



# **Strahlenschutzvorsorge in Nordrhein-Westfalen**

**Gemeinsamer Jahresbericht 2008**

**der**

**Amtlichen Messstellen für Umweltradioaktivität**

**Zuständiges Ministerium:**

**Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen**

## **Inhalt**

- 1. Grundlagen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)**
- 2. Radiologische Grundlagen**
- 3. Messprogramme**
- 4. Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS )**
- 5. Ergebnisbericht 2008**
- 6. Glossar**

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

Infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl wurde 1986 das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG, BGBl. 1986 I S. 2610) 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.

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

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

In die Zuständigkeit des Bundes 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 Radioaktivität in Auftragsverwaltung in den Bereichen

- Lebensmittel
- Futtermittel
- Trinkwasser, Grundwasser und oberirdische Gewässer (außer Bundeswasserstraßen)
- Abwässer, Klärschlamm und Abfälle
- Boden
- Pflanzen (keine pflanzlichen Lebensmittel)

Darüber hinaus können die Länder interne Sonderprogramme zur Untersuchung spezieller Proben (z.B. Wildfleisch, Wildpilze) durchführen.

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 Ausstattung 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), 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.

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 radioaktive Belastung 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.

## 2. Radiologische Grundlagen

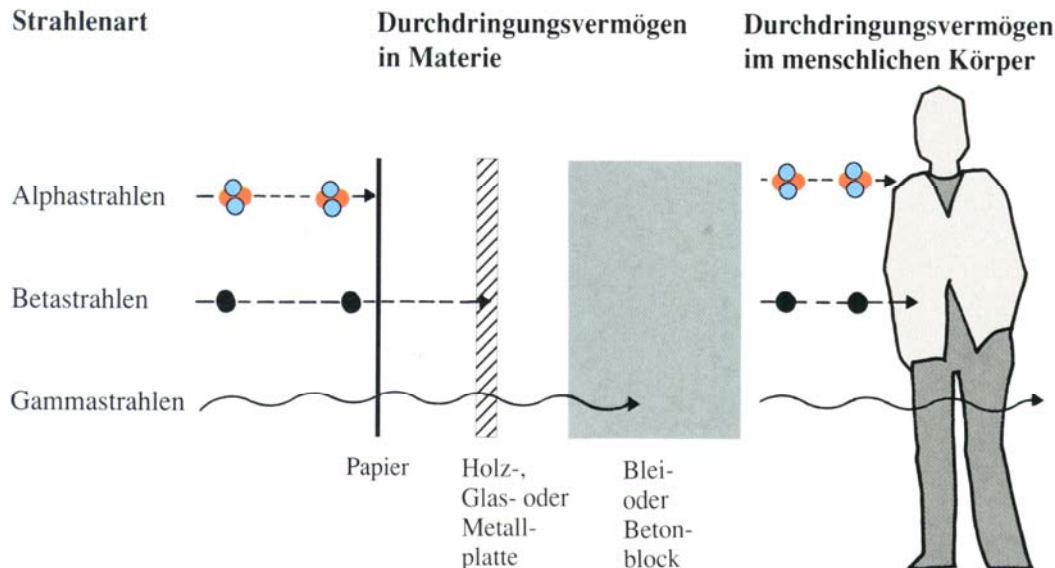
Materie besteht aus Atomen, die sich aus dem Kern und den ihn umhüllenden Elektronen zusammensetzen. Unter bestimmten Bedingungen können Atomkerne instabil sein und unter Aussendung von Strahlung in andere Kerne zerfallen.

Die wichtigsten Strahlungsarten, die von Radionukliden ausgehen können, sind

- Alphastrahlung
- Betastrahlung
- Gammastrahlung.

Alle genannten Strahlungsarten übertragen auf bestrahlte Materie Energie und bewirken damit z.B. eine Abspaltung oder Umlagerung von Elektronen. Aufgrund dieser Wirkung spricht man auch von „ionisierender Strahlung“. Auch im biologischen Gewebe erfolgt eine solche Energieaufnahme, die zu Schädigungen und Veränderungen von Zellen oder Erbgut führen kann.

Das Durchdringungsvermögen dieser Strahlungsarten in Materie ist sehr unterschiedlich, was auch bei der Detektion, Messung und Erkennung der Nuklidart berücksichtigt wird (Abb. 2.1)



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

Entscheidend für den Strahlenschutz ist die biologische Wirkung, die als effektive Dosis in Millisievert (mSv) angegeben wird. Die effektive Dosis ist die Summe aller Organdosen, jeweils multipliziert mit dem zugehörigen Gewebe-Wichtungsfaktor.

Bei der Dosisberechnung müssen mehrere Faktoren berücksichtigt werden. So sind z.B. bei der Aufnahme eines belasteten Lebensmittels die Aktivitätskonzentration, die Verzehrsmenge und ein für jedes Nuklid charakteristischer Dosisfaktor in die Berechnung einzubeziehen. Die Größe der Dosis-

faktoren hängt zum einen von der Strahlungsart und der Halbwertszeit des Nuklids und zum anderen vom Grad seiner Aufnahme, seiner Verweildauer und seinem Aufenthaltsort (Organ) im Körper ab.

## Expositionspfade

Die Herkunft der Strahlenbelastung des Menschen kann in zwei wesentliche Expositionspfade unterteilt werden:

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

Bedingt durch das hohe Durchdringungsvermögen der Gammastrahlung wird die äußere Strahlendosis fast vollständig von der Gammastrahlung verursacht. Bei der Überwachung der äußeren Strahlung wird daher in der Regel nur die Gammadosis ermittelt. Sie kann mit geeigneten Messgeräten als Äquivalentdosis unmittelbar bestimmt werden.

Die innere Strahlenbelastung wird überwiegend durch die Alpha- und Betastrahlung inkorporierter (aufgenommener) Radionuklide verursacht. Die aus Teilchen bestehenden Strahlenarten sind mit ihrem hohen Energieübertragungsvermögen verantwortlich für die schädigende Wirkung auf das Gewebe.

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

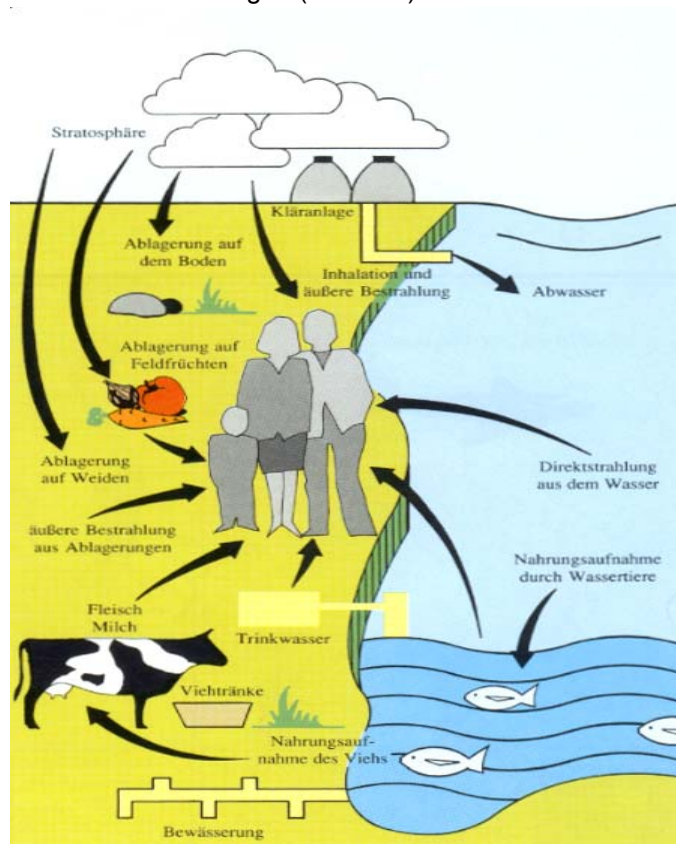


Abb. 2.2: Wege radioaktiver Stoffe aus Luft und Niederschlag zum Menschen

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 natürlichen Strahlenquellen und künstlichen oder zivilisatorischen Strahlenquellen, wobei die biologische Wirkung in beiden Fällen gleich ist.

## Natürliche Radioaktivität

Alle Lebewesen sind seit Anbeginn natürlicher Radioaktivität ausgesetzt, da einige Radionuklide z.B. Uran-238, Thorium-232 oder Kalium-40 aufgrund ihrer langen Halbwertszeit seit Entstehung der Erde existent sind. Diese Nuklide sind Bestandteile der Erdkruste und werden deshalb als geogen bezeichnet.

Kalium-40 beispielsweise ist in allen pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln enthalten, und somit auch im Menschen selbst, da Kalium ein lebensnotwendiges Spurenelement ist, das in die Körperzellen eingebaut wird.

Weitere natürliche Radioaktivität wird durch energiereiche Weltraumstrahlung in der Atmosphäre gebildet. Hier entstehen kosmogene Nuklide, z.B. Kohlenstoff-14, Beryllium-7 oder Tritium.

Die natürliche Strahlenbelastung über die Atemluft wird hauptsächlich durch das Edelgas Radon-222 hervorgerufen, das in der Folge des Zerfalls von Uran-238 gebildet wird.

## Künstliche Radioaktivität

Künstliche Radionuklide werden durch den Menschen erzeugt (z.B. in kerntechnischen Anlagen oder Beschleunigern). Sie finden Verwendung in Medizin, Technik und Forschung (Abb. 2.3).



Abb. 2.3: Zugang zu einem Kontrollbereich

Die künstliche Radioaktivität in der Umwelt entstammt Kernspaltungsprozessen und wurde in den 50er und 60er Jahren von oberirdischen Kernwaffentests und nach 1986 von dem Unfall im Kernkraftwerk von Tschernobyl dominiert.

