



Strahlenhygienischer Jahresbericht 2009

Allgemeine Umweltradioaktivität
und
Umgebungsüberwachung
der kerntechnischen Anlagen
in Bayern



strahlung

Impressum

Strahlenhygienischer Jahresbericht 2009
Allgemeine Umweltradioaktivität und Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Bayern

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (08 21) 90 71-0
Fax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, Referat 42:
Dr. J. Faleschini
K. Goussios
M. Mengis
T. Pfau
LfU, Referat 41:
S. Bahner

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Druck:

Eigendruck der Druckerei Bayerisches Landesamt für Umwelt
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

September 2010

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
1 Einleitung	7
1.1 Gesetzliche Grundlagen der Überwachung	7
1.2 Vollzug des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG)	8
1.3 Überwachung kerntechnischer Anlagen in Bayern nach REI	11
1.3.1 Standorte der kerntechnischen Anlagen in Bayern	11
1.3.2 Standorte der Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Bayern	12
1.4 Veröffentlichung der Daten	12
1.4.1 Einzelmessergebnisse 2009	12
2 Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität	13
2.1 Maßnahmen zur allgemeinen Überwachung	13
2.2 Zusammenfassende Bewertung der Messergebnisse	17
2.3 Messergebnisse der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung	18
2.3.1 Expositionspfad Luft	18
2.3.2 Expositionspfad Wasser	18
2.3.2.1 Oberflächenwasser	19
2.3.2.2 Sediment	21
2.3.2.3 Schwebstoff	21
2.3.2.4 Trinkwasser	21
2.3.2.5 Grundwasser	22
2.3.2.6 Abwasser	23
2.3.2.7 Klärschlamm	24
2.3.2.8 Deponiesickerwasser	24
2.3.3 Expositionspfad Ernährungskette auf dem Land	26
2.3.3.1 Gesamtnahrung	28
2.3.3.2 Kuhmilch	28
2.3.3.3 Frischgemüse	30
2.3.3.4 Frischobst	30
2.3.3.5 Kartoffeln	31

2.3.3.6	Getreide	31
2.3.3.7	Fleisch	32
2.3.3.8	Honig	36
2.3.3.9	Kleinkindernahrung	36
2.3.3.10	Pilze	37
2.3.3.11	Futtermittel	39
2.3.4	Expositionspfad Ernährungskette im Wasser	40
2.3.5	Reststoffe und Abfälle	42
3	Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen in Bayern	44
3.1	Maßnahmen zur Umgebungsüberwachung	44
3.2	Messergebnisse der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen	53
3.2.1	Routinemessprogramm - Bericht zu den Messungen nach REI, Tabellen A1/A2	53
3.2.1.1	Überwachter Umweltbereich Luft (01)	53
3.2.1.2	Umweltbereich: Niederschlag (02)	60
3.2.1.3	Umweltbereich: Boden (03)	62
3.2.1.4	Umweltbereich: Pflanzen/Bewuchs (04)	64
3.2.1.5	Umweltbereich: Futtermittel (05)	64
3.2.1.6	Umweltbereich: Ernährungskette Land (06)	65
3.2.1.7	Umweltbereich: Milch und Milchprodukte (07)	66
3.2.1.8	Überwachter Umweltbereich: Oberirdische Gewässer (08)	67
3.2.1.9	Überwachter Umweltbereich: Ernährungskette Wasser (09)	73
3.2.1.10	Überwachter Umweltbereich: Trink- und Grundwasser (10)	74
3.2.2	Bericht zu den Messungen nach REI, Tabellen A3/A4 – Störfall/Unfall	75
3.2.3	Bericht zu den Messungen nach REI, Tabellen C – Brennelement-Zwischenlager	77
3.3	Bericht zu den Messungen der technischen Gewässeraufsicht	81
3.3.1	Vorbemerkungen	81
3.3.2	Messergebnisse	81
3.3.2.1	Kernkraftwerk Isar 1 und 2, KKI 1 und KKI 2	81
3.3.2.2	Kernkraftwerk Gundremmingen, KGG	82
3.3.2.3	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, KKG	82
3.3.2.4	Forschungsneutronenquelle München FRM II	83

3.3.3	Zusammenfassende Beurteilung	83
3.4	Emissionen	84
3.4.1	Kernkraftwerke Isar (KKI 1 und KKI 2)	84
3.4.2	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)	86
3.4.3	Kernkraftwerk Gundremmingen Blöcke B/C (KGG)	87
3.4.4	Versuchsatomkraftwerk Kahl (VAK)	88
3.4.5	Forschungsreaktor München (FRM)	88
3.4.6	Siemens AG - AREVA NP GmbH, Standort Karlstein (SAGK)	89
3.4.7	AREVA NP GmbH, Standort Erlangen (AREVA)	90
3.4.8	Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)	91
3.5	Meteorologische Verhältnisse	92
3.6	Ausbreitungsrechnungen	93
3.6.1	Allgemeines	93
3.6.2	Darstellung und Bewertung der Messergebnisse	94
4	Anhang	95
4.1	Abkürzungsverzeichnis	95
4.1.1	Kerntechnische Anlagen	95
4.1.2	Abkürzung der Kerntechnische Anlagen bei den Messpunkten	95
4.1.3	Einheiten	95

Vorwort

Dieser Bericht ist eine Fortführung der Jahresberichte „Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität in Bayern“ und „Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Bayern“.

Die beiden Berichte werden ab der vorliegenden Ausgabe in einem neugestalteten Jahresbericht zusammengefasst.

Ziel dieses Berichtes ist es, der Öffentlichkeit einmal jährlich eine Information über den Zustand der Umweltradioaktivität in Bayern zur Verfügung zu stellen.

Für den speziell interessierten Leser sind die im Rahmen der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung und der Umgebungsüberwachung der bayerischen kerntechnischen Anlagen ermittelten Einzelmessergebnisse über eine gesonderte Suchabfrage einsehbar:

Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität :

- Link zu „Strahlenschutzvorsorge in Bayern – Messwerte“
<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/strahlenschutzvorsorge/index.htm>

Die Messwerte der Umweltproben sind bis auf zwei Jahre zurückliegend abrufbar.

Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Bayern :

- Link zu REI Messdaten → http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/rei_messdaten/

Die zur Abfrage der Messdaten der Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Bayern notwendige Software befindet sich momentan im Rahmen der Neugestaltung der Radioaktivitätsdatenbank REA in der Entwicklungsphase und kann daher noch nicht genutzt werden. Bis zur Fertigstellung der Online-Messdatenabfrage stehen die Messdaten nach REI und die Emissionen 2009 zum Abruf hier als PDF zur Verfügung:

http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/rei_jb/doc/rei_messdaten_2009.pdf

1 Einleitung

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt begann in Bayern in den 1950er Jahren mit der Messung des radioaktiven Fallouts, der von den oberirdischen Kernwaffenversuchen stammte.

1.1 Gesetzliche Grundlagen der Überwachung

Die Grundsätze um „Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen...“ sind in § 1 im „Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren“ – dem **Atomgesetz (AtG)** festgeschrieben.

■ Link zu „Atomgesetz“
<http://bundesrecht.juris.de/atg/index.html>

Näher ausgeführt werden die Grundsätze des Atomgesetzes in der „Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen“ – in der **Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)**.

In der StrlSchV sind unter anderem der Umgang mit radioaktiven Stoffen und die Festsetzung von Dosisgrenzwerten geregelt. § 48 der StrlSchV regelt, dass radioaktive Ableitungen aus Anlagen oder Einrichtungen in die Umgebung überwacht werden.

■ Link zu „Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)“
http://bundesrecht.juris.de/strlschv_2001/index.html

Zur genauen Beschreibung dieser Überwachung wurde die „**Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen**“ (**REI**) erlassen. Auf dieser bundesweiten Regelung beruht die Überwachung von Kernkraftwerken und anderen Einrichtungen, welche mit Kernbrennstoffen umgehen.

■ Link zu „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)“
http://vwwbund.juris.de/bsvwwbund_07122006_RSII5156035.htm

Nach dem Reaktorunfall am 26.04.1986 in Tschernobyl und dessen Auswirkungen auf Deutschland wurde das „Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung“ (**Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG**) erlassen. Das am 31.12.1986 in Kraft getretene Gesetz ist die Grundlage für die weitgehend flächendeckende und großräumige Erfassung der Radioaktivität künstlichen Ursprungs in der Umwelt.

■ Link zu „Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG)“
<http://bundesrecht.juris.de/strvg/index.html>

Die Erfahrungen mit den grenzüberschreitenden Auswirkungen des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl im Jahre 1986 haben gezeigt, dass zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt ein bundeseinheitliches Vorgehen aller für die Strahlenschutzvorsorge zuständigen Behörden gewährleistet sein muss. Daraufhin wurden vom Bund und den Ländern eine Reihe verbindlicher Regelungen getroffen.

Beispielhaft sind

- das Strahlenschutzvorsorgegesetz vom 19.12.1986, das die Arbeitsteilung zwischen Bund und Ländern bei der Strahlenschutzvorsorge regelt,
- die "Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS)" vom 13. Dezember 2006 und

- die "Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Überwachung von Lebensmitteln nach der Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 des Rates vom 22. Dezember 1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notfallsituation (AVV-Strahlenschutzvorsorge-Lebensmittelüberwachung – AVV-StrahLe)" vom 28. Juni 2000.

1.2 Vollzug des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG)

Bayern hat im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge die gesetzliche Pflicht, auf seinem Gebiet die Radioaktivität in der Umwelt – in Arbeitsteilung mit dem Bund – ständig zu überwachen.

Die Messungen führen die zuständigen Landesmessstellen des Landesamt für Umwelt (LfU) – aufgeteilt auf die beiden Standorte Kulmbach (Strahlenschutzlabor Nordbayern) und Augsburg (Strahlenschutzlabor Südbayern) – nach den gesetzlichen Vorgaben des § 3 des Strahlenschutzvorsorgegesetzes in Bundesauftragsverwaltung durch. Zusätzlich werden spezielle landeseigene Messprogramme betrieben, die den besonderen Bedingungen Bayerns Rechnung tragen, z. B. die Überwachung des Wildbrets.

Sämtliche Ergebnisse von Radioaktivitätsmess- und Beobachtungsdaten der Landesmessstellen werden im Integrierten Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (**IMIS**) zusammengefasst und an die Landeszentralstelle (**LDZ**) Bayern im LfU übermittelt. Nach ihrer Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität werden die Daten an die Zentralstelle des Bundes für die Überwachung der Umweltradioaktivität (**ZdB**) im Bundesamt für Strahlenschutz (**BfS**) in Neuherberg weitergeleitet. Die ZdB stellt daraufhin die Daten den zuständigen Verwaltungsbehörden des Bundes, den sogenannten **Leitstellen** für die Überwachung der Umweltradioaktivität für weitergehende Analysen und Auswertungen zur Verfügung.

Grundlage zur Durchführung der Überwachung sind die Vorgaben der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (**AVV-IMIS**)" im Normal- und Intensivbetrieb. Grundsätzlich befindet sich IMIS im **Normalbetrieb**. Im Falle von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (**BMU**) der **Intensivbetrieb** angeordnet.

In den jeweiligen, den Betriebsarten zugeordneten Messprogrammen ist festgelegt,

- wo und in welchen Zeitabständen,
- welche Umweltbereiche,
- nach welchen Vorgaben

zu untersuchen sind.

Zu überwachen sind alle Umweltbereiche, die bei einer Kontamination der Umwelt Einfluss auf die Strahlenexposition des Menschen haben können. Um einen flächendeckenden und repräsentativen Überblick über die Umweltradioaktivität zu gewährleisten, sind die Probenentnahmeorte bzw. Messpunkte so ausgewählt, dass sie möglichst gleichmäßig über Bayern verteilt liegen.

Großräumige Veränderungen des Pegels der Umweltradioaktivität können somit erfasst werden.

Die Probenahmen werden unter Einsatz amtlicher Probenehmer durchgeführt. Ergänzend werden importierte Produkte im Handel beprobt: Freilandgemüse, Getreide, Obst, Kartoffeln, Rindfleisch, Schweinefleisch, Kalbfleisch, Geflügel, Wildpilze, Käse, Einzelfuttermittel und Meeresfisch.

In den erweiterten **landeseigenen Messprogrammen** Bayerns werden u. a. Wildschweine, Rehwild und Wildpilze beprobt.

Alle für eine mögliche Strahlenexposition der Bevölkerung relevanten Umweltbereiche werden auf ihren Aktivitätsgehalt hin untersucht (siehe Abb. 1).

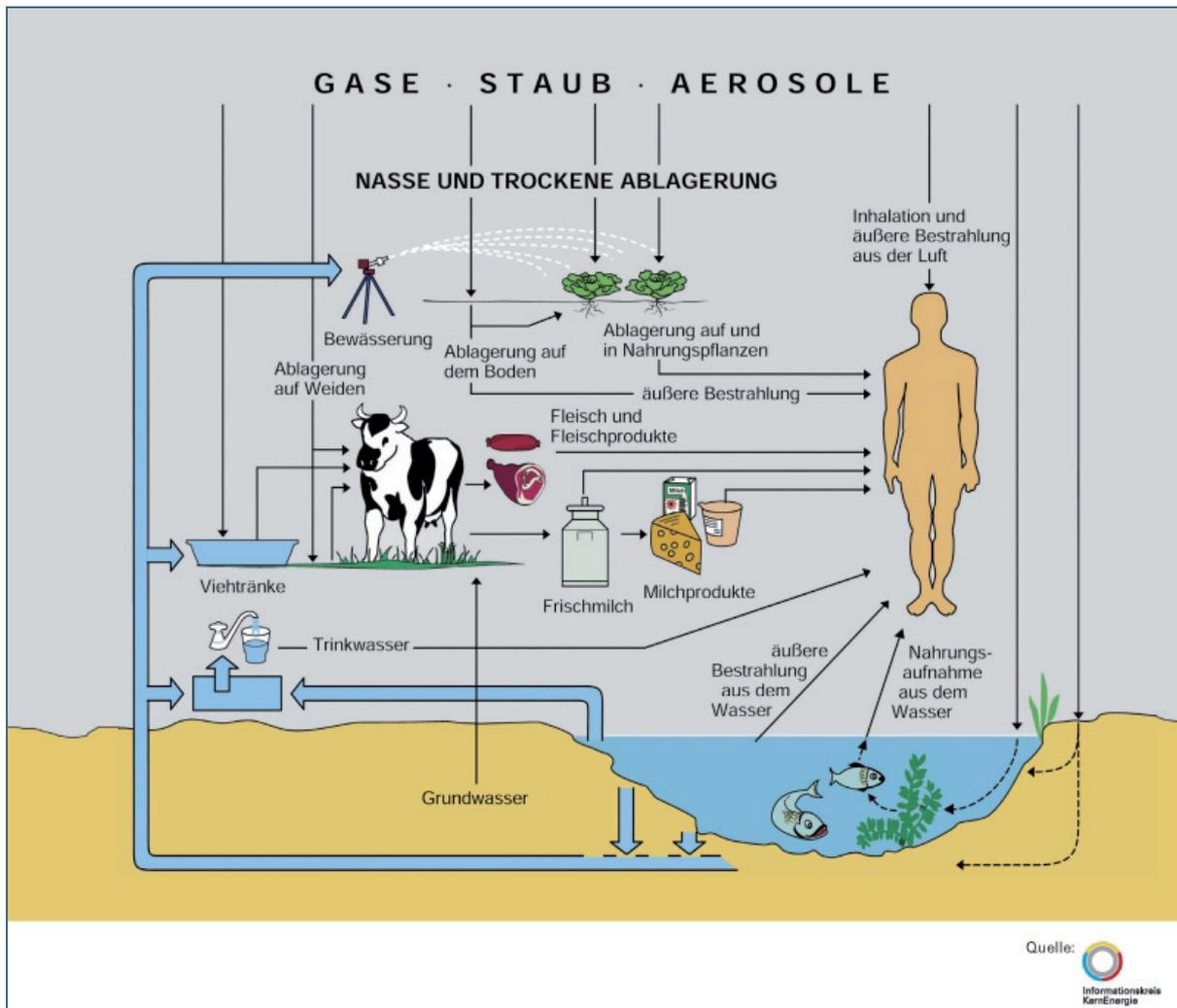


Abb. 1: Mögliche Ausbreitungs- oder Transportwege der künstlichen radioaktiven Stoffe zum Menschen

Das Land Bayern ermittelt die Radioaktivität in folgenden Umweltbereichen:

- in Lebensmitteln,
- in Futtermitteln,
- in Trink- und Grundwasser, in oberirdischen Gewässern (Oberflächenwasser, Schwebstoffe und Sedimente),
- in Abwässern und Klärschlamm, in Abfällen,
- in und auf dem Boden
- in Indikatorpflanzen

Alle Proben werden gammaspektrometrisch untersucht. Teilweise werden auch Proben auf alpha- und betastrahlende Radionuklide hin ausgewertet.

Gammaspektrometrisch werden K-40, Co-60, Ru-103, I-131, Cs-134, Cs-137 und Ce-144 analysiert.

Mithilfe der Alpha-Spektroskopie werden U-234, U-235, U-238, Pu-238, Pu-239/240 sowie im Ereignisfall Am-241 untersucht.

H-3 und Sr-90 werden als Radionuklide bei der Messung von Beta-Strahlern untersucht. Im Ereignisfall wird zusätzlich Sr-89 untersucht.

■ Link zu „Gamma-Spektrometrie“ (siehe Seite 15, UKA-JB 2006)
http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_stra_00017.htm

■ Link zu „Alpha-Spektrometrie“ (siehe Seite 17, UKA-JB 2008)
http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_stra_00021.htm

■ Link zu „Bestimmung von Tritium mit Flüssigszintillationspektrometrie“ (siehe S.14, UKA-JB 2007)
http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_stra_00018.htm

1.3 Überwachung kerntechnischer Anlagen in Bayern nach REI

Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (StMUG) führt das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) die Aufsicht über die Einhaltung der Messprogramme nach der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) durch.

■ Link zu „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI)“
http://vwvbund.juris.de/bsvwvbund_07122006_RSII5156035.htm

1.3.1 Standorte der kerntechnischen Anlagen in Bayern

In Bayern gibt es gegenwärtig 7 Standorte mit kerntechnischen Anlagen, an denen ein Umgebungsüberwachungsprogramm durchgeführt wird (siehe Tab. 1):

Tab. 1: Kerntechnische Anlagen in Bayern

Anlage	Typ / Jahr der Inbetriebnahme SWR: Siedewasserreaktor DWR: Druckwasserreaktor	Thermische Leistung [MW]
Kernkraftwerke Isar KKI 1 KKI 2	SWR (1977) DWR (1988)	2575 3950
Kernkraftwerk Grafenrheinfeld KKG	DWR (1981)	3765
Kernkraftwerk Gundremmingen KGG Block B Block C	SWR - 72 (1984) SWR - 72 (1985)	3840 3840
Versuchsatomkraftwerk Kahl VAK	SWR (1961) [stillgelegt:1985]	15
Siemens AG AREVA NP GmbH Standort Karlstein SAGK	Umgang mit Kernbrennstoffen	
AREVA NP GmbH Standort Erlangen AREVA	Umgang mit Kernbrennstoffen	
Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz FRM II	Schwimmbadreaktor (2004)	20

Die Kernkraftwerke Isar 1 und Isar 2, Grafenrheinfeld und Gundremmingen sowie die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz sind außerdem an das bayerische Kernreaktor-Fernüberwachungssystem (KFÜ) angeschlossen.

Das KFÜ erfasst automatisch die Radioaktivität in und um die Kernkraftwerke und die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz und übermittelt die Messdaten an die Messnetzzentrale im LfU.

■ Link zu „KFÜ“: <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/kfue/index.htm>

■ Link zu „KFÜ“: <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/kfue/index.htm>

VAK: Versuchsatomkraftwerk Kahl

Das Umgebungsüberwachungsprogramm vom VAK wird aufgrund des zwischenzeitlich abgeschlossenen Rückbaus mit Jahresende 2009 eingestellt.

SAGK: Siemens AG AREVA NP GmbH, Standort Karlstein

Aufgrund des fortgeschrittenen Rückbaus wurde 2009 der Umfang des Umgebungsüberwachungsprogramms den radiologischen Gegebenheiten angepasst und der Umfang entsprechend geändert.

1.3.2 Standorte der Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Bayern

Die Genehmigungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zum Betrieb der Standortzwischenlager beinhalten die Durchführung einer Umgebungsüberwachung nach der Tabelle C der REI.

Seit dem Jahr 2006 beziehungsweise 2007 findet dazu die Überwachung der drei bayerischen Zwischenlager, die auf dem Gelände der Kernkraftwerke Isar, des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld und des Kernkraftwerkes Gundremmingen zur Lagerung von abgebrannten Brennelementen gebaut wurden, statt.

Standortzwischenlager KKI BELLA

Die Überwachung wurde mit Jahresbeginn 2007 bei KKI BELLA durchgeführt.

Standortzwischenlager KKG BELLA

Bei KKG BELLA wird seit Jahresanfang 2006 das Umgebungsüberwachungsprogramm ausgeführt.

Standortzwischenlager KGG/ZL8

Das Überwachungsprogramm für KGG/ZL8 wird seit Jahresbeginn 2006 durchgeführt.

1.4 Veröffentlichung der Daten

1.4.1 Einzelmessergebnisse 2009

Die Veröffentlichung der Einzelmesswerte des Berichtsjahres 2009 erfolgt durch eine gesonderte Datenbankabfrage.

Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität

Die aktuellen Messwerte bayerischer Umweltproben können bis auf zwei Jahre rückwirkend über folgenden Link abgefragt werden:

■ Link zu „Strahlenschutzvorsorge in Bayern – Messwerte“
<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/strahlenschutzvorsorge/index.htm>

Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Bayern

■ Link zu REI Messdaten → http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/rei_messdaten/

2 Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität

2.1 Maßnahmen zur allgemeinen Überwachung

Nach § 3 des „Gesetzes zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung“ (**Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG**) wird eine weitgehend flächendeckende und großräumige Erfassung der Radioaktivität künstlichen Ursprungs in der Umwelt durchgeführt.

Zur Gewährleistung eines bundeseinheitlichen Verfahrens bei den Umweltradioaktivitätsmessungen wird im Normalbetrieb das „**Routinemessprogramm**“ nach der „Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz **AVV-IMIS** 13.12.2006“ angewendet.

■ Link zu „AVV-IMIS“: http://wvvbund.juris.de/bsvwwbund_13122006_RSII5114349.htm

Das Routinemessprogramm enthält verbindliche Vorgaben für die routinemäßigen Überwachungsmaßnahmen des Bundes und der Länder.

Es regelt den Umfang

- der jährlich landesweit durchzuführenden stichprobenartigen Messungen
- der anzuwendenden Messverfahren
- der geforderten Nachweisgrenzen

und stellt Grundsätze für die Probenentnahmen auf.

Nach einem für jedes Bundesland festgelegten Mengengerüst werden Lebensmittel, Futtermittel und weitere Umweltproben an vorher festgelegten Probenentnahme-Orten entnommen.

In Bayern werden jährlich rund 2000 Proben vom Bayerischen Landesamt für Umwelt routinemäßig untersucht.

Tab. 2 zeigt eine Auflistung der jährlichen Anzahl der Analysen nach § 3 StrVG in den jeweiligen Umweltbereichen für das Land Bayern.

Tab. 2: IMIS - Mengengerüst nach § 3 StrVG in Bayern

	Gamma-Spektrometrie	Sr 90-Bestimmung	H 3-Bestimmung	Alpha-Spektrometrie
Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft:	277	28		
- Freilandgemüse	135			
- Getreide	80			
- Obst	36			
- Kartoffeln	26			
Nahrungsmittel tierischer Herkunft:	160			
- Rindfleisch	88			
- Schweinefleisch	41			
- Kalbfleisch	7			
- Geflügel	24			
Gesamtnahrung aus Gemeinschaftsverpflegungen	78	12		
Säuglings- und Kleinkindernahrung	24	4		
Rohmilch	216	24		
Indikatorpflanzen:	38			
- Gras	15			
- Blätter	15			
- Nadeln	8			
Futtermittel:	161			
- Weide- und Wiesenbewuchs	57	29		
- Mais	59			
- Getreide	28			
- Kartoffeln, Rüben, Raps	17			
Boden:	75			
- Weide- und Ackerboden	50	20		
- Weideböden (In-situ-Analysen) 100 Messorte	25			
Oberflächenwasser [Probenentnahmeorte]	80 [20]	8 [2]	80 [20]	8 [2]
Sediment [Probenentnahmeorte]	80 [20]			
Schwebstoff [Probenentnahmeorte]	40 [10]			
Trinkwasser [Probenentnahmeorte]	36 [7+3]	6 [2]	6 [2]	6 [2]
Grundwasser [Probenentnahmeorte]	12 [6]	4 [2]	4 [2]	4 [2]
Süßwasserfische [Probenentnahmeorte]	44 [22]	6 [6]		

	Gamma-Spektrometrie	Sr 90-Bestimmung	H 3-Bestimmung	Alpha-Spektrometrie
Kläranlagen [Probenentnahmeorte]:	80			
- Abwasser	40 [10]	4 [2]		4 [2]
- Klärschlamm	40 [10]	4 [2]		4 [2]
Deponien für Hausmüll und Klärschlamm (Sickerwasser oder deponienahe Grundwasser) [Probenentnahmeorte]	6 [3]		6 [3]	
Verbrennungsanlagen für Hausmüll (MVA) und Klärschlamm (KVA) [Probenentnahmeorte]:	24			
- Flugasche	6 [3]			
- Schlacke	6 [3]			
- Feste Rückstände aus der Rauchgaswäsche	6 [3]			
- Abwasser aus der Rauchgaswäsche	6 [3]			
Mechanisch-biologischer Abfallbehandlungsanlagen (MBA) einschließlich Kompostierungsanlagen [Probenentnahmeorte]	4 [2]			
Ausländische Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft:	25			
- Freilandgemüse	14			
- Getreide	2			
- Obst	7			
- Kartoffeln	2			
Ausländische Nahrungsmittel tierischer Herkunft:	12			
- Rind	3			
- Schwein	3			
- Kalb	3			
- Geflügel	3			
Ausländische bzw. verbrachte Nahrungs- und Futtermittel:	30			
- Käse	11			
- Einzelfuttermittel	7			
- Fisch einschl. Krusten- und Schalentiere	12			
Gesamtsumme	1502	149	96	26

Je nach Probenart und Untersuchungsmethode sind einzuhaltende Mindest-Nachweisgrenzen (NWG) in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV-IMIS) festgelegt.

Nachweisgrenze (NWG)

Die Nachweisgrenze ist eine Messgrenze, oberhalb derer ein Stoff oder Radioaktivität statistisch abgesichert als vorhanden angesehen werden kann.

Tab. 3 zeigt eine Übersicht über die Nachweisgrenzen bei den einzelnen überwachten Umweltbereichen nach der AVV-IMIS beim Routinemessprogramm. Die in der Praxis im Messlabor erzielten Nachweisgrenzen liegen z.B. durch sehr lange Messzeiten noch darunter.

Tab. 3: Geforderte Nachweisgrenzen nach AVV-IMIS / Routinemessprogramm

Überwachter Umweltbereich / Probenart	Gamma-Spektrometrie (* bezogen auf Co 60)	Sr 90-Bestimmung	H 3-Bestimmung	Alpha-Spektrometrie	In-situ-Gamma-Spektrometrie (**bezogen auf Co60)
Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft	0,2 Bq/kg FM *	0,04 Bq/kg FM			
Nahrungsmittel tierischer Herkunft	0,2 Bq/kg FM *				
Gesamtnahrung	0,4 Bq/d/Person *	0,04 Bq/d/Person			
Kleinkindernahrung	0,2 Bq/kg FM *	0,02 Bq/kg FM			
Kuhmilch	0,2 Bq/l *	0,02 Bq/l			
Indikatorpflanzen (Blätter, Nadeln, Gras)	0,5 Bq/kg TM *				
Futtermittel	0,5 Bq/kg FM *	0,05 Bq/kg FM			
Boden	0,5 Bq/kg TM *	0,5 Bq/kg TM			200 Bq/m ² **
Oberflächenwasser	0,05 Bq/l *	0,01 Bq/l	10 Bq/l	0,01 Bq/l	
Schwebstoff	5 Bq/kg TM *				
Sediment	5 Bq/kg TM *				
Trinkwasser	0,05 Bq/l *	0,01 Bq/l	10 Bq/l	0,01 Bq/l	
Grundwasser	0,05 Bq/l *	0,01 Bq/l	10 Bq/l	0,01 Bq/l	
Süßwasserfisch	0,2 Bq/kg FM *	0,02 Bq/kg FM			
Abwasser	0,1 Bq/l *	0,1 Bq/l		0,1 Bq/l	
Klärschlamm	5 Bq/kg TM *	5 Bq/kg TM		5 Bq/kg TM	
Hausmülldeponie (Grundwasser, Sickerwasser)	0,1 Bq/l *		10 Bq/l		
Verbrennungsanlagen (Filterasche/Filterstaub, Schlacke, Rückstände/ Rauchgaswäsche)	5 Bq/kg TM *				

2.2 Zusammenfassende Bewertung der Messergebnisse

Nachweisbar in allen Proben ist Kalium 40 als natürlicher Bestandteil von Lebensmitteln, Futtermitteln und allen anderen untersuchten Umwelt-Medien.

Die künstliche Radioaktivität in unserer Umwelt stammt fast ausschließlich aus den Zeiten der oberirdischen Kernwaffentests der 1950er und 1960er Jahre und des Reaktorunfalls in Tschernobyl von 1986.

Heute sind für die künstliche Radioaktivität in Lebensmitteln weitestgehend nur noch das langlebige Cäsium 137 von Bedeutung sowie das in Spuren vorkommende Strontium 90 von den Kernwaffentests.

Die Cäsium 137-Werte in inländisch landwirtschaftlich erzeugten Nahrungsmitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft weisen im Allgemeinen mit weniger als 1 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg FM) nur noch äußerst geringe Gehalte an künstlicher Radioaktivität auf.

Im Gegensatz dazu werden im Fleisch wildlebender Tiere (Wildschwein, Rehwild) zum Teil noch sehr viel höhere Cäsium 137-Werte gemessen.

Bei Wildpilzen und Heidelbeeren treten im Jahre 2009 ebenfalls meist noch erhöhte Cäsium 137-Werte auf.

Bei den Untersuchungen von Oberflächenwasser lagen die ermittelten Werte für Cs 137 unterhalb der Nachweisgrenze.

In den untersuchten Schwebstoff-, Sediment- und Klärschlammproben wird aufgrund der bekannten Anreicherung in diesen Umweltbereichen noch regelmäßig Cs 137 nachgewiesen. Das hauptsächlich in der Nuklearmedizin angewandte kurzlebige Radionuklid I 131 – die physikalische Halbwertszeit beträgt 8 Tage – wurde teilweise in den Schwebstoff-, Abwasser- und Klärschlammproben nachgewiesen.

Fazit

Aufgrund der im Jahre 2009 untersuchten Proben lässt sich eine Beeinträchtigung für die Gesundheit der Bevölkerung aus strahlenhygienischer Sicht nicht belegen.

Laut einer Empfehlung des Bundesumweltministeriums aus dem Jahre 1987 besteht bei normalen Verzehrsgewohnheiten von Wildpilzen und Wildfleisch – die nicht zu den Grundnahrungsmitteln gehören und im Regelfall nur in relativ geringen Mengen verzehrt werden – aus strahlenhygienischer Sicht keine gesundheitliche Gefährdung (siehe dazu S.29 im Abriss - Tschernobyl - Bayern 20 Jahre danach).

■ Link zu „Tschernobyl – Bayern 20 Jahre danach“

<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/tschernobyl/index.htm>

■ Link zu „Strahlenschutzvorsorge in Bayern“

<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/strahlenschutzvorsorge/index.htm>

2.3 Messergebnisse der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung

Im Folgenden wird auf die einzelnen Umweltbereiche näher eingegangen.

2.3.1 Expositionspfad Luft

Der Expositionspfad Luft wird nach § 2 des StrVG vom Bund überwacht. Aufgaben des Bundes sind die flächendeckende und großräumige Ermittlung

- der Radioaktivität in Luft und Niederschlag,
- der Radioaktivität in den Bundeswasserstraßen,
- in Nord- und Ostsee einschließlich der Küstengewässer sowie
- der Gamma-Ortsdosisleistung/äußeren Strahlenbelastung.

2.3.2 Expositionspfad Wasser

Im Rahmen der Überwachung der Umweltradioaktivität werden Erhebungen in den Umweltbereichen Oberflächenwasser, Sediment, Schwebstoff, Grundwasser, Trinkwasser, Abwasser, Klärschlamm und Deponiesickerwasser durchgeführt. Ziel ist es, die radioaktive Kontamination der Umwelt und die daraus resultierende Strahlenexposition des Menschen zu ermitteln und diese im Falle von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen durch Ergreifung angemessener Maßnahmen so gering wie möglich zu halten.

Die radioökologische Situation soll aktuell und in ihrer mittel- bzw. langfristigen zeitlichen Entwicklung beobachtet werden.

Die Messprogramme umfassten 2009 die Untersuchung von

- 37 Oberflächengewässern
- 12 Trinkwasserversorgungen
- 16 Grundwasserentnahmen
- 13 kommunalen Kläranlagen und
- 4 Hausmülldeponien.

