



# **Strahlenschutzvorsorge in Nordrhein-Westfalen**

**Gemeinsamer Jahresbericht 2004**

**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 2004**
- 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, Reststoffe 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 gemäß der Verordnung zur Regelung von Zuständigkeiten auf dem Gebiet des technischen Umweltschutzes (GV. NW. Nr. 39 v. 15.7.1994) 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. 1609/2000, ABl. Nr. L 185 vom 25.7.2000) 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 Fleisch fressende Fische 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

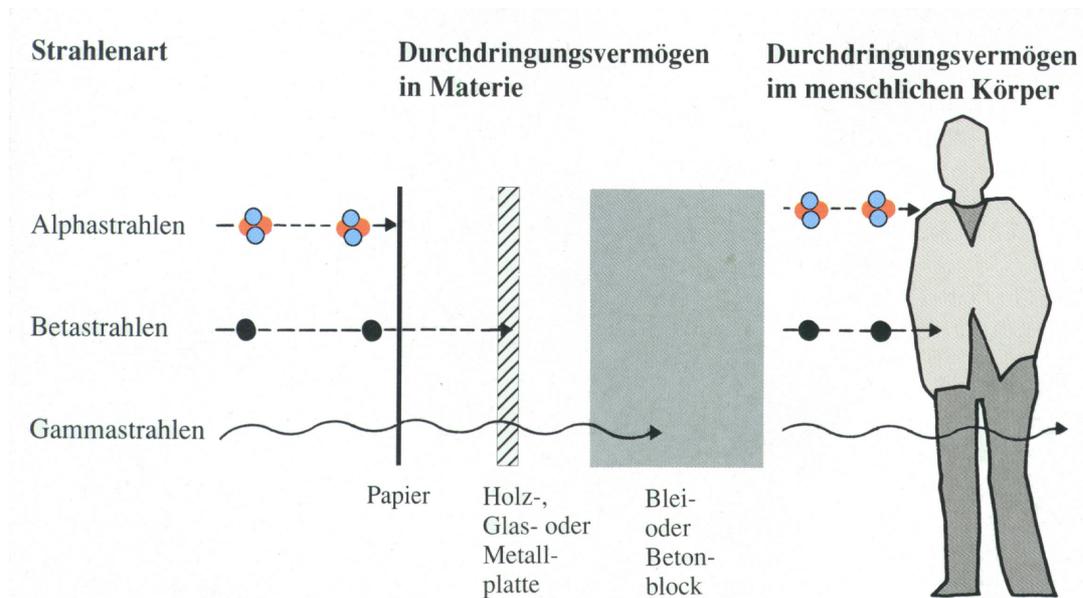
Materie besteht aus Atomen, die sich aus dem Kern und den ihn umhüllenden Elektronen zusammensetzen. Unter bestimmten Bedingungen können Atomkerne instabil sein und unter Aussendung von Strahlung in andere Kerne zerfallen.

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 miteinzubeziehen. Die Größe der Dosisfaktoren hängt zum einen von der Strahlungsart und der Halbwertszeit des Nuklides 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, die 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.

Die durch äußere Strahlung verursachte Dosis stammt fast vollständig von der Gammastrahlung, da diese den menschlichen Körper am stärksten durchdringt. 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.

Hingegen sind alpha- und betastrahlende Radionuklide aufgrund der hohen Energieübertragung ihrer Strahlung besonders schädlich für das Gewebe, wenn sie einmal in den Körper gelangt sind und dort verbleiben.

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 führen können (Abb. 2.2).

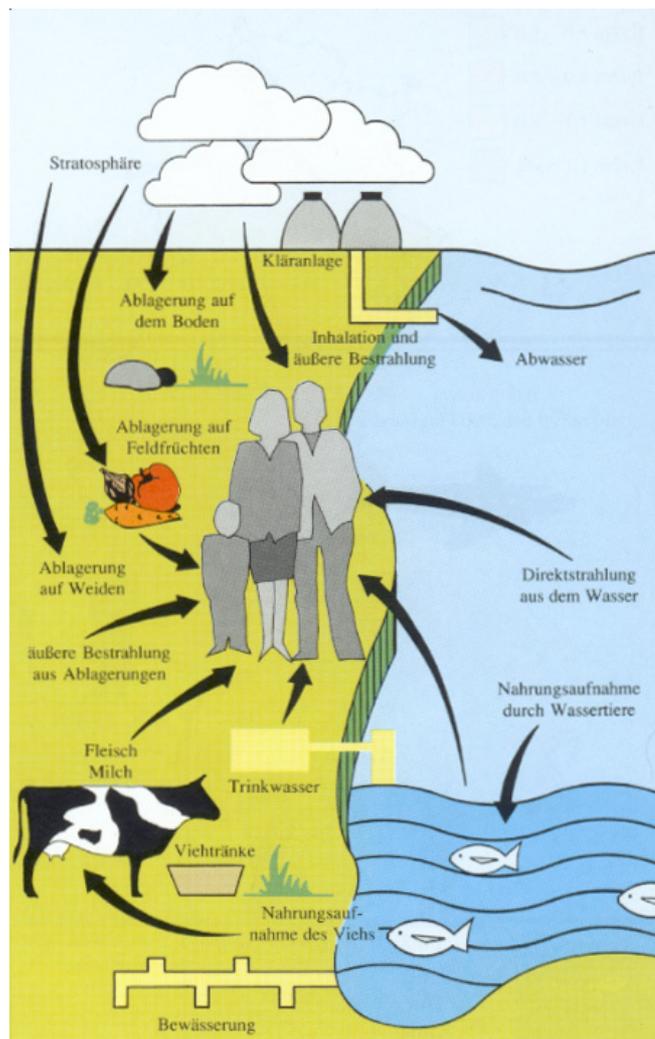


Abb. 2.2: Wege radioaktiver Stoffe aus Luft und Niederschlag zum Menschen

Abbildung 2.2 zeigt die vielfältigen Expositionspfade, z.B.

Luft - Beregnung - 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 bei dem Zerfall 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, 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 oder Strontium-90 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. "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2001", Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Postfach 120629, 53048 Bonn).

### Natürliche Strahlenexposition

kosmische Strahlung  
terrestrische Strahlung  
Ingestion  
Inhalation von Radonfolgeprodukten

**Summe:**

### mittlere effektive Jahresdosis

ca. 0,3 mSv  
ca. 0,4 mSv  
ca. 0,3 mSv  
ca. 1,1 mSv  
**ca. 2,1 mSv**

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 2,0 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.

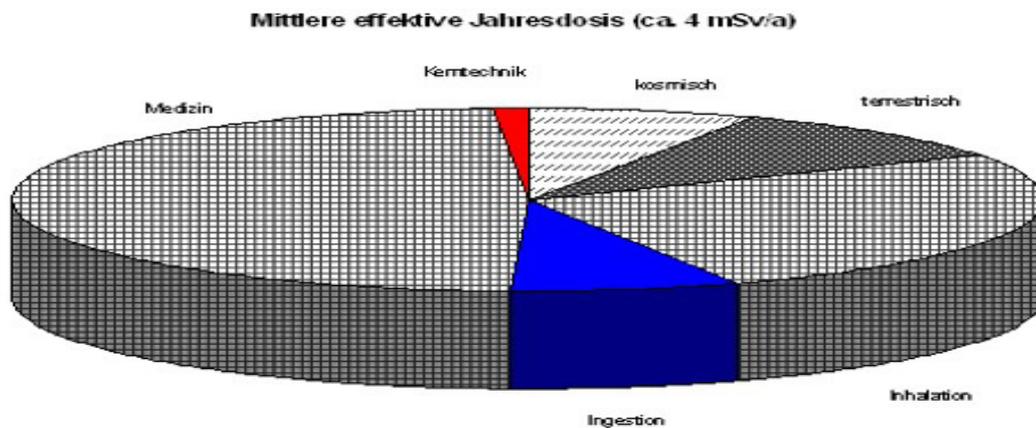
### Zivilisatorische Strahlenexposition

kerntechnische Anlagen  
Fallout von Kernwaffenversuchen  
Reaktorunfall Tschernobyl  
Anwendung in Forschung, Technik, Haushalt  
Anwendung in der Medizin

**Summe:**

### mittlere effektive Jahresdosis

< 0,01 mSv  
< 0,01 mSv  
< 0,015 mSv  
< 0,01 mSv  
ca. 2,0 mSv  
**ca. 2,0 mSv**



Blau = durch natürliche Strahlenexposition; Rot = durch zivilisatorische Strahlenexposition