Von besonderer Bedeutung für die Belastung des Menschen sind Nuklide mit großer Halbwertszeit z.B. Cäsium-137 (30 Jahre) oder Strontium-90 (28 Jahre) und langer Verweildauer im Körper.

## 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 2007", Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Postfach 120629, 53048 Bonn).

Natürliche Strahlenexposition	mittlere effektive Jahresdosis
kosmische Strahlung	ca. 0,3 mSv
terrestrische Strahlung	ca. 0,4 mSv
Nahrung	ca. 0,3 mSv
Inhalation von Radon und Folgeprodukten	ca. 1,1 mSv
<b>Summe:</b>	<b>ca. 2,1 mSv</b>

Für die zivilisatorische Belastung durch ionisierende Strahlung sind die Folgen des Einsatzes von Röntgenstrahlen bestimmend. Röntgenstrahlung, ähnlich der Gammastrahlung, zählt zu der ionisierenden Strahlung. Insgesamt beträgt das Mittel dieser zivilisatorischen Strahlenexpositionen etwa 1,9 mSv im Jahr. Nahezu 100% stammen dabei aus dem medizinischen Bereich.

Die mittlere Strahlenexposition durch den Reaktorunfall in Tschernobyl ist von 0,11 mSv/a im Unfalljahr 1986 auf heute weniger als 0,015 mSv/a zurückgegangen.

Zivilisatorische Strahlenexposition	mittlere effektive Jahresdosis
kerntechnische Anlagen	< 0,01 mSv
Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01 mSv
Reaktorunfall Tschernobyl	< 0,015 mSv
Anwendung in Forschung, Technik, Haushalt	< 0,01 mSv
Anwendung in der Medizin	ca. 1,9 mSv
<b>Summe:</b>	<b>ca. 1,9 mSv</b>

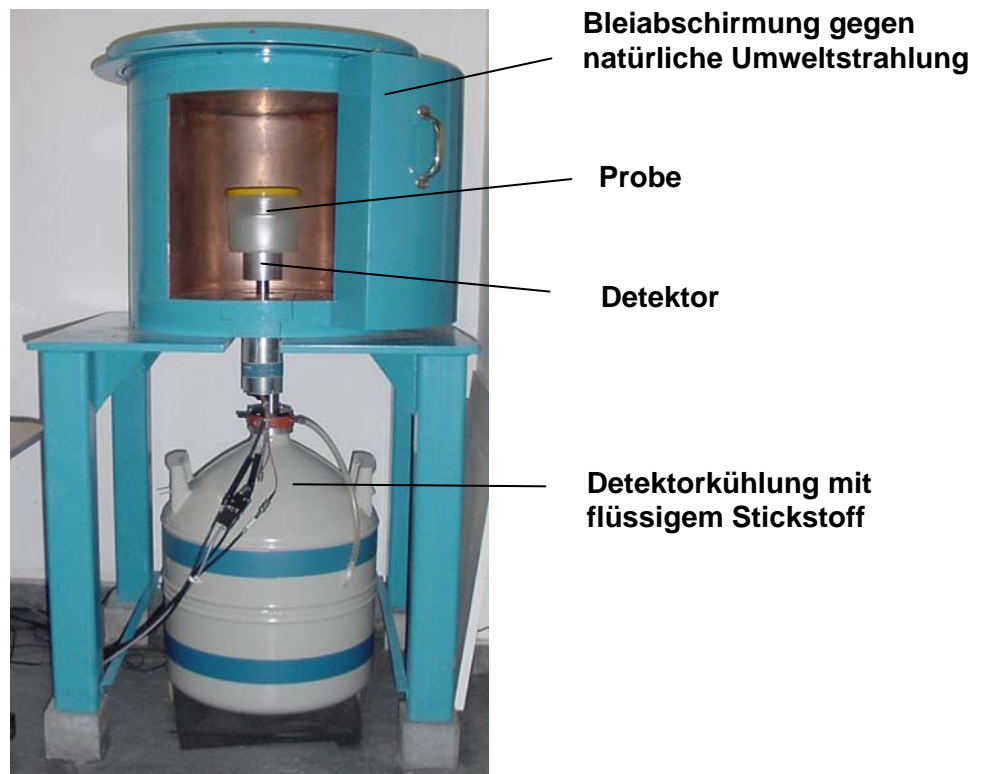
## Bestimmung der Radioaktivität

Nachdem die Proben aufgearbeitet sind, z.B. gewaschen, aufkonzentriert, getrocknet oder verascht, werden die einzelnen radioaktiven Stoffe gemessen. Das Messverfahren richtet sich nach der Strahlenart der zu bestimmenden Radionuklide.

In den meisten Fällen werden die Proben gammaspektrometrisch (Abb. 2.4) untersucht, da

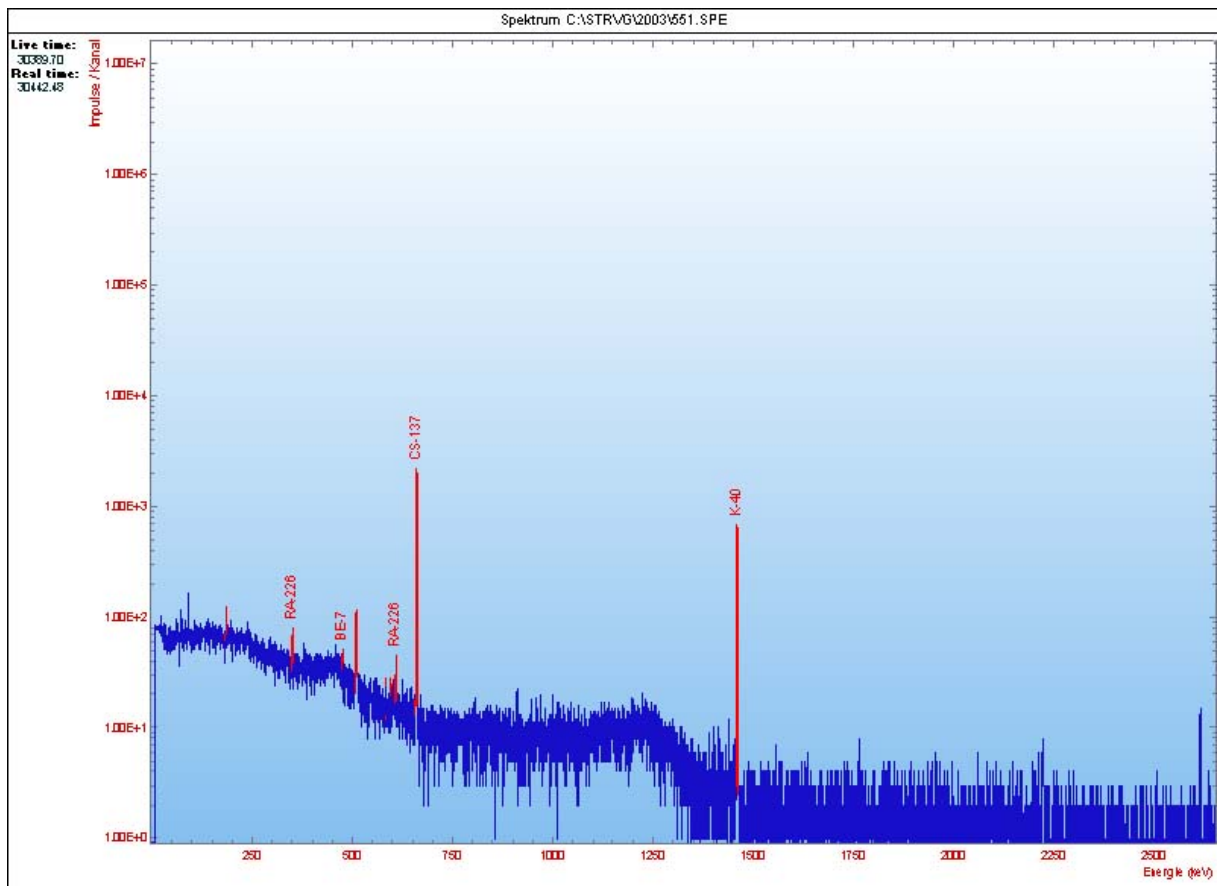
- viele strahlenbiologisch relevante Nuklide Gammastrahler sind,
- mit diesem Verfahren mehrere Nuklide gleichzeitig bestimmt werden können, weil jedes Nuklid bei der Kernumwandlung Gammastrahlen mit charakteristischen Energien ( Abb. 2.5) aussendet,
- die Aufarbeitung den geringsten Aufwand in Anspruch nimmt, und das Analyseergebnis i.d.R. rasch vorliegt.

Sowohl die benötigten Probenmengen wie auch die 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.



**Abb. 2.4: Messplatz für Gammaspektrometrie**





**Abb. 2.5: Gammaskpektrum**

Die Bestimmung alphastrahlender (z.B. Uran, Plutonium...) oder ausschließlich betastrahlender Nuklide (z.B. Strontium-89, Strontium-90...) ist wesentlich aufwändiger, da die betreffenden Elemente vor der Messung durch chemische Abtrennungen isoliert werden müssen.

### **3. Messprogramme**

Im Rahmen der Durchführung des StrVG werden folgende Messprogramme unterschieden:

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

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

Das Routinemessprogramm dient der Gewinnung von Referenzwerten 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 vorher festgelegten Orten entnommen (Abb. 3.1).

