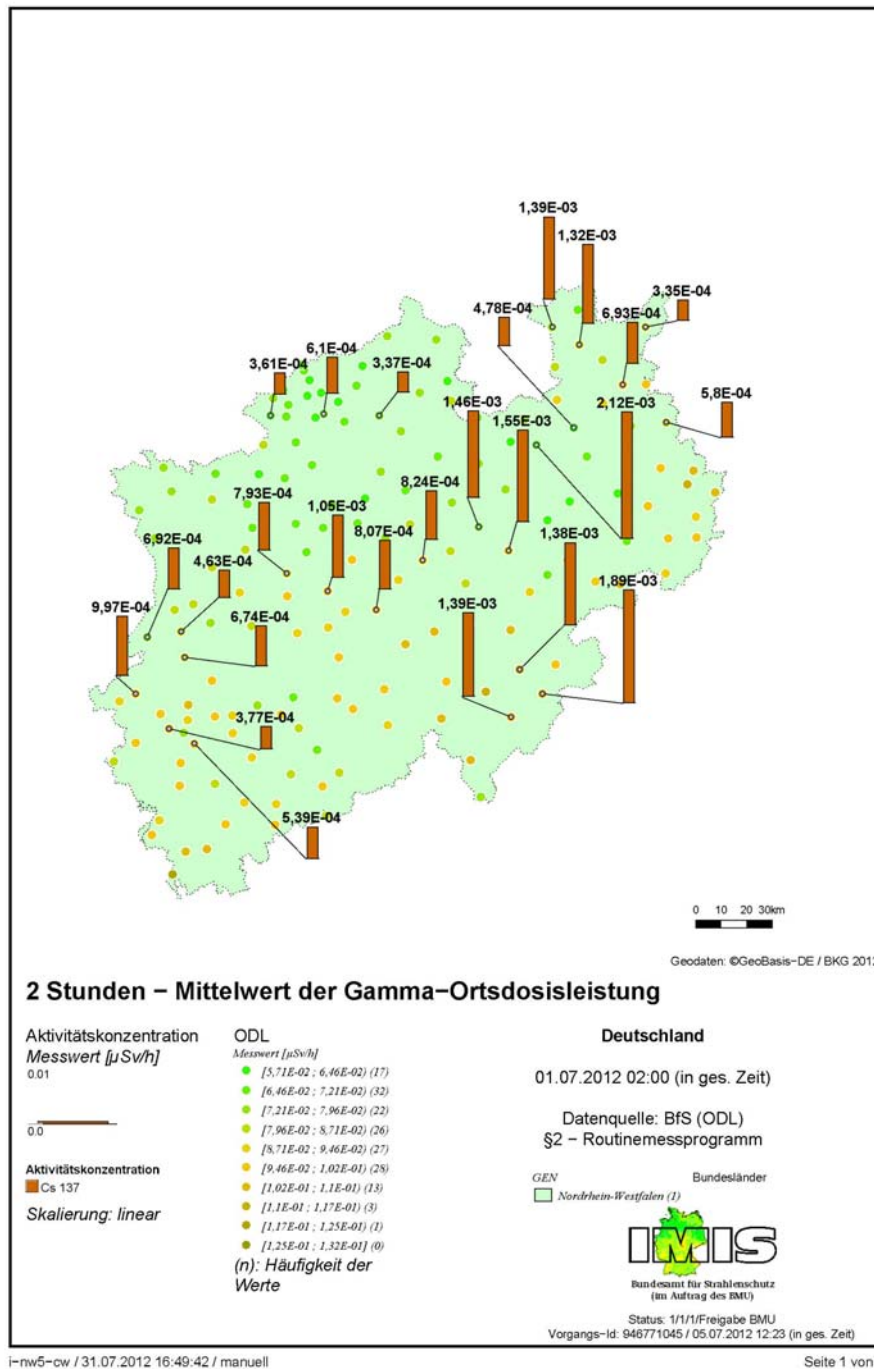


Abbildung 5.9: Karte mit ODL- und Cs-137 In-situ-Messwerten (nuklidspezifische Dosisleistung) NRW 2012

## 6. Glossar

### Aktivität

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

### Aktivität, spezifische

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

### Aktivitätskonzentration

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

### Aktivitätszufuhr

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

### Alphastrahlung

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

### Alphateilchen

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

### Alphazerfall

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

### Angeregter Zustand

Zustand eines →Atoms oder →Atomkerns mit einer höheren Energie, als im Grundzustand. Die Überschussenergie wird im allgemeinen als →Gammaquant abgegeben.

