



Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



# Strahlenhygienischer Jahresbericht 2010

Allgemeine Umweltradioaktivität  
und  
Umgebungsüberwachung  
der kerntechnischen Anlagen  
in Bayern



# strahlung

Strahlenhygienische Jahresberichte





Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



# Strahlenhygienischer Jahresbericht 2010

Allgemeine Umweltradioaktivität  
und  
Umgebungsüberwachung  
der kerntechnischen Anlagen  
in Bayern

Strahlenhygienische Jahresberichte  
UmweltSpezial

## Impressum

Strahlenhygienischer Jahresbericht 2010  
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](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)

### Bearbeitung/Text/Konzept:

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

### Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

### Druck:

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

### Stand:

Mai 2012

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

<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
1.1 Rechtliche Grundlagen der Überwachung	6
1.2 Vollzug des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG)	7
1.3 Überwachung kerntechnischer Anlagen in Bayern nach REI	9
1.3.1 Standorte der kerntechnischen Anlagen in Bayern	9
1.3.2 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Bayern	10
1.4 Veröffentlichung der Messergebnisse	10
1.5 Allgemeines zum Bericht	10
<b>2 Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität</b>	<b>11</b>
2.1 Maßnahmen zur allgemeinen Überwachung	11
2.2 Messergebnisse der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung	12
2.2.1 Expositionspfad Luft	12
2.2.2 Expositionspfad Wasser	12
2.2.3 Expositionspfad Ernährungskette Land	14
2.2.4 Expositionspfad Ernährungskette Wasser	17
2.2.5 Reststoffe und Abfälle	18
2.3 Zusammenfassende Bewertung der Messergebnisse	19
<b>3 Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen in Bayern</b>	<b>20</b>
3.1 Maßnahmen zur Umgebungsüberwachung	20
3.2 Messungen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen	21
3.2.1 Messungen nach REI, Tabellen A.1/A.2 – bestimmungsgemäßer Betrieb	21
3.2.1.1 Umweltbereich Luft (01)	21
3.2.1.2 Umweltbereich Niederschlag (02)	23
3.2.1.3 Umweltbereich Boden (03)	26
3.2.1.4 Umweltbereich Pflanzen/Bewuchs (04)	27
3.2.1.5 Umweltbereich Futtermittel (05)	28
3.2.1.6 Umweltbereich Ernährungskette Land (06)	29
3.2.1.7 Umweltbereich Milch und Milchprodukte (07)	30

3.2.1.8	Umweltbereich Oberirdische Gewässer (08)	31
3.2.1.9	Umweltbereich Ernährungskette Wasser (09)	32
3.2.1.10	Umweltbereich Trink- und Grundwasser (10)	34
3.2.2	Zusammenfassung REI – Tabellen A.1 und A.2	34
3.2.3	Messungen nach REI, Tabellen A.3/A.4 – Störfall/Unfall	35
3.2.4	Messungen nach REI, Tabellen C.1.1 und C.1.2 – Brennelement-Zwischenlager	36
3.3	Messungen der technischen Gewässeraufsicht	37
3.3.1	Vorbemerkungen	37
3.3.2	Messergebnisse	37
3.3.2.1	Kernkraftwerk Isar 1 und 2, KKI 1 und KKI 2	37
3.3.2.2	Kernkraftwerk Gundremmingen, KGG	38
3.3.2.3	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, KKG	38
3.3.2.4	Forschungsneutronenquelle München FRM II	39
3.3.3	Zusammenfassende Beurteilung	39
3.4	Emissionen	40
3.5	Meteorologische Verhältnisse	42
3.6	Ausbreitungsrechnungen	43
3.6.1	Allgemeines	43
3.6.2	Darstellung und Bewertung der Messergebnisse	44
<b>4</b>	<b>Anhang</b>	<b>45</b>
4.1	Abkürzungsverzeichnis	45
4.1.1	Kerntechnische Anlagen	45
4.1.2	Einheiten	45

## Vorwort

Radioaktivität kann bekannterweise von den menschlichen Sinnen nicht wahrgenommen werden. Daher wird von verschiedenen Institutionen in Deutschland mit großem technischem Aufwand die strahlenhygienische Gesamtsituation erfasst. In Bayern nimmt das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) weite Teile dieser Aufgabe wahr.

Dieser Bericht gibt für das Land Bayern einen Überblick über die Messergebnisse aus den Bereichen der allgemeinen Umweltradioaktivität und der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen. Er ist eine Fortführung der Reihe „Strahlenhygienische Jahresberichte“.

Für den speziell interessierten Leser sind die im Rahmen der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung und der Umgebungsüberwachung der bayerischen kerntechnischen Anlagen ermittelten Einzelmessergebnisse der vergangenen Jahre auf der Internetseite des LfU abrufbar:

### Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität :

- Link zu „Strahlenschutzvorsorge in Bayern – Messwerte“ →

<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/umrei/strvgprobe>

### Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Bayern :

- Link zu REI Messdaten → <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/umrei/reiprobe>

### Allgemeine Informationen des LfU zum Thema Strahlung :

- Link zu allgemeinen Informationen des LfU zum Thema Strahlung →

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

# 1 Einleitung

## 1.1 Rechtliche Grundlagen der Überwachung

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

Näher ausgeführte Bestimmungen zum Atomgesetz finden sich in der „Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen – **Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)**“.

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

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, denen der Umgang mit Kernbrennstoffen genehmigt wurde.

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. In der Folge wurden vom Bund und den Ländern eine Reihe verbindlicher Regelungen getroffen.

In erster Linie ist hier das „Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung - **Strahlenschutzvorsorgegesetz – (StrVG)**“ zu nennen. Dieses am 31. Dezember 1986 in Kraft getretene Gesetz ist die Grundlage für die flächendeckende und großräumige Erfassung der Radioaktivität künstlichen Ursprungs in der Umwelt.

■ Link zu den Gesetzen und Verordnungen in den jeweils aktuellen Fassungen auf der Internetseite des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
<http://www.bmu.de>

## 1.2 Vollzug des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG)

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

Die Messungen führen die Messstellen des Landesamtes für Umwelt (LfU) am Hauptsitz in Augsburg (Strahlenschutzlabor Südbayern) und in der Außenstelle in Kulmbach (Strahlenschutzlabor Nordbayern) nach den Vorgaben des § 3 StrVG in Bundesauftragsverwaltung durch. Zusätzlich werden spezielle landeseigene Messprogramme betrieben, die den besonderen Bedingungen Bayerns Rechnung tragen, beispielsweise die Überwachung des Wildbrets.

Sämtliche Ergebnisse von Radioaktivitätsmess- und Beobachtungsdaten der Landesmessstellen werden in dem vom Bund betriebenen „Integrierten Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS)“ zusammengefasst. Nach der Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität durch die „Landeszentralstelle Bayern“ im LfU werden die Daten für die „Zentralstelle des Bundes (ZdB) für die Überwachung der Umweltradioaktivität“ im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) freigegeben. Die ZdB stellt daraufhin die Daten den zuständigen Verwaltungsbehörden des Bundes, den sogenannten „Leitstellen für die Überwachung der Umweltradioaktivität“ für weitergehende 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)“. Grundsätzlich befindet sich das IMIS im sogenannten **Routinebetrieb**. Im Falle von „Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der **Intensivbetrieb** angeordnet, welcher je nach Ereignis eine zeitliche und räumliche Verdichtung des Routinebetriebs darstellt.

Den jeweiligen Betriebsarten sind Messprogramme zugeordnet. In diesen ist festgelegt,

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

zu untersuchen sind.

Grundsätzlich sind alle Umweltbereiche zu überwachen, die bei einer Kontamination Einfluss auf die Strahlenexposition des Menschen haben können (siehe Abb. 1). 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. Somit können großräumige Veränderungen des Pegels der Umweltradioaktivität erfasst werden.

Die Probenahme wird von amtlichen Probenehmern durchgeführt. Ergänzend zu den heimischen Produkten werden auch importierte Produkte aus dem Handel beprobt.