**Abb. 2.4: Verteilung der mittleren effektive Gesamtjahresdosis**

## Bestimmung der Radioaktivität

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

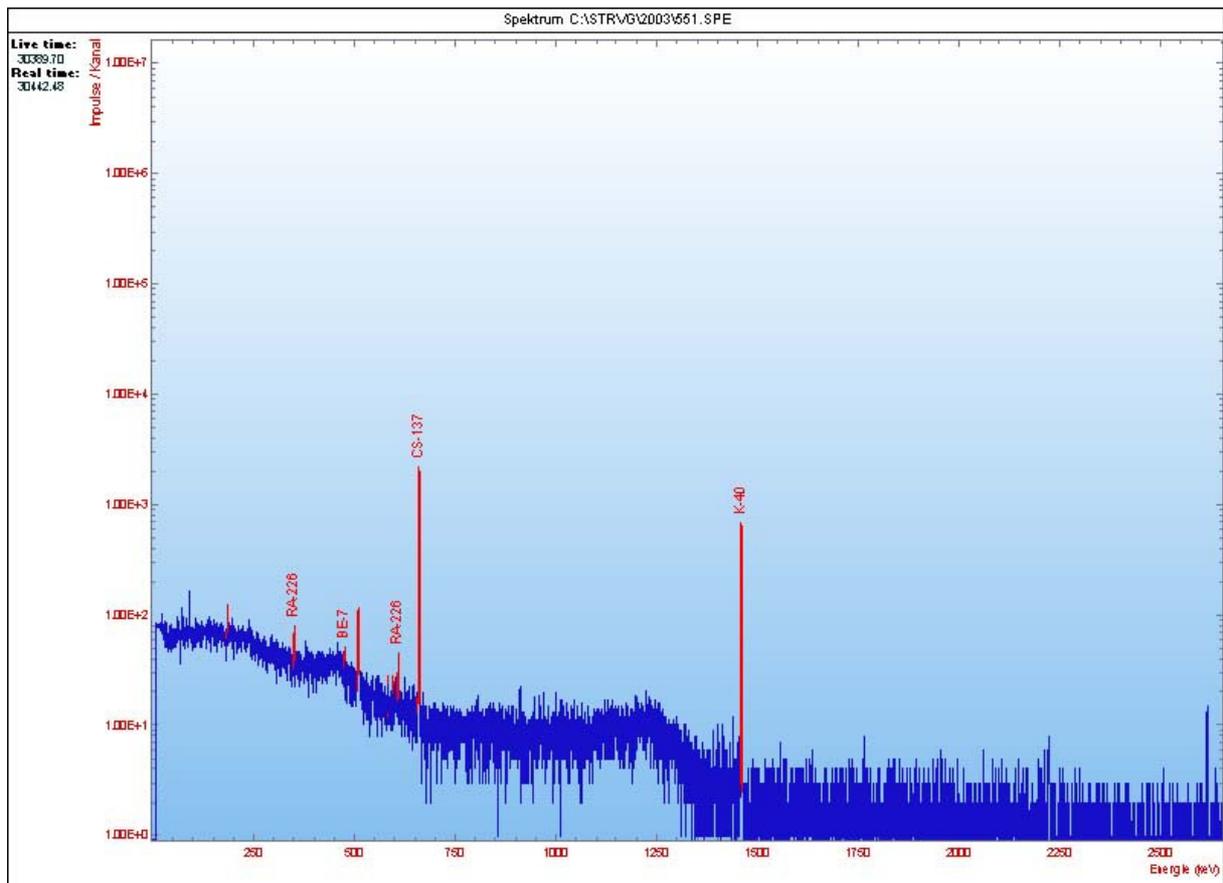
In den meisten Fällen werden die Proben gammaspektrometrisch (Abb. 2.5) untersucht, da

- 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 ( Abb. 2.6) aussendet,
- die Aufarbeitung den geringsten Aufwand in Anspruch nimmt, und das Analysenergebnis 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. 2.5: Messplatz Gammaskpektrometrie**



**Abb. 2.6: Gammaskpektrum**

Die Bestimmung alphastrahlender (z.B. Uran, Plutonium...) oder 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.

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

Hierzu werden Lebensmittel-, Futtermittel- und Umweltproben nach einem für jedes Bundesland festgelegten Mengengerüst an vorher festgelegten Orten entnommen (Abb. 3.1).

In Nordrhein-Westfalen werden jährlich ca. 2000 Untersuchungen routinemäßige durchgeführt.

Es werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

- Gammaskpektrometrie,
- Alphaskpektrometrie,
- Strontiumanalysen,
- Tritiumanalysen und
- Insitu-Messungen



Abb. 3.1: Probenahme von Weideboden

Je nach Probenart und Untersuchungsart sind Nachweisgrenzen festgelegt (Tab. 3.1).

Bezeichnung	geforderte Nachweisgrenzen				
	Bq/kg Feuchtmasse bzw. Bq/L				nGy/h
	Gammastrahlung <sup>1)</sup>	Strontiumanalysen	Alphaspektrometrie <sup>2)</sup>	Tritiumanalysen	Insitu-Messungen
Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft	0,2	0,02			
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	0,5				
Futtermittel <sup>3)</sup>	0,5	0,5			
Boden <sup>3)</sup>	0,5	0,5			1
Wasser	0,01	0,01	0,01	10	
Schwebstoffe <sup>3)</sup>	5				
Sedimente <sup>3)</sup>	5				
Trinkwasser	0,01	0,01	0,01		
Grundwasser	0,01	0,05	0,01		
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) Nachweisgrenze bezogen auf <sup>232</sup>Pu

3) Bezogen auf Trockenmasse

**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 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 landesweiten 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:

- Chemische Landes- und Staatl. Veterinäruntersuchungsamt in Münster
- Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW in Düsseldorf
- Betriebsstelle für Sonderaufgaben Eichamt Dortmund
- Landesumweltamt NRW Aussenstelle Düsseldorf
- Staatliches Veterinäruntersuchungsamt in Detmold

### **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
- Nukleare Explosion

Mit dem Auslösen des Intensivmessbetriebs 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: - während oder kurz nach Durchzug einer radioaktiven Wolke,

Phase 2: - nach Durchzug einer radioaktiven Wolke und

Phase 3: - Wochen bzw. Monate nach Durchzug einer radioaktiven Wolke.

### **Sondermessprogramme**

Neben dem Routinemessbetrieb können landeseigene Sondermessungen durchgeführt werden.

So werden in Nordrhein-Westfalen zusätzlich Wildpilze (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 2000 ortsfesten Messstationen und 47 Landesmessstationen (Abb. 4.1).

Die Messdaten werden nach einer Plausibilitätsprüfung über die Landesdatenzentralen an die Zentralstelle des Bundes geleitet. Die für die jeweiligen Umweltbereiche zuständigen fachlichen Einrichtungen des Bundes (Leitstellen), prüfen die Daten auf Plausibilität. 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>).

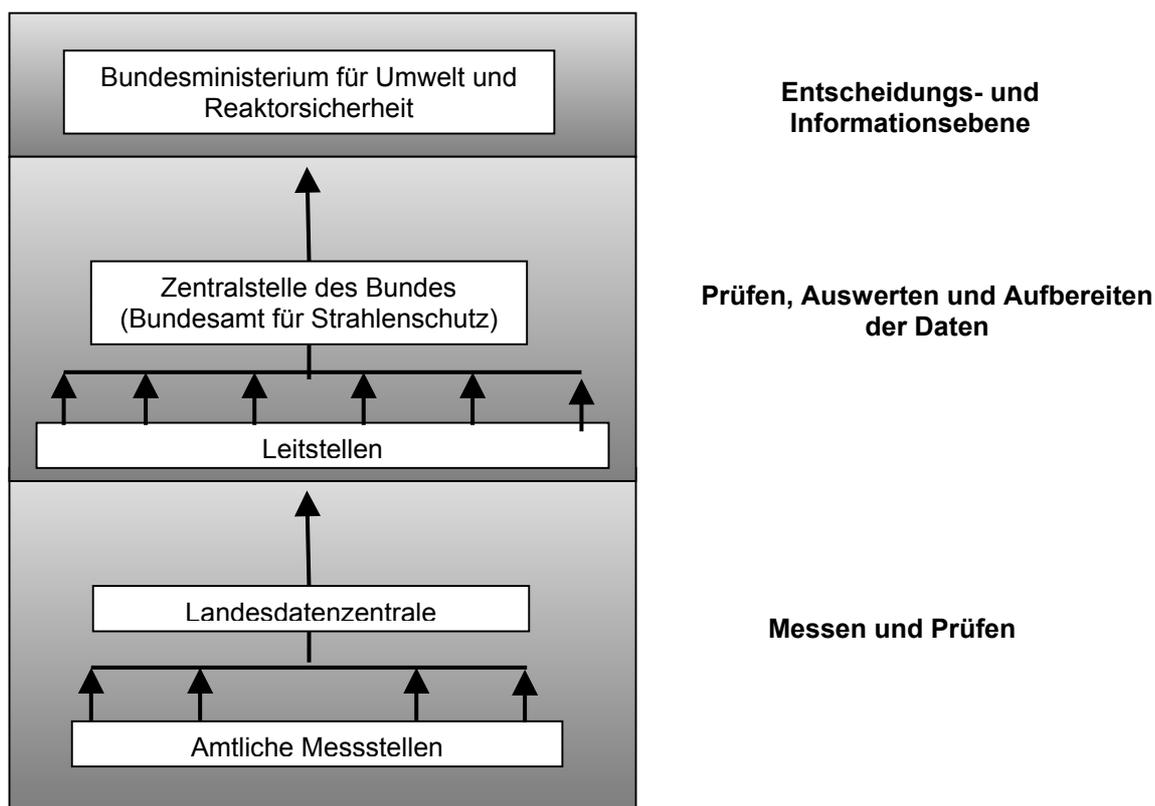


Abb. 4.1: Datenfluss im IMIS

## 5. Ergebnisübersichten zur Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen 2004

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 2004 zeigen, dass die in Nordrhein-Westfalen erzeugten Lebens- und Futtermittel sowie Trinkwasser nur noch äußerst geringe Gehalte künstlicher Radioaktivität aufweisen. Im Boden, in 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.

### Waldboden, 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 - die Cäsiumisotope (Cs-134, Cs-137) gammaspektrometrisch und Strontium (Sr-90) radiochemisch nachgewiesen. Sie stammen aus den atmosphärischen Kernwaffenversuchen und zum größten Teil aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl. 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, wie 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 gegenwärtig von Jahr zu Jahr nur geringfügig.

