



MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH

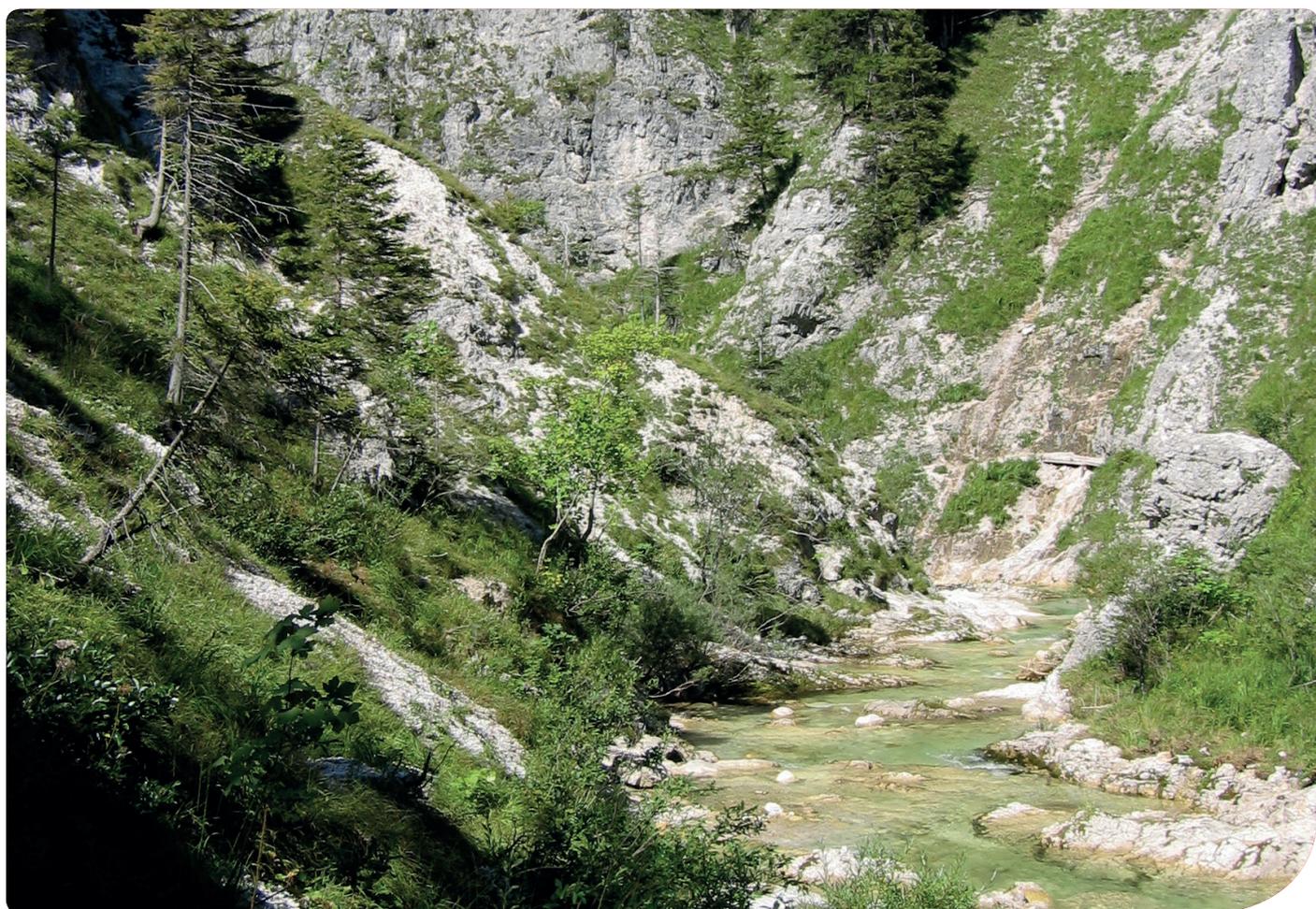


BUNDESMINISTERIUM
FÜR GESUNDHEIT

Radioaktivität und Strahlung in Österreich

2013 und 2014

Daten und Bewertung



Impressum

Herausgeber, Medieninhaber und Hersteller

Bundesministerium für Gesundheit (BMG),
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Text und Gestaltung

DI Nina Cernohlawek (BMLFUW Abt. I/7)
MR Mag. Manfred Ditto (BMG Sektion III)
Martin Korner (AGES)
DI Florian Smecka (AGES)

Bestellmöglichkeiten

Dieser Bericht ist kostenlos beim Bundesministerium für Gesundheit erhältlich.

Bestelltelefon: 0810 81 81 64

Internet: www.bmg.gv.at/publikationen

Druck

Kopierstelle des BMG

ISBN 978-3-903099-05-0

Erscheinungsdatum März 2016

VORWORT	1
DANKSAGUNG	2
ZUSAMMENFASSUNG	3
1. EINLEITUNG	5
1.1. Natürliche Strahlenexposition	5
1.1.1. Kosmische Strahlung	5
1.1.2. Natürliche Radionuklide	5
1.2. Zivilisatorische Strahlenexposition	6
1.2.1. Reaktorunfall von Tschernobyl	6
1.2.2. Kernwaffenversuche	7
1.2.3. Nuklearmedizin	7
1.2.4. Sonstige Quellen	7
2. DIE ÜBERWACHUNG ÖSTERREICHS AUF RADIOAKTIVE KONTAMINATION	8
2.1. Überwachungsnetz für Radioaktivität	8
2.1.1. Strahlenfrühwarnsystem	8
2.1.2. Laborgestütztes Überwachungsnetz für Radioaktivität	10
2.2. Anlagenüberwachung	11
3. ERGEBNISSE AUS DEM STRAHLENFRÜHWARNSYSTEM	12
4. ERGEBNISSE AUS DEM LABORGESTÜTZTEN ÜBERWACHUNGSNETZ	14
4.1. Luft	14
4.2. Niederschlag	18
4.3. Oberflächenwasser	23
4.4. Emissionen aus Kläranlagen	31
4.5. Sonstige Umweltmedien	34
4.5.1. Böden	34
4.5.2. Grundwasser	35
4.6. Lebensmittel	35
4.6.1. Milch	36
4.6.2. Obst, Gemüse, Kartoffeln und Getreide	40
4.6.3. Fleisch	40
4.6.4. Pilze	40
4.6.5. Trink- und Quellwasser	42
4.6.6. Gesamtnahrung	43
4.6.7. Sonstige Lebensmittel	43
4.6.8. Lebensmittel aus dem Ausland	43
4.6.9. Kontrolle von Lebensmitteln aus Japan nach dem Reaktorunfall von Fukushima	43

5. ERGEBNISSE AUS DER ANLAGENÜBERWACHUNG	45
6. STRAHLENEXPOSITION DER BEVÖLKERUNG	46
6.1. Natürliche Strahlenexposition	46
6.1.1. Externe Strahlenexposition	46
6.1.2. Interne Strahlenexposition	47
6.2. Zivilisatorische Strahlenexposition	48
6.2.1. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin	48
6.2.2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt	48
6.2.3. Berufliche Tätigkeit	48
6.2.4. Fallout von Kernwaffenversuchen	49
6.2.5. Kerntechnische Anlagen	49
6.2.6. Reaktorunfall von Tschernobyl	49
6.2.7. Reaktorunfall von Fukushima	49
6.3. Gesamte Strahlenexposition	49
LITERATUR	51

Vorwort

In Österreich wird gemäß Strahlenschutzgesetz eine systematische Überwachung auf Radioaktivität und Strahlung durchgeführt. Damit erfüllt Österreich auch Verpflichtungen im europäischen Rahmen. Mit dieser Überwachung sind das Bundesministerium für Gesundheit und das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft beauftragt. Um die Daten aus der Strahlenüberwachung in zusammenhängender und einheitlicher Form der Öffentlichkeit zu präsentieren, werden diese in einem gemeinsamen Bericht der zuständigen Ressorts zusammengefasst.

Über die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung in Österreich wurde, beginnend mit der Phase der oberirdischen Kernwaffenversuche, in einer Reihe von Publikationen berichtet. Der vorliegende Bericht ist der jüngste in dieser Reihe und gibt einen Überblick über die Radioaktivitäts- und Strahlenüberwachung in Österreich in den Jahren 2013 und 2014. Es werden darin Daten zur Radioaktivität und Strahlung in verschiedenen Bereichen, wie Umwelt und Lebensmittel, sowie die daraus für die Bevölkerung sich ergebenden Strahlendosen vorgestellt.

Danksagung

Es wird allen gedankt, die die Erstellung dieses Berichtes ermöglicht haben.

Insbesondere gilt unser Dank den Personen, die die Strahlenfrühwarnmessstellen vor Ort betreuen, den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der technischen Betriebsführung des Strahlenfrühwarnsystems und den für die Wartung der Messgeräte sowie der Datenübertragungseinrichtungen zuständigen Serviceteams.

Weiters sei allen, die bei den Probenahmen beteiligt waren, sowie den Kolleginnen und Kollegen in den Messlabors der AGES, deren Arbeit die wesentliche Grundlage für diesen Bericht bildet, gedankt.

Zusammenfassung

Im diesem Bericht werden Ergebnisse der in Österreich aufgrund des Strahlenschutzgesetzes in den Jahren 2013 und 2014 von den zuständigen Ressorts durchgeführten Strahlenüberwachung präsentiert. Insbesondere sind dies Resultate aus der großräumigen Überwachung der Umwelt auf radioaktive Verunreinigungen sowie der Lebensmittelkontrolle auf Radioaktivität. Weiters wird auf die sich aus natürlichen Strahlenquellen und der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung für die Bevölkerung ergebende Strahlendosis eingegangen.

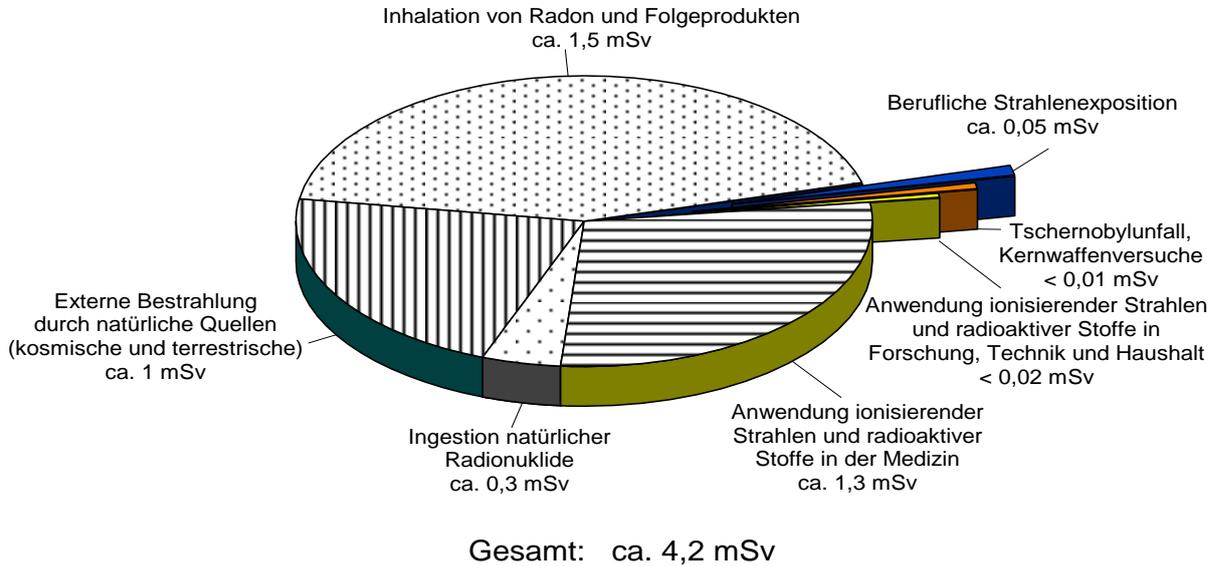
Zur großräumigen Überwachung der Umwelt wird ein Strahlenfrühwarnsystem betrieben, das an über 300 Orten ständig die Gammadosisleistung registriert und an einigen dieser Orte zusätzlich die Radioaktivität in der Luft bestimmt. Die aktuellen Messwerte dieses Systems werden automatisch an verschiedene öffentliche Stellen weitergeleitet. Weiters wird im Rahmen der großräumigen Umweltüberwachung der Radionuklidgehalt diverser Medien wie Luft, Niederschläge und Oberflächengewässer sowie Lebensmittel und Trinkwasser über regelmäßige Probenahmen und Untersuchungen im Labor überwacht. Ergänzend zu diesen Routineprogrammen werden Schwerpunktprojekte durchgeführt, die der Untersuchung bestimmter Medien sowie der besseren zeitlichen bzw. regionalen Erfassung der in der Umwelt vorhandenen radioaktiven Stoffe dienen.

Die durchschnittliche Strahlendosis der österreichischen Bevölkerung betrug im Berichtszeitraum rund 4,2 mSv pro Einwohner und Jahr, wobei die bei weitem überwiegenden Beiträge auf natürliche Strahlenquellen und medizinische Expositionen zurückzuführen sind. Im Vergleich dazu waren die Dosisbeiträge der übrigen Strahlenquellen sehr gering.

Die mittlere effektive Dosis aufgrund der natürlichen Strahlenexposition beträgt ca. 2,8 mSv pro Einwohner und Jahr, wobei das radioaktive Edelgas Radon über die Inhalation im Mittel mehr als die Hälfte dazu beiträgt. Die natürliche Strahlenexposition ist jedoch – hauptsächlich aufgrund unterschiedlicher Radonwerte – erheblichen Schwankungsbreiten unterworfen. So gibt es Gebiete mit besonderen geologischen Bedingungen, in denen wegen hoher Radonkonzentrationen die mittlere Dosis bei weitem überschritten wird.

Die zivilisatorische Strahlenexposition ist zum überwiegenden Teil durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin – insbesondere in der Röntgendiagnostik – bedingt und führte im Berichtszeitraum zu einer mittleren effektiven Dosis von ca. 1,4 mSv pro Einwohner und Jahr. Mit weniger als 0,01 mSv pro Jahr war im Vergleich dazu die im Berichtszeitraum sich aus den Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl für die österreichische Bevölkerung ergebende Strahlendosis gering.

Strahlenexposition der Bevölkerung in den Jahren 2013 und 2014
(Effektive Dosis pro Einwohner und Jahr)



Der Gehalt an radioaktiven Stoffen künstlichen Ursprungs in der Luft, den Niederschlägen und den Oberflächengewässern war im Berichtszeitraum ähnlich gering wie in den Vorjahren und im Wesentlichen durch den Tschernobylunfall bestimmt. Die Werte für Cäsium-137 – dem einzigen Nuklid aus dem Tschernobyl-Fallout, das noch immer von gewisser Bedeutung ist – liegen in diesen Medien nur noch geringfügig über jenen vor dem Reaktorunfall. Im Boden bestimmter Regionen Österreichs dagegen sind für Cäsium-137 weiterhin deutlich höhere Werte als vor dem Tschernobylunfall zu finden. Da das Radiocäsium in den meisten landwirtschaftlich genutzten Böden fest an Tonminerale gebunden ist und somit für eine Aufnahme durch Pflanzen nur in einem sehr geringen Ausmaß zur Verfügung steht, weisen Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte im Allgemeinen nur noch geringe Aktivitäten an Cäsium-137 auf. Im Vergleich dazu deutlich höhere Werte finden sich jedoch nach wie vor in einigen Waldprodukten, etwa in wildwachsenden Pilzen und Wild, da in naturnahen Waldökosystemen keine so effektive Fixierung von Cäsium erfolgt, und dieses somit weiterhin biologisch verfügbar bleibt. Pilze und Wild werden normalerweise nicht in erheblichen Mengen verzehrt, weshalb die sich dadurch für die Bevölkerung ergebende Strahlendosis gering ist.

1. Einleitung

Der Mensch steht seit jeher unter der Einwirkung der Strahlung von natürlichen radioaktiven Stoffen und der kosmischen Strahlung. Zu dieser natürlichen Strahlenexposition kommt seit einiger Zeit eine zivilisatorisch bedingte Exposition durch Strahlenquellen nicht natürlichen Ursprungs hinzu. Diese wird derzeit hauptsächlich durch die Anwendung ionisierender Strahlung in der Medizin bewirkt.

1.1. Natürliche Strahlenexposition

Zur natürlichen Strahlenexposition tragen die kosmische Strahlung sowie die Strahlung von in der Umwelt vorhandenen natürlichen radioaktiven Stoffen bei.

Die Exposition durch natürliche Strahlenquellen kann durch zivilisatorische Maßnahmen unter Umständen beträchtlich erhöht werden. So führt beispielsweise die Reduzierung der Ventilationsrate in Wohnungen zu einer Anreicherung von Radon und damit zu einer Erhöhung der Strahlendosis für die Bewohner. Auch Aktivitäten wie Flüge in großen Höhen oder Arbeiten bei Vorhandensein erhöhter natürlicher Radioaktivität erhöhen die Exposition durch natürliche Strahlenquellen. Deshalb hat die natürliche Strahlenexposition – insbesondere die zivilisatorisch veränderte – in den letzten Jahren zunehmende Aufmerksamkeit im Strahlenschutz erlangt. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Komponenten der natürlichen Strahlung gegeben.

1.1.1. Kosmische Strahlung

Die kosmische Strahlung ist überwiegend galaktischen, zu einem geringen Teil solaren Ursprungs. Ihre Intensität ist stark höhenabhängig, da die Strahlung durch die Atmosphäre abgeschwächt wird. Das bedeutet, dass die kosmische Strahlung im Gebirge deutlich höher ist als auf Meeresebene.

1.1.2. Natürliche Radionuklide

Natürliche radioaktive Stoffe sind in unserer gesamten Biosphäre enthalten. Sie sind entweder primordial (dh sie waren bereits bei der Entstehung des Sonnensystems, also „von Anfang an“ vorhanden) und aufgrund ihrer langen Halbwertszeiten noch immer existent bzw. Folgeprodukte von primordialen Radionukliden, oder sie werden durch die kosmische Strahlung in den obersten Schichten der Atmosphäre ständig erzeugt. Die natürlichen Radionuklide lassen sich somit in drei Gruppen einteilen:

- Radionuklide der Zerfallsreihen
- primordiale Radionuklide außerhalb von Zerfallsreihen
- Radionuklide, erzeugt durch die kosmische Strahlung

Die meisten natürlichen Radionuklide entstammen einer der drei Zerfallsreihen, an deren Anfang jeweils ein primordiales Radionuklid steht. Eines der bedeutendsten davon ist Radon-222, ein Radionuklid aus der Uran-Radium-Reihe. Radon-222 hat eine Halbwertszeit von 3,8 Tagen und entsteht beim Zerfall von Radium-226 (Halbwertszeit 1600 Jahre). Als Edelgas ist Radon besonders mobil und kann deshalb relativ leicht aus dem Trägermaterial entweichen (Emanation) und in die freie Atmosphäre gelangen und dort durch Inhalation zu einer

Strahlenexposition des Menschen führen. Kommt es zur Anreicherung von Radon in der Atemluft, wie etwa in schlecht ventilierten Innenräumen, kann diese Strahlenexposition ein beträchtliches Ausmaß erreichen.

Von den natürlichen primordialen Radionukliden außerhalb der Zerfallsreihen ist lediglich Kalium-40 von Bedeutung. Kalium-40 kommt zu etwa 0,012 % im natürlichen Kalium vor und hat eine Halbwertszeit von 1,28 Milliarden Jahren. Kalium ist ein essentielles Element und wird über die Nahrung in den Körper aufgenommen. Es ist Bestandteil jeder Zelle, wobei das Muskelgewebe und das rote Knochenmark besonders reich an Kalium sind. Der Körper eines Erwachsenen enthält ca. 130 g Kalium und damit etwa 4000 Bq Kalium-40.

Durch Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit den Atomen der äußersten Atmosphärenschichten entstehen ständig radioaktive Nuklide (kosmogene Radionuklide), die teilweise auch in die unteren Schichten der Atmosphäre und von dort in die gesamte Biosphäre gelangen. Durch die dauernde, im Wesentlichen gleichmäßige Neubildung und den radioaktiven Zerfall stellt sich ein stationärer Zustand ein, sodass die Gesamtmenge dieser Radionuklide konstant bleibt.

Die wichtigsten kosmogenen Radionuklide sind Tritium (Halbwertszeit 12,3 Jahre), Kohlenstoff-14 (Halbwertszeit 5736 Jahre) und Beryllium-7 (Halbwertszeit 53,4 Tage). Kohlenstoff-14 wird in organisches Material eingebaut und gelangt so in die Nahrungskette. Dies gilt auch für Tritium (OBT – organically bound tritium). In Form von tritiiertem Wasser (HTO) nimmt Tritium auch am Wasserkreislauf teil.

Das derzeit in der Biosphäre befindliche Tritium ist jedoch nur zu einem geringen Teil kosmogen. Der weitaus überwiegende Teil stammt aus den oberirdischen Kernwaffentests der Fünfziger- und Sechzigerjahre. Bei diesen Tests entstand auch Kohlenstoff-14, wobei die entstandene Menge weit unter der natürlich vorhandenen Menge an Kohlenstoff-14 lag.

1.2. Zivilisatorische Strahlenexposition

Zur künstlichen Strahlenexposition der Bevölkerung tragen hauptsächlich die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Medizin, Technik und Forschung sowie die beim Reaktorunfall von Tschernobyl und bei den oberirdischen Kernwaffentests in die Umwelt freigesetzten Radionuklide bei. Der weitaus größte Teil der Exposition wird durch medizinische Anwendungen – insbesondere durch die Röntgendiagnostik – verursacht. Bei gewissenhaftem Einsatz steht hier jedoch der Nutzen für den Patienten weit über dem sich daraus ergebenden Strahlenrisiko. Im Folgenden wird auf die wichtigsten Quellen der in der Umwelt vorhandenen künstlichen Radionuklide eingegangen.

1.2.1. Reaktorunfall von Tschernobyl

Durch den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im April 1986 wurden große Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt, die in der Folge mit der Luftströmung auch nach Österreich gelangten. Die in der Luft befindlichen Radionuklide wurden im Wesentlichen durch Niederschläge auf den Erdboden und dessen Bewuchs abgelagert. In erster Linie war daher die jeweilige Niederschlagsituation während des Durchzugs der radioaktiv kontaminierten Luftmassen für das Ausmaß der regionalen Bodenkontamination ausschlaggebend.

Eine zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen des Tschernobylunfalls auf Österreich ist in /BKA 88/ gegeben.

Radionuklide aus dem Tschernobyl-Fallout bildeten auch in den Jahren 2013 und 2014 den größten Teil der in der österreichischen Umwelt vorhandenen künstlichen Radionuklide. Für die Strahlenexposition der Bevölkerung ist von diesen jedoch nur noch das langlebige Cäsium-137 (Halbwertszeit 30 Jahre) von gewisser Bedeutung. Die anderen Radionuklide sind aufgrund ihrer kurzen Halbwertszeiten schon weitgehend zerfallen oder spielen wegen ihrer geringen Freisetzungsmengen keine Rolle. Das zurzeit in der österreichischen Umwelt vorhandene Cäsium-137 stammt jedoch nicht ausschließlich aus dem Tschernobyl-Fallout, sondern etwa zu einem Zehntel aus dem Kernwaffentest-Fallout.