### Äquivalentdosis

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

### Atom

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

### Atomgewicht

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

### Atomkern

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

### Becquerel

Einheit der →Aktivität eines radioaktiven Stoffes

### **Beschleuniger**

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

### **Betastrahlung**

Strahlung von radioaktiven Stoffen, die aus →Elektronen besteht. Die Energie ist kontinuierlich bis zu einer Maximalenergie verteilt. Betastrahlen werden bereits durch geringe Schichtdicken (z.B. 2 cm Kunststoff oder 1 cm Aluminium) absorbiert. Beispiele für reine Betastrahler sind Strontium-90 (→Strontium-90-Bestimmung) und Tritium (→H<sub>3</sub>-Bestimmung)

### **Betateilchen**

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

### **Betazerfall**

Radioaktive Umwandlung unter Emission eines →Betateilchens

### **Bodenstrahlung**

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

### **Bq**

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

### **Ci**

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

### **Dekontamination**

Beseitigung oder Verminderung einer →Kontamination

### **Dosimetrie**

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

### **Dosis**

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

### **Dosis, effektive**

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

### **Dosis, genetisch signifikante**

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

### **Dosis-Wirkungs-Beziehung**

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

### **Dosisfaktor**

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



### **Dosisgrenzwert**

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

effektive Dosis; Keimdrüsen, Gebärmutter, rotes Knochenmark 0,3 mSv/Jahr  
alle anderen Organe 0,9 mSv/Jahr  
Knochenoberfläche, Haut 1,8 mSv/Jahr

### **Dosisleistung**

Die Dosisleistung ist der Quotient aus der Dosis und der Zeit

### **Elektron**

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

### **Elektronvolt**

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

### **Element**

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

### **Elementarladung**

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

### **Elementarteilchen**

Teilchen, die sich derzeit nicht als zusammengesetzt erkennen lassen.

### **Energiedosis**

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

### **eV**

Kurzbezeichnung für  $\rightarrow$ Elektronvolt

### **Expositionspfad**

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

### **Folgedosis, effektive**

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

### **Gammaquant**

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

### **Gammaskpektrum**

Energieverteilung der  $\rightarrow$ Gammaquanten eines  $\rightarrow$ Radionuklids oder einer Mischung von Radionukliden, welches zu deren Identifizierung und Quantifizierung gemessen wird

### **Gammastrahlung**

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

### **Ganzkörperdosis**

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

### **Gray**

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

### **Halbwertszeit, physikalische**

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

### **Halbwertszeit, biologische**

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

### **Halbwertszeit, effektive**

Zeit, in der in einem biologischen System die Menge eines Radionuklids im Zusammenwirken von physikalischer und biologischer Halbwertszeit auf die Hälfte abnimmt

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

### **Ingestion**

Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Nahrungsmittel und Trinkwasser

### **Inhalation**

Aufnahme von radioaktiven Stoffen durch Einatmen

### **Inkorporation**

Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Organismus durch Inhalation und Ingestion

### **Ionendosis**

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

### **Ionendosisleistung**

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

### **Ionisation**

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

### **Ion**

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

### **Isotope**

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

### **Körperdosis**

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

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

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

### **Lineare Energieübertragung**

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

### **Neutron**

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

### **Nukleon**

Gemeinsame Bezeichnung für →Proton und →Neutron.