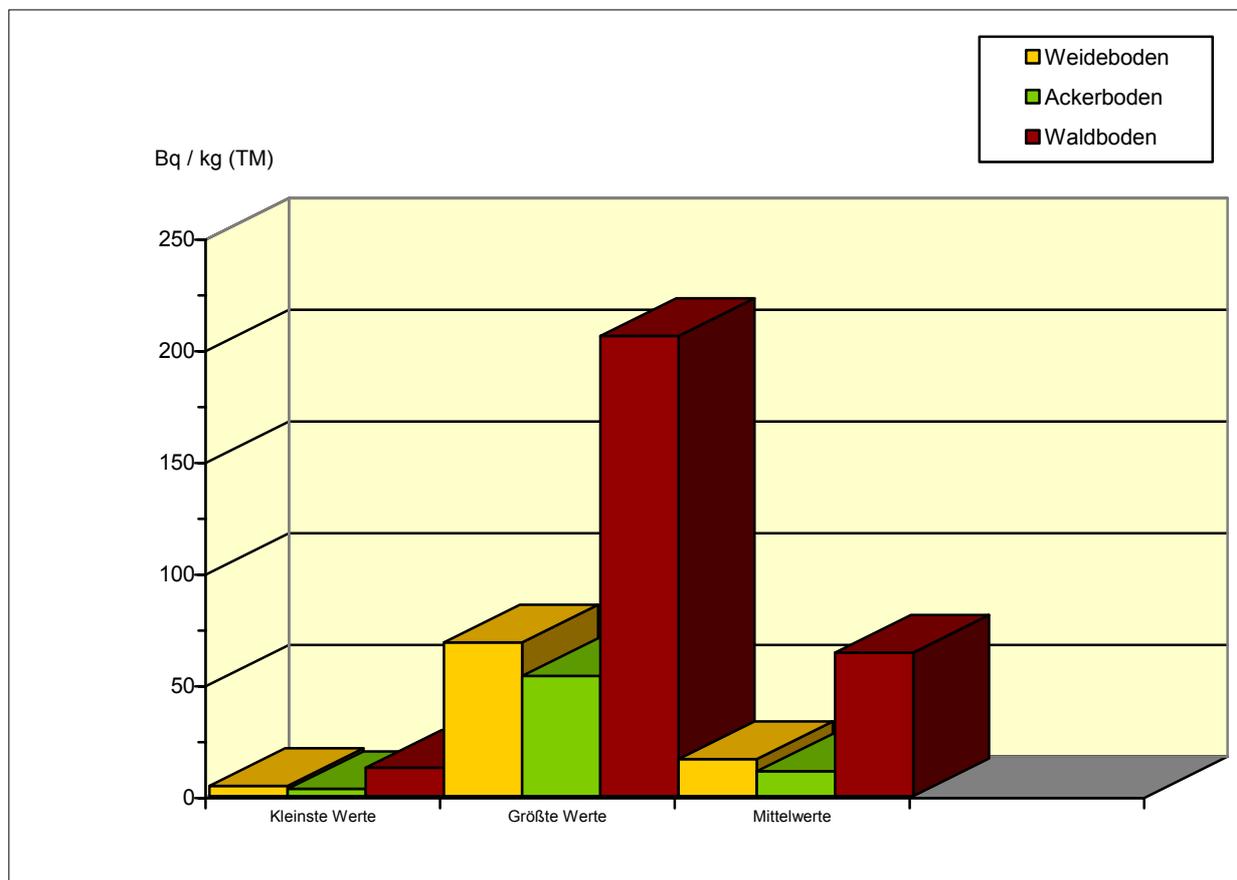
Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte <NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weideboden	Sr-90	5	1	0,4	22,4	6,7	Bq/kg(TM)
	K-40	20	-	105	583	403	
	Cs-137	20	-	4,6	68,9	16,6	
Ackerboden	Sr-90	5	-	0,4	4,9	1,6	Bq/kg(TM)
	K-40	20	-	123	833	472	
	Cs-137	20	1	3,2	53,9	11,1	
Waldboden	K-40	6	-	77,1	827	410	Bq/kg(TM)
	Cs-137	6	-	12,7	206	64,3	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse

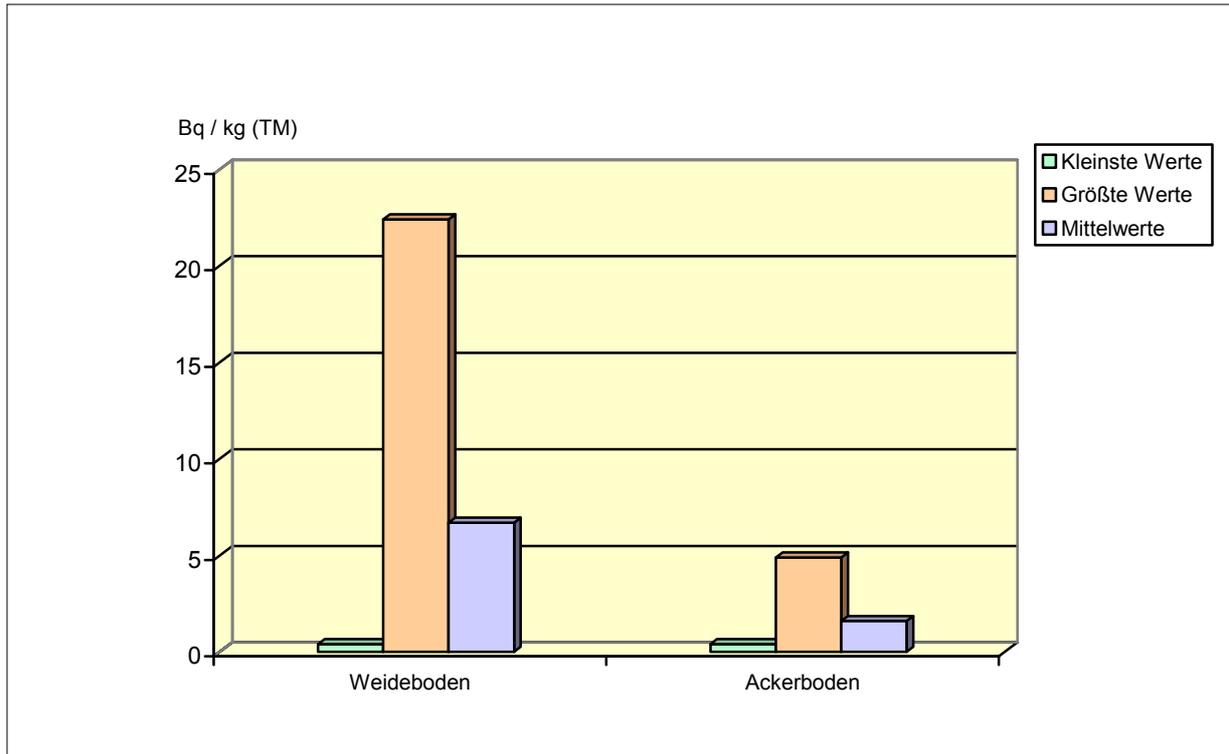
**Tabelle 5.1: Spezifische Sr-90, K-40 und Cs-137 Aktivität in Böden NRW 2004**

Je nach Bodenart bzw. -nutzung sind Unterschiede bezüglich des Gehalts künstlicher radioaktiver Stoffe festzustellen (Tabelle 5.1, Abb. 5.1). 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 (Abb. 5.2). Bei unbearbeiteten Böden ist u.a. die Fixierung an Tonmineralien für die Wanderung der Radionuklide in tiefere Schichten ausschlaggebend. Waldböden zeichnen sich durch organische Auftragschichten (Humus) auf den Mineralböden aus. Cäsium ist in diesen Schichten, die reich an Bodenorganismen und Nährstoffen sind, sehr mobil. Es wird schnell durch Bodenorganismen, Pilze und Pflanzen aufgenommen und, wenn Blätter und Nadeln fallen, wieder dem Boden zugeführt. Cäsium bleibt also in einen sehr wirkungsvollen Nährstoffkreislauf eingebunden und kann deshalb kaum in die mineralischen Bodenschichten abwandern. Deutlich zu sehen ist dies an den Werten für die verschiedenen Bodenarten (Abb. 5.1). In einer Waldbodenproben vom Kahlen Asten ist der Cs-137 Gehalt in der Humusschicht (177 Bq/kg TM) ca. 3 mal größer ist als der Cs-137 Gehalt in der Mineralschicht (57 Bq/kg TM). Für Waldökosysteme ist eine hohe, kleinräumige Variabilität der Cs-137-Kontamination typisch.



**Abb. 5.1: Spezifische Cs-137 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2004**

**Abb. 5.2: Spezifische Sr-90 Aktivität in verschiedenen Böden NRW 2004**



### **Futtermittel und Pflanzen als Indikatoren**

Futtermittel sind die Zwischenstation für den Transfer von Radionukliden vom Boden in tierische Nahrungsmittel – hier bedeutend die Milchproduktion – 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) (Tab. 5.2). Futtermittel werden flächenrepräsentativ überwacht. Darüber hinaus werden weitere Pflanzenproben aus Bereichen ohne landwirtschaftliche Nutzung überwacht. Hierbei handelt es sich um Pflanzen, die überall zur Verfügung stehen und als Indikatoren geeignet sind. (Laub, Nadeln, Blätter) Es zeigt sich, dass Proben (Gras) aus unbearbeiteten und nicht bewirtschafteten Flächen höhere Aktivitätskonzentrationen aufweisen als diejenigen Proben (Grünfutter) aus ebenfalls unbearbeiteten aber bewirtschafteten Flächen (Tab. 5.2 u. 5.3) Neben einheimisch erzeugten werden auch importierte Futtermittel (Tab. 5.4) und in einem landeseigenen Messprogramm Futtermittel aus der Handelsstufe überwacht (Tab 5.5).

Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinstes Messwert	Größtes Messwert	Mittelwert	Einheit
Grünfütter	Sr-90	8	-	0,1	3,7	1,5	Bq/kg(TM)
	K-40	20	-	397	1600	952	
	Cs-137	20	4	0,4	2,8	1,1	
Grünmais	K-40	9	-	82,1	1080	295	Bq/kg(TM)
	Cs-137	9	8	0,4	-	-	
Füttergetreide	K-40	15	-	80,2	774	167	Bq/kg(TM)
	Cs-137	15	14	0,5	0,5	-	
Fütterkartoffeln	K-40	6	-	498	812	678	Bq/kg(TM)
	Cs-137	6	5	0,3	-	-	
Fütterrüben	K-40	3	-	186	1330	785	Bq/kg(TM)
	Cs-137	3	1	0,4	24,9	12,7	
Silage, Füttermittelerzeugnisse	Sr-90	1	-	0,2	-	-	Bq/kg(TM)
	K-40	14	-	168	977	511	
	Cs-137	14	11	0,3	2,0	1,2	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze

TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.2: Spezifische Sr-90, K-40 und Cs-137 Aktivität in Futtermitteln NRW 2004**

Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinstes Messwert	Größtes Messwert	Mittelwert	Einheit
Laub	K-40	10	-	61,7	569	327	Bq/kg(TM)
	Cs-137	10	1	0,2	43,6	7,9	
Nadeln	K-40	5	-	73,2	567	252	Bq/kg(TM)
	Cs-137	5	1	1,1	164	54,3	
Gras	K-40	10	-	343	1190	877	Bq/kg(TM)
	Cs-137	10	4	0,3	4,7	1,9	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze

TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.3: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in Pflanzen als Indikatoren NRW 2004**

Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinstes Messwert	Größtes Messwert	Mittelwert	Einheit
Rohstoff-Futtermittel	K-40	4	-	83,4	541	315	Bq/kg(TM)
	Cs-137	4	3	0,3	-	-	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze

TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.4: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in importierten Futtermitteln NRW 2004**

Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Futtergetreide	K-40	5	-	105	150	127	Bq/kg(TM)
	Cs-137	5	4	0,2			
Krafftuttermischungen	K-40	10	-	39,0	780	385	Bq/kg(TM)
	Cs-137	10	9	0,3			

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze

TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.5: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in Futtermitteln aus der Handelsstufe 2004**

### Lebensmittel

Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (725 Proben). 210 Lebensmittelproben stammen aus dem Import und in einem landeseigenen Messprogramm werden 240 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
Gemüse	140
Getreide	80
Obst	44
Kartoffeln	10
Schweinefleisch	65
Geflügelfleisch	40
Rindfleisch	35
Kalbfleisch	20
Rohmilch	120
Gesamtnahrung	130
Säuglings- und Kleinkindnahrung	30
Süßwasserfische	20

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

Die Lebensmittel pflanzlicher Herkunft 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 aus einer Gemeinschaftsverpflegung für eine Person) 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 gammaspectrometrisch untersucht. Ein Anteil zwischen 10 % und 30 %, abhängig von der Probenart, der Lebensmittel wird zusätzlich auf den Gehalt an Sr-90 analysiert. In 82 % aller in Tab. 5.7 aufgelisteten Lebensmittelproben liegt die spezifische Cs-137 Aktivität unterhalb der Nachweisgrenze für dieses Messverfahren. Gemessene spezifische Aktivitäten von künstlichen Radionukliden (Sr-90 und Cs-137) liegen mit ihren Mittelwerten im Bereich von 0,01 – 1,0 Bq/kg(FM) bzw. Bq/l bzw. Bq/(d\*p).

Lebensmittel – Erzeugerproben							
Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Blattgemüse	Sr-90	7	-	0,06	0,14	0,11	Bq/kg(FM)
	K-40	69	-	58,5	948	131	
	Cs-137	69	67	0,2	0,4	0,3	
Wurzelgemüse	Sr-90	4	-	0,1	0,4	0,2	Bq/kg(FM)
	K-40	18	-	68,7	297	126	
	Cs-137	18	18	-	-	-	
Fruchtgemüse	K-40	21	-	35,7	139	77,9	Bq/kg(FM)
	Cs-137	21	20	0,2	-	-	
Sproßgemüse	Sr-90	1	1	-	-	-	Bq/kg(FM)
	K-40	41	-	41,9	145	84,7	
	Cs-137	41	39	0,2	0,5	0,3	
Kernobst	Sr-90	3	-	0,02	0,04	0,03	Bq/kg(FM)
	K-40	27	-	23,8	68,0	43,8	
	Cs-137	27	27	-	-	-	
Steinobst	Sr-90	1	-	0,04	-	-	Bq/kg(FM)
	K-40	14	-	46,6	108	75,4	
	Cs-137	14	14	-	-	-	
Rhabarber	K-40	5	-	77,3	138	98,7	Bq/kg(FM)
	Cs-137	5	5	-	-	-	
Strauchbeeren	K-40	3	-	48,8	90,6	70,4	Bq/kg(FM)
	Cs-137	3	3	-	-	-	
Erdbeeren	K-40	17	-	41,9	65,6	55,4	Bq/kg(FM)
	Cs-137	17	17	-	-	-	
Getreide (Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Triticale )	Sr-90	4	1	0,09	0,19	0,13	Bq/kg(FM)
	K-40	84	-	97,0	217	134	
	Cs-137	84	82	0,12	0,13	0,12	
Kartoffeln	Sr-90	5	2	0,01	0,19	0,08	Bq/kg(FM)
	K-40	17	-	95,0	152	126	
	Cs-137	17	17	-	-	-	
Rindfleisch	K-40	39	-	6,8	143	98,9	Bq/kg(FM)
	Cs-137	39	18	0,1	2,0	0,5	
Kalbfleisch	K-40	18	-	78,1	136	100	Bq/kg(FM)
	Cs-137	18	3	0,2	2,6	0,6	
Schweinefl.	K-40	66	-	50,7	135	103	Bq/kg(FM)
	Cs-137	66	47	0,1	0,6	0,2	
Geflügelfl.	K-40	40	-	25,7	124	84,2	Bq/kg(FM)
	Cs-137	40	40	-	-	-	
Süßwasserfisch	Sr-90	5	3	0,005	0,02	0,01	Bq/kg(FM)
	K-40	26	-	90,0	173	124	
	Cs-137	26	7	0,1	2,2	0,4	

Lebensmittel – Erzeugerproben							
Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Milch	Sr-90	30	-	0,01	0,25	0,05	Bq / L
	K-40	123	-	40,7	65,4	52,0	
	Cs-137	123	102	0,1	0,4	0,2	
Gesamtnahrung	Sr-90	20	3	0,03	0,6	0,1	Bq/(d*p)
	K-40	128	-	39,8	1020	114	
	Cs-137	128	95	0,1	7,3	1,0	
Säuglings- und Klein-kindernahrung	Sr-90	6	-	0,01	0,08	0,04	Bq/kg(FM)
	K-40	31	-	12,0	201	53,7	
	Cs-137	31	29	0,1	0,4	0,3	

Anmerkungen:

- NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Frischmasse  
 Bq/(d\*p) = Aktivität, die täglich von einer Person aufgenommen wird  
 L = Liter

**Tabelle 5.7: Spezifische Sr-90, K-40 und Cs-137 Aktivität in Lebensmitteln NRW 2004**

Die Anteile der Proben mit einer spezifischen Cs-137 Aktivität unterhalb der Nachweisgrenze (NWG) für das gewählte Messverfahren bei importierten Lebensmitteln liegt bei 86 %. Für Lebensmitteln aus der Handelsstufe bei 84 %. (Tab. 5.8 und Tab. 5.9).

Lebensmittel – Importproben							
Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Rohst.Futterm.	K-40	4	-	83,4	541	315	Bq/kg(TM)
	Cs-137	4	3	0,3			
Rindfleisch	K-40	10	-	77,8	125	109	Bq/kg(FM)
	Cs-137	10	8	0,3	3,9		
Kalbfleisch	K-40	9	-	79,4	134	106	Bq/kg(FM)
	Cs-137	9	-	0,2	0,6		
Schweinefleisch	K-40	14	-	80,1	129	104	Bq/kg(FM)
	Cs-137	14	12	0,1	0,2		
Geflügelfl.	K-40	25	-	54,8	131	104	Bq/kg(FM)
	Cs-137	25	22	0,1	0,2		
Lammfleisch	K-40	6	-	40,2	100	64,3	Bq/kg(FM)
	Cs-137	6	5	0,4			
Känguru-Hirschfleisch	K-40	4	-	96,3	112	104	Bq/kg(FM)
	Cs-137	4	4	-	-		
Haferkörner	K-40	1	-	144		-	Bq/kg(FM)
	Cs-137	1	-	1,7			
Reis	K-40	5	-	24,4	130	78,8	Bq/kg(FM)
	Cs-137	5	5	-	-		