1.2.2. Kernwaffenversuche

Die oberirdischen Kernwaffentests – bis Ende 1980 insgesamt 418 Explosionen unterschiedlicher Stärke – erzeugten vor allem in den sechziger Jahren eine weltweite Kontamination der Biosphäre mit künstlichen radioaktiven Stoffen. Heutzutage sind von diesen nur noch die langlebigen Spaltprodukte Strontium-90 (Halbwertszeit 28,5 Jahre) und Cäsium-137 von Bedeutung. Das in großen Mengen freigesetzte Tritium ist zwar weiterhin in der Umwelt vorhanden, seine strahlenhygienische Bedeutung ist jedoch sehr gering.

1.2.3. Nuklearmedizin

In der nuklearmedizinischen Diagnostik werden verschiedene künstliche Radionuklide vor allem zur Abbildung physiologischer oder pathophysiologischer Vorgänge eingesetzt. Auch bei nuklearmedizinischen Therapiemethoden kommen künstliche Radionuklide zum Einsatz.

Geringe Mengen der in der Nuklearmedizin eingesetzten radioaktiven Stoffe gelangen – in erster Linie über die Ausscheidungen der Patienten – auch in die Umwelt. Der Hauptpfad führt über die Kanalisation in die Kläranlagen und von dort in die Oberflächengewässer. In den Gewässern ist von diesen Nukliden in der Regel nur noch Iod-131 (Halbwertszeit 8 Tage) zu finden.

1.2.4. Sonstige Quellen

Kernanlagen wie Kernkraftwerke, Forschungsanlagen und Wiederaufarbeitungsanlagen geben auch im Normalbetrieb geringe Mengen an diversen Radionukliden an die Umgebung ab. Die meisten dieser Nuklide werden in der Regel nicht großräumig verfrachtet, weshalb sie in Österreich normalerweise nicht zu finden sind. Ausnahmen davon sind das langlebige radioaktive Edelgas Krypton-85 (Halbwertszeit 10,8 Jahre), das über die Atmosphäre weiträumig transportiert wird, sowie Tritium, das sowohl über die Luft als auch über die Gewässer nach Österreich gelangt. Die durch diese beiden Nuklide verursachten Auswirkungen auf die Bevölkerung sind jedoch praktisch ohne Bedeutung.

Der Einsatz von Radionukliden in Industrie, Technik und Forschung sowie die Verwendung von solchen in Konsumprodukten kann prinzipiell ebenfalls zu einer Kontamination der Umwelt führen. Im Normalfall sind die freigesetzten Mengen jedoch sehr gering und können daher im Zuge der großräumigen Überwachung nicht nachgewiesen werden.

2. Die Überwachung Österreichs auf radioaktive Kontamination

Die mögliche Gefährdung der Bevölkerung durch die radioaktiven Kontaminationen infolge der Kernwaffenversuche während der 1950er und 1960er Jahre war der Anlass, in Österreich eine systematische Messtätigkeit bezüglich der Radioaktivität in der Biosphäre aufzunehmen. So wurde bereits im Jahr 1957 die erste Messstelle zur Aerosolüberwachung in Zusammenarbeit zwischen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und dem damaligen Bundesministerium für soziale Verwaltung errichtet – weitere folgten in relativ kurzen Abständen. In den folgenden Jahren wurde die Überwachung schrittweise auch auf andere Umweltmedien sowie auf Lebensmittel ausgedehnt.

Mit der Verabschiedung des Strahlenschutzgesetzes (StrSchG BGBl. 227/1969) im Jahr 1969 wurde der großräumigen Überwachung auf radioaktive Verunreinigungen ein gesetzlicher Rahmen gegeben. Im § 37 (1) dieses Gesetzes heißt es unter anderem:

„Dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft obliegt die behördliche Überwachung auf großräumige radioaktive Kontaminationen in der Umwelt, insbesondere in Luft, in Niederschlägen, im Grundwasser, in oberirdischen Gewässern, in Abwässern, im Klärschlamm und im Boden. (...) Dem Bundesminister für Gesundheit und Frauen obliegt die Ermittlung der Radioaktivität in Lebensmitteln ...“.

Das Strahlenschutzgesetz regelt neben der großräumigen Überwachung der Umwelt auf radioaktive Verunreinigungen auch die behördliche Überwachung von Strahlenbetrieben. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) ist zuständig für die Überwachung der nuklearen Anlagen des Austrian Institute of Technology (AIT) und leistet Amtshilfe bei der Überwachung des Atom Instituts der Österreichischen Universitäten.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über den aktuellen Stand des Überwachungsnetzes für Radioaktivität und die im Rahmen der Anlagenüberwachung durchgeführten Kontrollprogramme gegeben.

2.1. Überwachungsnetz für Radioaktivität

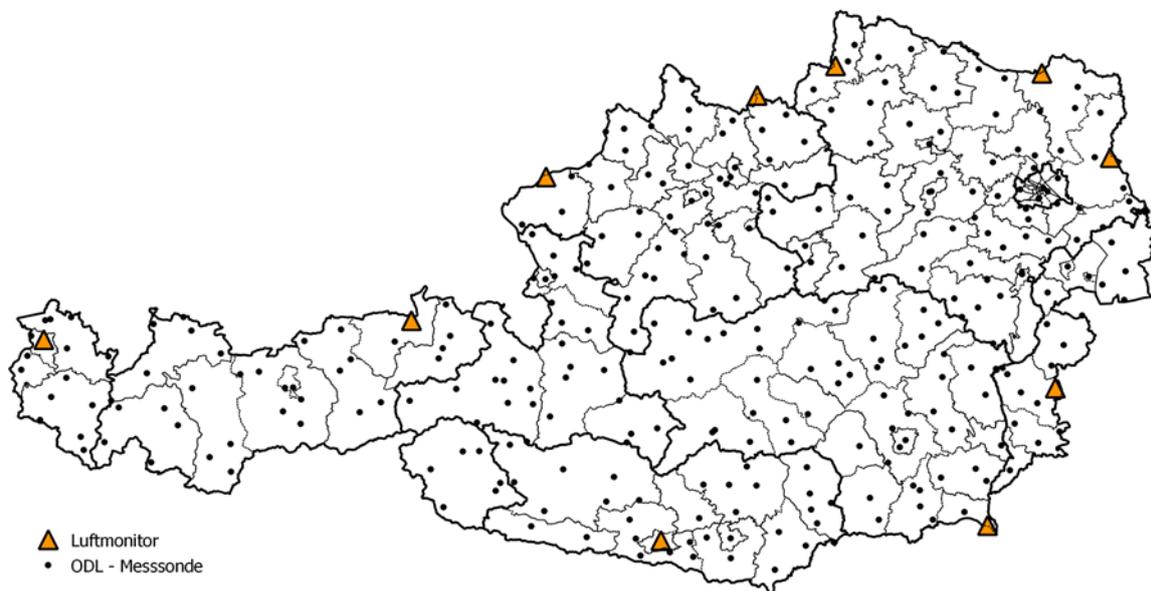
Um die Aufgabe der großräumigen Überwachung auf radioaktive Verunreinigungen zu erfüllen, wird ein Messnetz betrieben, das aus zwei, einander ergänzenden Komponenten besteht: aus dem Strahlenfrühwarnsystem und aus dem laborgestützten Überwachungsnetz für Radioaktivität. Diese zwei Komponenten unterscheiden sich grundsätzlich hinsichtlich ihrer Aufgaben, ihrer technischen Leistungsfähigkeit und ihrer Aussagemöglichkeit – gemeinsam bilden sie ein sehr wirkungsvolles Überwachungsinstrument.

2.1.1. Strahlenfrühwarnsystem

Zur raschen Erkennung und Beurteilung großräumiger radioaktiver Kontaminationen in Österreich wurde im Jahr 1975 durch das damalige Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz mit der Errichtung eines automatisch arbeitenden Strahlenfrühwarnsystems begonnen. Die Basis des Strahlenfrühwarnsystems bilden über 300 auf ganz Österreich verteilte Dosisleistungsmessstellen. Der Auswahl der Aufstellungsorte wurden folgende Kriterien zugrunde gelegt: Maschenweite des Netzes ca. 15 km, Berücksichtigung stärker

besiedelter Gebiete, Errichtung mehrerer Messstationen in Ballungsräumen, verstärkte Überwachung in grenznahen Regionen sowie in weiterer Folge auch die Errichtung von Höhenmessstationen.

Das Strahlenfrühwarnsystem registriert ständig die am Aufstellungsort der Messsonden herrschende Gammadosisleistung und übermittelt die gemessenen Werte laufend in die Bundesstrahlenwarnzentrale. Wird von einer oder mehreren Messstellen eine Dosisleistung von über 300 nSv/h gemeldet, so erfolgt eine genaue Klärung der Ursache und nötigenfalls die Einleitung entsprechender Maßnahmen. (Jahresberichte über das Strahlenfrühwarnsystem sowie die aktuellen Messwerte von über 100 Stationen sind auf der Website des BMLFUW www.strahlenschutz.gv.at zu finden, die aktuellen Messwerte auch im ORF-Teletext auf Seite 623.)



Im Strahlenfrühwarnsystem werden zusätzlich zu den Dosisleistungsmessgeräten auch Geräte betrieben, die ständig die in der Luft vorhandene Aktivität nuklidspezifisch messen und die Ergebnisse automatisch an die Zentralen weiterleiten. Diese Geräte sind auch mit einer meteorologischen Station zur Erfassung von relevanten Wetterdaten ausgestattet. Im Hinblick auf allfällige Emissionen im Ausland sind diese Geräte bevorzugt grenznah aufgestellt. Derzeit sind in Österreich zehn Luftmonitorstationen in Betrieb; vier weitere werden von Österreich in der Nähe von Kernkraftwerken in der Tschechischen Republik, der Slowakei, Ungarn und Slowenien betrieben.

Für eine rasche Erkennung der Ausbreitung luftgetragener Kontaminationen ist die Einbindung von Daten meteorologischer Stationen in das Informationssystem unumgänglich. Solche Daten werden von den teilautomatisierten Wetterstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) laufend erhoben und allen beteiligten Stellen zur Verfügung gestellt.

2.1.2. Laborgestütztes Überwachungsnetz für Radioaktivität

Das laborgestützte Überwachungsnetz, das neben dem Strahlenfrühwarnsystem den zweiten tragenden Bestandteil im Überwachungsnetz für Radioaktivität darstellt, bilden die Strahlenmesslabors der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES).

Die in den Labors überwiegend angewandten Messmethoden sind die hochauflösende Gammaskopimetrie und die Flüssigszintillationsspektrometrie. Beide Methoden erlauben eine nuklidspezifische Untersuchung der Prüfmedien sowie das Auffinden auch geringster Mengen an radioaktiven Stoffen. Genau hierin liegt die ideale Ergänzung zum Strahlenfrühwarnsystem, das zwar ein Ansteigen der Radioaktivität über ein bestimmtes Ausmaß hinaus sofort erfasst, jedoch weder geringfügige Erhöhungen der Radioaktivität feststellen noch – mit Ausnahme der Luftmonitore – nuklidspezifisch messen kann. Andererseits stellt das laborgestützte System aufgrund der – durch Probenahme und Messung bedingten – zwangsläufig auftretenden zeitlichen Verzögerung kein Frühwarnsystem dar.

Die Hauptaufgaben des laborgestützten Überwachungsnetzes sind, bundesweit jederzeit auch geringfügige Erhöhungen der Radioaktivität in Lebensmitteln sowie diversen Umweltmedien festzustellen und im Fall einer großräumigen Kontamination sofort die notwendigen Messungen durchführen zu können. Weiters sind die möglichen Auswirkungen solcher Kontaminationen zu beurteilen und deren zeitliche Entwicklung zu beobachten.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben wird mittels Probenahme und Untersuchung der Proben im Labor der Radionuklidgehalt von Lebensmitteln und Umweltmedien überwacht. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über das routinemäßig durchgeführte Überwachungsprogramm gegeben.

Zur Überwachung der Luft werden an elf Orten kontinuierlich Aerosolproben gesammelt und im regional zuständigen Labor nuklidspezifisch analysiert. Die Sammlung dieser Proben erfolgt mit Geräten, die eine Saugleistung von 100 m³/h aufweisen. Weiters stehen einige Anlagen zur Erfassung von Radioiod in gasförmiger Form zur Verfügung.

An neun Orten sind zur Kontrolle der Niederschläge Sammler mit Auffangflächen von 1000 bzw. 10 000 cm² aufgestellt.

Von den Oberflächengewässern werden in erster Linie die größeren grenzüberschreitenden Gewässer überwacht. Hauptsächlich erfolgt die Kontrolle auf der Basis von Stichproben – an einigen Flüssen werden zusätzlich auch kontinuierliche Sammlungen durchgeführt.

Emissionen der Kläranlagen Klagenfurt-Feuerbach, Graz-Gössendorf, Linz-Asten und Wien-Simmering werden regelmäßig überprüft.

Die Überwachung der Lebensmittel wird im Wesentlichen nach einem festgelegten Routinekontrollprogramm durchgeführt. Beprobte werden in erster Linie solche Lebensmittel, die aufgrund der durchschnittlichen Verzehrsmengen und/oder der Kontaminationssituation einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Ingestionsdosis liefern bzw. liefern könnten. Neben einheimischen Produkten werden auch Importwaren stichprobenartig kontrolliert.

Zusätzlich zu den stichprobenartigen Kontrollen von Importwaren wurden im Berichtszeitraum auf Basis entsprechender EU-Verordnungen lückenlose Kontrollen von Wildpilzimporten aus vom Tschernobylunfall betroffenen Drittländern sowie von direkt aus Japan nach Österreich importierten Lebensmitteln durchgeführt.

2.2. Anlagenüberwachung

Im Rahmen des Errichtungs- und Betriebsbewilligungsverfahrens werden von der zuständigen Behörde dem Betreiber einer kerntechnischen Anlage unter anderem Höchstwerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe an die Umgebung sowie die Überwachung und Protokollierung der Abgabemengen vorgeschrieben. Ergänzend zur Kontrolle der radioaktiven Emissionen hat der Betreiber auch eine umfangreiche Umgebungsüberwachung durchzuführen.

Gemäß § 17 des Strahlenschutzgesetzes ist der Betrieb von Strahlenbetrieben von der Bewilligungsbehörde periodisch zu überprüfen. Im Berichtszeitraum war das BMLFUW Bewilligungsbehörde für die nuklearen Anlagen des Austrian Institute of Technology (AIT) und daher für die § 17-Betriebsüberwachung zuständig. Mit der § 17-Überprüfung des Atominsti-tuts der Österreichischen Universitäten (AI) war das Wissenschaftsressort betraut. Die bei dieser Überwachung des AI anfallenden Emissions- und Immissionskontrollen wurden im Rahmen der Amtshilfe im Jahr 2013 vom BMLFUW durchgeführt. Ab dem Jahr 2014 wurde die AGES direkt vom Wissenschaftsressort mit diesen Kontrollen beauftragt.

Mit der Durchführung der messtechnischen Kontrollen war im Berichtszeitraum die Abteilung Strahlenschutz und Radiochemie (STRA) des Geschäftsfeldes Strahlenschutz (STS), eine Dienststelle der AGES, beauftragt.

3. Ergebnisse aus dem Strahlenfrühwarnsystem

Mit Hilfe des Strahlenfrühwarnsystems erfolgte auch in den Jahren 2013 und 2014 eine permanente Überwachung der Gammadosisleistung im gesamten Bundesgebiet. Die im Berichtszeitraum gemessenen Werte weisen auf keine aktuelle Kontamination mit Radionukliden hin. Die Ortsdosisleistung liegt in Österreich im Mittel etwa bei $0,1 \mu\text{Sv/h}$ und ist praktisch nur auf die kosmische Strahlung und die Strahlung natürlicher Radionuklide zurückzuführen. Detaillierte Ergebnisse aus dem Strahlenfrühwarnsystem sind auf der Website des BMLFUW www.strahlenschutz.gv.at zu finden.

In Abbildung 3.1. ist die zeitliche Entwicklung der Dosisleistung seit 1986 exemplarisch für die Messstelle Wolfsegg dargestellt. Es handelt sich dabei um eine durch den Reaktorunfall von Tschernobyl höher kontaminierte Region. Im Oktober 2009 wurde die Sonde vom Dach eines Gebäudes auf die Wiese versetzt. Auf dem neuen Standort herrscht eine etwas höhere terrestrische Strahlung, weshalb die Werte seit Oktober 2009 etwas erhöht sind.

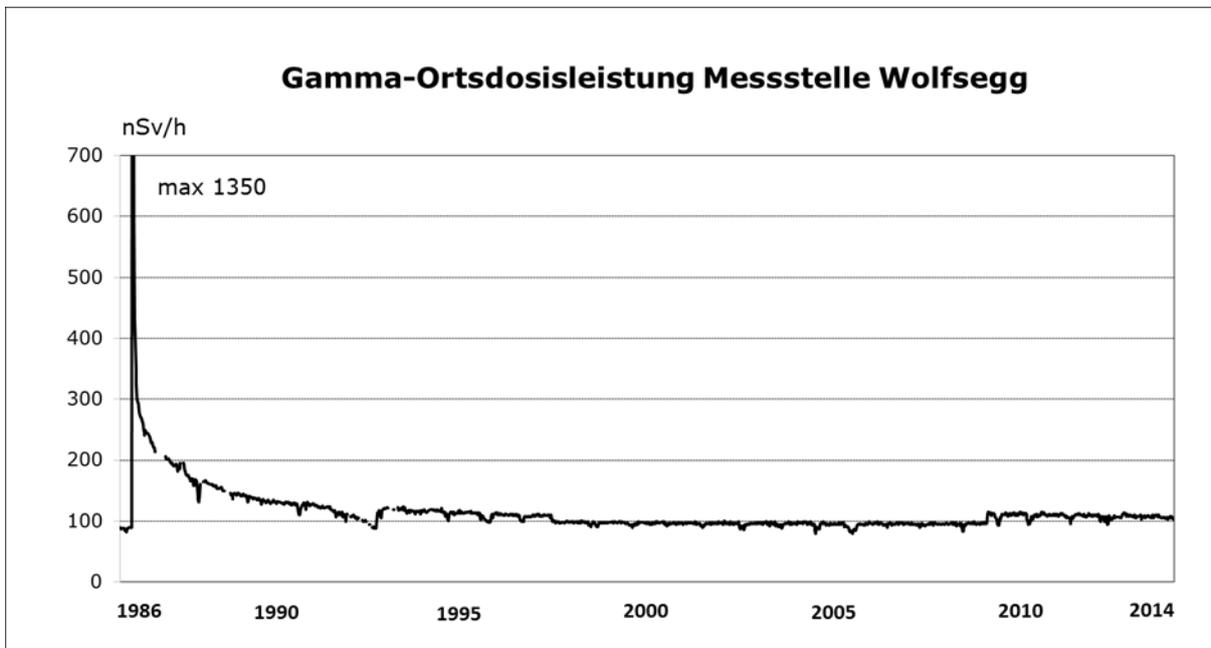


Abb. 3.1.: Verlauf der Ortsdosisleistung (Wochenmittelwerte) während der Jahre 1986 bis 2014 an der Messstelle Wolfsegg (OÖ)

Der dargestellte Langzeitverlauf der Dosisleistung ist typisch für das gesamte Bundesgebiet. An allen Messstellen kam es unmittelbar nach Eintreffen der durch den Reaktorunfall von Tschernobyl radioaktiv kontaminierten Luftmassen Ende April 1986 zu einem steilen Anstieg der Dosisleistung. Da die Radionuklide im Wesentlichen durch die Niederschläge deponiert wurden, korreliert das Maximum der Ortsdosisleistung grob mit der damals im Bereich der betreffenden Messstelle gefallenen Niederschlagsmenge. In den darauf folgenden Tagen und Wochen sanken die Werte rasch wieder ab. Dieser schnelle Abfall war hauptsächlich durch das Abklingen der kurzlebigen Radionuklide sowie durch Abwascheffekte an den Dachflächen im Bereich der Messstellen bedingt.

Die mit den Luftmonitoren des Strahlenfrühwarnsystems im Berichtszeitraum erhaltenen Messwerte weisen auf keine Kontamination der bodennahen Luft mit künstlichen Radionukliden hin. Die gemessenen Aktivitäten sind auf Folgeprodukte des natürlichen radioaktiven Edelgases Radon zurückzuführen. Im Freien ist die Konzentration an diesen Radionukliden von den geologischen Bedingungen am Standort sowie von den momentanen meteorologischen Verhältnissen abhängig. An den in Betrieb befindlichen Messstellen liegen die Werte für die Radonkonzentration im Allgemeinen zwischen etwa 0,5 und 50 Bq/m³. Die Abbildung 3.2 zeigt am Beispiel des Monats August 2014 den zeitlichen Verlauf der Radon-222-Konzentration in der bodennahen Luft an der Messstelle Leopoldschlag. Deutlich erkennbar ist der meteorologisch bedingte starke Tagesgang der Messwerte. Im Allgemeinen treten während der Nacht wegen der stabileren Luftverhältnisse höhere Werte auf. Durch die Tageserwärmung kommt es dann zu einer Durchmischung der radonhaltigen bodennahen Luft mit radonarmer Luft aus höheren Schichten, was in der Regel ein starkes Absinken der Radonkonzentration bewirkt.