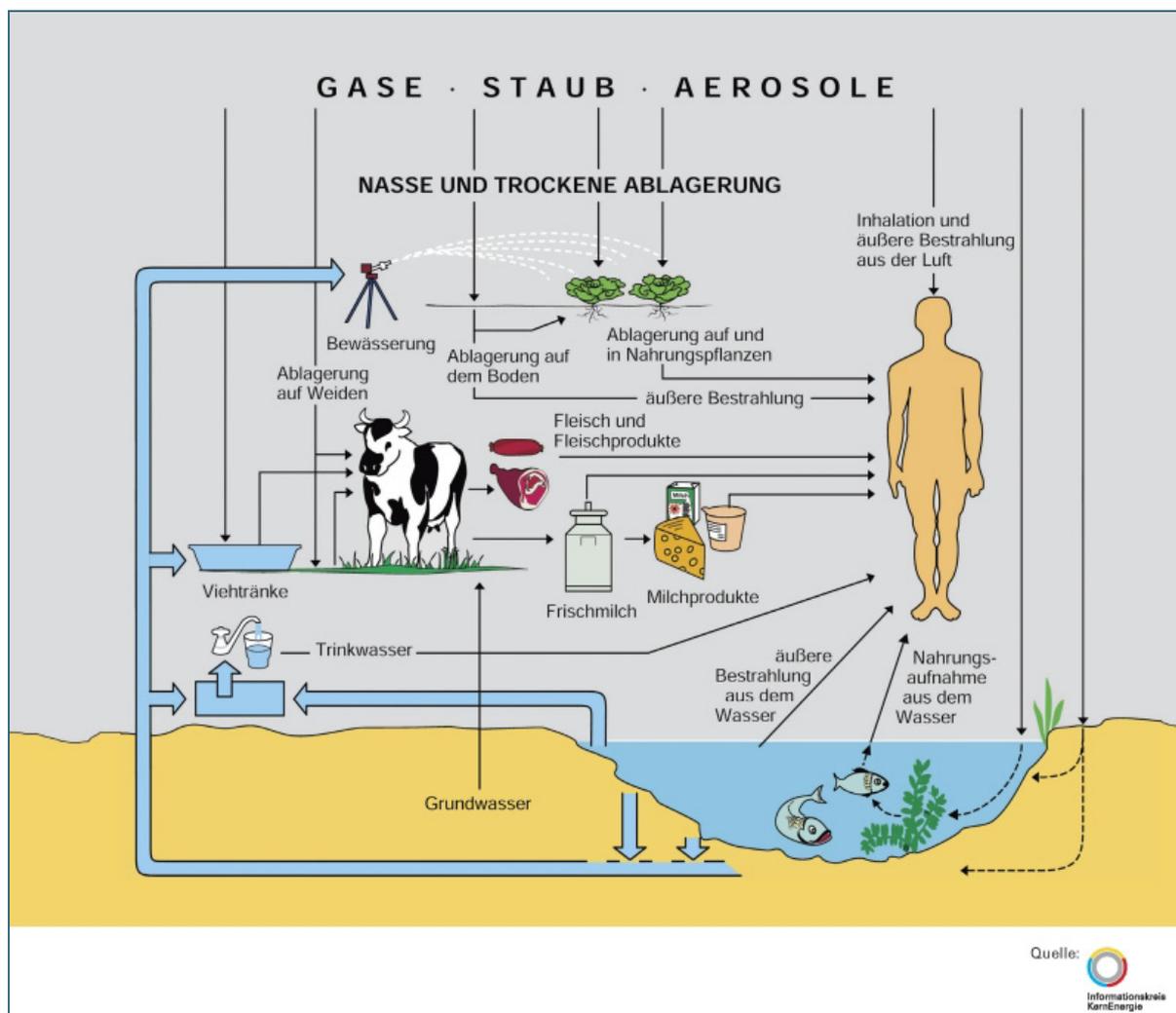


Abb. 1: Mögliche Ausbreitungs- oder Transportwege der künstlichen radioaktiven Stoffe zum Menschen  
Quelle: Informationskreis Kernenergie

Das Land Bayern ermittelt die Radioaktivität in folgenden Umweltbereichen:

- in Lebensmitteln,
- in Futtermitteln,
- in Trink- und Grundwasser,
- in oberirdischen Gewässern,
- 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. Wasserproben werden auch auf Tritium getestet.

■ Link zu „Strahlenschutzvorsorge in Bayern“ →  
<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/strahlenschutzvorsorge/index.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 „Die Umgebungsüberwachung der bayerischen kerntechnischen Anlagen“ → <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/rei/index.htm>

#### 1.3.1 Standorte der kerntechnischen Anlagen in Bayern

In Bayern gibt es gegenwärtig 6 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
Siemens AG AREVA NP GmbH Standort Karlstein SAGK	Umgang mit Kernbrennstoffen	
AREVA NP GmbH Forschungszentrum Erlangen-Süd FZE	Umgang mit Kernbrennstoffen	
Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz FRM II	Schwimmbadreaktor (2004)	20

Die Kernkraftwerke Grafenrheinfeld, Gundremmingen, Isar 1 und Isar 2 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 kerntechnischen Anlagen und übermittelt die Messdaten an die Messnetzzentrale im LfU.

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

### 1.3.2 Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Bayern

An den Standorten der Kernkraftwerke Grafenrheinfeld, Gundremmingen und Isar wurden in den Jahren 2006 und 2007 die Zwischenlager für abgebrannte Brennelemente in Betrieb genommen. Auch für diese Anlagen sieht die REI eine Überwachung der Umwelt vor.

### 1.4 Veröffentlichung der Messergebnisse

Die Messergebnisse, auf denen dieser Bericht beruht, können auf der Internetseite des LfU abgefragt werden. Die Daten der allgemeinen Umweltradioaktivität werden täglich aktualisiert.

■ Link zu „Strahlenschutzvorsorge in Bayern – Messwerte“ →

<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/umrei/strvgprobe>

Die Ergebnisse aus der Umgebungsüberwachung nach REI können unter folgendem Link abgefragt werden. Diese Daten werden mit der Veröffentlichung dieses Berichts frei geschaltet.

■ Link zu REI Messdaten → <http://www.lfu.bayern.de/strahlung/umrei/reiprobe>

### 1.5 Allgemeines zum Bericht

Die in diesem Bericht am häufigsten genannten und nachgewiesenen radioaktiven Nuklide sind Cäsium-137 und Kalium-40. Des Weiteren die Nuklide Jod-131 und Strontium-90. Zu diesen Nukliden werden nachfolgend Anmerkungen zu deren Herkunft gemacht:

Cäsium-134 und Cäsium-137 sind Spaltprodukte, die bei der Kernspaltung entstehen. Durch den Reaktorunfall in Tschernobyl am 26. April 1986 gelangten große Aktivitäten dieser Nuklide in die Umwelt. Während Cäsium-134 mit einer Halbwertszeit von rund zwei Jahren praktisch nicht mehr nachweisbar ist, findet sich Cäsium-137 mit einer Halbwertszeit von rund 30 Jahren noch in einer Vielzahl der untersuchten Proben, d. h. die Aktivitäten von Cäsium-137 in den untersuchten Proben werden auf diesen Unfall zurückgeführt.

Strontium-90 mit einer Halbwertszeit von knapp 29 Jahren tritt zumeist als sog. sekundäres Spaltprodukt auf. Es entsteht innerhalb weniger Minuten durch mehrfachen Zerfall aus primären Spaltprodukten. Es wurde in größeren Mengen vor allem bei der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl und bei den oberirdischen Kernwaffentests freigesetzt<sup>1</sup>. Auf die Kernwaffenversuche sind auch das manchmal nachgewiesene Plutonium-238 und das Ergebnis von Plutonium-239/240 zurückzuführen.

Jod-131 mit einer Halbwertszeit von 8 Tagen entsteht ebenfalls bei der Kernspaltung. Die größten Freisetzungen sind jedoch der Medizin zuzuordnen, wo Jod-131 im Bereich der Diagnostik und Therapie von Schilddrüsenerkrankungen eingesetzt wird. Mit den Ausscheidungen der Patienten, deren maximale Entlassungsaktivität  $2,5 \times 10^8$  Bq beträgt, gelangt Jod-131 über die Kanalisation in die Umwelt.

Kalium ist eines der am häufigsten in der Erdkruste vorkommenden Elemente und hat eine wichtige Funktion in pflanzlichen und tierischen Zellen. Daher ist Kalium praktisch überall zu finden. Da die Organismen nicht zwischen stabilen und nichtstabilen Isotopen unterscheiden, ist auch das natürliche radioaktive Kalium-40 mit einer Halbwertszeit von über einer Milliarde Jahren in nahezu allen Proben nachweisbar.

---

<sup>1</sup> Freisetzungen: Tschernobyl:  $1,0 \times 10^{16}$  Bq, Kernwaffen:  $6 \times 10^{17}$  Bq (aus „Radioaktivität in Lebensmitteln“, J. F. Diehl, 2003, WILEY-VCH)

## 2 Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität

### 2.1 Maßnahmen zur allgemeinen Überwachung

Die Regelungen des „Gesetzes zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (**Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG**)“ werden in der „Richtlinie für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (**AVV-IMIS**)“ präzisiert.

Diese Richtlinie regelt

- die Anzahl der jährlich landesweit durchzuführenden stichprobenartigen Messungen
- die anzuwendenden Messverfahren
- die 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 genommen. Dies bedeutet für Bayern, dass jährlich rund 1500 Proben vom Bayerischen Landesamt für Umwelt routinemäßig untersucht werden.

Um einen gewissen Qualitätsstandard über alle Messstellen im Bundesgebiet und die Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten, gibt die AVV-IMIS Nachweisgrenzen vor, welche bei den Messungen mindestens zu erreichen sind.

#### Nachweisgrenze (NWG)

Die Nachweisgrenze ist eine messtechnische Grenze, oberhalb derer ein Stoff oder Radioaktivität statistisch als vorhanden angesehen werden kann. Messwerte knapp oberhalb der Nachweisgrenze besitzen eine hohe Messunsicherheit.

## 2.2 Messergebnisse der allgemeinen Umweltradioaktivitätsüberwachung

### 2.2.1 Expositionspfad Luft

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

- der Radioaktivität in Luft und Niederschlag,
- der Gamma-Ortsdosisleistung/äußeren Strahlenbelastung.

### 2.2.2 Expositionspfad Wasser

Beim Expositionspfad Wasser sind die Aufgaben zwischen dem Bund und den Ländern geteilt. Nach § 2 StrVG ist der Bund für die Ermittlung der Radioaktivität

- in Bundeswasserstraßen,
- in Nord- und Ostsee einschließlich der Küstengewässer

zuständig. § 3 StrVG überträgt die Überwachung von

- Oberflächenwasser mit Schwebstoffen und Sediment,
- Grund- und Trinkwasser, sowie
- Abwasser aus Kläranlagen, Klärschlamm und Deponiesickerwasser

an die Länder. Abb. 2 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Untersuchungen.