Lebensmittel – Importproben							
Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Blattgemüse	K-40	14	-	44,2	187	95,4	Bq/kg(FM)
	Cs-137	14	14	-	-	-	
Wurzelgemüse	K-40	8	-	68,0	114	88,0	Bq/kg(FM)
	Cs-137	8	8	-	-	-	
Fruchtgemüse	K-40	46	-	42,5	120	73,6	Bq/kg(FM)
	Cs-137	46	46	-	-	-	
Sproßgemüse	K-40	6	-	85,3	140	106	Bq/kg(FM)
	Cs-137	6	6	-	-	-	
Kartoffeln	K-40	14	-	97,8	145	127	Bq/kg(FM)
	Cs-137	14	14	-	-	-	
Kernobst	K-40	8	-	30,9	60,4	43,1	Bq/kg(FM)
	Cs-137	8	8	-	-	-	
Steinobst	K-40	3	-	52,0	74,6	64,0	Bq/kg(FM)
	Cs-137	3	3	-	-	-	
Orangen, Kiwi, Grapefruit	K-40	4	-	46,1	123	67,9	Bq/kg(FM)
	Cs-137	4	4	-	-	-	
Heidelbeeren	K-40	1	-	26,0		-	Bq/kg(FM)
	Cs-137	1	-	24,2		-	
Erdbeeren / Johannisbeeren	K-40	2	-	42,1	50,4	46,3	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	2	-	-	-	
Pfeifferlinge	K-40	2	-	108	134	121	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	-	1,7	56,9	29,3	
Käse (Kuh)	K-40	11	-	19,3	52,0	28,7	Bq/kg(FM)
	Cs-137	11	10	0,3		-	
Käse in Lake	K-40	2	-	14,0	16,8	15,4	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	2	-	-	-	
Süßwasserfisch	K-40	6	-	105	135	117	Bq/kg(FM)
	Cs-137	6	2	0,3	1,3	1,0	
Salzwasserfisch	K-40	2	-	104	113	109	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	1	1,3		-	
Fischerzeugnis	K-40	2	-	116	253	185	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	1	20,1		-	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze

FM = Frischmasse

TM = Trockenmasse

**Tabelle 5.8: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in importierten Lebensmitteln NRW 2004**

Lebensmittel – Handelsstufe							
Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Futtergetreide	K-40	5	-	105	150	127	Bq/kg(TM)
	Cs-137	5	4	0,2		-	
Krafftutter-mischungen	K-40	10	-	39,0	780	385	Bq/kg(TM)
	Cs-137	10	9	0,3		-	
Rindfleisch	K-40	15	-	90,4	136	110	Bq/kg(FM)
	Cs-137	15	10	0,2	0,7	0,4	
Kalbfleisch	K-40	5	-	77,1	118	106	Bq/kg(FM)
	Cs-137	5	-	0,3	0,8	0,5	
Schweinefleisch	K-40	24	-	70,7	130	111	Bq/kg(FM)
	Cs-137	24	14	0,1	0,3	0,2	
Geflügelfleisch	K-40	14	-	53,5	134	91,6	Bq/kg(FM)
	Cs-137	14	14	-	-	-	
Lammfleisch	K-40	2	-	51,5	57,9	54,7	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	-	0,4	0,5	0,4	
Wildschwein / Reh	K-40	3	-	33,4	124	70,3	Bq/kg(FM)
	Cs-137	3	-	1,4	14,9	7,9	
Weizenkörner	K-40	7	-	120	165	137	Bq/kg(FM)
	Cs-137	7	7	-	-	-	
Roggenkörner	K-40	4	-	122	135	131	Bq/kg(FM)
	Cs-137	4	4	-	-	-	
Haferkörner	K-40	3	-	134	217	163	Bq/kg(FM)
	Cs-137	3	2	0,8		-	
Getreidemischungen	K-40	2	-	113	137	125	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	2	-	-	-	
Blattgemüse	K-40	18	-	55,7	252	95,3	Bq/kg(FM)
	Cs-137	18	18	-	-	-	
Wurzelgemüse	K-40	20	-	62,7	189	104	Bq/kg(FM)
	Cs-137	20	20	-	-	-	
Fruchtgemüse	K-40	17	-	38,6	87,9	68,0	Bq/kg(FM)
	Cs-137	17	17	-	-	-	
Sproßgemüse	K-40	9	-	93,9	142	115	Bq/kg(FM)
	Cs-137	9	9	-	-	-	
Kartoffeln	K-40	14	-	103	169	131	Bq/kg(FM)
	Cs-137	14	14	-	-	-	
Kernobst	K-40	29	-	20,8	51,3	35,3	Bq/kg(FM)
	Cs-137	29	28	0,1		-	
Steinobst	K-40	2	-	63,7	70,2	67,0	Bq/kg(FM)
	Cs-137	2	2	-	-	-	
Erdbeeren	K 40	4	-	32,1	68,9	52,1	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Sesamkörner	K 40	1	-	164	164	164	Bq/kg
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Trinkmilch	K 40	15	-	46,2	65,8	55,8	Bq/l
	Cs 137	15	11	0,1	0,6	0,3	
Käse (Kuh)	K 40	14	-	19,7	51,3	24,7	Bq/kg(FM)
	Cs 137	14	14	-	-	-	

Lebensmittel – Handelsstufe							
Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Joghurt u. Milchlisch- erzeugnisse	K 40	32	-	32,8	72,9	56,0	Bq/kg
	Cs 137	32	23	0,1	0,5	0,3	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Frischmasse  
 TM = Trockenmasse  
 L = Liter

**Tabelle 5.9: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in Lebensmitteln aus der Handelsstufe NRW 2004**

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 (minimale-, maximale und Mittelwerte) in Erzeugerproben seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 kontinuierlich zurückgegangen ist. Die Größenachse in der Zeitreihe für Milch (Abb. 5.3) ist, der besseren Darstellung wegen, logarithmisch aufgeteilt.

Zeitreihen für spezifische Cs-137 Aktivitätskonzentrationen in Erzeugerproben NRW 1986 - 2003								
Proben	Jahr	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	% Anteil Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Milch	1986	7	-	0%	1,7	382	75,7	Bq / L
	1987	8	-	0%	2,0	13,0	4,8	
	1988	3	-	0%	1,0	4,5	2,6	
	1989	8	-	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%	0,10	0,38	0,22	
2003	121	111	91,7%	0,10	0,40	0,20		
2004	123	102	82,9%	0,10	0,40	0,20		
Rindfleisch	1986	12	2	16,7%	4,0	160	42,2	Bq / kg(FM)
	1987	18	2	11,1%	1,0	140	27,4	
	1988	20	3	15,0%	1,0	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	0,42	
	1992	69	36	52,2%	0,03	21,0	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	0,40	
	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		

Anmerkungen: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Frischmasse  
 L = Liter