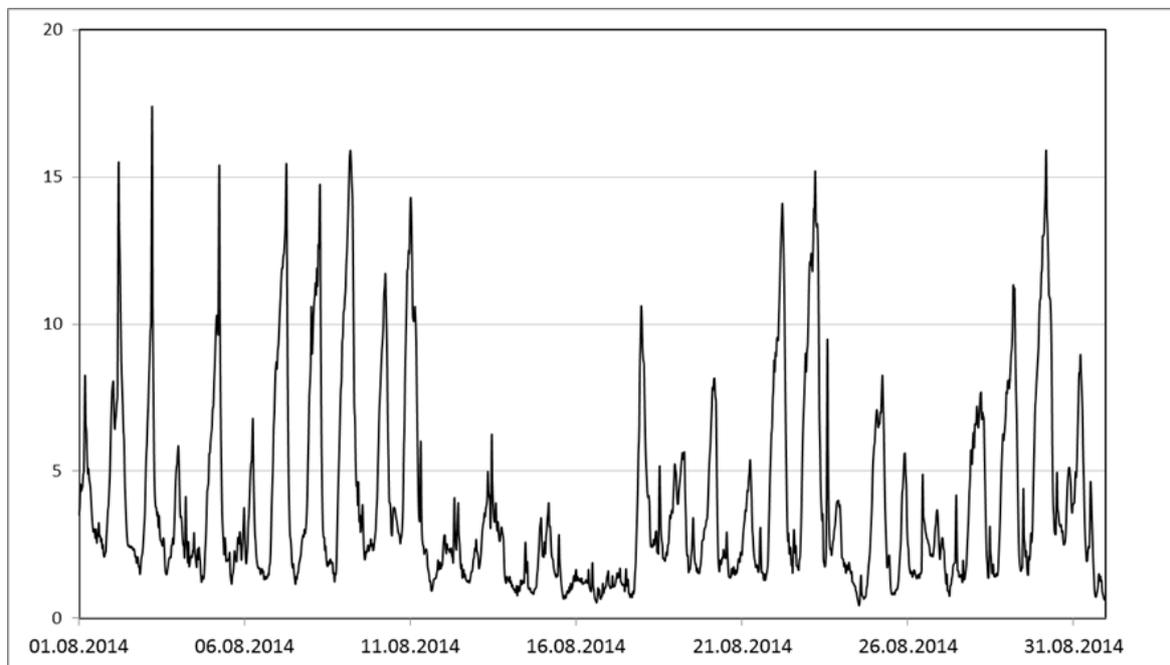


Abb. 3.2.: Verlauf der Radon-222-Konzentration (Stundenwerte) im August 2014 an der Messstelle Leopoldschlag

4. Ergebnisse aus dem laborgestützten Überwachungsnetz

Im Wesentlichen wurde das Routineprogramm der Vorjahre zur Kontrolle der Luft, der Niederschläge, der Oberflächengewässer und der Kläranlagenemissionen sowie der Lebensmittel und des Trinkwassers ohne größere Änderungen weitergeführt. Damit war auch in den Jahren 2013 und 2014 eine ausreichende Überwachung auf radioaktive Kontaminationen sichergestellt.

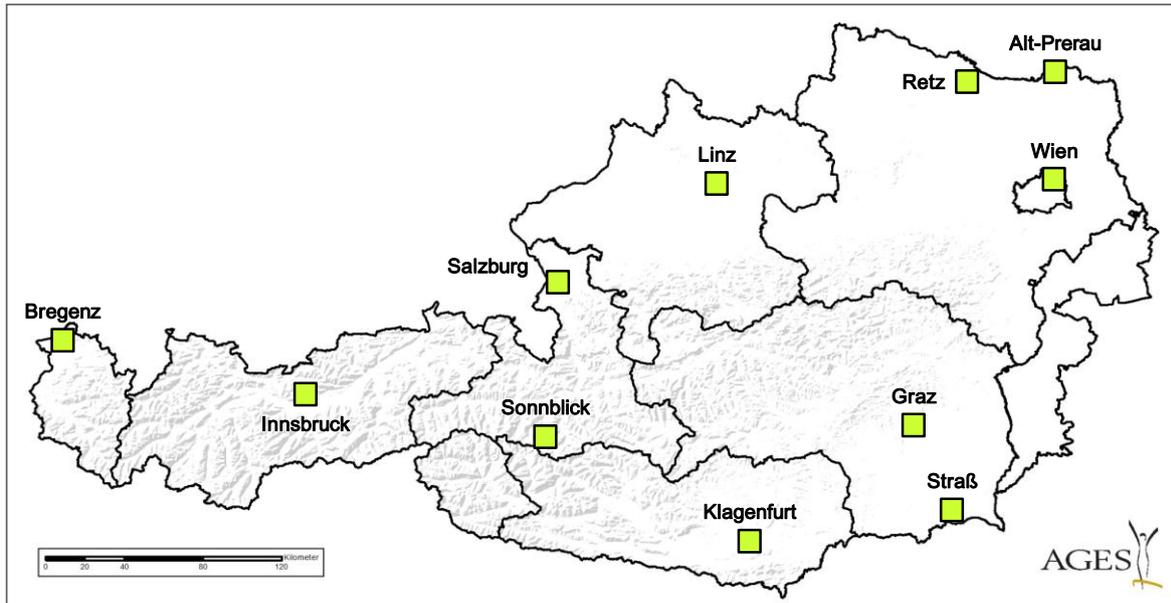
Die meisten Lebensmittel und Umweltmedien wiesen – wie schon in den Vorjahren – auch im Berichtszeitraum nur noch geringe Gehalte an künstlichen Radionukliden auf. Lediglich im Boden gewisser Regionen und in einigen Waldprodukten, wie bestimmten Pilzen und Wild, treten noch immer gegenüber der Zeit vor dem Tschernobylunfall erhöhte Werte auf. Die Gehalte an natürlichen radioaktiven Stoffen haben sich erwartungsgemäß gegenüber den Vorjahren nicht geändert. Im Folgenden wird auf die untersuchten Medien einzeln eingegangen.

4.1. Luft

Die Sammlung von Aerosolproben erfolgt mit Sammlern mit einem Luftdurchsatz von etwa 80 bis 100 m³/h. In Wien ist auch ein Hochvolumensammler mit etwa 800 bis 1000 m³/h im Einsatz. In Wien und in Linz werden zusätzlich Sammler für gasförmiges, nicht aerosolgebundenes Iod mit einer Leistung von etwa 10 m³/h betrieben. Der Sammelzeitraum für Luftproben beträgt im Allgemeinen eine Woche. Nur an der Sammelstelle auf dem Sonnblick in ca. 3100 m Seehöhe befindet sich ein Hochvolumensammler mit einem automatischen Filterwechselsystem. Die Filter werden hier täglich gewechselt. Die folgende Tabelle und die Abbildung geben einen Überblick über die Luftüberwachung.

Aerosolsammler in Österreich		
Sammelort	Probenehmer	Messstelle
Alt-Prerau	Landwirtschaftliche Industriegesellschaft Alt-Prerau	STRA
Straß	Bundesheer Straß	STRG
Bregenz	Bauhof Bregenz	STRI
Graz	VWT AGES Graz	STRG
Innsbruck	ZAMG Innsbruck	STRI
Klagenfurt	ZAMG Klagenfurt	STRA
Linz	RARA	RARA
Retz	ZAMG Retz	STRA
Salzburg	ZAMG Salzburg	RARA
Sonnblick	ZAMG Salzburg	RARA
Wien	STRA	STRA

Aerosolsammler in Österreich (Überblick)



Die Luftproben werden nach Einlangen an der jeweiligen Messstelle sofort auf das Vorhandensein erhöhter radioaktiver Kontaminationen mittels Gammaskopie untersucht. Um auch geringe Mengen an gammastrahlenden Radionukliden feststellen zu können, erfolgt nach Abklingen der natürlichen Radonfolgeprodukte eine Langzeitmessung. Somit ist es möglich, großräumige Verfrachtungen selbst sehr geringer Aktivitäten zu erkennen bzw. langfristige Trends von bereits vorhandenen Kontaminationen zu verfolgen.

Natürliche Radionuklide

Radon

Die aus dem Boden austretenden radioaktiven Edelgase Radon-220 (aus der Thorium-Reihe) und Radon-222 (aus der Uran-Radium-Reihe) werden über ihre kurzlebigen gammastrahlenden Folgeprodukte qualitativ nachgewiesen. Laut nationalen und internationalen Angaben liegt die mittlere Radon-Konzentration in der freien Atmosphäre zwischen 2 und 20 Bq/m³. Dies wird durch die Messungen mit den Luftmonitoren des Strahlenfrühwarnsystems bestätigt (siehe Kap. 3).

Beryllium-7, Blei-210 und Natrium-22

In Abbildung 4.1.1. sind exemplarisch die seit 1987 gemessenen Wochenwerte für das durch die kosmische Strahlung erzeugte Beryllium-7 für die Sammelstelle Klagenfurt grafisch dargestellt. An den übrigen Sammelstellen wurden naturgemäß sehr ähnliche Werte und Verläufe gefunden. Die Konzentration an Beryllium-7 in der Luft ist von meteorologischen Faktoren abhängig und weist einen groben jahreszeitlichen Gang mit Maximum im Sommerhalbjahr und Minimum im Winterhalbjahr auf.

In Tabelle 4.1.1. sind für alle Sammelstellen die minimalen und maximalen Wochenwerte der Beryllium-7-, Blei-210- und Natrium-22-Aktivitätskonzentration für die Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt. Natrium-22 ist wie Beryllium-7 ein kosmogenes Radionuklid, Blei-210

stammt aus der Uran-Radium-Reihe und ist das erste langlebige Folgeprodukt von Radon-222. Die durch Inhalation dieser Nuklide verursachte Strahlenexposition ist sehr gering.

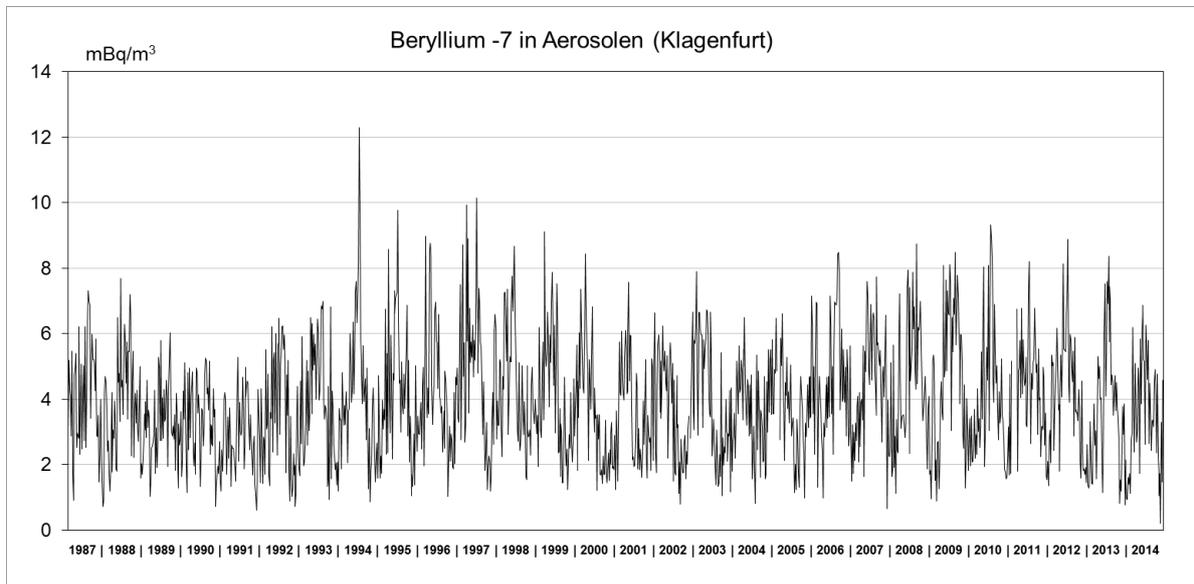


Abb. 4.1.1.: Verlauf der Beryllium-7-Aktivitätskonzentration (Wochenwerte) in Aerosolen während der Jahre 1987 bis 2014 an der Sammelstelle Klagenfurt

Tabelle 4.1.1.: Minimale und maximale Wochenwerte der Beryllium-7-, Blei-210- und Natrium-22-Aktivitätskonzentrationen für alle Sammelstellen

Aktivitätskonzentration natürlicher Radionuklide in Aerosolen			
	Beryllium-7 [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]	Blei-210 [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]	Natrium-22 [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]
Alt-Prerau	993 – 7192	n.b. – 1114	n.n. – 0,9
Bregenz	598 – 7896	146 – 1329	n.b.
Graz	207 – 6970	218 – 1815	n.b.
Innsbruck	437 – 7700	n.n. – 1601	n.b.
Klagenfurt	198 – 8369	n.n. - 2066	n.n. – 2
Linz	534 – 13500	94 – 1934	n.n.
Retz	772 – 7383	142 – 1301	n.n – 1
Salzburg	225 – 9160	181 – 1409	n.n. – 1
Sonnblick	112 – 23780	n.n. – 2176	n.b.
Straß	564 – 9701	403 – 1896	n.b.
Wien	733 – 7773	195 – 1535	n.n. – 2,4
Wien (gr. Sammler)	594 – 6582	180 – 1626	n.n. – 0,9

n.n. ... nicht nachgewiesen

n.b. ... nicht bestimmt

Künstliche Radionuklide

Cäsium-137

Cäsium-137 ist das einzige künstliche Radionuklid, das zurzeit regelmäßig in der bodennahen Luft nachgewiesen wird. Zum Großteil stammt es aus dem Tschernobylunfall im April 1986, ein wesentlich kleinerer Teil ist noch auf die oberirdischen Kernwaffenversuche der 1950er und 1960er Jahre zurückzuführen. In die bodennahe Atmosphäre gelangt Cäsium-137 durch die Aufwirbelung von kontaminiertem Bodenmaterial (Resuspension). Für die auftretenden Aktivitätskonzentrationen sind daher sowohl meteorologische Faktoren, wie Inversionswetterlagen und Luftbewegungen, als auch die primäre Fallout-Situation nach dem Reaktorunfall, die das Ausmaß der Kontamination des Bodens bestimmte, maßgebend.

In Abbildung 4.1.2 sind exemplarisch die seit 1987 gemessenen Wochenwerte für Cäsium-137 für die Sammelstelle Klagenfurt grafisch dargestellt (logarithmische Skala). An den übrigen Sammelstellen wurden ähnliche Werte und Verläufe registriert. Die in den Herbst- und Wintermonaten regelmäßig auftretenden Erhöhungen der Radiocäsiumkonzentration in der Luft (siehe Abb. 4.1.2.) lassen sich mit dem häufigen Auftreten von austauscharmen Wetterlagen in dieser Jahreszeit erklären.

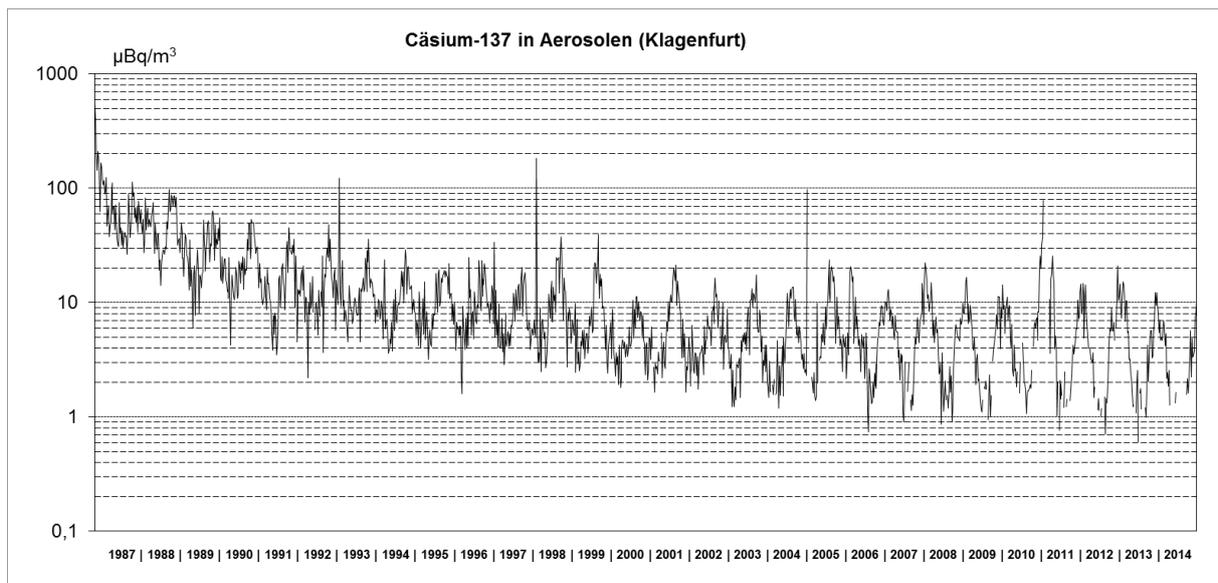


Abb. 4.1.2.: Verlauf der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration (Wochenwerte) in Aerosolen während der Jahre 1987 bis 2014 an der Sammelstelle Klagenfurt (log. Skala)

In Tabelle 4.1.2. sind für alle Sammelstellen die minimalen und maximalen Wochenwerte der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration für die Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt. Bei den Werten der Sammelstelle Sonnblick handelt es sich um Tageswerte. Die gemessenen Werte der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration lagen im Berichtszeitraum im Bereich von weniger als 1 µBq/m³ bis zu etwa 15,3 µBq/m³. Iod-131 wurde im Berichtszeitraum nicht nachgewiesen.

Die durch Cäsium-137 in der Luft bewirkte Strahlendosis ist vernachlässigbar gering.

Tabelle 4.1.2.: Minimale und maximale Wochenwerte der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration für alle Sammelstellen

Cäsium-137-Aktivitätskonzentration in Aerosolen [Bq/m^3]	
Alt-Prerau	n.n. – 2,8
Bregenz	n.n. – 9,6
Graz	n.n. – 6,4
Innsbruck	n.n. – 8,7
Klagenfurt	n.n. – 15,3
Linz	n.n. – 5,7
Retz	n.n. – 2,8
Salzburg	n.n. – 13
Sonnblick	n.n.
Straß	n.n. – 9,7
Wien	n.n. – 2,6
Wien (gr. Sammler)	0,2 – 2,15

n.n. ... nicht nachgewiesen

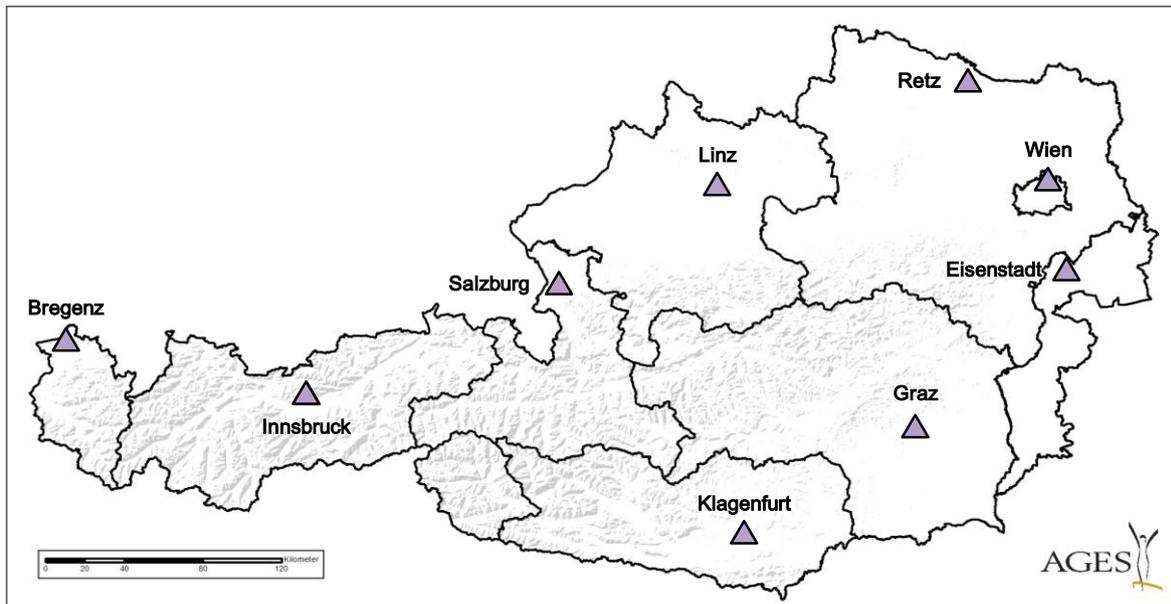
4.2. Niederschlag

Im Rahmen des österreichischen Überwachungsnetzes für Radioaktivität werden mehrere Niederschlagsammler betrieben. Es stehen Geräte mit einer Auffangfläche von 1000 cm^2 bzw. $10\,000 \text{ cm}^2$ im Einsatz. Der Sammelzeitraum für Niederschlagsproben beträgt im Allgemeinen ein Monat. Die unten stehende Tabelle und die Abbildung geben einen Überblick über die Niederschlagsüberwachung.

Die Niederschlagsproben werden gammaspektrometrisch untersucht. Weiters wird der Tritiumgehalt aller Proben mittels Flüssigszintillationspektrometrie ermittelt.

Niederschlagsammler in Österreich	
Sammelort	Probenehmer
Bregenz	ZAMG Bregenz
Eisenstadt	BEWAG Eisenstadt
Graz	ILMU Graz
Innsbruck	ZAMG Innsbruck
Klagenfurt	ZAMG Klagenfurt
Linz	RARA
Retz	ZAMG Retz
Salzburg	ZAMG Salzburg
Wien	STRA

Niederschlagssammler in Österreich (Übersicht)



Natürliche Radionuklide

Radon und Folgeprodukte

Die in der Luft vorhandenen radioaktiven Edelgase Radon-222 und Radon-220 sowie ihre Folgeprodukte sind auch in den Niederschlagsproben stets vorhanden. Eine Quantifizierung dieser Nuklide ist jedoch wegen der langen Sammelzeiten und der verwendeten Aufarbeitungsmethode (Eindampfen) nicht möglich.

Beryllium-7

In Abbildung 4.2.1. sind die Medianwerte und der jeweilige Wertebereich zwischen Minimal- und Maximalwert der monatlichen Beryllium-7-Flächendeposition unter Einbeziehung aller Sammelstellen für die Jahre 1987 bis 2014 dargestellt. Die durch die stratosphärische Herkunft von Beryllium-7 und diverse meteorologische Faktoren bedingten groben jahreszeitlichen Schwankungen sind darin gut ersichtlich. In Tabelle 4.2.1. sind für alle Sammelstellen die minimalen und maximalen Werte der monatlichen Beryllium-7-Flächendeposition für die Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt. Bei Verwendung dieser Niederschläge zu Trinkzwecken ergibt sich durch den Beryllium-7-Gehalt eine vernachlässigbar geringe Dosis von einigen Millionstel Millisievert pro Jahr.