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

Hierbei werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

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



**Abb. 3.1: Probenahme von Weideboden**

Je nach Probenart und Untersuchungsart sind festgelegte Nachweisgrenzen einzuhalten (Tab. 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	Alphastrahlung	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 <sup>60</sup>Co

2) nur Weidegras

3) Bezogen auf Trockenmasse

4) Bezogen auf Trockenmasse, Weidegras bezogen auf Feuchtmasse

**Tab. 3.1: Probeneinteilung und geforderte Nachweisgrenzen**

In bundeseinheitlichen Messanleitungen werden die Arbeitsabläufe, angefangen mit der Probenahme über die Probenaufbereitung und 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 auch 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 werden mehr oder weniger 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 in 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 Gesundheit und Arbeit NRW in Düsseldorf

### **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.

Nur auf Veranlassung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wird der Intensivmessbetrieb im Ereignisfall oder zu Übungszwecken ausgelöst und beendet.

Der Intensivmessbetrieb kann z.B. durch folgende Ereignisse ausgelöst werden:

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

Mit dem Auslösen des Intensivmessbetriebes wird die Anzahl der Proben, Probenahmestellen und In-situ-Messorte erheblich gesteigert.

Für diesen Fall haben die Messstellen hinreichende personelle und apparative Ausstattungen vorzuhalten.

Die Schwerpunkte der Beprobungen variieren dabei in 3 Phasen:

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 Anfangskontaminationen

## Sondermessprogramme

Neben dem Routinemessbetrieb können landeseigene Sondermessungen durchgeführt werden.

So werden in Nordrhein-Westfalen zusätzlich Wildpilze (z.B. der meist höher belastete Maronen-Röhrling, Abb. 3.2), Wildfleisch sowie Lebens- und Futtermittel aus dem Handel untersucht.



**Abb 3.2: Maronen-Röhrling**

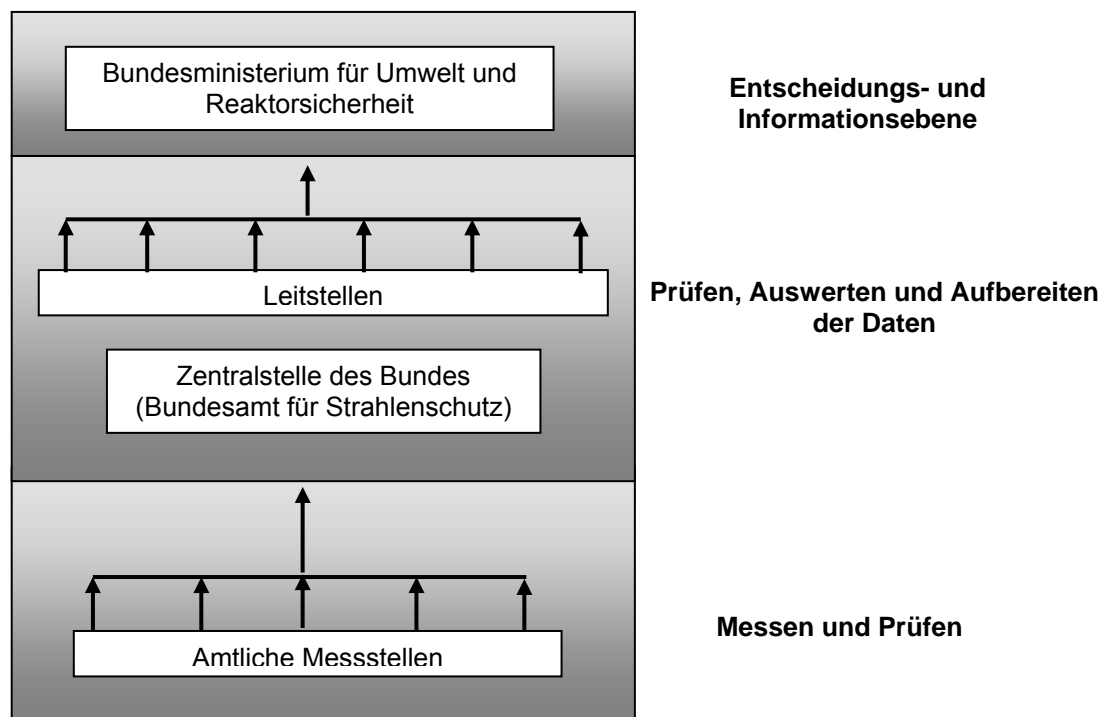
#### **4. Integriertes Mess- und Informationssystem (IMIS)**

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

IMIS ist ein bundesweites Messsystem, an dem insgesamt 72 Rechnerstandorte bei den 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 (Abb. 4.1).

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

Anschließend werden die Ergebnisse an das Bundesministerium für Umwelt 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>).



**Abb. 4.1: Datenfluss im IMIS in NRW**

## 5. Ergebnisübersichten zur Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen 2008

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 2008 zeigen, dass die in Nordrhein-Westfalen erzeugten Lebens- und Futtermittel sowie Trinkwasser nur noch äußerst geringe Gehalte künstlicher Radioaktivität aufweisen. In Böden, Pflanzen aus nicht landwirtschaftlich genutzten Bereichen (Blätter, Nadeln, Gras), Schwebstoff / Sediment aus Oberflächengewässern, Feststoffproben von Abfällen und in Wildpilzen / Wildfleisch sind demgegenüber höhere Gehalte künstlicher radioaktiver Stoffe nachzuweisen.

### Weideboden, Ackerboden

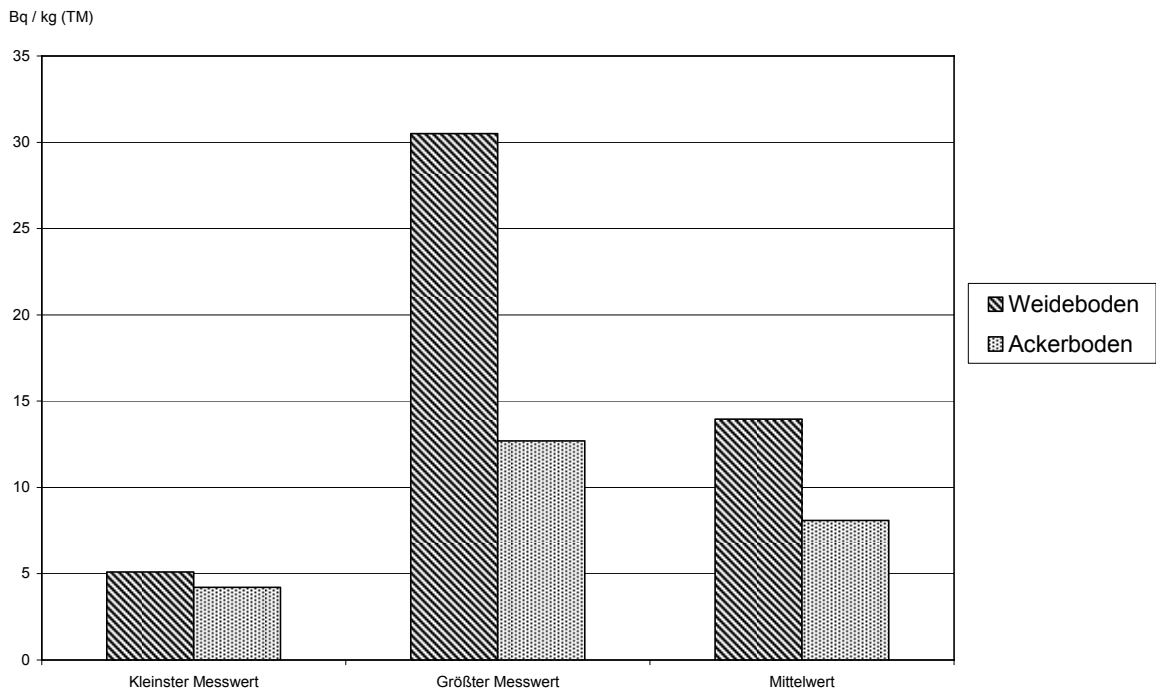
Böden enthalten in erster Linie die natürlich vorkommenden Radionuklide aus den Zerfallsreihen des Urans und Thoriums sowie das Kalium-40 (K-40). Von den künstlich erzeugten Radionukliden werden heute noch - mit vernünftigem Messaufwand - das Cäsiumisotop Cs-137 gamma-spektrometrisch und das Strontiumisotop Sr-90 radiochemisch 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 Niederschlages ) wurden einzelne Regionen in der Bundesrepublik, so auch 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.

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weideböden	Sr 90	5	1	0,4	3,3	1,4	Bq/kg(TM)
	Cs 137	15	0	5,1	31	14	
	K 40	15	0	113	776	500	
Ackerböden	Sr 90	5	1	0,35	2,9	1,3	Bq/kg(TM)
	Cs 137	10	0	4,2	13	8,1	
	K 40	10	0	107	680	489	

