



Strahlenschutzvorsorge in Nordrhein-Westfalen

Gemeinsamer Jahresbericht 2005

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 2005**
- 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)

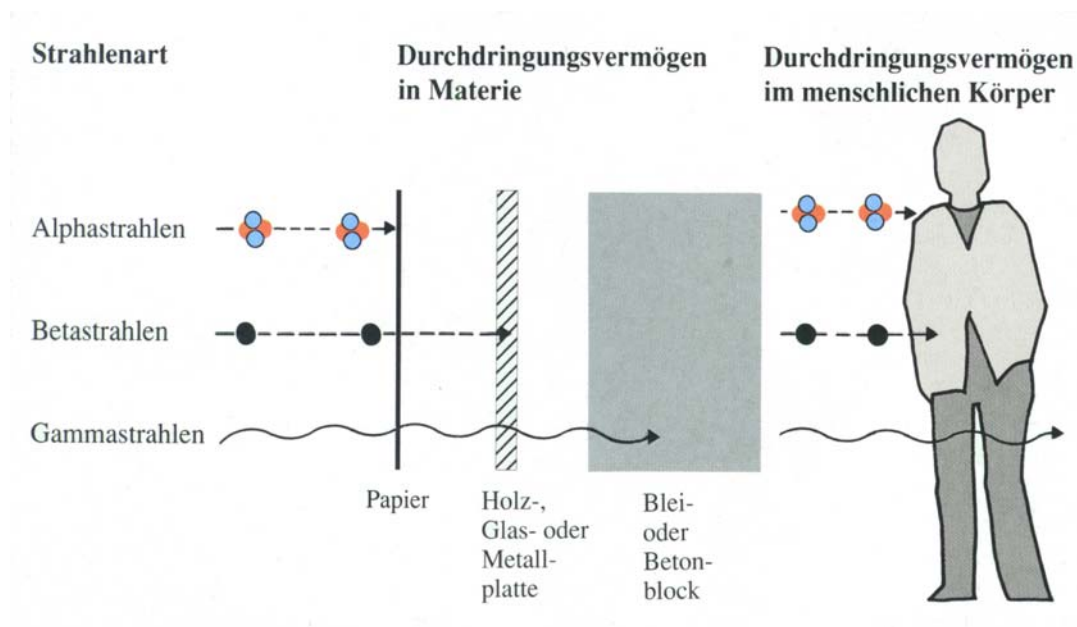


Abb. 2.1: Abschirmung und Durchdringungsvermögen von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung

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, 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.

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 beitragen (Abb. 2.2).

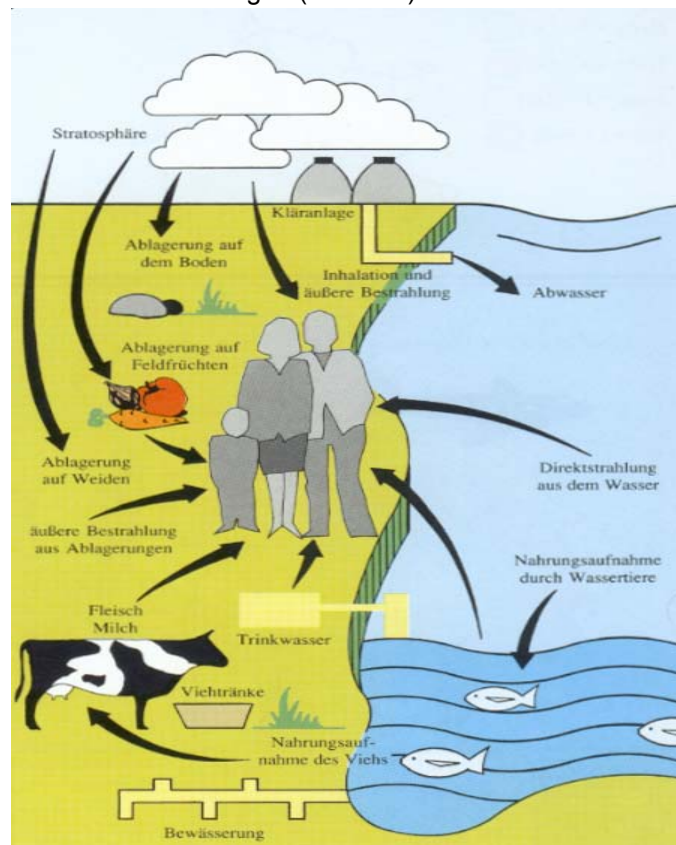


Abb. 2.2: Wege radioaktiver Stoffe aus Luft und Niederschlag zum Menschen

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, 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 2005", 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
Summe:	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 1,8 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 0,013 mSv/a zurückgegangen.

Zivilisatorische Strahlenexposition	mittlere effektive Jahresdosis
kerntechnische Anlagen	< 0,01 mSv
Fallout von Kernwaffenversuchen	< 0,01 mSv
Reaktorunfall Tschernobyl	< 0,013 mSv
Anwendung in Forschung, Technik, Haushalt	< 0,01 mSv
Anwendung in der Medizin	ca. 1,8 mSv
Summe:	ca. 1,8 mSv

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 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.