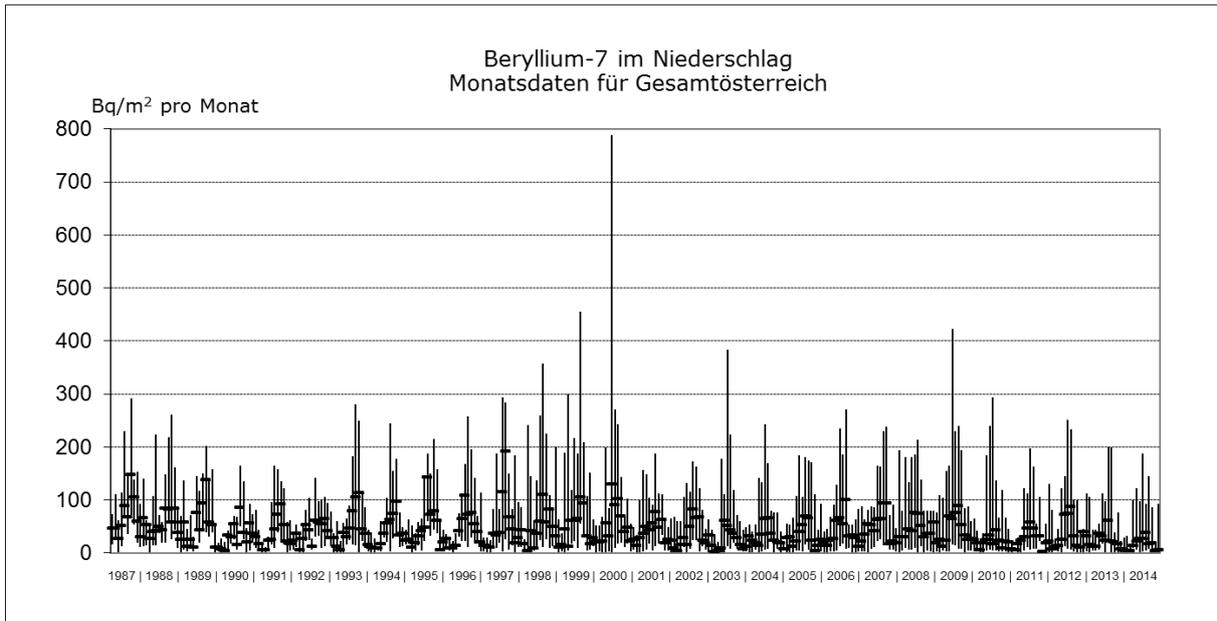


Abb. 4.2.1.: Monatliche Beryllium-7-Flächendeposition während der Jahre 1987 bis 2014 (Median- und Extremwerte)

Tabelle 4.2.1.: Minimale und maximale Werte der monatlichen Beryllium-7-Flächendeposition für alle Sammelstellen für die Jahre 2013 und 2014

Monatliche Flächendeposition	
	Beryllium-7 [Bq/m ²]
Bregenz	0,34 – 201,3
Eisenstadt	8,1 – 92,2
Graz	0,9 – 98,5
Innsbruck	2,2 – 126,7
Klagenfurt	3,7 – 97,9
Linz	0,5 – 132,6
Retz	7,4 – 113,4
Salzburg	1,8 – 145,3
Wien	0,5 – 61,5

Künstliche Radionuklide

Tritium

Tritium kommt in der Biosphäre fast ausschließlich in Form von tritiiertem Wasser (HTO) vor und nimmt somit am Wasserkreislauf teil. Es ist daher auch im Niederschlag stets vorhanden. Das derzeit in den Niederschlägen befindliche Tritium stammt im Allgemeinen aus den atmosphärischen Kernwaffenversuchen der 1950er und 1960er Jahre und aus natürlichen Quellen. Gelegentlich auftretende Spitzen, wie zuletzt 2008 und 2010, haben vermutlich andere Ursachen.

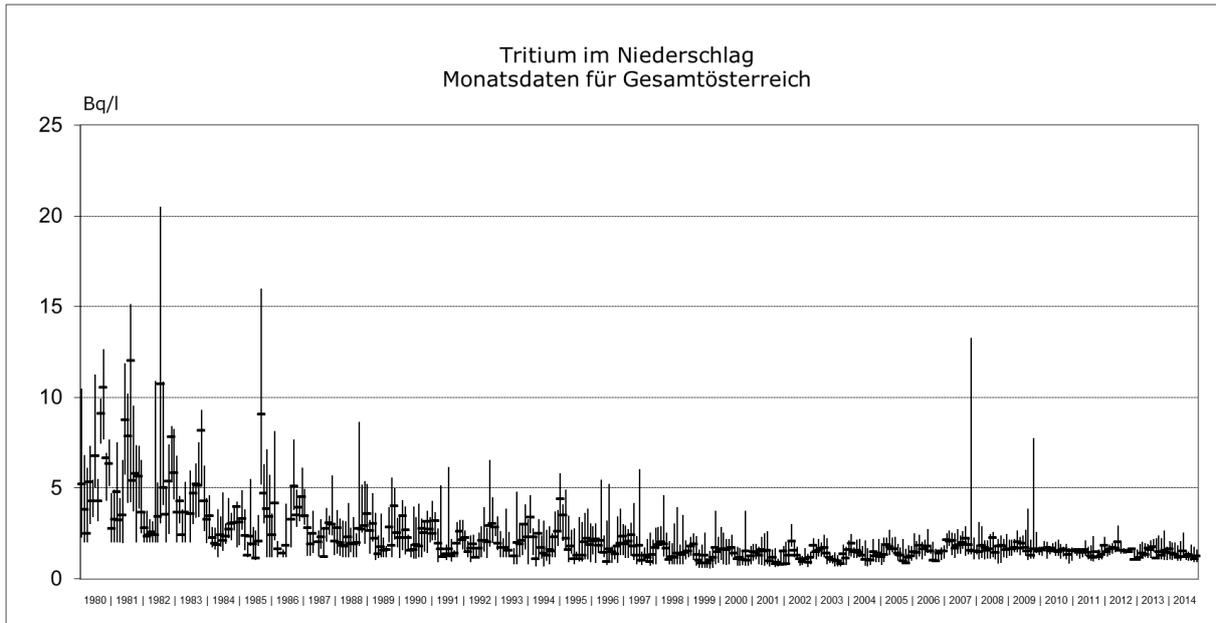


Abb. 4.2.2.: Tritium-Aktivitätskonzentration im Niederschlag während der Jahre 1980 bis 2014 (Median- und Extremwerte)

Tabelle 4.2.2.: Minimal- und Maximalwerte der Tritium-Aktivitätskonzentration für alle Sammelstellen (ermittelt aus den Monatswerten) für die Jahre 2013 und 2014

Aktivitätskonzentration im Niederschlag	
	Tritium [Bq/l]
Bregenz	n.n. – 2,57
Eisenstadt	n.n. – 1,91
Graz	n.n. – 2,4
Innsbruck	n.n. – 2,07
Klagenfurt	n.n. – 2,13
Linz	n.n. – 2,65
Retz	n.n. – 2,04
Salzburg	n.n. – 2,21
Wien	n.n. – 2,21

n.n. ... nicht nachgewiesen

In Abbildung 4.2.2. sind die aus den Monatswerten ermittelten Medianwerte und der jeweilige Wertebereich zwischen minimalem und maximalem Monatswert der Tritium-Aktivitätskonzentration unter Einbeziehung aller Sammelstellen für die Jahre 1980 bis 2014 dargestellt. In Tabelle 4.2.2. sind für alle Sammelstellen die minimalen und maximalen Monatswerte der Tritium-Aktivitätskonzentration für die Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt. In Abbildung 4.2.3. ist exemplarisch der zeitliche Verlauf der Tritiumwerte an der Sammelstelle Bregenz seit 1980 dargestellt. Die sich durch Tritium im Niederschlag ergebende Strahlenexposition ist ohne Belang.

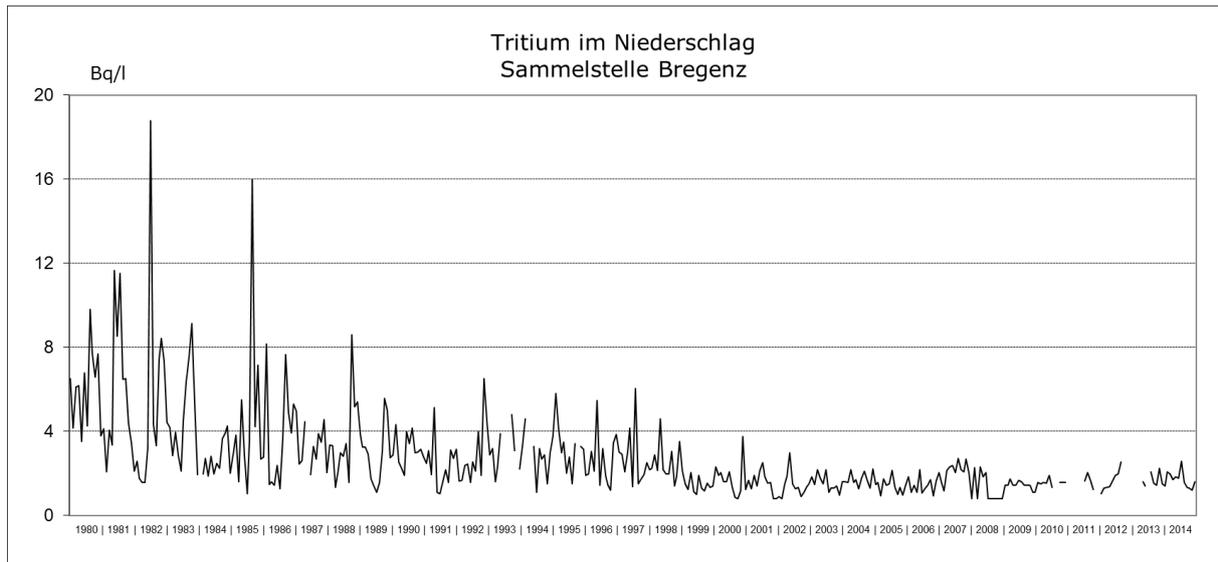


Abb. 4.2.3.: Verlauf der Tritium-Aktivitätskonzentration (Monatswerte) im Niederschlag während der Jahre 1980 bis 2014 für die Sammelstelle Bregenz

Cäsium-137

Neben Tritium ist Cäsium-137 das einzige künstliche Radionuklid, das zurzeit regelmäßig im Niederschlag nachgewiesen wird. Zum Großteil stammt es aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986, ein weitaus kleinerer Teil ist noch auf die oberirdischen Kernwaffenversuche der 1950er und 1960er Jahre zurückzuführen.

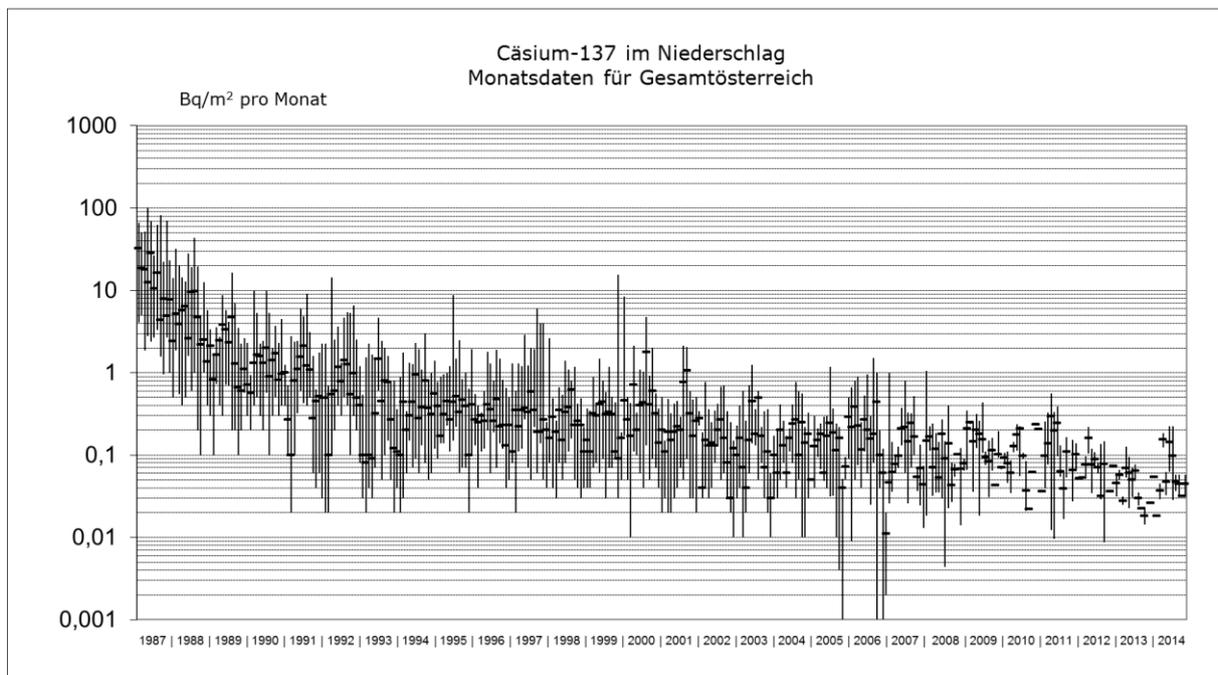


Abb. 4.2.4.: Monatliche Cäsium-137-Flächendeposition während der Jahre 1987 bis 2014 Median- und Extremwerte (log. Skala)

In Abbildung 4.2.4. sind die Medianwerte und der Wertebereich zwischen Minimal- und Maximalwert der monatlichen Cäsium-137-Flächendeposition unter Einbeziehung aller Sammelstellen ab 1987 dargestellt (logarithmische Skala). In Tabelle 4.2.3. ist für alle Sammelstellen der Wertebereich der monatlichen Cäsium-137-Flächendeposition für die Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt.

Die Strahlenexposition durch Cäsium-137 im Niederschlag ist – selbst bei Verwendung von Niederschlagswasser zu Trinkzwecken – ohne Belang.

Tabelle 4.2.3.: Wertebereich der monatlichen Cäsium-137-Flächendeposition für alle Sammelstellen für die Jahre 2013 und 2014

monatliche Cäsium-137-Flächendeposition [Bq/m ²]	
Bregenz	n.n. – 0,183
Eisenstadt	n.n.
Graz	n.n. – 0,095
Innsbruck	n.n.
Klagenfurt	n.n.
Linz	n.n. – 0,123
Retz	n.n.
Salzburg	n.n. – 0,225
Wien	n.n. – 0,066

n.n. ... nicht nachgewiesen

4.3. Oberflächenwasser

Von den Oberflächengewässern werden in erster Linie die größeren grenzüberschreitenden Gewässer überwacht. Aus den Gewässern werden im Allgemeinen monatlich Stichproben mit einem Volumen von 20 bis 50 Liter entnommen; bei einigen Gewässern erfolgen zusätzlich quasikontinuierliche Probenahmen (Volumen 15 bis 60 Liter) mit automatischen Sammelgeräten, wobei der Sammelzeitraum etwa ein Monat beträgt. Die Zuständigkeit für die Proben ist nach regionalen Gesichtspunkten geregelt (siehe Tabelle).

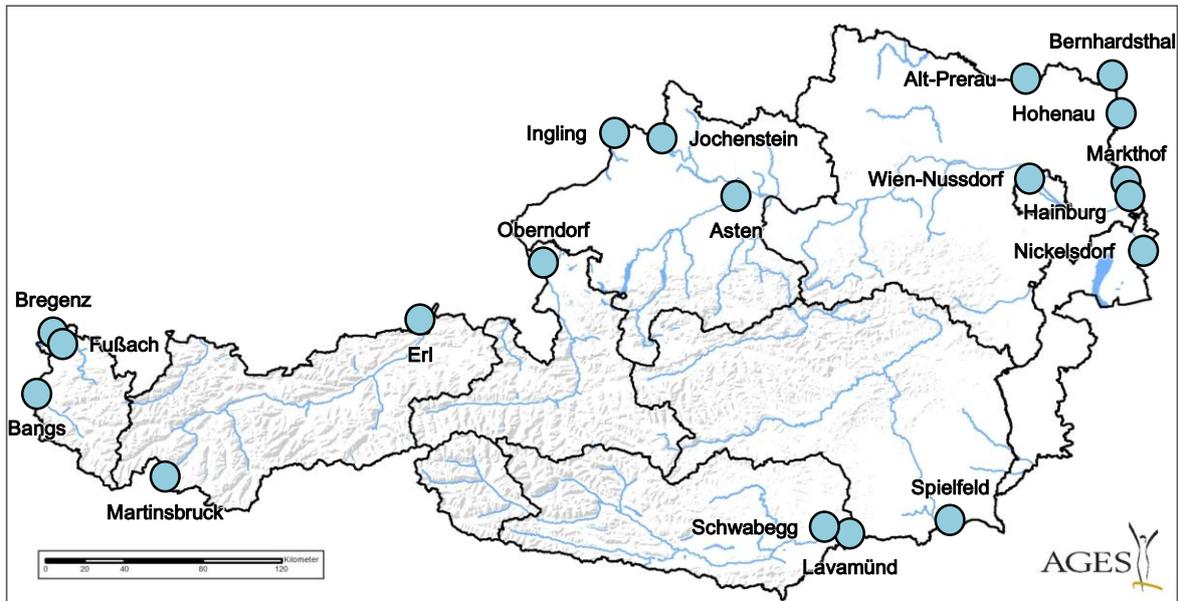
Alle Wasserproben werden gammaspektrometrisch untersucht, wobei sie vor der Messung zwecks Volumenreduktion eingedampft werden. Mit einem vorher entnommenen Teil der Probe erfolgt eine Bestimmung der Tritium- und der Gesamt- $\alpha+\beta$ -Konzentration mittels Flüssigszintillationsspektrometrie.

Mit den Gesamt- $\alpha+\beta$ -Messungen können – im Gegensatz zur Gammaspektrometrie – auch reine β -Strahler wie etwa Strontium-90 nachgewiesen werden. In den Jahren 2013 und 2014 lag nur in wenigen Proben die Gesamt- $\alpha+\beta$ -Aktivität oberhalb der Nachweisgrenze von etwa 0.5 Bq/l. Die höchsten gemessenen Werte lagen bei etwa 1,0 Bq/l. Die gefundenen Aktivitäten sind im Wesentlichen auf natürliche Radionuklide zurückzuführen.

Sammelstellen für Oberflächenwasser					
Code	Gewässer	Entnahmeort	Bundesland Staat	Art der Probenahme	Probenehmer
B B	Bodensee	Bregenz	Vbg	S	Umweltinst. Vbg.
D As	Donau	Asten	OÖ	S	RARA
D Ha	Donau	Hainburg	NÖ	S	Biutec
D Jo	Donau	Jochenstein	OÖ	S+K	RARA
D Nu	Donau	Wien-Nussdorf	W	S	Biutec
DrSw	Drau	Schwabegg	Ktn	S+K	Amt der Ktn.LR
I Er	Inn	Erl	T	S	CTUA Innsbruck
I In	Inn	Ingling	OÖ	S	RARA
I Mb	Inn	Martinsbruck	T	S	IMLU
LaLa	Lavant	Lavamünd	Ktn	S	Amt der Ktn.LR
LeNi	Leitha	Nickelsdorf	Bgld	S	ANECLAB
M Ho	March	Hohenau	NÖ	S	Biutec/STRA
M Ma	March	Markthof	NÖ	S	Biutec/STRA
MuSp	Mur	Spielfeld	Stmk	S+K	Amt der Stmk.LR
R Ba	Rhein	Bangs	Vbg	S	Umweltinst. Vbg.
R Fu	Rhein	Fußach	Vbg	S	Böhler Analytik
S Od	Salzach	Oberndorf	Sbg	S	RARA
T Ap	Thaya	Alt-Prerau	NÖ	S	Biutec
T Be	Thaya	Bernhardsthal	NÖ	S	Biutec

S ... Stichprobe
K ... kontinuierliche Probenahme

Sammelstellen für Oberflächenwasser (Übersicht)



Natürliche Radionuklide

Radionuklide der Zerfallsreihen

Radionuklide aus der Uran-Radium- bzw. Thorium-Reihe sind in Oberflächengewässern stets vorhanden. Mit Ausnahme von Radium-228 werden sie jedoch im Allgemeinen nicht quantifiziert. Die Konzentrationen an Radium-228 liegen typischerweise bei einigen mBq/l. Die in den Oberflächengewässern befindlichen Radionuklide aus den Zerfallsreihen tragen zur Strahlenexposition äußerst wenig bei.

Kalium-40

Das primordiale Radionuklid Kalium-40 ist ebenfalls stets in Oberflächengewässern vorhanden, wobei die Aktivitätskonzentrationen im Mittel üblicherweise unter 100 mBq/l liegen. Höhere Werte treten jedoch in Gewässern auf, die durch landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete fließen oder von Flüssen aus solchen Gebieten gespeist werden, wobei die Ursache die Verwendung und Ausschwemmung von Mineräldünger ist. Bei Hochwässern können durch Sedimentaufwirbelung und erhöhten Eintrag von Bodenmaterial die Kalium-40-Werte vorübergehend stark ansteigen. In Tabelle 4.3.1. sind für alle Sammelstellen die gemessenen Minimal- und Maximalwerte der Kalium-40-Aktivitätskonzentration für die Jahre 2013 und 2014 zusammengestellt.

Tabelle 4.3.1.: Minimale und maximale Werte der Kalium-40- und Beryllium-7-Aktivitätskonzentration für alle Sammelstellen

Aktivitätskonzentration natürlicher Radionuklide in Oberflächenwasser		
	Kalium-40 [mBq/l]	Beryllium-7 [mBq/l]
Bodensee/Bregenz	40 – 83	n.n.
Donau/Asten	52 – 132	n.n. – 33
Donau/Hainburg	39 – 161	n.n. – 30,6
Donau/Jochenstein	45 – 183	n.n. – 27,9
Donau/Wien-Nussdorf	42 – 364	n.n. – 29,3
Drau/Schwabegg	12 – 138	n.n. – 39,5
Inn/Erl	23,9 – 1945	n.n. – 61,3
Inn/Ingling	33 – 259	n.n. – 82,8
Inn/Martinsbruck	24 – 421	n.n. – 61,1
Lavant/Lavamünd	33 – 164	n.n. – 42,4
Leitha/Nickelsdorf	73 – 226	n.n. – 23,7
March/Hohenau	103 – 361	n.n. – 60,8
March/Markthof	140 – 266	n.n. – 25,6
Mur/Spielfeld	31 – 118	n.n. – 45,9
Rhein/Bangs	37 – 131	n.n. – 66,8
Rhein/Fußach	17,6 – 1463	n.n. – 94,6
Salzach/Oberndorf	28 – 562	n.n. – 38,3
Thaya/Alt-Prerau	162 – 359	n.n. – 17,2
Thaya/Bernhardsthal	178 – 290	n.n. – 25,9

n.n. ... nicht nachgewiesen

Die höchsten Kalium-40-Aktivitätskonzentrationen wurden in den Jahren 2013 und 2014 im Inn mit 1,95 Bq/l gemessen. Dieser Höchstwert trat bei Hochwasser im August 2014 auf. Die übrigen Kalium-40-Aktivitätskonzentrationen des Flusses sind allerdings deutlich geringer und bis auf sehr wenige Ausnahmen unter 0,1 Bq/l.

Anders ist die Situation in den Flüssen Thaya und March, in denen schon die Minimalwerte über 0,1 Bq/l liegen. Diese erhöhten Kaliumwerte werden schon seit einigen Jahren registriert und sind in erster Linie auf Emissionen der Lebensmittelindustrie (zB Zitronensäureerzeugung, Zuckerrübenverarbeitung) zurückzuführen. Die Abbildung 4.3.1. zeigt den zeitlichen Verlauf der Kalium-40-Aktivitätskonzentration in der Thaya bei Alt-Prerau sowie zum Vergleich in der Donau bei Hainburg bzw. Wolfsthal. Aus der Sicht des Strahlenschutzes sind die erhöhten Kaliumwerte ohne Bedeutung.