In nur wenigen Wasserproben konnte noch Cäsium-137 nachgewiesen werden. Genau umgekehrt verhält es sich bei den untersuchten Sediment- und Schwebstoffproben. Hier konnte Cäsium-137 in nahezu allen Proben nachgewiesen werden. 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.

In den untersuchten Trink- und Grundwasserproben konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden.

Die Proben zur Untersuchung der Abwässer von Kläranlagen mit kommunalem Mischsystem als Entwässerungssystem wurden als gereinigte Abwässer (Klarwässer) stichprobenartig aus den Kläranlagen-Abläufen entnommen. In nur wenigen Proben wurde Jod-131 nachgewiesen. Durch die bekannte Anreicherung im Klärschlamm ist es nicht verwunderlich, dass in fast allen Klärschlammproben Cäsium-137 und Jod-131 nachgewiesen werden konnte.

Die überwachten Kläranlagen liegen im Einzugsbereich von Großkliniken mit Jodtherapiestationen oder von niedergelassenen Nuklearmedizinern. Deshalb ist es naheliegend, dass die gemessenen Jod-131-Aktivitäten auf Patienten zurückzuführen sind, deren Ausscheidungen mit dem häuslichen Abwasser in die öffentliche Kanalisation gelangen.

Ursache für erhöhte Tritiumwerte in Deponiesickerwässern sind vermutlich in der Vergangenheit erfolgte Ablagerungen von Gebrauchsgütern und Industrieprodukten, wie Armbanduhren, Weckern, Kompassen oder ähnlichen Anzeigeeinstrumenten mit Leuchtziffern, die Tritium enthalten. Da Sickerwasser aus Deponien gesammelt und Kläranlagen zugeführt wird, ist eine Gefährdung des Grundwassers weitgehend auszuschließen.

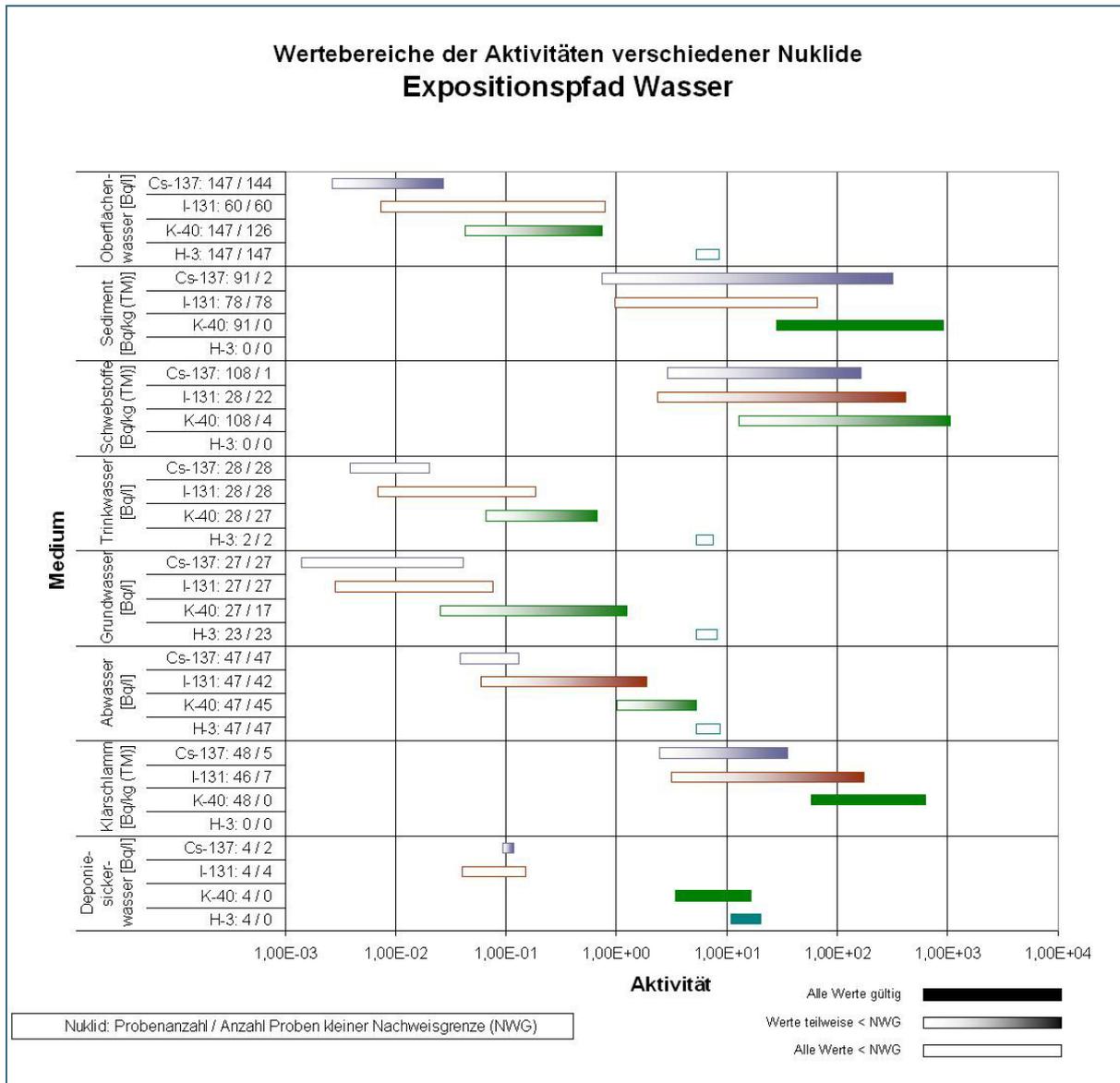


Abb. 2: Wertebereiche der in Bayern gemessenen Aktivitäten des Expositionspfad Wasser im Jahr 2010

### 2.2.3 Expositionspfad Ernährungskette Land

Der Expositionspfad „Ernährungskette Land“ wird nach § 3 StrVG von den Ländern bearbeitet.

Da die Kontamination von Ackerböden langsam aber stetig abnimmt (Abb. 3), ist in pflanzlichen Lebensmitteln Cäsium-137 nur noch gelegentlich in Spuren nachzuweisen (Abb. 4). Eine Besonderheit stellen Lebensmittel aus dem Waldökosystem dar. Im Wald ist der Austrag von Kontaminationen geringer, wodurch dort noch höhere Cäsium-137-Aktivitäten gemessen werden. Dies zeigt sich beispielsweise beim Frischobst (Abb. 4).

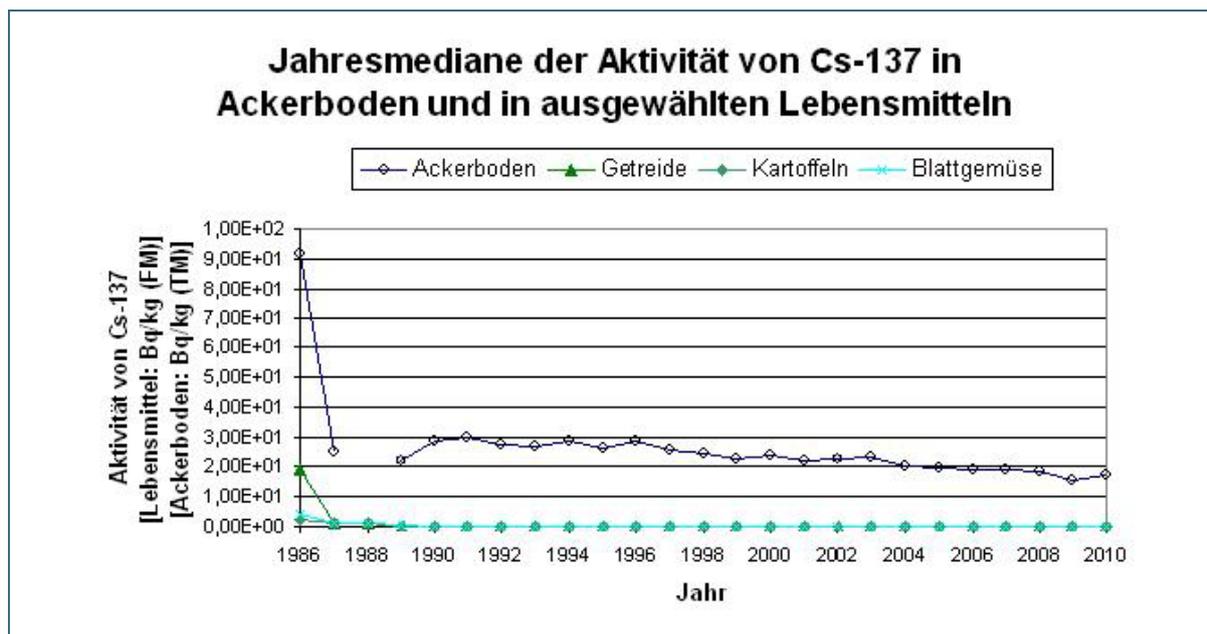


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Aktivität von Cäsium-137 in Ackerboden und ausgewählten landwirtschaftlichen Produkten (Für das Jahr 1988 liegen keine Messwerte für Ackerboden vor)

Ähnlich wie bei den pflanzlichen Lebensmitteln verhält es sich auch bei den tierischen Lebensmitteln (Abb. 5). Durch nur noch gering belastete Futtermittel (Abb. 6) ist im Fleisch der Nutztiere Cäsium-137 nur noch in Spuren nachweisbar. Im Fleisch wildlebender Tiere ist die Aktivität von Cäsium-137 noch deutlich höher.