**Tabelle 5.10: Spezifische Cs-137 Aktivitäten in Erzeugerproben NRW 1986 - 2004**

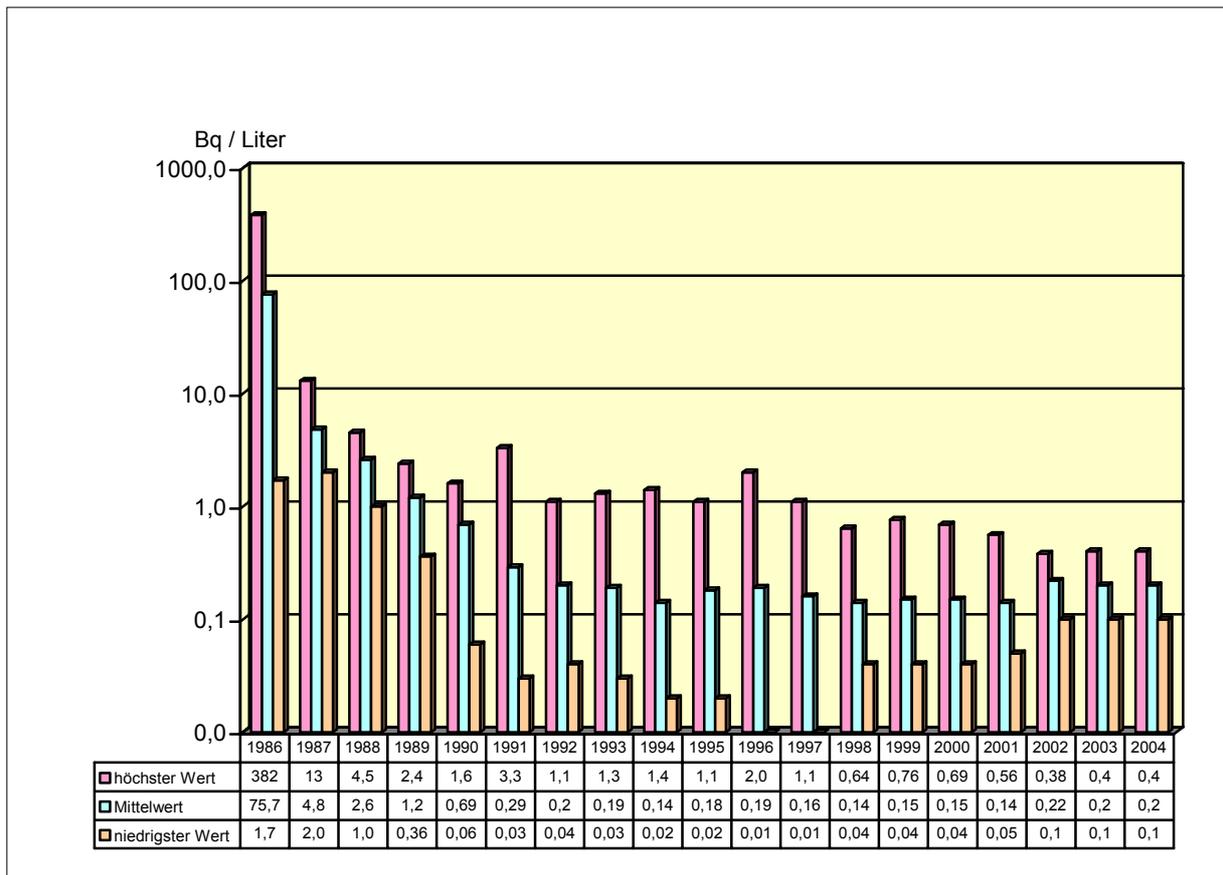


Abb. 5.3: Spezifische Cs-137 Aktivität in Milch NRW 1986 - 2004

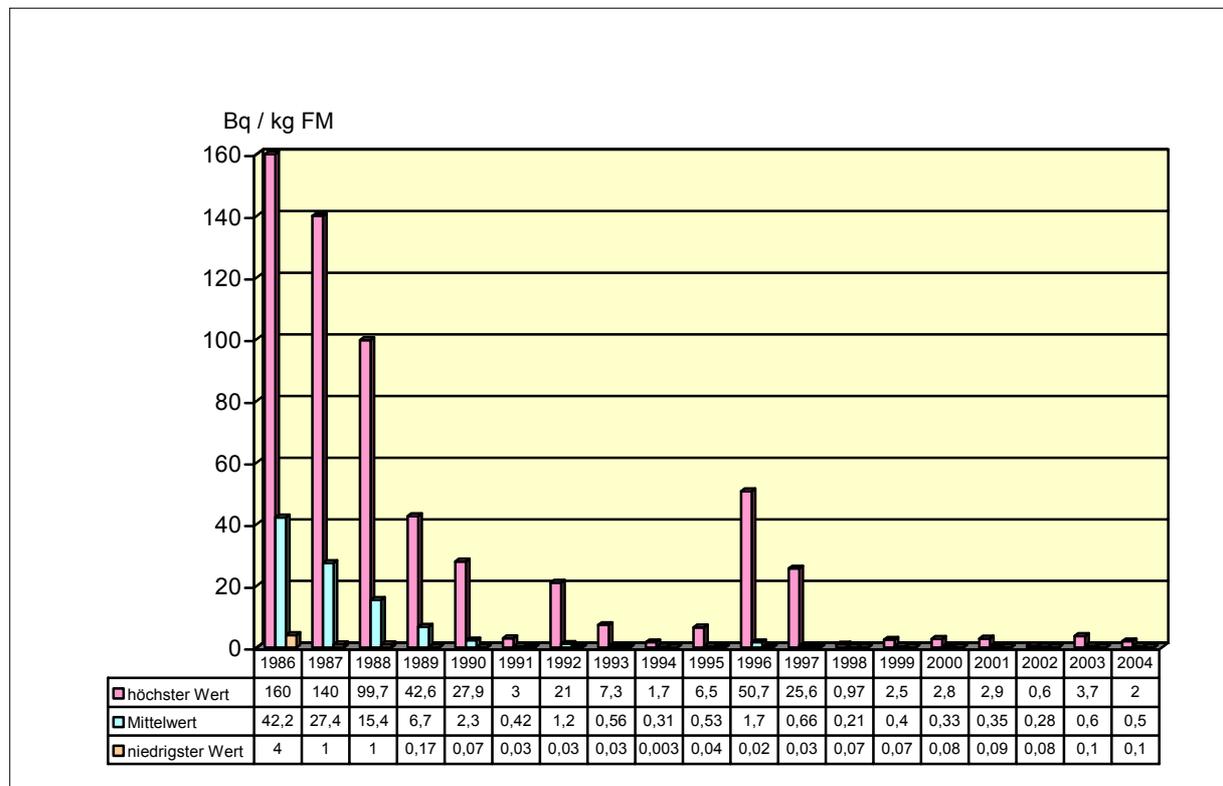


Abb. 5.4: Spezifische Cs-137 Aktivität in Rindfleisch NRW 1986 - 2004

## Wildpilze und Wildfleisch

Diese beiden Lebensmittelgruppen sind heute noch mit Radiocäsium belastet. 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 frei verfügbar ist. Das Cs-137 wird also solange im Kreislauf verbleiben, bis es auf einen vernachlässigbar kleinen Rest zerfallen ist.

Regional sehr unterschiedliche Cs-137 - Belastungen des Waldökosystems führen zwangsläufig zu einer ebenfalls regional sehr unterschiedlichen Belastung des Wildbrets. Dabei ist Schwarzwild stärker belastet als Rotwild. Wildschweine suchen ihre Nahrung vermehrt in der Humusschicht.

Wildwachsende Pilze entnehmen ihre Nährstoffe ebenfalls genau aus dieser Bodenschicht, 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.

Aus diesem Grund werden Sondermessungen an diesen beiden Lebensmittelgruppen durchgeführt, deren Ergebnisse in den Tab. 5.11 und 5.12 sowie in der Abb. 5.5 dargestellt sind.

Wildfleisch								
Proben	Radio-nuklid	H K L	Anz Werte Ges.	Anz Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Reh	K-40	D	3	-	105	110	107	Bq/kg(FM)
	Cs-137		3	-	8,5	79,6	34,8	
Hirsch	K-40	D	3	-	73,3	77,8	75,4	Bq/kg(FM)
	Cs-137		3	-	6,0	53,1	21,8	
Wildschwein	K-40	D	59	-	53,7	141	100	Bq/kg(FM)
	Cs-137		59	2	1,4	340	80,8	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Frischmasse  
 HKL = Herkunftsland

**Tabelle 5.11: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in Wildfleisch NRW 2004**

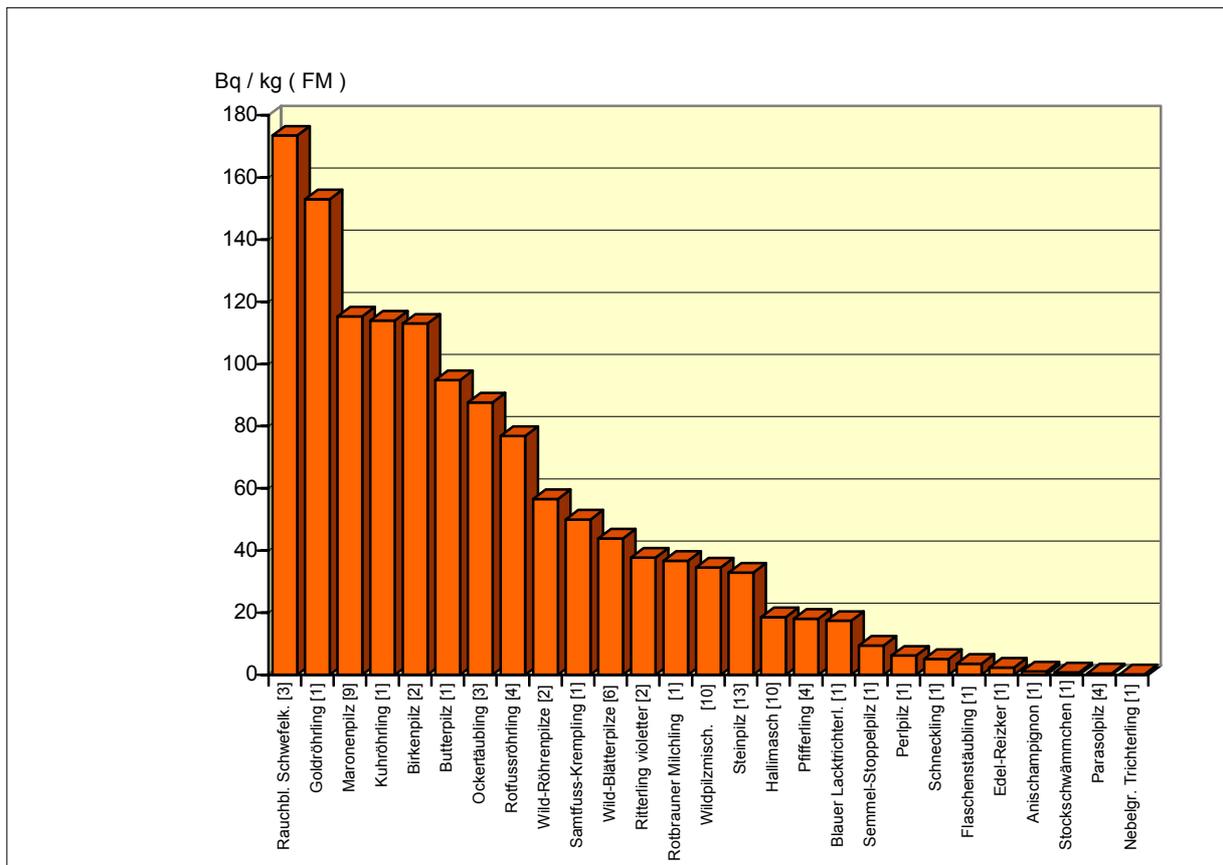
Wildpilze								
Proben	Radio-nuklid	H K L	Anz Werte Ges.	Anz Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Anischampignon	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	121 1,1		- -	Bq/kg(FM)
Birkenpilz	K-40 Cs-137	D	2 2	- -	41,2 70,9	190 155	115 113	Bq/kg(FM)
Blauer Lacktrichterling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	98,9 17,4		- -	Bq/kg(FM)
Butterpilz	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	45,1 94,8		- -	Bq/kg(FM)
Edel-Reizker	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	63,3 2,3		- -	Bq/kg(FM)
Flaschenstaeubling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	218 3,6		- -	Bq/kg(FM)
Goldroehrling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	73,5 153		- -	Bq/kg(FM)
Hallimasch	K-40 Cs-137	D	10 10	- -	55,2 3,6	244 61,2	164 18,6	Bq/kg(FM)
Kuhroehrling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	53,4 114		- -	Bq/kg(FM)
Maronenpilz	K-40 Cs-137	D	9 9	- -	88,8 2,6	157,0 431	128,6 115	Bq/kg(FM)
Nebelgrauer Trichter- ling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	126 0,2		- -	Bq/kg(FM)
Ockertaeubling	K-40 Cs-137	D	3 3	- -	98,3 4,9	197 231	147 87,6	Bq/kg(FM)
Parasolpilz	K-40 Cs-137	D	4 4	- 1-	98,4 0,4	263 0,6	157 0,5	Bq/kg(FM)
Perlpilz	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	171 6,2		- -	Bq/kg(FM)
Pfifferling	K-40 Cs-137	D	4 4	- -	156 0,8	1000 36,9	413 18,1	Bq/kg(FM)
Rauchbl. Schwefelkopf	K-40 Cs-137	D	3 3	- 1	95,1 0,9	175 346	142 173	Bq/kg(FM)
Ritterling violetter	K-40 Cs-137	D	2 2	- -	112,0 9,0	118 66,4	115 37,7	Bq/kg(FM)
Rotbrauner Milchling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	89,5 36,7		- -	Bq/kg(FM)
Rotfussroehrling	K-40 Cs-137	D	4 4	- -	99,4 2,3	361 232	178 77	Bq/kg(FM)
Samtfuss-Krempling	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	79,1 50,0		- -	Bq/kg(FM)
Schneckling Natterst.	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	29,4 5,1		- -	Bq/kg(FM)
Semmel-Stoppelpilz	K-40 Cs-137	D	1 1	- -	157 9,4		- -	Bq/kg(FM)
Steinpilz	K-40 Cs-137	D	13 13	- -	59,8 10,5	185 83,2	98,9 32,9	Bq/kg(FM)