### **Nukleonenzahl**

Anzahl der →Protonen und →Neutronen (→Nukleonen) in einem →Atomkern. Die Nukleonenzahl des <sup>238</sup>U ist 238 ( 92 Protonen und 146 Neutronen).

### **Nuklid**

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

### **Organdosis**

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

### **Ortsdosis**

→Äquivalentdosis, gemessen an einem bestimmten Ort.

### **Ortsdosisleistung**

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

### **Paarbildung**

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

### **Personendosis**

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

### **Photo-Effekt**

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

**Positron**

Positiv geladenes Antiteilchen des  $\rightarrow$ Elektrons

**Proton**

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

**Photon**

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

**Qualitätsfaktor**

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

**Quarks**

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

**Radionuklide, kurzlebige**

Radioaktive  $\rightarrow$ Atomkerne mit einer Halbwertszeit bis zu 100 Tagen

**Radionuklide, langlebige**

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

**Radioaktivität**

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

**Radiotoxizität**

Maß für die Gesundheitsschädlichkeit eines  $\rightarrow$ Radionuklids

**Sievert**

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

**Sperrbereich**

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

**Stoffe, offene radioaktive**

Alle radioaktiven Stoffe mit Ausnahme der umschlossenen radioaktiven Stoffe.

**Stoffe, umschlossene radioaktive**

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

**Strahlen, ionisierende**

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

**Strahlenexposition**

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

### **Strahlenexposition, natürliche**

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

### **Strahlenexposition, medizinische**

Exposition einer Person im Rahmen ihrer medizinischen Untersuchung oder Behandlung in der Heilkunde oder Zahnheilkunde (Patient), oder Exposition einer Person, an der mit ihrer Einwilligung radioaktive Stoffe oder ionisierende Strahlung in der medizinischen Forschung angewendet werden (Proband).

In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die genetisch signifikante →Strahlendosis durch die Röntgendiagnostik pro Einwohner im Durchschnitt ( regional mit großen Unterschieden) 0,5 mSv pro Jahr, wobei die Schwankungsbreite dieses Wertes zu etwa 50% abgeschätzt wird. Daraus ergibt sich rechnerisch aus den →Organdosen eine effektive →Äquivalentdosis von 1 mSv pro Einwohner.

Die therapeutische Strahlenanwendung und die Radionuklidanwendung in der Nuklearmedizin liefern dagegen nur kleine Dosisbeiträge in Bezug auf die Gesamtbevölkerung.

### **Strahlenschutzbereich**

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

### **Strahlenwirkungen, stochastische**

"Stochastische" Wirkungen beruhen auf dem Zufallsprinzip. Es sind solche, bei denen die Wahrscheinlichkeit, dass sie auftreten, jedoch nicht ihr Schweregrad als eine Funktion der →Dosis betrachtet wird.

Für sie existiert im Gegensatz zu "nicht stochastischen" Wirkungen kein Schwellenwert. Bei "nicht stochastischen" Wirkungen variiert der Schweregrad der Wirkungen mit der Dosis, und es kann daher ein Schwellenwert bestehen.

In dem für Strahlenschutz zwecke relevanten Dosisbereich werden vererbare Wirkungen als stochastisch angesehen. Auch einige somatische Wirkungen sind stochastischer Natur. Hierbei wird die Krebsentstehung als das wichtigste somatische Strahlenrisiko bei niedrigen Dosen angesehen.

### **Strahlenwirkungen, genetische**

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

### **Strahlenwirkungen, somatische**

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

### **Strahlung, ionisierende**

→Strahlen, ionisierende

### **Strahlung, kosmische**

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

### **Strahlung, terrestrische**

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

### **Tritium**

→Radionuklid des Wasserstoffs bestehend aus einem →Proton und zwei →Neutronen

### **Überwachungsbereich**

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

**Umgang mit radioaktiven Stoffen**

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

**Unfall, radiologischer**

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

**Zerfall**

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

**Zerfallsenergie**

Die bei einem →Zerfall freigesetzte Energie

**Zerfallskonstante**

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