Zusätzlich zu den einzelnen Stichproben von Lebensmitteln wird auch sog. Gesamtnahrung beprobt. Die Untersuchung der Gesamtnahrung, also verzehrfertige Speisen und Getränke eines Tages aus der Gemeinschaftsverpflegung von Großküchen ist von besonderem Interesse, da hierbei die Kontamination der Einzellebensmittel im Verhältnis zu den tatsächlich vom Menschen verzehrten Mengen ausgewertet wird. So kann ein Rückschluss auf die Strahlenexposition des Menschen gezogen werden.

#### Höchstwerte nach der Verordnung (EG) Nr. 1048/2009 für Drittlandserzeugnisse

Für importierte landwirtschaftliche Erzeugnisse gilt für Milch, Milcherzeugnisse und Lebensmittel für Kleinkinder eine maximale Aktivität von Cäsium von 370 Bq/kg (FM). Für andere Erzeugnisse 600 Bq/kg (FM). Dieser Höchstwert wird in Deutschland auch für die Verkehrsfähigkeit von Wildbret verwendet.

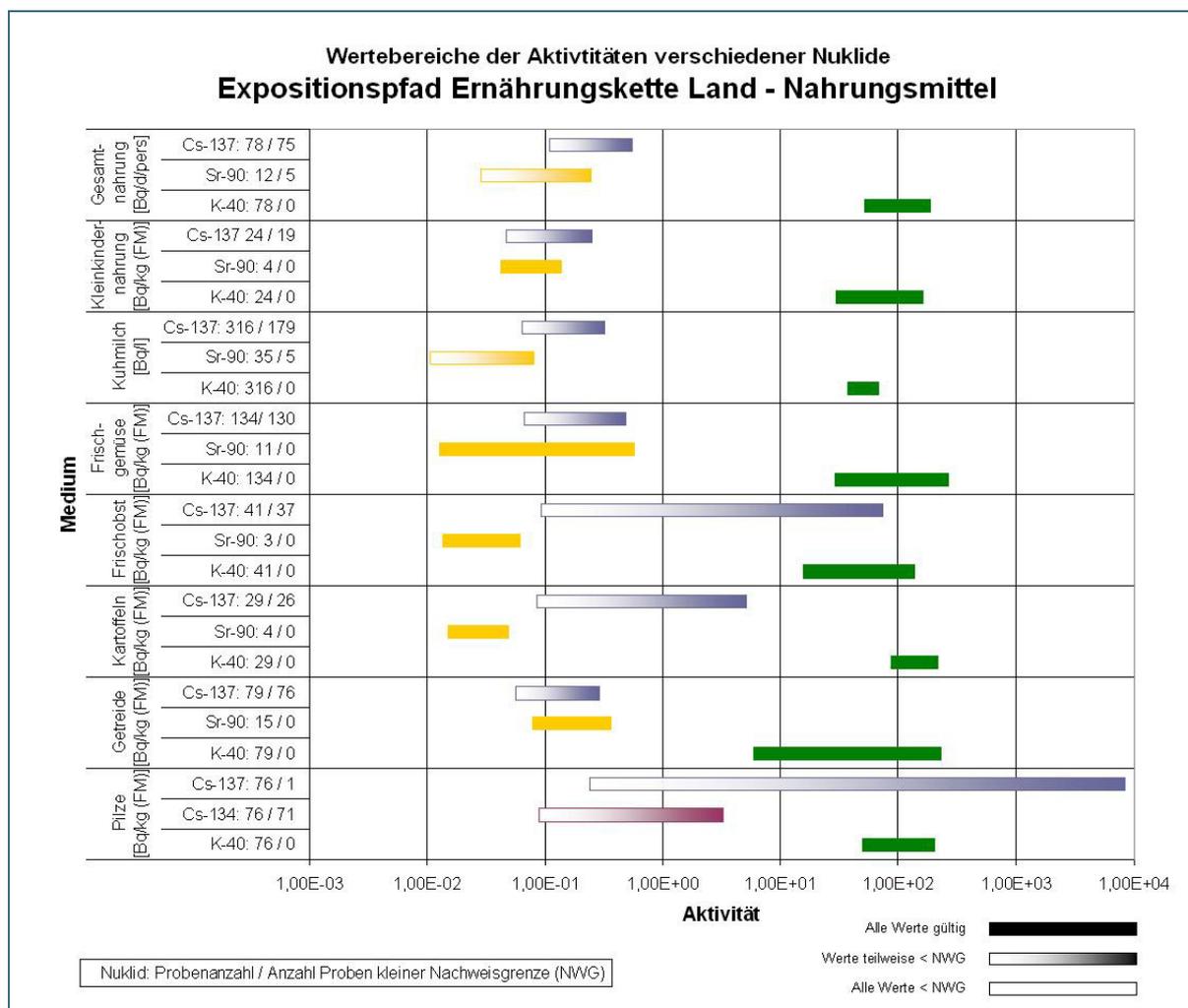


Abb. 4: Wertebereiche der in Bayern gemessenen Aktivitäten des Expositionspfad Ernährungskette Land – Nahrungsmittel (ohne tierische Lebensmittel) im Jahr 2010

Das für Wildfleisch (Abb. 5) vorliegende Datenmaterial zeigt teilweise noch deutlich erhöhte Aktivitäten von Cäsium-137. Die große Streubreite der Messergebnisse vor allem bei Wildschweinen ist auf verschiedene Bedingungen im Nahrungsangebot sowie die lokal unterschiedlichen Gegebenheiten zurückzuführen. Während sich Rehe und Hirsche fast ausschließlich von oberirdisch wachsenden Pflanzen ernähren, suchen Wildschweine ihre Nahrung je nach Jahreszeit vermehrt in der Humusschicht des Waldbodens und nehmen hierdurch verstärkt Cäsium auf.

■ Link zu „Radioaktives Cäsium in Wildbret“

[http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/caesium\\_wildbret/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/caesium_wildbret/index.htm)

Neben den Untersuchungen von Wildschweinen nach den Programmen des Bundes und des Landes führt das LfU auch Vergleichsmessungen zur Kontrolle der Messeinrichtungen der Qualifizierten Messstellen des Bayerischen Jagdverbandes und der Bayerischen Staatsforsten durch. Diese überprüfen in Eigenverantwortung die Verkehrsfähigkeit von Wildbret. Die Ergebnisse dieser Kontrollmessungen des LfU sind hier nicht wiedergegeben.

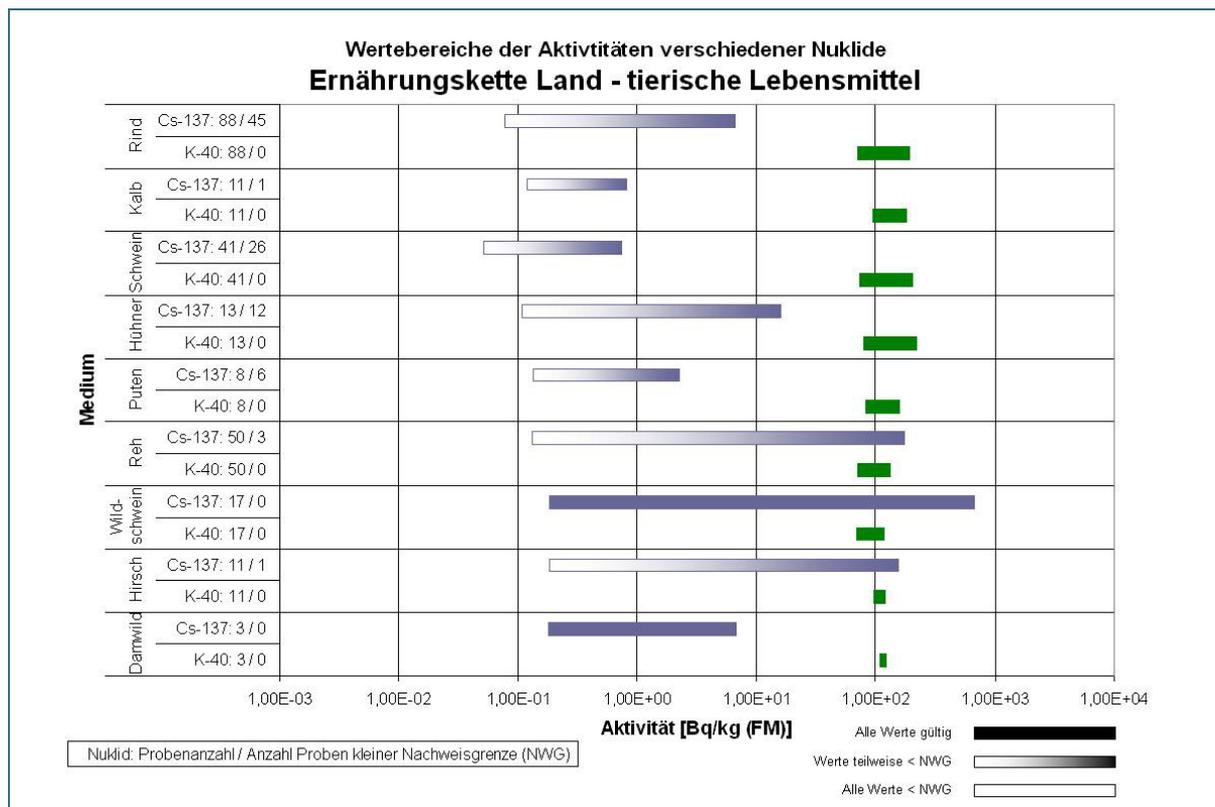


Abb. 5: Wertebereiche der in Bayern gemessenen Aktivitäten des Expositionspfads Ernährungskette Land – tierische Lebensmittel im Jahr 2010