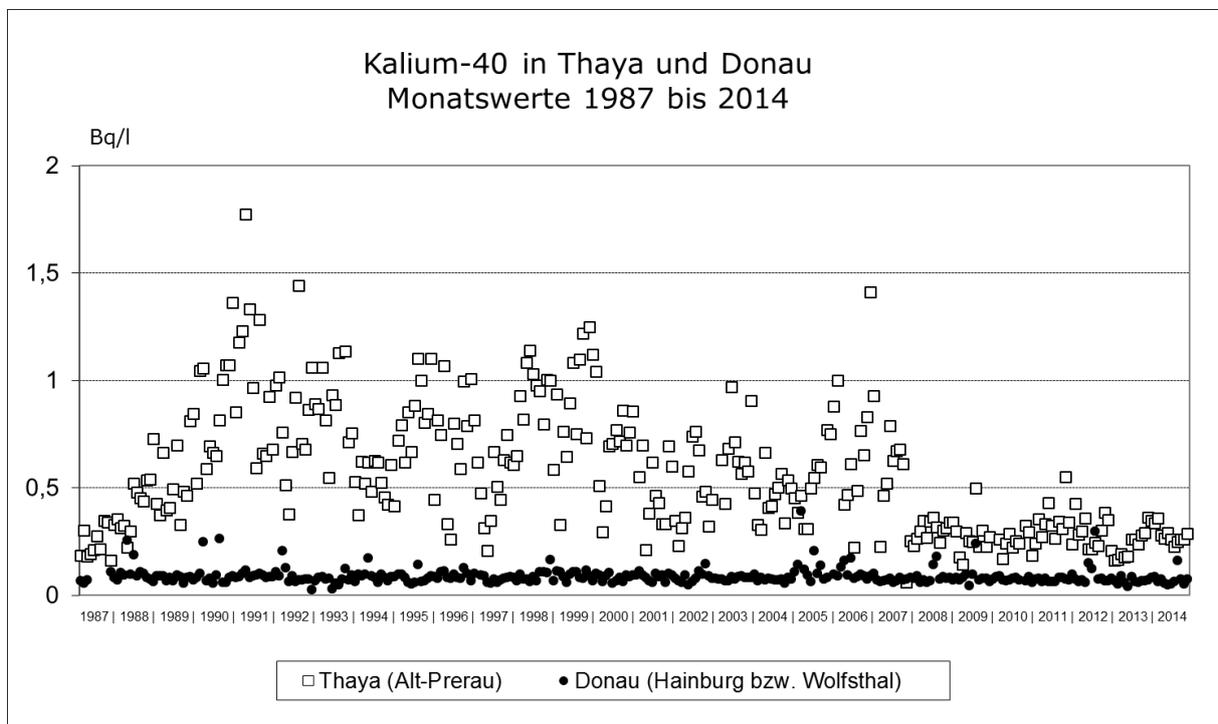


Abb. 4.3.1.: Verlauf der Kalium-40-Aktivitätskonzentration in der Thaya bei Alt-Prerau und in der Donau bei Hainburg bzw. Wolfsthal während der Jahre 1987 bis 2014

Beryllium-7

Nach stärkeren Niederschlägen im Einzugsgebiet eines Flusses stromaufwärts einer Probenahmestelle ist jeweils auch Beryllium-7 nachweisbar, das durch die Niederschläge aus der Atmosphäre ausgewaschen wird und so in die Oberflächengewässer gelangt. Die Werte liegen dann typischerweise bei einigen zehn bis zu 100 mBq/l.

Künstliche Radionuklide

Tritium

Tritium nimmt in Form von tritiiertem Wasser (HTO) am Wasserkreislauf teil und ist somit stets im Oberflächenwasser vorhanden. Im Allgemeinen stammt es aus natürlichen Quellen und den oberirdischen Kernwaffenversuchen der 1950er und 1960er Jahre. Wie im Niederschlag ist üblicherweise auch in Oberflächengewässern seit dem Einstellen dieser Tests ein Rückgang der Tritiumkonzentrationen zu beobachten. Dieses allmähliche Absinken ist deutlich am Verlauf der Tritium-Aktivitätskonzentration für die Sammelstelle Thaya/Alt-Prerau in Abbildung 4.3.3. zu erkennen.

In Abbildung 4.3.2. sind die Jahresmittelwerte sowie der jeweilige Wertebereich zwischen Minimal- und Maximalwert der Tritium-Aktivitätskonzentration für die einzelnen Sammelstellen für die Jahre 2013 und 2014 dargestellt – in Tabelle 4.3.2. sind diese Minimal- und Maximalwerte in tabellarischer Form angeführt.

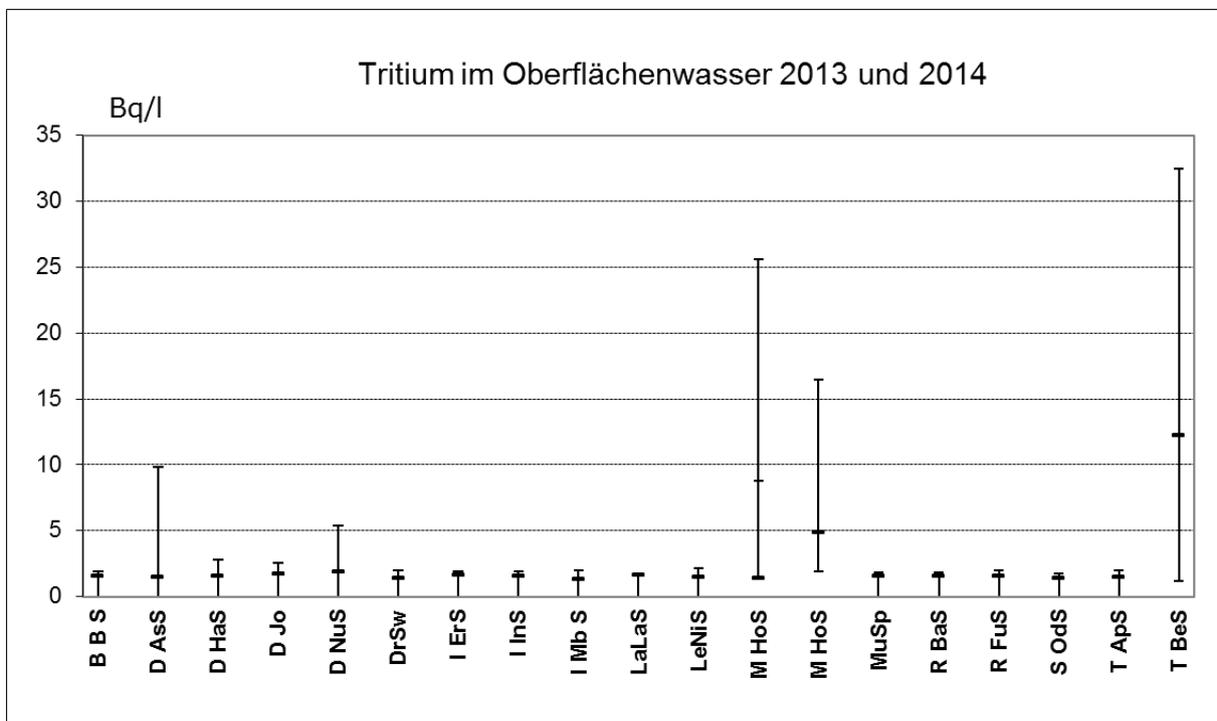


Abb. 4.3.2.: Mittelwerte (Median) sowie minimale und maximale Werte der Tritium-Aktivitätskonzentration in Oberflächenwasser für die Jahre 2013 und 2014

Seit etwa Mitte 1985 treten an der Probenahmestelle Thaya/Bernhardsthal – und in weiterer Folge in der March – erhöhte Tritiumkonzentrationen auf (siehe Abb. 4.3.3.). An der flussaufwärts liegenden Probenahmestelle Thaya/Alt-Prerau hingegen werden keine Erhöhungen registriert (siehe Abb. 4.3.2. und 4.3.3.). Da die Thaya ab Alt-Prerau bis Bernhardsthal auf tschechischem Gebiet fließt, kann auf einen Emittenten in der Tschechischen Republik geschlossen werden. Eine im Jahre 1989 ergänzend zum Routineprogramm durchgeführte Untersuchung bekräftigt die Annahme, dass das Kernkraftwerk Dukovany, das am Oberlauf der zwischen Alt-Prerau und Bernhardsthal in die Thaya mündenden Jihlava liegt, der Verursacher dieser erhöhten Tritiumkonzentrationen ist.

Tabelle 4.3.2.: Minimale und maximale Werte der Tritium-Aktivitätskonzentration für alle Sammelstellen

Aktivitätskonzentration in Oberflächenwasser	
	Tritium [Bq/l]
Bodensee/Bregenz	n.n. – 1,88
Donau/Asten	n.n. – 9,83
Donau/Hainburg	n.n. – 2,78
Donau/Jochenstein	n.n. – 2,50
Donau/Wien-Nussdorf	n.n. – 5,42
Drau/Schwabegg	n.n. – 2,02
Inn/Erl	n.n. – 1,91
Inn/Ingling	n.n. – 1,88
Inn/Martinsbruck	n.n. – 1,98
Lavant/Lavamünd	n.n. – 1,69
Leitha/Nickelsdorf	n.n. – 2,14
March/Hohenau	1,4 – 25,57
March/Markthof	1,6 – 16,48
Mur/Spielfeld	n.n. – 1,81
Rhein/Bangs	n.n. – 1,86
Rhein/Fußach	n.n. – 1,97
Salzach/Oberndorf	n.n. – 1,72
Thaya/Alt-Prerau	n.n. – 2,00
Thaya/Bernhardsthal	1,2 – 32,5

n.n. ... nicht nachgewiesen

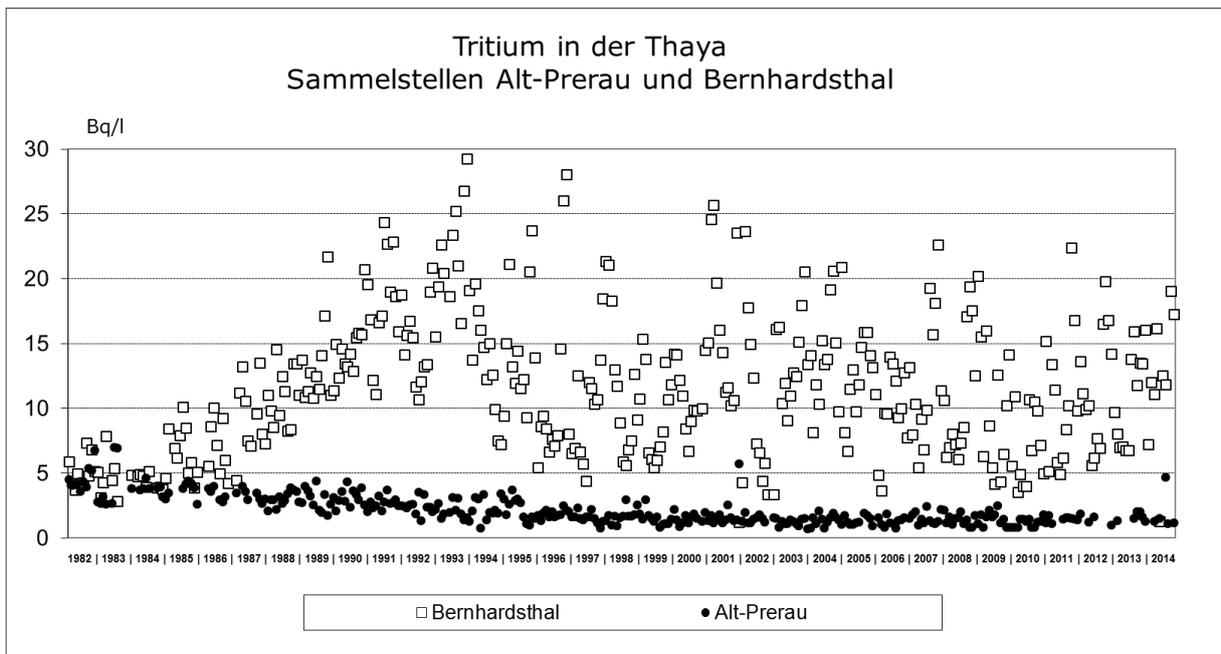


Abb. 4.3.3.: Verlauf der Tritium-Aktivitätskonzentration (Monatswerte) in der Thaya bei Alt-Prerau bzw. bei Bernhardsthal während der Jahre 1982 bis 2014

Cäsium-137

Cäsium-137 ist regelmäßig in Oberflächengewässern zu finden. Es stammt zum Großteil aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986, ein wesentlich kleinerer Teil ist noch auf die oberirdischen Kernwaffenversuche der 1950er und 1960er Jahre zurückzuführen.

In Abbildung 4.3.4. sind die Jahresmittelwerte und der jeweilige Wertebereich zwischen Minimal- und Maximalwert der Cäsium-137-Konzentration für die einzelnen Sammelstellen für die Jahre 2013 und 2014 dargestellt – in Tabelle 4.3.3. sind die Minimal- und Maximalwerte in tabellarischer Form angeführt.

Die Abbildung 4.3.5. zeigt exemplarisch den Verlauf der Cäsium-137-Konzentration in der Donau unterhalb von Wien an der Sammelstelle Hainburg bzw. Wolfsthal während der Jahre 1987 bis 2014 (logarithmische Skala).

Die im Berichtszeitraum für Cäsium-137 gemessenen Werte lagen bei einigen bis einige zehn mBq/l. Im Vergleich zu den Jahren vor dem Tschernobylunfall, in denen eine durch die Kernwaffentests bedingte Cäsium-137-Kontamination von etwa 0.5 bis 1 mBq/l gegeben war, sind die Werte also noch immer erhöht. Die Spitzenwerte treten bei Hochwässern auf, da dabei Sedimente, an denen Radiocäsium fixiert ist, bedeutend stärker aufgewirbelt werden, und mehr Bodenmaterial, das ebenfalls Radiocäsium enthält, in die Oberflächenwässer eingetragen wird. Die durch Cäsium-137 im Oberflächenwasser bewirkte Strahlenexposition ist vernachlässigbar gering.

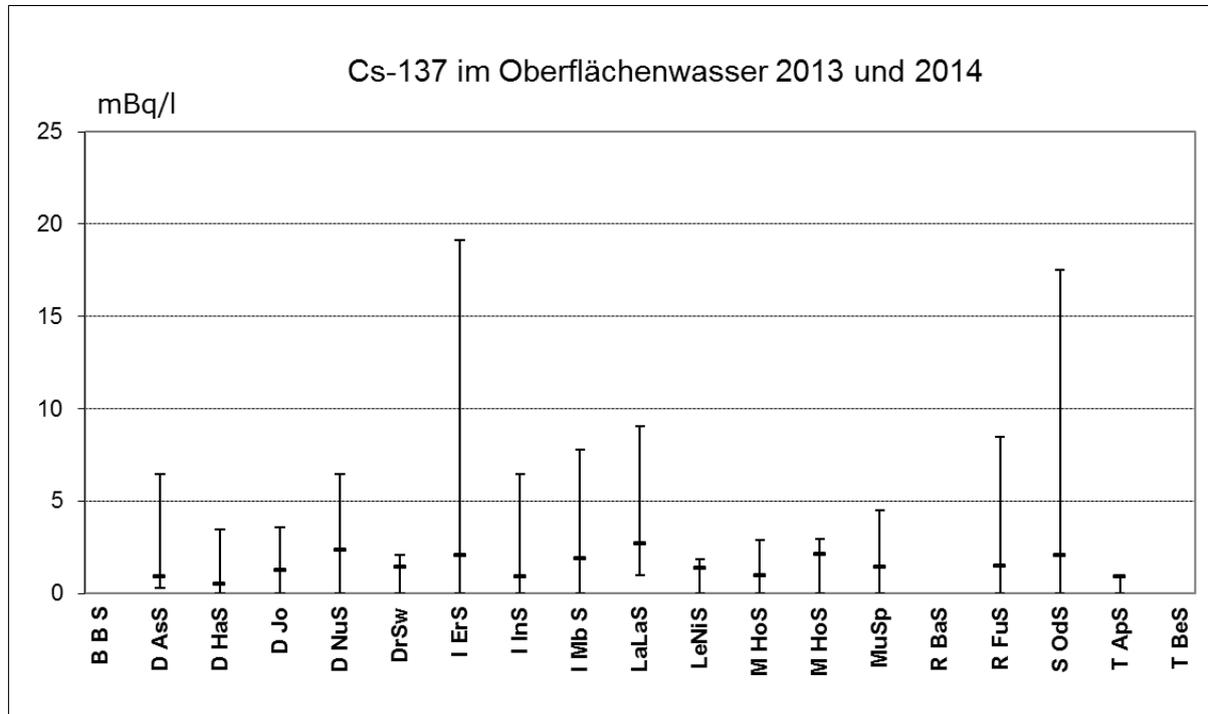


Abb. 4.3.4.: Jahresmittelwerte sowie minimale und maximale Werte der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration in Oberflächenwasser für die Jahre 2013 und 2014

Tabelle 4.3.3.: Minimale und maximale Werte der Cäsium-137- und Iod-131-Aktivitätskonzentration für alle Sammelstellen für die Jahre 2013 und 2014

Aktivitätskonzentration künstlicher Radionuklide in Oberflächenwasser		
	Cäsium-137 [mBq/l]	I-131 [mBq/l]
Bodensee/Bregenz	n.n.	n.n.
Donau/Asten	n.n. – 6,44	n.n. – 0,56
Donau/Hainburg	n.n. – 3,54	n.n.
Donau/Jochenstein	n.n. – 3,55	n.n. – 0,35
Donau/Wien-Nussd.	n.n. – 6,46	n.n.
Drau/Schwabegg	n.n. – 2,06	n.n.
Inn/Erl	n.n. – 19,1	n.n.
Inn/Ingling	n.n. – 6,44	n.n.
Inn/Martinsbruck	n.n. – 7,76	n.n.
Lavant/Lavamünd	n.n. – 9,07	n.n.
Leitha/Nickelsdorf	n.n. – 1,84	n.n.
March/Hohenau	n.n. – 2,89	n.n.
March/Markthof	n.n. – 2,93	n.n.
Mur/Spielfeld	n.n. – 4,49	n.n. – 2,34
Rhein/Bangs	n.n.	n.n.
Rhein/Fußach	n.n. – 8,49	n.n.
Salzach/Oberndorf	n.n. – 17,54	n.n.
Thaya/Alt-Prerau	n.n. – 0,92	n.n.
Thaya/Bernhardsthal	n.n.	n.n.

n.n. ... nicht nachgewiesen

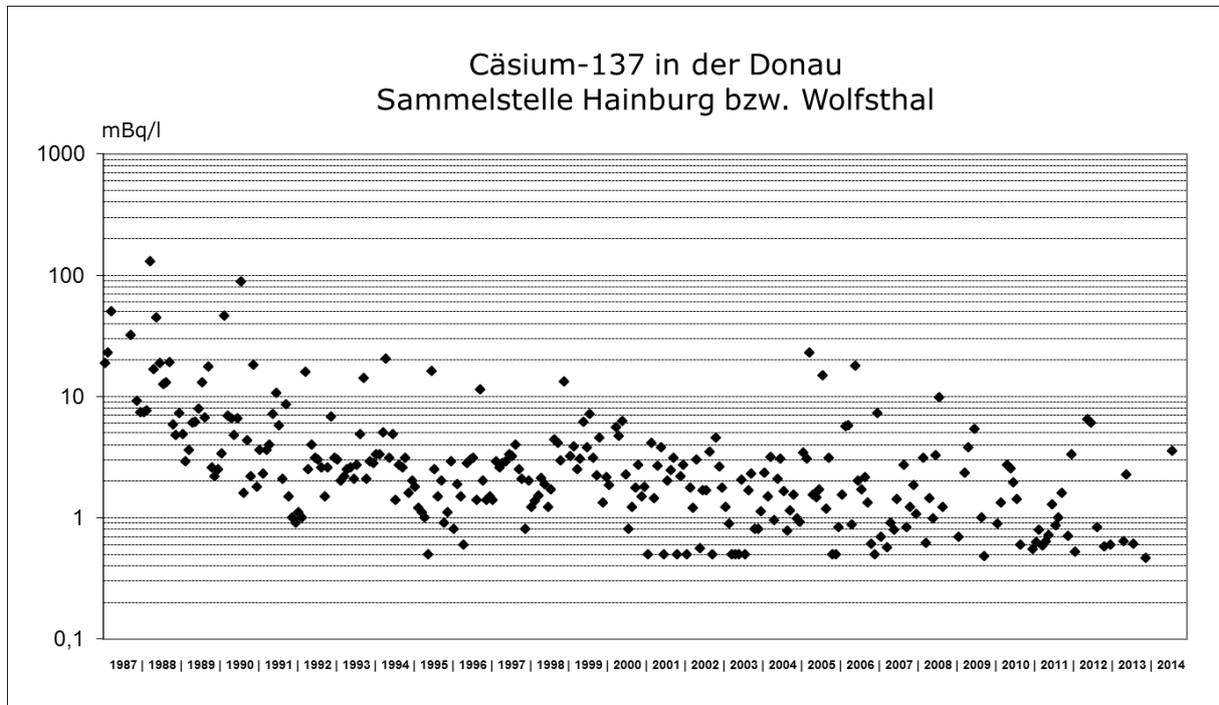


Abb. 4.3.5.: Verlauf der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration in der Donau bei Hainburg bzw. Wolfsthal während der Jahre 1987 bis 2014 (log. Skala)

Iod-131

Im Berichtszeitraum wurde in einigen der untersuchten Gewässer mehr oder weniger regelmäßig das Radionuklid Iod-131 festgestellt. Dieses Nuklid stammt aus nuklearmedizinischen Anwendungen und gelangt über die Abwässer direkt oder über Kläranlagenemissionen in die Oberflächengewässer. Andere in der Nuklearmedizin verwendete Radionuklide konnten aufgrund ihrer kurzen Halbwertszeiten bzw. wegen der geringen abgeleiteten Mengen in Oberflächenwässern nicht nachgewiesen werden.

Die Iod-131-Konzentrationen bewegten sich im Berichtszeitraum im Bereich von unterhalb der Nachweisgrenze (im Allgemeinen einige mBq/l) bis zu etwa 2 mBq/l. In Tabelle 4.3.3. sind für die Jahre 2013 und 2014 die Bereiche angegeben, in denen die gemessenen Iod-131-Werte lagen. Für die Probenahmestelle Mur/Spielfeld sind in Abbildung 4.3.6. die in den Jahren 1994 bis 2014 gemessenen Iod-131-Konzentrationen dargestellt.