Bei den Untersuchungen von Oberflächenwasser lagen alle ermittelten Werte unterhalb der geforderten Nachweisgrenze. In den untersuchten Schwebstoff-, Sediment- und Klärschlammproben werden aufgrund der bekannten Anreicherung in diesen Umweltbereichen noch regelmäßig Cs 137 nachgewiesen. Festgestellte Höchstwerte der spezifischen Cs 137-Aktivitäten betragen im Jahr 2009 für Sediment 386 Bq/kg TM, für Schwebstoff 199 Bq/kg TM, und für Klärschlamm 81,7 Bq/kg TM.

In Schwebstoff-, Abwasser- und Klärschlammproben wurde zum Teil das hauptsächlich in der Nuklearmedizin angewandte kurzlebige Radionuklid I 131 nachgewiesen. Iod 131 wird im medizinischen Bereich in der Diagnostik und zur Therapie von Schilddrüsenerkrankungen angewandt. Die überwachten Kläranlagen liegen im Einzugsbereich von Großkliniken mit Iodtherapiestationen bzw. niedergelassenen Nuklearmedizinern. Deshalb ist es naheliegend, dass die im Klärschlamm gemessenen I 131-Immissionen von Patienten mit den Ausscheidungen über häusliche Abwassereinleitungen in die öffentliche Kanalisation verursacht werden. Anzumerken ist, dass die maximale Entlassungsaktivität von Iod 131-Therapiepatienten bis zu 250 Megabecquerel betragen kann.

2.3.2.1 Oberflächenwasser

Es wurden insgesamt 144 Wasserproben gammaspektrometrisch ausgewertet.

Tab. 4. zeigt die Probenahmeorte für das Oberflächenwasser 2009 in den jeweiligen Regierungsbezirken. In allen Oberflächenwasser-Proben lagen die ermittelten Werte für Cs 137 unterhalb der geforderten Nachweisgrenze von 0,05 Bq/l (siehe Tab. 5 sowie Abb. 2).

Tab. 4: Probenahmeorte des Oberflächenwassers 2009

Oberbayern OBB	Niederbayern NDB	Oberpfalz OPF	Unterfranken UFR	Mittelfranken MFR	Oberfranken OFR	Schwaben SCH
Fließgewässer, Kanal, Bach						
<ul style="list-style-type: none"> •Laufen •Grafrath •Mittenwald •Gmund •Baierbrunn •Raubling 	<ul style="list-style-type: none"> •Passau •Plattling •Untergriesbach 	<ul style="list-style-type: none"> •Dietfurt a.d.Altmühl •Duggendorf •Regenstauf •Burglengenfeld •Wernberg-Köblitz 	<ul style="list-style-type: none"> •Kahl a.Main •Erlabrunn 	<ul style="list-style-type: none"> •Nürnberg 	<ul style="list-style-type: none"> •Hallstadt •Hausen •Köditz 	<ul style="list-style-type: none"> •Dillingen •Neu-Ulm •Füssen •Ettringen •Niederschönenfeld
Binnensee						
<ul style="list-style-type: none"> •Schönau a.Königsee •Seehausen a. Staffelsee •Starnberg •Inzell •Seeon-Seebruck 	<ul style="list-style-type: none"> •Bayerisch Eisenstein 					<ul style="list-style-type: none"> •Nonnenhorn •Immenstadt
Talsperre, Rückhaltebecken, Staustufe						
	<ul style="list-style-type: none"> •Frauenau 			<ul style="list-style-type: none"> •Muhr a.See 	<ul style="list-style-type: none"> •Nordhalben 	

Tab. 5: Aktivitätskonzentrationen des Oberflächenwassers 2009

Oberflächenwasser									
Probenanzahl	H 3-Anteil Werte <NWG	H 3-Aktivität in Bq/l	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137- Aktivität in Bq/l			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/l		
		Einzelwert		Mittelwert*	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
144	99%	13,0	99%	0,01	<NWG	0,01	0,19	<NWG	4,19

*: In der Annahme des maximalen Gehaltes in Höhe der Nachweisgrenze (NWG) wird aus konservativer Betrachtung zur Mittelwertbildung die gemessene Nachweisgrenze miteinbezogen; d.h. bei der Mittelwertbildung werden 142 NWG und 2 Messwerte zu Grunde gelegt.

Die Tritium-Aktivitätskonzentrationen lagen 2009 bei 99% der untersuchten Oberflächenwasserproben unterhalb der geforderten Nachweisgrenze von 10 Bq/l. Ein Messwert lag mit 13,0 Bq/l in Plattling im Regierungsbezirk Niederbayern minimal über der Nachweisgrenze.

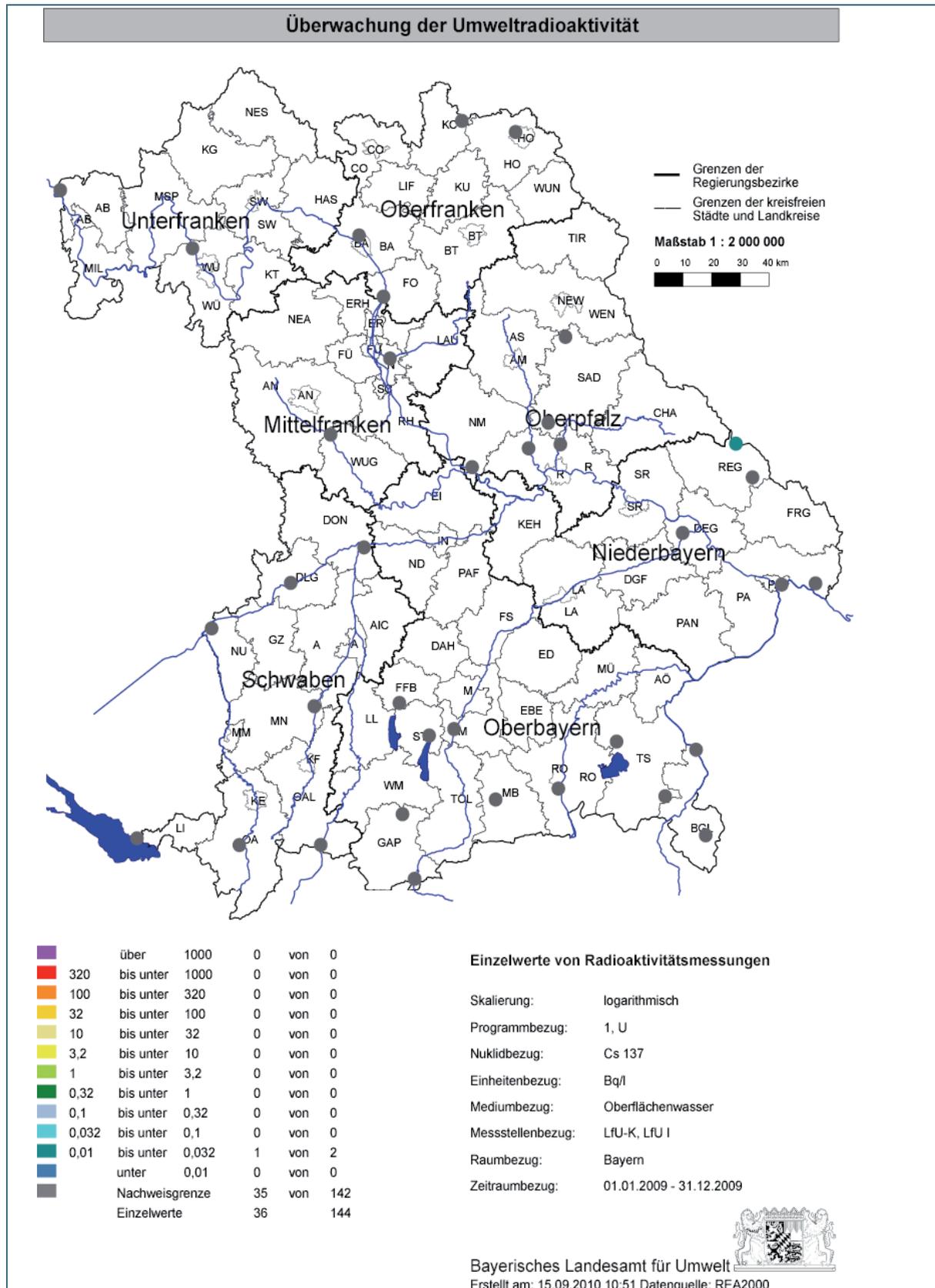


Abb. 2: Einzelwerte von Radioaktivitätsmessungen mit Mediumbezug „Oberflächenwasser“
 Raumbezug „Bayern“ Zeitraumbezug „01.01.2009 - 31.12.2009“ Nuklidbezug „Cs137“

2.3.2.2 Sediment

Seit Mitte 1989 erfolgt die Probeentnahme von Sediment zusätzlich neben Schwebstoff. Bei Sedimenten wird eine spezielle Probenahmemethode angewandt. Die Sedimente werden mittels Bodengreifer stichprobenartig an geeigneten Stellen mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit genommen.

Der Nuklideintrag in die Gewässersohle erfolgt durch Sedimentation infolge des Feststoffaustausches zwischen Schwebstoff- und Sedimentphase. Die dabei an der Gewässersohle abgelagerten Sedimente können aufgrund ihrer relativ langen mittleren Verweildauer und geringen Mobilität als Indikator für radioökologische Langzeitbeobachtungen eines Gewässers herangezogen werden.

Die Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl sind noch erkennbar. In nahezu allen Sedimentproben wurde das langlebige Nuklid Cs 137 nachgewiesen. Der Mittelwert für Cs 137 betrug 45,8 Bq/kg TM, der Höchstwert lag mit 386 Bq/kg TM bei einer Probe aus Schönau am Königsee im Regierungsbezirk Oberbayern (siehe Tab. 6).

Tab. 6: Aktivitätsgehalte von Cs 134 und Cs 137 sowie K 40 im Sediment 2009

Sediment								
Probenanzahl	Cs 134-Aktivität in Bq/kg TM	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg TM			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg TM		
N			Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
93	<NWG	2%	45,8	<NWG	386	357	26,9	859

2.3.2.3 Schwebstoff

Schwebstoffe werden als kontinuierliche Sammelprobe mittels Sediment-Sammelkasten entnommen. Hierbei durchströmt das Wasser der fließenden Welle den Sammelkasten mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit.

Insgesamt wurden 99 Schwebstoffproben untersucht. Die Cs 137-Aktivitätsgehalte bewegten sich zwischen 1,2 und 199 Bq/kg TM. Der Mittelwert lag bei 31,6 Bq/kg TM (siehe Tab. 7).

Tab. 7: Aktivitätsgehalte von Cs 134 und Cs 137 sowie K 40 in Schwebstoff 2009

Schwebstoff								
Probenanzahl	Cs 134-Aktivität in Bq/kg TM	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg TM			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg TM		
N			Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
99	<NWG	2%	31,6	1,2	199	447	11,1	863

2.3.2.4 Trinkwasser

Tab. 8 zeigt eine Auflistung der Probenentnahmestellen für Trinkwasser in den jeweiligen Regierungsbezirken.

Tab. 8: Probenentnahmestellen der überwachten Trinkwasserversorgungen 2009

Oberbayern OBB	Niederbayern NDB	Oberpfalz OPF	Unterfranken UFR	Mittelfranken MFR	Oberfranken OFR	Schwaben SCH
•München •Rosenheim	•Frauenau	•Maxhütte- Haidhof	•Würzburg •Zell am Main	•Fürth, Stadt •Fürth, i. Lkr. Bergstraße	•Kirchenlamitz •Nordhalben	•Augsburg •Lindau

Insgesamt wurden 32 Trinkwasserproben gammaspektrometrisch ausgewertet. Wie in den Vorjahren wurde auch im Untersuchungszeitraum 2009 keine Beeinflussung des Trinkwassers durch künstliche radioaktive Stoffe festgestellt (siehe Tab. 9).

Die Cs 137-Gehalte lagen bei allen untersuchten Trinkwasserproben unterhalb der geforderten Nachweisgrenze von 0,05 Bq/l.

Die Aktivitätskonzentrationen des natürlich vorkommenden K 40 bewegten sich zwischen Werten kleiner als die Nachweisgrenze und 0,8 Bq/l.

Tab. 9: Aktivitätsgehalte von Cs 134 und Cs 137 sowie K 40 in Trinkwasser 2009

Trinkwasser								
Proben- anzahl	Cs 134- Aktivität in Bq/l	Cs 137- Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/l			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/l		
			Mittel- wert	MIN	MAX	Einzel- wert	MIN	MAX
32	<NWG	100%	-	<NWG	-	0,79	<NWG	-

2.3.2.5 Grundwasser

In keiner der Grundwasserproben konnten künstliche radioaktive Stoffe festgestellt werden (siehe Tab. 10).

Die Cs 137-Gehalte, sowie die H 3-Gehalte lagen bei allen untersuchten Grundwasserproben unterhalb der geforderten Nachweisgrenze von 0,05 Bq/l.

Die Aktivitätskonzentrationen des natürlich vorkommenden K 40 bewegten sich zwischen Werten kleiner als die Nachweisgrenze und 0,1 Bq/l.

Tab. 10: Aktivitätsgehalte von H3, Cs 134 und Cs 137 sowie K 40 in Grundwasser 2009

Grundwasser									
Proben- anzahl	H 3- Aktivität in Bq/l	Cs 134- Aktivität in Bq/l	Cs 137- Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/l			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/l		
				Mittel- wert	MIN	MAX	Mittel- wert	MIN	MAX
31	<NWG	<NWG	100%	<NWG	<NWG	<NWG	0,03	<NWG	0,12

2.3.2.6 Abwasser

Das Messprogramm umfasst die Untersuchung der Abwässer von Kläranlagen mit kommunalem Mischsystem als Entwässerungssystem. Die Abwässer wurden als gereinigte Abwässer (Klarwässer) stichprobenartig aus den Kläranlagen-Abläufen entnommen.

In Tab. 11 sind die 13 kommunalen Kläranlagen, bei denen 2009 Abwässeruntersuchungen durchgeführt wurden, aufgelistet:

Tab. 11: Standorte der überwachten kommunalen Kläranlagen 2009

Oberbayern (OBB)	Niederbayern (NDB)	Oberpfalz (OPF)	Unterfranken (UFR)	Mittelfranken (MFR)	Oberfranken (OFR)	Schwaben (SCH)
<ul style="list-style-type: none"> •Ingolstadt •München 1 •Freising •Garching 	<ul style="list-style-type: none"> •Passau 	<ul style="list-style-type: none"> •Regensburg •Schwandorf •Weiden 	<ul style="list-style-type: none"> •Würzburg •Schweinfurt 	<ul style="list-style-type: none"> •Nürnberg 1 	<ul style="list-style-type: none"> •Bayreuth 	<ul style="list-style-type: none"> •Augsburg

Es wurden insgesamt 48 Abwasserproben gammaspektrometrisch ausgewertet (siehe Tab. 12). Dabei wurde in keiner Probe Cs 137 nachgewiesen.

Die H 3-Aktivitätskonzentrationen lagen bei allen untersuchten Abwasserproben unterhalb der Nachweisgrenze.

Tab. 12: Aktivitätsgehalte von H3, Cs 137, I 131 und K 40 in Abwasser 2009

Abwasser											
Probenanzahl	H 3-Aktivität in Bq/l			Cs137-Anteil Werte <NWG	I 131-Anteil Werte <NWG	I 131-Aktivität in Bq/l			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/l		
	N	Mittelwert	MIN			MAX	Mittelwert	MIN	MAX	Einzelwert	MIN
48	-	<NWG	-	100%	88%	0,46	<NWG	1,24	5,6	<NWG	-

Iod 131 im Abwasser

In 6 von 48 Abwasserproben wurde das hauptsächlich in der Nuklearmedizin verwendete kurzlebige I 131 mit Aktivitätskonzentrationen von 0,12 bis 1,3 Bq/l festgestellt. Tab. 13 zeigt die Iod 131-Aktivitätsgehalte im Abwasser.

Tab. 13: Oberhalb der Nachweisgrenze gemessene Iod 131-Aktivitätskonzentrationen im Abwasser 2009

Iod 131 im Abwasser		
Kläranlage (KLA)	Regierungsbezirk	Iod 131-Aktivität in Bq/l
KLA Ingolstadt	OBB	0,16
KLA München 1	OBB	0,20
KLA München 1	OBB	0,41
KLA Garching	OBB	0,12
KLA Regensburg	OPF	0,26
Bayreuth	OFR	1,30

2.3.2.7 Klärschlamm

Das Messprogramm umfasst die Untersuchung der Klärschlämme. In Tab. 11 sind die Standorte der 11 Kommunalen Kläranlagen, bei denen 2009 Klärschlammuntersuchungen durchgeführt wurden, aufgelistet.

Tab. 14 zeigt die Cs 137-, I 131- und K 40-Aktivitätsgehalte im Klärschlamm.

Tab. 14: Aktivitätskonzentrationen im Klärschlamm 2009

Klärschlamm											
Probenanzahl	I 131-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg TM			I 131-Aktivität in Bq/kg TM			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg TM		
			Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
N											
50		8%	13,6	1,9	81,7				255	26	626
46	8,5%					53,1	1,3	367			

Von den insgesamt 50 Klärschlammproben betragen die spezifischen Cs 137-Aktivitäten im Mittel 13,6 Becquerel pro Kilogramm Trockenmasse (Bq/kg TM).

Die ermittelten Cs 137-Messwerte lagen zwischen 1,9 und 81,7 Bq/kg TM.

Die Aktivitäten des natürlich vorkommenden Kaliums 40 betrug im Mittel 255 Bq/kg TM. Die ermittelten K 40-Messwerte lagen zwischen 26 und 626 Bq/kg TM.

In 43 Klärschlammproben wurde Iod 131 mit Aktivitätsgehalten von 1,3 bis 367 Bq/kg TM (Kläranlage Nürnberg) beobachtet, der Mittelwert betrug 53,1 Bq/kg TM.

2.3.2.8 Deponiesickerwasser

Seit 1987 werden im Rahmen der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt auch Deponiesickerwässer untersucht.

2009 wurden insgesamt 5 Sickerwasserproben gammaspektrometrisch ausgewertet (siehe Tab. 15).

Tab. 15: Aktivitätskonzentrationen im Deponiesickerwasser 2009

Deponiesickerwasser								
Probenanzahl	H 3-Anteil Werte <NWG	H 3-Aktivität in Bq/l			Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/l		
		Mittelwert	MIN	MAX		Mittelwert	MIN	MAX
N								
5	0%	33,1	10,3	60,2	40%	0,01	<NWG	0,13

Die Cs 137-Aktivitätskonzentrationen betragen unter Miteinbeziehung der messtechnisch bedingten Nachweisgrenzen im Mittel 0,01 Bq/l und erreichten Messwerte bis zu 0,13 Bq/l.

5 Sickerwasserproben wurden auf Tritium (H 3) hin untersucht. Die H 3-Aktivitätskonzentrationen betragen im Mittel 33,1 Bq/l und bewegten sich mit Werten im Bereich von 10,3 Bq/l bis zu 60,2 Bq/l. In Tab. 16 sind sämtliche Tritium-Einzelmessergebnisse zusammengefasst dargestellt.

Ursache für erhöhte Tritiumwerte in Deponiesickerwässern sind vermutlich in der Vergangenheit erfolgte Ablagerungen von Gebrauchsgütern und Industrieprodukten, wie z.B. Armbanduhren, Weckern, Kompassen, Flugzeuginstrumenten, Navigationsgeräten oder ähnlichen Anzeige-Instrumenten mit Leuchtziffern, die Tritium gasförmig oder in Leuchtfarben gebunden enthalten, das bei ihrer Zerstörung in Sickerwasser gelöst wird.

Tab. 16: Tritium-Aktivitätskonzentration im Deponiesickerwasser 2009

Tritium im Deponiesickerwasser		
Kläranlage	Regierungsbezirk	H 3 -Aktivität in Bq/l
Deponie Oberglaim	NDB	10,9
Deponie Oberglaim	NDB	10,3
Deponie Gosberg	OFR	54
Deponie Gosberg	UFR	30
Deponie Pfuhl	SCH	60,2

Da Sickerwasser aus Deponien gesammelt und Kläranlagen zugeführt wird, ist einerseits eine Gefährdung des Grundwassers weitgehend auszuschließen und andererseits werden, aufgrund der Verdünnung in den Kläranlagen, die Fließgewässer durch die Einleitungen radiologisch nicht beeinträchtigt.

2.3.3 Expositionspfad Ernährungskette auf dem Land

Im Rahmen des Routinemessprogramms liegen für viele Lebensmittel systematisch erfasste Messwerte vor, die im Folgenden zusammengefasst werden.

Aufgrund der bei Frischgemüse, Frischobst, Kartoffeln und Getreide insgesamt nur noch sehr niedrigen Cs 137-Aktivitäten von größtenteils unter 1 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg FM) wird jeweils ein Mittelwert für ganz Bayern angegeben (siehe Tab. 19, Tab. 20, Tab. 22 und Tab. 23).

Bis auf vier Wildschweinproben mit geringen Cs 134-Aktivitäten von maximal 4,3 Bq/kg FM lagen alle Cs 134-Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze.

Abb. 3 zeigt den Verlauf der Kontamination von Ackerland und der landwirtschaftlich erzeugten Produkte Getreide, Kartoffeln und Blattgemüse in Bayern von 1986 bis 2009.

Der ermittelte Durchschnittswert von Cs 137 für Ackerboden liegt 2009 bei 27 Becquerel pro Kilogramm Trockenmasse (Bq/kg TM).

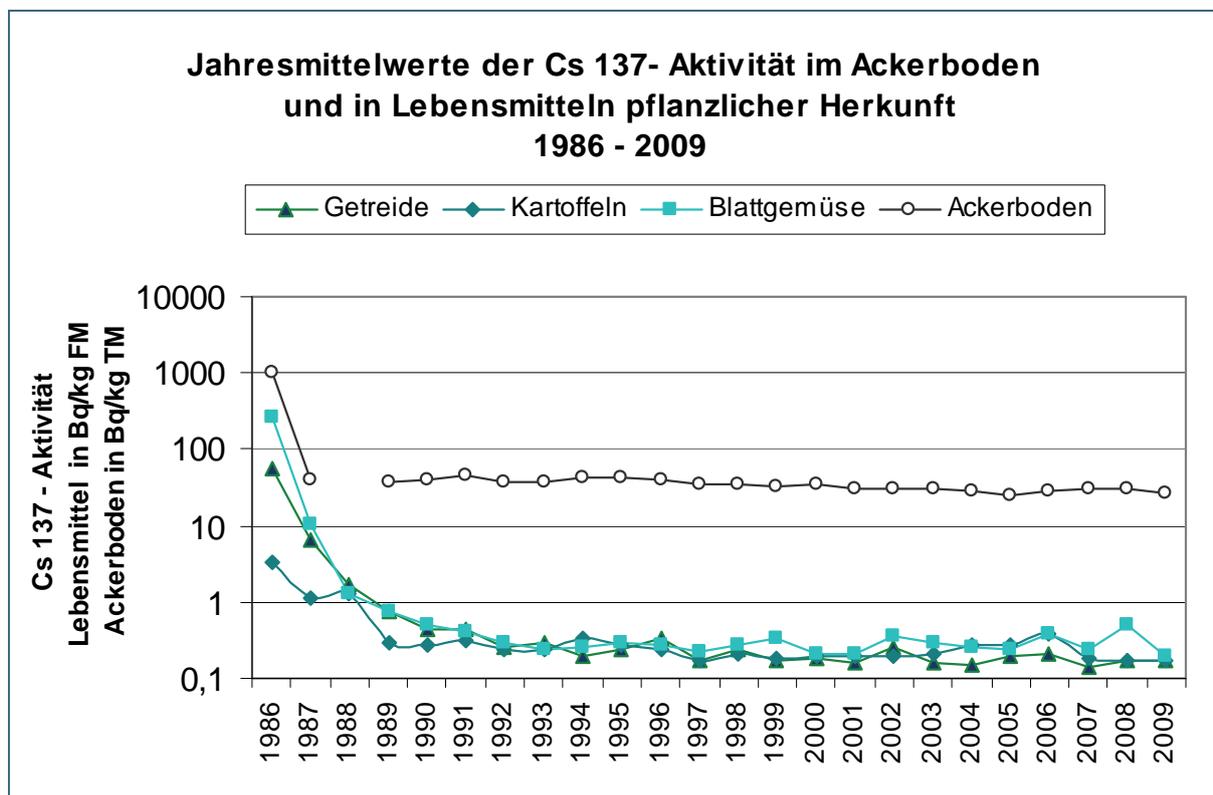


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Kontamination von Ackerland und landwirtschaftlich erzeugten Produkten pflanzlicher Herkunft in Bayern ab dem Jahr 1986 bis 2009

Einen Überblick über die Jahresmittelwerte von Cäsium 137 in unseren Nahrungsmitteln aus dem Jahre 2009 sowie die jeweilige Anzahl der untersuchten Proben gibt Abb. 4.

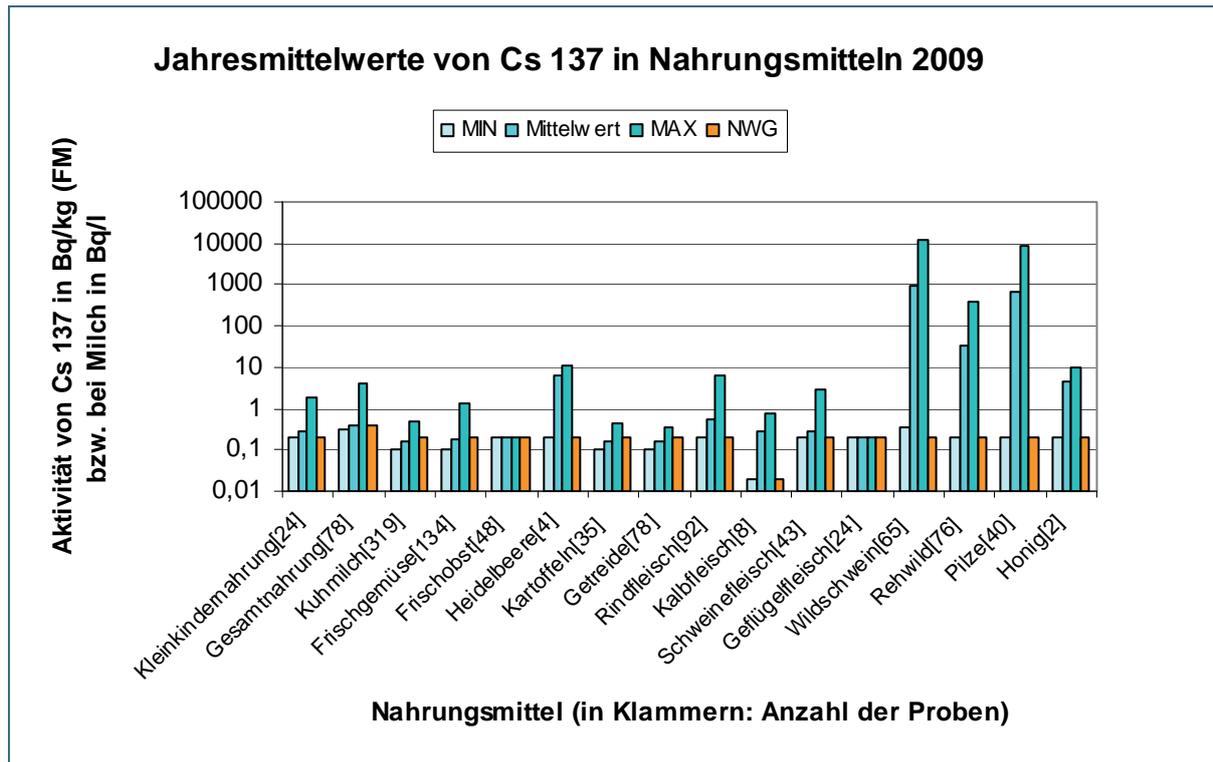


Abb. 4: Jahresmittelwerte von Cäsium 137 in Nahrungsmitteln aus dem Jahre 2009

In Abb. 4 ist erkennbar, dass die Cäsium 137-Werte in landwirtschaftlich erzeugten Nahrungsmitteln pflanzlicher Herkunft (Frischgemüse, Frischobst, Kartoffeln und Getreide) im Durchschnitt mit weniger als 1 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg FM) nur noch äußerst geringe Gehalte an künstlicher Radioaktivität aufweisen. Ähnlich geringe Cäsium 137-Gehalte mit weniger als 1 Bq/kg FM sind in der Kleinkindernahrung beziehungsweise in den Proben der Gesamtnahrung (Bq/d/Pers) (siehe 2.3.3.1) aufzufinden. In landwirtschaftlich erzeugten Nahrungsmitteln tierischer Herkunft (Kuhmilch, Rind- Kalb- Schweine- und Geflügelfleisch) liegen die Messwerte ebenfalls im Durchschnitt unter 1 Bq/kg FM.

Im Gegensatz dazu werden im Fleisch wildlebender Tiere (Wildschwein / Rehwild) zum Teil noch sehr viel höhere Cäsium 137-Werte gemessen. Im Berichtsjahr 2009 betrug der Jahresmittelwert von insgesamt 65 untersuchten Wildschweinproben 896 Bq/kg FM, das Maximum lag mit 12400 Bq/kg FM bei einer Probe aus Neusäß im Regierungsbezirk Schwaben. Die Probe wurde im Rahmen des landeseigenen durchgeführten Messprogrammes „Spontanerfassungen Umweltradioaktivität“ erfasst. Unter „Spontanerfassungen Umweltradioaktivität“ werden die vom LfU durchgeführten Vergleichsmessungen im Rahmen der Überprüfung der Verkehrsfähigkeit von Wildbret durch die qualifizierten Messstellen geführt.

■ Link zu „Radioaktives Cäsium im Wildbret“

http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/caesium_wildbret/index.htm

Ebenso weisen Wildpilze mit einem Jahresmittelwert von 704 Bq/kg FM bei 40 untersuchten Proben und Heidelbeeren mit Werten von 4,1 bis 11,4 Bq/kg FM nach wie vor erhöhte Cäsium 137-Werte auf. In einer Waldhonig-Probe konnte ein Cs 137-Gehalt von 9,3 Bq/kg FM nachgewiesen werden.

2.3.3.1 Gesamtnahrung

Zur Bewertung der Strahlenexposition des Menschen durch die in Lebensmitteln enthaltene Radioaktivität ist vor allem die Untersuchung der Gesamtnahrung aus der Gemeinschaftsverpflegung von Großküchen von Interesse. Da hierbei die Kontamination der Einzellebensmittel im Verhältnis der tatsächlich vom Menschen verzehrten Mengen bewertet wird. Unter Gesamtnahrung sind verzehrsfertige Speisen und Getränke eines Tages von einer erwachsenen Person zu verstehen.

Die derzeitigen Werte betragen im Mittel 0,4 Becquerel pro Tag und Person (Bq/d/Pers). Ein weiterer Rückgang ist kaum noch zu beobachten. Die natürlich bedingten K 40-Werte betragen im Mittel 106,3 Bq/d/Pers und bewegten sich im Bereich von 8,5 bis 196 Bq/d/Pers (siehe Tab. 17).

Tab. 17: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137, Sr 90 und Kalium 40 in der Gesamtnahrung 2009

Gesamtnahrung											
Probenanzahl	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137 in Bq/d/Pers			Sr 90-Anteil Werte <NWG	Sr 90 in Bq/d/Pers			K 40 in Bq/d/Pers		
		Mittelwert	MIN	MAX		Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
N											
78	94%	0,4	<NWG	4,23					106,3	8,5	196
12					25%	0,08	<NWG	0,30			

2.3.3.2 Kuhmilch

Im Berichtszeitraum wurden 319 Kuhmilchproben untersucht (siehe Tab. 18).

Bei Kuhmilch (Rohmilch) blieb 2009 der Jahresmittelwert des Sr 90-Gehaltes mit 0,05 Bq/l gegenüber den Vorjahren nahezu unverändert. In Milch ist die Cs-137-Aktivität auf Werte zurückgegangen, die vor dem Reaktorunfall in Tschernobyl im Jahre 1986 gemessen wurden. Die durchschnittlichen Werte liegen bei 0,16 Becquerel pro Liter (Bq/l). Der Durchschnittswert an natürlich vorkommendem Kalium 40 in der Kuhmilch betrug 51,3 Bq/l (siehe Abb. 5)

Tab. 18: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137, Strontium 90 und Kalium 40 in Kuhmilch 2009

Kuhmilch											
Probenanzahl	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137 in Bq/l			Sr 90-Anteil Werte <NWG	Sr 90 in Bq/l			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/l		
		Mittelwert	MIN	MAX		Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
N											
319	52%	0,16	<NWG	0,51					51,3	5,5	111
39					10%	0,05	<NWG	0,09			

Der nach der Verordnung¹ über die Einfuhrbedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Ursprung in Drittländern nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl festgelegte EU-Höchstwert bei Milch von 370 Bq/l wird weit unterschritten.