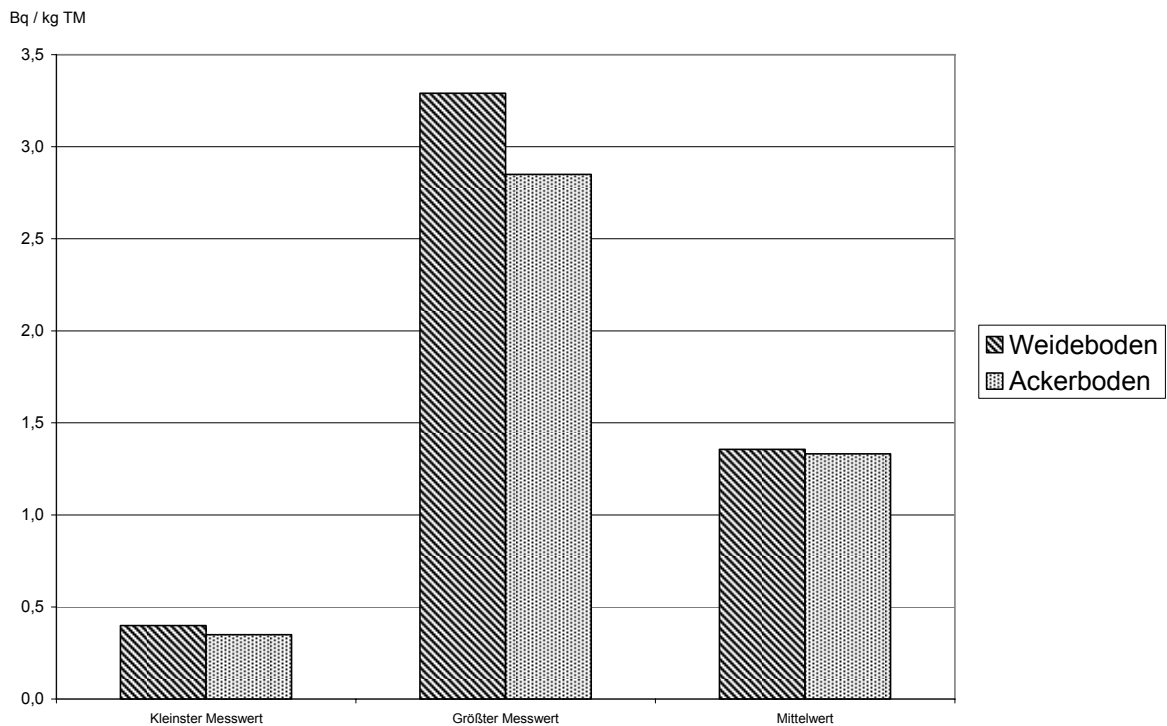
Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.1: Spezifische Cs-137, K-40 und Sr-90 Aktivitäten in Böden aus NRW 2008**

Je nach Bodenart bzw. -nutzung sind Unterschiede bezüglich des Gehalts künstlicher radioaktiver Stoffe festzustellen (Tabelle 5.1, Abb. 5.1 und Abb. 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 ist u.a. die Fixierung an Tonmineralien für die Wanderung der Radionuklide in tiefere Schichten ausschlaggebend.



**Abb. 5.1: Spezifische Cs-137 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2008**



**Abb. 5.2: Spezifische Sr-90 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2008**

### Futtermittel und Pflanzen als Indikatoren

Futtermittel sind die Zwischenstation für den Transfer von Radionukliden vom Boden in tierische Nahrungsmittel – hier bedeutend für die Milchproduktion – und damit in den Menschen. Bei den sich erge-



benden 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 (Grünfütter), höhere Aktivitätskonzentrationen auf als diejenigen Futtermittel, die auf bearbeiteten Böden wachsen (Mais, Getreide, Kartoffeln, Rüben) (Tab. 5.2; man beachte die unterschiedlichen Einheiten). Futtermittel werden flächenrepräsentativ überwacht. Neben einheimisch erzeugten werden auch importierte Futtermittel (Tab. 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 (Tab. 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	Sr 90	10	0	0,020	1,1	0,33	Bq/kg(FM)
	Cs 137	20	13	0,043	1,4	0,43	
	K 40	20	0	39	340	199	
Mais (ganze Pflanze)	Cs 137	28	26	0,57	0,8	0,70	Bq/kg(TM)
	K 40	28	0	106	530	303	
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Sr 90	1	0	0,10		-	Bq/kg(TM)
	Cs 137	21	21	-	-	-	
	K 40	21	0	83	229	141	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	13	12	0,71		-	Bq/kg(TM)
	K 40	13	0	158	850	610	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	3	0	239	246	243	
Maisprodukte	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	285		-	
Kraftfuttermischungen	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	310		-	

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

**Tabelle 5.2: Spezifische Cs-137, K-40 und Sr-90 Aktivitäten in Futtermitteln aus NRW 2008**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Sonstige Futtermittel	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	42	255	121	
Schrote	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	222	999	730	
Kraftfuttermischungen	Cs 137	4	2	0,23	0,32	0,28	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	124	720	360	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.3: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in importierten Futtermitteln 2008**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	4	0	109	144	125	
Futterkartoffeln und Futterrüben	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	920		-	
Sonstige Futtermittel	Cs 137	5	5	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	5	0	116	390	230	
Maisprodukte	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	662		-	
Maniok und Tapioka	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	1	0	185		-	
Krafftuttermischungen	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(TM)
	K 40	2	0	252	330	291	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.4: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in Futtermitteln aus der Handelsstufe 2008**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Blätter	Cs 137	9	3	0,83	7	3	Bq/kg(TM)
	K 40	9	0	234	670	341	
Nadeln	Cs 137	5	2	0,28	125	65	Bq/kg(TM)
	K 40	5	0	136	249	200	
Gras	Cs 137	10	5	0,47	2,1	1,2	Bq/kg(TM)
	K 40	10	0	537	1470	990	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.5: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in Pflanzen als Indikatoren aus NRW 2008**

## Lebensmittel

Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (767 Proben). 96 Lebensmittelproben stammten aus dem Import und in einem landeseigenen Messprogramm wurden 258 Lebensmittelproben aus der Handelsstufe überwacht. Die Entnahme von einheimischen Lebensmitteln erfolgt direkt beim Erzeuger. Anzahl und Art dieser Proben sind in Tab. 5.6 dargestellt.

Probenart	Anzahl der Proben im Jahr 2008
Gemüse	213
Getreide	46
Obst	26
Kartoffeln	17
Schweinefleisch	89
Geflügelfleisch	35
Rindfleisch	53
Kalbfleisch	16
Rohmilch	94
Gesamtnahrung	125
Säuglings- und Kleinkindnahrung	22
Süßwasserfisch	31

**Tabelle 5.6: Art und Anzahl von Erzeugerproben NRW**

Die Lebensmittel pflanzlicher Herkunft vom Freiland werden regional und über das Jahr verteilt erntereif untersucht. Lebensmittel tierischer Herkunft werden gleichmäßig über das Jahr verteilt untersucht. Die Untersuchung 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 Kleinkindnahrung (Menüs und Getränke) einschließlich Milchersatznahrung werden monatlich entnommen und gemessen. Süßwasserfisch wird sowohl aus Fließgewässern (Rhein, Wupper, Lippe, Sieg) wie auch aus der Teichwirtschaft entnommen und gemessen. Alle Lebensmittelproben werden gammaspektrometrisch untersucht. Ein Anteil zwischen 10 % und 30 %, abhängig von der Probenart, wird zusätzlich auf den Gehalt an Sr-90 analysiert. Bei den meisten der in Tab. 5.7 aufgelisteten Lebensmittelproben liegt die spezifische Cs-137 Aktivität unterhalb der Nachweisgrenze für dieses Messverfahren. Messbare spezifische Aktivitäten von künstlichen Radionukliden (Sr-90 und Cs-137) liegen mit ihren Mittelwerten unter 4 Bq/kg(FM) bzw. Bq/l bzw. Bq/(d\*p).

Ähnlich verhält es sich bei importierten Lebensmitteln und bei Lebensmitteln aus der Handelsstufe (Tabelle 5.8 und Tabelle 5.9).

## Lebensmittel - Erzeugerproben

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	2	0	0,10	0,29	0,20	Bq/kg(FM)
	Cs 137	32	32	-	-	-	
	K 40	32	0	37	218	116	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	2	0	0,015	0,020	0,017	Bq/kg(FM)
	Cs 137	37	37	-	-	-	
	K 40	37	0	10	180	86	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	1	0	0,048		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	27	27	-	-	-	
	K 40	27	0	42	189	84	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	7	0	0,017	0,12	0,075	Bq/kg(FM)
	Cs 137	117	111	0,12	1,8	0,53	
	K 40	117	0	41	281	117	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Sr 90	3	0	0,071	0,20	0,13	Bq/kg(FM)
	Cs 137	46	44	0,22	0,26	0,24	
	K 40	46	0	101	520	146	
Steinobst	K 40	3	0	48	90	74	Bq/kg(FM)
	Cs 137	3	3	-	-	-	
Kernobst	Sr 90	2	1	0,13		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	9	9	-	-	-	
	K 40	9	0	24	59	37	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Sr 90	2	0	0,037	0,058	0,047	Bq/kg(FM)
	Cs 137	11	11	-	-	-	
	K 40	11	0	46	89	61	
Sonstige Obstarten	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	60	145	107	
Kartoffeln	Sr 90	4	0	0,0080	0,035	0,018	Bq/kg(FM)
	Cs 137	17	17	-	-	-	
	K 40	17	0	105	177	130	
Schweinefleisch	Cs 137	89	84	0,085	0,60	0,25	Bq/kg(FM)
	K 40	89	0	4,1	167	102	
Geflügelfleisch	Cs 137	35	34	0,14		-	Bq/kg(FM)
	K 40	35	0	68	153	103	
Rindfleisch	Cs 137	53	34	0,081	4,3	0,76	Bq/kg(FM)
	K 40	53	0	61	195	110	
Kalbfleisch	Cs 137	16	7	0,38	1,4	0,63	Bq/kg(FM)
	K 40	16	0	84	124	104	
Sammelmilch (Kuh-)	Sr 90	11	0	0,041	0,19	0,052	Bq/l
	Cs 137	93	87	0,065	0,68	0,30	
	K 40	93	0	43	86	53	
Hofmilch (Kuh-)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/l
	K 40	1	0	52		-	
Gesamtnahrung	Sr 90	20	0	0,026	0,67	0,15	Bq/(d*p)
	Cs 137	125	107	0,060	16	3,9	
	K 40	125	0	19	248	121	
Säuglings- und Kleinkinder-nahrung	Sr 90	4	2	0,025	0,050	0,038	Bq/kg(FM)
	Cs 137	22	20	0,11	0,38	0,25	
	K 40	22	0	20	270	45	