Wildpilze								
Proben	Radio-nuklid	H K L	Anz Werte Ges.	Anz Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Stockschwammchen	K-40	D	1	-	81,1	199	-	Bq/kg(FM)
	Cs-137		1	-			0,8	
Wild-Blaetterpilze	K-40	D	6	-	35,9	199	105	Bq/kg(FM)
	Cs-137		6	2	8,7	122	43,9	
Wild-Roehrepilze	K-40	D	2	-	94,9	195	145	Bq/kg(FM)
	Cs-137		2	-	25,7	87,5	56,6	
Wildpilzmischungen	K-40	D	10	-	66,3	264	140	Bq/kg(FM)
	Cs-137		10	1	4,8	114	34,5	
Wildpilzmischungen	K-40	PL	2	-	7,6	12,1	9,9	Bq/kg(FM)
	Cs-137		2	1	29,2	29,2	29,2	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Frischmasse  
 HKL = Herkunftsland

**Tabelle 5.12: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivität in Wildpilzen aus NRW und in importierten Wildpilzen NRW 2004**



**Abb. 5.5 Spezifische Cs-137 Aktivität in Wildpilzen aus NRW 2004**  
 Mittelwerte bzw. Einzelwerte  
 Klammerangaben: Anzahl der Proben

## Das Erbe von Tschernobyl

Im Rahmen der Untersuchung von Wildproben auf Radioaktivität durch das Staatliche Veterinäruntersuchungsamt Detmold wurde im Februar 2002 bei einem Wildschwein aus der Paderborner Senne ein Wert von 870 Bq/kg für Cs-137 festgestellt. In Deutschland ist es nicht erlaubt, Lebensmittel in den Handel zu bringen, wenn ein Höchstwert für Radiocäsium von 600 Bq/kg überschritten wird. Dieser nach EG-Verordnung 737/90/EWG ursprünglich nur für Importware gedachte Höchstwert wird auch für Inlandware sinngemäß angewendet. Seither werden alle im Zeitraum Januar – Mai erlegten Wildschweine aus der Senne und angrenzenden Gebieten auf radioaktive Belastung untersucht. Insgesamt wurden im Jahr 2004 57 Wildschweinproben untersucht. In keiner Probe wurde ein Wert oberhalb des o.a. Grenzwertes festgestellt. Das Mengenverhältnis der vorgefundenen Radionuklide Cs-137 und Cs-134 deutet auf einen Zusammenhang mit Tschernobyl hin. In Tab. 5.13 sind die spezifischen Cs-137 Aktivitäten von Wildschweinproben der Kreise Paderborn, Lippe und Gütersloh für das Jahr 2004 aufgelistet.

<b>Wildscheinproben aus dem Regierungsbezirk Detmold 2004</b>							
Stadt / Kreis	Radio-nuklid	Anz. Werte Ges.	Anz. Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Kreis Lippe	Cs-137	22	2	1,8	263	43,0	Bq/kg (FM)
Kreis Paderborn	Cs-137	29	-	13,2	340	107	Bq/kg (FM)
Kreis Gütersloh	Cs-137	6	-	4,8	212	104	Bq/kg (FM)

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 FM = Frischmasse

**Tab. 5.13: Spezifische Cs-137 Aktivität in Wildschwein RB-Detmold 2004**

## Trink- und Grundwasser, Oberflächengewässer

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. Geschütztes Rohwasser wird halbjährlich, ungeschützte Rohwässer 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 unterhalb bzw. an der geforderten Nachweisgrenze von 0,01 Bq/L. Tab. 5.14

Proben	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Dimension
Trinkwasser geschützt	K-40	14	6	0,07	0,21	0,11	Bq/L
	Cs-137	14	14	-	-	-	
Trinkwasser ungeschützt	K-40	27	9	0,03	0,37	0,09	Bq/L
	Sr-90	6	2	0,002	0,004	0,003	
	Cs-137	27	27	-	-	-	
	U 234	6	5	0,008		-	
	U 235	6	6	-	-	-	
	U 238	6	5	0,006		-	
	Pu 238	6	6	-	-	-	
Pu 239/40	6	6	-	-	-		
Grundwasser	K-40	10	3	0,09	0,20	0,13	Bq/L
	Sr-90	4	3	0,006		-	
	Cs-137	10	10	-	-	-	
	U 234	4	2	0,005	0,006	0,005	
	U 235	4	3	0,0003		-	
	U 238	4	2	0,0017	0,0018	0,0017	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
Pu 239/40	4	4	-	-	-		

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
L = Liter

**Tab. 5.14: Spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen NRW 2004**

Die Ermittlung der Radioaktivität in Oberflächengewässern 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;H-3)

Die Cs-137 – Aktivitätskonzentrationen in Sedimenten und Schwebstoffen liegen im Bereich von einigen Bq/kg(TM) bis zu 240 Bq/kg(TM). Dabei sind die Mittelwerte für stehende Gewässer größer als diejenigen der Fließgewässer Tab. 5.15.

Proben	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinstes Messwert	Größtes Messwert	Mittelwert	Dimension
Oberflächenwasser in Seen	H 3	24	24	-	-	-	Bq/L
	K-40	24	10	0,05	0,25	0,12	
	Sr-90	2	-	0,003	0,04	0,02	
	Cs-137	24	24	-	-	-	
Schwebstoff in Seen	K-40	8	-	454	894	654	Bq/kg(TM)
	Cs-137	8	4	16,1	45,3	33,8	
Sediment in Seen	K-40	24	-	246	899	497	Bq/kg(TM)
	Cs-137	24	-	4,5	237	56,0	
Oberflächenwasser in Flüssen	H 3	23	23	4,4	10,0	9,4	Bq/L
	K-40	24	1	0,1	1,2	0,3	
	Sr-90	6	1	0,003	0,011	0,005	
	Cs-137	24	19	0,0002	0,0024	0,0010	
	U 234	8	-	0,009	0,011	0,010	
	U 235	8	-	0,0003	0,0006	0,0004	
	U 238	8	-	0,007	0,009	0,008	
	Pu 238	8	8	-	-	-	
Pu 239/40	8	8	-	-	-		
Schwebstoff in Flüssen	K-40	16	-	286	654	530	Bq/kg(TM)
	Cs-137	16	-	7,0	66,3	18,5	
Sediment in Flüssen	K-40	26	-	342	818	555	Bq/kg(TM)
	Cs-137	26	-	0,5	52,7	11,6	

Anmerkungen:

NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse  
 L = Liter

**Tabelle 5.15: Spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment aus Flüssen und Seen NRW 2004**

## Abfälle und Kompost

An Abfällen werden in NRW im Rahmen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG) 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. Nennwerte 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 alle unterhalb bzw. an der geforderten Nachweisgrenze (Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen). Auch im Sickerwasser der Hausmülldeponien finden sich sehr geringe Werte (Tab. 5.16). Das Tritium stammt aus Leuchtfarben, die mit Beginn der 70-Jahre für Zifferblätter und Zeiger von Uhren verwendet wurden.