¹ Verordnung (EG) Nr.616/2000 des Rates vom 20.März 2000 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 737/90 über die Einfuhrbedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Ursprung in Drittländern nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl, Abl. L 75/1, 24.3.2000

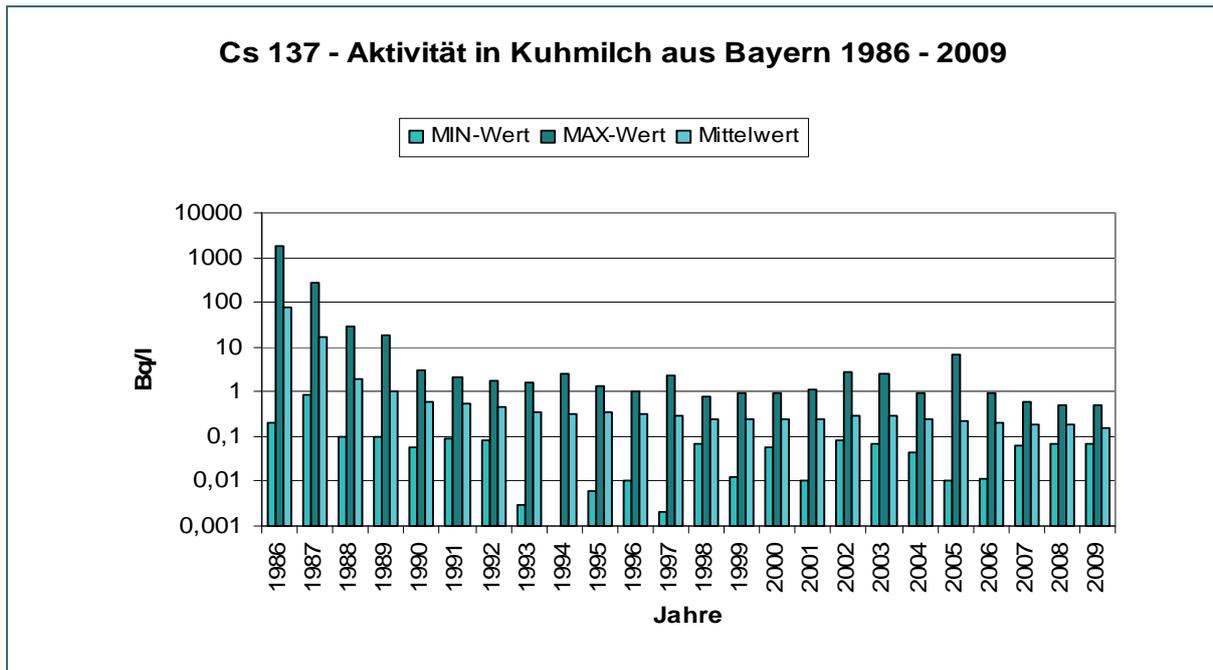


Abb. 5: Cäsium 137-Aktivitätsverlauf in Kuhmilch mit Minimum-, Maximum- und Mittelwerten ab 1986 bis 2009

Abb. 6 zeigt einen Gesamtüberblick der Messwerte der im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge im Routine-messprogramm erfassten Kuhmilchproben für die Radionuklide Strontium 90, Cäsium 134 und Cäsium 137 seit dem Jahr 1986 und dem natürlich vorkommenden Kalium 40 ab 1987 bis zum aktuellen Berichtsjahr 2009.

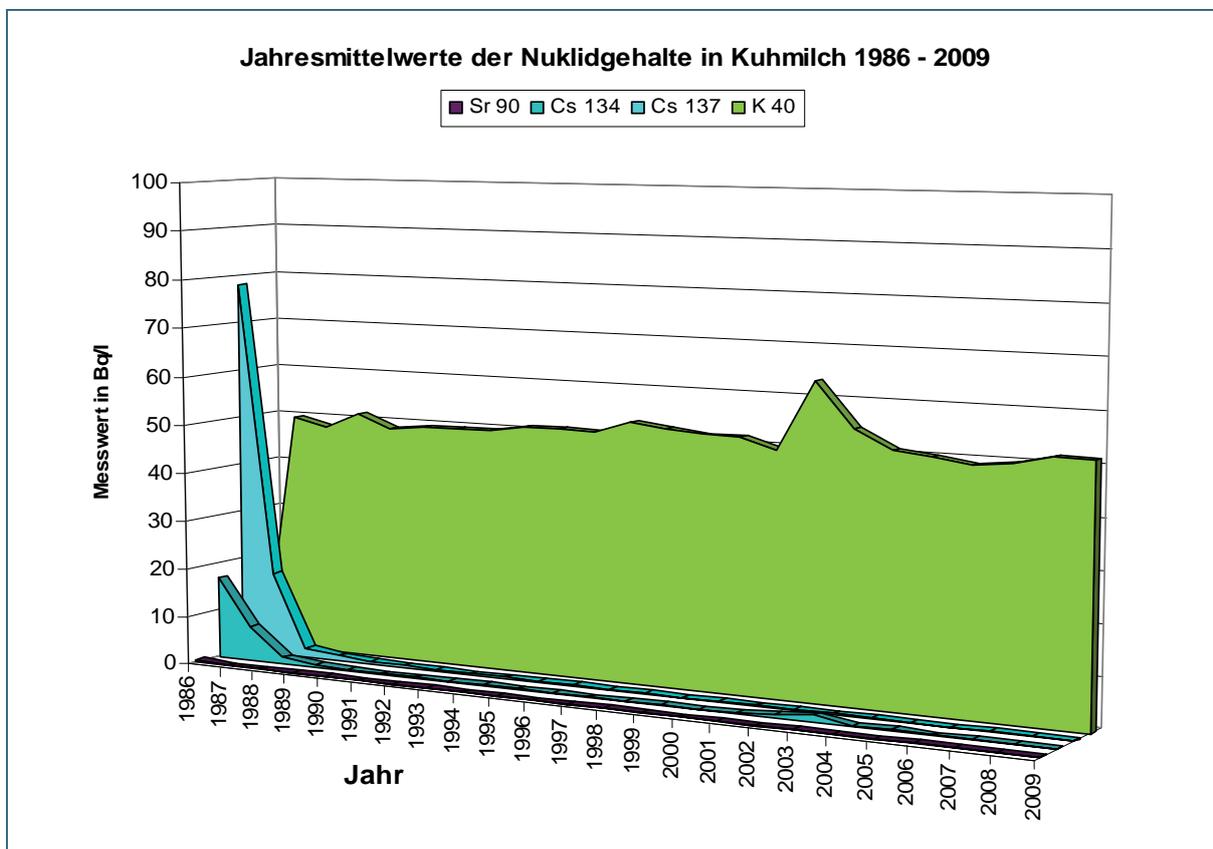


Abb. 6: Nuklidgehalte der im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge/Routinemessprogramm erfassten Kuhmilchproben für die Radionuklide Strontium 90, Cäsium 134, Cäsium 137 und Kalium 40 ab 1986 bis 2009

2.3.3.3 Frischgemüse

Wie in Tab. 19 angezeigt, betragen die Cs 137-Messwerte für Frischgemüse im Durchschnitt 0,18 Bq/kg FM. Der Höchstwert lag bei 1,3 Bq/kg FM.

Tab. 19: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 und Kalium 40 in Frischgemüse 2009

Frischgemüse								
Probenanzahl	Cs 134-Aktivität in Bq/kg (FM)	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
Durchschnittswert für Blatt-, Spross-, Frucht- und Wurzelgemüse			Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
134	<NWG	94%	0,18	<NWG	1,32	90	28	381

2.3.3.4 Frischobst

Tab. 20 zeigt die Aktivitätsgehalte von Cs 137 und K 40 beim Frischobst an. Außer bei drei von insgesamt vier Heidelbeeren-Proben wird im Jahre 2009 beim Obst kein Cäsium 137 mehr nachgewiesen.

Tab. 20: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 und Kalium 40 in Frischobst 2009

Frischobst								
Probenart	Probenanzahl	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
N gesamt	48		Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX	Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX
Kernobst Beerenobst Steinobst Rhabarber	22 11 12 3							
Durchschnittswert für Kernobst, Beerenobst, Steinobst und Rhabarber (ohne Heidelbeere)	44	100%	<NWG	<NWG	<NWG	58,9	9,7	158
Heidelbeere	4	25%	6,25	<NWG	11,4	36,2	33,7	38,9

Wie in Tab. 21 aufgeführt, liegen die ermittelten Cs 137 Werte bei Heidelbeeren hierbei zwischen 4,1 und 11,4 Bq/kg FM. Bei der hauptsächlich in Wald- und Moorgebieten wildwachsenden Heidelbeere kann das Cäsium 137, welches noch nicht in tiefere Bodenschichten abgewandert ist, über die Wurzeln aufgenommen werden. Die Heidelbeere wächst auf Standorten, deren Böden die Cäsium 137-Atome nicht sehr stark binden. Somit ist das Cäsium 137 für die Pflanzenwurzel verfügbar.

Cs 137 in Heidelbeeren		
Beerenobst Heidelbeere	Regierungs- Bezirk	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)
Stockheim im Landkreis Kronach	OFR	4,14
München	OBB	11,4
München	OBB	9,28
Aichach	SCH	<NWG

Tab. 21:
Aktivitätsgehalte von Cäsium 137
in Heidelbeeren 2009

2.3.3.5 Kartoffeln

Bei Kartoffeln liegen nur noch sehr niedrige spezifische Aktivitäten von unter 1 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg FM) bei den untersuchten Proben vor (siehe Tab. 22).

In einer von 34 untersuchten Kartoffelproben wurde Cs 137 mit einem Wert von 0,42 Bq/kg FM nachgewiesen.

Kartoffeln							
Proben- anzahl	Cs 137- Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
		Mittelwert- wert	MIN	MAX	Mittel- wert	MIN	MAX
34	97%	-	<NWG	0,42	143	87	290

Tab. 22:
Aktivitätsgehalte von Cäsium 137
und Kalium 40 in Kartoffeln 2009

2.3.3.6 Getreide

In zwei von 78 Getreideproben wurde Cs 137 mit 0,06 Bq/kg FM und 0,14 Bq/kg FM nachgewiesen (siehe Tab. 23).

Tab. 23: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 und Kalium 40 in Getreide 2009

Getreide								
Probenart	Proben- anzahl	Cs 137- Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
			Mittel- wert	MIN	MAX	Mittel- wert	MIN	MAX
N gesamt	78							
Weizen	43							
Roggen	17							
Gerste	14							
Triticale	1							
Hafer	2							
andere Getreideart	1							
Getreide	78	97%	0,1	<NWG	0,14	149	105	293

2.3.3.7 Fleisch

Bei Fleisch gibt es die Unterscheidung in die Fleischarten Rindfleisch, Kalbfleisch, Schweinefleisch und Hausgeflügelfleisch sowie Wildfleisch. Beim Wildfleisch werden Reh- und Wildschwein-, als auch Hirsch- und Damwilduntersuchungen durchgeführt. 2009 wurde auch ein Hase untersucht.

Fleisch weist mit Ausnahme des Wildfleisches nur noch sehr niedrige Aktivitäten von unter 1 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg FM) auf (siehe Tab. 24 und Tab. 26).

Bei Rindfleisch wurden insgesamt 92 Inlandsproben gammaspektroskopisch ausgewertet. Die Cs 137-Aktivitäten betragen unter Miteinbeziehung der messtechnisch bedingten Nachweisgrenzen im Mittel 0,52 Bq/kg FM. Der Höchstwert lag bei 6,5 Bq/kg FM.

Bei den acht Kalbfleischproben lag der Mittelwert für Cs 137 bei 0,29 Bq/kg FM.

Von den untersuchten Fleischarten wies auch das Schweinefleisch bei 43 untersuchten Proben mit 0,28 Bq/kg FM nur noch eine sehr niedrige Cs 137-Aktivität auf.

Die beim Hühner-, Enten und Putenfleisch zum Hausgeflügel zusammengefassten ermittelten Werte für Cs 137 lagen bei den insgesamt 24 Proben alle unterhalb der Nachweisgrenze.

Tab. 24: Aktivitätsgehalte von Cs 134 und Cs 137 sowie K 40 in Fleisch 2009

Fleisch									
Probenart	Probenanzahl	Cs 134-Aktivität in Bq/kg (FM)	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
N gesamt	167			Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
Rindfleisch	92	<NWG	55%	0,52	<NWG	6,5	111	7,5	157
Kalbfleisch	8	<NWG	62,5%	0,29	<NWG	0,73	119	8,2	145
Schweinefleisch	43	<NWG	70%	0,28	<NWG	2,85	119	6,5	176
Hühnerfleisch	18	<NWG	100%	-	<NWG	<NWG	92,8	34,6	160
Entenfleisch	2	<NWG	100%	-	<NWG	<NWG	99,7	81,3	118
Putenfleisch	4	<NWG	100%	-	<NWG	<NWG	142,8	116	156
Hausgeflügel-Fleisch: Hühner-, Enten- und Putenfleisch	24	<NWG	100%	-	<NWG	<NWG	101,7	34,6	160

Wildfleisch

Das für Wildfleisch vorliegende Datenmaterial zeigt noch deutlich erhöhte Cs 137-Werte.

In vier von 65 Wildschweinproben wurden geringe Gehalte von Cs 134 nachgewiesen. Dabei betrug der Höchstwert 4,3 Bq/kg FM.

Die Messprogrammzuordnung unterscheidet bei Wildfleisch zwischen Proben nach dem „Routinemessprogramm“ (StrVG §3), nach einem „erweiterten bayerischen Messprogramm“ und nach „Spontanerfassungen Umweltradioaktivität“ (Vergleichsmessungen des LfU von eingeschickten Proben der Jagdverbände). In der nachfolgenden Tab. 25 ist das Haarwild dementsprechend aufgelistet.

Tab. 25: Messprogrammzuordnung bei Wildfleisch 2009

Wildfleisch				
Probenart (Haarwild)	Routine-messprogramm StrVG §3	Erweitertes bayerisches Messprogramm	Spontanerfassungen Umweltradioaktivität	Probenanzahl (gesamt 163)
Reh	26	45	5	76
Wildschwein	3	30	32	65
Hirsch	7	8	2	17
Damwild	3	1		4
Hase	1			1

Bei den 163 Proben für Wildfleisch ergaben sich Cs 137-Aktivitäten im Bereich der messtechnisch bedingten Nachweisgrenze und dem Höchstwert bei einem Wildschwein von 12.400 Bq/kg FM aus Neusäß aus dem Regierungsbezirk Schwaben (siehe Tab. 26). Diese Wildschwein-Probe mit dem Höchstwert wurde im Rahmen des landeseigenen durchgeführten Messprogrammes „Spontanerfassungen Umweltradioaktivität“ erfasst. Wie bereits erwähnt, werden unter „Spontanerfassungen Umweltradioaktivität“ die vom LfU durchgeführten Vergleichsmessungen im Rahmen der Überprüfung der Verkehrsfähigkeit von Wildbret durch die qualifizierten Messstellen geführt.

Tab. 26: Aktivitätsgehalte von Cs 134 und Cs 137 sowie K 40 in Wildfleisch 2009

Wildfleisch									
Probenart	Probenanzahl	Cs 134-Aktivität in Bq/kg (FM)	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
				Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX	Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX
Haarwild: N gesamt	163	Mittelwert		Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX	Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX
Reh	76	<NWG	5%	35,1	<NWG	397	107,2	60,8	148
Wildschwein	65	1,5	0%	896	0,34	12.400	103,1	59,2	154
Hirsch	17	<NWG	24%	12,1	<NWG	71,8	104,2	71,5	129
Damwild	4	<NWG	0%	4,2	0,83	13,8	105,1	84,3	123
Hase	1	<NWG	0%	0,35	-	-	104		

Grenzwert nach der Verordnung (EWG) Nr. 737/90 für Drittlandserzeugnisse

Für die Verkehrsfähigkeit von Wildfleisch wird der EU-Höchstwert von maximal 600 Becquerel Cäsium 137 pro kg (Bq/kg) angewendet.

■ Link zu „Radioaktives Cäsium in Wildbret“

http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/caesium_wildbret/index.htm

Die Abb. 7 und Abb. 8 auf den nachfolgenden Seiten zeigen die Cs 137-Kontaminationen von Reh- und Wildschweinfleisch für das Jahr 2009.

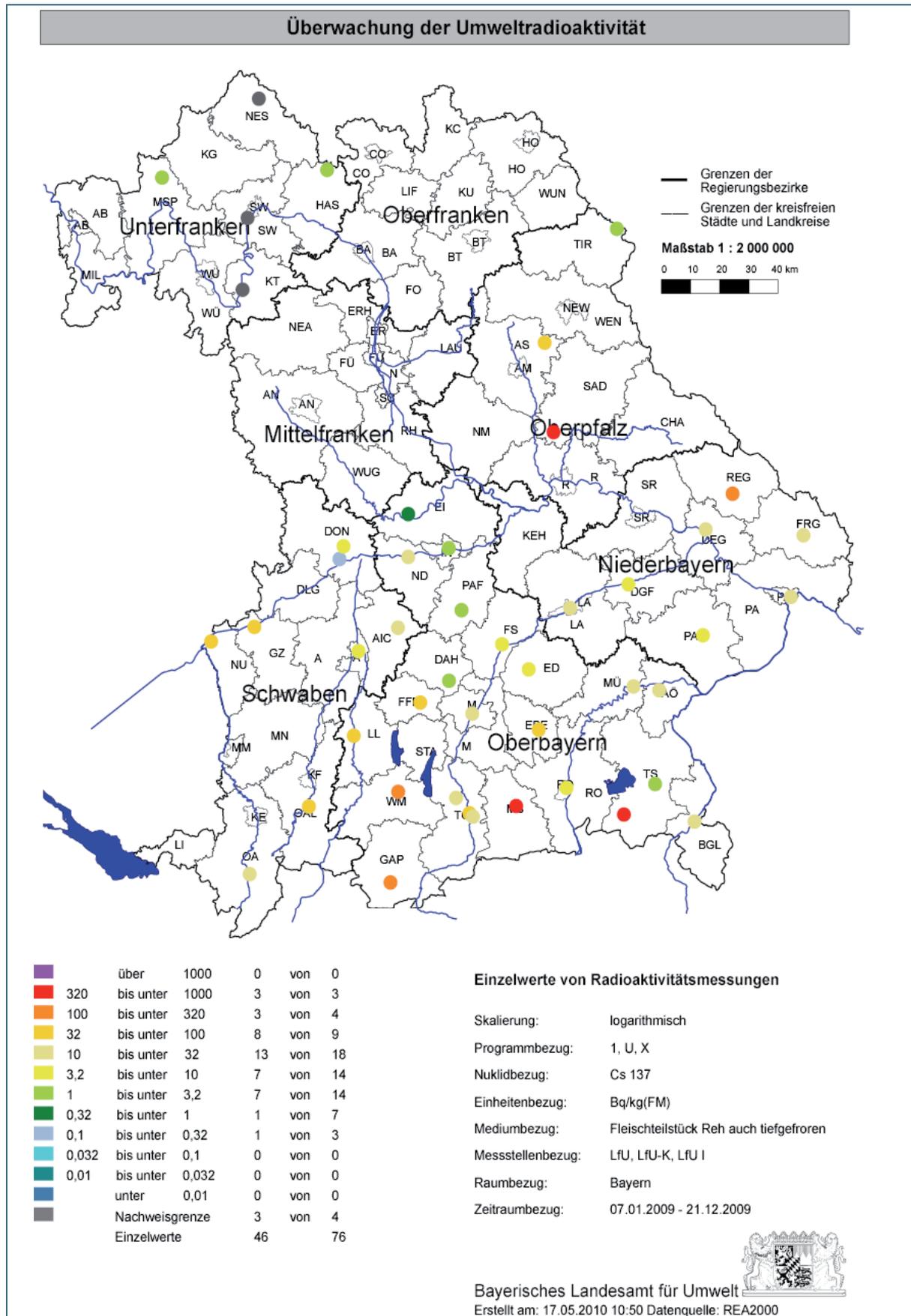


Abb. 7: Einzelwerte von Radioaktivitätsmessungen mit Mediumbezug „Fleischteilstück Reh auch tiefgefroren“ Raumbezug „Bayern“ Zeitraumbezug „2009“ Nuklidbezug „Cs 137“

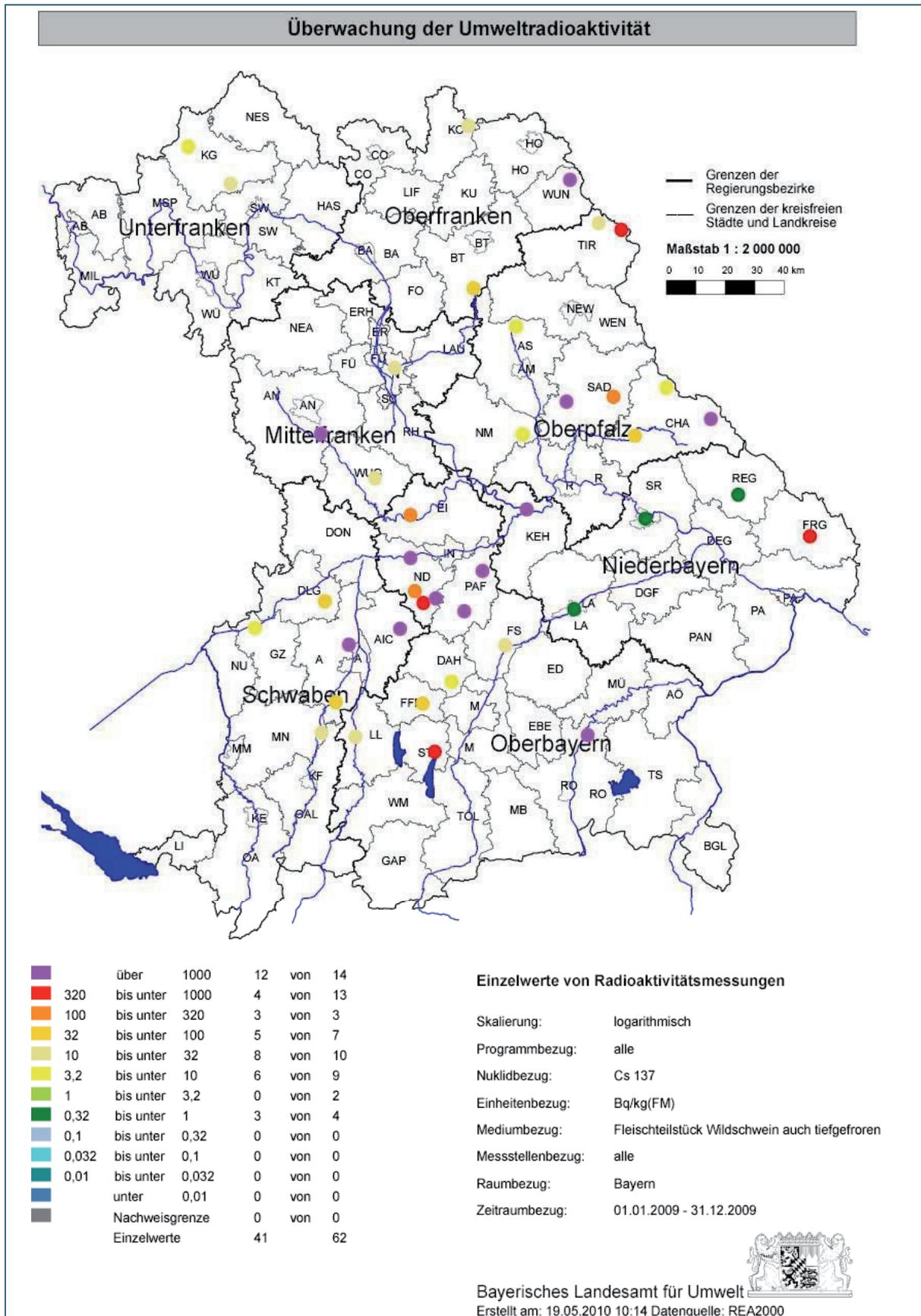


Abb. 8: Einzelwerte von Radioaktivitätsmessungen mit Mediumbezug „Fleischteilstück Wildschwein auch tiefgefroren“ Raumbezug „Bayern“ Zeitraumbezug „01.01.2009 - 31.12.2009“ Nuklidbezug „Cs 137“

Jahreszeitlich verschiedene Bedingungen im Nahrungsangebot der Wildschweine sowie die lokal unterschiedlichen Gegebenheiten der Bodenkontamination und -beschaffenheit lassen auf die große Streubreite der Messergebnisse schließen.

Rehe² und Rothirsche ernähren sich fast ausschließlich von oberirdisch wachsenden Pflanzen und gelegentlich Pilzen.

Die Nahrungswahl von Wildschweinen³ ist im Vergleich dazu wesentlich komplizierter und wird von vielen Faktoren bestimmt. Je nach Jahreszeit suchen Wildschweine ihre Nahrung zum Beispiel vermehrt in der Humusschicht des Waldbodens und ernähren sich unter anderem auch von den mit Cs 137 angereicherten Hirschtrüffel-Pilzen.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten weisen die beiden Tierarten unterschiedliche Cs 137-Kontaminationen auf.

2.3.3.8 Honig

Bei Honig wurden zwei Proben untersucht. In einer Waldhonig-Probe konnte ein Cs 137-Gehalt von 9,4 Bq/kg FM nachgewiesen werden (siehe Tab. 27).

Honig							
Probenanzahl	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
		Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
2	50%	4,7	<NWG	9,4	23,2	8,2	38,2

Tab. 27: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 und Kalium 40 in Honig 2009

2.3.3.9 Kleinkindernahrung

Bei den 24 untersuchten Kleinkindernahrungs-Proben betragen die spezifischen Aktivitäten im Mittel 0,3 Bq/kg FM und erreichten Messwerte bis maximal 1,8 Bq/kg (siehe Tab. 28).

Tab. 28: Aktivitätsgehalte von Cäsium 137, Sr 90 und Kalium 40 in der Kleinkindernahrung 2009

Kleinkindernahrung											
Probenanzahl	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137 in Bq/kg FM			Sr 90 Anteil Werte <NWG	Sr 90 in Bq/kg FM			K 40 in Bq/kg FM		
		Mittelwert	MIN	MAX		Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
24	75%	0,3	<NWG	1,8					107,4	19,4	231
4					0%	0,07	0,02	0,12			

² Quelle: http://www.environmental-studies.de/Radiooekologie/caesium/Cs_6/cs_6.html

³ Quelle: http://www.environmental-studies.de/Radiooekologie/caesium/Cs_5/Hirschtruffel/Cs-5.1.html

2.3.3.10 Pilze

Als Ergänzung zu den Messungen an Hauptnahrungsmitteln werden im Bericht Messwerte für Pilze angegeben, also für Nahrungsmittel, die aufgrund der überwiegend geringen Verzehrsmengen für die Ernährung nur eine untergeordnete Bedeutung haben, an denen aber der Einfluss von Tschernobyl noch deutlich erkennbar ist.



Abb. 9: Pfifferlinge

Abb. 10: Steinpilze

Abb. 11: Schopftintlinge

Abb. 12: Nebelgrauer Trichter

Bildquelle: Abb.11 © Uwe Steinbrich / pixelio.de; Abb.12: ©Meinhard Siegmundt / pixelio.de

Im Folgenden sind die Messergebnisse von wildwachsenden essbaren Pilzen für 2009 dargestellt.

Im Jahr 2009 wurden insgesamt 40 inländische Pilzproben gammaspektrometrisch untersucht.

Tab. 29: Aktivitäten von Cäsium 134, Cäsium 137 und Kalium 40 in wildwachsenden essbaren Pilzen 2009

Pilze											
Probenanzahl	Cs 134-Anteil Werte <NWG	Cs 134-Aktivität in Bq/kg (FM)			Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
		Mittelwert	MIN	MAX		Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
40	85%	0,9	<NWG	2,2	0%	704	0,2	8470	115,6	58,6	296

Wie in Tab. 29 aufgeführt, betragen die Gehalte von Cs 137 bei den Pilzen im Mittel 704 Becquerel pro Kilogramm Frischmasse (Bq/kg FM) und bewegten sich im Bereich von Werten von 0,2 Bq/kg FM bis zu Werten von 8470 Bq/kg FM bei einer Pilzprobe eines Weißen Raslings (*Lyophyllum connatum*) aus Garmisch-Partenkirchen.

Die Gehalte von Cäsium 134 lagen bei nahezu allen untersuchten Proben unterhalb den messtechnisch bedingten Nachweisgrenzen. Bei sechs von 40 Pilzproben konnte Cäsium 134 noch nachgewiesen werden. Der Mittelwert der Aktivitätskonzentration von Cäsium 134 betrug 0,9 Bq/kg FM, der Höchstwert 2,2 Bq/kg FM.

Maronenröhrlinge

2009 wurden insgesamt 10 Proben von Maronenröhrlingen, die bekannterweise besonders Cäsium anreichern, untersucht. Die Aktivität von Cäsium 137 betrug im Mittel 943 Bq/kg FM und bewegte sich im Bereich zwischen 231 und 1380 Bq/kg FM.

Steinpilze

Bei den sechs untersuchten Steinpilz-Proben lag der Höchstwert mit 279 Bq/kg FM bei einer Probe aus Bad Tölz.

In den Abb. 13 und Abb. 14 sind die Einzelmessergebnisse von Cs137 der Maronenpilze sowie der Steinpilze dargestellt:

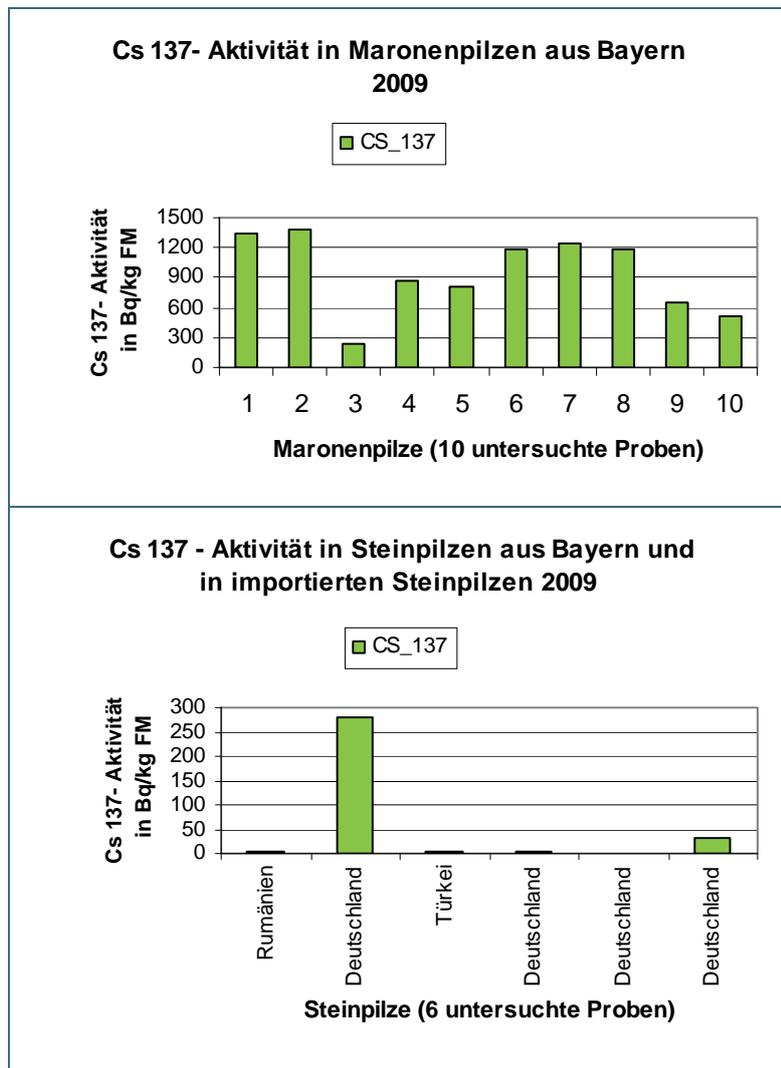


Abb. 13: Aktivitätsgehalt von Cäsium 137 in Maronenpilzen aus Bayern 2009

Abb. 14: Aktivitätsgehalt von Cäsium 137 in Steinpilzen aus Bayern und Importware 2009

Importware bei Pilzen

Bei den fünf Pilzproben der Importware lagen die ermittelten Werte von Cs 137 zwischen einem und sechs Becquerel pro Kilogramm Frischmasse. Ausnahme dabei ist eine Pfifferlings-Probe aus Weißrussland mit 240 Bq/kg FM. Einzelmessergebnisse der Aktivitätsgehalte von Cs 137 bei Pilz-Importware sind in Tab. 30 aufgelistet.

Tab. 30: Aktivitätsgehalte von Cs 137 und K 40 bei importierten Pilzen 2009

Importware Pilze					
Pilzart	Probenentnahmeort		Herkunfts-Staat	Cs 137-Aktivität in Bq/kg FM	K 40-Aktivität in Bq/kg FM
Steinpilz	München	OBB	Rumänien	5,8	82,5
Steinpilz	Erding	OBB	Türkei	2,35	106
Pfifferling	München	OBB	Weißrussland	240	208
Pfifferling	Erding	OBB	Türkei	<NWG	198
Speisemorchel	Erding	OBB	Türkei	1,46	124

2.3.3.11 Futtermittel

Wie in Tab. 31 aufgeführt, weisen die verschiedenen Futtermittel-Proben nur noch sehr niedrige Cs 137-Aktivitäten von unter einem Becquerel pro Kilogramm Trockenmasse (Bq/kg TM) auf. Das mit der Einheit Becquerel pro Kilogramm Frischmasse gemessene Futtermittel Gras weist bei Cs 137 einen Mittelwert von 0,8 Bq/kg FM auf. Der Höchstwert liegt bei 12,2 Bq/kg FM.