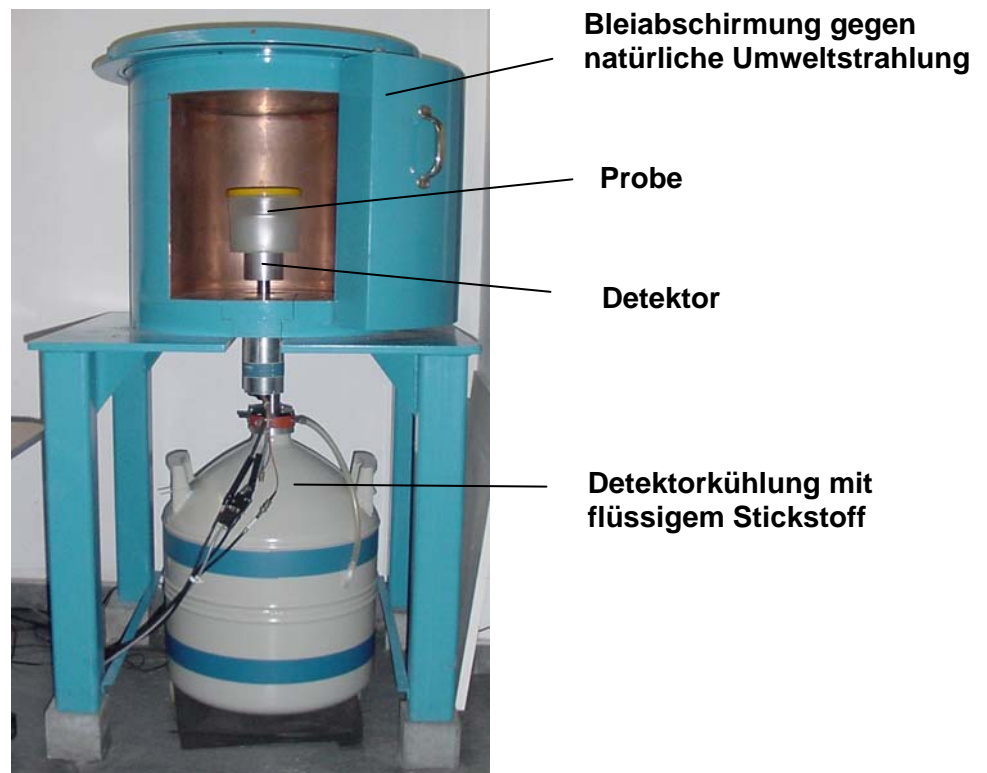


Abb. 2.5: Messplatz Gammaskpektrometrie

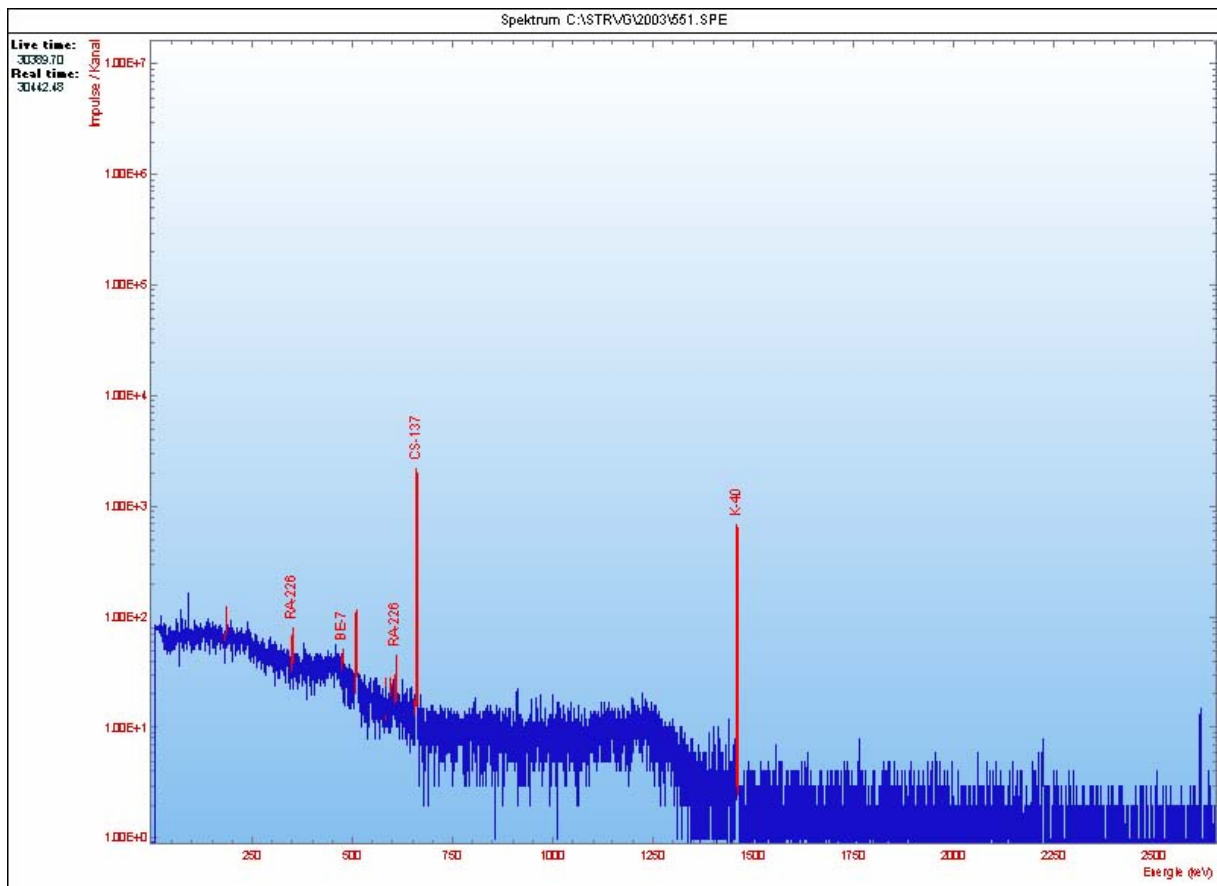


Abb. 2.6: Gammaskpektrum

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.

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 routinemäßig durchgeführt.

Hierbei werden 5 Untersuchungsarten unterschieden:

- Gammaspektrometrie,
- Alphaspektrometrie,
- Strontiumanalysen,
- Tritiumanalysen und
- Insitu-Messungen



Abb. 3.1: Probenahme von Weideboden

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

Bezeichnung	geforderte Nachweisgrenzen				
	Bq/kg Feuchtmasse bzw. Bq/L bzw. Bq/d*p (Gesamtnahrung)				nGy/h
	Gammastrahlung ¹⁾	Strontiumanalysen	Alphastrahlung ²⁾	Tritiumanalysen	In-situ-Messungen ¹⁾
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 ³⁾	0,5				
Futtermittel ³⁾	0,5	0,5			
Boden ³⁾	0,5	0,5			1
Wasser	0,01	0,01	0,01	10	
Schwebstoffe ³⁾	5				
Sedimente ³⁾	5				
Trinkwasser	0,01	0,01	0,01		
Grundwasser	0,01	0,01	0,01		
Süßwasserfisch	0,2	0,02			
Abwasser	0,1	0,1	0,1		
Klärschlamm ³⁾	5	5	5		
Hausmülldeponie	0,1			10	
Verbrennungsanlagen	5				
Kompostierungsanlagen ³⁾	5				
Sonstige Produkte	0,2				

- 1) Nachweisgrenze bezogen auf ⁶⁰Co
2) Nachweisgrenze bezogen auf ²³²Pu
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 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:

- Chemische Landes- und Staatl. Veterinäruntersuchungsamt in Münster
- Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW in Düsseldorf
- Landesbetrieb Mess- und Eichwesen NRW Betriebsstelle Eichamt Dortmund
- Landesumweltamt NRW Aussenstelle Düsseldorf
- Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Ostwestfalen-Lippe, 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 Insitu-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 ortsfeste Messstationen und 47 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>).

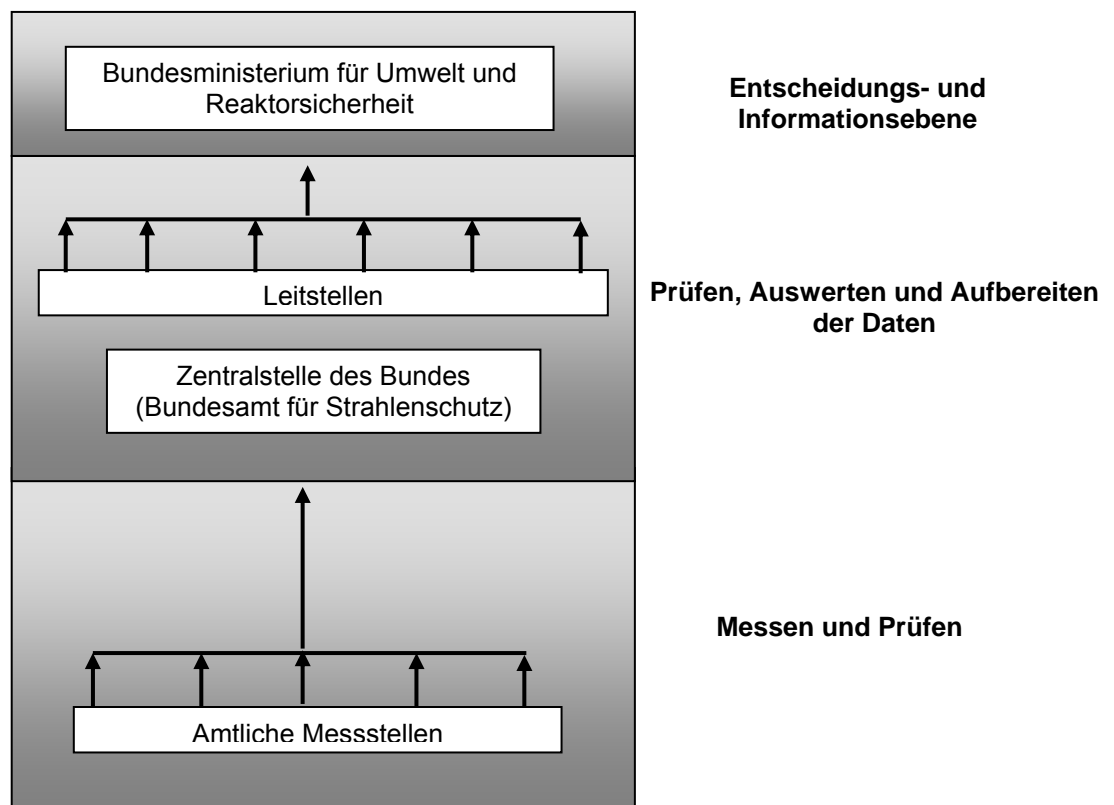


Abb. 4.1: Datenfluss im IMIS

5. Ergebnisübersichten zur Überwachung der Umweltradioaktivität in Nordrhein-Westfalen 2005

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 2005 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 Reststoffen / 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 - ein Cäsiumisotop (Cs-137) gamma-spektrometrisch 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	6	0	0,39	18	4,1	Bq/kg(TM)
	K 40	21	0	94	612	442	
	Cs 137	21	1	4,6	29	12	
Ackerboden	Sr 90	5	0	0,23	2,6	1,1	Bq/kg(TM)
	K 40	20	0	164	838	471	
	Cs 137	20	0	4,9	21	8,9	
Waldboden (organische Auflage*)	K 40	6	0	51	815	390	Bq/kg(TM)
	Cs 137	6	0	6,5	138	46	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze

TM = Trockenmasse

* eine Probe bestand aus mineralischem Unterboden und wird daher für die zusammenfassenden Werte nicht berücksichtigt

Je nach Bodenart bzw. -nutzung sind Unterschiede bezüglich des Gehalts künstlicher radioaktiver Stoffe festzustellen (Tabelle 5.1, Abb. 5.1 und 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. 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 Nährstoff-

kreislauf eingebunden und kann deshalb kaum in die mineralischen Bodenschichten abwandern. Für Waldökosysteme ist eine hohe, kleinräumige Variabilität der Cs-137-Kontamination typisch.