Proben	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinsten Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Abwasser aus Kläranlagen	K-40	39	28	0,4	4,6	1,1	Bq/L
	Sr-90	4	2	0,09	0,34	0,22	
	Cs-137	39	39	0,01	0,10	0,06	
	U 234	4	-	0,005	0,011	0,008	
	U 235	4	2	0,0003	0,0005	0,0004	
	U 238	4	-	0,004	0,007	0,005	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/40	4	4	-	-	-	
Klärschlamm aus Kläranlagen	K-40	40	-	62	407	184	Bq/kg(TM)
	Sr-90	4	-	1,8	19,3	10,8	
	Cs-137	40	2	1,6	12,0	5,9	
	U 234	4	-	29,6	43,1	36,1	
	U 235	4	-	1,0	1,7	1,3	
	U 238	4	-	21,2	35,6	27,8	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/40	4	4	-	-	-	
Kompost	K-40	2	-	347	608	478	Bq/kg(TM)
	Cs-137	2	-	7,8	11,9	9,9	
Müllverbrennungsanlagen Schlacke,Asche	K-40	8	-	76	325	251	Bq/kg(TM)
	Cs-137	8	1	1,0	1,8	1,3	
Müllverbrennungsanlagen Filterasche / Filterstaub	K-40	8	-	1370	5140	2068	Bq/kg(TM)
	Cs-137	8	-	5,8	50,0	27,4	
Müllverbrennungsanlagen feste Rückstände	K-40	8	-	3,6	241	57,7	Bq/kg(TM)
	Cs-137	8	4	0,2	5,5	3,7	
Müllverbrennungsanlagen Abwasser aus Rauchgaswäsche	K-40	4	-	2,9	29,7	14,7	Bq/L
	Cs-137	4	3	0,10	0,10	0,10	
Hausmülldeponien Sickerwasser	H 3	11	1	11,0	188	89	Bq/L
	K-40	10	-	9,9	31,5	17,9	
	Cs-137	10	5	0,04	0,12	0,07	

Anmerkungen: NWG = Erzielte Nachweisgrenze  
 TM = Trockenmasse  
 L = Liter

Tab. 5.16: Spezifische Aktivitäten in Abfällen und Kompost NRW 2004

## In-situ-Messungen

Neben den radionuklidspezifischen Messungen an Bodenproben im Labor werden mit einer mobilen Messeinrichtung auch gammapektrometrische 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.

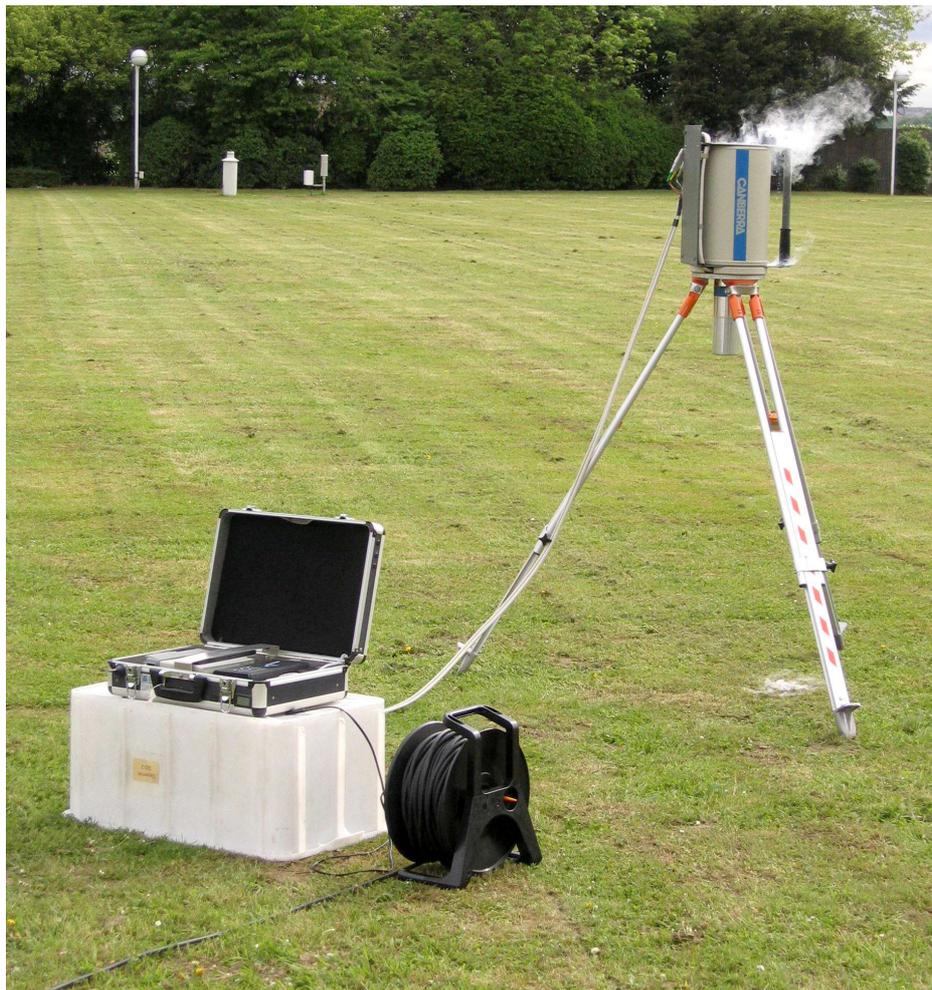
Für NRW wurden flächendeckend 54 Messorte festgelegt, die in einem Zeitraum von zwei Jahren jeweils einmal angefahren werden, was bedeutet, dass durchschnittlich 27 Messungen pro Jahr durchgeführt werden.

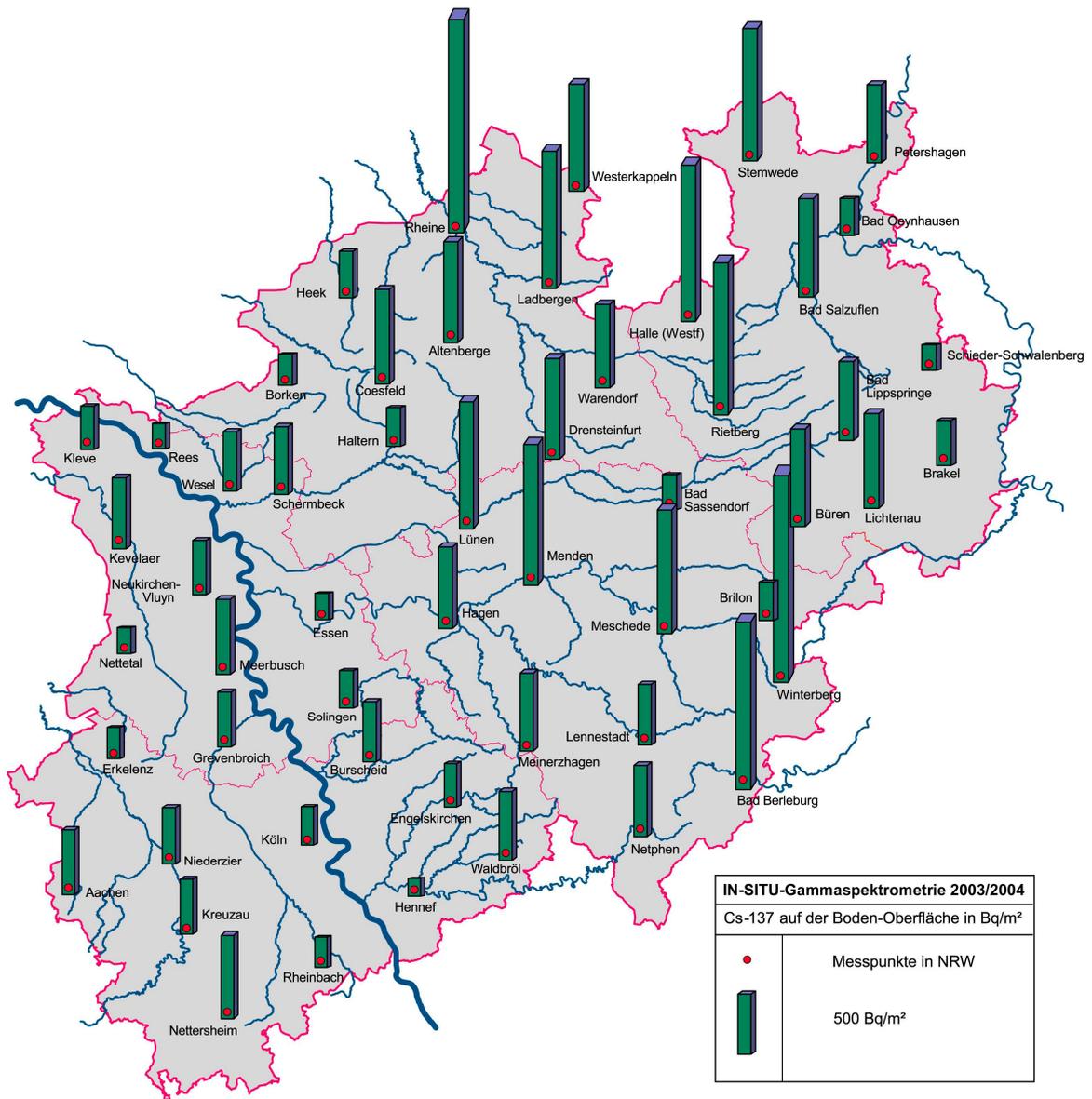
Die Messorte befinden sich überwiegend auf unbearbeiteten, ebenen Böden, z.B. Wiesen- oder Rasenflächen, die sowohl eine langjährige, unbeeinflusste Beobachtung garantieren, als auch eine Zugänglichkeit des Messfahrzeuges erlauben.

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 beim Durchzug der Radioaktivitätswolke ab. So fielen z.B. in Rheine und Winterberg in den Tagen nach dem Unfall große Niederschlagsmengen, so dass hier mehr Aktivität abgelagert wurde.

Die in der Karte dargestellten Cäsium-137-Aktivitäten stellen nur einen geringen Anteil an der Gesamtaktivität der Bodenoberfläche dar, sie sind z.B. um den Faktor 10 niedriger als die des natürlichen Kalium-40.





## 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<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

**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 lassen.

### **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 →Elektronenvolt

### **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, elektrischen 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 seiner 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  $\lambda = 1/t = \ln 2 / T$