Tab. 31: Aktivitätsgehalte von Cs 137 und K 40 in Futtermitteln 2009

Futtermittel								
Probenart	Probenanzahl	Cs137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg TM			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg TM		
			Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX	Mittelwert bzw. Einzelwert	MIN	MAX
N gesamt	166							
Grünfutter: Gras in Bq/kg FM	57	26%	0,81	<NWG	12,2	129	41	251
Grünfutter: Grünmais	45	76%	0,38	<NWG	1,54	328	153	531
Haupterzeugnisse trocken: Gerste	16	94%	0,22	<NWG	0,41	243	126	243
Haupterzeugnisse trocken: Weizen	15	93%	0,22	<NWG	0,59	153	118	213
Haupterzeugnisse trocken: Kartoffeln	3	100%	<NWG	-	-	893	694	1240
Haupterzeugnisse feucht: Futterkartoffel, roh	7	86%	0,61	<NWG	1,38	822	624	946
Nebenerzeugnisse trocken: Rapsschrot	8	100%	<NWG	-	-	296	183	456
Nebenerzeugnisse trocken: Sonnenblumenkernschrot	1	100%	<NWG	-	-	558	-	-
Nebenerzeugnisse trocken: Palmkernschrot	1	100%	<NWG	-	-	254	-	-
Nebenerzeugnisse trocken: Sojaschrot	1	100%	<NWG	-	-	838	-	-
Grünfutter	11	100%	<NWG	-	-	277	132	616
Sojabohne	1	0%	0,55	-	-	614	-	-

2.3.4 Expositionspfad Ernährungskette im Wasser

1984 wurden erstmals Messungen zum Expositionspfad "Ernährungskette im Wasser" in das Programm zur Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität in Bayern aufgenommen.

Fischfleisch

2009 wurden in Bayern insgesamt 36 inländische Fischproben gammaspektrometrisch untersucht (siehe Tab. 32).

Fische							
Probenanzahl	Cs 137-Anteil Werte <NWG	Cs 137-Aktivität in Bq/kg (FM)			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg (FM)		
		Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
36	17%	2,8	<NWG	16,1	122,5	64,8	251

Tab. 32: Aktivitätsgehalte von Cs 137 und K 40 in Fisch 2009

Bei Renken aus oberbayerischen Seen ist der Einfluss des Reaktor-Unfalls von Tschernobyl noch erkennbar (siehe Abb. 15)

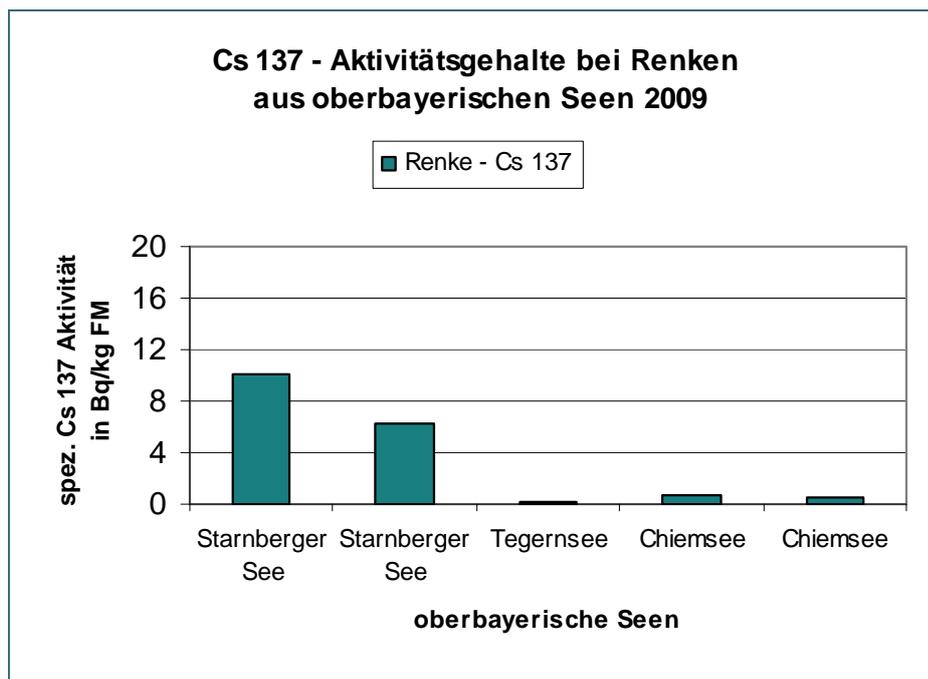


Abb. 15: Aktivitätsgehalte von Cs 137 bei Renken aus oberbayerischen Seen 2009

Beim direkten Vergleich der Renken aus den drei unterschiedlichen Gewässern in Abb. 15 sind die besonderen örtlichen und morphologischen Gegebenheiten wie zum Beispiel Abflussschwankungen, Feststofftransport und Wasseraustauschzeiten der einzelnen Seen zu berücksichtigen. Die Wasseraustauschzeiten⁴ betragen beispielsweise für den Starnberger See circa zwanzig Jahre und für den Chiemsee circa ein Jahr.

⁴ Quelle: 90 Jahre Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, Tätigkeitsbericht 1990, Kap. 11 Radiologie, S. 130-131

Regenbogenforellen

7 Regenbogenforellen-Proben aus teichwirtschaftlichen Betrieben in Bayern wurden insgesamt untersucht. Die spezifische Aktivität von Cs 137 betrug im Mittel 0,25 Bq/kg FM und bewegten sich zwischen 0,11 und 0,73 Bq/kg FM (siehe Abb. 18).

2.3.5 Reststoffe und Abfälle

Das Programm zur Untersuchung der Umweltradioaktivität umfasst seit Juli 1986 auch ein Sondermessprogramm zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Rückständen aus Müllverbrennungsanlagen, die zum Teil auch mit Klärschlamm beschickt werden (Müllheizkraftwerk: MHKW; Müllkraftwerk: MKW).

Im Bericht sind die Ergebnisse von Messungen an Schlacke und Filterstaub, die überwiegend als Rückstände anfallen und auf Reststoffdeponien gelagert werden, aufgeführt. In diesen Rückständen werden Schadstoffe und auch Radionuklide angereichert.

Schlacke

Auch 2009 war das Tschernobyl-Nuklid Cs 137 noch nachweisbar. Tab. 33 zeigt die ermittelten Einzelwerte dazu. In südbayerischen Anlagen – Müllheizkraftwerk (MHKW) Ingolstadt und Müllkraftwerk (MKW) Landshut – wurde bei Schlacke ein mittlerer Aktivitätsgehalt an Cs 137 von 6,4 Becquerel pro Kilogramm Trockenmasse (Bq/kg TM) festgestellt. Die Werte für Nordbayern – MHKW Bamberg – lagen bei 4,1 Bq/kg TM. Der für ganz Bayern errechnete Mittelwert für Cs 137 beträgt 5,9 Bq/kg TM (siehe Tab.34).

Cs 137 in Schlacke		
Anlage Müllheizkraftwerk (MHKW) Müllkraftwerk (MKW)	Reg.- Bezirk	Cs 137-Aktivität in Bq/kg TM
MHKW Ingolstadt	OBB	4,9
MHKW Ingolstadt	OBB	5,7
MKW Landshut	NDB	3,5
MKW Landshut	NDB	11,5
MHKW Bamberg	OFR	4,1

Tab. 33:
Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 in Schlacke aus Müllverbrennungsanlagen 2009

Filterstaub/Filterasche

Wie in Tab. 34 einzeln aufgeführt, liegen bei Filterstaub/Filterasche die ermittelten Werte von Cs 137 in Südbayern bei 270,5 Bq/kg TM und für Nordbayern bei 136 Bq/kg TM. Für ganz Bayern ergibt sich ein Mittelwert für Cs 137 von 244 Bq/kg TM (siehe Tab. 35)

Cs 137 in Filterstaub/Filterasche		
Anlage Müllheizkraftwerk (MHKW) Müllkraftwerk (MKW)	Reg.- Bezirk	Cs 137-Aktivität in Bq/kg TM
MHKW Ingolstadt	OBB	326
MHKW Ingolstadt	OBB	183
MKW Landshut	NDB	338
MKW Landshut	NDB	235
MHKW Bamberg	OFR	136

Tab. 34:
Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 in Filterstaub/Filterasche aus Müllverbrennungsanlagen 2009

Tab. 35: Aktivitätsgehalte von Cs 134, Cs 137 und K 40 in Reststoffen aus Müllverbrennungsanlagen 2009

Aktivitätsgehalte in Reststoffen aus Müllverbrennungsanlagen									
Probenart	Probenanzahl	Cs 134 Aktivität in Bq/kg TM	Cs 137 Anteil Werte <NWG	Cs 137 Aktivität in Bq/kg TM			natürlich vorkommendes K 40 in Bq/kg TM		
				Mittelwert	MIN	MAX	Mittelwert	MIN	MAX
N gesamt	10								
Schlacke	5	<NWG	0%	5,9	3,54	11,5	288	236	376
Filterstaub	5	<NWG	0%	244	136	338	2820	2270	3230

I 131 Aktivitätsgehalte in Reststoffen

Wie bei den Umweltbereichen Abwasser und Klärschlamm wurde auch bei den Rückständen aus Müll- bzw. Klärschlammverbrennungsanlagen teilweise I 131 nachgewiesen, das auf die Anwendung in der Nuklearmedizin zurückzuführen ist. In Tab. 36 sind die für die Müllverbrennungsanlagen Ingolstadt, Landshut und Bamberg ermittelten Werte von I 131 in den jeweiligen untersuchten Reststoffen angegeben.

Tab. 36: Aktivitätsgehalte von I 131 in Reststoffen aus Müllverbrennungsanlagen 2009

I 131 Aktivitätsgehalte in Reststoffen					
Anlage Müllheizkraftwerk(MHKW) Müllkraftwerk (MKW)	Filterstaub	Rückstände aus Schadgasreinigung	Roh- Schlacke	Wäscher- schlamm	Waschwasser
I 131 in Bq/kg TM					I 131 in Bq/l
MHKW Ingolstadt	<NWG 3,8	–	–	4,06	1,08 5,39
MKW Landshut	<NWG 2,89	<NWG <NWG	<NWG <NWG	–	–
MHKW Bamberg	<NWG	–	–	19,3	–

Ein möglicher Eintragungsweg könnte dabei die teilweise Beschickung der Anlagen mit Klärschlamm, indem ebenfalls I 131 nachweisbar ist, sein. Aber auch die Verbrennung von Abfällen aus Kliniken mit nuklearmedizinischen Abteilungen kann zu messbaren Aktivitätswerten führen.

Diesbezügliche Genehmigungen erlauben die Beseitigung radioaktiv kontaminierter Stoffe als konventionelle Abfälle (Beispiel: theoretisch zulässiger Aktivitätsgehalt an I 131 in einer Tonne Abfall: 2×10^6 Bq).

3 Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen in Bayern

3.1 Maßnahmen zur Umgebungsüberwachung

Die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (**REI**) regelt die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Die Messprogramme werden in Tabellen und Anhängen präzisiert. Bei der Umgebungsüberwachung wird zwischen einem Routinemessprogramm, einem Störfallmessprogramm sowie ein Messprogramm zur Überwachung der Brennelement-Zwischenlager unterschieden:

- Routinemessprogramm nach Tabelle A1
Messprogramm, das vom Genehmigungsinhaber durchzuführen ist
- Routinemessprogramm nach Tabelle A2
ergänzendes und kontrollierendes Messprogramm, das von der unabhängigen Messstelle durchzuführen ist.
- Störfallmessprogramm nach Tabelle A3
Messprogramm, das vom Genehmigungsinhaber durchzuführen ist
- Störfallmessprogramm nach Tabelle A4
Messprogramm, das von der unabhängigen Messstelle durchzuführen ist
- Messprogramm zur Umgebungsüberwachung der Brennelementzwischenlager nach Tabelle C1.1
Messprogramm, das vom Genehmigungsinhaber durchzuführen ist
- Messprogramm zur Umgebungsüberwachung der Brennelementzwischenlager nach Tabelle C1.2
Messprogramm, das von der unabhängigen Messstelle durchzuführen ist

■ Link zu „Auf welcher Grundlage wird die Umgebungsüberwachung durchgeführt?“
<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/rei/grundlage/index.htm>

■ Link zu „Wer misst bei der Umgebungsüberwachung?“
http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/rei/wer_misst/index.htm

Laut REI soll bei der Aufstellung der Programme der Grundsatz beachtet werden, dass vom Genehmigungsinhaber bevorzugt der Nahbereich der Umgebung und die Primärmedien (Luft, Wasser, Boden) zu überwachen sind, von der unabhängigen Messstelle bevorzugt die weitere Umgebung und jene Medien, die am Ende der ökologischen Ketten stehen (Nahrungsmittel, Trinkwasser). Grundsätzlich sind Proben unabhängig voneinander zu entnehmen. Aus Gründen der Kontrolle und zum Vergleich sind einzelne, ausgewählte Medien von beiden zu überwachen. Einzelheiten des Umfangs und der Struktur der jeweiligen Überwachungsprogramme werden in den Anhängen dieser Richtlinie geregelt.

Die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen umfasst zehn Umweltbereiche, die zu überwachen sind.

Umweltbereich (1)	Luft
Umweltbereich (2)	Niederschlag
Umweltbereich (3)	Boden
Umweltbereich (4)	Pflanzen/Bewuchs
Umweltbereich (5)	Futtermittel
Umweltbereich (6)	Ernährungskette Land
Umweltbereich (7)	Milch und Milchprodukte
Umweltbereich (8)	Oberirdische Gewässer
Umweltbereich (9)	Ernährungskette Wasser
Umweltbereich (10)	Trink- und Grundwasser

Tab. 37: überwachte Umweltbereiche nach REI

In den nachfolgenden Tab. 38 und Tab.39 sind die Maßnahmen der kerntechnischen Anlagen KKI, KKG, KGG, VAK, SAGK, AREVA und FRM II für das Routinemessprogramm im Jahr 2009 aufgeführt.

Tab.40 und Tab.41 zeigen das Störfallmessprogramm für die Anlagen KKI, KKG, KGG und FRM II.

Die Messprogramme zur Umgebungsüberwachung der Brennelementzwischenlager KKI BELLA, KKG BELLA und KGG/ZL8 sind in den Tabellen 42 und 43 dargestellt.

Maßnahmen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle A1

Nachfolgende Tab. 38 zeigt eine Übersicht über die durchzuführenden Maßnahmen **der Genehmigungsinhaber** zur Umgebungsüberwachung im Jahr 2009 (**Tabelle A1**).

Tab. 38: Durchzuführende Maßnahmen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen KKI, KKG, KGG, VAK, SAGK, AREVA und FRM II im Jahre 2009

Pro-gramm-punkt	überwachter Umweltbereich	Art der Messung Messgröße	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den einzelnen kerntechnischen Anlagen						
			KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
A1:	Luft (01)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
1.1a	Luft / äußere Strahlung	a) Gamma-Ortsdosisleistung	36	36	24	-	-	-	24
			<i>a) kontinuierliche Registrierung</i>						
1.1b	Luft / Festkörperdosimeter	b) Gamma-Ortsdosis	62	44	50	6	10	10	29
			<i>b) jährliche Auswertung der TLD's (TLD:Thermolumineszenz-Dosimeter)</i>						
1.1d	Luft / äußere Strahlung	Neutronen-Ortsdosis							1
			<i>jährliche Auswertung</i>						
1.2	Luft / Aerosole	Gamma-Spektrometrie	78	78	52	52	-	-	24*
			<i>Kontinuierliche Sammlung über einen Zeitraum von 14 Tagen und 14-tägige Auswertung, *= monatlich</i>						
1.3	Luft / gasförmiges Iod	Iod 131-Spektroskopie	78	78	52	-	-	-	24*
			<i>Kontinuierliche Sammlung, 14-tägige Auswertung; *=monatlich</i>						
A1:	Niederschlag (02)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
2.0	Niederschlag	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie c) Tritium-Bestimmung d) C 14-Bestimmung	36	24	24	-	-	a) 4* b) 4*	a) 24 b) - c) 36 d) 24
			<i>Kontinuierliche Sammlung, monatliche Auswertung *= Quartalsmischprobe</i>						
A1:	Boden / -oberfläche (03)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
3.0	Boden	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie	6	4	6	1*	1*	b) 2* b) 2*	2*
			<i>Stichprobe, halbjährlich / *= Stichprobe, jährlich</i>						
A1:	Pflanzen /Bewuchs (04)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
4.0	Grünfutter	a)Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie	6	4	6	1*	1*	a) 2* b) 2*	2*
			<i>Stichprobe, halbjährlich / *= Stichprobe, jährlich</i>						
A1:	Oberirdische Gewässer (08)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
5.0	Oberflächenwasser	a) Gamma-Spektrometrie b) Tritium-Bestimmung c) C 14-Bestimmung d)Alpha-Spektrometrie	a)12 b)12	a) 12 b) 12	a)20 b)20	2	-	-	a) 4 b) 4 c) 4 d) 1*
			<i>a)+b)+c) kontinuierliche Probeentnahme, vierteljährliche Auswertung *= jährliche Auswertung</i>						

Pro-gramm-punkt	überwachter Umweltbereich	Art der Messung Messgrösse	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den einzelnen kerntechnischen Anlagen						
			KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
A1:	Oberirdische Gewässer (08)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
7.2	Sediment	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie						a) 4 b) 4	
A1:	Grundwasser (10)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
6.0	Grundwasser	a) Gamma-Spektrometrie b) Tritium-Bestimmung c) G-Alpha-Bestimmung d) Alpha-Bestimmung	a)20 b)20	a)12 b)12	a) 29* b) 29*	a) 4 b) 4	a) 2 b) 2 c) 2		a) 34 b) 38 d) 2
			a)+b) Stichproben, vierteljährliche Auswertung d) jährliche Auswertung *Probenanzahl enthält 5 zusätzlich jährlich beprobte Brunnen						

Maßnahmen der unabhängigen Messstellen zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle A2

Nachfolgende Tab. 39 zeigt eine Übersicht über die durchzuführenden Maßnahmen der **unabhängigen Messstellen** zur Umgebungsüberwachung im Jahr 2009 (**Tabelle A2**).

Tab. 39: Durchzuführende Maßnahmen der unabhängigen Messstellen zur Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen KKI, KKG, KGG, VAK, SAGK, AREVA und FRM II im Jahre 2009

Pro-gramm-punkt	überwachter Umweltbereich	Art der Messung Messgrösse	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den einzelnen kerntechnischen Anlagen						
			KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
A2:	Luft (01)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
1.1	Luft / Festkörper-dosimeter	Gamma-Ortsdosis	42	31	30	6	-	-	29
			<i>jährliche Auswertung der TLD's (TLD:Themolumineszenz-Dosimeter)</i>						
1.1d	Luft / äußere Strahlung	Neutronen-Ortsdosis	-	-	-	-	-	-	1
			<i>jährliche Auswertung</i>						
1.2	Luft / Aerosole	Gamma-Spektrometrie	12	12	8	4	-	-	8*
			<i>vierteljährliche Auswertung von Mischproben aus den 14-tägigen Einzelproben des Genehmigungsinhabers / * = aus den monatlichen Proben</i>						
A2:	Niederschlag (02)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
2.0	Niederschlag	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie c) Tritium-Bestimmung d) C 14-Bestimmung	12	8	8	-	-	-	a) 8 b) - c)12 d) 8
			<i>vierteljährliche Auswertung von Mischproben aus den monatlichen Proben des Genehmigungsinhabers</i>						

Pro-gramm-punkt	überwachter Umwelt-bereich	Art der Messung Messgröße	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den einzelnen kerntechnischen Anlagen						
			KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
A2:	Boden / -oberfläche (03)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
3.0	Boden	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie	6	6	4	-	1*	a) 2* b) 2*	2*
			<i>Stichprobe, halbjährlich / *= Stichprobe, jährlich</i>						
A2:	Futtermittel (05)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
4.0	Weide- und Wiesenbewuchs	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie	6	6	4	-	1*	a) 2* b) 2*	2*
			<i>Stichprobe, halbjährlich / *= Stichprobe, jährlich</i>						
A2:	Ernährungskette Land (06)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
5.0	Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft	a) Gamma-Spektrometrie b) Strontium 90-Bestimmung	a) 6 b) 6	a) 9 b) 9	a) 7 b) 7	-	-	-	a) 2 b) 2
			<i>KKI: Stichproben, jährlich je ein Getreide und je ein landwirtschaftliches Produkt (z.B. Mais, Salat, Obst) Probenentnahme möglichst über das Jahr verteilt</i> <i>KKG: jeweils typische Stichprobe(n) von erntereifen Produkten; möglichst gleichmäßig übers Jahr verteilt; bei Gemüse bevorzugt Freiland-Blattgemüse (Salat, Spinat oder Kohl)</i> <i>KGG: Stichproben, jährlich je ein Getreide und zwei landwirtschaftliche erntereife Produkte (z.B. Getreide, Kopfsalat, Obst), Probenentnahme möglichst über das Jahr verteilt</i> <i>FRM II: halbjährliche Probenahme und Auswertung zur entsprechenden Erntezeit</i>						
A2:	Milch und Milchprodukte (07)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
6.0	Kuhmilch	a) Gamma-Spektrometrie b) Strontium 90-Bestimmung c) Iod 131-Spektroskopie	a) 4 b) 4 c) 12	a) 6 b) 6 c) 18	a) 6 b) 6 c) 18	-	-	-	a) 2 b) 2
A2:	Oberirdische Gewässer (08)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
7.1	Oberflächenwasser	a) Gamma-Spektrometrie b) Tritium-Bestimmung c) C 14-Bestimmung d) Alpha-Spektrometrie e) G Alpha-Bestimmung	a)12 b)12	a) 12 b) 12	a) 20 b) 20	a) 2 b) 1	a) 1 b) 1 e) 1	a) 4 d) 4	a) 16 b) 16 c) 16 d) 2
7.2	Sediment	a) Gamma-Spektrometrie b) Alpha-Spektrometrie	8	8	12	-	a) 2* 1**	a) 2* 4** b) 2* 4**	a) 12 b) 2
			<i>*=Sediment in Fließgewässern/ **=Klärschlamm</i>						

Pro-gramm-punkt	überwachter Umwelt-bereich	Art der Messung Messgröße	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den einzelnen kerntechnischen Anlagen						
			KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
A2:	Ernährungskette Wasser (09)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
8.0	Fische	Gamma-Spektrometrie	4	4	6	-	-	-	1
8.1	Wasser-pflanzen	Gamma-Spektrometrie	1	2	2	-	-	-	4
A2:	Trink- und Grundwasser (10)		KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
9.0		a) Gamma-Spektrometrie b) Strontium 90-Bestimmung c) Tritium-Bestimmung d) Alpha-Spektrometrie e) C 14-Bestimmung	a) 4 c) 4	a) 6 b) 2 c) 6	a) 16 c) 16	a) 4 b) 3	a) 2 b) 2 c) 2	-	a) 4 c) 4 d) 1 e) 4

Maßnahmen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle A3

Nachfolgende Tab. 40 zeigt eine Übersicht zum REI-Programmpunkt A3:2.1 über die durchzuführende Maßnahme der **Genehmigungsinhaber** zur Überwachung der Umgebung eines Kernkraftwerkes im Störfall/Unfall (**Tabelle A3**).

Tab. 40: Durchzuführende Maßnahme der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung der Anlagen KKI, KKG, KGG und FRM II im Störfall/Unfall nach REI, Tabelle A3:2.1

Pro-gramm-punkt	überwachter Umwelt-bereich	Art der Messung Messgröße	erforderliche Nachweisgrenze	Probenentnahme bzw. Messorte	Durchführung der Probenentnahme und Messungen/ Trainingshäufigkeit
A3:	Boden (03)				
2.1	Boden-oberfläche	Kontaminationsdirektmessung durch Insitu-Gammaspektrometrie	200 Bq/m ² bezogen auf Co 60	in der Zentralzone je nach Lage und Leistung des KKW 5-20 Messorte; in den Sektoren der Mittelzone je 3-6 Messorte in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Sonderschutzplänen der Katastrophenschutzbehörden	Kurzzeitmessungen/ monatliches Training in jeweils einem Sektor oder der Zentralzone

Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle A4

In Tab. 41 sind die Maßnahmen der **unabhängigen Messstelle** zur Überwachung der Umgebung eines Kernkraftwerkes im Störfall/Unfall (**Tabelle A4**) aufgeführt.

Tab. 41: Durchzuführende Maßnahmen der unabhängigen Messstelle zur Umgebungsüberwachung der Anlagen KKI, KKG, KGG und FRM II im Störfall/Unfall nach REI, Tabelle A4

Pro-gramm-punkt	über-wachter Umwelt-bereich	Art der Messung Messgröße	erforder-liche Nachweis-grenze/ Mess-bereichs-endwert	Proben-entnahme-bzw. Messorte	Durchführung der Proben-entnahme und Messungen/ Trainings-häufigkeit	Be-merkungen
A4:	Luft (01)					
1.1a	Luft / äußere Strahlung	a) Gamma-Ortsdosisleistung	a) 100 nSv/h / 1 Sv/h	a) in der Sektoren der Mittel- und Außenzone je 3-6 Messorte in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Sonder-schutzplänen der Katastrophen-schutzbehörden	a) Kurzzeit-messungen/ halbjährliches Training in jeweils einem Sektor	
1.2	Luft / Aerosole	durch Gamma-Spektrometrie ermittelte Aktivitäts-konzentration einzelner Nuklide	20 Bq/m ³ bezogen auf Co 60 / 10 ⁸ Bq/m ³	in der Sektoren der Mittel- und Außenzone je 3-6 Messorte in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Sonder-schutzplänen der Katastrophen-schutzbehörden	2-10 Minuten Sammelzeit mit nachfolgender Auswertung/ Training in jeweils einem Sektor	kombiniertes Filter für Aerosole und gasförmiges Iod
1.3	Luft / gasförmiges Iod	Iod 131-Spektroskopie	20 Bq/m ³ bezogen auf Co 60 / 10 ⁸ Bq/m ³	in der Sektoren der Mittel- und Außenzone je 3-6 Messorte in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Sonder-schutzplänen der Katastrophen-schutzbehörden	2-10 Minuten Sammelzeit mit nachfolgender Auswertung/ Training in jeweils einem Sektor	kombiniertes Filter für Aerosole und gasförmiges Iod
A4:	Boden/-Oberfläche (03)					
2.1	Boden-oberfläche	Kontaminations-direktmessung durch Insitu-Gamma-spektrometrie	200 Bq/m ² bezogen auf Co 60	in der Sektoren der Mittel- und Außenzone je 3-6 Messorte in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Sonder-schutzplänen der Katastrophen-schutzbehörden	Kurzzeitmessungen/ halbjährliches Training in jeweils einem Sektor	

Maßnahmen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle C1.1

Tab. 42 zeigt eine Übersicht über die durchzuführenden Maßnahmen **der Genehmigungsinhaber** zur Umgebungsüberwachung der **Brennelementzwischenlager** KKI BELLA, KKG BELLA und KGG/ZL8 im Jahr 2009 (**Tabelle C1.1**)

Tab. 42: Durchzuführenden Maßnahmen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung der Brennelementzwischenlager von KKI, KKG und KGG im Jahre 2009

Pro-gramm-punkt	überwachter Umweltbereich	Art der Messung Messgröße	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den Brennelementzwischenlagern		
			KKI BELLA	KKG BELLA	KGG /ZL8
C 1.1:	Luft (01)				
1.1	Gamma-Strahlung	Gamma-Ortsdosisleistung	36	36	36
			<i>kontinuierliche Registrierung</i>		
1.2	Gamma-Strahlung	Gamma-Ortsdosis	4	5	8
			<i>jährliche Auswertung</i>		
1.3	Neutronen-Strahlung	Neutronen-Ortsdosisleistung	3	3	3
			<i>kontinuierliche Registrierung</i>		
1.4	Neutronen-Strahlung	Neutronendosis	4	5	8
			<i>jährliche Auswertung</i>		

Maßnahmen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle C1.2

Tab. 43 zeigt eine Übersicht über die durchzuführenden Maßnahmen der **unabhängigen Messstellen** zur Umgebungsüberwachung der **Brennelementzwischenlager** KKI BELLA, KKG BELLA und KGG/ZL8 im Jahr 2009 (**Tabelle C1.2**)

Tab. 43: Durchzuführende Maßnahmen der unabhängigen Messstellen zur Umgebungsüberwachung der Brennelementzwischenlager von KKI, KKG und KGG im Jahre 2009

Pro-gramm-punkt	überwachter Umweltbereich	Art der Messung Messgröße	Probenanzahl der durchzuführenden Maßnahmen bei den Brennelementzwischenlagern		
			KKI BELLA	KKG BELLA	KGG /ZL8
C 1.2	Luft (01)				
1.1	Gamma-Strahlung	Gamma-Ortsdosis	4	5	4
			<i>jährliche Auswertung</i>		
1.2	Neutronen-Strahlung	Neutronendosis	4	4	4
			<i>jährliche Auswertung</i>		

Tab. 44 zeigt eine Jahresübersicht der durchgeführten Messungen bei der Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen und der Brennelement-Zwischenlager [ZL] in Bayern.

Tab. 44: Übersicht über die im Jahr 2009 erhobenen Proben bei der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen und der Brennelement-Zwischenlager in Bayern

Umweltbereich		Proben- anzahl	KKI	KKG	KGG	VAK	SAGK	AREVA	FRM II
1	TLD	324	95	64	78	9	10	10	58
1	TLD [ZL]	30	8	10	12	–	–	–	–
1	Neutronen-Dosimeter [ZL; FRM II]	31	8	9	12	–	–	–	2
1	Luft/ Neutronen- Ortsdosisleistung [ZL]	108	36	36	36	–	–	–	–
1	Luft/ Gamma- Ortsdosisleistung [ZL]	108	36	36	36	–	–	–	–
1	Luft/äußere Strahlung (G-ODL)	120	36	36	24	–	–	–	24
1	Aerosol-Proben	328	90	90	60	56	–	–	32
1	Aerosole Jod	232	78	78	52	–	–	–	24
2	Niederschlag	232	48	32	32	–	–	8	112
3	Boden	47	12	10	10	1	2	8	4
4	Pflanzen/Bewuchs	25	6	4	6	1	2	4	2
5	Futtermittel (Gras)	24	6	6	4	–	2	4	2
6	Pflanzliche Nahrungsmittel	44	8	18	14	–	–	–	4
7	Milch	84	20	30	30	–	–	–	4
8	Oberflächenwasser	239	48	48	80	–	1	–	62
8	Sediment	65	8	8	12	–	3	20	14
9	Fische	15	4	4	6	–	–	–	1
9	Wasserpflanzen	9	1	2	2	–	–	–	4
10	Trink und Grundwasser	282	48	38	90	15	6	–	85
	Summe	2347	596	559	596	82	26	54	434

3.2 Messergebnisse der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen

Bei dem in allen Umweltbereichen nachgewiesenen Nuklid K 40 handelt es sich um ein natürliches Radionuklid.

3.2.1 Routinemessprogramm - Bericht zu den Messungen nach REI, Tabellen A1/A2

3.2.1.1 Überwachter Umweltbereich Luft (01)

Die Messung der Gamma-Ortsdosisleistung in der Luft wird mithilfe kontinuierlich messender Dosisleistungs-Messgeräten durchgeführt und dient der Früherkennung von Ereignissen mit erhöhter Strahlung.

■ Link zu „Wie und was wird bei der Umgebungsüberwachung gemessen“:

http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/rei/wie_was_gemessen/index.htm

Gamma-Ortsdosisleistung (G-ODL)

Als Gamma-Ortsdosisleistung bezeichnet man die an einem Ort während eines bestimmten Zeitintervalls gemessene Gamma-Strahlung.

Einheit: $\mu\text{Sv/h}$

Ursache für die natürliche Umgebungsstrahlung ist die kosmische Höhenstrahlung aus der Sonne und dem Weltall sowie die Bodenstrahlung. Bodenstrahlung entsteht durch natürlich vorkommende radioaktive Stoffe im Boden wie Kalium 40, Uran 234, Uran 235, Uran 238 und Radon.

Zum Vergleich: Der Jahresmittelwert der G-ODL der 28 bayerischen IfR⁵- Stationen betrug im Jahre 2008:
0,080 $\mu\text{Sv/h}$.

■ Link zu „IfR“: <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/daten/ifr/index.htm>

Gamma-Ortsdosisleistung

REI Programmpunkt	A1:1.1a
-------------------	---------

Der Verlauf der Gamma-Ortsdosisleistung im Bereich der Messstellen und -stationen von KKI, KKG, KGG und FRM II lagen im Schwankungsbereich der Vorjahre und zeigten im gesamten Berichtszeitraum keine Besonderheiten.

Kurzzeitige Anstiege der Gamma-Ortsdosisleistung sind auf die Auswaschung von natürlicher Aktivität zurückzuführen (Niederschläge).

An den einzelnen Gamma-Ortsdosisleistungs-Messstellen werden die Messwerte (Minimum- und Maximum-Werte) in Messintervallen von zehn Minuten erfasst. G-ODL bildet den Mittelwert über vierzehn Tage ab.

Beim VAK ist mit Zustimmung des StMUG die Gamma-Ortsdosisleistungs-Messung seit April 2008 auf Grund des fortgeschrittenen Rückbaus eingestellt.

⁵ IfR: Immissionsmessnetz für Radioaktivität

Die Messwerte für die Gamma-Ortsdosisleistung lagen 2009 bei allen überwachten Anlagen im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlung. Die Gamma-Ortsdosisleistungs-Messstellen Aumühle (A801), Goldern (A802) und Niederaichbach (A803) bei den Kernkraftwerken Isar in Abb. 19 zeigen die monatlichen G-ODL-Mittelwerte sowie den Schwankungsbereich mit den Minimum- und Maximum-Werten an. In Abb. 20 sind die G-ODL-Werte für die Messstation Oberndorf (D801), Hergolshausen (D802) und Röhlein (D803) der kerntechnischen Anlage Grafenrheinfeld dargestellt.