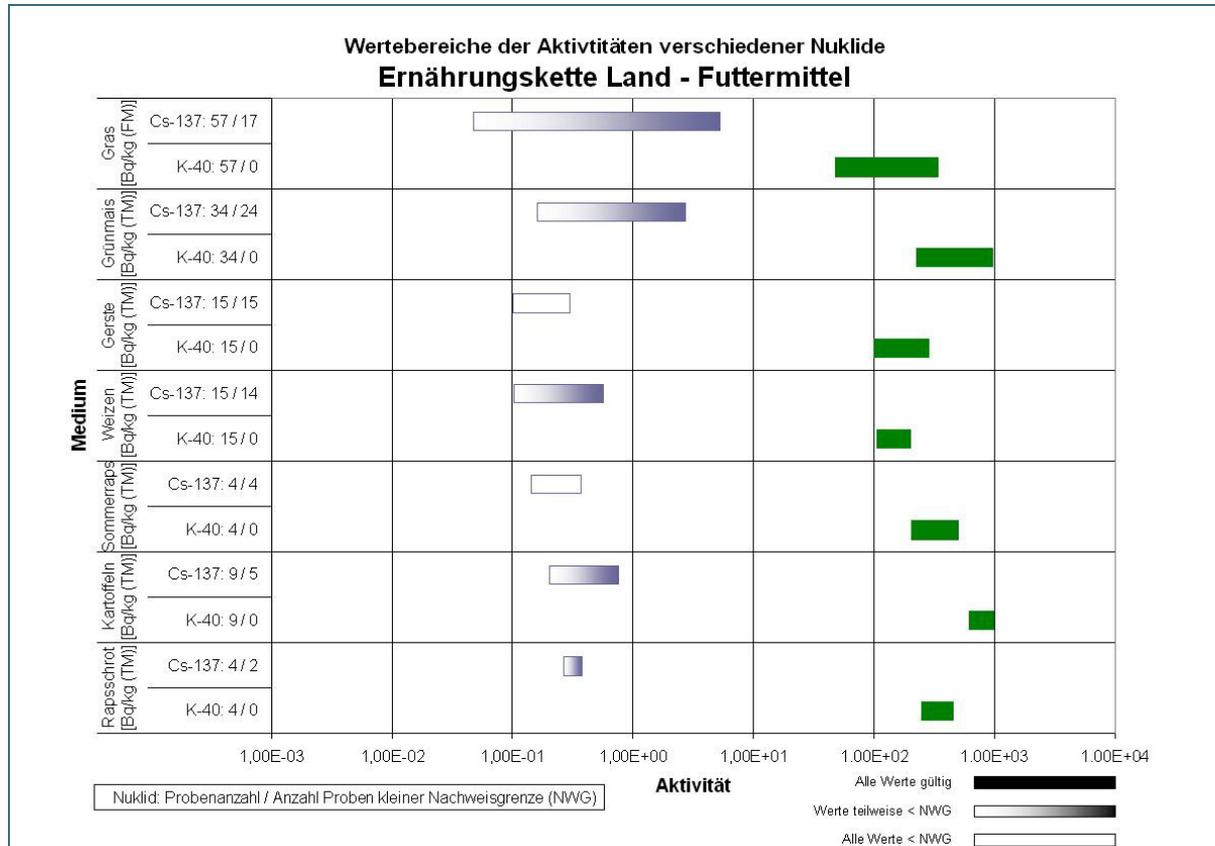


Abb. 6: Wertebereiche der in Bayern gemessenen Aktivitäten des Expositionspfads Ernährungskette Land – Futtermittel im Jahr 2010

## 2.2.4 Expositionspfad Ernährungskette Wasser

Im Jahr 1984 wurden erstmals Messungen zum Expositionspfad „Ernährungskette Wasser“, d. h. Fische, in das Programm zur Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität in Bayern aufgenommen (Abb. 7). Dieser Bereich wurde auch 1986 in das StrVG mit aufgenommen. Auch hier sind nach § 3 StrVG die Länder zuständig.

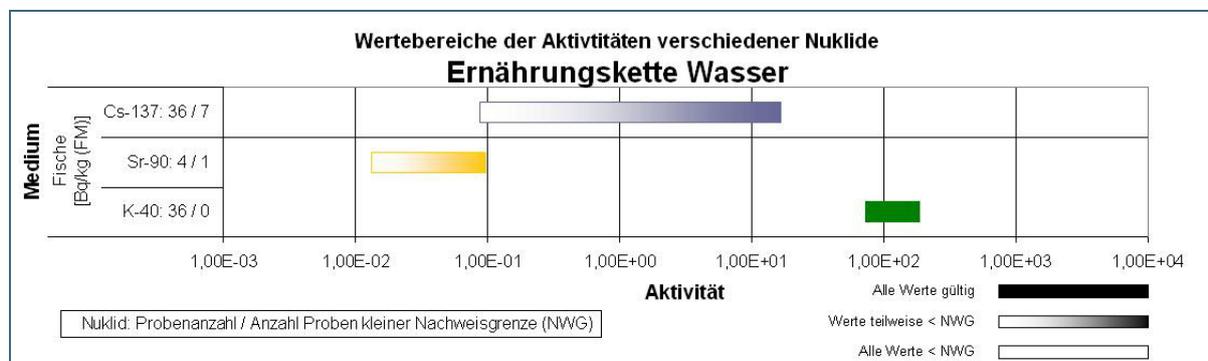


Abb. 7: Wertebereiche der in Bayern gemessenen Aktivitäten des Expositionspfad Ernährungskette Wasser im Jahr 2010

Die große Schwankung der Messergebnisse bei Cäsium-137 ist abgesehen von der Unterscheidung Fried- und Raubfisch vor allem auf die besonderen örtlichen und morphologischen Gegebenheiten wie zum Beispiel Abflussschwankungen, Feststofftransport und Wasseraustauschzeiten der einzelnen Seen zurückzuführen. Die Wasseraustauschzeiten<sup>2</sup> betragen beispielsweise für den Starnberger See rund zwanzig und für den Chiemsee rund ein Jahr. Dies wird vor allem beim direkten Vergleich der Messergebnisse deutlich (Abb. 8).

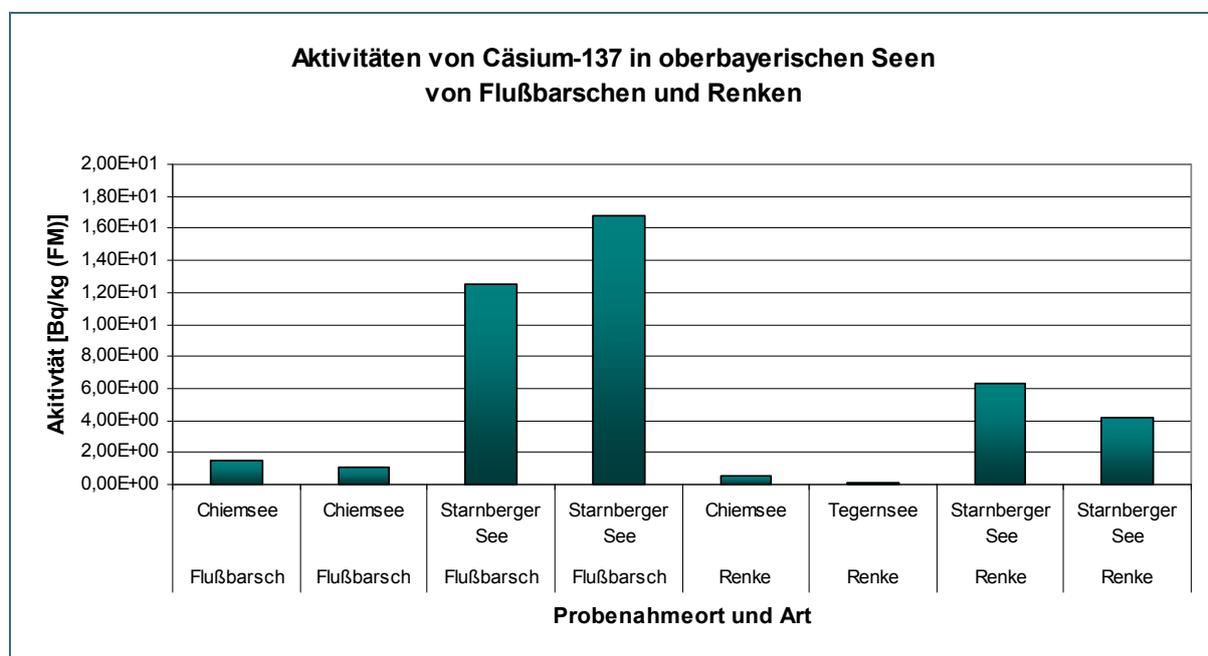


Abb. 8: Vergleich der Aktivitäten von Cäsium-137 in Flußbarschen und Renken aus oberbayerischen Seen

<sup>2</sup> Quelle: 90 Jahre Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung, Tätigkeitsbericht 1990, Kap. 11 Radiologie, S. 130-131

### 2.2.5 Reststoffe und Abfälle

Reststoffe und Abfälle werden nach § 3 StrVG ebenfalls durch die Länder bearbeitet. Schon im Juli 1986 begann auch ein Sondermessprogramm zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes von Rückständen aus Müllverbrennungsanlagen, die zum Teil auch mit Klärschlamm beschickt werden. Es sind die Ergebnisse von Messungen aufgeführt, die überwiegend als Rückstände anfallen und auf Reststoffdeponien gelagert werden. In diesen Rückständen werden Schadstoffe und auch Radionuklide angereichert.