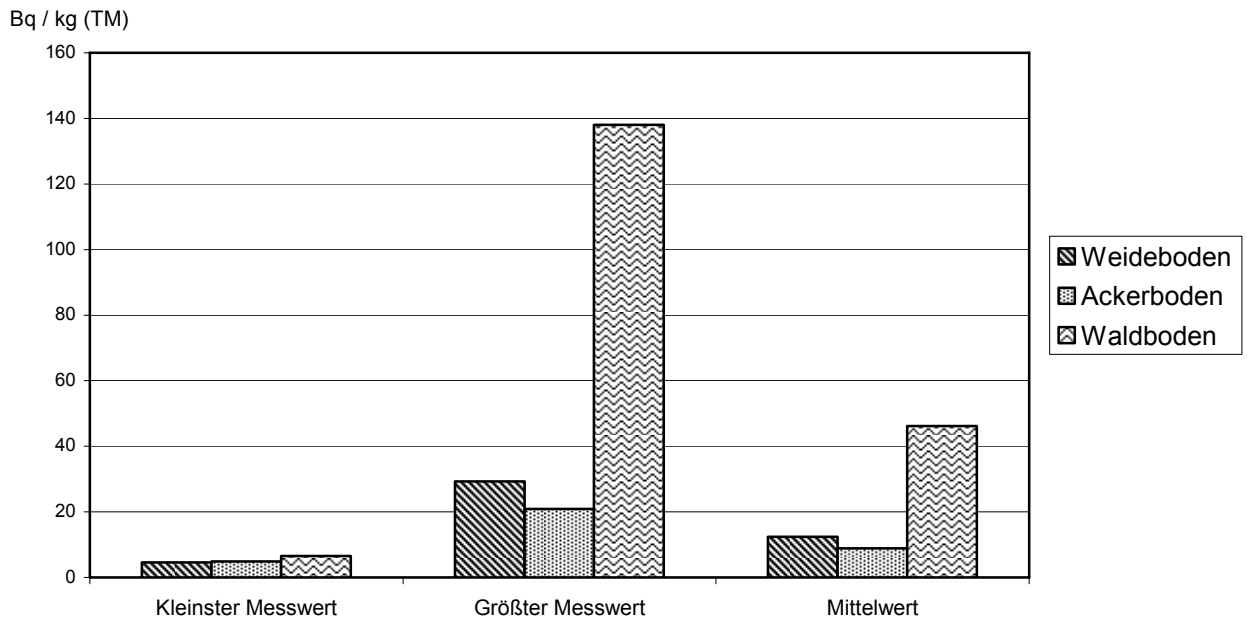


Abb. 5.1: Spezifische Cs-137 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2005

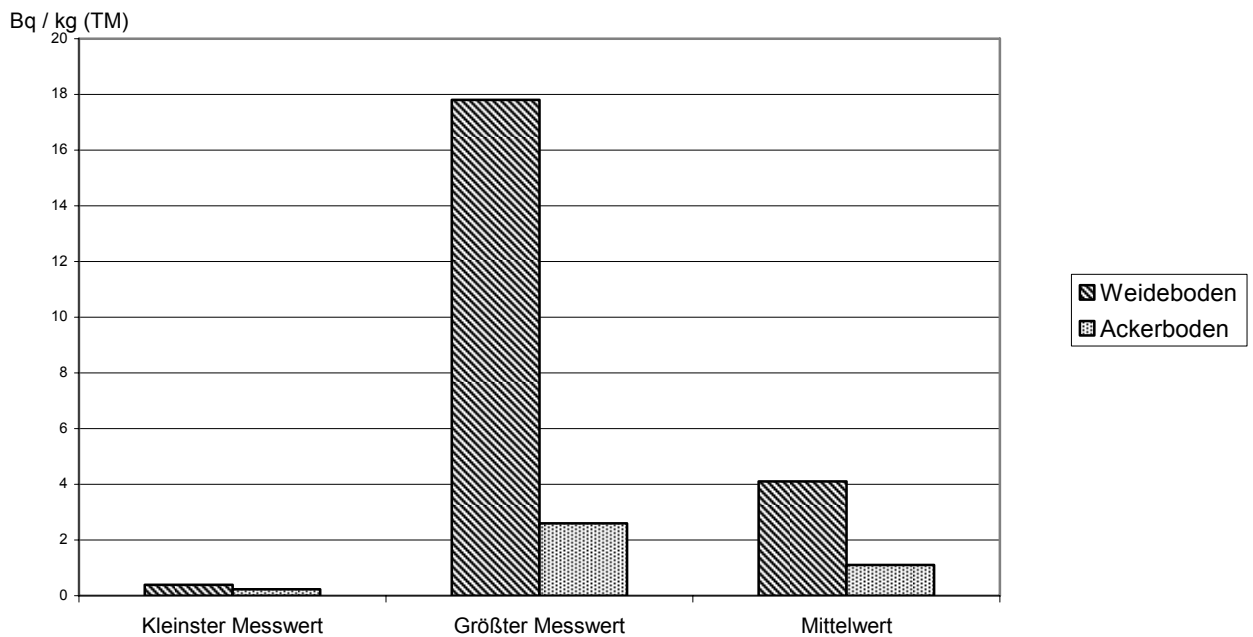


Abb. 5.2: Spezifische Sr-90 Aktivität in verschiedenen Bodenarten NRW 2005

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 (Grünfütter), 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 Teile von 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 (Weide- u. Wiesenbewuchs) aus ebenfalls unbearbeiteten aber bewirtschafteten Flächen (Tab. 5.2 und 5.5). Neben einheimisch erzeugten werden auch importierte Futtermittel (Tab. 5.3) und in einem landeseigenen Messprogramm Futtermittel aus der Handelsstufe überwacht (Tab 5.4).

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Weide- u. Wiesenbewuchs	Sr 90	9	0	0,034	2,6	0,64	Bq/kg(FM)
	K 40	20	0	86	290	207	
	Cs 137	20	8	0,062	0,50	0,23	
Grünfütterpflanzen (außer Weide- u. Wiesenbewuchs)	Sr 90	1	0	0,019		-	Bq/kg(TM)
	K 40	8	0	126	361	236	
	Cs 137	8	7	1,4		-	
Mais (ganze Pflanze)	K 40	4	0	319	419	364	Bq/kg(TM)
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	K 40	15	0	75	159	123	Bq/kg(TM)
	Cs 137	15	15	-	-	-	
Futterkartoffeln und Futterrüben	K 40	9	0	603	1240	772	Bq/kg(TM)
	Cs 137	9	6	0,31	0,36	0,33	
Sonstige Futtermittel	K 40	5	0	123	398	285	Bq/kg(TM)
	Cs 137	5	5	-	-	-	

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

Tabelle 5.2: Spezifische Sr-90, K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Futtermitteln aus NRW 2005

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Maisprodukte	K 40	3	0	96	406	286	Bq/kg(TM)
	Cs 137	3	3	-	-	-	
Schrote	K 40	3	0	628	777	700	Bq/kg(TM)
	Cs 137	3	1	0,24	0,27	0,25	
Sonstige Futtermittel	K 40	5	0	191	716	402	Bq/kg(TM)
	Cs 137	5	4	0,35	-	-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
TM = Trockenmasse