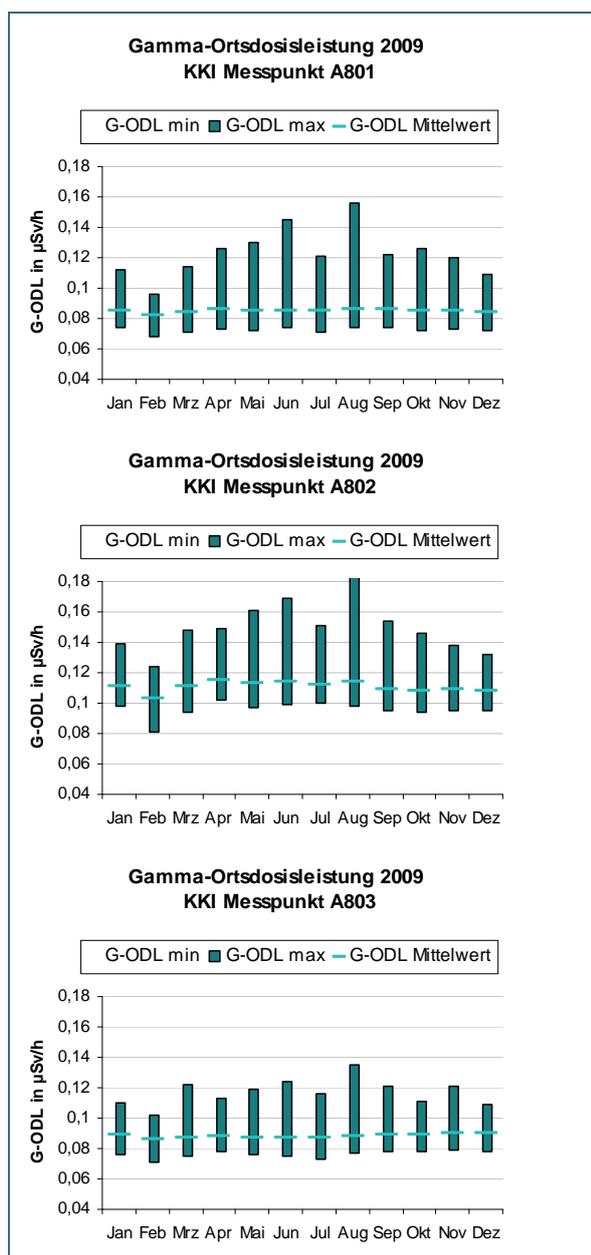


Abb. 19: Gamma-Ortsdosisleistung der Messpunkte A801, A802 und A803 bei KKI in µSv/h

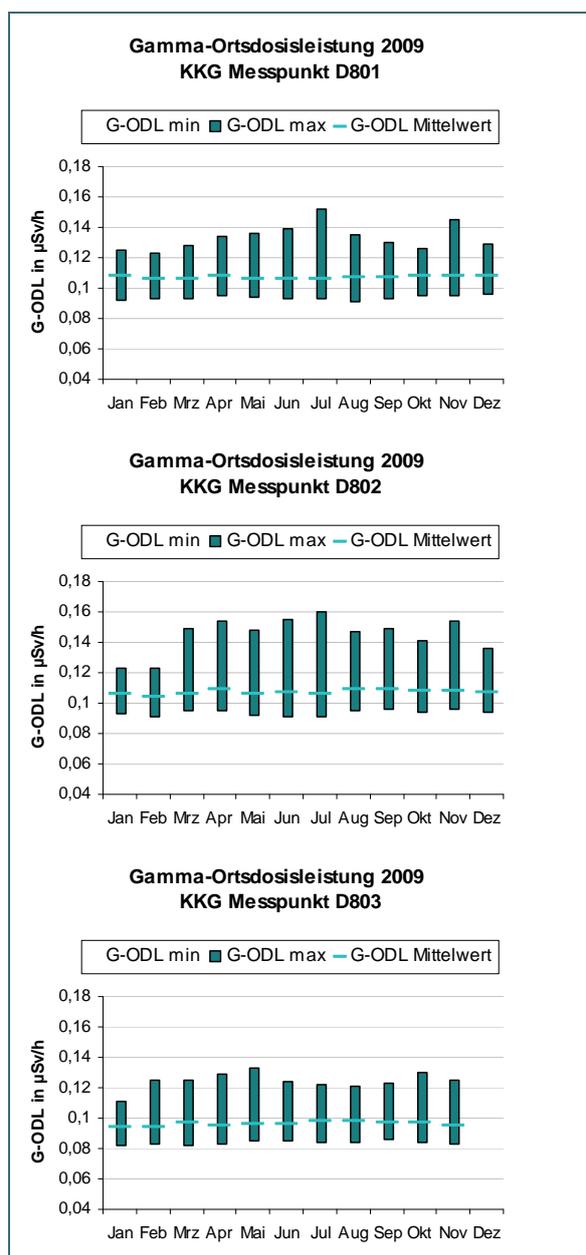


Abb. 20: Gamma-Ortsdosisleistung der Messpunkte D801, D802 und D803 bei KKG in µSv/h

Abb. 21 stellt den Verlauf der G-ODL im Bereich der Messstation bei Gehöft im Sektor 3 (E802) und der Referenz-Messstation E-Werk Gundelfingen (E803) bei der kerntechnischen Anlage Gundremmingen dar. Beim FRM II mit den Messpunkten Messstelle M1, Labordach (K801) und dem Messpunkt Niederschlagsammelstelle M2neu am Messschacht 3 (K829) ist nur der monatliche Mittelwert der Gamma-Ortsdosisleistung in der Abb. 22 dargestellt.

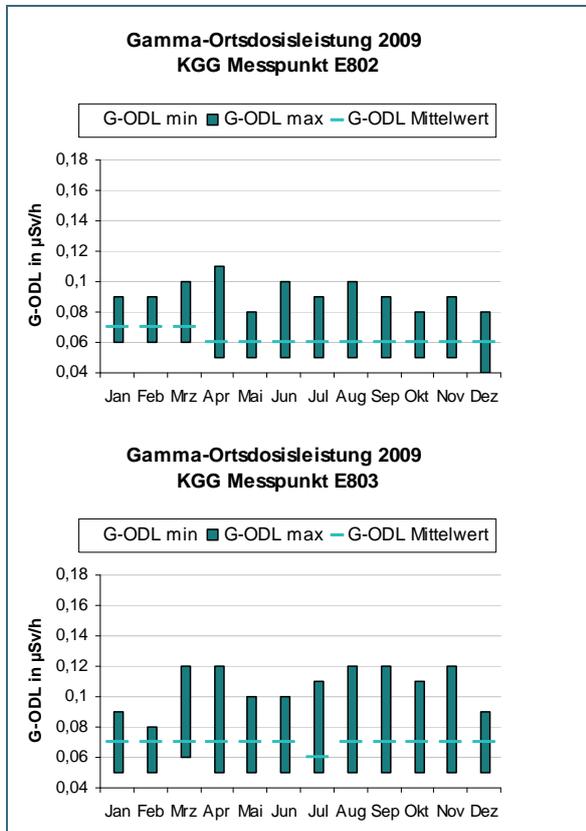


Abb. 21: Gamma-Ortsdosisleistung der Messpunkte E802 und E803 bei KGG in µSv/h

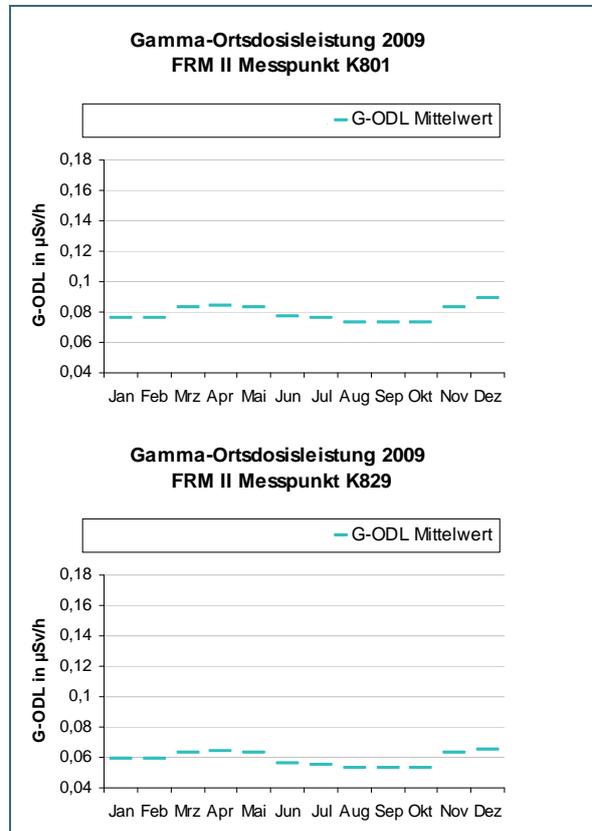


Abb. 22: Gamma-Ortsdosisleistung der Messpunkte K801 und K829 bei FRM II in µSv/h

Gamma-Ortsdosis

REI Programmpunkte	A1:1.1b	A2:1.1
--------------------	---------	--------

In den einzelnen Sektoren der kerntechnischen Anlagen sind Thermo-Lumineszenz-Dosimeter (TLD) ausgelegt, welche die Gamma-Ortsdosis integral (aufaddierend) erfassen. Zur Überwachung der Luft auf Gamma-Strahlung werden die TLD in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen an bestimmten Messpunkten ausgelegt. Die von den bayerischen Betreibern und vom LfU als unabhängige Messstelle verwendeten TLD verbleiben für ein Jahr am Auslegungsort und werden jeweils zu Jahresbeginn durch neue Dosimeter ersetzt.

- Link zu „Spezialthema: Festkörperdosimetrie“ (S.13 UKA-JB 2005)
http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_stra_00016.htm

Diese Festkörperdosimeter werden einmal jährlich ausgewertet.

Gamma-Ortsdosis

Messung der Umgebungsstrahlung an einem Ort während eines bestimmten Zeitintervalls.
 Einheit: mSv/a

Tab. 45 zeigt eine Übersicht der Mittelwerte, beziehungsweise die Minimum- und Maximum-Werte der Gamma-Ortsdosis aller kerntechnischen Anlagen über die im Jahr 2009 ausgelegten **Thermo-Lumineszenz-Dosimeter (TLD)** sowie die Vorjahreswerte der Extremwerte in Millisievert pro Jahr (mSv/a) an.

Tab. 45: TLD-Auswertung aller kerntechnischen Anlagen 2009

Überwachter Bereich	Anzahl der TLD	Mittelwert mSv/a	Niedrigster Wert mSv/a 2009 [2008]	Höchster Wert mSv/a 2009 [2008]
KKI	103	0,66	0,50 [0,45]	0,87 [0,80]
KKG	74	0,78	0,50 [0,55]	1,16 [1,10]
KGG	80	0,68	0,55 [0,54]	1,01 [0,95]
VAK	9	0,80	0,73 [0,73]	0,87 [0,91]
SAGK	10	0,68	0,61 [0,54]	0,81 [0,74]
AREVA	10	0,72	0,65 [0,68]	0,82 [0,80]
FRM II	58	0,58	0,41 [0,42]	0,78 [0,74]

Die mit den Thermolumineszenzdosimetern (TLD) gemessenen Dosiswerte (Gamma-Ortsdosis) lagen mit Mittelwerten von 0,58 mSv bis 0,80 mSv für das Auslegungsjahr 2009 im Schwankungsbereich der Vorjahreswerte. Zwischen den Dosiswerten der am Betriebsgelände-Zaun und der in der Umgebung ausgelegten TLD besteht kein signifikanter Unterschied.

Zum Vergleich: Der Jahresmittelwert der Gamma-Ortsdosis der 28 bayerischen IfR-Stationen im Jahre 2008 liegt bei:
0,700 mSv/a (= 0,08µSv/h*365 Tage *24 Stunden)

Auswertung der Thermolumineszenzdosimeter (TLD)

Im Folgenden sind die Einzelmessergebnisse der TLD- Auswertungen aller kerntechnischer Anlagen für das Jahr 2009 in Abb. 23 für die Kernkraftwerke Isar, in Abb. 24 für das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld und in Abb. 25 für das Kernkraftwerk Gundremmingen dargestellt. Abb. 26 zeigt die Auswertungen des im Rückbau befindlichen Versuchatomkraftwerkes Kahl. Die Auswertungen der TLD bei AREVA werden in Abb. 28 gezeigt. Abb. 29 zeigt die Messergebnisse für die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz.

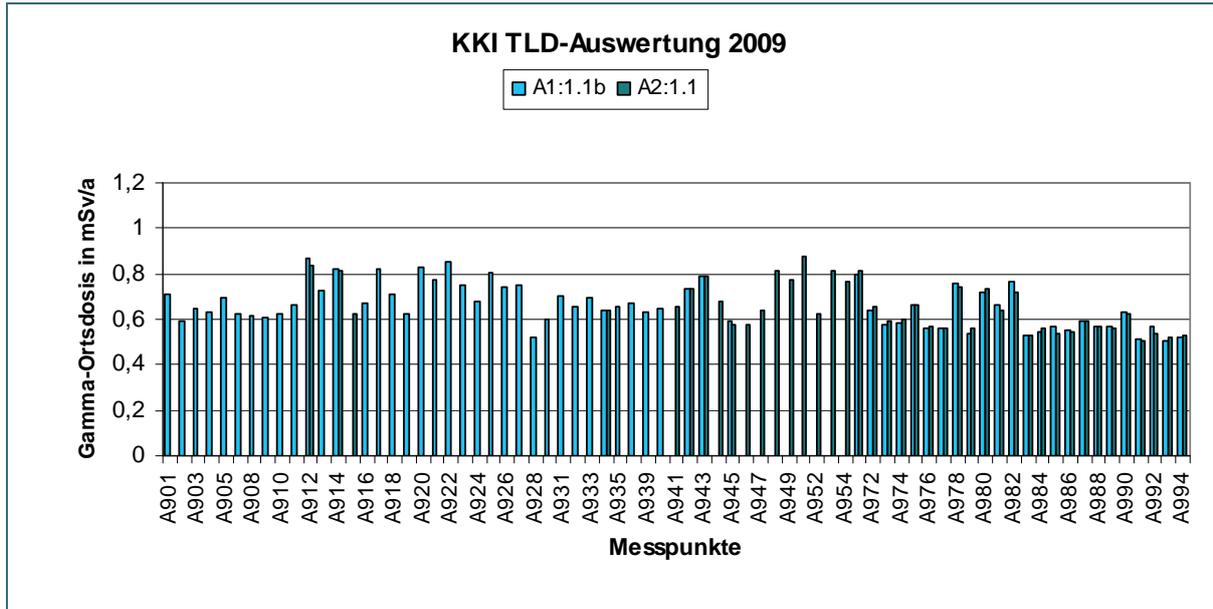


Abb. 23: Einzelmessergebnisse der TLD-Auswertung bei KKI

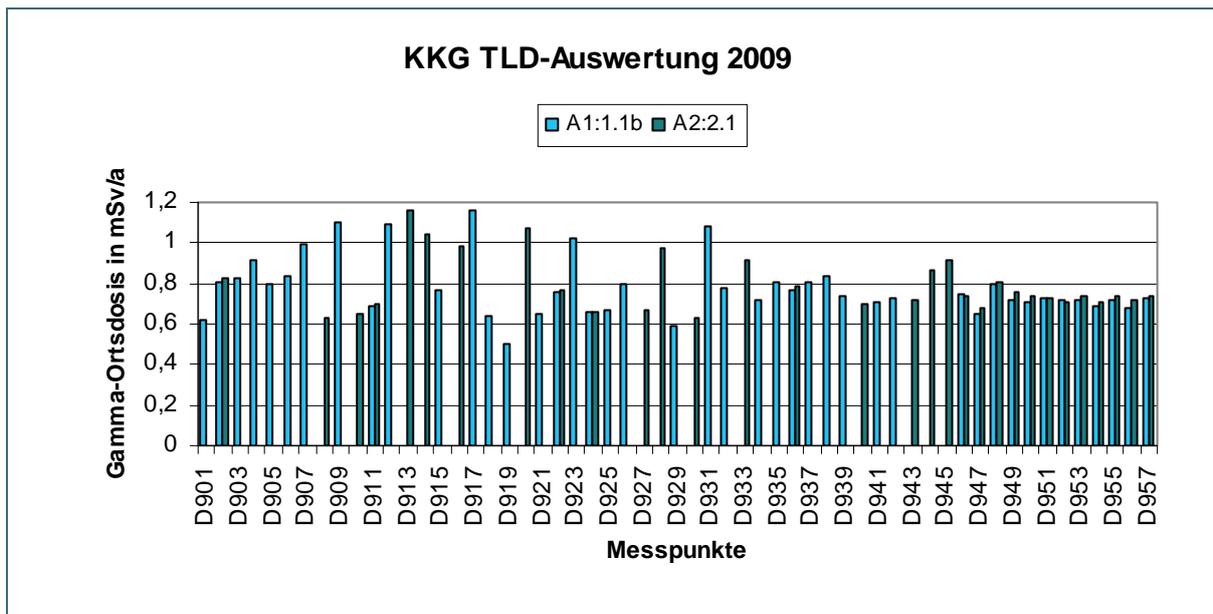


Abb. 24: Einzelmessergebnisse der TLD-Auswertung bei KKG

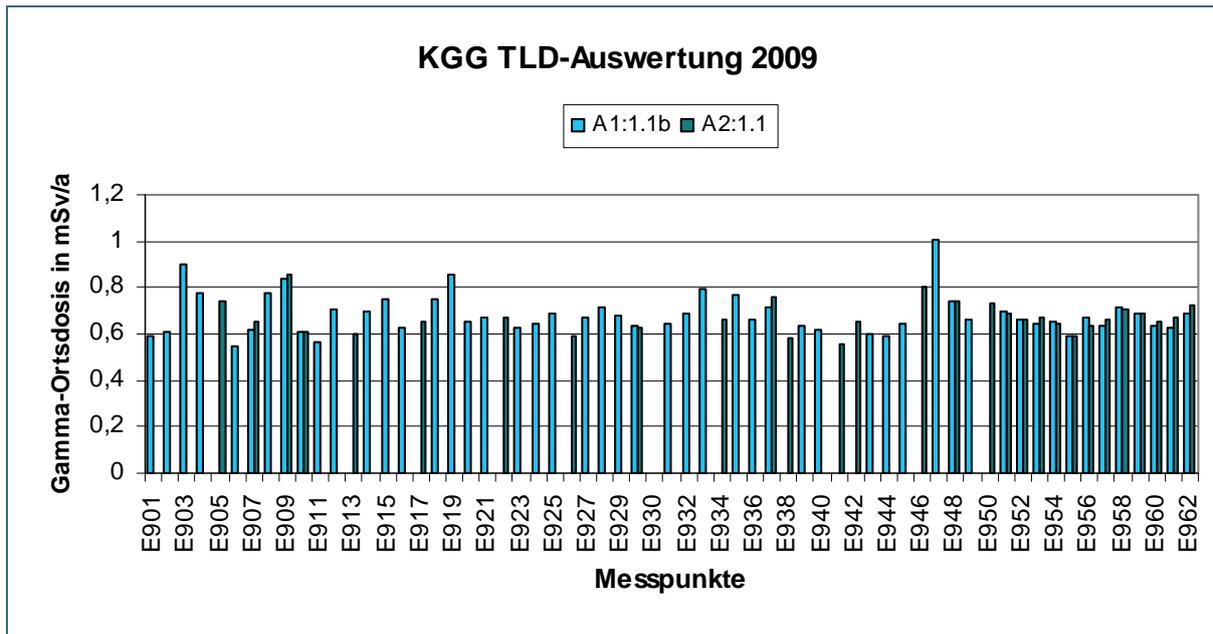


Abb. 25: Einzelmessergebnisse der TLD-Auswertung bei KGG

Das TLD vom Messpunkt F903 des VAK war zum Zeitpunkt des Einsammeltermins nicht mehr auffindbar.

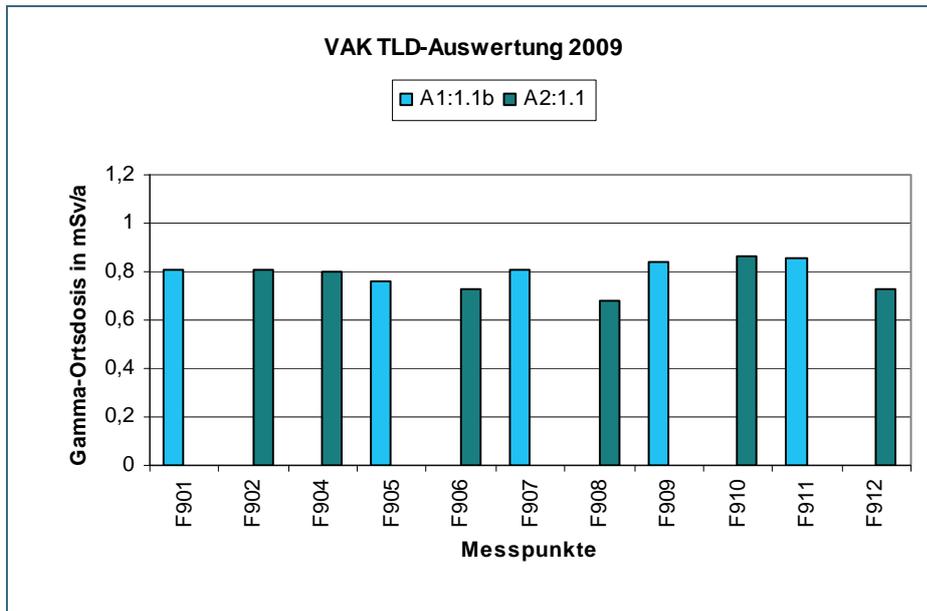


Abb. 26: Einzelmessergebnisse der TLD-Auswertung beim VAK

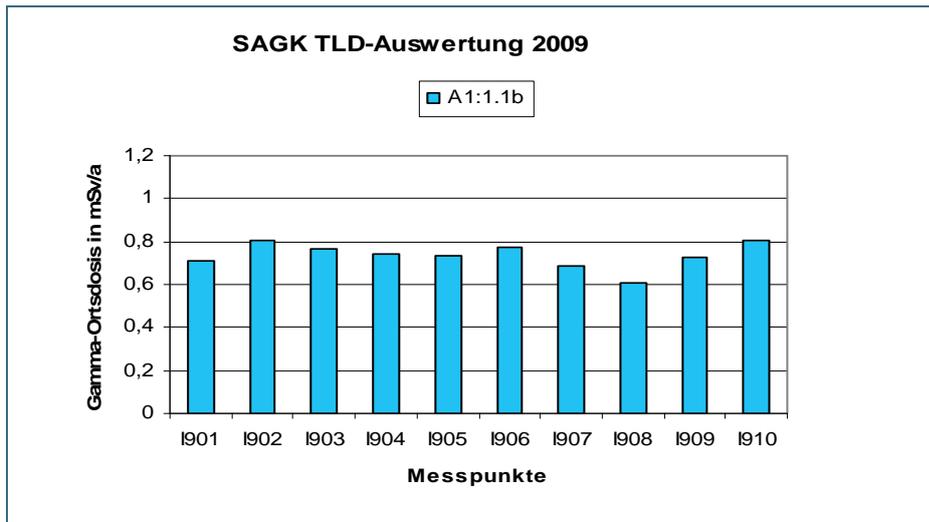


Abb. 27:
Einzelmessergebnisse
der TLD-Auswertung
beim SAGK

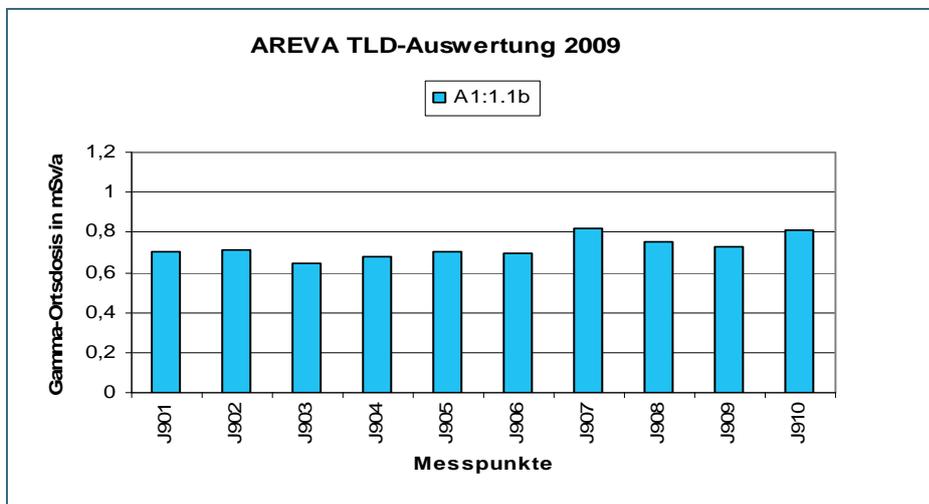


Abb. 28:
Einzelmessergebnisse
der TLD-Auswertung
bei AREVA

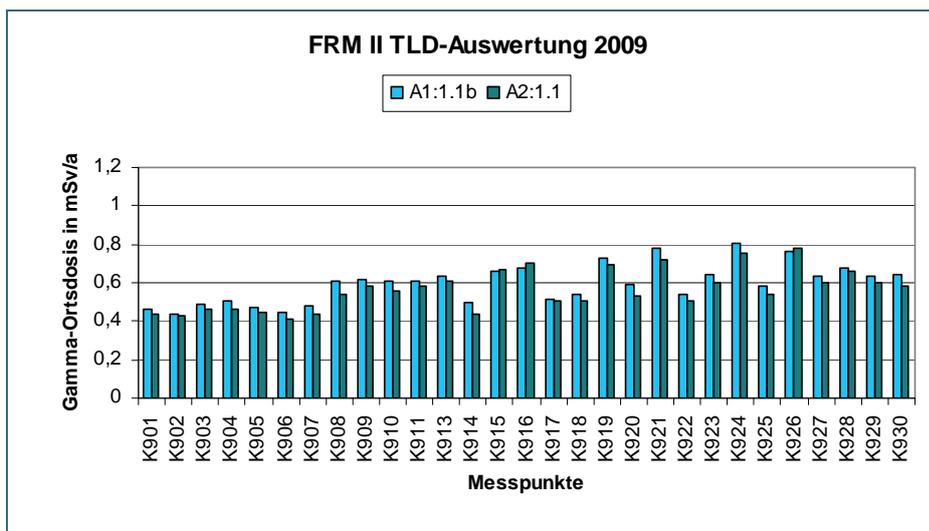


Abb. 29:
Einzelmessergebnisse
der TLD-Auswertung
beim FRM II

Aerosole

REI Programmpunkte	A1:1.2	A2:1.2
--------------------	--------	--------

Bei keiner der durchgeführten gammaspektrometrischen Aerosol-Messungen konnten künstliche Radionuklide festgestellt werden.

Beim FRM II konnte das natürliche Radionuklid Be 7, welches ständig durch kosmische Strahlung in der Atmosphäre gebildet wird, nachgewiesen werden.

gasförmiges Jod

REI Programmpunkt	A1:1.3
-------------------	--------

In keiner der Filterproben konnte I 131 nachgewiesen werden.

3.2.1.2 Umweltbereich: Niederschlag (02)

Niederschläge werden bei den kerntechnischen Anlagen KKI, KKG, KGG, AREVA und FRM II monatlich gesammelt und gammaspektrometrisch untersucht.

Bei der AREVA wird ergänzend eine Alpha-Spektrometrie durchgeführt.

Beim FRM II werden die Proben zusätzlich auf das Vorhandensein von Tritium analysiert.

Niederschlag

REI Programmpunkte	A1:2.0	A2:2.0
--------------------	--------	--------

Niederschlagswerte werden in Bq/m² angegeben.

Bei den Anlagen KKI, KKG, KGG und AREVA konnten bei den gammaspektrometrischen Niederschlagsmessungen keine künstlichen Radionuklide festgestellt werden.

Beim FRM II wurde am Messpunkt K 826 (Dachablauf R9) erwartungsgemäß Tritium nachgewiesen. Diese Werte sind auf den Washout von tritiumhaltigem Wasserdampf aus der Abluft des stillgelegten Forschungsreaktors FRM (Kaminhöhe 5,5m) zurückzuführen. Ebenso konnte beim FRM II am Messpunkt K 829 (M2 neu) Tritium im Bereich der Nachweisgrenze nachgewiesen werden. Das nachgewiesene Radionuklid Be 7 beim FRM II ist natürlichen Ursprungs.

Abb. 30 zeigt die monatlich ermittelte Tritium-Deposition der untersuchten Niederschlags-Proben des Betreibers beim FRM II am Messpunkt K 826. Die unabhängige Messstelle misst in einer Quartals-Mischprobe die jeweiligen drei Monatsproben des Betreibers zum Vergleich nach. In Abb. 31 sind die vier Quartalsproben im Jahr 2009 dargestellt.

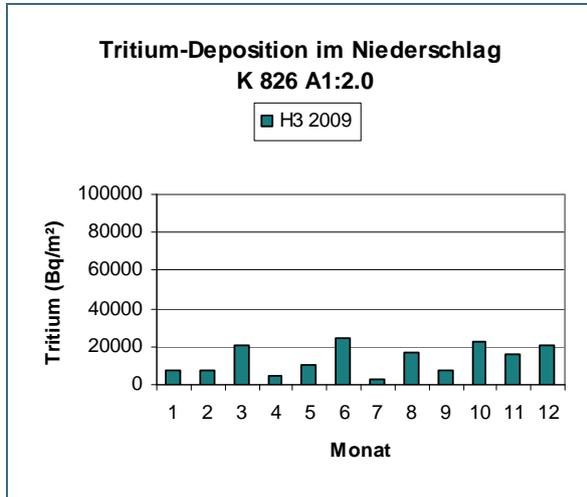


Abb. 30: Monatlich vom Betreiber gemessene Tritium-Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag beim FRM II am Messpunkt K 826 im Jahr 2009

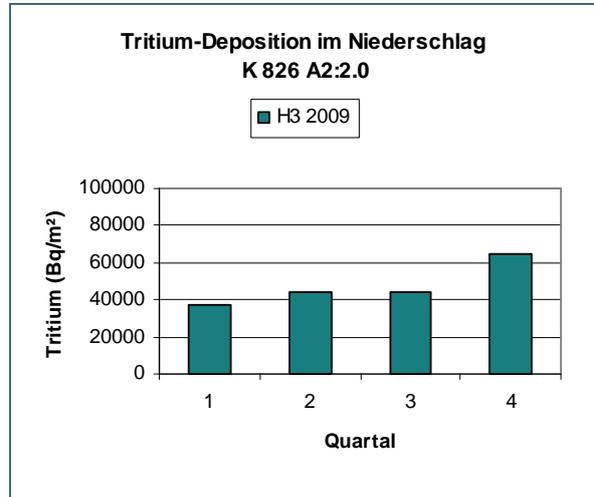


Abb. 31: Von der unabhängigen Messstelle ermittelte Messwerte der Quartalsmischproben der Tritium-Gehalte im Niederschlag beim FRM II am Messpunkt K 826 im Jahr 2009

Wie in der logarithmisch skalierten Abb. 32 zu sehen, korrelieren die 2009 monatlich gemessenen Tritium-Depositionen mit der Niederschlagsmenge.

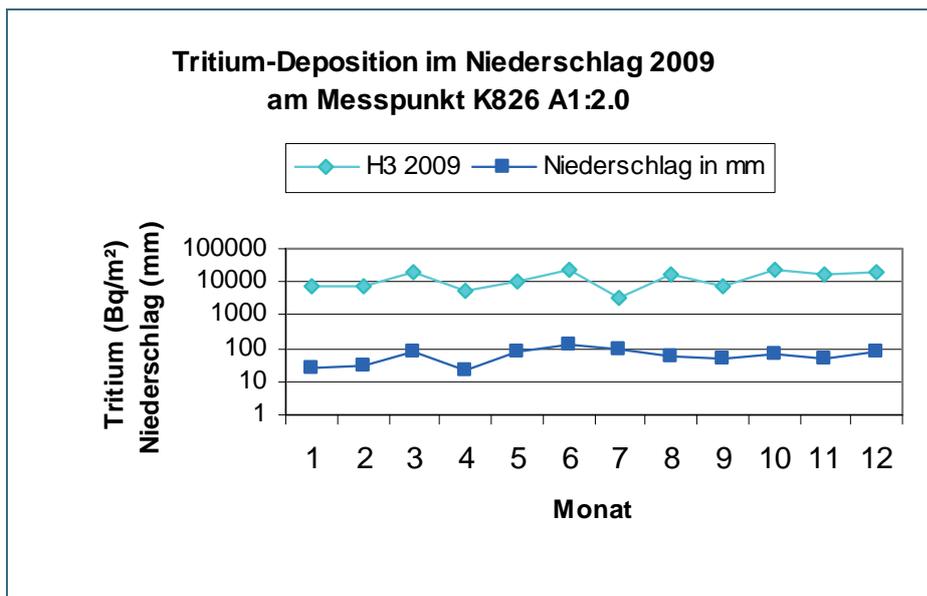


Abb. 32: Monatlich vom Betreiber gemessene Tritium- Aktivitäts-Konzentrationen im Niederschlag beim FRM II am Messpunkt K 826 in Beziehung zur monatlichen Niederschlagsverteilung

3.2.1.3 Umweltbereich: Boden (03)

Boden

REI Programmpunkte	A1:3.0	A2:3.0
--------------------	--------	--------

In den Bodenproben aus der Umgebung der überwachten Anlagen wurden keine Radionuklide gefunden, die aus den Anlagebetrieben stammen. Bei sämtlichen Bodenproben konnte das Radionuklid Cs 137, welches auf den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen ist, nachgewiesen werden. Bei den nachgewiesenen Nukliden Be 7 und K 40 handelt es sich um natürlich vorkommende Radionuklide.