Süßwasserfisch	Sr 90	3	1	0,0076	0,0099	0,0088	Bq/kg(FM)
	Cs 137	31	16	0,16	0,49	0,32	
	K 40	31	0	97	163	127	

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

**Tabelle 5.7: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in Lebensmitteln aus NRW 2008**

Lebensmittel - Importproben

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinstes Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	44	141	89	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	90	91	91	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	16	16	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	16	0	45	166	79	
Kartoffeln	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	112	139	123	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	130	184	157	
Kernobst	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	36	44	40	
Beerenobst, ungeschützter Anbau (außer Wald-/Wildbeeren)	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	68	-	-	
Wald-/Wildbeeren	Cs 137	1	0	0,62	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	26	-	-	
Sonstige Obstarten	Cs 137	7	6	0,38	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	41	126	66	
Rindfleisch	Cs 137	6	4	0,48	0,90	0,69	Bq/kg(FM)
	K 40	6	0	88	124	109	
Kalbfleisch	Cs 137	5	1	0,25	0,71	0,50	Bq/kg(FM)
	K 40	5	0	87	127	107	
Schweinefleisch	Cs 137	3	1	0,18	0,29	0,24	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	105	172	132	
Geflügelfleisch	Cs 137	7	7	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	7	0	64	125	99	
Lammfleisch	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	80	95	89	
Süßwasserfisch	Cs 137	10	7	0,46	1,3	0,9	Bq/kg(FM)
	K 40	10	0	55	135	88	
Seefisch	Cs 137	11	6	0,14	1,9	0,57	Bq/kg(FM)
	K 40	11	0	23	145	98	
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	12	11	0,6	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	12	0	15	57	31	

Käse aus Milch anderer Tiere	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	9	16,2	13	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse

**Tabelle 5.8: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in importierten Lebensmitteln 2008**

**Lebensmittel - Handelsstufenproben**

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
bearbeitete Trinkmilch (Kuh-)	Cs 137	11	7	0,12	0,23	0,16	Bq/l
	K 40	11	0	44	110	59	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	33	33	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	33	0	56	430	136	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	15	15	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	15	0	59	132	95	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	19	19	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	19	0	53	110	77	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Cs 137	9	9	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	9	0	51	140	95	
Kartoffeln	Cs 137	11	11	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	11	1	104	147	128	
Fruchtgemüse, geschützter Anbau	Cs 137	2	2	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	58	92	75	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Cs 137	13	10	0,060	1,3	0,50	Bq/kg(FM)
	K 40	13	0	91	164	128	
Kernobst	Cs 137	17	17	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	17	0	20	46	37	
Steinobst	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	4	0	62	97	76	
Wald-/Wildbeeren	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	31	-	-	
Sonstige Obstarten	Cs 137	8	8	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	8	0	51	123	79	
Rindfleisch	Cs 137	23	16	0,16	1,2	0,42	Bq/kg(FM)
	K 40	23	0	78	153	113	
Kalbfleisch	Cs 137	3	1	0,076	0,21	0,14	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	76	115	92	
Schweinefleisch	Cs 137	19	17	0,15	0,31	0,23	Bq/kg(FM)
	K 40	19	0	75	174	119	
Geflügelfleisch	Cs 137	11	11	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	11	0	79	135	110	
Lammfleisch	Cs 137	3	3	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	3	0	84	137	115	
Süßwasserfisch	Cs 137	2	1	0,99	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	2	0	108	156	132	
Seefisch	Cs 137	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	1	0	82	-	-	
Käse aus Kuhmilch	Cs 137	17	16	0,37	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40	17	0	16	70	32	

Milchprodukte außer Käse, Frischprodukte	Cs 137 K 40	29 29	26 0	0,17 29	0,34 165	0,27 65	Bq/kg(FM)
Milchprodukte außer Käse, Trockenprodukte	Cs 137 K 40	1 1	1 0	- 51	-	-	Bq/kg
Milchprodukte außer Käse, haltbar gemacht	Cs 137 K 40	2 2	2 0	- 120	- 127	- 124	Bq/kg(FM)
Getreideprodukte außer Brot	Cs 137 K 40	1 1	1 0	- 111	-	-	Bq/kg(FM)
Fleischprodukte u. Wurstwaren, ohne Wild, Frischprod. auch tiefgef.	Cs 137 K 40	2 2	2 0	- 88	- 103	- 96	Bq/kg(FM)

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse

**Tabelle 5.9: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in Lebensmitteln aus der Handelsstufe 2008**

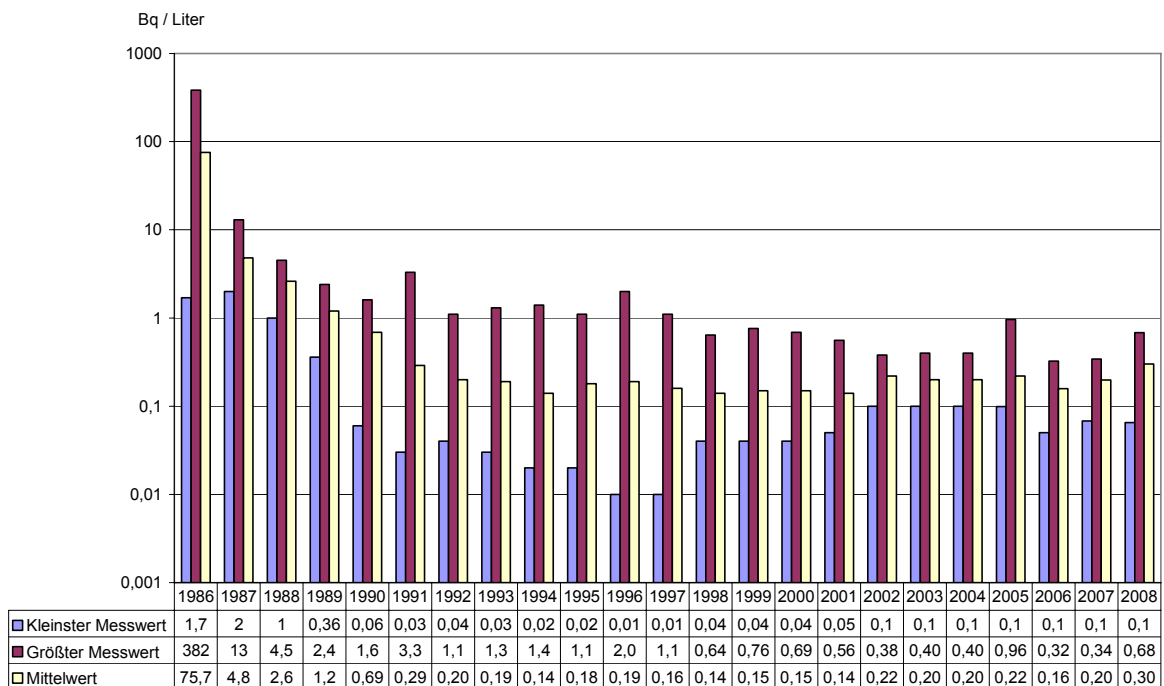
In Tab. 5.10 und den Abb. 5.3 u. 5.4 sind Zeitreihen von Aktivitätskonzentrationen für Cs-137 in Erzeugerproben aus Nordrhein-Westfalen dargestellt. Aus ihnen ist ersichtlich, dass die spezifische Aktivität von Cs-137 ( Minimal-, Maximal- und Mittelwerte ) in Erzeugerproben seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 deutlich zurückgegangen ist. Die Größenachse in den Zeitreihen ist, der besseren Darstellung wegen, logarithmisch aufgeteilt.

Proben	Jahr	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	% Anteil Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Milch	1986	7	-	0,0%	1,7	382	75,7	Bq / L
	1987	8	-	0,0%	2	13	4,8	
	1988	3	-	0,0%	1	4,5	2,6	
	1989	8	-	0,0%	0,36	2,4	1,2	
	1990	20	1	5,0%	0,06	1,6	0,69	
	1991	115	58	50,4%	0,03	3,3	0,29	
	1992	128	75	58,6%	0,04	1,1	0,20	
	1993	135	94	69,6%	0,03	1,3	0,19	
	1994	106	77	72,6%	0,02	1,4	0,14	
	1995	105	80	76,2%	0,02	1,1	0,18	
	1996	99	69	69,7%	0,01	2,0	0,19	
	1997	124	95	76,6%	0,01	1,1	0,16	
	1998	122	95	77,9%	0,04	0,64	0,14	
	1999	123	105	85,4%	0,04	0,76	0,15	
	2000	120	97	80,8%	0,04	0,69	0,15	
	2001	110	100	90,9%	0,05	0,56	0,14	
	2002	121	108	89,3%	0,1	0,38	0,22	
	2003	121	111	91,7%	0,1	0,40	0,20	
	2004	123	102	82,9%	0,1	0,40	0,20	
	2005	116	103	88,8%	0,1	0,96	0,22	
2006	114	98	86,0%	0,1	0,32	0,16		
2007	99	89	89,9%	0,1	0,34	0,20		
2008	94	88	93,6%	0,1	0,68	0,30		