Tabelle 5.3: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in importierten Futtermitteln 2005

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Futtergetreide (einschl. Maiskörner)	K 40	6	0	91	137	117	Bq/kg(TM)
	Cs 137	6	6	-	-	-	
Futterkartoffeln und Futterrüben	K 40	1	0	757		-	Bq/kg(TM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Maisprodukte	K 40	2	0	244	311	278	Bq/kg(TM)
	Cs 137	2	1	0,075		-	
Schrote	K 40	1	0	660		-	Bq/kg(TM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Kraffuttermischungen	K 40	8	0	182	406	301	Bq/kg(TM)
	Cs 137	8	4	0,063	0,30	0,16	
Sonstige Futtermittel	K 40	6	0	14	486	314	Bq/kg(TM)
	Cs 137	6	4	0,25	0,43	0,34	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
TM = Trockenmasse

Tabelle 5.4: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Futtermitteln aus der Handelsstufe 2005

Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Laub	K 40	10	0	50	412	269	Bq/kg(TM)
	Cs 137	10	2	0,87	21	7,1	
Nadeln	K 40	5	0	108	402	230	Bq/kg(TM)
	Cs 137	5	0	1,8	194	54	
Gras	K 40	10	0	340	1440	886	Bq/kg(TM)
	Cs 137	10	3	0,59	4,1	2,0	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
TM = Trockenmasse

Tabelle 5.5: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Pflanzen als Indikatoren aus NRW 2005

Lebensmittel

Der überwiegende Teil der Überwachung der Radioaktivität in Lebensmitteln erstreckt sich auf Produkte, die in Nordrhein-Westfalen erzeugt werden (796 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	146
Getreide	80
Obst	58
Kartoffeln	16
Schweinefleisch	70
Geflügelfleisch	46
Rindfleisch	36
Kalbfleisch	16
Rohmilch	119
Gesamtnahrung	146
Säuglings- und Kleinkindnahrung	33
Süßwasserfisch	29
Gewürz	1

Tabelle 5.6: Art und Anzahl von Erzeugerproben NRW

Die Lebensmittel pflanzlicher Herkunft aus ungeschütztem Anbau 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 gammaspectrometrisch untersucht. Ein Anteil zwischen 10 % und 30 %, abhängig von der Probenart, wird zusätzlich auf den Gehalt an Sr-90 analysiert. Bei den meisten (84%) 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 im Bereich von 0,05 – 0,9 Bq/kg(FM) bzw. Bq/l bzw. Bq/(d*p).

Bei importierten Lebensmitteln und bei Lebensmitteln aus der Handelsstufe liegen die Anteile der Proben mit einer spezifischen Cs-137 Aktivität unterhalb der Nachweisgrenze bei 87 %. Die Werte für messbare spezifische Cs-137 Aktivitäten bewegen sich in beiden Fällen zwischen 0,1 – 1,1 Bq/kg(FM) bzw. Bq/kg(TM) bzw. Bq/kg bzw. Bq/l (Tabelle 5.8 und Tabelle 5.9).

Lebensmittel - Erzeugerproben							
Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Sammelmilch (Kuh-)	Sr 90	29	0	0,014	0,22	0,053	Bq/L
	K 40	116	0	37	79	52	
	Cs 137	116	103	0,099	0,96	0,22	
Hofmilch (Kuh-)	Sr 90	1	0	0,049		-	Bq/L
	K 40	2	0	50	51	51	
	Cs 137	2	1	0,062		-	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	6	0	0,050	0,38	0,13	Bq/kg(FM)
	K 40	68	0	30	290	101	
	Cs 137	68	65	0,18	0,28	0,21	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	2	0	0,036	0,16	0,099	Bq/kg(FM)
	K 40	21	0	58	191	111	
	Cs 137	21	19	0,22	0,26	0,24	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	1	0	0,050		-	Bq/kg(FM)
	K 40	19	0	33	187	82	
	Cs 137	19	19	-	-	-	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	Sr 90	2	0	0,040	0,67	0,35	Bq/kg(FM)
	K 40	38	0	47	202	89	
	Cs 137	38	34	0,18	0,53	0,31	
Kartoffeln	Sr 90	5	1	0,010	0,12	0,051	Bq/kg(FM)
	K 40	16	0	113	143	128	
	Cs 137	16	14	0,15	0,43	0,29	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gerste-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	Sr 90	4	0	0,098	0,31	0,18	Bq/kg(FM)
	K 40	79	0	94	192	130	
	Cs 137	79	78	0,36		-	
Sonstige Getreidearten	K 40	1	0	95		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Kernobst	Sr 90	4	1	0,020	0,047	0,029	Bq/kg(FM)
	K 40	20	0	26	58	41	
	Cs 137	20	20	-	-	-	
Steinobst	Sr 90	1	0	0,089		-	Bq/kg(FM)
	K 40	12	0	42	108	69	
	Cs 137	12	12	-	-	-	
Beerenobst (außer Wald-/Wildbeeren)	K 40	21	0	41	112	60	Bq/kg(FM)
	Cs 137	21	21	-	-	-	
Wald-/Wildbeeren	K 40	1	0	29		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Sonstige Obstarten	K 40	4	0	86	112	98	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	3	0,10		-	
Rindfleisch	K 40	36	0	47	132	97	Bq/kg(FM)
	Cs 137	36	25	0,11	1,2	0,49	
Kalbfleisch	K 40	16	0	80	161	106	Bq/kg(FM)
	Cs 137	16	3	0,17	1,3	0,59	
Schweinefleisch	K 40	70	0	24	136	97	Bq/kg(FM)
	Cs 137	70	52	0,10	1,2	0,23	
Geflügelfleisch	K 40	46	0	28	126	84	Bq/kg(FM)
	Cs 137	46	40	0,10	0,26	0,19	

Süßwasserfisch	Sr 90	5	4	0,013		-	Bq/kg(FM)
	K 40	29	0	77	146	118	
	Cs 137	29	10	0,12	0,76	0,30	
Gesamtnahrung	Sr 90	20	0	0,022	1,61	0,30	Bq/(d*p)
	K 40	130	0	44	196	111	
	Cs 137	131	105	0,066	4,5	0,90	
Säuglings- und Klein- kindernahrung	Sr 90	6	1	0,000035	0,24	0,090	Bq/kg(FM)
	K 40	33	0	15	219	53	
	Cs 137	33	30	0,21	0,62	0,35	
Milchprodukte außer Käse, Frischprodukte	K 40	1	0	135		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	

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

Tabelle 5.7: Spezifische Sr-90, K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Lebensmitteln aus NRW 2005

Lebensmittel - Importproben							
Probenart	Radio- nuklid	Anzahl Werte Ge- samt	Anzahl Werte < NWG	Klein- ster Mess- wert	Größter Mess- wert	Mittel- wert	Einheit
Blattgemüse, unge- schützter Anbau	K 40	8	0	58	127	85	Bq/kg(FM)
	Cs 137	8	8	-	-	-	
Wurzelgemüse, unge- schützter Anbau	K 40	4	0	63	97	82	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Fruchtgemüse, unge- schützter Anbau	K 40	55	0	37	117	74	Bq/kg(FM)
	Cs 137	55	55	-	-	-	
Sprossgemüse, unge- schützter Anbau	K 40	7	0	42	137	89	Bq/kg(FM)
	Cs 137	7	7	-	-	-	
Kartoffeln	K 40	18	0	103	187	128	Bq/kg(FM)
	Cs 137	18	18	-	-	-	
Kulturpilze	K 40	1	0	140		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Getreidekörner (Wei- zen-, Roggen-, Gersten-, Hafer-, Mais-, Triticalekör- ner)	K 40	2	0	95	99	97	Bq/kg(FM)
	Cs 137	2	2	-	-	-	
Kernobst	K 40	6	0	29	41	36	Bq/kg(FM)
	Cs 137	6	6	-	-	-	
Steinobst	K 40	4	0	53	153	80	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Beerenobst (außer Wald-/Wildbeeren)	K 40	4	0	36	66	48	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Wald-/Wildbeeren	K 40	1	0	26		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	0	0,40		-	
Sonstige Obstarten	K 40	4	0	36	84	58	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Rindfleisch	K 40	10	0	79	111	97	Bq/kg(FM)
	Cs 137	10	8	0,32	0,52	0,42	