Die mittels Alpha-Spektrometrie nachgewiesenen Urannuklide U 234, U 235, U 238 sowie Th 232 bei der kerntechnischen Anlage AREVA sind natürlichen Ursprungs.

Der in der Anlage AREVA mit 0,97 Bq/kg TM nachgewiesene Messwert für Pu 239/240 ist auf die oberirdischen Kernwaffentests zurückzuführen.

Aufgrund des abgeschlossenen Rückbaus des Gebäudes 09 der Anlage SAGK wurden die alphaspektrometrischen Boden-Untersuchungen aus dem Messprogramm gestrichen.

Abb. 33 zeigt die Cs 137-Aktivitäten in den von den unabhängigen Messstellen untersuchten Bodenproben der einzelnen kerntechnischen Anlagen in den Jahren 2005 bis 2009.

Bei sämtlichen von den unabhängigen Messstellen untersuchten Bodenproben zum REI-Programmpunkt A2:3.0 konnte das Radionuklid Cs 137, welches auf den Reaktorunfall von Tschernobyl zurückzuführen ist, nachgewiesen werden.

Beim FRM II liegt der Mittelwert der ermittelten Cs 137-Aktivitätsgehalte für das Jahr 2009 bei 125 Bq/kg TM, bei KGG liegt der Mittelwert bei 53,4 Bq/kg TM und bei KKI beträgt der Wert 46,6 Bq/kg TM. Das weiter im Norden liegende Kernkraftwerk Grafenrheinfeld weist einen Mittelwert für Cs 137 von 23,4 Bq/kg TM auf. Bei der Anlage SAGK – ebenfalls in Nordbayern gelegen – wurde ein Cs 137-Aktivitätsgehalt von 12,7 Bq/kg TM ermittelt. Bei AREVA in Erlangen liegt der Mittelwert des Cs 137-Gehaltes bei den Bodenproben bei 7,6 Bq/kg TM.

Die Bodenproben-Messwerte südbayerischer Anlagen weisen höhere Cs 137-Werte auf als die Bodenproben der nordbayerischen Anlagen. Dies ist auf die regional sehr unterschiedliche Niederschlagsverteilung aus der radioaktiven kontaminierten Wolke im Jahre 1986 mit teilweise heftigen Gewittern zurückzuführen. In Bayern war der Raum südlich der Donau besonders betroffen.

Das natürlich vorkommende Radionuklid K 40 in den Böden schwankt im Jahr 2009 zwischen 103 und 686 Bq/kg Trockenmasse.

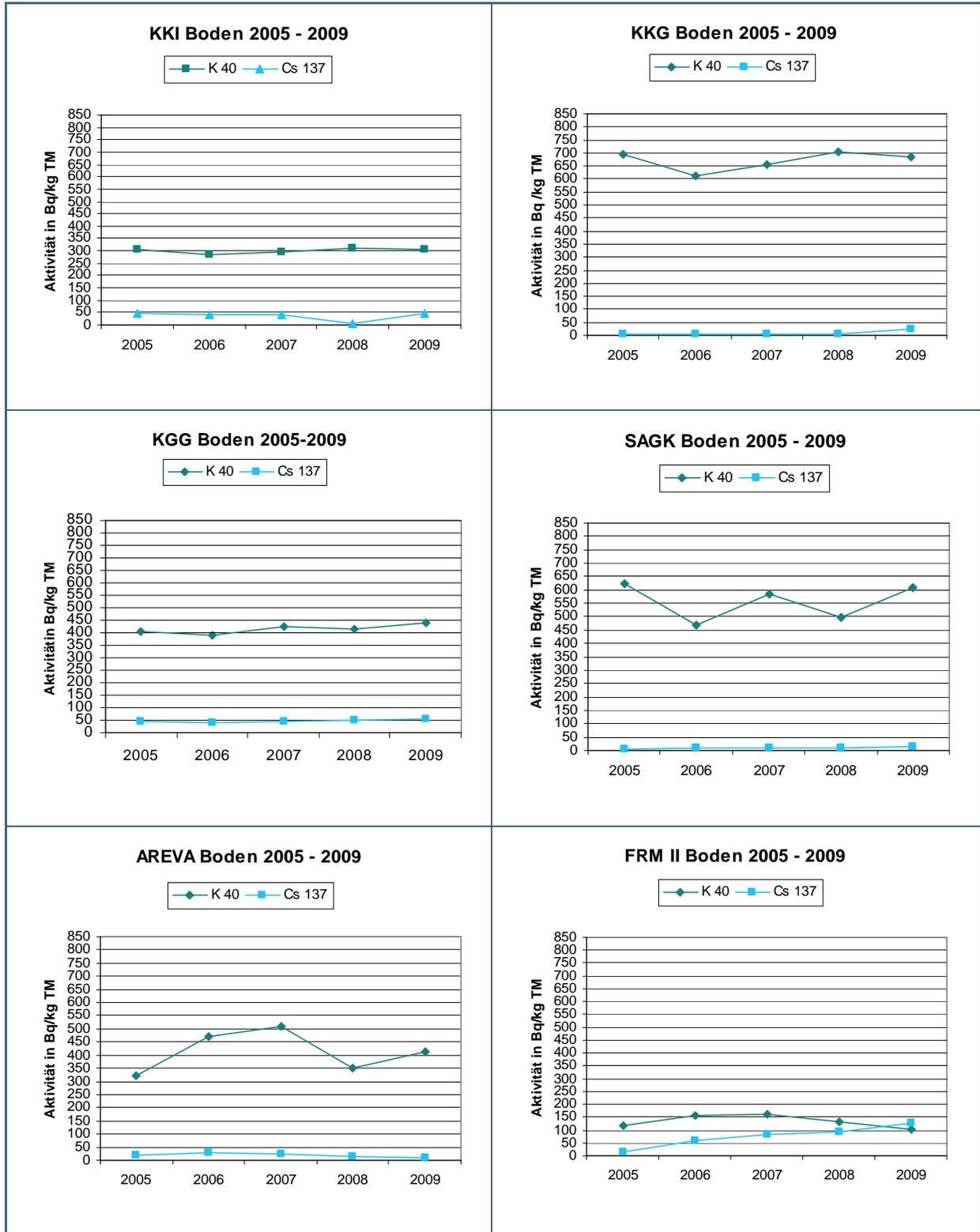


Abb. 33: Aktivitätsgehalte von K 40 und Cs 137 im Boden beim REI-Programmpunkt A2:3.0 in den Jahren 2005 bis 2009 für die Anlagen KKI, KKG, KGG, SAGK, AREVA und FRM II

3.2.1.4 Umweltbereich: Pflanzen/Bewuchs (04)

Grünfütter

REI Programmpunkt	A1:4.0
-------------------	--------

Bei der Untersuchung der Pflanzen-/Bewuchsproben wurden keine Radionuklide, die aus den Anlagenbetrieben stammen, gefunden. Bei den Anlagen KKI, VAK, SAGK und FRM II konnte das Radionuklid Cs 137, welches auf den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen ist, bei sämtlichen Bewuchsproben nachgewiesen werden. Bei der Anlage KGG konnte das „Tschernobyl-Nuklid Cs 137“ in drei von sechs Bewuchsproben nachgewiesen werden. (siehe nachfolgende Tab. 46).

Die mittels Alpha-Spektrometrie nachgewiesenen Urannuklide U 234 und U 238 bei der Anlage AREVA sind natürlichen Ursprungs.

Tab. 46: Aktivitätsgehalte von Cs 137 bei Pflanzen/Bewuchs im Jahr 2009

Kerntechnische Anlage	Cs 137-Aktivität in Bq/kg FM bei Pflanzen/Bewuchs		
	Mittelwert bzw. Einzelwert	Minimumwert	Maximumwert
KKI	0,72	0,15	1,59
KGG	0,44	0,20	0,93
VAK	0,31	–	–
SAGK	0,21	–	–
FRM II	0,75	0,53	0,96

3.2.1.5 Umweltbereich: Futtermittel (05)

Weide- und Wiesenbewuchs

REI Programmpunkt	A2:4.0
-------------------	--------

In den untersuchten Futtermittelproben wurden keine Radionuklide, die aus den Anlagenbetrieben stammen, nachgewiesen. Tab. 47 zeigt die ermittelten Cs 137- Aktivitätsgehalte der kerntechnischen Anlagen KKI, KGG, AREVA und FRM II bei Futtermittel.

Bei den alphaspektrometrischen Untersuchungen der Anlage AREVA konnten die natürlichen Urannuklide U 234 und U 238 nachgewiesen werden.

Tab. 47: Aktivitätsgehalte von Cs 137 bei Weide- und Wiesenbewuchs im Jahr 2009

Kerntechnische Anlage	Cs 137-Aktivität in Bq/kg FM bei Weide- und Wiesenbewuchs		
	Mittelwert	Minimumwert	Maximumwert
2009			
KKI	0,16	0,05	0,24
KGG	0,35	0,11	0,85
AREVA	2,15	0,19	4,12
FRM II	0,56	0,53	0,59

3.2.1.6 Umweltbereich: Ernährungskette Land (06)

Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft

REI Programmpunkt	A2:5.1
-------------------	--------

Radionuklide, die aus den Anlagenbetrieben stammen, wurden nicht gefunden.

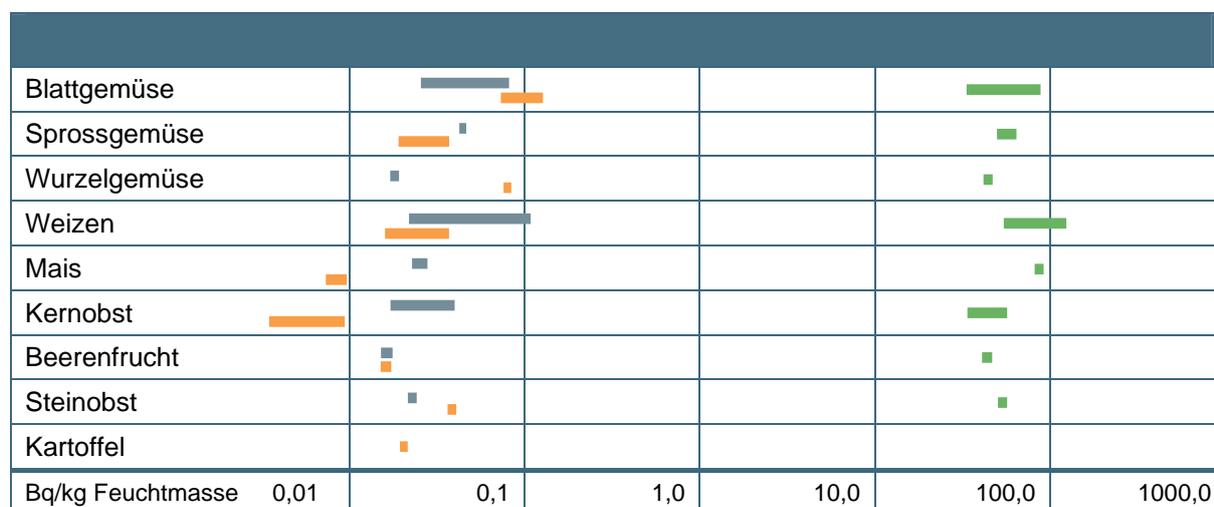
In einigen wenigen Proben wurden noch das „Tschernobyl-Nuklid“ Cs 137 sowie Strontium 90, welches auf den Fallout der oberirdischen Kernwaffentests zurückzuführen ist, nachgewiesen.

In 3 von 33 untersuchten Proben wurde das „Tschernobyl-Nuklid“ Cs 137 nachgewiesen. Die Aktivitätsgehalte von Cäsium 137 liegen mit Werten von 0,027 Bq/kg FM bei einer Blattgemüseprobe des FRM II und bei zwei Weizenproben des KKI mit Werten von 0,033 Bq/kg FM und 0,13 Bq/kg FM deutlich unterhalb von 1 Bq/kg FM.

Das bei KKI in der Zuckerrübenprobe mit 0,09 Bq/kg FM, bei KKG in einer Blattgemüseprobe mit 0,15 Bq/kg FM, bei KGG im Kopfsalat mit 0,11 Bq/kg FM und beim FRM II mit 0,085 Bq/kg FM nachgewiesene Nuklid Sr 90 ist auf den Fallout der oberirdischen Kernwaffentests und den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen.

Die nachfolgende Tab. 48 zeigt die sortenabhängigen Schwankungsbereiche für die verschiedenen relevanten Radionuklidkonzentrationen des Cs 137, Sr 90 und K 40 aller untersuchten Nahrungsmittelproben im Jahre 2009.

Tab. 48: Sortenabhängige Schwankungsbereiche der Aktivitätsgehalte von Cs 137, Sr 90 und K 40 in Nahrungsmitteln pflanzlicher Herkunft



3.2.1.7 Umweltbereich: Milch und Milchprodukte (07)

Die Probenahme der Milchproben erfolgt jeweils während der Grünfütterzeit von Mai bis Oktober.

Bei den Anlagen KKI, KKG, KGG und FRM II wurden keine Radionuklide, die aus den Anlagenbetrieben stammen, nachgewiesen.

Die natürlicherweise in jeder Kuhmilch vorkommende K 40-Konzentration beträgt im Durchschnitt circa 50 Bq/l.

Bei den Anlagen KKI, KGG und FRM II wurde in 11 von 18 Milchproben neben dem natürlichen Nuklid K 40 das „Tschernobyl-Nuklid“ Cs 137 mit Werten von 0,017 bis 0,18 Bq/l nachgewiesen.

Das in einer Probe beim FRM II mit 0,023 Bq/l nachgewiesene Sr 90 ist auf die oberirdischen Kernwaffentests und den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen.

Bei KKI wurde wegen der Aufgabe des landwirtschaftlichen Betriebes am Messpunkt A 825 die Milchprobe ab August 2009 am neu angelegten Messpunkt A 827 genommen.

In den nachfolgenden Tab. 48 bis Tab.51 sind die Aktivitätsgehalte von Co 60, Cs 137, K 40, I 131 und Sr 90 in der Kuhmilch für die Kernkraftwerke Isar, das Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, das Kernkraftwerk Gundremmingen und die Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz dargestellt.

In der Kuhmilch wurden minimale Cs 137 Werte von 0,01 Bq/l bis maximal 0,1 Bq/l bei KKI, KGG und FRM II nachgewiesen. In einer Milchprobe des FRM II konnte Sr 90, welches auf die oberirdischen Kernwaffentests zurückzuführen ist, mit einem Wert von 0,023 Bq/l nachgewiesen werden. Die ermittelten I 131-Werte lagen alle unterhalb der Nachweisgrenze.

Nuklid	KKI Kuhmilch 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	4		
Cs 137	Messwerte	4	0,058	0,077
	<Nachweisgrenze	–		
K 40	Messwerte	4	47	48,9
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	12		
Sr 90	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	4		

Tab. 49:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte der Kuhmilch bei KKI

Nuklid	KKG Kuhmilch 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	6		
Cs 137	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	6		
K 40	Messwerte	6	44	54,8
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	6		
Sr 90	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	6		

Tab. 50:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte in der Kuhmilch bei KKG

Nuklid	KGK Kuhmilch 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	6		
Cs 137	Messwerte	6	0,017	0,037
	<Nachweisgrenze	–		
K 40	Messwerte	6	46,8	49,7
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	18		
Sr 90	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	6		

Tab. 51:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
in der Kuhmilch bei KGK

Nuklid	FRM II Kuhmilch 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/l	Maximum Bq/l
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		
Cs 137	Messwerte	1	0,18	0,18
	<Nachweisgrenze	1		
K 40	Messwerte	2	41,6	50
	<Nachweisgrenze	–		
Sr 90	Messwerte	1	0,023	0,023
	<Nachweisgrenze	1		

Tab. 52:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
in der Kuhmilch beim FRM II

3.2.1.8 Überwachter Umweltbereich: Oberirdische Gewässer (08)

Oberflächenwasser

REI Programmpunkte	A1:5.0	A2:7.1
--------------------	--------	--------

Tab. 53: Extremwerte der Tritium-Aktivitätskonzentrationen der Anlagen KKI, KKG, KGK und FRM II
im Oberflächenwasser 2009

Anlage	Nuklid	Probenanzahl im Jahr 2009 Oberflächenwasser		niedrigster Messwert in Bq/l	höchster Messwert in Bq/l
KKI	H3	Messwerte	10	8,2	412
		<Nachweisgrenze	14		
KKG	H3	Messwerte	8	39,5	376
		<Nachweisgrenze	16		
KGK	H3	Messwerte	8	92,5	159
		<Nachweisgrenze	32		
FRM II	H3	Messwerte	7	9	13,3
		<Nachweisgrenze	13		

Bei den Anlagen KKI, KKG, KGK und FRM II wurde in den untersuchten Wasserproben der Rücklaufkanäle beziehungsweise im Rückgabekanal eine erhöhte Tritiumaktivität festgestellt. Diese Messwerte sind auf die genehmigten Aktivitätsabgaben von Tritium mit dem Abwasser zurückzuführen:

Die bei der Anlage KKI im Rücklaufkanal im Wasser gefundene Tritiumaktivität liegt bei Werten bis zu 412 Bq/l. Bei den untersuchten Wasserproben der Anlage KKG sind Erhöhungen der Tritiumaktivität mit Werten bis zu 376 Bq/l festzustellen. Bei der Anlage KGG wurden maximal erhöhte Tritiumwerte von 159 Bq/l nachgewiesen. Die bei der Forschungsneutronenquelle FRM II unterhalb der FRM- Einleitung gemessene Tritium-Aktivität liegt bei Werten bis zu maximal 13 Bq/l.

Bei KGG wurde im Rückgabekanal I (Revisionskanal - E 840) in allen Proben Spuren von Co 60 im Bereich von 0,00853 und 0,0125 Bq/l nachgewiesen. Dies liegt im Rahmen der genehmigten Aktivitäts-Abgaben. Die Ursache der am Messpunkt E 817 (Kühlwasser-Entnahme) nachgewiesenen Nuklide Mn 54 mit einem Messwert von 0,019 Bq/l und Co 60 mit einem Messwert von 0,00545 Bq/l wird derzeit noch ermittelt.

Das bei der Anlage AREVA in einer Abwasserprobe nachgewiesene Nuklid I 131 mit einem Messwert von 0,15 Bq/l der Kläranlage Erlangen ist auf medizinische Anwendungen zurückzuführen.

Bei den Kernkraftwerken Isar wurden beim Messpunkt A 850, beim Kernkraftwerk Grafenrheinfeld beim Messpunkt D 809 und beim Kernkraftwerk Gundremmingen beim Messpunkt E 840 eine erhöhte Tritiumaktivität festgestellt. Diese im Wasser gefundenen Tritiumaktivitäten sind auf die genehmigte⁶ Aktivitätsabgabe von Tritium mit dem Abwasser zurückzuführen.

In der Abb. 34, Abb. 35 und Abb. 36 sind die Tritium-Bestimmungen im Oberflächenwasser für KKI, KKG und KGG für die zurückliegenden 10 Jahre dargestellt.

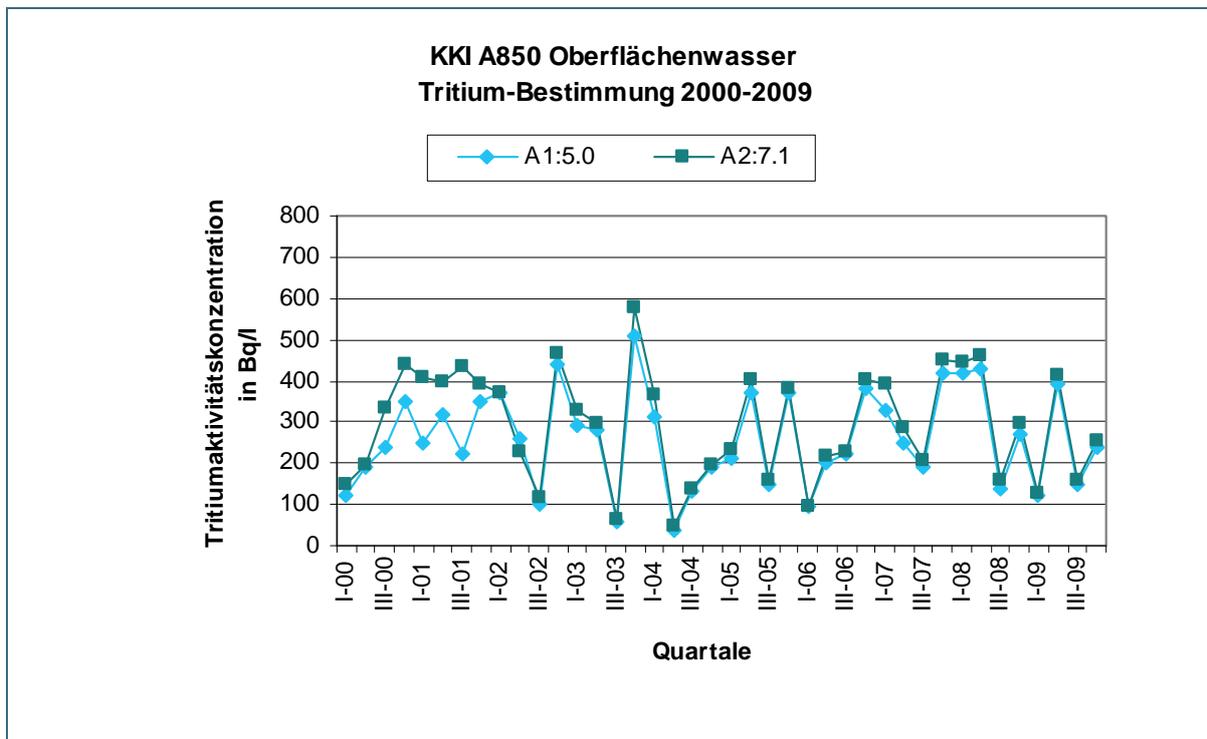


Abb. 34: Tritiumbestimmung im Oberflächenwasser von 2000 bis 2009 im Rücklaufkanal von KKI

⁶ KKI: siehe 4. Teilgenehmigung vom 11.01.1988, I.3.3.2
 KKG: siehe 5. Teilgenehmigungsbescheid vom 10.11.1981, I.3.3.2
 KGG: siehe 11. Teilgenehmigung vom 18.10.1984, I.3.2.2

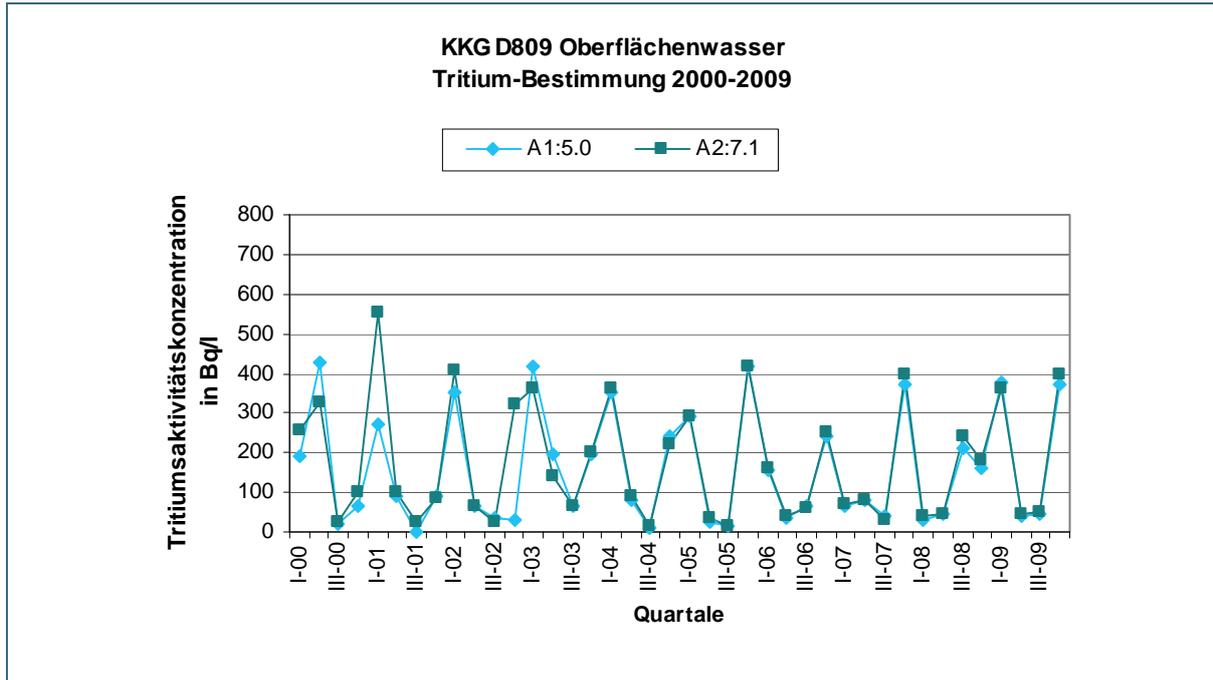


Abb. 35: Tritiumbestimmung im Oberflächenwasser von 2000 bis 2009 im Kühlwasserrücklaufkanal von KKG

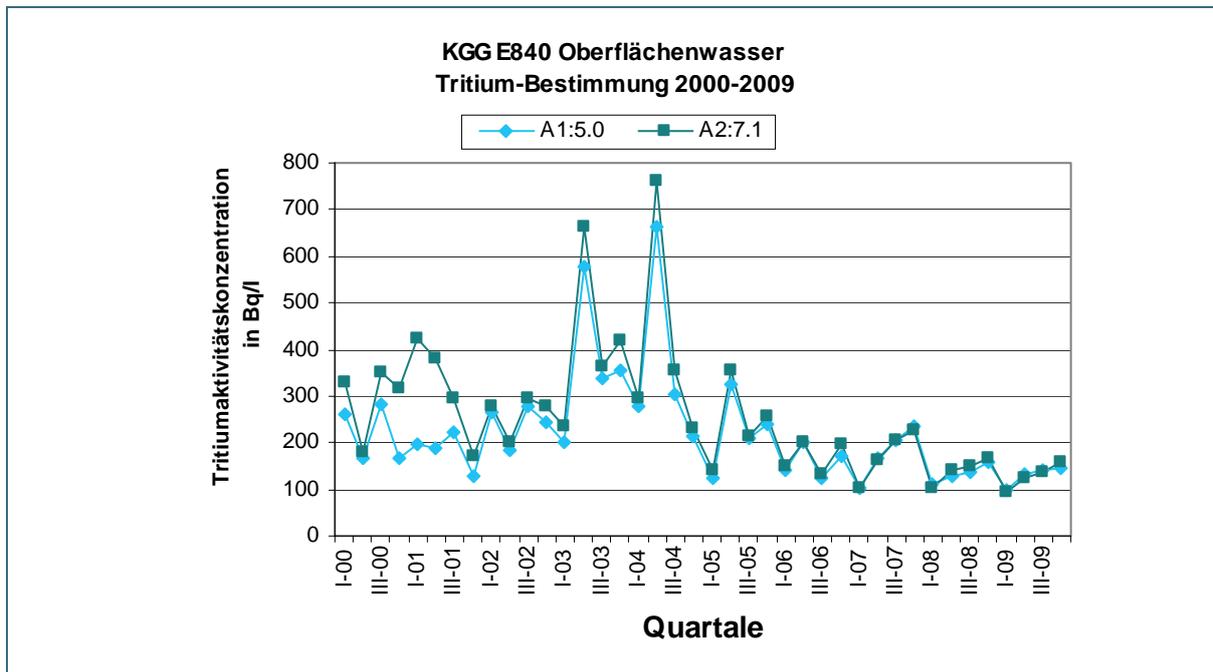


Abb. 36: Tritiumbestimmung im Oberflächenwasser von 2000 bis 2009 im Kühlwasserrücklaufkanal von KKG

Das bei der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz am Messpunkt K 806 (unterhalb FRM-Einleitung) gemessene Tritium basiert ebenfalls auf den genehmigten Einleitungen. Abb. 37 zeigt die ermittelten Messwerte von 2004 bis 2009.

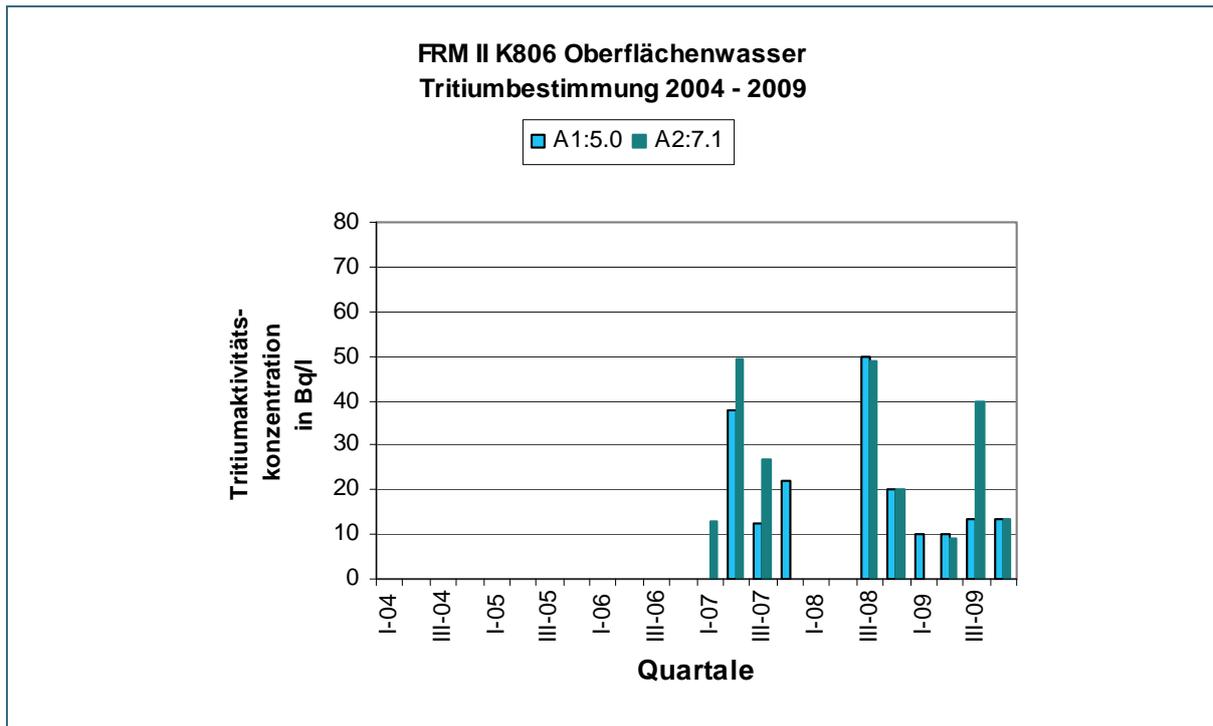


Abb. 37: Tritiumbestimmung am Messpunkt K 806 im Oberflächenwasser von 2004 bis 2009 vom FRM II

Sediment

REI Programmpunkte	A1:7.2	A2:7.2
--------------------	--------	--------

Das in allen Sedimentproben nachgewiesene Nuklid Cs 137 ist auf den Reaktorunfall in Tschernobyl zurückzuführen. Die Messwerte für Cs 137 liegen im Bereich zwischen 2,4 und 97,4 Bq/kg TM. Der Mittelwert der 46 Sedimentproben beträgt 31,5 Bq/kg TM.

Bei den insgesamt 5 Schlamm-Proben aus Abwässern bei den Anlagen SAGK und AREVA liegen die Messwerte für Cs 137 im Bereich von 4,3 und 9,1 Bq/kg TM. In einer Schlamm-Probe von SAGK wurde Cs 134 mit einem Wert von 1,44 Bq/kg TM nachgewiesen.

Das in den Sedimentproben bei den Anlagen KKI nachgewiesene I 131 mit Werten von 15 bis 103 Bq/kg TM und bei KGG mit Werten von 38 bis 41 Bq/kg TM dürfte aus der medizinischen Verwendung herrühren. Bei AREVA lagen die im Schlamm der Abwässer ermittelten Werte für I 131 bei 34 und 45 Bq/kg TM.

Bei der AREVA konnten alphaspektrometrisch die natürlichen Nuklide U 234, U 238 und Th 232 nachgewiesen werden.

Aufgrund der genehmigten Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser sind bei KGG auch im Sediment der Donau unterhalb der Einleitungsstelle (Messpunkt 820) Spuren von künstlichen Radionukliden zu finden. Bei KGG wurden am Messpunkt E 820 Co 60 mit Werten von 2,04 Bq/kg TM, 5,43 Bq/kg TM und 5,5 Bq/kg TM, Ag 110m mit 0,36 Bq/kg TM sowie Mn 54 mit Werten von 0,81 Bq/kg TM und 1,44 Bq/kg TM nachgewiesen. Die geforderte Nachweisgrenze für Co 60 liegt bei 5 Bq/kg TM.