<b>Rindfleisch</b>	1986	12	2	16,7%	4	160	42,2	Bq / kg(FM)
	1987	18	2	11,1%	1	140	27,4	
	1988	20	3	15,0%	1	99,7	15,4	
	1989	22	3	13,6%	0,17	42,6	6,7	
	1990	23	2	8,7%	0,07	27,9	2,3	
	1991	70	28	40,0%	0,03	3	0,42	
	1992	69	36	52,2%	0,03	21	1,2	
	1993	64	36	56,3%	0,03	7,3	0,56	
	1994	48	32	66,7%	0,003	1,7	0,31	
	1995	48	21	43,8%	0,04	6,5	0,53	
	1996	47	20	42,6%	0,02	50,7	1,7	
	1997	58	33	56,9%	0,03	25,6	0,66	
	1998	44	32	72,7%	0,07	0,97	0,21	
	1999	58	36	62,1%	0,07	2,5	0,4	
	2000	55	34	61,8%	0,08	2,8	0,33	
	2001	38	28	73,7%	0,09	2,9	0,35	
	2002	37	30	81,1%	0,08	0,6	0,28	
	2003	37	18	48,6%	0,10	3,7	0,60	
	2004	39	18	46,2%	0,10	2,0	0,50	
	2005	36	25	69,4%	0,11	1,2	0,49	
2006	37	27	73,0%	0,08	2,7	0,65		
2007	52	35	67,3%	0,12	3,6	0,57		
2008	53	34	64,2%	0,12	3,6	0,57		

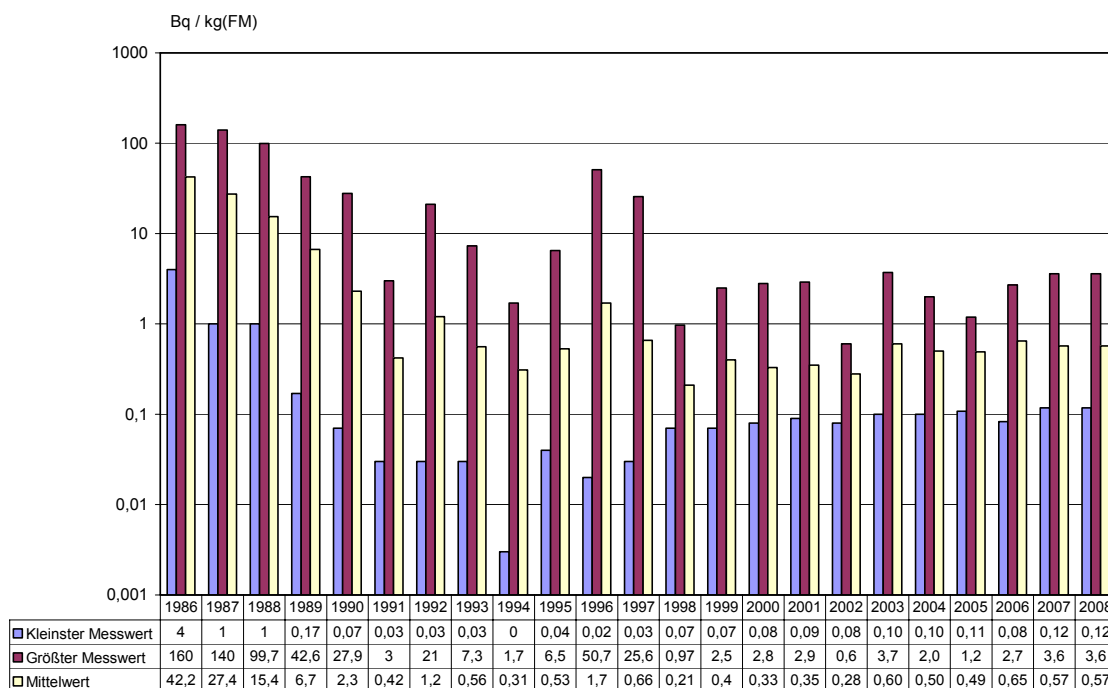
Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Feuchtmasse

**Tabelle 5.10: Spezifische Cs-137 Aktivität in Erzeugerproben NRW 1986 - 2008**



**Abb. 5.3: Spezifische Cs-137 Aktivität in Milch NRW 1986 - 2008**





**Abb. 5.4: Spezifische Cs-137 Aktivität in Rindfleisch NRW 1986 - 2008**

## Wildpilze und Wildfleisch

Diese beiden Lebensmittelgruppen können als einzige derzeit noch höher mit Radiocäsium belastet sein. Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen spielt Cs-137 durch Bearbeitungs- und Düngemaßnahmen als Kontaminant kaum noch eine Rolle, da es dort fest an Bodenbestandteile gebunden wird und den Wurzeln praktisch nicht zur Verfügung steht. Damit ist es auch in den landwirtschaftlich erzeugten pflanzlichen und tierischen Lebens- und Futtermitteln nahezu bedeutungslos geworden.

In Waldökosystemen hingegen bildet sich, aufgrund des dort herrschenden Kaliummangels und der sauren Böden ein Kreislauf des Radiocäsiums aus, der in der Zersetzungszone im Waldboden, der Humusschicht (in ca. 5-7 cm Tiefe) zu einer Anhäufung des Radiocäsiums führt, und darüber hinaus für die Wurzeln dort leicht verfügbar ist. Das Cs-137 wird also solange im Kreislauf verbleiben, bis es zu einem vernachlässigbaren Rest zerfallen ist.

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

In Europa ist es nicht erlaubt, Lebensmittel in den Verkehr zu bringen, wenn der Höchstwert für Radiocäsium von 600 Bq/kg überschritten wird. Dieser nach EG-Verordnung 733/2008/EG für Importware geltende Höchstwert wird auch auf Inlandware sinngemäß angewendet. 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 2008 wurden 6 Proben mit Werten oberhalb des o.g. Grenzwertes festgestellt.

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

Im Frühjahr bzw. Herbst werden Sondermessungen an den beiden Lebensmittelgruppen Wildfleisch und essbare wildwachsende Pilze durchgeführt, deren Ergebnisse in den Tab. 5.11 und 5.12 sowie in der Abb. 5.5 dargestellt sind.

Probenart	Radio-nuklid	Herkunftsland	HKL	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Fleischteilstück Hase auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	D	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40			1	0	139		-	
Fleischteilstück Hirsch auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	D	2	0	0,54	6,3	3,4	Bq/kg(FM)
	K 40			2	0	105	134	120	
Fleischteilstück Strauß auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	D	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40			1	0	112		-	
Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren	Cs 137	Australien	AU	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40			1	0	110		-	
Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	D	82	2	0,36	922	151	Bq/kg(FM)
	K 40			78	1	73	171	102	
Tierkörper ganzer Fasan auch tiefgefroren	Cs 137	Deutschland	D	1	0	0,15		-	Bq/kg(FM)
	K 40			1	0	119		-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Feuchtmasse  
 HKL = Herkunftsland (NL: Niederlande; D: Deutschland, AU: Australien)

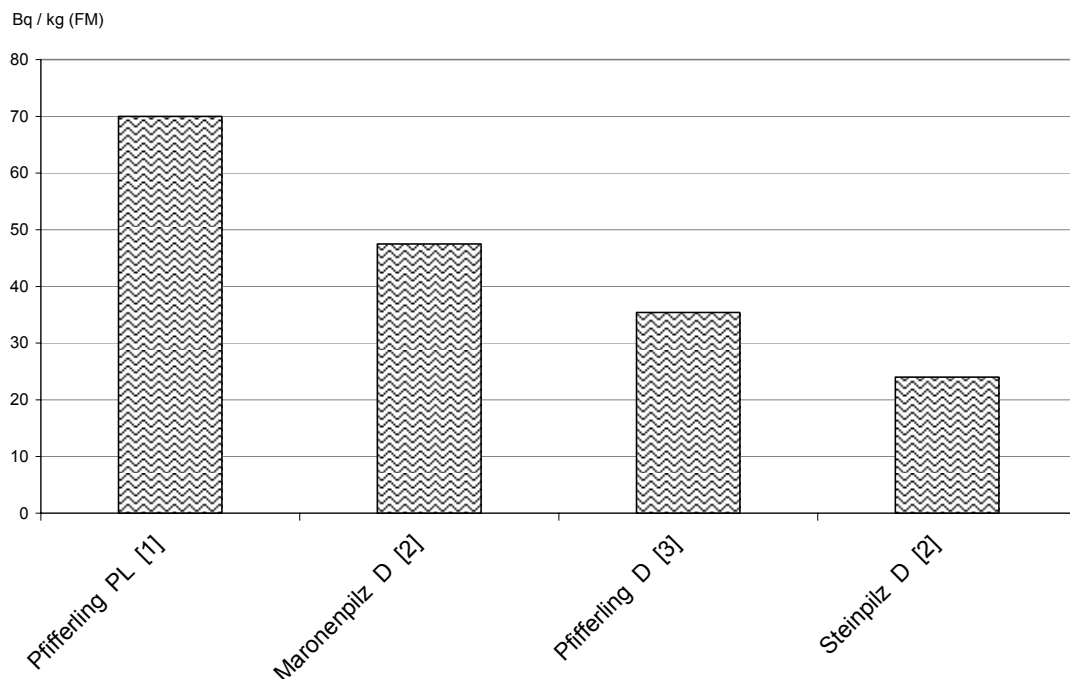
**Tabelle 5.11: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in Wildfleisch 2008**

Probenart	Radio-nuklid	Herkunftsland	HKL	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Maronenpilz (Xerocomus badius)	Cs 137	Deutschland	D	2	0	41	54	48	Bq/kg(FM)
	K 40			2	0	84	115	100	
Parasolpilz (Macrolepiota procera)	Cs 137	Deutschland	D	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K 40			1	0	158		-	
Pfifferling (Cantharellus cibarius)	Cs 137	Deutschland	D	3	0	13	50	35	Bq/kg(FM)
	K 40			3	0	175	299	227	

Pfifferling (Cantharellus cibarius)	Cs 137	Polen	PL	1	0	70		-	Bq/kg(FM)
	K 40			1	0	159		-	
Steinpilz (Boletus edulis b.ärens b.pinicola b.ästivalis)	Cs 137	Deutschland	D	2	1	24		-	Bq/kg(FM)
	K 40			2	0	97	99	98	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
FM = Feuchtmasse  
HKL = Herkunftsland

**Tabelle 5.12: Spezifische Cs-137 und K-40 Aktivitäten in Wildpilzen aus NRW und in importierten Wildpilzen 2008**



**Abb. 5.5 Spezifische Cs-137 Aktivität in Wildpilzen aus NRW und importierten Wildpilzen 2008**  
Mittelwerte aus Einzelwerten bzw. Einzelwerte, Klammerangaben: Anzahl der Proben

## 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 Cs-137, Sr-90 und Alpha-Strahler (Tab. 5.13) unterhalb bzw. im Bereich der geforderten Nachweisgrenzen (Tab.3.1) .