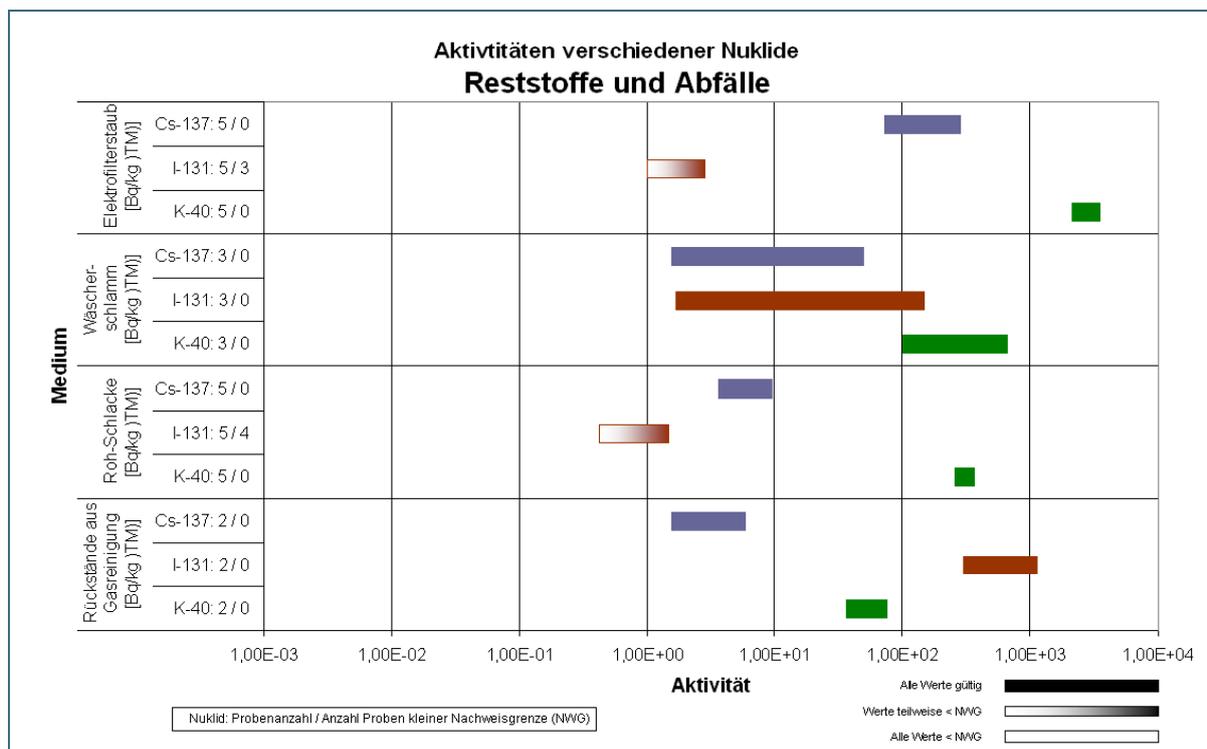


Abb. 9: Wertebereiche der in Bayern gemessenen Aktivitäten von Reststoffen und Abfällen im Jahr 2010

Aufgrund der Bestückung der Müllverbrennungsanlagen wurde, wie bei den Umweltbereichen Abwasser und Klärschlamm, auch bei den Rückständen aus Müll- bzw. Klärschlammverbrennungsanlagen oft Jod nachgewiesen. Diesbezügliche Genehmigungen erlauben die Beseitigung radioaktiv kontaminierter Stoffe als konventionelle Abfälle (bspw.  $2 \times 10^6$  Bq I-131 pro Tonne Abfall).

## 2.3 Zusammenfassende Bewertung der Messergebnisse

Die gemessenen Aktivitäten von Cäsium-137 in inländisch landwirtschaftlich erzeugten Nahrungsmitteln pflanzlicher und tierischer Herkunft weisen im Allgemeinen nur äußerst geringe Gehalte an künstlicher Radioaktivität auf.

Im Gegensatz dazu werden im Fleisch wildlebender Tiere (Wildschwein, Rehwild) zum Teil noch höhere Cäsium-137-Werte gemessen. Bei Wildpilzen und Waldbeeren treten ebenfalls meist noch erhöhte Cäsium-137-Werte auf.

In den untersuchten Schwebstoff-, Sediment- und Klärschlammproben wird aufgrund der bekannten Anreicherung in diesen Umweltbereichen noch regelmäßig Cäsium-137 nachgewiesen. Das hauptsächlich in der Nuklearmedizin angewandte kurzlebige Radionuklid Jod-131 wird öfters in den Schwebstoff-, Abwasser- und Klärschlammproben gefunden.

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).

### Fazit

Aufgrund der im Jahre 2010 untersuchten Proben lässt sich schließen, dass eine Beeinträchtigung der Gesundheit der Bevölkerung aus strahlenhygienischer Sicht nicht erfolgte.

■ Link zu „Tschernobyl – Bayern 20 Jahre danach“  
<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/tschernobyl/index.htm>

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

## 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, welche in den Anhängen und in den Tabellen A bis D präzisiert werden. Dabei wird zwischen dem sog. „bestimmungsgemäßen Betrieb“ und „Maßnahmen im Störfall/Unfall“ unterschieden. In Bayern kommen die Tabellen A (Kernkraftwerke) und C1 (Brennelementzwischenlager) zur Anwendung:

- Tabelle A.1: Maßnahmen des Genehmigungsinhabers im bestimmungsgemäßen Betrieb.
- Tabelle A.2: Maßnahmen der unabhängigen Messstelle im bestimmungsgemäßen Betrieb.
- Tabelle A.3: Maßnahmen des Genehmigungsinhabers im Störfall/Unfall
- Tabelle A.4: Maßnahmen der unabhängigen Messstelle im Störfall/Unfall
- Tabelle C1.1: Maßnahmen des Genehmigungsinhabers im bestimmungsgemäßen Betrieb.
- Tabelle C1.2: Maßnahmen der unabhängigen Messstelle im bestimmungsgemäßen Betrieb.

Bei den Tabellen nach C1 werden die Maßnahmen im Störfall/Unfall nach REI nicht angewendet, da diese durch das Störfallmessprogramm des entsprechenden Kernkraftwerkes abgedeckt werden.

- Link zu „Auf welcher Grundlage wird die Umgebungsüberwachung durchgeführt?“

<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/rei/grundlage/index.htm>

- Link zu „Wer misst bei der Umgebungsüberwachung?“

[http://www.lfu.bayern.de/strahlung/rei/wer\\_misst/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/strahlung/rei/wer_misst/index.htm)

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

- Luft (01)
- Niederschlag (02)
- Boden (03)
- Pflanzen / Bewuchs (04)
- Futtermittel (05)
- Ernährungskette Land (06)
- Milch und Milchprodukte (07)
- Oberirdische Gewässer (08)
- Ernährungskette Wasser (09)
- Trink- und Grundwasser (10)

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.

## 3.2 Messungen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen

■ Link zu „Wie und was wird bei der Umgebungsüberwachung gemessen“:  
[http://www.lfu.bayern.de/strahlung/rei/wie\\_was\\_gemessen/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/strahlung/rei/wie_was_gemessen/index.htm)

### 3.2.1 Messungen nach REI, Tabellen A.1/A.2 – bestimmungsgemäßer Betrieb

#### 3.2.1.1 Umweltbereich Luft (01)

Im Umweltbereich Luft werden zwei Aspekte betrachtet. Einmal die direkte Strahlung, die von einer Anlage abgestrahlt werden könnte und zum Zweiten die Strahlung durch radioaktive Partikel, welche mit der Luft transportiert werden.

In der näheren Umgebung der Kernkraftwerke und der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz sind je nach Anlage zwei oder drei Messhäuschen aufgestellt, in denen die Messapparatur für die Gamma-Ortsdosisleistung und die Probennehmer für Aerosole und Jod untergebracht sind. Ergänzt werden diese Messungen durch das vom LfU betriebene KFÜ<sup>3</sup>.

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

Die Gamma-Ortsdosisleistung, also die aus Gammastrahlung resultierende Dosis pro Zeit in Mikrosievert pro Stunde ( $\mu\text{Sv/h}$ ), wird kontinuierlich gemessen und ist mit einer sogenannten Alarmschwelle gekoppelt. Das heißt, dass ein Alarm ausgelöst wird, sobald sich die gemessene Gamma-Ortsdosisleistung merklich erhöht.