Hinsichtlich des abgeschlossenen Rückbaues des Gebäudes 09 der Anlage SAGK wurden die alphaspektrometrischen Sediment-Untersuchungen aus dem Messprogramm gestrichen.

Die bei FRM II mittels der Alpha-Spektrometrie nachgewiesenen Urannuklide U 234, U 235 und U238 entstammen den natürlichen Zerfallsreihen. In den nachfolgenden Tabellen sind die ermittelten Aktivitätsgehalte im Sediment für jede einzelne Anlage aufgeführt.

Nuklid	KKI Sediment 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/kg TM	Maximum Bq/kg TM
K 40	Messwerte	8	251	363
	<Nachweisgrenze	–		
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	8		
Cs 137	Messwerte	8	29,3	53,7
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	6	14,8	103
	<Nachweisgrenze	–		

Tab. 54:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
im Sediment bei KKI

Nuklid	KKG Sediment 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/kg TM	Maximum Bq/kg TM
K 40	Messwerte	8	658	947
	<Nachweisgrenze	–		
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	8		
Cs 137	Messwerte	8	18,9	33
	<Nachweisgrenze	–		

Tab. 55:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
im Sediment bei KKG

Nuklid	KKG Sediment 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/kg TM	Maximum Bq/kg TM
K 40	Messwerte	10	342	400
	<Nachweisgrenze	–		
Co 60	Messwerte	3	2,04	5,50
	<Nachweisgrenze	7		
Cs 137	Messwerte	10	45,3	97,4
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	3	38,0	40,7
	<Nachweisgrenze	–		

Tab. 56:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
im Sediment bei KGG

Nuklid	AREVA Sediment 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/kg TM	Maximum Bq/kg TM
K 40	Messwerte	2	486	501
	<Nachweisgrenze	–		
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		
Cs 137	Messwerte	2	2,42	4,05
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	–		
U 234	Messwerte	2	18,6	22,4
	<Nachweisgrenze	–		
U 235	Messwerte	2	0,81	1,15
	<Nachweisgrenze	–		
U 238	Messwerte	2	17,3	22,4
	<Nachweisgrenze	–		
Pu 238	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		

Tab. 57:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
im Sediment bei AREVA

Nuklid	AREVA Klärschlamm 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/kg TM	Maximum Bq/kg TM
K 40	Messwerte	4	123	195
	<Nachweisgrenze	–		
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	4		
Cs 137	Messwerte	4	4,28	9,09
	<Nachweisgrenze	–		
I 131	Messwerte	2	3,43	4,5
	<Nachweisgrenze	–		
U 234	Messwerte	4	180	268
	<Nachweisgrenze	–		
U 235	Messwerte	4	6,11	10,4
	<Nachweisgrenze	–		
U 238	Messwerte	4	125	176
	<Nachweisgrenze	–		
Pu 238	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	4		

Tab. 58:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
im Klärschlamm bei AREVA

Nuklid	FRM II Sediment 2009	Anzahl der Proben	Minimum Bq/kg TM	Maximum Bq/kg TM
K 40	Messwerte	12	115	206
	<Nachweisgrenze	–		
Co 60	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	12		
Cs 137	Messwerte	12	8,54	32,5
	<Nachweisgrenze	–		
Am 241	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		
U 234	Messwerte	2	22	23,5
	<Nachweisgrenze	–		
U 235	Messwerte	2	1,10	1,28
	<Nachweisgrenze	–		
U 238	Messwerte	2	18,7	21,7
	<Nachweisgrenze	–		
Pu 238	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		
Cm 242	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		
Cm 24344	Messwerte	–		
	<Nachweisgrenze	2		

Tab. 59:
Im Jahr 2009 ermittelte Aktivitätsgehalte
im Sediment bei FRM II

3.2.1.9 Überwachter Umweltbereich: Ernährungskette Wasser (09)

Fische

REI Programmpunkt	A2:8.1
-------------------	--------

Wie im Vorjahr konnte bei den Anlagen KKI, KGG und FRM II das Radionuklid Cs 137, welches aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl stammt, mit Werten von 0,18 bis 0,60 Bq/kg FM in den Fischproben nachgewiesen werden (Tab. 60).

Tab. 60: Aktivitätsgehalte von Cs 137 in Fischen bei den Anlagen KKI, KGG und FRM II

Fische Cs 137 Aktivitätsgehalt in Bq/kg TM				
Anlage Messpunkt	2008 1.Halbjahr-Probe	2008 2.Halbjahr-Probe	2009 1.Halbjahr-Probe	2009 2.Halbjahr-Probe
KKI				
A809	0,47	< NWG	0,24	0,27
A822	0,17	<NWG	0,18	0,60
KGG				
E816	< NWG	0,20	0,32	< NWG
E834	< NWG	0,52	< NWG	0,26
E835	0,27	<NWG	0,21	0,28
	2008 Jahresprobe		2009 Jahresprobe	
FRM II				
K 808	0,43		0,55	

Wasserpflanzen

REI Programmpunkt	A2:8.2
-------------------	--------

Bei den Anlagen KKI, KKG, KGG und FRM II konnte das Radionuklid Cs 137, welches auf den Reaktorunfall von Tschernobyl zurückzuführen ist, mit Werten von 0,64 bis zu 14,0 Bq/kg TM nachgewiesen werden.

Das beim KKG beim Messpunkt D 812 mit 0,47 Bq/kg TM und beim Messpunkt D810 mit 1,2 Bq/kg TM in den Wasserpflanzen nachgewiesene Nuklid Co 60 ist auf die genehmigte Aktivitätsableitung des Kernkraftwerkes zurückzuführen (siehe Tab. 61).

Das in den Wasserpflanzen bei KKG mit 1,0 Bq/kg TM, bei KKI mit 23,3 Bq/kg TM und beim FRM II mit Werten von 1,0 bis zu 32,5 Bq/kg TM nachgewiesene I 131 dürfte aus der medizinischen Verwendung herrühren.

Tab. 61: Aktivitätsgehalte von Cs 137, Co 60 und I 131 in Wasserpflanzen bei KKI, KKG, KGG und FRM II

Wasserpflanzen Radionuklide Cs 137, Co 60 und I 131 in Bq/kg TM						
	Cs 137		Co 60		I 131	
Anlage Messpunkt	Jahresprobe		Jahresprobe		Jahresprobe	
KKI						
A810	14,0		<NWG		23,3	
KKG						
D810	0,6		1,20		-	
D812	1,1		0,47		1,0	
KGG						
E816	2,1		<NWG		-	
E820	1,5		<NWG		-	
	1.Halbjahr Probe	2.Halbjahr- Probe	1.Halbjahr Probe	2.Halbjahr- Probe	1.Halbjahr Probe	2.Halbjahr- Probe
FRM II						
K806	6,6	11,7	<NWG	<NWG	11,0	2,6
K808	8,5	9,3	<NWG	<NWG	32,5	1,0

3.2.1.10 Überwachter Umweltbereich: Trink- und Grundwasser (10)

Trink- und Grundwasser

REI Programmpunkte	A1:6.0	A2:9.0
--------------------	--------	--------

Bei den gammaspektrometrischen Trink- und Grundwasser-Messungen konnten keine künstlichen Radionuklide festgestellt werden.

Bei keiner der Messungen konnte Tritium nachgewiesen werden.

Die mittels Alpha-Spektrometrie nachgewiesenen Urannuklide U 234 und U 238 beim FRM II sind natürlichen Ursprungs.

Fazit
<p>Aus den Ergebnissen der gemäß REI, Tabellen A1 und A2 durchgeführten Probenahmen und Messungen in der Umgebung der bayerischen kerntechnischen Anlagen kann zusammengefasst werden:</p> <p>Zur natürlich vorhandenen Strahlenexposition ergibt sich aus dem Betrieb der Anlagen für die Bevölkerung eine vernachlässigbar geringe zusätzliche Strahlenexposition.</p>

3.2.2 Bericht zu den Messungen nach REI, Tabellen A3/A4 – Störfall/Unfall

Nach Nummer 4.4 der REI sind auch Maßnahmen bei einem Störfall/Unfall vorgesehen: "Auf der Grundlage vorbereiteter Störfallmessprogramme sollen Genehmigungsinhaber und unabhängige Messstellen Probenentnahme-, Mess- und Auswerteverfahren für den Störfall/Unfall im erforderlichen Umfang bereithalten und erproben. Die erforderlichen Messungen sind durch regelmäßige Messfahrten der Genehmigungsinhaber und der unabhängigen Messstellen an festgelegten Probenentnahme- und Messpunkten des Störfallmessprogramms einzuüben. Durchgeführte Übungen sind zu dokumentieren; eine Dokumentations- und Berichtspflicht für Übungsmessergebnisse gemäß Abschnitt 5 besteht für die Betreiber nicht."

Dies bedeutet, dass in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage zu Trainingszwecken Probenahmen und Messungen durchgeführt werden.

Die Maßnahmen werden an folgenden kerntechnischen Anlagen durchgeführt:

- Anlage A – Kernkraftwerke Isar (KKI)
- Anlage D – Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)
- Anlage E – Kernkraftwerk Gundremmingen (KGG)
- Anlage K – Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)

Messungen der Genehmigungsinhaber zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle A3

Die Messungen zum REI-Programmpunkt A3:2.1 der Genehmigungsinhaber zur Überwachung der Umgebung eines Kernkraftwerkes im Störfall/Unfall wurden durch die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH im Auftrag der Betreiber durchgeführt. Die Aufzeichnungen der vier oben aufgeführten Genehmigungsinhaber über durchgeführte Trainingsmaßnahmen werden vom LfU stichprobenartig überprüft. Die im Berichtszeitraum 2009 vom LfU durchgeführten Überprüfungen zeigten keine Beanstandungen.

Messungen der unabhängigen Messstelle zur Umgebungsüberwachung nach REI, Tabelle A4

Für die Trainingsmaßnahmen nach Tabelle A4 ist das LfU unabhängige Messstelle (Durchführung der Übungs-Störfallmessfahrten).

Die Störfallmessfahrten nach REI, Tabelle A4 wurden programmgemäß durchgeführt. Als **Beispiel** für die Messergebnisse 2009 sind hier die Messwerte der InSitu-Gammaspektrometrie nach REI-Programmpunkt A4:2.1 Boden-/Oberfläche auszugsweise für die Anlagen KKI, KKG, KGG und FRM II in den nachfolgenden Tab. 62, Tab. 63, Tab. 64 und Tab. 65 wiedergegeben.

KKI InSitu-Gammaspektrometrie nach REI-Programmpunkt A4:2.1					
Messpunkt	Messdatum	Co 60 in Bq/m ²	Cs 134 in Bq/m ²	Cs 137 in Bq/m ²	K 40 in Bq/kg
6/2	07.07.2009	< 8,0E+01	< 1,3E+02	9,7E+02	3,0E+02
2/1	06.10.2009	< 1,2E+02	< 1,2E+02	1,2E+03	3,2E+02
3/2	06.10.2009	< 1,0E+02	< 9,1E+01	6,1E+02	1,8E+02
10/6	12.05.2009	< 8,8E+01	< 1,1E+02	1,3E+03	2,7E+02
4/1	07.07.2009	< 8,5E+01	< 1,2E+02	3,2E+03	2,7E+02
5/1	07.07.2009	< 1,0E+02	< 1,2E+02	2,1E+03	3,0E+02

Tab. 62:
Messwerte KKI 2009
der InSitu-Gammaspektrometrie
nach REI-Programmpunkt A4:2.1

KKG InSitu-Gammaspektrometrie nach REI-Programmpunkt A4:2.1					
Messpunkt	Messdatum	Co 60 in Bq/m ²	Cs 134 in Bq/m ²	Cs 137 in Bq/m ²	K 40 in Bq/kg
3/1	23.04.2009	< 7,6E+01	n.b.*	3,5E+01	4,1E+02
2/8	03.06.2009	< 8,2E+01	n.b.*	2,5E+02	4,7E+02
4/2	03.06.2009	< 4,1E+01	n.b.*	1,6E+02	5,0E+02
5/1	11.08.2009	< 6,0E+01	n.b.*	2,0E+02	3,5E+02
6/10	11.08.2009	< 5,8E+01	n.b.*	2,1E+02	4,6E+02
7/4	11.08.2009	< 6,0E+01	n.b.*	3,0E+02	4,4E+02

Tab. 63:
Messwerte KKG 2009
der InSitu-Gammaspektrometrie
nach REI-Programmpunkt A4:2.1

KGG InSitu-Gammaspektrometrie nach REI-Programmpunkt A4:2.1					
Messpunkt	Messdatum	Co 60 in Bq/m ²	Cs 134 in Bq/m ²	Cs 137 in Bq/m ²	K 40 in Bq/kg
9/2	04.05.2009	< 8,2E+01	< 9,4E+01	1,0E+03	2,4E+02
9/4	04.05.2009	< 8,5E+01	< 9,0E+01	9,3E+02	2,5E+02
11/8	20.05.2009	< 7,8E+01	< 9,1E+01	1,8E+03	1,4E+02
11/10	20.05.2009	< 5,5E+01	< 5,7E+01	8,5E+01	1,0E+02
8/4	24.09.2009	< 1,1E+02	< 1,2E+02	8,6E+01	3,4E+02
8/6	24.09.2009	< 8,0E+01	< 1,1E+02	8,3E+02	3,5E+02

Tab. 64:
Messwerte KGG 2009
der InSitu-Gammaspektrometrie
nach REI-Programmpunkt A4:2.1

FRM II InSitu-Gammaspektrometrie nach REI-Programmpunkt A4:2.1					
Messpunkt	Messdatum	Co 60 in Bq/m ²	Cs 134 in Bq/m ²	Cs 137 in Bq/m ²	K 40 in Bq/kg
3/4	13.07.2009	< 5,4E+01	< 6,4E+01	1,9E+03	n.b.*
7/3	27.10.2009	< 9,7E+01	< 1,1E+02	5,2E+02	3,2E+02
7/5	27.10.2009	< 7,9E+01	< 8,3E+01	1,1E+03	1,5E+02

Tab. 65:
Messwerte FRM II 2009
der InSitu-Gammaspektrometrie
nach REI-Programmpunkt A4:2.1

* = nicht bestimmt

Fazit

Die Messergebnisse zeigen erwartungsgemäß die Auswirkungen des Unfalles in Tschernobyl. Weitere Nuklide, die einen Einfluss des Anlagenbetriebes auf die Umweltradioaktivität vermuten lassen, wurden nicht nachgewiesen.

3.2.3 Bericht zu den Messungen nach REI, Tabellen C – Brennelement-Zwischenlager

Der Verlauf der Gamma-Ortsdosisleistung im Bereich der einzelnen Messstellen zeigte im gesamten Berichtszeitraum keine Unregelmäßigkeiten (siehe Abb. 38, Abb. 39 und Abb. 40). Kurzzeitige Anstiege der Gamma-Ortsdosisleistung sind auf die Auswaschungen von natürlicher Aktivität zurückzuführen. Die Messwerte der Gamma-Ortsdosis der Zwischenlager liegen im Bereich der durch die natürliche Radioaktivität bedingten Untergrundstrahlung. Die Werte der Neutronen-Ortsdosis liegen unter oder nur geringfügig über der Nachweisgrenze (siehe Abb. 41, Abb. 42, und Abb. 43).

REI-Programmpunkt C1.1:1.1 Luft/ Gamma-Ortsdosisleistung

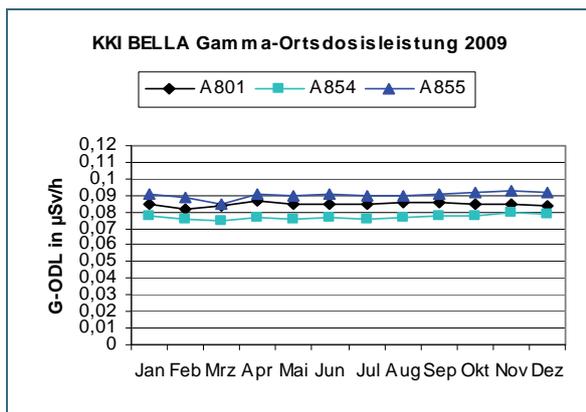


Abb. 38:
Gamma-Ortsdosisleistung des Zwischenlagers KKI BELLA 2009 in µSv/h

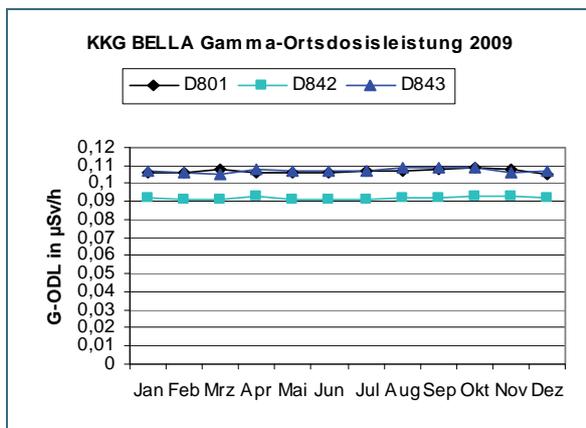


Abb. 39:
Gamma-Ortsdosisleistung des Zwischenlagers KKG BELLA 2009 in µSv/h

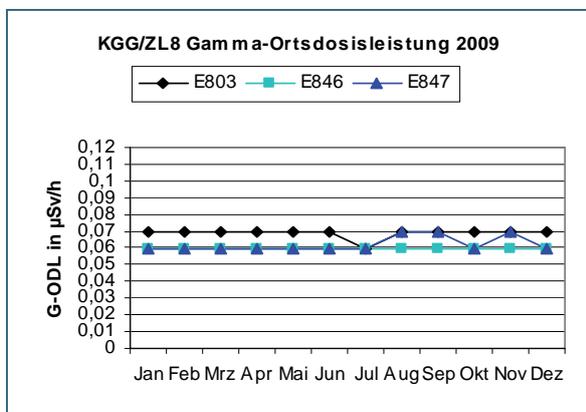


Abb. 40:
Gamma-Ortsdosisleistung des Zwischenlagers KGG/ZL8 2009 in µSv/h

REI Programmpunkte C1.1:1.2 und C1.2:1.1 Luft/Gamma-Ortsdosis

KKI BELLA Gamma-Ortsdosis in mSv/a		
Jahr	Betreiber	unabhängige Messstelle
2007	0,622	0,626
2008	0,572	0,582
2009	0,616	0,629

Tab. 66: Gamma-Ortsdosis des KKI BELLA in den Jahren 2007 bis 2009

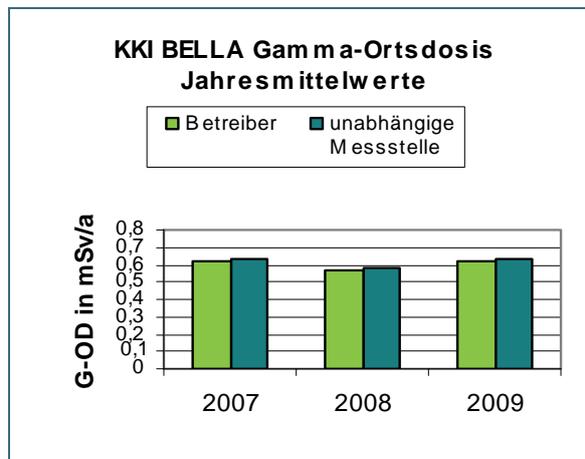


Abb. 41: Jahresmittelwerte der Gamma-Ortsdosis des KKI BELLA von 2007 bis 2009

KKG BELLA Gamma-Ortsdosis in mSv/a		
Jahr	Betreiber	unabhängige Messstelle
2007	0,716	0,728
2008	0,690	0,701
2009	0,722	0,741

Tab. 67: Gamma-Ortsdosis des KKG BELLA in den Jahren 2007 bis 2009

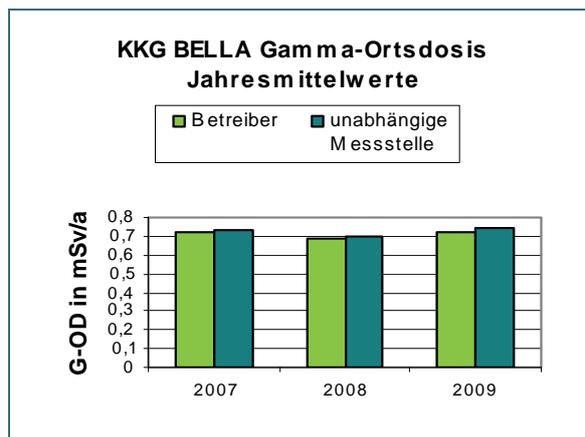


Abb. 42: Jahresmittelwerte der Gamma-Ortsdosis des KKG BELLA von 2007 bis 2009

KGG BELLA Gamma-Ortsdosis in mSv/a		
Jahr	Betreiber	unabhängige Messstelle
2007	0,713	0,459*
2008	0,669	0,663
2009	0,692	0,702

*=verkürzte Auslegungszeitdauer (255Tage;05.06.2007 - 14.02.2008)

Tab. 68: Gamma-Ortsdosis des KGG BELLA in den Jahren 2007 bis 2009

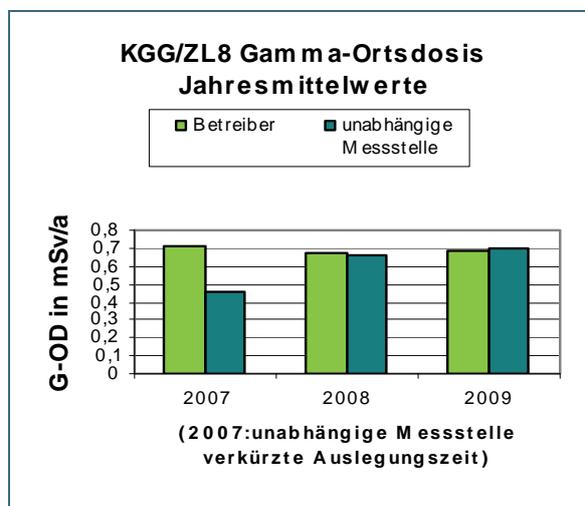


Abb. 43: Jahresmittelwerte der Gamma-Ortsdosis des KGG/ZL8 von 2007 bis 2009

REI-Programmpunkt C1.1:1.3 Luft/Neutronen-Ortsdosisleistung

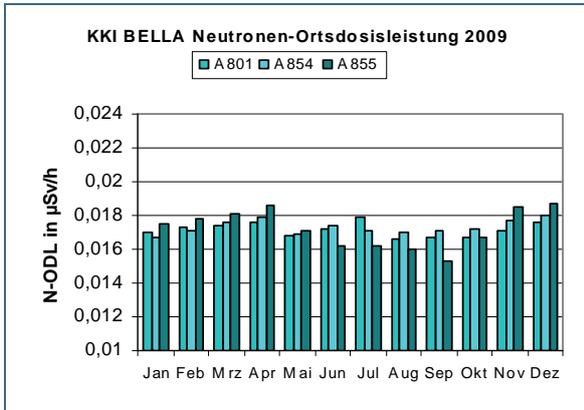


Abb. 44:
Neutronen-Ortsdosisleistung des Zwischenlagers KKI BELLA 2009 in µSv/h

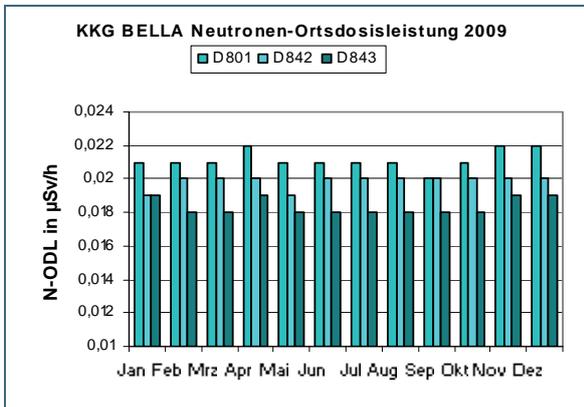


Abb. 45:
Neutronen-Ortsdosisleistung des Zwischenlagers KKG BELLA 2009 in µSv/h

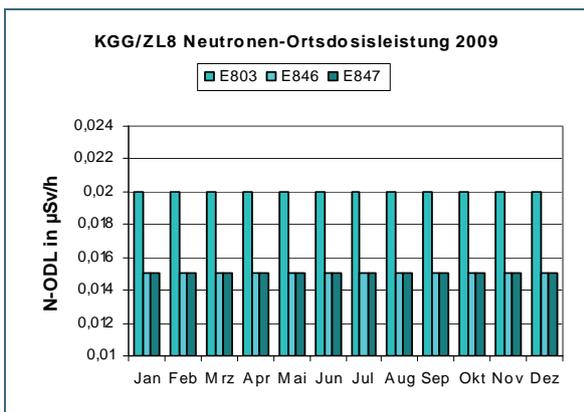


Abb. 46:
Neutronen-Ortsdosisleistung des Zwischenlagers KGG/ZL8 2009 in µSv/h

REI-Programmpunkte C1.1:1.4 und C1.2:1.2 Luft / Neutronen-Ortsdosis

Die für das Jahr 2009 ermittelten Werte der Neutronen-Ortsdosis der Standorte KKI BELLA, KKG BELLA und KGG/ZL8 liegen alle unterhalb oder nur geringfügig über der Nachweisgrenze (siehe Tab. 69, Tab. 70 und Tab. 71).

KKI BELLA Neutronen-Ortsdosis in mSv/a				
	2008		2009	
	C1.1:1.4	C1.2:1.2	C1.1:1.4	C1.2:1.2
MESSPUNKT	Betreiber	unabhängige Messstelle	Betreiber	unabhängige Messstelle
A972	0,06	< 0,05	0,06	0,07
A973	0,06	0,05	0,06	0,07
A974	< 0,05	< 0,05	0,07	0,06
A975	< 0,05	0,06	< 0,05	0,06

Tab. 69: Messwerte der Neutronen-Ortsdosis des Betreibers und der unabhängigen Messstelle am Standort KKI BELLA in den Jahren 2008 und 2009

KKG BELLA Neutronen-Ortsdosis in mSv/a				
	2008		2009	
	C1.1:1.4	C1.2:1.2	C1.1:1.4	C1.2:1.2
MESSPUNKT	Betreiber	unabhängige Messstelle	Betreiber	unabhängige Messstelle
D947	0,05	0,055	< 0,05	< 0,05
D948	0,08	–	< 0,05	–
D949	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
D950	< 0,05	< 0,05	0,06	0,051
D951	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tab. 70: Messwerte der Neutronen-Ortsdosis des Betreibers und der unabhängigen Messstelle am Standort KKG BELLA in den Jahren 2008 und 2009

KGG/ZL8 Neutronen-Ortsdosis in mSv/a				
	2008		2009	
	C1.1:1.4	C1.2:1.2	C1.1:1.4	C1.2:1.2
MESSPUNKT	Betreiber	unabhängige Messstelle	Betreiber	unabhängige Messstelle
E952	0,09	–	0,07	–
E962	0,07	–	0,061	–
E963	0,06	0,07	0,061	0,062
E964	0,06	0,07	0,053	< 0,05
E965	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05
E966	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05
E967	0,05	–	0,071	–
E968	0,05	–	0,079	–

Tab. 71: Messwerte der Neutronen-Ortsdosis des Betreibers und der unabhängigen Messstelle am Standort KGG/ZL8 in den Jahren 2008 und 2009

Fazit

Das gemäß der REI, Tabellen C durchgeführte Umgebungsüberwachungsprogramm der bayerischen Brennelement-Zwischenlager zeigt Messergebnisse im Bereich der natürlichen Untergrundstrahlung an.

Eine Erhöhung der Strahlenexposition für die Bevölkerung ist durch den Betrieb der Brennelement-Zwischenlager aus strahlenhygienischer Sicht nicht erkennbar.

3.3 Bericht zu den Messungen der technischen Gewässeraufsicht

3.3.1 Vorbemerkungen

Abwassereinleitungen in Gewässer stellen nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) eine Benutzung dar, für die eine behördliche Erlaubnis zu erteilen ist. Genehmigungsbehörde sind die Kreisverwaltungsbehörden (KVB). In den von der KVB erteilten wasserrechtlichen Bescheiden sind Auflagen und Bedingungen für die Einleitung festgelegt. Für die Genehmigung der Einleitung radioaktiver Stoffe in Gewässer gelten die Anforderungen des § 47 „Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe“ der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV).

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) ist gemäß der 2. Änderung der Verwaltungsvorschriften zum Vollzug des Wasserrechts - VwVBayWG -Teil: Zuständigkeit und Verfahren die zuständige Behörde für Fragen der Radiologie und des Strahlenschutzes in wasserrechtlichen Verfahren. Die Aufgaben der technischen Gewässeraufsicht sind im Bayerischen Wassergesetz und im Handbuch technische Gewässeraufsicht beschrieben. Das LfU überwacht die Einhaltung der radiologischen Bescheidaufgaben und nimmt Proben in der Umgebung der Anlagen.

3.3.2 Messergebnisse

Bei folgenden kerntechnischen Anlagen werden einmal jährlich Wasserproben in der Umgebung der Anlagen entnommen und auf ihren Radioaktivitätsgehalt hin gemessen:

- Kernkraftwerk Isar 1 und 2, KKI 1 und KKI 2
- Kernkraftwerk Gundremmingen, KGG
- Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, KKG
- Forschungsneutronenquelle München, FRM II

Die Ergebniswerte der Wasserproben sind in der Einheit Bq/l, die Ergebniswerte des Klärschlammes in Bq/kg Trockenmasse angegeben.

3.3.2.1 Kernkraftwerk Isar 1 und 2, KKI 1 und KKI 2

Tab. 72: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse KKI 2009

Anlage A	Datum	Co-60	Cs-137	I-131	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel B3	23.03.2009	<0,004	<0,004	<0,052	0,104	<0,079	0,01	<0,016
Grundwasserpegel 60/5	23.03.2009	<0,004	<0,004	<0,064	<0,067	<0,067	<0,004	<0,016
Grundwasserpegel 60/47	23.03.2009	<0,003	<0,003	<0,070	0,079	<0,077	0,009	<0,012
Grundwasserpegel 60/61	23.03.2009	<0,004	<0,004	<0,094	0,101	<0,135	<0,004	<0,015
Grundwasserpegel 42	23.03.2009	<0,004	<0,004	<0,037	0,072	<0,079	0,012	<0,015
Häusliches Abwasser*)	23.03.2009	<0,112	<0,139	<0,128	<1,283	<2,57	<0,159	<0,521
Klärschlamm*)	24.03.2009	<2,23	10,6	46,13	183,7	<48,60	<6,9	60,3
*) Revision Angaben Wasser in Bq/l; Angaben Klärschlamm in Bq/kg TM								

3.3.2.2 Kernkraftwerk Gundremmingen, KGG

Tab. 73: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse KGG 2009

Anlage E	Datum	Co-60	Cs-137	I-131	H-3	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel B201	24.06.2009	<0,007	<0,007	<0,013	<5	0,188	<0,053	<0,029	<0,026
Grundwasserpegel B 210	24.06.2009	<0,006	<0,006	<0,015	<5	<0,083	<0,109	<0,007	<0,023
Grundwasserpegel B 211	24.06.2009	<0,007	<0,009	<0,026	<5	<0,083	<0,139	<0,012	<0,029
Grundwasserpegel B 213	24.06.2009	<0,005	<0,005	<0,026	<5	<0,071	<0,103	<0,006	<0,023
Grundwasserpegel B 214	24.06.2009	<0,006	<0,006	<0,038	<5	<0,073	<0,108	<0,007	<0,024
Häusliches Abwasser	19.11.2009	<0,105	<0,101	<0,265	<5	1,5	<1,855	<0,115	<0,407
Klärschlamm	19.11.2009	1,15	15,41	737,3	–	191,7	<62,49	<7,48	28,32
Häusliches Abwasser *)	14.07.2009	<0,072	0,082	<0,086	<5	1,81	<1,44	<0,089	<0,301
Klärschlamm *)	14.07.2009	1,72	34,84	<3,82	–	222,5	<73,27	<1,62	30,33
*) Revision Angaben Wasser in Bq/l; Angaben Klärschlamm in Bq/kg TM									

3.3.2.3 Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, KKG

Tab. 74: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse KKG 2009

Anlage D	Datum	Co-60	Cs-137	I-131	H-3	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel B5	09.07.2009	<0,003	<0,003	<0,022	<5	0,349	<0,053	<0,003	<0,012
Grundwasserpegel B10	09.07.2009	<0,003	<0,003	<0,063	<5	0,237	<0,073	<0,005	<0,012
Grundwasserpegel B11	09.07.2009	<0,003	<0,003	<0,040	<5	0,309	<0,053	<0,003	<0,012
Grundwasserpegel B12	09.07.2009	<0,004	<0,004	<0,075	<5	0,304	<0,071	<0,021	<0,015
Grundwasserpegel B13	09.07.2009	<0,004	<0,003	<0,050	<5	<0,041	<0,060	<0,004	<0,014
Häusliches Abwasser *)	27.04.2009	<0,106	<0,089	<0,124	21	3,22	–	<0,704	<0,402
Häusliches Abwasser	05.08.2009	<0,141	<0,146	<0,246	<5	3,53	<2,96	<0,181	<0,571
Klärschlamm	09.03.2009	<2,23	8,7	44,7	–	254	<66	<1,98	24,2
*) Revision Angaben Wasser in Bq/l; Angaben Klärschlamm in Bq/kg (TM)									

3.3.2.4 Forschungsneutronenquelle München FRM II

Tab. 75: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse FRM II 2009

Anlage K	Datum	H-3	Co-60	Cs-137	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel G5	06.07.2009	<5	<0,004	<0,004	0,078	<0,061	<0,004	<0,014
Grundwasserpegel G7	06.07.2009	<5	<0,003	<0,003	<0,041	<0,080	<0,004	<0,013
Grundwasserpegel G10	06.07.2009	<5	<0,004	<0,003	0,057	<0,060	<0,004	<0,014
Grundwasserpegel G10a	06.07.2009	<5	<0,004	<0,003	0,04	<0,062	<0,004	<0,014
Grundwasserpegel G11	06.07.2009	<5	<0,003	<0,003	0,079	<0,058	<0,003	<0,012
Grundwasserpegel G14	06.07.2009	<5	<0,003	<0,003	0,273	<0,056	<0,003	<0,012
Grundwasserpegel G17	06.07.2009	<5	<0,004	<0,003	0,061	<0,060	<0,004	<0,014
Grundwasserpegel G18	06.07.2009	<5	<0,004	<0,004	0,064	<0,061	<0,004	<0,014
Niederschlagswasser Dachablauf R9	06.07.2009	160						
Niederschlagswasser am Abluftkamin	Jan/2009	1500						
	Feb/2009	5800						
	Mrz/2009	9900						
	Apr/2009	2000						
	Mai/2009	3000						
	Jun/2009	3800						
	Jul/2009	5200						
	Aug/2009	1800						
	Sep/2009	1100						
	Okt/2009	3100						
	Nov/2009	1500						
	Dez/2009	5200						
Angaben Wasser in Bq/l								

3.3.3 Zusammenfassende Beurteilung

Fazit

Die vom LfU im Rahmen der technischen Gewässeraufsicht untersuchten Proben zeigen keine Auffälligkeiten gegenüber den Vorjahren.