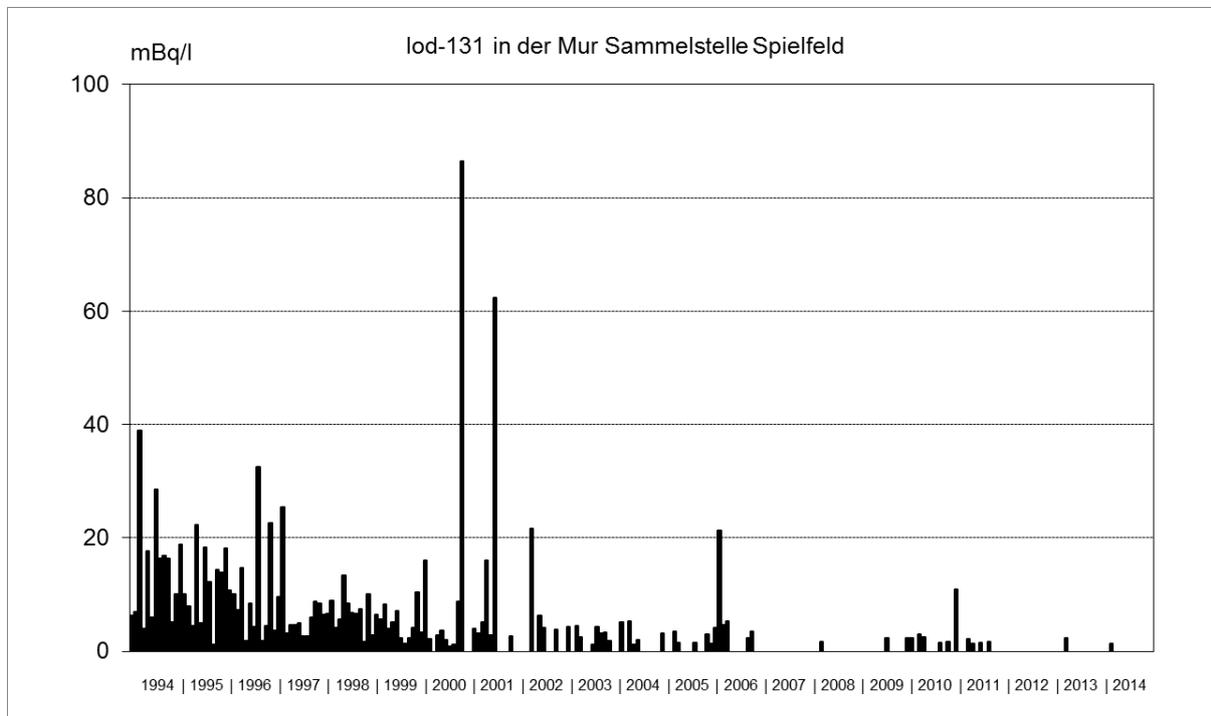


Abb. 4.3.6.: Verlauf der Iod-131-Konzentration (Monatswerte) in der Mur bei Spielfeld während der Jahre 1994 bis 2014

4.4. Emissionen aus Kläranlagen

Im Rahmen des Überwachungsnetzes für Radioaktivität werden die Kläranlagen Linz-Asten, Graz-Gössendorf, Klagenfurt-Feuerbach und Wien-Simmering regelmäßig beprobt. Die Beprobung erfolgt monatlich, wobei in erster Linie Stichproben entnommen werden. Lediglich aus dem Zu- und Ablauf der Kläranlage Linz-Asten werden quasikontinuierlich Proben gesammelt, wobei der Sammelzeitraum ein Monat beträgt. Die Proben werden von der jeweils zuständigen Messstelle gammaspektrometrisch untersucht. An den Abwasserproben erfolgt zusätzlich eine Tritiumbestimmung mittels Flüssigszintillationsspektrometrie.

Ort	Kläranlage	Probenart	Probenehmer	Messstelle
Graz	Gössendorf	Abwasser, Frischschlamm	Amt der Stmk. LR	Abt. STRA
Klagenfurt	Feuerbach	Abwasser, Faulschlamm	Amt der Ktn. LR	Abt. STRA
Linz	Asten	Abwasser (Zu- und Ablauf) Frischschlamm, Faulschlamm	Abt. RARA	Abt. RARA
Wien	Simmering	Abwasser, Frischschlamm	Abt. STRA	Abt. STRA

Natürliche Radionuklide

Radionuklide der Zerfallsreihen

Aus der Uran-Radium- bzw. Thorium-Reihe stammende Radionuklide wurden im Klärschlamm zwar qualitativ erfasst, jedoch nicht quantifiziert.

Beryllium-7

Beryllium-7 wird mit den Niederschlägen in die Kläranlagen eingebracht und wird primär im Klärschlamm – nach starken Niederschlägen auch im Abwasser – nachgewiesen.

Kalium-40

Kalium-40 wird vor allem durch organisches Material aus Haushalten, teilweise auch aus Gewerbe und Industrie in die Kläranlagen eingebracht. Im Abwasser treten typischerweise Werte von einigen Bq/l auf, im Klärschlamm von einigen hundert Bq/kg Trockensubstanz.

Künstliche Radionuklide

Cäsium-137

Das in Kläranlagenemissionen regelmäßig auftretende Cäsium-137 stammt zum Großteil aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. Ein wesentlich kleinerer Teil stammt noch aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen der 1950er und 1960er Jahre.

Der Eintrag von Cäsium-137 in Kläranlagen ist vorwiegend auf mit dem Niederschlag eingeschwemmte kontaminierte Bodenpartikel zurückzuführen. Für den Radiocäsiumgehalt der Abwässer und der Klärschlämme sind daher in erster Linie die Bodenkontamination im Einzugsgebiet einer Kläranlage, die Größe des Einzugsgebietes und die Art des Kanalnetzes (zB getrennte oder gemeinsame Kanäle für Regenwasser und Schmutzwasser) ausschlaggebend.

So lag im Berichtszeitraum in der Kläranlage Linz-Asten die maximale Cäsium-137-Konzentration im Abwasser bei etwa 52,1 mBq/l, in den Faul- und Frischschlämmen bei etwa 35 Bq/kg Trockensubstanz. In den Kläranlagen Graz-Gössendorf und Klagenfurt-Feuerbach traten im Abwasser Werte von einigen mBq/l, in den Klärschlämmen von einigen Bq/kg Frischsubstanz auf. Im Abwasser der Kläranlage Wien-Simmering lag die maximale Cäsium-137-Konzentration bei etwa 3,2 mBq/l, die Werte für den Klärschlamm lagen unter 3,2 Bq/kg Frischsubstanz.

Tritium

Tritium gelangt in erster Linie über die Niederschläge, über lokal eingebundene Oberflächen-gewässer und über das Trinkwasser in die Abwässer von Kläranlagen. Dem zufolge ist die Tritiumkonzentration im Abwasser ähnlich hoch wie in diesen Medien. Die gemessenen Werte sind in Tabelle 4.4.1. zusammengestellt.

Tabelle 4.4.1.: Tritium-Aktivitätskonzentration im Abwasser von Kläranlagen für die Jahre 2013 und 2014

Aktivitätskonzentration im Abwasser von Kläranlagen	
	Tritium [Bq/l]
Graz Gössendorf	n.n. – 2,02
Klagenfurt Feuerbach	n.n. – 2,73
Linz Asten	n.n. – 2,43
Wien Simmering	n.n. – 3,39

n.n. ... nicht nachgewiesen

Radionuklide aus medizinischen Anwendungen

Im Abwasser bzw. im Klärschlamm der beprobten Kläranlagen wurden im Berichtszeitraum folgende aus nuklearmedizinischen Anwendungen stammende Radionuklide festgestellt: Gallium-67, Iod-123, Iod-131, Indium-111, Lutetium-177, Technetium-99m, Thallium-201, Thallium-202 und Samarium-153.

Der Großteil der in Kläranlagenemissionen auftretenden Aktivitäten stammt aus ambulanten Anwendungen, da die kontaminierten Ausscheidungen der ambulant untersuchten bzw. behandelten Personen direkt in die kommunalen Abwässer und in weiterer Folge in die Kläranlagen gelangen. In Tabelle 4.4.2. und 4.4.3 sind die Ergebnisse für Radionuklide aus der Nuklearmedizin im Abwasser bzw. Klärschlamm zusammengestellt.

Tabelle 4.4.2.: Wertebereich für im Abwasser der jeweiligen Kläranlage nachgewiesene Radionuklide aus der Nuklearmedizin im Zeitraum 2013/2014

Radionuklide aus der Nuklearmedizin im Abwasser von Kläranlagen [mBq/l]				
	Graz Gössendorf	Klagenfurt Feuerbach	Linz Asten	Wien Simmering
Gallium-67	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Iod-123	n.n. – 51,6	n.n.	n.n.	n.n. – 60,5
Iod-131	1,8 – 227	n.n. – 513	n.n. – 343	15,5 – 236,6
Indium-111	n.n. – 825	n.n.	n.n. – 111	n.n. – 148
Lutetium-177	n.n. – 237	n.n. – 818	n.n. – 176	n.n. – 313
Technetium-99m	n.n. – 982	n.n.	n.n. – 1075	n.n. – 2054
Thallium-201	n.n. – 12,2	n.n.	n.n.	n.n. – 6,8
Thallium-202	n.n. – 3,99	n.n.	n.n.	n.n.

n.n. ... nicht nachgewiesen

Tabelle 4.4.3.: Wertebereich für im Klärschlamm der jeweiligen Kläranlage nachgewiesene Radionuklide aus der Nuklearmedizin im Zeitraum 2013/2014

Radionuklide aus der Nuklearmedizin im Klärschlamm von Kläranlagen [mBq/kg]				
	Graz Gössendorf	Klagenfurt Feuerbach	Linz Asten	Wien Simmering
Gallium-67	n.n.	n.n. – 4338	n.n.	n.n.
Iod-123	n.n.	n.n.	n.n.	n.n. – 398
Iod-131	4431 – 23220	5850 – 37700	n.n. – 3588	911 – 7267
Indium-111	n.n. – 1612	n.n.	n.n.	n.n. – 701
Lutetium-177	n.n. – 2308	n.n. – 11220	n.n.	n.n. – 7917
Samarium-153	n.n.	n.n.	n.n.	n.n. – 3356
Technetium-99m	n.n.	n.n.	n.n. – 99270	n.n. – 21180
Thallium-201	2646 – 35340	n.n.	n.n.	3391 – 13090
Thallium-202	412 – 2043	n.n.	n.n.	n.n. – 277

n.n. ... nicht nachgewiesen

Da Kläranlagen-Abwässer in Österreich weder als Trinkwasser noch zur Bewässerung verwendet werden, ist keine direkte Ingestionsdosis aus diesem Pfad gegeben. Wegen der im Allgemeinen großen Verdünnung bei der Einleitung in den Vorfluter und den kurzen Halbwertszeiten der meisten aus der Nuklearmedizin stammenden Nuklide gilt dies auch für den indirekten Pfad über allfällige Bewässerungen mit Oberflächenwasser. Auch die externe Bestrahlung beim Aufenthalt in den Kläranlagen (Exposition des Kläranlagenpersonals) oder durch die Handhabung des Materials im Betrieb ist bei den auftretenden Aktivitäten ohne Belang. Eine allfällige Inhalationsdosis, die sich infolge des Rauchgasausstoßes bei der Verbrennung kontaminierter Klärschlämme ergeben könnte, wird durch entsprechende Rückhaltungsmethoden vermieden.

4.5. Sonstige Umweltmedien

4.5.1. Böden

Durch den Reaktorunfall von Tschernobyl am 26. April 1986 kam es zur weiträumigen Verfrachtung von verschiedenen Radionukliden mit der Luftströmung. Die in der Luft befindlichen Radionuklide wurden im Wesentlichen durch die Niederschläge auf den Erdboden ausgewaschen, weshalb in erster Linie die jeweilige Niederschlagsituation während des Durchzugs der radioaktiv kontaminierten Luftmassen für das Ausmaß der regionalen Bodenkontamination ausschlaggebend war. Von den damals deponierten Radionukliden ist heute nur noch Cäsium-137 von gewisser Bedeutung.

Aufgrund der nach dem Reaktorunfall herrschenden meteorologischen Bedingungen zählt Österreich zu den vom Tschernobyl-Fallout am stärksten betroffenen Gebieten. Das damalige Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz hat gemeinsam mit dem Umweltbundesamt in den Jahren 1994 und 1995 ein Projekt zur Erstellung einer „Cäsium-Karte“ Österreichs durchgeführt. Dabei wurden alle bis dahin verfügbaren Daten über die Radiocäsiumdeposition in Österreich zusammengefasst und grafisch dargestellt /UBA 96/. Als mittlere Flächendeposition wurde für Cäsium-137 ein Wert von 21 kBq/m² ermittelt –

mit Spitzenwerten von etwas über 150 kBq/m^2 . Die Daten sind in den von der Europäischen Kommission in Zusammenarbeit mit Russland, Weißrussland und der Ukraine erstellten Europäischen Tschernobyl-Atlas /CEC 98/ eingeflossen.

4.5.2. Grundwasser

Seit dem Jahr 1993 wird seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft eine österreichweite Grundwassergüteerhebung durchgeführt, bei der vierteljährlich Wasser von etwa 2000 auf das gesamte Bundesgebiet verteilte Probenahmestellen auf eine Vielzahl von Parametern untersucht wird. Im Zuge der Probenahmen für dieses Projekt wurden auch Proben für Radioaktivitätsmessungen entnommen, die an der damaligen BALUF Wien und an der damaligen BALU Innsbruck mittels Flüssigszintillationsspektroskopie auf Radon analysiert wurden. Ziel dieser Untersuchungen war primär, einen Überblick über die Radon-222-Konzentration in den österreichischen Grundwässern zu erhalten und damit – in Verbindung mit anderen Informationen – Regionen mit potenziellem Radonrisiko erfassen zu können. Die Ergebnisse dieses Projektes sind in /Ditto 99/ zu finden. In den Jahren 1999 bis 2014 wurde dieses Projekt weitergeführt und die Untersuchungen auf Radium-226 ausgedehnt.

4.6. Lebensmittel

Der Gehalt an Radionukliden künstlichen Ursprungs in Lebensmitteln und landwirtschaftlichen Produkten wird derzeit im Wesentlichen durch die Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl bestimmt, wobei lediglich noch Cäsium-137 eine gewisse Bedeutung zukommt. Ein sehr geringer Teil der Lebensmittelkontamination stammt noch aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen der 1950er und 1960er Jahre. Wie in allen Umweltmedien ist auch in den Lebensmitteln und den landwirtschaftlichen Produkten der Gehalt an natürlichen Radionukliden im Allgemeinen wesentlich höher als jener an künstlichen.

Die meisten Lebensmittel und landwirtschaftlichen Erzeugnisse enthalten in der Regel nur noch geringe Mengen an Cäsium-137. Eine Ausnahme davon bilden jedoch einige Waldprodukte wie bestimmte Pilze und Wild, in denen nach wie vor vergleichsweise hohe Cäsium-137-Aktivitäten auftreten. Ebenfalls höhere Werte können Erzeugnisse aus Almgebieten aufweisen. Die wesentlichen Ursachen für diese zum Teil erheblichen Unterschiede in der Kontamination sind folgende: Radiocäsium wird an Tonminerale gebunden und steht somit in den meist tonmineralreichen landwirtschaftlich genutzten Böden für eine Aufnahme durch Pflanzen kaum zur Verfügung. Naturnahe Waldökosysteme hingegen zeichnen sich durch organische Auflageschichten aus, die reich an Bodenorganismen und Nährstoffen sind. Da in diesen Schichten Tonminerale fehlen, kommt es zu keiner so effektiven Fixierung von Radiocäsium, und es bleibt für die Aufnahme durch Bodenorganismen, Pilze und Pflanzen verfügbar. Wenn die Blätter und Nadeln fallen bzw. die Pilze zersetzt werden, wird das Cäsium wieder dem Boden zugeführt. So bleibt Radiocäsium in den Nährstoffkreislauf eingebunden und kann – da dieser Kreislauf sehr wirkungsvoll arbeitet – kaum in die tiefer gelegenen mineralischen Schichten abwandern, wo es fixiert werden könnte. Deshalb ist der Radiocäsiumgehalt bei Beeren und Pilzen weiterhin relativ hoch. Da Wild seine Nahrung zumindest teilweise aus dem Wald bezieht, treten auch in Wildfleisch vergleichsweise hohe Kontaminationen auf. Auch in Almgebieten kann aufgrund der Bodenbeschaffenheit die biologi-

sche Verfügbarkeit von Radiocäsium lange erhalten bleiben, weshalb der Gehalt an Radiocäsium im Almbewuchs und damit auch in der Almmilch nur langsam abnimmt.

Das nach dem Tschernobylunfall eingeführte Programm zur routinemäßigen Überwachung von Lebensmitteln und landwirtschaftlichen Produkten, das zurzeit in erster Linie der Trenderkennung und Beweissicherung dient und an der Kontaminationssituation orientiert ist, wurde im Berichtszeitraum in den wesentlichen Bereichen fortgesetzt. Nach dem Reaktorunfall von Fukushima im März 2011 wurde auf Basis europäischer Bestimmungen zusätzlich mit der Kontrolle von Lebensmitteln aus Japan und Fischen aus dem Pazifik auf Radioaktivität begonnen.

4.6.1. Milch

Von allen Lebensmitteln wird die Milch am umfangreichsten überwacht, da sie wegen der flächendeckenden Erzeugung und der Indikatorfunktion für die Kontamination anderer Lebensmittel ein ideales Probenmedium darstellt. Die Proben werden jeweils von den Lebensmittelaufsichtsorganen der Länder gezogen, wobei nach einem festgelegten Probenahmeplan vorgegangen wird.

Kontrolliert wird in erster Linie Rohmilch aus bestimmten regionalen Sammeltouren (siehe Tab. 4.6.1.1.) in Intervallen von zwei Monaten. Die Probenahme erfolgt in den Molkereien.

Neben diesen routinemäßigen Kontrollen von Rohmilch erfolgt noch eine regelmäßige Untersuchung der Auslieferungsmilch aus der Molkerei Maishofen auf Radiocäsium und von Milch aus dem Handel (immer das gleiche Produkt) auf Radiocäsium und Strontium-90.

In Tabelle 4.6.1.1. sind die Mittelwerte der Cäsium-137-Konzentration für die Rohmilch aus den routinemäßig beprobten Milchsammeltouren für den Zeitraum 2013/2014 zusammengestellt. Bei bestimmten Touren wird eine Jahresmischprobe gesammelt und auf Strontium-90 untersucht. Die Ergebnisse dieser Messungen sind ebenfalls in Tabelle 4.6.1.1. enthalten.

Die Abbildung 4.6.1.1. zeigt die aus den Daten der Rohmilchüberwachung für im Berichtszeitraum ermittelte regionale Verteilung der Cäsium-137-Kontamination von Milch in Österreich. Das Kontaminationsmuster entspricht erwartungsgemäß im Wesentlichen der Radiocäsiumdeposition nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Werte über 1 Bq/l werden nur noch in Rohmilch aus der Tauernregion und der Gegend um Kals in Osttirol gefunden.

Für die Cäsium-137-Konzentration in der Milch ergibt sich aus den durchgeführten Untersuchungen für den Zeitraum 2013/2014 ein gesamtösterreichischer Durchschnittswert von deutlich unter 1 Bq/l.

In Abbildung 4.6.1.2. ist der Verlauf der Cäsium-137-Kontamination der Rohmilch aus der Sammeltour Flachau-Wagrain während der Jahre 1988 bis 2014 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass in diesem Zeitraum die Cäsium-137-Werte auf etwa ein Zehntel der Ausgangswerte zurückgegangen sind. Die in den Sommermonaten auftretenden Spitzen sind auf Zuremischungen von stärker kontaminierter Almmilch zurückzuführen.

Tabelle 4.6.1.1.: Routinemäßig beprobte Milchsammeltouren sowie Mittelwerte der Cäsium-137-Konzentration und Strontium-90-Konzentration im Zeitraum 2013/2014

Bundesland	Einzugsgebiet der Milchsammeltour	Politischer Bezirk	Cs-137 [Bq/l]	Sr-90 [mBq/l]
Burgenland	Oberwart	Oberwart	0,01	26
	Horitschon	Oberpullendorf	0,01	
Kärnten	Mölltal	Spittal an der Drau	0,11	45
	Gailtal-Lesachtal	Villach Land	0,07	
	Bleiburg-Waisenberg	Völkermarkt	0,10	
	Reichenfels-Preitenegg	Wolfsberg	0,14	
Niederösterreich	Ulmerfeld	Amstetten	0,09	47
	Beinwachs-Reichenau	Neunkirchen	0,01	
	Traunstein	Zwettl	0,26	
Oberösterreich	Leopoldschlag	Freistadt	0,38	41
	Ebensee	Gmunden	0,52	
	Geinberg	Ried im Innkreis	0,02	
	Oberes Mühlviertel	Rohrbach	0,10	
	Schardenberg-Münzkirchen	Schärding	0,02	
	Reichraming-Arzberg	Steyr-Land	0,06	
	Ampflwang	Vöcklabruck	0,27	
Salzburg	Elixhausen-Seekirchen	Salzburg-Umgebung	0,17	161
	Flachau-Wagrain	St. Johann im Pongau	0,73	
	Mittersill	Zell am See	0,80	
Steiermark	Aflenz-Turnau	Bruck an der Mur	0,04	61
	Eibiswald	Deutschlandsberg	0,13	
	Sulmtal-Gams	Deutschlandsberg	0,22	
	Obersaifen	Hartberg	0,09	
	Admont-Ardning	Liezen	0,34	
	Pruggern-Kleinsölk	Liezen	1,46	
Tirol	Waidring	Kitzbühel	0,34	67
	Schwoich	Kufstein	0,24	
	Kals	Lienz	2,43	
	Pinswang	Reutte	n.n.	
	Zell am Ziller	Schwaz	0,34	
	Telfs	Innsbruck-Land	0,08	
Vorarlberg	Möggers	Bregenz	0,03	46
	Feldkirch-Gisingen	Feldkirch	n.n.	

n.n. ... nicht nachgewiesen

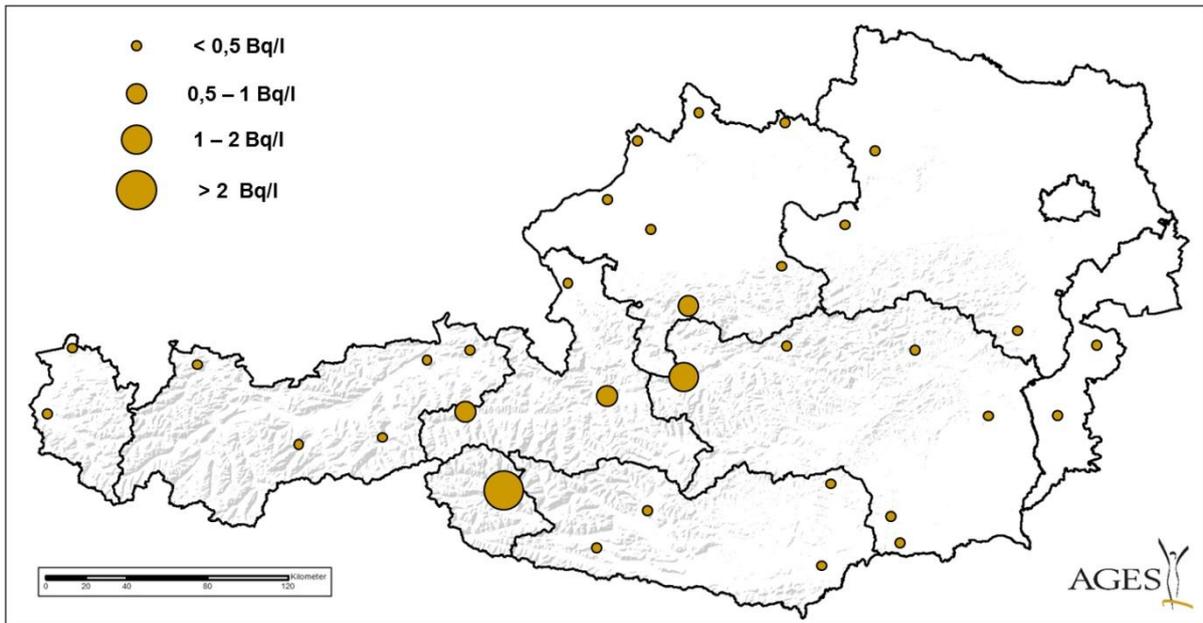


Abb. 4.6.1.1.: Regionale Verteilung der Cäsium-137-Kontamination von Rohmilch in Österreich für die Jahre 2013 und 2014