Kalbfleisch	K 40	15	0	45	141	98	Bq/kg(FM)
	Cs 137	15	3	0,19	0,86	0,44	
Schweinefleisch	K 40	16	0	85	161	108	Bq/kg(FM)
	Cs 137	16	14	0,15	0,20	0,17	
Geflügelfleisch	K 40	19	0	50	119	90	Bq/kg(FM)
	Cs 137	19	18	0,24	-	-	
Lammfleisch	K 40	3	0	36	103	98	Bq/kg(FM)
	Cs 137	3	3	-	-	-	
Haarwildfleisch	K 40	4	0	86	111	104	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	3	7,5	-	-	
Süßwasserfisch	K 40	7	0	89	162	116	Bq/kg(FM)
	Cs 137	7	3	0,24	1,6	1,1	
Seefisch	K 40	1	0	61	-	-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Käse aus Kuhmilch	K 40	9	0	16	28	23	Bq/kg(FM)
	Cs 137	9	8	0,089	-	-	
Käse aus Milch anderer Tiere	K 40	6	0	13	40	22	Bq/kg(FM)
	Cs 137	6	6	-	-	-	
Getreideprodukte außer Brot	K 40	1	0	106	-	-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Nahrungsmittel anderer Art	K 40	1	0	640	-	-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
FM = Feuchtmasse

Tabelle 5.8: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in importierten Lebensmitteln 2005

Lebensmittel - Handelsstufenproben							
Probenart	Radio-nuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Klein-ster Mess-wert	Größter Mess-wert	Mittel-wert	Einheit
bearbeitete Trinkmilch (Kuh-)	K 40	15	0	47	67	56	Bq/L
	Cs 137	15	12	0,18	0,35	0,24	
Blattgemüse, ungeschützter Anbau	K 40	15	0	52	166	94	Bq/kg(FM)
	Cs 137	15	15	-	-	-	
Wurzelgemüse, ungeschützter Anbau	K 40	11	0	62	177	100	Bq/kg(FM)
	Cs 137	11	10	0,10	-	-	
Fruchtgemüse, ungeschützter Anbau	K 40	16	0	59	122	79	Bq/kg(FM)
	Cs 137	16	16	-	-	-	
Sprossgemüse, ungeschützter Anbau	K 40	11	0	86	205	124	Bq/kg(FM)
	Cs 137	11	11	-	-	-	
Kartoffeln	K 40	10	0	101	148	129	Bq/kg(FM)
	Cs 137	10	10	-	-	-	
Blattgemüse, geschützter Anbau	K 40	6	0	79	180	136	Bq/kg(FM)
	Cs 137	6	6	-	-	-	
Getreidekörner (Weizen-, Roggen-, Gerste-, Hafer-, Mais-, Triticalekörner)	K 40	12	0	60	176	130	Bq/kg(FM)
	Cs 137	12	11	0,12	-	-	

Sonstige Getreidearten	K 40	1	0	120		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Schalenobst (Nüsse)	K 40	1	0	278		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Kernobst	K 40	23	0	24	49	36	Bq/kg(FM)
	Cs 137	23	23	-	-	-	
Steinobst	K 40	5	0	58	88	75	Bq/kg(FM)
	Cs 137	5	5	-	-	-	
Beerenobst (außer Wald-/Wildbeeren)	K 40	5	0	60	82	72	Bq/kg(FM)
	Cs 137	5	5	-	-	-	
Sonstige Obstarten	K 40	5	0	50	106	72	Bq/kg(FM)
	Cs 137	5	5	-	-	-	
Rindfleisch	K 40	17	0	62	133	99	Bq/kg(FM)
	Cs 137	17	10	0,11	1,5	0,42	
Kalbfleisch	K 40	7	0	40	126	101	Bq/kg(FM)
	Cs 137	7	1	0,17	0,74	0,53	
Schweinefleisch	K 40	20	0	52	155	110	Bq/kg(FM)
	Cs 137	20	13	0,12	0,26	0,18	
Geflügelfleisch	K 40	12	0	48	121	91	Bq/kg(FM)
	Cs 137	12	9	0,048	0,15	0,10	
Lammfleisch	K 40	4	0	23	64	52	Bq/kg(FM)
	Cs 137	4	3	0,13		-	
Haarwildfleisch	K 40	2	0	97	125	111	Bq/kg(FM)
	Cs 137	2	1	92		-	
Seefisch	K 40	1	0	62		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Käse aus Kuhmilch	K 40	16	0	16	55	25	Bq/kg(FM)
	Cs 137	16	16	-	-	-	
Käse aus Milch anderer Tiere	K 40	1	0	20		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137	1	1	-	-	-	
Milchprodukte außer Käse, Frischprodukte	K 40	22	0	25	75	56	Bq/kg(FM)
	Cs 137	22	18	0,11	0,39	0,19	
Milchprodukte außer Käse, Trockenprodukte	K 40	2	0	496	550	523	Bq/kg
	Cs 137	2	0	0,77	0,82	0,80	
Getreideprodukte außer Brot	K 40	2	0	140	172	156	Bq/kg(FM)
	Cs 137	2	2	-	-	-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
FM = Feuchtmasse

Tabelle 5.9: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Lebensmitteln aus der Handelsstufe 2005

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 deutlich zurückgegangen ist. Die Größenachse in den Zeitreihen ist, der besseren Darstellung wegen, logarithmisch aufgeteilt.

Zeitreihen für spezifische Cs-137 Aktivitätskonzentrationen in Erzeugerproben NRW 1986 - 2005								
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	
Rindfleisch	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	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
FM = Feuchtmasse