Probenart	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Grundwasser (nicht zur Trinkwassergewinnung)	Cs 137	4	4	-	-	-	Bq/l
	K 40	4	0	0,086	0,13	0,11	
	Sr 90	2	2	-	-	-	
	H 3	2	2	-	-	-	
Rohwasser, geschützt, aus Grund- und Tiefenwasser	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/l
	K 40	6	4	0,12	0,14	0,13	
	H 3	1	1	-	-	-	
	Pu 238	2	2	-	-	-	
	Pu 239/240	1	1	-	-	-	
	U 234	2	1	0,00078		-	
	U 235	2	2	-	-	-	
U 238	2	2	-	-	-		
Rohwasser, ungeschützt, aus Oberflächenwasser	Cs 137	7	7	-	-	-	Bq/l
	K 40	7	2	0,037	0,21	0,12	
	Sr 90	2	0	0,0020	0,0045	0,0033	
	H 3	2	2	-	-	-	
	Pu 238	3	3	-	-	-	
	Pu 239/240	3	3	-	-	-	
	U 234	3	1	0,012	0,012	0,012	
	U 235	3	3	-	-	-	
U 238	3	1	0,0094	0,011	0,010		
Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen	Am 241	1	1	-	-	-	Bq/l
	Cs 137	24	24	-	-	-	
	K 40	24	4	0,021	0,35	0,11	
	Sr 90	4	0	0,0020	0,0065	0,0042	
	H 3	4	4	-	-	-	
	Pu 238	6	6	-	-	-	
	Pu 239/240	6	6	-	-	-	
	U 234	6	2	0,0065	0,015	0,011	
	U 235	6	6	-	-	-	
U 238	6	2	0,0033	0,013	0,0088		
Reinwasser aus Mischroh- wasser	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/l
	K 40	6	4	0,13	0,15	0,14	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze

**Tabelle 5.13: Spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen NRW 2008**

Die Ermittlung der Radioaktivität in oberirdischen Gewässern erstreckt sich auf die Untersuchung von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben. Wasser aus sechs Fließgewässern wird kontinuierlich und aus sechs Talsperren diskontinuierlich beprobt. Schwebstoffe werden aus vier Fließgewässern und zwei Talsperren entnommen. Die Sedimentproben stammen aus vier Talsperren, zwei Bühnenfeldern, drei Hafeneinfahrten und drei Stauhaltungen. Die spezifischen Aktivitäten für Oberflächenwasser liegen alle unterhalb bzw. an der geforderten Nachweisgrenze von 0,01 Bq/l bzw. 10 Bq/l (für Tritium) (s. S. 11). Die Cs-137 – Aktivitätskonzentrationen in Sedimenten und Schwebstoffen liegen im Bereich von einigen Bq/kg(TM) bis zu 207 Bq/kg(TM). Dabei sind die Mittelwerte für stehende Gewässer höher als diejenigen der Fließgewässer (Tab. 5.14). Die Messwerte des I-131 sind auf Rückstände aus der Radiojodtherapie zurückzuführen.

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Wasser in Fließgewässern	Cs 137	24	21	0,00061	0,0014	0,00093	Bq/l
	I 131	16	15	0,014		-	
	K 40	24	1	0,11	0,93	0,32	
	Sr 90	4	0	0,0010	0,0030	0,0020	
	H 3	23	23	-	-	-	
	Pu 238	8	8	-	-	-	
	Pu 239/240	8	8	-	-	-	
	U 234	8	0	0,0097	0,013	0,012	
	U 235	8	8	-	-	-	
U 238	8	0	0,0067	0,0101	0,0084		
Schwebstoff in Fließgewässern	Cs 137	15	0	4,6	27	14	Bq/kg(TM)
	I 131	15	10	2,6	46	18	
	K 40	15	0	300	928	527	
Sediment in Fließgewässern	Cs 137	24	1	0,57	13	7,7	Bq/kg(TM)
	I 131	24	17	0,91	6,7	3,3	
	K 40	24	0	368	720	520	
Wasser in stehenden Gewässern	Cs 137	24	23	0,00078		-	Bq/l
	I 131	22	22	-	-	-	
	K 40	24	11	0,054	0,60	0,13	
	Sr 90	4	0	0,0020	0,0084	0,0045	
	H 3	23	20	3,6	8,8	6,8	
Schwebstoffe in stehenden Gewässern	Cs 137	8	4	7,8	24	19	Bq/kg(TM)
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	8	0	430	1660	863	
Sedimente in stehenden Gewässern	Cs 137	23	0	5,7	207	40	Bq/kg(TM)
	I 131	23	20	0,69		1,1	
	K 40	23	0	225	1080	503	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.14: Spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoffen und Sedimenten aus Flüssen und Seen NRW 2008**

## Abfälle und Kompost

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 Cs-137 Aktivitäten finden sich nur noch in den festen Endprodukten der jeweiligen Verarbeitungs- bzw. Beseitigungsanlagen. Dies sind Klärschlamm aus der Kläranlage, Filterasche, Schlacke und Rückstände aus der Rauchgaswäsche von Müllverbrennungsanlagen und der Kompost aus der Kompostierungsanlage. Die spezifischen Cs-137 Aktivitätskonzentrationen der wässrigen Produkte liegen unterhalb bzw. im Bereich der Nachweisgrenze ( Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen ). Auch in den Proben aus Kläranlagen sind Rückstände des I-131 aus der Radiojodtherapie nachweisbar (Tab. 5.15).

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Abwasser aus Kläranlagen-ablauf	Am 241	2	2	-	-	-	Bq/l
	Cs 137	40	39	0,032		-	
	I 131	40	22	0,011	1,0	0,28	
	K 40	40	29	0,64	3,7	1,4	
	Sr 90	4	2	0,019	0,052	0,036	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	4	4	-	-	-	
	U 234	4	0	0,0028	0,011	0,0073	
	U 235	4	4	-	-	-	
	U 238	4	0	0,0020	0,0089	0,0051	
Klärschlamm	Am 241	3	3	-	-	-	Bq/kg(TM)
	Cs 137	40	1	1,2	11	3,5	
	I 131	40	0	2,2	340	67	
	K 40	40	0	40	460	182	
	Sr 90	5	0	1,4	12	6	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	4	4	-	-	-	
	U 234	4	0	31	36	34	
	U 235	4	0	1,3	1,9	1,7	
	U 238	4	0	23	31	28	
Filterstaub, Filterasche	Cs 137	7	0	6,2	52	30	Bq/kg(TM)
	I 131	7	7	-	-	-	
	K 40	7	0	1030	3800	2170	
Kesselasche, Schlacke	Cs 137	7	0	0,69	1,3	0,93	Bq/kg(TM)
	I 131	7	6	0,60		-	
	K 40	7	0	154	380	265	
Feste Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	7	5	0,74	1,0	0,87	Bq/kg(TM)
	I 131	7	2	0,66	24	9,5	
	K 40	7	0	7,8	101	33	
Flüssige Rückstände aus Rauchgaswäsche	Cs 137	6	6	-	-	-	Bq/l
	I 131	6	4	0,20	36	18	
	K 40	6	2	4,3	24	14	
Sicker- und Grundwasser	Cs 137	6	3	0,043	0,11	0,074	Bq/l
	I 131	6	6	-	-	-	
	K 40	6	0	10	45	21	
	H 3	6	0	7,0	139	72	
Kompost	Cs 137	8	0	3,6	11	5,9	Bq/kg(TM)
	I 131	8	8	-	-	-	
	K 40	8	0	325	608	456	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.15: Spezifische Aktivitäten in Abfällen und Reststoffen NRW 2008**

## In-situ-Messungen

Neben den radionuklidspezifischen Messungen an Bodenproben im Labor werden mit einer mobilen Messeinrichtung auch gammaspektrometrische Vorortmessungen der oberflächennahen Aktivität des Bodens durchgeführt, sogenannte In-situ-Messungen. Diese Messungen dienen zur Bestimmung der Vorbelastung der Böden bzw. zur Ermittlung einer Änderung der Aktivitätsbelegung.

Hierzu wird der Detektor mit Hilfe eines Stativs in der vorgegebenen Höhe von einem Meter über der zu messenden Fläche positioniert. Die aufgenommenen Messdaten sowie die mit GPS (Global Positioning System) ermittelten Standort-Koordinaten können dann direkt an die zuständige Bundesleitstelle übermittelt werden (Abb. 5.6).

Ab 2005 wurden die In-situ-Messstellen an Standorte verlegt, wo bereits mit Hilfe einer Messsonde die Ortsdosisleistung (ODL) gemessen wird, da in einem Ereignisfall nur In-situ-Daten von Messpunkten, die weniger als 100 Meter von einer ODL-Messstelle entfernt liegen, zu Prognosen verarbeitet werden können. Der Messzyklus der Daten soll einen Zeitraum von 3 Jahren nicht überschreiten, deshalb wurden flächendeckend 75 Messorte festgelegt, wovon jährlich 25 gemessen werden. Die Messorte befinden sich überwiegend auf unbearbeiteten, ebenen Böden, z.B. Wiesen- oder Rasenflächen, die sowohl eine langjährige, unbeeinflusste Beobachtung ermöglichen, als auch eine Zugänglichkeit des Messfahrzeuges erlauben.