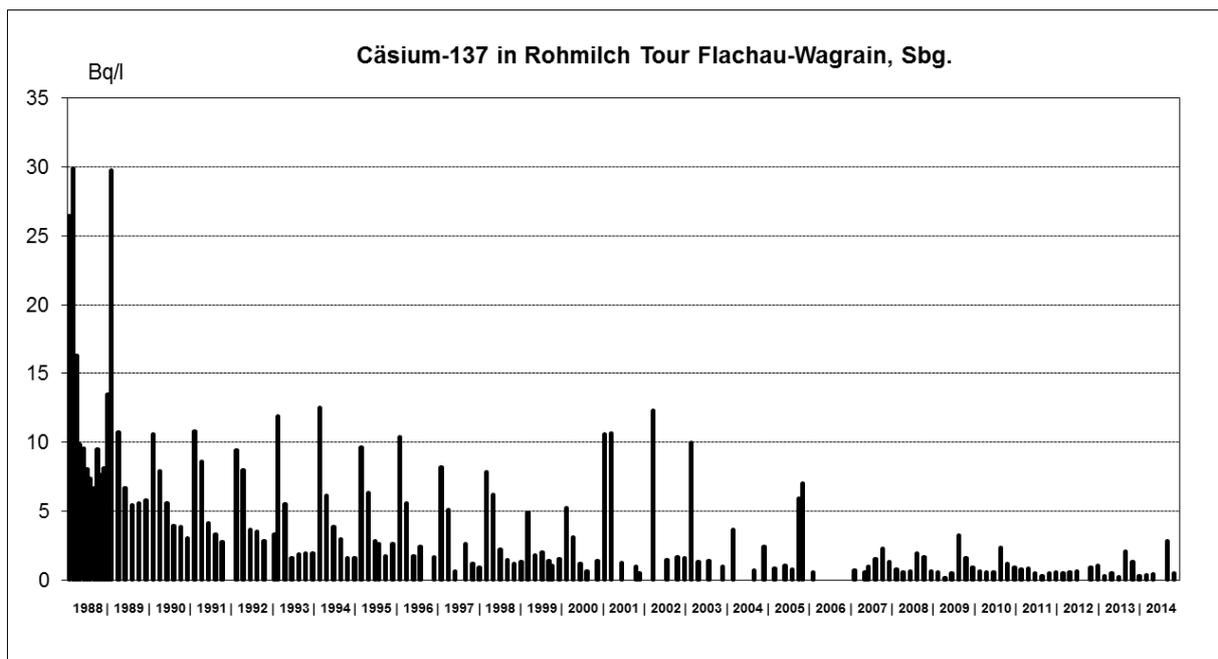


Abb. 4.6.1.2.: Verlauf der Cäsium-137-Aktivitätskonzentration in Rohmilch aus der Sammeltour Flachau-Wagrain

Neben Cäsium-137 ist in der Milch auch das künstliche Radionuklid Strontium-90 zu finden. Strontium-90 stammt überwiegend noch aus den oberirdischen Kernwaffentests der 1950er und 1960er Jahre. Aus Abbildung 4.6.1.4., in der die Messwerte für Strontium-90 in der Rohmilch aus den Wiener Molkereien bzw. aus der Molkerei Baden (bis 1999) und ab 2000 für Milch aus dem Handel dargestellt sind, ist ein allmähliches Absinken der Werte erkennbar. Aus den Daten ergibt sich für die Abnahme eine effektive Halbwertszeit von etwa 8 Jahren. Die Strontium-90-Werte für diese Proben lagen in den Jahren 2013 und 2014 zwischen etwa 20 bis 70 mBq/l.

Die räumliche Verteilung von Strontium-90 ist viel gleichmäßiger als die von Radiocäsium aus dem Tschernobylunfall. Trotzdem kommt es auch beim Strontium-90-Gehalt der Milch zu Schwankungen, insbesondere zu höheren Werten in den Sommermonaten. Diese auch in der Abbildung 4.6.1.4. erkennbaren Spitzen sind auf die Zumischung von höher kontaminierter Rohmilch aus alpinen Regionen zurückzuführen. Ähnlich wie für Radiocäsium ist in alpinen Regionen auch der Transfer von Strontium-90 vom Boden in die Pflanzen durch die dort herrschende Bodenchemie begünstigt. Der deutlich höhere Strontium-90-Wert für Rohmilch der Sammeltour Mittersill (siehe Tab. 4.6.1.1 und Abb. 4.6.1.3.) ist darauf zurückzuführen.

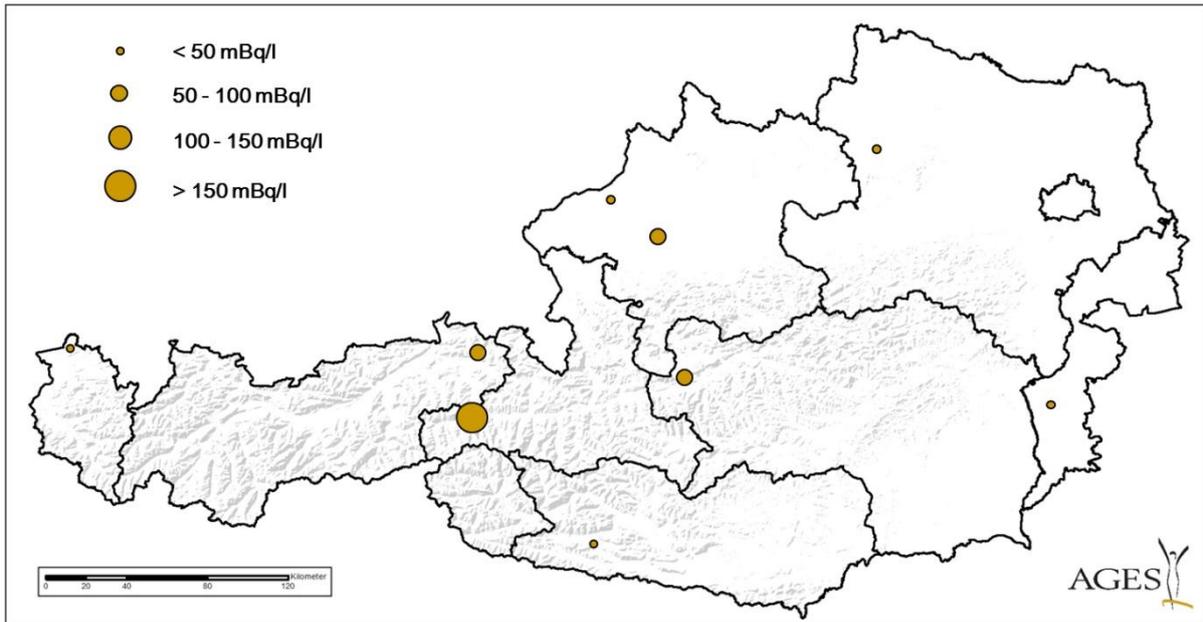


Abb. 4.6.1.3.: Regionale Verteilung der Strontium-90-Kontamination von Rohmilch in Österreich für die Jahre 2013 und 2014

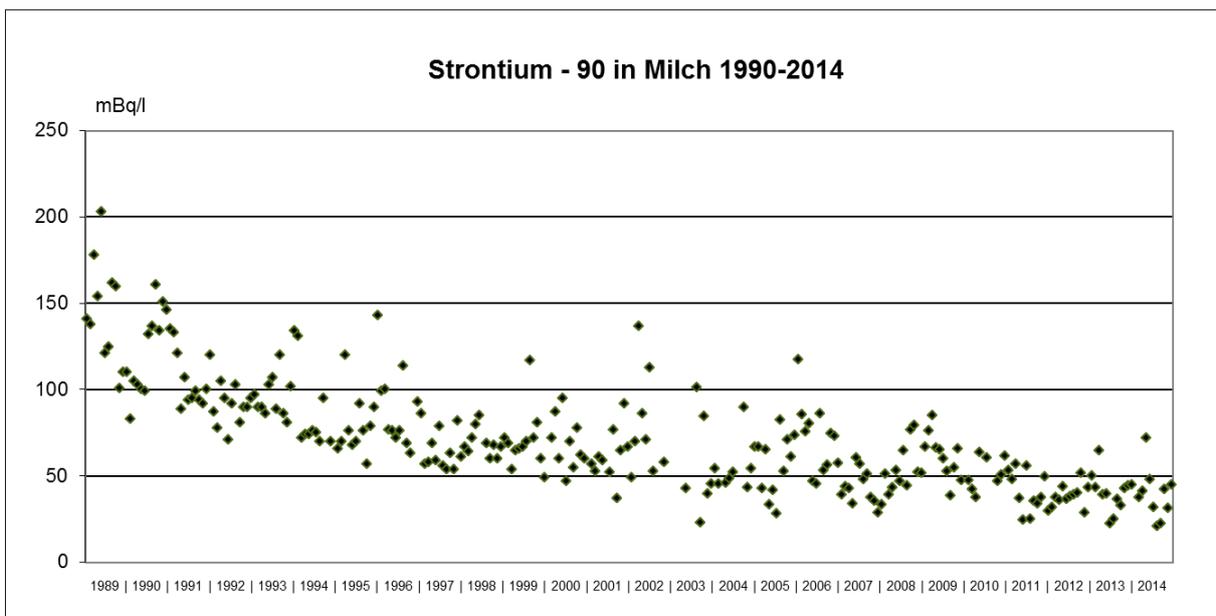


Abb. 4.6.1.4.: Strontium-90-Kontamination von Rohmilch aus Wiener Molkereien bzw. der Molkerei Baden (bis 1999) und Milch aus dem Handel (ab 2000)

In den Milchproben wird auch das natürliche Radionuklid Kalium-40 bestimmt. Der Kaliumgehalt der Milch wird durch biochemische Mechanismen annähernd konstant gehalten und liegt bei rund 50 Bq/l.

4.6.2. Obst, Gemüse, Kartoffeln und Getreide

In den meisten landwirtschaftlich genutzten Böden wird Radiocäsium nach der Deposition relativ rasch an Tonminerale gebunden und steht daher im Laufe der Zeit immer weniger für eine Aufnahme durch Pflanzen zur Verfügung. Schon ab dem Jahr 1988 – also zwei Jahre nach dem Tschernobylunfall – lagen daher die Cäsium-137-Gehalte in Obst, Gemüse, Kartoffeln und Getreide in den meisten Fällen an oder unterhalb der messtechnischen Nachweisgrenze. Eine Ausnahme davon bildet lediglich im Wald wachsendes Beerenobst wie Heidelbeeren oder Preiselbeeren, das aus den zu Beginn dieses Kapitels erläuterten Gründen nach wie vor höhere Gehalte an Cäsium-137 aufweisen kann.

Die im Berichtszeitraum untersuchten Obst-, Gemüse-, Getreide- und Kartoffelproben wiesen, wenn überhaupt, nur sehr geringe Mengen an Cäsium-137 auf.

4.6.3. Fleisch

Der Cäsium-137-Gehalt von Fleisch hängt im Wesentlichen von der Kontamination der jeweiligen Futtermittel ab. Während beispielsweise in Fleisch von Schweinen – die hauptsächlich mit gering bis gar nicht kontaminierten pflanzlichen Produkten gefüttert werden – sehr selten Radiocäsium gefunden wird, ist in Fleisch von Rindern – die in erster Linie mit Gras gefüttert werden – nach wie vor häufig Cäsium-137 nachzuweisen.

So wurde in etwa 27 % der im Berichtszeitraum untersuchten 220 Rindfleischproben Cäsium-137 festgestellt. Von allen untersuchten Proben wiesen etwa 82 % Werte unter 1 Bq/kg, etwa 15 % Werte zwischen 1 und 5 Bq/kg und nur fünf Proben einen Wert über 5 Bq/kg auf. Der höchste Wert wurde in einer Kuh aus Oberösterreich mit 219 Bq/kg gemessen, alle anderen Werte lagen unter 20 Bq/kg. Die Cäsium-137-Werte weisen auf keine signifikanten Änderungen gegenüber den Werten der letzten Jahre hin. (Auch die Milchwerte, die einen direkten Indikator für die Fleischkontamination darstellen, bestätigen diesen Hinweis.)

Die Cäsium-137-Kontamination von Wild ist teilweise nach wie vor relativ hoch. Auch hier treten – wie bei Rind – große Schwankungsbreiten auf, die durch Faktoren wie Kontaminationssituation, Nahrungsangebot, Äsungsgewohnheiten der Tiere, Bodenbeschaffenheit etc. bedingt sind. So enthält Gatterwild, das den Hauptteil des konsumierten Wildes darstellt, in der Regel wenig Radiocäsium. Bei Wildfleisch aus höher kontaminierten Waldregionen hingegen können in Einzelfällen noch immer Cäsium-137-Gehalte von über 1000 Bq/kg auftreten. Aufgrund der im Allgemeinen geringen Verzehrsmengen ist die sich aus dem Konsum von Wildfleisch für die Bevölkerung ergebende Ingestionsdosis trotz gelegentlich höherer Werte gering.

4.6.4. Pilze

Während in den meisten landwirtschaftlichen Produkten derzeit nur noch geringe Mengen an Cäsium-137 zu finden sind, treten in wildwachsenden Pilzen und Beeren im Vergleich dazu deutlich höhere Gehalte auf. Der Grund dafür ist die zu Beginn dieses Kapitels erläuterte höhere biologische Verfügbarkeit von Radiocäsium in naturnahen Waldökosystemen. Wie in Kapitel 4.6.2. dargestellt, weisen Obst, Gemüse, Kartoffeln und Getreide in Österreich in der

Regel Cäsium-137-Gehalte von weniger als 1 Bq/kg auf. In bestimmten wildwachsenden Pilzen – wie beispielsweise Maronenröhrlingen und Semmelstoppelpilzen – werden hingegen noch immer Cäsium-137-Werte bis zu einigen tausend Bq/kg gemessen. Die Werte für in Österreich gesammelte Steinpilze und Eierschwammerl liegen meist unter 200 Bq/kg, gebietsweise treten jedoch auch höhere Werte auf. Im Vergleich dazu sind Parasole mit Werten von einigen Bq/kg eher gering kontaminiert. Bei Pilzen ist im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen Produkten auch kaum eine Abnahme der Cäsium-137-Aktivitäten mit der Zeit zu beobachten. Ein Überblick über die Kontamination von Wildpilzen in Österreich ist in /BKA 99/ zu finden.

In den Jahren 2013 und 2014 hat die Universität Salzburg, Abteilung für Physik und Biophysik, im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit Wildpilze auf ihren Gehalt an Cäsium-137 untersucht. Die Pilze wurden in den Bundesländern Salzburg, Oberösterreich, Niederösterreich und Steiermark gesammelt. In die Sammelregionen wurden insbesondere auch durch den Tschernobylunfall vergleichsweise hoch belastete Gebiete einbezogen (zB die Region Koralpe). Daher sind die Ergebnisse nicht unbedingt repräsentativ für ganz Österreich. Die österreichweiten Werte dürften doch deutlich unter den im Rahmen dieser Studien ermittelten liegen.

Die Ergebnisse der Pilzuntersuchungen sind in den Tabellen 4.6.4.1 und 4.6.4.2 für das Jahr 2013 bzw. 2014 zusammengestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Cäsium-137-Werte für die als Speisepilze sehr beliebten Eierschwammerl und Steinpilze im Mittel deutlich unter dem Grenzwert von 600 Bq/kg liegen. Allerdings treten bei Eierschwammerl doch noch Grenzwertüberschreitungen auf. Bei Steinpilzen wurden keine Überschreitungen des Grenzwertes mehr festgestellt. Anders sieht die Situation bei den Maronenröhrlingen aus. Hier liegen selbst die Mittelwerte über dem Grenzwert, und Grenzwertüberschreitungen treten bei Maronenröhrlingen häufig auf. Hingegen weisen Parasole nur sehr geringe Cäsium-137-Werte auf.

Tabelle 4.6.4.1.: Cäsium-137-Werte in Bq/kg für österreichische Wildpilze (Studie 2013)

	Eierschwammerl	Steinpilze	Maronenröhrlinge	Parasole
Anzahl	77	51	67	8
Mittelwert	337	88	875	1
Maximum	2186	546	3305	2
Anzahl GWÜ in [%]	22	0	62	0

GWÜ ... Grenzwertüberschreitungen

Tabelle 4.6.4.2.: Cäsium-137-Werte in Bq/kg für österreichische Wildpilze (Studie 2014)

	Eierschwammerl	Steinpilze	Maronenröhrlinge	Parasole
Anzahl	106	39	53	2
Mittelwert	140	92	840	1
Maximum	1070	416	2624	1
Anzahl GWÜ in [%]	5	0	55	0

GWÜ ... Grenzwertüberschreitungen

Welche Strahlendosis ergibt sich nun aus dem Genuss von Pilzen? Dazu ein Beispiel: Werden bei einer Mahlzeit 200 g Eierschwammerl mit einer vergleichsweise hohen Kontamination

von 1000 Bq/kg verzehrt, so ergibt sich daraus eine Ingestionsdosis von 0,0028 mSv. Dies ist wenig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition, die im Mittel rund 2,8 mSv pro Jahr beträgt. Da normalerweise Wildpilze nicht in erheblichen Mengen verzehrt werden, ist die Ingestionsdosis selbst dann noch gering, wenn einige Pilze Cäsium-137-Gehalte über dem Grenzwert von 600 Bq/kg aufweisen.

Im Gegensatz zu den wildwachsenden Pilzen sind die üblicherweise in größeren Mengen verzehrten Zuchtpilze, wie Zuchtchampignons und Austernpilze, kaum bis gar nicht mit Radio-cäsium kontaminiert. So wurde in den letzten Jahren bei keiner an diesen Pilzarten durchgeführten Untersuchung Cäsium-137 nachgewiesen.

4.6.5. Trink-und Quellwasser

Die Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl auf das Trinkwasser waren im Allgemeinen sehr gering. Lediglich in direkt kontaminierten Zisternenwässern sowie kurzzeitig in einigen Karstquellen, die von Wasser mit einer kurzen Verweilzeit im Boden und Gestein gespeist werden, konnte damals eine Kontamination nachgewiesen werden. Stärkere Auswirkungen auf das Trinkwasser sind auch in Zukunft nicht zu erwarten, da das vom Tschernobylunfall einzig noch bedeutende Radiocäsium bereits in den obersten Bodenschichten sehr fest adsorbiert ist und daher – wenn überhaupt – nur in sehr geringem Ausmaß ins Grundwasser und in der Folge ins Trinkwasser gelangen kann. Bekräftigt wird diese Annahme auch dadurch, dass selbst das bei den Kernwaffenversuchen der 1950er und 1960er Jahre freigesetzte Cäsium-137 im Trinkwasser noch immer nicht nachgewiesen wird.

Ein diesbezüglich anderes Verhalten zeigt Tritium, das ebenfalls bei den Kernwaffentests in großen Mengen erzeugt wurde. (Ein Teil des derzeit in der Biosphäre befindlichen Tritiums ist natürlichen Ursprungs.) Da nämlich Tritium in Form von tritiiertem Wasser (HTO) am Wasserkreislauf teilnimmt, ist es – wie in allen anderen Wässern – auch im Trinkwasser stets vorhanden. Die Mengen sind jedoch aus der Sicht des Strahlenschutzes unbedeutend.

Ebenfalls stets im Trinkwasser vorhanden sind natürliche Radionuklide wie Radium, Radon samt Folgeprodukten und Kalium-40. Der Gehalt an diesen Radionukliden hängt vom Ursprung der Trinkwässer ab und kann daher stark unterschiedlich sein. Ein Überblick über den Radon-222-Gehalt von österreichischen Grundwässern ist in /BKA 99/ zu finden.

Regelmäßig kontrolliert wird das Trinkwasser der Landeshauptstädte, und zwar durch Untersuchungen von Monatssammelproben mittels Flüssigszintillationsspektrometrie. Wie in den Vorjahren wurden – abgesehen von Tritium – auch in den Jahren 2013 und 2014 bei diesen Messungen künstliche α - bzw. β -Strahler nicht nachgewiesen. Die gemessenen Tritiumwerte lagen – ähnlich wie in Niederschlägen und Oberflächenwässern – bei etwa 1 bis 3 Bq/l.

An den Dienststellen der AGES in Innsbruck, Linz, Graz und Wien werden monatlich aus dem Wasserleitungsnetz Trinkwasserproben entnommen, anschließend eingedampft und gammaspektrometrisch untersucht. Wie schon in den Vorjahren wurden dabei keine Radionuklide künstlichen Ursprungs festgestellt. Zusätzlich werden in Wien Quartalsmischproben aus dem Leitungsnetz auf Strontium-90 analysiert. Die Ergebnisse dieser Analysen waren durchwegs negativ.

4.6.6. Gesamtnahrung

Durch Untersuchen der Gesamtnahrung werden direkte Informationen über die Aufnahme von Radionukliden durch den Menschen über die Nahrungskette erhalten. Deshalb werden regelmäßig Menüs gammaspektrometrisch sowie auf Strontium-90 zu untersucht, wobei die Proben aus Großküchen in Wien und Graz stammen. Im Berichtszeitraum wurde in etwa 20 % der Proben Cäsium-137 nachgewiesen, wobei die Werte meist deutlich unter 1 Bq/kg lagen. Die Werte für Strontium-90 lagen wie in den Vorjahren bei einigen zehn mBq/kg.

4.6.7. Sonstige Lebensmittel

In allen sonstigen untersuchten Lebensmitteln wurden im Berichtszeitraum keine auffälligen Radioaktivitätswerte festgestellt.

4.6.8. Lebensmittel aus dem Ausland

Gemäß der Verordnung (EG) 1635/2006 der Kommission wurden im Berichtszeitraum alle Importe von Wildpilzen aus in der Verordnung genannten Drittländern auf Cäsium-137 kontrolliert. Bei diesen Kontrollen, die direkt an den in der Verordnung für Pilzimporte festgelegten Grenzübergängen erfolgten, wurden keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt.

Neben diesen Grenzkontrollen wurden, wie in den Vorjahren auch, im Berichtszeitraum an den Dienststellen der AGES aus dem Ausland stammende Wildpilze auf radioaktive Kontaminationen untersucht. Die Proben wurden von Organen der Lebensmittelaufsicht in verschiedenen Verkaufsstellen gezogen. Auch bei diesen Kontrollen wurden keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt.