Tabelle 5.10: Spezifische Cs-137 Aktivität in Erzeugerproben NRW 1986 - 2005

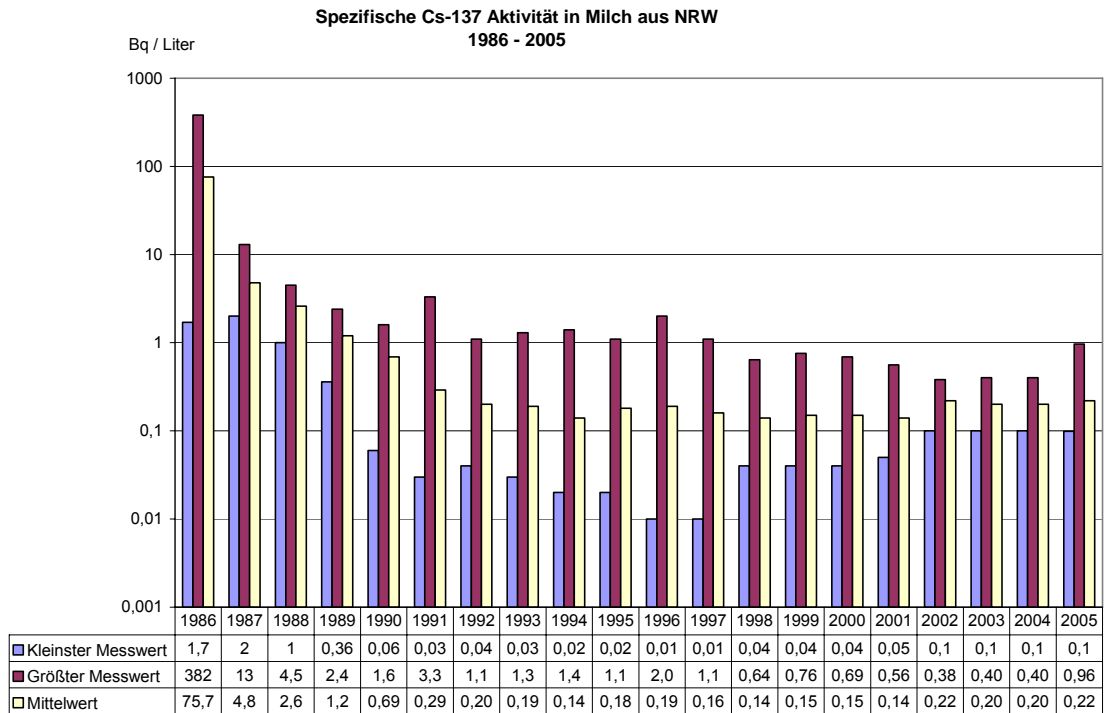


Abb. 5.3: Spezifische Cs-137 Aktivität in Milch NRW 1986 - 2005

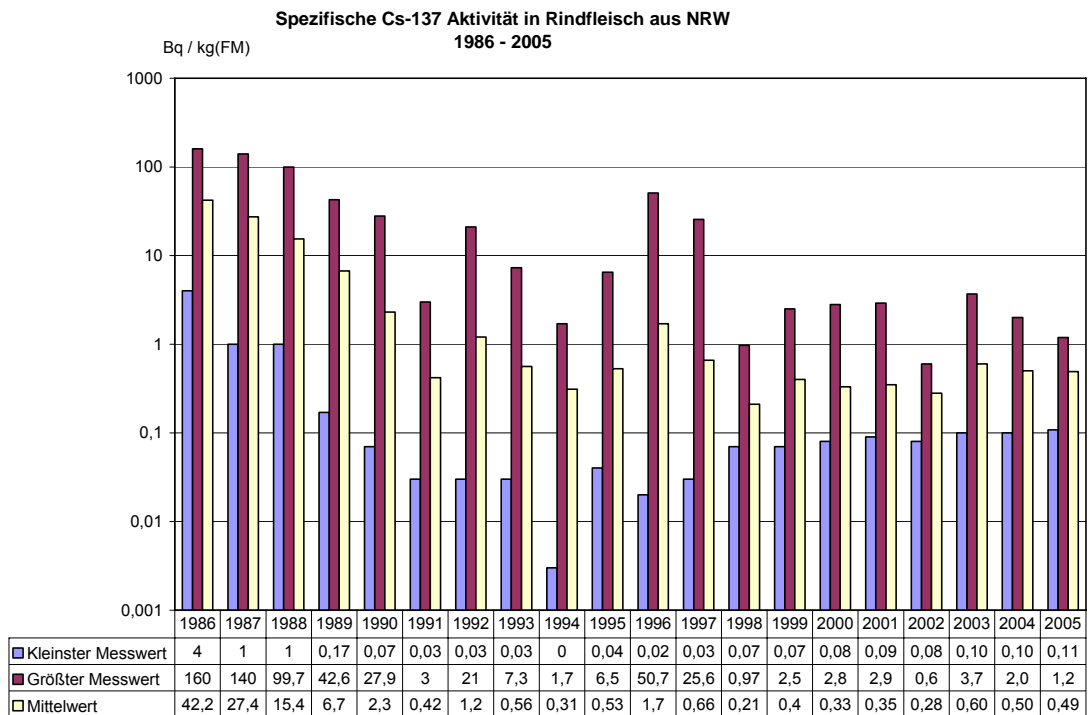


Abb. 5.4: Spezifische Cs-137 Aktivität in Rindfleisch NRW 1986 - 2005

Wildpilze und Wildfleisch

Diese beiden Lebensmittelgruppen können als einzige heute 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 am kritischsten 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.

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 der 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. Im Berichtsjahr 2005 wurde in keiner Probe ein Wert oberhalb des o.a. Grenzwertes festgestellt.

Wildwachsende, essbare 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 eines jeden Jahres 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.

Probenart	Radio-nuklid	HKL	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinster Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Fleischteilstück Hase	K 40	RA	1	0	86		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	1	-	-	-	
Fleischteilstück Hirsch	K 40	D	2	0	92	121	107	Bq/kg(FM)
	Cs 137		2	0	2,3	3,4	2,8	
Fleischteilstück Hirsch	K 40	NZ	2	0	108	111	110	Bq/kg(FM)
	Cs 137		2	2	-	-	-	
Fleischteilstück Reh	K 40	D	1	0	77		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	7,4	-	-	
Fleischteilstück Wildschwein	K 40	D	43	0	42	195	100	Bq/kg(FM)
	Cs 137		43	1	2,0	353	87	
Fleischteilstück Wildschwein	K 40	HU	1	0	111		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	7,5	-	-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze, FM = Feuchtmasse
HKL = Herkunftsland (RA: Argentinien, NZ: Neuseeland, HU: Ungarn)

Tabelle 5.11: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Wildfleisch aus NRW und in

importiertem Wildfleisch 2005

Probenart	Radio-nuklid	HKL	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinstes Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Birkenpilz (<i>Leccinum scabrum</i>)	K 40	D	1	0	89		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	0,26		-	
Hallimasch (<i>Armillariella mellea</i>)	K 40	D	1	0	129		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	3,0		-	
Kuhröhrling (<i>Suillus bovinus</i>)	K 40	D	1	0	40		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	147		-	
Lärchenröhrling (<i>Suillus äuginascens</i>)	K 40	D	2	0	44	88	66	Bq/kg(FM)
	Cs 137		2	0	9,7	75	42	
Maronenpilz (<i>Xerocomus badius</i>)	K 40	D	1	0	77		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	210		-	
Perlpilz (<i>Amanita rubescens</i>)	K 40	D	1	0	122		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	1	-	-	-	
Pfeifferling (<i>Cantharellus cibarius</i>)	K 40	D	1	0	160		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	2,2		-	
Pfeifferling (<i>Cantharellus cibarius</i>)	K 40	RU	1	0	200		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	191		-	
Pfeifferling (<i>Cantharellus cibarius</i>)	K 41	LT	3	0	159	184	175	Bq/kg(FM)
	Cs 138		3	0	0,92	41	14	
Rotfußröhrling (<i>Xerocomus chrysenteron</i>)	K 40	D	1	0	103		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	5,3		-	
Wild-Blätterpilze	K 40	D	1	0	192		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	75		-	
Wildpilzmischungen	K 40	D	1	0	71		-	Bq/kg(FM)
	Cs 137		1	0	12		-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
 FM = Feuchtmasse
 HKL = Herkunftsland (RU: Russische Föderation, LT: Litauen)

Tabelle 5.12: Spezifische K-40 und Cs-137 Aktivitäten in Wildpilzen aus NRW und in importierten Wildpilzen 2005

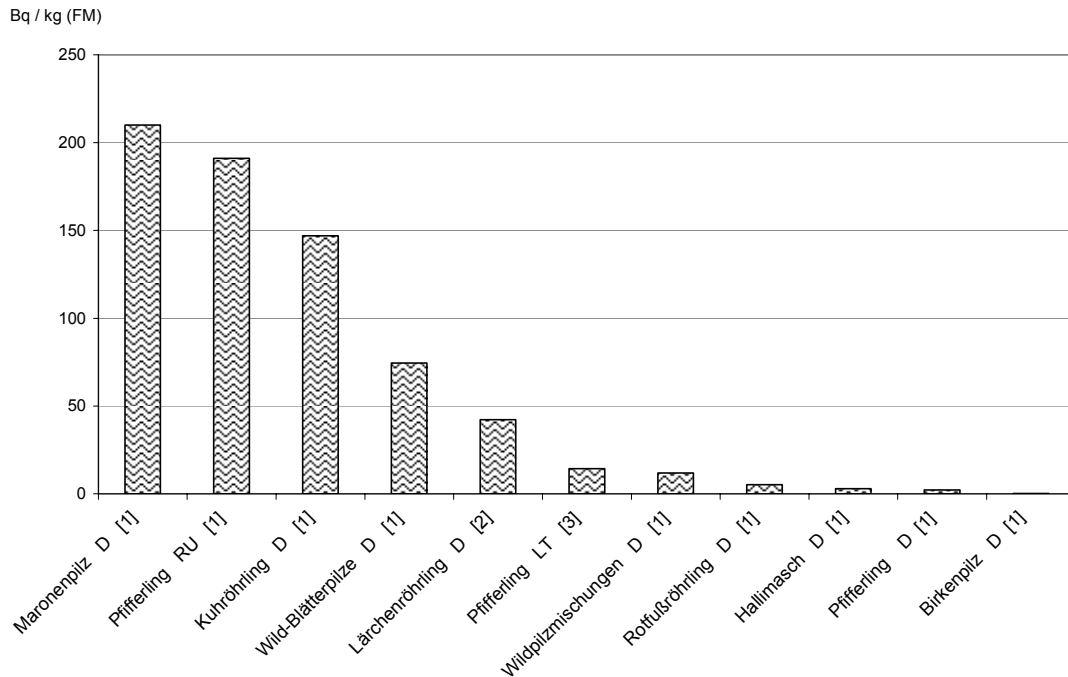


Abb. 5.5 Spezifische Cs-137 Aktivität in Wildpilzen aus NRW und importierten Wildpilzen 2005
Mittelwerte aus Einzelwerten bzw. Einzelwerte
Klammerangaben: Anzahl der Proben

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. 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 unterhalb bzw. im Bereich der geforderten Nachweisgrenze von 0,01 bzw. 0,05 Bq/L (Tab. 5.13).