Zum Vergleich: Der Mittelwert der bayerischen IfR<sup>4</sup>-Stationen betrug im Jahr 2010  $0,08 \mu\text{Sv/h}$ .

Im Schwankungsbereich dieses Wertes lagen auch die Ergebnisse der Gamma-Ortsdosisleistung (Abb. 11). Die angegebenen Minimal- und Maximalwerte sind Mittelwerte über 10 Minuten.

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

Zur natürlichen Umgebungsstrahlung tragen die kosmische Höhenstrahlung (Sonne, Weltall) und die Bodenstrahlung bei. Bodenstrahlung entsteht durch natürlich vorkommende radioaktive Stoffe im Boden wie Kalium-40, Uran-234, Uran-235, Uran-238 und Radon.

Die oben bereits genannten Probennehmer für Aerosole und Jod bestehen aus speziellen Filtern durch die kontinuierlich Luft angesaugt wird. Diese Filter werden alle zwei Wochen gegen neue Filter ausgetauscht und im Labor ausgemessen. Die ausgewerteten Filter werden zusätzlich vierteljährlich von der unabhängigen Messstelle ausgewertet. In keiner der Proben konnten künstliche Radionuklide nachgewiesen werden.

Die in der REI und in diesem Bericht als Gamma-Ortsdosis beschriebenen Werte sind eigentlich auch Dosisleistungen. Der Unterschied liegt in der „Messdauer“. Die Gamma-Ortsdosis wird mit Dosimetern bestimmt, welche integral (addierend) die Dosisbeiträge erfassen. Sie werden jeweils für ein Jahr in der Umgebung der Anlage, vom Anlagenzaun bis zu einer Entfernung von 5 km, ausgelegt. Nach einem Jahr werden sie gegen neue Dosimeter ausgetauscht und die eingesammelten im Labor ausgewertet. Die Gamma-Ortsdosis wird in Millisievert [ $\text{mSv}$ ] angegeben.

<sup>3</sup> KFÜ: Kernreaktor-Fernüberwachungssystem

<sup>4</sup> IfR: Immissionsmessnetz für Radioaktivität

Zum Vergleich: Der Jahresmittelwert der Gamma-Ortsdosis der bayerischen IfR-Stationen lag im Jahr 2010 bei 0,7 mSv/a (= 0,08 µSv/h x 365 Tage x 24 Stunden).

Die Ergebnisse der Gamma-Ortsdosis (Abb. 10) lagen, mit drei Ausnahmen, im Schwankungsbereich der natürlichen Strahlung.

Je ein Dosimeter des Betreibers und der unabhängigen Messstelle, welche direkt am Anlagenzaun des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld befestigt waren, wurden durch einen temporären Kontrollbereich auf dem Anlagengelände zusätzlich beaufschlagt. In diesem Bereich ist das Anlagengelände durch einen weiteren Zaun an der Grenze des Betriebsgeländes, in einer Entfernung von mindestens 75 m, vor dem Zutritt Unbefugter geschützt. Dies bedeutet, dass auf dem öffentlich zugänglichen Gelände eine Überschreitung der Grenzwerte nach Strahlenschutzverordnung nicht anzunehmen ist.

Ein weiteres Zaundosimeter am Standort Karlstein weist ebenfalls erhöhte Werte auf. Diese Erhöhung ist auf vermehrte Schweißnahtprüfungen im angrenzenden Gebäude zurückzuführen und hängt nicht direkt mit dem Betrieb der Anlage zusammen.

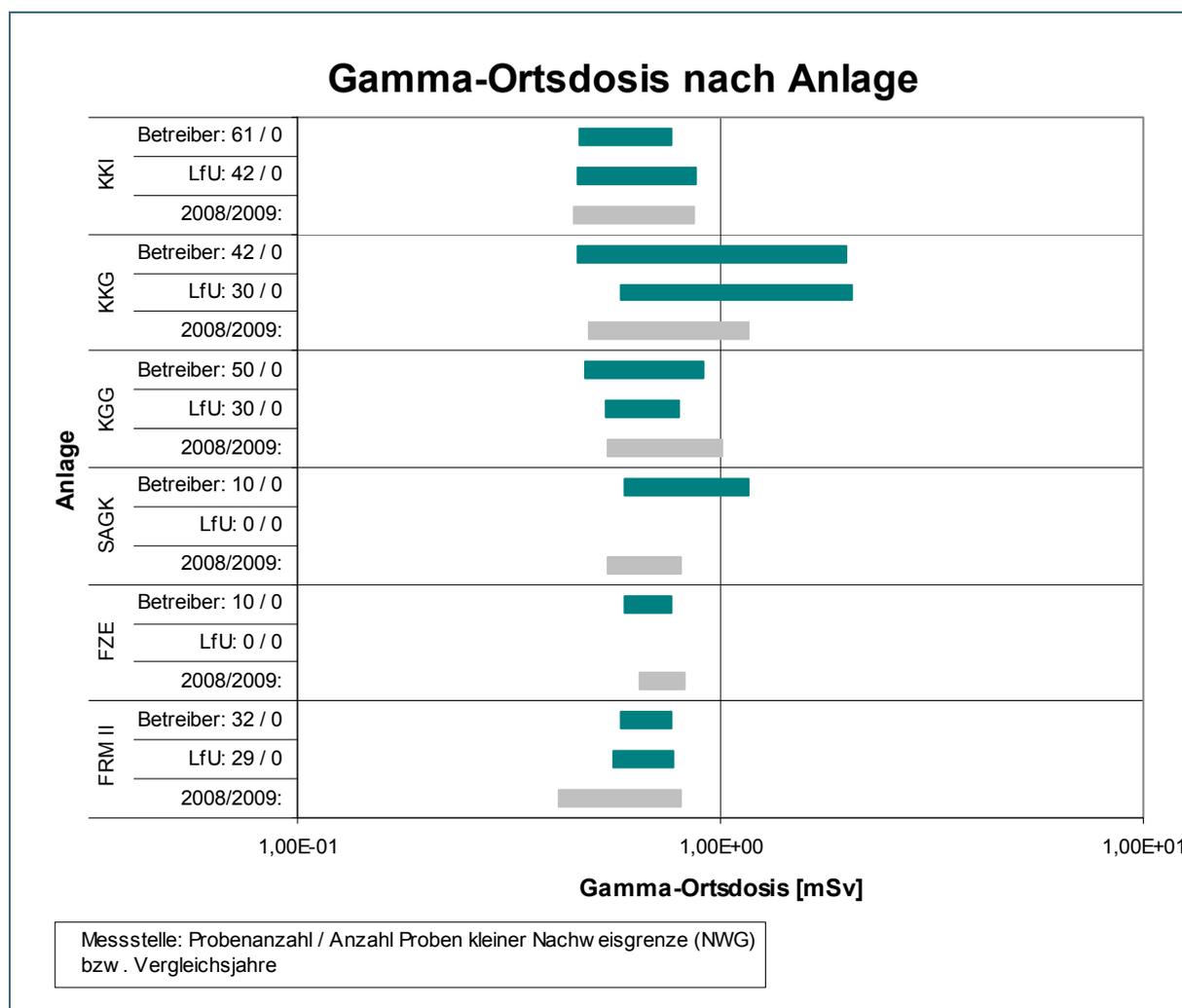


Abb. 10: Übersicht über die Messergebnisse der Gamma-Ortsdosis nach Anlage gem. REI, Tabelle A.1, Punkt 1.1b im Jahr 2010