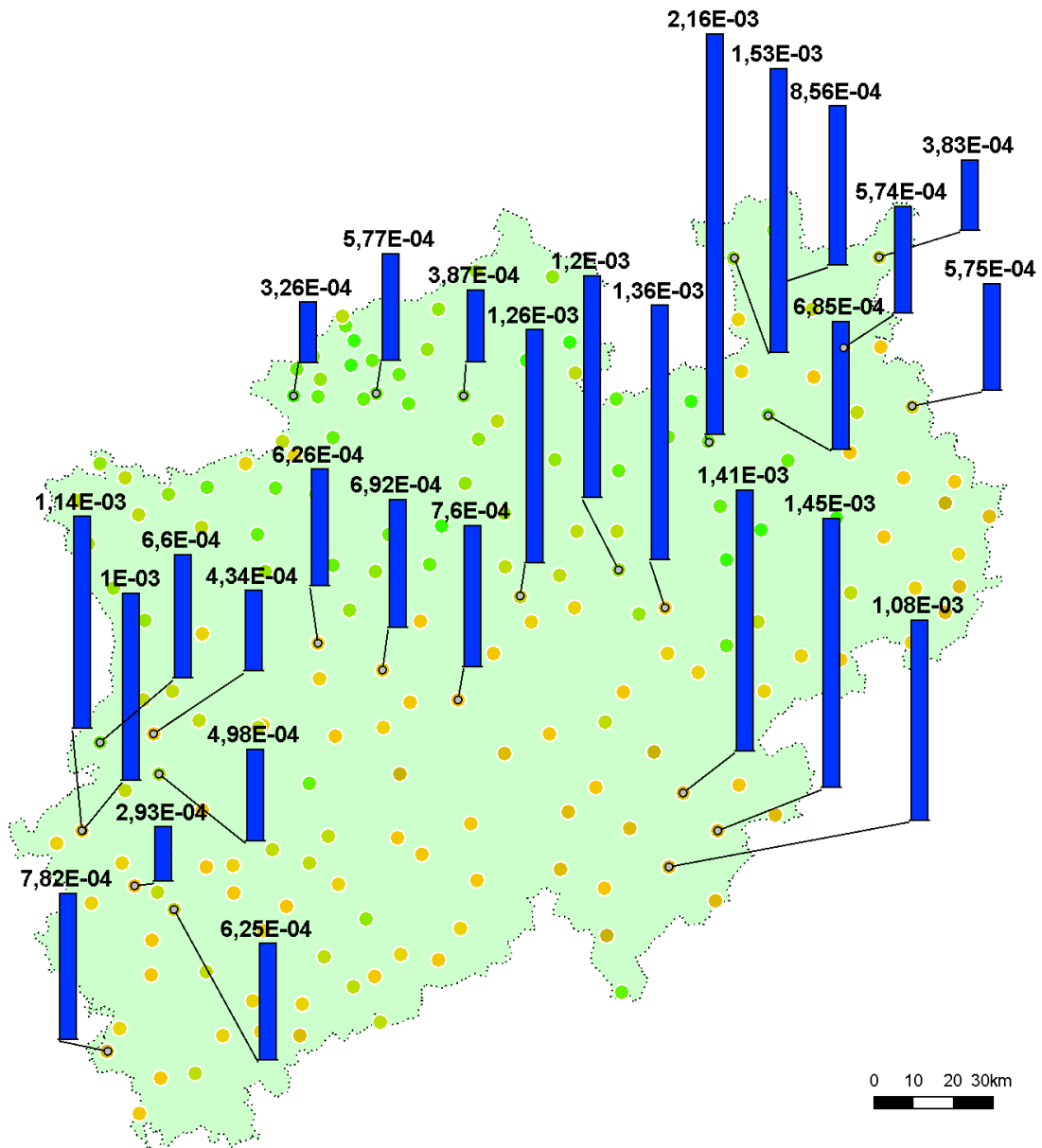
Als künstliches Radionuklid wurde oberhalb der Nachweisgrenzen nur Cäsium-137 bestimmt, dessen Aktivitätskonzentration seit dem Unfall in Tschernobyl zwar kontinuierlich zurückgeht, das aber immer noch zu messen ist.

Die örtliche Bodenaktivität hängt stark von den meteorologischen Bedingungen während des damaligen Durchzugs der Radioaktivitätswolke ab.

Die in der folgenden Karte (Abb. 5.7) dargestellten Cäsium-137-Dosisleistungen stellen nur einen geringen Beitrag der Gesamtaktivität der Bodenoberfläche dar, sie sind z.B. um den Faktor 10 niedriger als die des natürlichen Kalium-40. Die Karte zeigt auch die 191 ODL-Messstellen als Punkte, deren Farbe den Jahresmittelwert der unspezifischen Ortsdosisleistung wiedergibt.



**Abb. 5.6 In-situ-Messplatz im Feldeinsatz**



© Vermessungsverwaltungen der Länder und BKG 2006

## – Mittelwert der Gamma-Ortsdosisleistung

Aktivitätskonzentration  
Insitu-Einzelmesswerte

Messwert [ $\mu\text{Sv/h}$ ]  
0.0050



Aktivitätskonzentration  
■ Cs 137

Skalierung: linear

ODL  
ODL-Jahresmittelwerte

Mittelwert(Messwert) [ $\mu\text{Sv/h}$ ]

- [5,71E-02 ; 6,46E-02] (10)
- [5E-02 ; 7,21E-02] (31)
- [7,21E-02 ; 7,96E-02] (25)
- [7,96E-02 ; 8,71E-02] (37)
- [8,71E-02 ; 9,46E-02] (37)
- [9,46E-02 ; 1,02E-01] (33)
- [1,02E-01 ; 1,1E-01] (15)
- [1,1E-01 ; 1,17E-01] (4)
- [1,17E-01 ; 1,25E-01] (0)
- [1,25E-01 ; 1,32E-01] (0)

(n): Häufigkeit der Werte

Deutschland

Datenquelle:

GEN Bundesländer  
■ Nordrhein-Westfalen (1)



Bundesamt für Strahlenschutz  
(im Auftrag des BMU)

Status: ///  
Vorgangs-Id: /

Nicht alle selektierten Werte sind darstellbar!



## **6. Glossar**

### **Aktivität**

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

### **Aktivität, spezifische**

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

### **Aktivitätskonzentration**

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

### **Aktivitätszufuhr**

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

### **Alphateilchen**

Bei bestimmten radioaktiven Zerfällen ausgesandtes, positiv geladenes Teilchen. Es besteht aus zwei  $\rightarrow$  Neutronen und zwei  $\rightarrow$  Protonen. Alphastrahlung ist die am wenigsten durchdringende Strahlung der drei 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.

### **Alphazerfall**

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

### **Angeregter Zustand**

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

### **Äquivalentdosis**

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

### **Atom**

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

### **Atomgewicht**

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

### **Atomkern**

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

### **Becquerel**

Einheit der  $\rightarrow$  Aktivität eines Radionuklids

**Beschleuniger**

Gerät zum Beschleunigen von geladenen Elementarteilchen (z.B. →Elektronen, →Protonen). 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<sup>3</sup>-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

**Ci**

Kurzzeichen für →Curie als alte Einheit für die →Aktivität

**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 durch äußere oder innere →Strahlenexposition.

**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

**Dosiskoeffizient**

Wirksamkeitsfaktor zur Ermittlung der →Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe. Der Dosiskoeffizient ist abhängig vom →Radionuklid, 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 →Atomkern und bestimmen das chemische Verhalten des Atoms.

### **Elektronvolt**

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

### **Element**

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

### **Elementarladung**

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

### **Elementarteilchen**

Teilchen, die sich derzeit nicht als zusammengesetzt erkennen lassen.

### **Energiedosis**

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

### **eV**

Kurzbezeichnung für →Elektronvolt

### **Expositionspfad**

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

### **Folgedosis, effektive**

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

### **Gammaquant**

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

### **Gammastrahlung**

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

### **Ganzkörperdosis**

Mittelwert der →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 →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 →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 →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 →Elektronen durch →Atome oder Moleküle, die dadurch in →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 →Atom oder Molekül durch Abspaltung oder Anlagerung von →Elektronen oder durch elektrolytische Dissoziation von Molekülen in Lösungen entstehen kann.

### **Isotope**

→Atome derselben Kernladungszahl (d.h. desselben chemischen →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**

Produkt aus der mittleren →Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und einem Strahlungswichtungsfaktor. 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 →Elektrons

**Proton**

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

**Photon**

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

**Qualitätsfaktor**

Wichtungsfaktor zur Ermittlung der →Äquivalentdosis, der die Einflüsse Strahlungsart und -energie (Strahlungsqualität) auf die biologische Wirksamkeit der Strahlung (→Strahlenwirkung) berücksichtigt. Für →Photonen und →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 →Atomkerne mit einer Halbwertszeit bis zu 100 Tagen

**Radionuklide, langlebige**

Radioaktive →Atomkerne mit einer Halbwertszeit von mehr als 100 Tagen

**Radiotoxizität**

Maß für die Gesundheitsschädlichkeit eines →Radionuklids

**Sievert**

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

**Sperrbereich**

Bereich des →Kontrollbereichs, in dem die →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 →Ionen zu bewirken

**Strahlenexposition**

Einwirkung ionisierender →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  $\rightarrow$ Nuklids in ein anderes oder in einen anderen Energiezustand des selben Nuklids

**Zerfallsenergie**

Die bei einem  $\rightarrow$ Zerfall freigesetzte Energie

**Zerfallskonstante**

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