Neben Wildpilzen wurden im Berichtszeitraum in geringem Ausmaß auch andere Lebensmittel aus dem Ausland untersucht. Dabei wurde Radiocäsium nicht nachgewiesen bzw. wurden keine ungewöhnlich hohen Werte gemessen.

4.6.9. Kontrolle von Lebensmitteln aus Japan nach dem Reaktorunfall von Fukushima

Unmittelbar nach dem Reaktorunfall von Fukushima wurde auf Basis entsprechender europäischer Verordnungen mit der Kontrolle von Lebensmittelimporten aus Japan auf Radioaktivität begonnen. In Österreich werden seither alle Direktimporte von Lebensmitteln aus Japan untersucht. In den Jahren 2013 und 2014 waren dies insgesamt 88 Proben. Lediglich in zwei Proben von Grünem Tee wurde Radiocäsium aus dem Reaktorunfall von Fukushima gefunden. Die Aktivitäten lagen jedoch weit unter den Grenzwerten in einem unbedenklichen Bereich (Cäsium-134: 0,6 und 0,9 Bq/kg, Cäsium-137: 1,8 und 3,2 Bq/kg).

Ein Großteil der beim Reaktorunfall von Fukushima freigesetzten Radioaktivität gelangte in den Pazifik. Daher werden entsprechend einer EU-Empfehlung in Österreich seit März 2011 stichprobenartig Fische aus dem Pazifik auf Radioaktivität untersucht. In den Jahren 2013 und 2014 wurden insgesamt 208 Proben untersucht. In zwei Thunfisch- und zwei Wildlachsproben wurden geringe Mengen an Cäsium-137 gefunden (jeweils unter 0,8 Bq/kg), alle anderen Ergebnisse waren negativ. Da die betreffenden Proben aber kein Cäsium-134 aufwiesen, stammt das Cäsium-137 nicht aus dem Reaktorunfall von Fukushima, sondern aus den Kernwaffentests, die in den 1950er und 1960er Jahren im Pazifik durchgeführt wurden.

Näheres zu den Importkontrollen an Lebensmitteln aus Japan und den Kontrollen an Fischen aus dem Pazifik sowie stets aktuell gehaltene Listen mit den jeweiligen Untersuchungsergeb-

nissen sind auf der Homepage des Bundesministeriums für Gesundheit www.bmg.gv.at zu finden.

5. Ergebnisse aus der Anlagenüberwachung

Aus den an Abluft und Abwasser der Anlagen des Austrian Institute of Technology (AIT) am Standort Seibersdorf und des Atominstutits der Österreichischen Universitäten (AI) durchgeführten behördlichen Kontrollmessungen und der jeweiligen betriebsinternen Eigenüberwachung geht hervor, dass die von den zuständigen Behörden festgelegten Höchstwerte für die Ableitung radioaktiver Stoffe an die Umgebung im Berichtszeitraum im Jahresdurchschnitt eingehalten wurden. Bei der Umgebungsüberwachung wurden keine unzulässig hohen Ortsdosen oder Immissionen festgestellt.

Die behördliche Prüfung der betriebsinternen Abgabebilanzen auf Vollständigkeit und Plausibilität ergab keinen Hinweis auf Unstimmigkeiten. Die Ergebnisse der durchgeführten Kontrollmessungen bestätigen im Allgemeinen die Resultate aus der betriebsinternen Eigenüberwachung.

Die Ergebnisse sind in den Berichten /Dauke 01.14/, /Dauke 02.12/, /Dauke 2.15/ und /Katzlberger 5.15/ zu finden.

6. Strahlenexposition der Bevölkerung

Die Strahlenexposition der Bevölkerung ist derzeit weitgehend durch natürliche Strahlenquellen bedingt. Zu dieser natürlichen Strahlenexposition tragen das radioaktive Edelgas Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte über die Inhalation im Mittel etwas mehr als die Hälfte bei. Rund ein Drittel der natürlichen Strahlenexposition erfolgt über Bestrahlung von außen durch kosmische Strahlung und durch terrestrische Gammastrahlung. Von geringerer Bedeutung ist die Aufnahme natürlicher Radionuklide über Trinkwasser und Nahrung (Ingestion), die im Mittel nur etwa ein Zehntel der natürlichen Strahlendosis bewirkt.

Die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin liefert nach den natürlichen Strahlenquellen den größten Beitrag zur Strahlendosis der Bevölkerung. Die durch medizinische Anwendungen verursachte Dosis verteilt sich jedoch sehr ungleichmäßig auf die Bevölkerung.

In den Jahren 1986 und 1987 kam es in Österreich infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl zu einem Anstieg der mittleren Strahlenexposition der Bevölkerung um durchschnittlich etwa 10 %. In den darauf folgenden Jahren ging die durch den Tschernobyl-Fallout bewirkte Strahlendosis stark zurück und lag im Berichtszeitraum schon deutlich unter 1 % der Gesamtdosis. Der Reaktorunfall von Fukushima führte in Österreich zu keiner nennenswerten Strahlenexposition.

Die durch den Betrieb von Kernanlagen, durch die Verwendung von radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt sowie durch den Kernwaffen-Fallout bewirkte Strahlenexposition der Bevölkerung ist im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sehr gering.

6.1. Natürliche Strahlenexposition

Die natürliche Strahlenexposition setzt sich aus der externen Strahlenexposition durch kosmische und terrestrische Strahlung und der internen Strahlenexposition durch Inkorporation von natürlichen radioaktiven Stoffen über Inhalation und Ingestion zusammen. Durch zivili-satorische Maßnahmen – wie beispielsweise das Senken der Ventilationsrate in Gebäuden, was zu einer Anreicherung von Radon führen kann – kann es unter Umständen zu einer beträchtlichen Erhöhung der natürlichen Strahlenexposition kommen.

6.1.1. Externe Strahlenexposition

Die externe Strahlenexposition setzt sich aus einer kosmischen und einer terrestrischen Komponente zusammen. Die kosmische Komponente wird im Wesentlichen durch den Photonenanteil (Gamma- und Röntgenstrahlung) der kosmischen Strahlung bewirkt. Die terrestrische Komponente der externen Strahlenexposition entsteht hauptsächlich durch die Gammastrahlung des Kalium-40 sowie der Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen. Im Freien hängt daher die Höhe der durch sie bewirkten Dosis in erster Linie vom Radionuklidgehalt des Bodens ab, in Gebäuden ist der Radionuklidgehalt der verwendeten Baumaterialien bestimmend.

Die externe Strahlenexposition der österreichischen Bevölkerung durch natürliche Strahlenquellen liegt bei einem ganzjährigen Aufenthalt im Freien im Mittel bei etwa 0,78 mSv effektiver Dosis (0,43 mSv terrestrische und 0,35 mSv kosmische Strahlung). Dieser Wert wird durch die mit dem Strahlenfrühwarnsystem erhaltenen Ergebnisse bestätigt, wonach der österreichweite Mittelwert der Gammaortsdosisleistung etwa 90 nSv pro Stunde beträgt, was zu einer jährlichen Strahlendosis von 0,79 mSv führt.

Abhängig von der Abschirmwirkung des Baumaterials gegenüber der terrestrischen und der kosmischen Strahlung sowie vom Radionuklidgehalt der verwendeten Baustoffe sind die Werte der externen Strahlenexposition in Gebäuden anders als im Freien. Für Innenräume ergibt sich für die durch externe Bestrahlung bewirkte effektive Dosis mit 1,1 mSv pro Jahr im Mittel ein etwas höherer Wert als im Freien /Tschirf 80/. Unter der Annahme eines Aufenthalts in Innenräumen während 80 % des Tages errechnet sich für Österreich ein Gesamtwert von etwa 1 mSv pro Einwohner und Jahr für die externe Strahlendosis /Tschirf 80/.

6.1.2. Interne Strahlenexposition

Neben der Bestrahlung von außen durch kosmische und die terrestrische Strahlung ist die Bestrahlung von innen durch im Körper befindliche natürliche Radionuklide die zweite Komponente der natürlichen Strahlenexposition. In den Körper gelangen die Radionuklide im Wesentlichen über Inhalation und Ingestion.

Inhalation

Die Inhalation des radioaktiven Edelgases Radon und seiner kurzlebigen Folgeprodukte liefert den Hauptbeitrag zur internen Strahlenexposition der Bevölkerung. Die Erhebung von repräsentativen Werten für Österreich erfolgte in einer vom damaligen Gesundheitsressort initiierten und anschließend von den jeweils zuständigen Ressorts weitergeführten Studie (Österreichisches nationales Radonprojekt, ÖNRAP). Aus den erhobenen Daten wurde ein österreichweiter Durchschnittswert für die durch Radon bewirkte effektive Dosis von etwa 1,5 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. In Einzelfällen kommt es aber auch zu wesentlich höheren Werten. Die Inhalationsdosis durch Radon wird fast zur Gänze durch den Aufenthalt in Gebäuden bewirkt. Wegen der im Freien wesentlich geringeren Radonkonzentrationen und kürzeren Aufenthaltsdauer ergibt sich für den Aufenthalt im Freien nur eine effektive Dosis von weniger als 0,1 mSv pro Jahr.

Durch den Gehalt von Tabak an den langlebigen Radonfolgeprodukten Polonium-210 und Blei-210 erhalten Raucher eine zusätzliche Inhalationsdosis. Aus den in /Watson 85/ angeführten Werten kann eine durch Rauchen bewirkte effektive Dosis im Bereich von etwa 0,01 bis 0,45 mSv pro Jahr abgeleitet werden.

Der Beitrag der natürlichen Radionuklide Beryllium-7 und Natrium-22 zur Inhalationsdosis ist mit einigen Millionstel Millisievert pro Jahr vernachlässigbar gering.

Ingestion

Von den über Trinkwasser und Nahrung aufgenommenen natürlichen Radionukliden tragen nur Kalium-40 sowie Nuklide der Uran-Radium- und der Thorium-Zerfallsreihe wesentlich zur Ingestionsdosis bei. Sie bewirken im Mittel zusammen eine jährliche effektive Dosis von etwa 0,31 mSv pro Person, wovon 0,17 mSv auf Kalium-40 und 0,14 mSv auf Radionuklide aus den Zerfallsreihen – und zwar hauptsächlich auf Blei-210 und Polonium-210 – fallen

(Werte aus /UNSCEAR 00/). Der Wert für Kalium-40 ist keinen großen Schwankungen unterworfen, da der Gehalt des Körpers an Kalium homöostatisch geregelt wird. Hingegen kann beispielsweise ein lokal erhöhter Radium- oder Radongehalt des Trinkwassers eine Ingestionsdosis bewirken, die beträchtlich über dem angeführten Mittelwert liegt.

6.2. Zivilisatorische Strahlenexposition

Die zivilisatorische Strahlenexposition resultiert aus der Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Medizin, Forschung, Technik und Haushalt, aus dem Betrieb kern-technischer Anlagen sowie aus den bei den oberirdischen Kernwaffenversuchen und bei den Reaktorunfällen von Tschernobyl und Fukushima in die Umwelt freigesetzten Radionukliden. Die durch medizinische Anwendungen verursachte Strahlendosis liegt im Mittel bei etwa 1,3 mSv pro Einwohner und Jahr. Alle anderen genannten Quellen bewirkten im Berichtszeitraum zusammen jährlich weniger als 0,1 mSv.

6.2.1. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin

Die aus der Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin sich ergebende mittlere effektive Dosis kann auf Basis nationaler Studien auf etwa 1,3 mSv pro Einwohner und Jahr geschätzt werden. Den Großteil dieser Dosis liefert mit etwa 1,2 mSv die Röntgendiagnostik. Die nuklearmedizinische Diagnostik trägt – primär wegen der geringeren Anwendungshäufigkeit – nur etwa 0,1 mSv dazu bei. Der Rest fällt auf strahlentherapeutische Anwendungen, die zwar hohe Patientendosen bewirken, jedoch wegen ihrer vergleichsweise sehr geringen Häufigkeit zur mittleren Bevölkerungsdosis wenig beitragen. Die in der Umwelt nachgewiesenen, aus nuklearmedizinischen Anwendungen stammenden Radionuklide sind für die Bevölkerungsdosis ohne Bedeutung.

6.2.2. Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Forschung, Technik und Haushalt

In Forschung, Technik und Haushalt werden auch Industrieerzeugnisse verwendet, die radioaktive Stoffe verschiedener Art und Aktivität enthalten. Beispiele dafür sind bestimmte wissenschaftliche Instrumente, Ionisationsrauchmelder, aber auch Konsumprodukte wie Uhren mit tritiumhaltigen Leuchtziffern. Weiters werden bei einigen technischen Prozessen zur Messung, Steuerung oder Qualitätskontrolle Strahlenquellen eingesetzt (zB Schweißnahtprüfungen, Füllstands-, Dicke- und Dichtemessungen). Der Umgang mit diesen Strahlenquellen sowie die Zulassung von Industrieerzeugnissen, die radioaktive Stoffe enthalten, sind rechtlich geregelt und bedürfen in der Regel einer Genehmigung. Eine genaue Bestimmung der durch die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in diesen Bereichen für die Bevölkerung bewirkten Strahlendosis ist kaum durchführbar. Im Mittel liegt die effektive Dosis jedoch mit Sicherheit unter 0,02 mSv pro Einwohner und Jahr.

6.2.3. Berufliche Tätigkeit

Vor allem im medizinischen Bereich, aber auch in Forschung, Industrie und Gewerbe sowie im öffentlichen Dienst sind beruflich strahlenexponierte Personen tätig. Die physikalische Überwachung der Strahlenexposition dieses Personenkreises ist gesetzlich vorgeschrieben.

Die sich in Österreich aufgrund beruflicher Strahlenexposition für die Gesamtbevölkerung ergebende mittlere effektive Dosis kann auf etwa 0,05 mSv pro Einwohner und Jahr ge-

schätzt werden. Den größten Beitrag zur Dosis der Gesamtbevölkerung liefern Tätigkeiten im medizinischen Bereich. Wie die medizinisch bedingte Strahlenexposition ist auch die beruflich bedingte sehr ungleichmäßig auf die Bevölkerung verteilt.

6.2.4. Fallout von Kernwaffenversuchen

Im Zeitraum von 1945 bis 1980 wurden insgesamt 418 Kernwaffentests in der freien Atmosphäre durchgeführt, die eine weltweite Kontamination mit künstlichen Radionukliden zur Folge hatten. Nach Einstellen der oberirdischen Tests durch die USA, die damalige UdSSR und Großbritannien Ende 1962 geht seit etwa Mitte der sechziger Jahre der Pegel der durch diese Versuche verursachten Umweltradioaktivität ständig zurück. Heute sind von den damals freigesetzten Radionukliden nur noch wenige nachweisbar – auch ihre Konzentrationen in den einzelnen Medien sind mittlerweile schon sehr gering. Der zurzeit geleistete Beitrag des Kernwaffen-Fallouts zur Strahlendosis der österreichischen Bevölkerung kann auf weniger als 0,01 mSv pro Einwohner und Jahr geschätzt werden.

6.2.5. Kerntechnische Anlagen

Die durch den Betrieb der kerntechnischen Anlagen des Austrian Institute of Technology und des Atominstutts der Österreichischen Universitäten sich für die Bevölkerung ergebende Strahlendosis ist vernachlässigbar gering. Auch der Normalbetrieb von Kernanlagen im Ausland führt zu praktisch keinen Expositionen für die österreichische Bevölkerung.

6.2.6. Reaktorunfall von Tschernobyl

Die durch den Reaktorunfall von Tschernobyl verursachte mittlere jährliche Strahlendosis für die Bevölkerung ist von etwa 0,4 mSv pro Einwohner im Jahr 1986 /BKA 88/ auf unter 0,01 mSv in den Jahren 2013 und 2014 zurückgegangen. Sie wurde im Berichtszeitraum fast ausschließlich durch Cäsium-137 bewirkt, andere in der Folge des Reaktorunfalls deponierte Radionuklide spielten – aufgrund ihrer kurzen Halbwertszeiten und/oder der geringen Mengen, die nach Österreich gelangt sind – praktisch keine Rolle mehr.

6.2.7. Reaktorunfall von Fukushima

Selbst eine sehr konservative Abschätzung der durch den Reaktorunfall von Fukushima in Österreich im Jahr 2011 bewirkten Strahlendosis ergibt einen vernachlässigbar geringen Wert maximal 0,0001 mSv (100 nSv) pro Person. Diese Dosis wurde hauptsächlich durch das Radionuklid Iod-131 bewirkt. Im Berichtszeitraum kam es in Österreich praktisch zu keiner Exposition mehr.

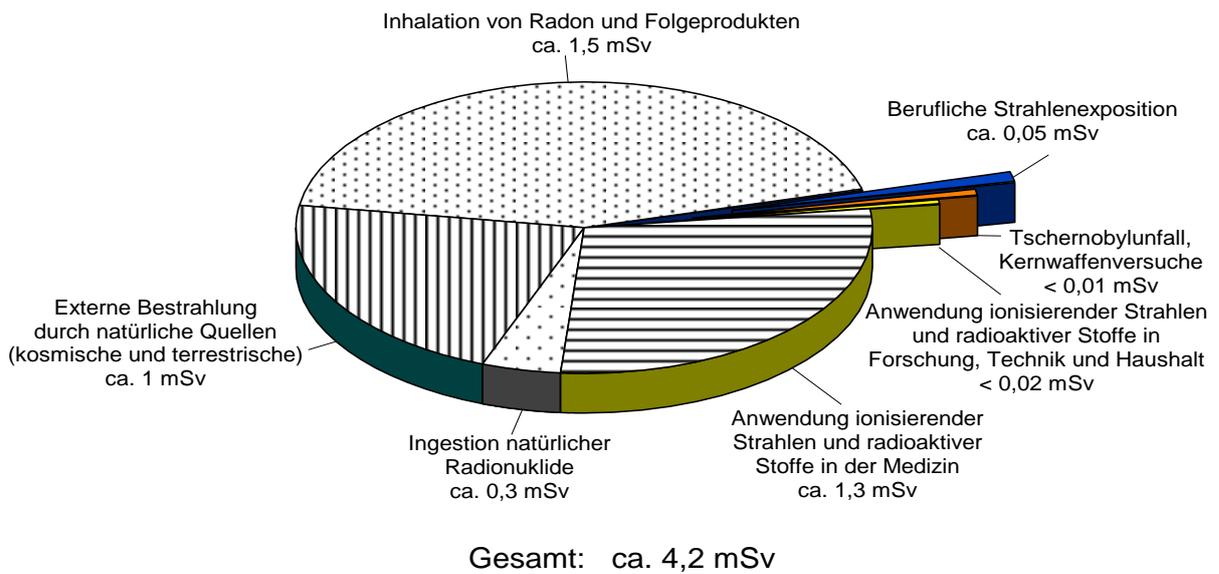
6.3. Gesamte Strahlenexposition

Die Strahlenexposition der österreichischen Bevölkerung betrug in den Jahren 2013 und 2014 im Mittel jeweils rund 4,2 mSv effektive Dosis pro Person, und setzt sich wie folgt zusammen:

Die Strahlenexposition aus natürlichen Strahlenquellen führte zu einer effektiven Dosis von etwa 2,8 mSv pro Einwohner und Jahr. Dazu trugen das radioaktive Edelgas Radon und seine kurzlebigen Folgeprodukte über die Inhalation im Mittel mehr als die Hälfte bei. Rund ein Drittel resultierte aus der Bestrahlung von außen durch kosmische Strahlung und terrestrische Gammastrahlung, der Rest stammt aus der Ingestion natürlicher Radionuklide.

Die zivilisatorisch bedingte Strahlendosis betrug im Mittel rund 1,4 mSv pro Person und Jahr. Dazu lieferte die Anwendung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in der Medizin – und zwar primär die Röntgendiagnostik – mit etwa 1,3 mSv den weitaus größten Beitrag. Alle übrigen zivilisatorischen Strahlenquellen zusammen bewirkten eine effektive Dosis von weniger als 0,1 mSv pro Einwohner und Jahr.

Strahlenexposition der Bevölkerung in den Jahren 2013 und 2014
(Effektive Dosis pro Einwohner und Jahr)



Literatur

- /BKA 88/** „Die Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl auf Österreich“; 2., verbesserte Ausgabe, Beiträge Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung, Strahlenschutz (Bundeskanzleramt, Sektion VII), 2/88, Wien (1990)
- /BKA 99/** „Radioaktivitätsmessungen in Österreich 1998; Daten und Bewertung“; Beiträge Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung, Strahlenschutz, Toxikologie, Gentechnik (Bundeskanzleramt, Sektion VI), 9/99, Wien (1999)
- /CEC 98/** „Atlas of Caesium Deposition on Europe after the Chernobyl Accident“; Europäische Kommission, GD XII, (1998)
- /Dauke 01.14/** M. Dauke: „Bericht über die Kontrolle des Atominstututs der Österreichischen Universitäten“; Bericht des Fachbereiches Strahlenschutz, Jänner 2014
- /Dauke 02.14/** M. Dauke: „Bericht über die Kontrolle der Nuclear Engineering Seibersdorf GmbH und der Seibersdorf Laboratories GmbH am Standort Seibersdorf“; Bericht des Fachbereiches Strahlenschutz, Februar 2014
- /Dauke 02.15/** M. Dauke: „Bericht über die Kontrolle der Nuclear Engineering Seibersdorf GmbH und der Seibersdorf Laboratories GmbH am Standort Seibersdorf“; Bericht des Geschäftsfeldes Strahlenschutz, Februar 2015
- /Ditto 99/** M. Ditto et al.: „Radon-222 im Grundwasser – Ein österreichweiter Überblick“; Bericht der BALUF Wien, Jänner 1999
- /Katzlberger 05.15/** C. Katzlberger: „Bericht über die Kontrolle des Atominstututs der Technischen Universität Wien“; Bericht des Geschäftsfeldes Strahlenschutz, Mai 2015
- /Tschirf 80/** E. Tschirf, W. Baumann, R. Niesner: „Ermittlung der Bevölkerungsstrahlendosis durch die natürliche äußere Strahlung in Innenräumen“; Beiträge Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung (Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz), 5/80, Wien (1980)
- /UBA 96/** P. Bossew, M. Ditto, T. Falkner, E. Henrich, K. Kienzl, U. Rappelsberger: „Cäsiumbelastung der Böden Österreichs“; Umweltbundesamt Wien, März 1996
- /UNSCEAR 00/** „Sources and Effects of Ionizing Radiation“; United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, New York (2000)
- /Watson 85/** A. P. Watson: „Polonium-210 and Lead-210 in Food and Tobacco Products: Transfer Parameters and Normal Exposure and Dose“, Nuclear Safety, Vol. 26, No. 2, p. 179, (1985)

www.bmg.gv.at

Der vorliegende Bericht enthält Informationen und Daten zu Radioaktivität und Strahlung in Österreich. Vor allem werden Daten aus der Umweltüberwachung sowie der Lebensmittel- und Trinkwasserüberwachung präsentiert.