Probenart	Radio-nuklid	An-zahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Klein-ster Mess-wert	Größter Mess-wert	Mittel-wert	Einheit
Grundwasser (nicht zur Trinkwassergewinnung)	Sr 90	3	2	0,023		-	Bq/L
	K 40	8	4	0,098	0,31	0,15	
	Cs 137	8	8	-	-	-	
	U 234	2	0	0,00067	0,0058	0,0033	
	U 235	2	1	0,00028		-	
	U 238	2	1	0,0020		-	
	Pu 238	2	2	-	-	-	
	Pu 239/240	2	2	-	-	-	

Rohwasser, geschützt, aus Grund- und Tiefenwasser	Sr 90	1	0	0,024		-	Bq/L
	K 40	6	5	0,14		-	
	Cs 137	6	6	-	-	-	
	U 234	2	0	0,0021	0,0058	0,0039	
	U 235	2	2	-	-	-	
	U 238	2	0	0,0010	0,0018	0,0014	
	Pu 238	2	2	-	-	-	
	Pu 239/240	2	2	-	-	-	
Rohwasser, ungeschützt, aus Oberflächenwasser	Sr 90	2	0	0,0020	0,017	0,0094	Bq/L
	K 40	6	2	0,031	0,14	0,092	
	Cs 137	6	5	0,00020		-	
Reinwasser aus geschützten Rohwasservorkommen	K 40	3	1	0,11	0,12	0,12	Bq/L
	Cs 137	3	3	-	-	-	
Reinwasser aus ungeschützten Rohwasservorkommen	Sr 90	4	0	0,0010	0,018	0,0083	Bq/L
	K 40	22	8	0,028	0,15	0,074	
	Cs 137	22	22	-	-	-	
	U 234	4	1	0,00024	0,012	0,0078	
	U 235	4	4	-	-	-	
	U 238	4	3	0,00017		-	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	4	4	-	-	-	
Reinwasser aus Mischrohwasser	K 40	8	6	0,081	0,31	0,19	Bq/L
	Cs 137	8	8	-	-	-	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze

Tabelle 5.13: Spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Trink- und Grundwasser aus Wasserwerken und Brunnen NRW 2005

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). Die Cs-137 – Aktivitätskonzentrationen in Sedimenten und Schwebstoffen liegen im Bereich von einigen Bq/kg(TM) bis zu 156 Bq/kg(TM). Dabei sind die Mittelwerte für stehende Gewässer größer als diejenigen der Fließgewässer (Tab. 5.14). Die Messwerte des I-131 sind auf Rückstände aus der Radiojodtherapie zurückzuführen.

Probenart	Radionuklid	Anzahl Werte Gesamt	Anzahl Werte < NWG	Kleinsten Messwert	Größter Messwert	Mittelwert	Einheit
Wasser in Fließgewässern	Sr 90	7	1	0,0020	0,017	0,0073	Bq/L
	K 40	25	1	0,093	0,92	0,33	
	I 131	22	21	0,025		-	
	Cs 137	25	15	0,00023	0,0020	0,00080	
	H 3	25	25	-	-	-	
	U 234	8	0	0,0089	0,012	0,010	
	U 235	8	8	-	-	-	
	U 238	8	0	0,0064	0,0082	0,0074	
	Pu 238	8	8	-	-	-	
	Pu 239/240	8	8	-	-	-	

Schwebstoffe in Fließgewässern	K 40	16	0	33	1280	586	Bq/kg(TM)
	I 131	16	9	1,8	317	57	
	Cs 137	16	0	3,0	53	19	
Sedimente in Fließgewässern	K 40	26	0	367	747	524	Bq/kg(TM)
	I 131	26	21	0,91	2,9	1,6	
	Cs 137	26	1	0,67	49	10	
Wasser in stehenden Gewässern	Sr 90	2	0	0,0010	0,0065	0,0038	Bq/L
	K 40	25	9	0,051	0,22	0,099	
	Cs 137	25	23	0,00029	0,00034	0,00031	
	H 3	25	25	-	-	-	
Schwebstoffe in stehenden Gewässern	K 40	8	0	78	752	563	Bq/kg(TM)
	Cs 137	8	5	3,7	25	14	
Sedimente in stehenden Gewässern	K 40	25	0	231	984	519	Bq/kg(TM)
	I 131	25	21	0,50	0,93	1,5	
	Cs 137	25	0	1,5	156	40	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
 TM = Trockenmasse

Tabelle 5.14: Spezifische Aktivitäten verschiedener Radionuklide in Oberflächenwasser, Schwebstoffen und Sedimenten aus Flüssen und Seen NRW 2005

Abfälle und Kompost

In NRW werden 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 der Nachweisgrenze (Kläranlagen, Müllverbrennungsanlagen). Lediglich im Sickerwasser der Hausmülldeponien finden sich sehr geringe Werte (0,02 – 0,12 Bq/Liter). 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 Kläranlagenablauf	Sr 90	4	2	0,069	0,50	0,28	Bq/L
	K 40	40	11	0,03	0,9	0,3	
	I 131	40	11	0,030	0,85	0,272	
	Cs 137	40	39	0,20	-	-	
	U 234	4	0	0,0042	0,015	0,0095	
	U 235	4	4	-	-	-	
	U 238	4	0	0,0055	0,011	0,0077	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
	Pu 239/240	4	4	-	-	-	

Klärschlamm	Sr 90	4	1	3,4	13	7,8	Bq/kg(TM)
	K 40	40	0	62	447	190	
	I 131	40	0	0,86	458	81	
	Cs 137	40	1	1,8	16	5,6	
	U 234	4	0	28	42	36	
	U 235	4	0	1,1	1,8	1,5	
	U 238	4	0	22	33	29	
	Pu 238	4	4	-	-	-	
Pu 239/240	4	4	-	-	-		
Filterstaub, Filterasche	K 40	8	0	1360	3020	2144	Bq/kg(TM)
	I 131	8	6	0,42	0,44	0,43	
	Cs 137	8	1	19	60	38	
Kesselasche, Schlacke	K 40	8	0	191	308	244	Bq/kg(TM)
	I 131	8	7	1,1	-	-	
	Cs 137	8	2	0,94	3,0	1,4	
Feste Rückstände aus Rauchgaswäsche	K 40	8	0	4,5	311	79	Bq/kg(TM)
	I 131	8	3	0,85	196	45	
	Cs 137	8	4	0,054	8,5	4,1	
Flüssige Rückstände aus Rauchgaswäsche	K 40	4	0	3,1	20	11	Bq/L
	I 131	4	2	11	12	12	
	Cs 137	4	4	-	-	-	
Sicker- und Grundwasser	K 40	10	0	11	90	24	Bq/L
	Cs 137	10	5	0,052	0,27	0,11	
	H 3	10	0	9,0	210	67	
Kompost	K 40	2	0	579	696	638	Bq/kg(TM)
	Cs 137	2	0	11	11	11	

Anmerkung: NWG = Erzielte Nachweisgrenze
 TM = Trockenmasse

Tabelle 5.15: Spezifische Aktivitäten in Abfällen und Reststoffen NRW 2005

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.