Durch die anlagenbezogenen Abwassereinleitungen sind aus strahlenhygienischer Sicht keine Beeinträchtigungen der Gewässer feststellbar.

3.4 Emissionen

Die Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser lagen im Jahr 2009 für die bayerischen kerntechnischen Anlagen weit unter den Genehmigungswerten. Die Jahresemissionen liegen in der Größenordnung der Ableitungen der Vorjahre und unterschreiten deutlich die jeweiligen Genehmigungswerte.

Bei den abgeleiteten Tritiumabgaben mit dem Abwasser wird der Genehmigungswert anlagenbedingt unterschiedlich ausgeschöpft. Systembedingt gibt es in Siedewasserreaktoren (SWR) andere Abgabewerte als in Druckwasserreaktoren (DWR).

Die Emissionsabgaben sind in den Tabellen 75 bis 98 dargestellt. Der Vollständigkeit halber sind auch die Emissionen des VAK, des alten Forschungsreaktor München (FRM), der SAGK und der AREVA aufgeführt.

3.4.1 Kernkraftwerke Isar (KKI 1 und KKI 2)

Die Abgaben von radioaktiven Stoffen mit der Abluft der Kernkraftwerke Isar sind in den Tab. 76, Tab. 77, Tab. 78 und Tab. 79 dargestellt. Die Abgabe der Edelgase beträgt 2009 beim Kernkraftwerk Isar 1 0,07% des Genehmigungswertes, beim Kernkraftwerk Isar 2 0,03%. Bei der Iod- Abgabe mit der Abluft liegt der ermittelte Prozentsatz bei 0,27% des Genehmigungswertes für KKI 1, bei KKI 2 liegen die ermittelten Iod- Abgabewerte wie in den Vorjahren unterhalb der Nachweisgrenze. In den nachfolgenden Tabellen sind die Aktivitätsabgaben der Edelgase und des Iod für die letzten fünf Jahre mit den entsprechenden Genehmigungswerten angegeben.

Die Tritium-Abgaben mit dem Abwasser der Kernkraftwerke Isar sind in den Tab. 80 und Tab. 81 aufgeführt. Die Abb. 47 und Abb. 48 zeigen die Tritium-Aktivitätsabgaben der letzten fünf Jahre mit dem Abwasser von KKI 1 und KKI 2 im Vergleich zum Genehmigungswert.

Abgaben von KKI 1 und KKI 2 mit der Abluft im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Edelgase Jahr	KKI 1 (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
2005	2,40E+12	0,22%	1,10E+15
2006	4,00E+12	0,36%	
2007	2,60E+12	0,24%	
2008	2,33E+12	0,21%	
2009	8,5E+11	0,07%	

Tab. 76:
Edelgase- Aktivitätsabgaben mit der Abluft bei KKI 1 in den Jahren 2005 bis 2009

Edelgase Jahr	KKI 2 (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
2005	2,60E+11	0,02%	1,10E+15
2006	3,80E+11	0,03%	
2007	3,30E+11	0,03%	
2008	6,3E+11	0,06%	
2009	3,4E+11	0,03%	

Tab. 77:
Edelgase- Aktivitätsabgaben mit der Abluft bei KKI 2 in den Jahren 2005 bis 2009

Iod	KKI 1 (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
Jahr			
2005	4,70E+07	0,43%	1,10E+10
2006	7,30E+07	0,66%	
2007	3,20E+07	0,29%	
2008	9,14E+06	0,08%	
2009	3,00E+07	0,27%	

Tab. 78:
Iod- Emissionen mit der Abluft bei
KKI 1 in den Jahren 2005 bis 2009

Iod	KKI 2 (Bq/a)	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
Jahr		
2005	< NWG	1,10E+10
2006	< NWG	
2007	< NWG	
2008	< NWG	
2009	< NWG	

Tab. 79:
Iod- Emissionen mit der Abluft bei
KKI 2 in den Jahren 2005 bis 2009

Abgaben von KKI 1 und KKI 2 mit dem Abwasser im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Tritium	KKI 1 (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
Jahr			
2005	3,60E+11	1,95%	1,85E+13
2006	5,20E+11	2,81%	
2007	4,50E+11	2,43%	
2008	2,73E+11	1,48%	
2009	5,0E+11	2,70%	

Tab. 80:
Tritium- Emissionen mit dem Abwas-
ser bei KKI 1 in den Jahren 2005
bis 2009

Tritium	KKI 2 (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
Jahr			
2005	2,10E+13	43,75%	4,80E+13
2006	2,30E+13	47,92%	
2007	2,30E+13	47,92%	
2008	2,27E+13	47,29%	
2009	2,50E+13	52,08%	

Tab. 81:
Tritium- Emissionen mit dem Abwas-
ser bei KKI 2 in den Jahren 2005
bis 2009

Im Jahr 2009 betrug die Abluftmenge an radioaktiven Stoffen bei KKI 1 mit der Fortluft $2,0E+09$ m³, bei KKI 2 $1,4E+09$ m³.

Bei den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wurden bei KKI 1 $1,4E+04$ m³ und bei KKI 2 $7,5E+03$ m³ abgegeben.

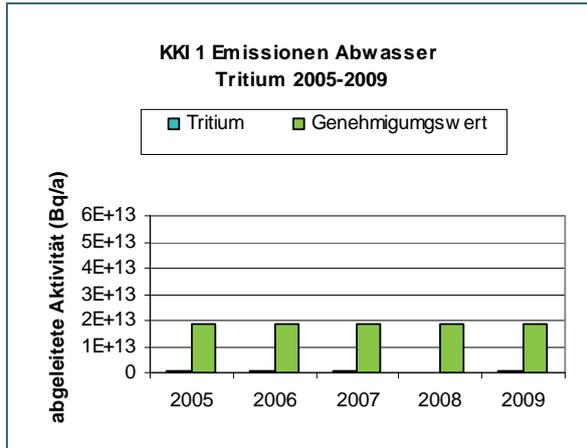


Abb. 47: Tritium-Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser von KKI 1 (SWR) im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2005 bis 2009

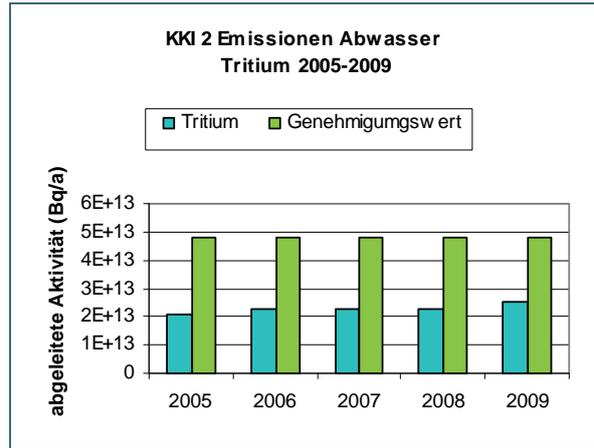


Abb. 48: Tritium-Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser von KKI 2 (DWR) im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2005 bis 2009

3.4.2 Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (KKG)

Die Abgaben von radioaktiven Stoffen mit der Abluft des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld sind in den Tab. 82 und Tab. 83 aufgeführt. Die Abgabe der Edelgase beträgt 2009 beim Kernkraftwerk Grafenrheinfeld 0,12% des Genehmigungswertes. Bei der Iod- Abgabe mit der Abluft liegen die ermittelten Werte wie in den Vorjahren unterhalb der Nachweisgrenze. In den nachfolgenden Tabellen sind die Aktivitätsabgaben der Edelgase und des Iod für die letzten fünf Jahre mit den entsprechenden Genehmigungswerten angegeben. Die prozentualen Tritium-Abgaben mit dem Abwasser des KKG im Vergleich zum Genehmigungswert für die Jahre 2005 bis 2009 sind in der Tab. 84 bzw. in Abb. 49 dargestellt. Im Jahr 2009 wurde der Genehmigungswert bei Tritium mit dem Abwasser bis zu 67,32% ausgeschöpft.

Abgaben von KKG mit der Abluft im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Edelgase	KKG (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungswertes	Genehmigungswert (Bq/a)
Jahr			
2005	9,90E+10	0,01%	1,11E+15
2006	9,45E+10	0,01%	
2007	2,01E+11	0,02%	
2008	2,42E+11	0,02%	
2009	1,34E+12	0,12%	

Tab. 82: Edelgase- Aktivitätsabgaben mit der Abluft bei KKG in den Jahren 2005 bis 2009

Iod	KKG (Bq/a)	Genehmigungswert (Bq/a)
Jahr		
2005	< NWG	1,63E+10
2006	< NWG	
2007	< NWG	
2008	< NWG	
2009	< NWG	

Tab. 83: Iod- Aktivitätsabgaben mit der Abluft bei KKG in den Jahren 2005 bis 2009

Abgaben von KKG mit dem Abwasser im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Tritium Jahr	KKG (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
2005	2,27E+13	55,77%	4,07E+13
2006	1,52E+13	37,35%	
2007	1,93E+13	47,42%	
2008	1,55E+13	38,08%	
2009	2,74E+13	67,32%	

Tab. 84:
Prozentuale Abgabe von Tritium im
Abwasser des KKG im Vergleich zum
Genehmigungswert in den Jahren
2005 bis 2009

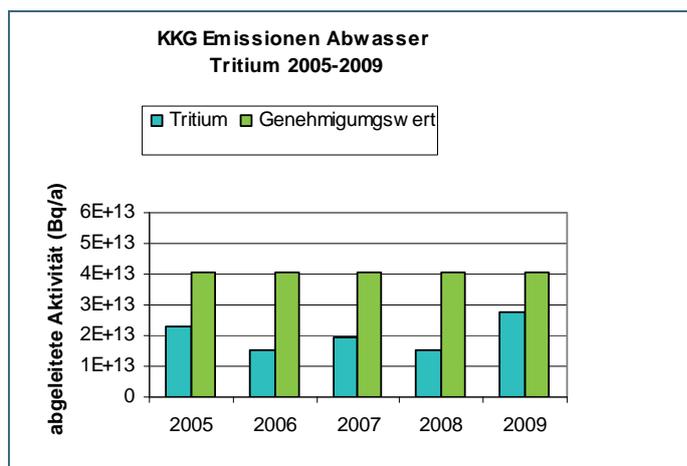


Abb. 49:
Tritium-Aktivitätsabgaben mit dem
Abwasser von KKG (DWR) im Ver-
gleich zum Genehmigungswert in den
Jahren 2005 bis 2009

Die Abluftmenge an radioaktiven Stoffen betrug 2009 bei KKG mit der Fortluft 1,9E+09 m³. Bei den Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser wurden 7,4E+03 m³ abgeben.

3.4.3 Kernkraftwerk Gundremmingen Blöcke B/C (KGG)

Abgaben von KGG mit der Abluft im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Edelgase Jahr	KGG (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
2005	8,99E+11	0,05%	1,85E+15
2006	8,44E+11	0,05%	
2007	7,20E+12	0,39%	
2008	2,53E+12	0,13%	
2009	2,21E+12	0,12%	

Tab. 85:
Abgabe von Edelgasen mit der Abluft
beim KGG im Vergleich zum
Genehmigungswert in den Jahren
2005 bis 2009

Iod Jahr	KGG (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungs- wertes	Ge- nehmigungs- wert (Bq/a)
2005	1,56E+07	0,07%	2,20E+10
2006	1,17E+07	0,05%	
2007	2,51E+07	0,11%	
2008	5,16E+07	0,23%	
2009	5,98E+07	0,27%	

Tab. 86:
Abgabe von Iod mit der Abluft beim
KGG im Vergleich zum
Genehmigungswert in den Jahren
2005 bis 2009

Abgaben von KGG mit dem Abwasser im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Tritium		
2005	5,32E+12	14,38%
2006	3,80E+12	10,27%
2007	4,04E+12	10,92%
2008	3,37E+12	9,11%
2009	2,97E+12	8,03%
		3,70E+13

Tab. 87: Prozentuale Abgabe von Tritium im Abwasser des KGG im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2005 bis 2009

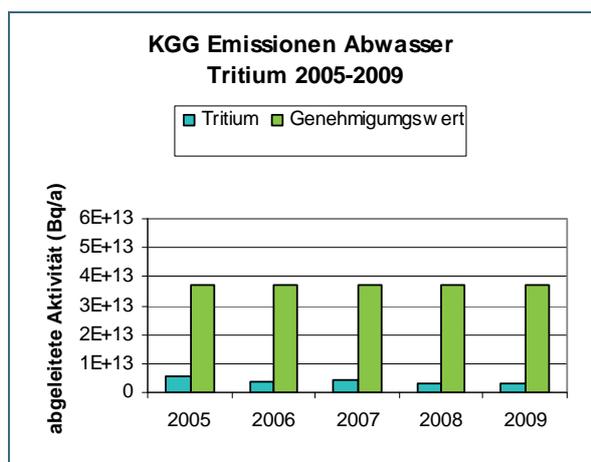


Abb. 50: Tritium-Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser von KGG (SWR) im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2005 bis 2009

Die Ableitung radioaktiver Stoffe betrug bei KGG im Jahr 2009 mit der Fortluft 2,4E+09 m³ und mit dem Abwasser 3,6E+04 m³. Im Jahr 2009 wurde der Genehmigungswert bei Tritium mit dem Abwasser bis zu 8,03% ausgeschöpft.

3.4.4 Versuchsatomkraftwerk Kahl (VAK)

Abgaben von VAK mit der Abluft

Im Jahr 2009 betrug die Abluftmenge an radioaktiven Stoffen mit der Fortluft 4,26E+07 m³. Die letzte Abwasserabgabe in den Main erfolgte in der 19. Kalenderwoche 2006.

Tab. 88: Aktivitätsabgaben mit der Abluft beim VAK in den Jahren 2008 und 2009

Nuklid		Aktivitätsabgabe 2008(Bq)	Aktivitätsabgabe 2009(Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Aerosole	Co 60	3,39E+01	–	3,70E+09
	Cs 137	3,36E+02	2,73E+01	
	Summe	3,70E+02	2,73E+01	

3.4.5 Forschungsreaktor München (FRM)

Abgaben des FRM mit der Abluft

Tab. 89: Aktivitätsabgaben mit der Abluft beim FRM in den Jahren 2008 und 2009

Nuklid		Aktivitätsabgabe 2008(Bq)	Aktivitätsabgabe 2009(Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Tritium	H 3	1,5E+09	1,4E+09	1,0E+10
Kohlenstoff	C 14	1,6E+07	4,6E+06	6,1E+08

Abgaben des FRM mit dem Abwasser

Tab. 90: Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser beim FRM 2009

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Gamma	Co 60	2,0E+04	2,0E+08
	Cs 137	2,6E+04	
	Summe (Beta- und Gammastrahler)	4,6E+04	
Tritium	H 3	5,1E+08	3,7E+10

Im Jahr 2009 betrug die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft $1,01E+08 \text{ m}^3$ und mit dem Abwasser $7,5E+01 \text{ m}^3$.

3.4.6 Siemens AG - AREVA NP GmbH, Standort Karlstein (SAGK)

Im Jahr 2009 lagen die ermittelten Aktivitätskonzentrationen unter denen, die nach §46 (3) StrlSchV in der Fassung vom 30. Juni 1989 zulässig sind. Die Abluftmenge an radioaktiven Stoffen betrug im Gebäude 02/17 mit der Fortluft $1,5 E+08 \text{ m}^3$, mit dem Abwasser wurden 4 m^3 abgegeben.

Abgaben von SAGK mit der Abluft

Gebäude 02/17

Tab. 91: Aktivitätsabgaben mit der Abluft bei SAGK Gebäude 02/17

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Gammastrahler	Co 60	< Nachweisgrenze	
Betastrahler	Summe	2,5E+02	
Alphastrahler	U 234	1,4E+02	Gem. §46 StrlSchV (von 1989)
	U 238	5,2E+01	
	Summe	1,9E+02	

Abgaben von SAGK mit dem Abwasser

Gebäude 02/17

Tab. 92: Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser bei SAGK Gebäude 02/17

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Gammastrahler		0,0E+0	1,1E+08
Betastrahler		0,0E+0	
Alphastrahler	U 234	1,1E+01	
	Am 241	1,5E+01	
	Summe	2,6E+01	
Tritium	H 3	3,0E+04	9,3E+11

Abgaben von SAGK mit der Abluft

Gebäude 06 und Gebäude 25

Für das Gebäude 06 ($5,2E+07 \text{ m}^3$ Abluft) und Gebäude 25 ($1,30E+07 \text{ m}^3$ Abluft) lagen sämtliche Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze.

3.4.7 AREVA NP GmbH, Standort Erlangen (AREVA)

Die Abluftmengen an radioaktiven Stoffen mit der Fortluft betragen im Bau 34 mit der Fortluft $6,77\text{E}+08\text{ m}^3$, im Bau 52 $1,08\text{E}+07\text{ m}^3$ und im Bau 65 $6,00\text{E}+07\text{ m}^3$. Mit dem Abwasser wurden im Bau 34 $8,60\text{E}+02\text{ m}^3$ abgegeben

Abgaben von AREVA mit der Abluft

AREVA Erlangen Bau 34

Tab. 93: AREVA Erlangen Bau 34 – Aktivitätsabgaben mit der Abluft

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Edelgase	Kr 85	4,4E+07	9,00E+11
	Summe	4,4E+07	
Jod	I 123	1,0E+05	1,00E+10
	I 131 gas. elementar	1,3E+05	1,00E+08
	Summe	2,3E+05	
Aerosole	Gamma - Summe	< Nachweisgrenze	2,00E+09
	Alpha - Summe	<1,3E+03	1,00E+07

Abgaben von AREVA mit dem Abwasser

AREVA Erlangen Bau 34

Tab. 94: AREVA Erlangen Bau 34 – Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Gammastrahler	Co 60	2,0E+06	2,00E+08
	Cs 137	4,1E+05	
	Summe	9,6E+06	
U/Th und natürliche Tochternuklide	U 234	1,0E+05	2,00E+07
	U 238	3,5E+04	
Sonstige Alphastrahler	Summe	1,4E+05	7,00E+06
Tritium	H 3	1,4 E+09	1,00E+12

Abgaben von AREVA mit der Abluft

AREVA Erlangen Bau 52

Tab. 95: AREVA Erlangen Bau 52 – Aktivitätsabgaben mit der Abluft

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Aerosole	Gesamt-Alpha	<1,1E+03	gem. §47 StrlSchV (von 2001)

AREVA Erlangen Bau 65

Tab. 96: AREVA Erlangen Bau 65 – Aktivitätsabgaben mit der Abluft

Nuklid		Aktivitätsabgabe (Bq)	Genehmigungswert (Bq/a)
Aerosole	Mn 54	5,8E+03	gem. §47 StrlSchV (von 2001)
	Co 58	1,6E+04	
	Co 60	3,7E+04	
	Zn 65	9,7E+03	
	Sb 124	2,7E+04	
	Cs 137	1,9E+03	
	Summe	9,7E+04	

3.4.8 Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II)

Abgaben von FRM II mit der Abluft im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Edelgase	FRM II (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungswertes	Genehmigungswert (Bq/a)
Jahr			
2005	8,30E+11	4,15%	2,00E+13
2006	2,10E+11	1,05%	
2007	2,40E+11	1,20%	
2008	2,70E+11	1,35%	
2009	2,40E+11	1,20%	

Tab. 97:
Prozentuale Abgabe von Edelgasen mit der Abluft des FRM II im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2005 bis 2009

Iod	FRM II (Bq/a)	Genehmigungswert (Bq/a)
Jahr		
2006	< NWG	1,50E+08
2007	< NWG	
2008	< NWG	
2009	< NWG	

Tab. 98:
Prozentuale Abgabe von Iod mit der Abluft des FRM II im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2006 bis 2009

Abgaben von FRM II mit dem Abwasser im Vergleich zu den Genehmigungswerten

Tritium	FRM II (Bq/a)	Abgabe in Prozent des Genehmigungswertes	Genehmigungswert (Bq/a)
Jahr			
2005	3,40E+08	0,17%	2,00E+11
2006	2,60E+09	1,30%	
2007	4,30E+10	21,50%	
2008	2,5E+10	12,50%	
2009	1,9E+10	9,50%	

Tab. 99:
Prozentuale Abgabe von Tritium im Abwasser des FRM II im Vergleich zum Genehmigungswert

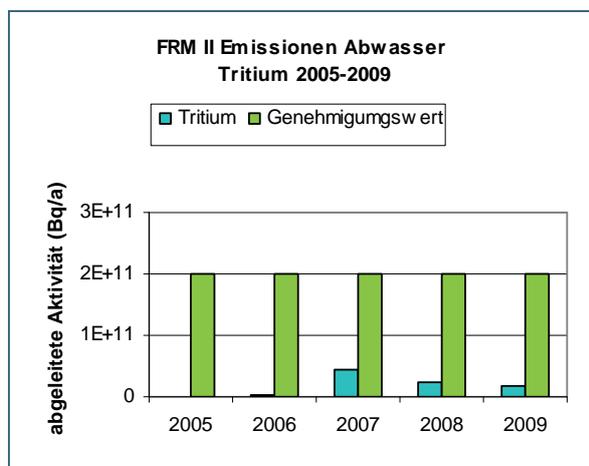


Abb. 51:
Tritium-Aktivitätsabgaben mit dem Abwasser von FRM II im Vergleich zum Genehmigungswert in den Jahren 2005 bis 2009

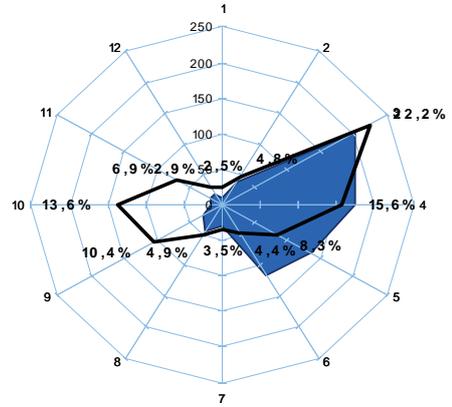
Die Ableitung radioaktiver Stoffe betrug beim FRM II im Jahr 2009 mit der Fortluft 3,0 E+08 m³ und mit dem Abwasser: 2,7E+02 m³.

3.5 Meteorologische Verhältnisse

Die Beschreibung der Ausbreitungsverhältnisse an den Standorten erfolgt mit einer Ausbreitungstabelle, welche mit den im Berichtszeitraum gemessenen meteorologischen Daten des KFÜ erstellt wurde.

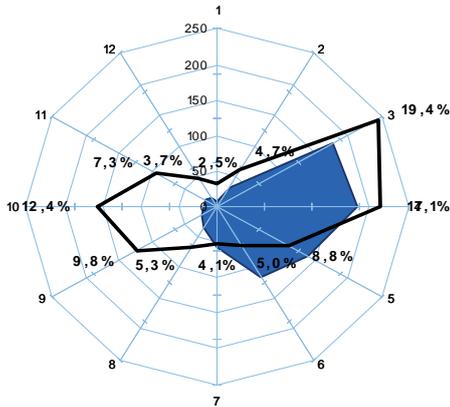
Danach ergibt sich für die 12 Ausbreitungssektoren (1 Sektor = 30 Grad) folgende Verteilung:

**Meteorologische Verhältnisse KKI 1
Emissionshöhe 130m**



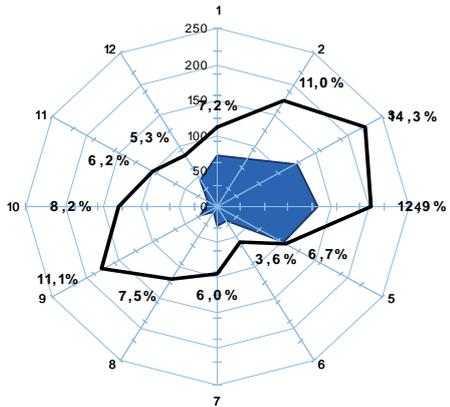
■ Niederschlag in mm/m² — Häufigkeit in %

**Meteorologische Verhältnisse KKI 2
Emissionshöhe 160m**



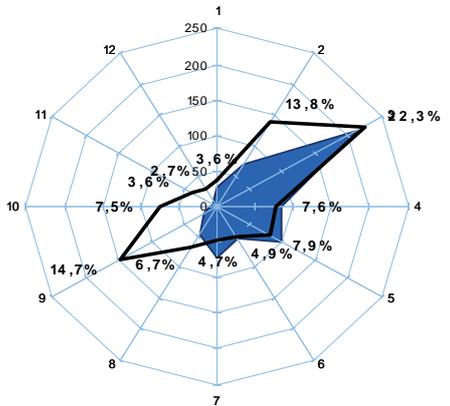
■ Niederschlag in mm/m² — Häufigkeit in %

**Meteorologische Verhältnisse KKG
Emissionshöhe 164m**



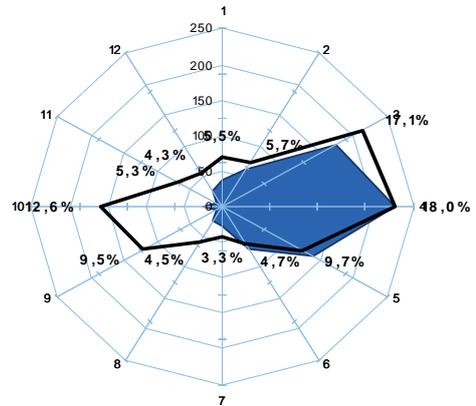
■ Niederschlag in mm/m² — Häufigkeit in %

**Meteorologische Verhältnisse KGG
Emissionshöhe 174m**



■ Niederschlag in mm/m² — Häufigkeit in %

**Meteorologische Verhältnisse FRM II
Emissionshöhe 50m**



■ Niederschlag in mm/m² — Häufigkeit in %

Abb. 52: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsrichtung in % sowie die Niederschlagsmenge in mm/m² pro Sektor von KKI 1, KKI 2, KKG, KGG und FRM II im Jahr 2009

3.6 Ausbreitungsrechnungen

Ausbreitungsrechnungen beschreiben den luftgetragenen Transport radioaktiver Stoffe unter Berücksichtigung der Windrichtung, der Turbulenz in der Atmosphäre, der Windgeschwindigkeit sowie des Niederschlags.

3.6.1 Allgemeines

Nach Verlassen des Abluftkamins (Emission) werden die radioaktiven Stoffe in der Atmosphäre transportiert (Transmission) und gelangen anschließend in unser Ökosystem (Immission). Beim Transport erfolgt gleichzeitig eine Verdünnung, so dass dadurch der unmittelbare Nachweis künstlicher Radionuklide in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen selbst bei hohem Messaufwand nicht immer möglich ist. Deshalb werden die Immissionsmessungen durch Emissionsmessungen direkt an der Freisetzungsstelle ergänzt. Die Werte der über den Abluft- und Abwasserpfad erfassten und bilanzierten Radioaktivität dienen in Verbindung mit den meteorologischen Daten als Grundlage für eine rechnerische Abschätzung der Strahlenexposition in der Umgebung.

Diese Abschätzung erfolgt mit einem Rechenprogramm, welches den aufgestellten Vorgaben der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung folgt. Hierbei werden die **effektive Dosis** sowie die Teilkörperdosen aller Organe und Gewebe für eine Referenzperson an der ungünstigsten Einwirkungsstelle ermittelt. Das Programm summiert dazu die Beiträge aller relevanten Radionuklide über alle Expositionspfade auf.

Zu den Rechenergebnissen ist anzumerken, dass sie aufgrund der gewählten Eigenschaften der Referenzperson und der Modellparameter sehr konservative Gesamtergebnisse erwarten lassen. Es wird zum Beispiel angenommen, dass sich die Referenzperson ständig am ungünstigsten Aufpunkt aufhält und ausschließlich von diesem Ort stammende Nahrungsmittel verzehrt. Damit wird sichergestellt, dass die rechnerisch ermittelte Strahlenexposition die tatsächliche Strahlenexposition nicht unterschätzt.

Die berechneten Dosiswerte werden mit den Grenzwerten nach § 47 Abs. 1 StrlSchV verglichen. Danach ist für die Ableitungen mit der Luft oder dem Wasser folgender Grenzwert für die effektive Dosis im Kalenderjahr einzuhalten:

Grenzwert nach § 47 Abs. 1 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)	
Effektive Dosis	0,3 mSv

Bei einer Bewertung der Ergebnisse sollte beachtet werden, dass der Mensch durch das Vorhandensein natürlicher Radioaktivität einer ständigen Strahlenexposition ausgesetzt ist (äußere terrestrische und kosmische Bestrahlung, natürliche Radionuklide im Körper wie Kohlenstoff 14, Kalium 40 und Folgeprodukte des Radons). Diese natürliche Radioaktivität führt in der Bundesrepublik Deutschland zu einer Strahlenexposition des Menschen von durchschnittlich etwa 2,1 mSv (effektive Dosis) pro Jahr.

3.6.2 Darstellung und Bewertung der Messergebnisse

Die Übersicht in Tab. 100 über die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen für die Strahlenexpositionen auf dem Luft- und Wasserpfad für Erwachsene (E) und Kinder (K) gibt die **maximal mögliche Dosis in Prozent des Grenzwertes** an.

maximal mögliche Dosis in Prozent des Grenzwertes			effektive Dosis
KKI 1	Luft	E	<1
		K	<2
	Wasser	E	<1
		K	<1
KKI 2	Luft	E	<1
		K	<1
	Wasser	E	<1
		K	<1
KKG	Luft	E	<1
		K	<1
	Wasser	E	<2
		K	<3
KGG	Luft	E	<1
		K	<2
	Wasser	E	<1
		K	<1
FRM II	Luft	E	<1
		K	<2
	Wasser	E	<1
		K	<1
Grenzwerte nach §47 Abs. 1 StrlSchV			0,3 mSv/a

Tab. 100: Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen 2009 für die Strahlenexpositionen auf dem Luft- und Wasserpfad für Erwachsene und Kinder

Fazit

Aus den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnungen, die mit den bilanzierten Abgaben durchgeführt wurden, ergibt sich, dass die Dosis für den Menschen in der Umgebung der obigen bayerischen kerntechnischen Anlagen weit unter den Grenzwerten des § 47 Abs. 1 Strahlenschutzverordnung liegt. Dies gilt selbst an den ungünstigsten der möglichen Einwirkungsstellen. Auch diese Werte sind aus Sicht des Strahlenschutzes unbedenklich.

4 Anhang

4.1 Abkürzungsverzeichnis

4.1.1 Kerntechnische Anlagen

KKI 1	Kernkraftwerk Isar 1
KKI 2	Kernkraftwerk Isar 2
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KGG	Kernkraftwerk Gundremmingen
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
FRM	Forschungsreaktor München
FRM II	Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz
SAGK	Siemens AG – NP GmbH, Standort Karlstein
AREVA	AREVA NP GmbH, Standort Erlangen

4.1.2 Abkürzung der Kerntechnische Anlagen bei den Messpunkten

A	KKI 1 und KKI 2
D	KKG
E	KGG
F	VAK
G	FRM
I	SAGK
J	AREVA
K	FRM II

4.1.3 Einheiten

Bq	Becquerel
Bq/m ³	Becquerel pro Kubikmeter
Bq/m ²	Becquerel pro Quadratmeter
Bq/l	Becquerel pro Liter
Bq/kg	Becquerel pro Kilogramm
Bq/kg (TM)	Becquerel pro Kilogramm Trockenmasse
Bq/kg (FM)	Becquerel pro Kilogramm Feuchtmasse
Bq/d/Pers.	Becquerel pro Tag pro Person
Bq/a	Becquerel pro Jahr
Sv	Sievert
nSv/h	Nanosievert pro Stunde
µSv/h	Mikrosievert pro Stunde
mSv/a	Millisievert pro Jahr