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 beim damaligen Durchzug der Radioaktivitätswolke ab.
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.

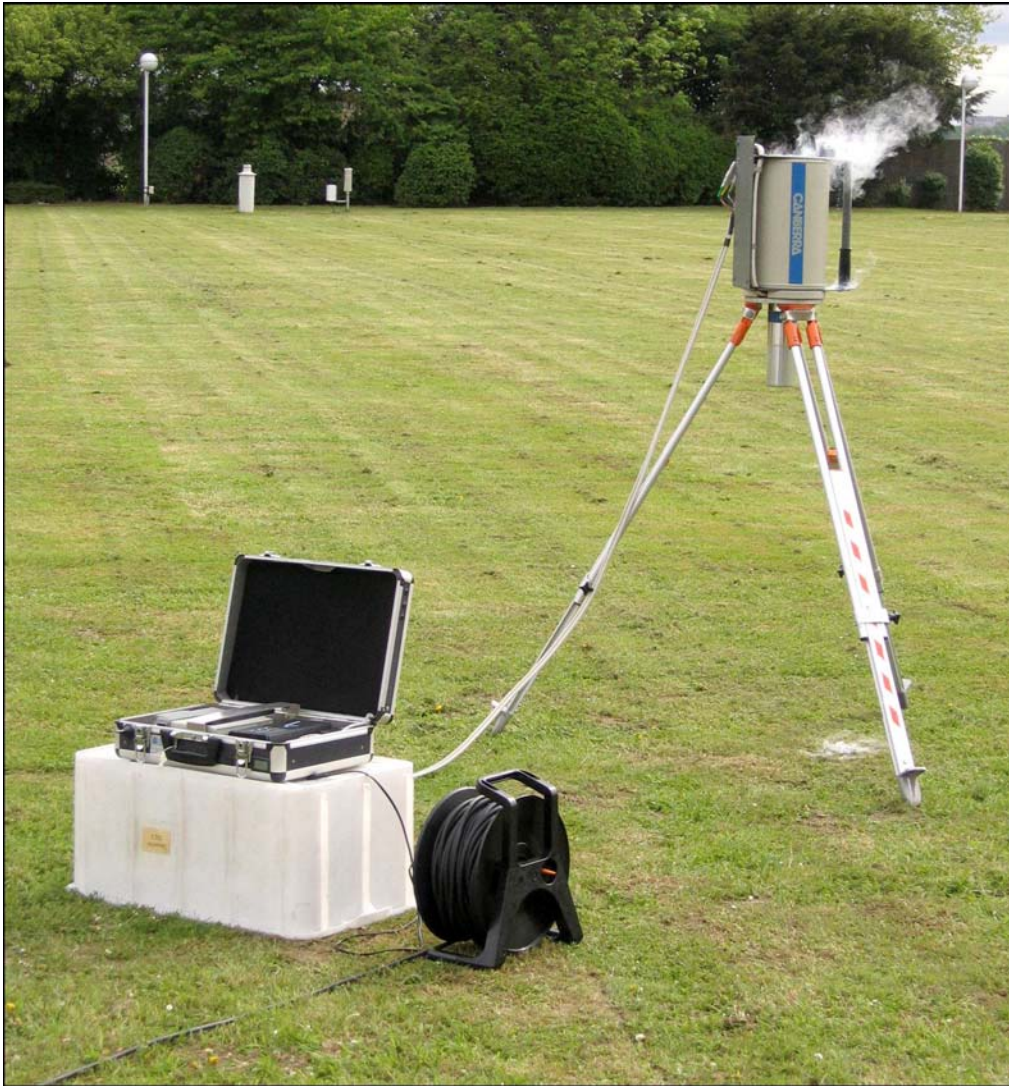


Abb. 5.6 In-situ-Messplatz im Feldeinsatz

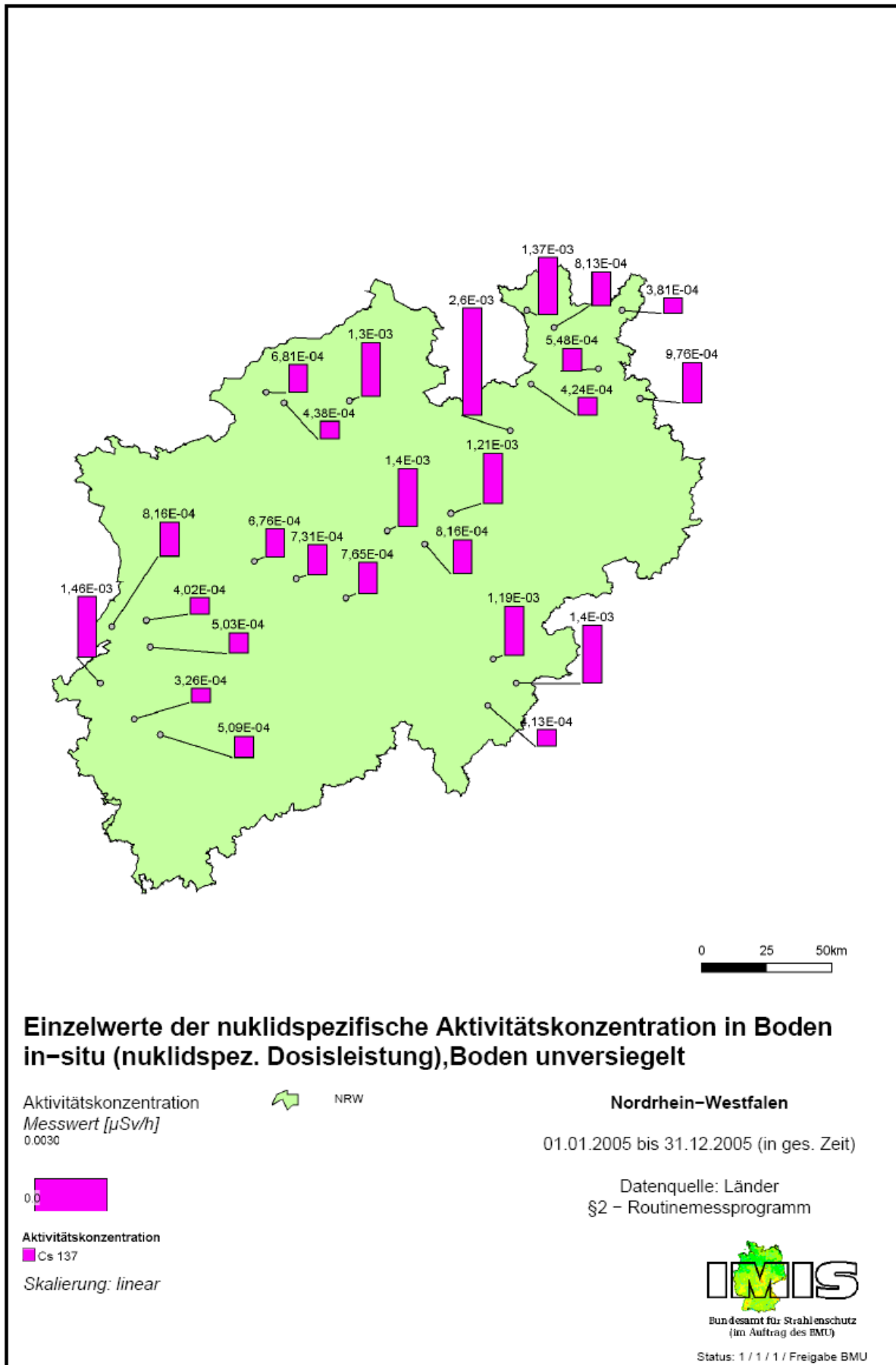


Abb. 5.7 in-situ-Messungen in NRW 2005 (Dosisleistung durch Cs-137 Aktivität)

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} 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} 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 (→ H₃-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 ²³⁸U 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 λ eines radioaktiven \rightarrow Zerfalls ist gleich dem Reziprokwert der mittleren Lebensdauer t . Zwischen der Zerfallskonstanten λ , der mittleren Lebensdauer t und der \rightarrow Halbwertszeit T bestehen folgende Beziehungen $\lambda = 1/t = \ln 2 / T$