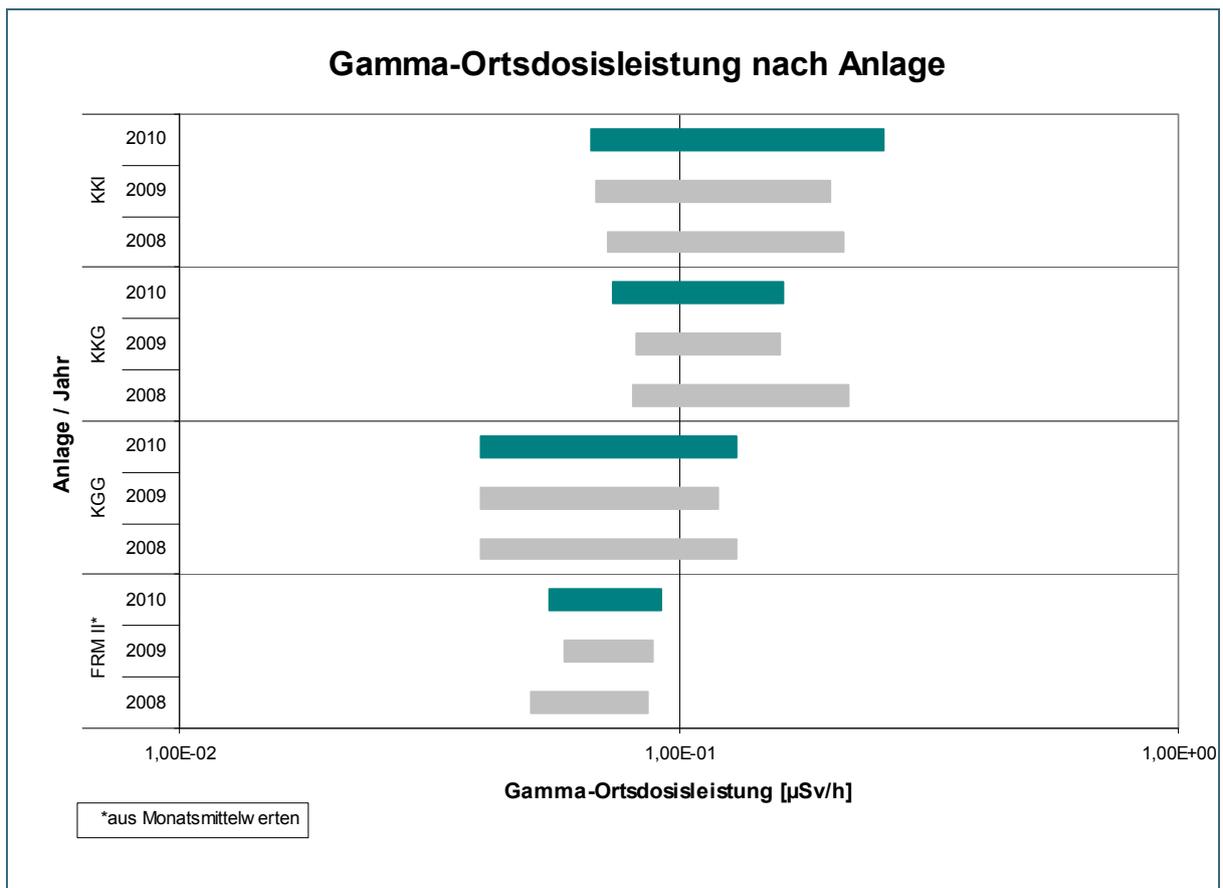


Abb. 11: Übersicht über die Messergebnisse der Gamma-Ortsdosisleistung (10-Minuten-Werte) gem. REI, Tabelle A1, Punkt 1.1a im Jahr 2010

### 3.2.1.2 Umweltbereich Niederschlag (02)

In der Luft befindliche radioaktive Stoffe bzw. Partikel können mit dem Niederschlag ausgewaschen werden (Washout-Effekt). Daher wird je nach Anlage an bis zu drei Orten in der Umgebung kontinuierlich der Niederschlag gesammelt und monatlich gammaspektrometrisch untersucht. Die drei untersuchten Proben eines Quartals werden anschließend von der unabhängigen Messstelle noch einmal als Mischprobe analysiert. Bei diesen Untersuchungen konnten bei keiner Anlage künstliche Radionuklide nachgewiesen werden (Tab. 2 und Tab. 3).

Der gesammelte Niederschlag am Standort der AREVA in Erlangen wird zusätzlich auf alphastrahlende Nuklide untersucht. Auch hier konnten keine künstlichen radioaktiven Substanzen nachgewiesen werden.

Aufgrund einer Theorie, nach der Tritium über den Kühlmittelkreislauf über die Kühltürme freigesetzt werden könnte, wurde im Jahr 2010 am Standort Gundremmingen der Niederschlag zusätzlich auf Tritium getestet. Tritium konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Untersuchung auf Tritium gehört bei der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) zum Pflichtprogramm, da der stillgelegte Forschungsreaktor München (FRM) noch Tritium enthält und dieser vom FRM II mit überwacht wird. Erwartungsgemäß wurde am Messpunkt „Dachablauf“ und teilweise am Messpunkt „Messschacht M2 neu“ Tritium nachgewiesen. Diese Werte (Tab. 4) sind auf den Wash-out von tritiumhaltigem Wasserdampf aus der Abluft des FRM (Kaminhöhe 5,5m) zurückzuführen (vgl. Abb. 12).

Tab. 2: Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag nach REI, Tabelle A.1, Punkt 2.0 (Betreiber) im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Probenanzahl < NWG	Median* [Bq/m <sup>2</sup> ]	Minimum [Bq/m <sup>2</sup> ]	Maximum [Bq/m <sup>2</sup> ]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>					
Co-60	36	36			
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>					
Co-60	24	24			
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>					
Cs-137	24	24			
Co-60	24	24			
K-40	24	24			
<b>AREVA Erlangen</b>					
Cs-137	4	4			
I-131	4	4			
K-40	4	4			
Cm-243/244	4	4			
Cm-242	4	4			
Am-241	4	4			
Pu-239/240	4	4			
Pu-238	4	4			
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>					
Cs-137	6	6			
Co-60	24	24			
C-14	24	24			
H-3	36	19	8,16E+03	<NWG	3,32E+04

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

Tab. 3: Aktivitätskonzentrationen im Niederschlag nach REI, Tabelle A.2, Punkt 2.0 (Unabhängige Messstelle) im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Probenanzahl < NWG	Median* [Bq/m <sup>2</sup> ]	Minimum [Bq/m <sup>2</sup> ]	Maximum [Bq/m <sup>2</sup> ]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>					
Cs-137	12	12			
Co-60	12	12			
K-40	12	12			
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>					
Cs-137	8	8			
Co-60	8	8			
K-40	8	8			
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>					
Cs-137	8	8			
Co-60	8	8			
K-40	8	8			
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>					
Cs-137	8	8			
Co-60	8	8			
C-14	8	8			
H-3	12	6	2,67E+04**	<NWG	6,20E+04**

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

\*\*Der Niederschlag wird als Deposition angegeben, daher entspricht der Messwert der unabhängigen Messstelle je nach Messgenauigkeit ungefähr der Summe der 3 zugehörigen Monatsproben des Betreibers.

Monat	Genehmigungs- inhaber [Bq/m <sup>2</sup> ]	Unabhängige Messstelle [Bq/m <sup>2</sup> ]
Januar	1,13E+04	
Februar	7,78E+03	
März	3,37E+03	
1. Quartal berechnet	2,25E+04	2,39E+04
April	4,02E+03	
Mai	1,65E+04	
Juni	3,32E+04	
2. Quartal berechnet	5,37E+04	5,26E+04
Juli	1,15E+04	
August	3,18E+04	
September	1,31E+04	
3. Quartal berechnet	5,64E+04	6,20E+04
Oktober	8,16E+03	
November	9,26E+03	
Dezember	8,16E+03	
4. Quartal berechnet	2,56E+04	2,95E+04

Tab. 4:  
Ergebnisse der Tritiumuntersuchung  
nach REI Tabelle A.1, Punkt 2.0 und  
Tabelle A.2, Punkt 2.0 am FRM II im  
Jahr 2010

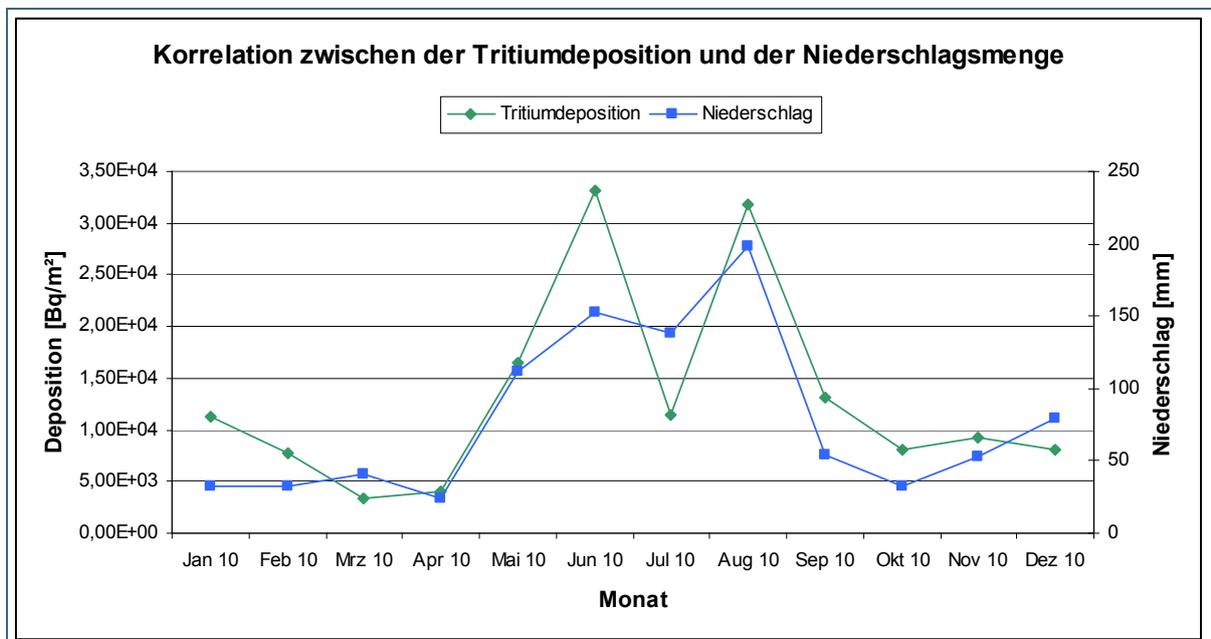


Abb. 12: Vergleich der Messwerte von Tritium und der Niederschlagsmenge an einem Messpunkt der Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz im Jahr 2010

### 3.2.1.3 Umweltbereich Boden (03)

An bis zu sechs Standorten je Anlage wird der Boden auf Radionuklide untersucht. Hierbei beproben sowohl die Betreiber der kerntechnischen Anlagen als auch die unabhängigen Messstellen Standorte entsprechend den hauptsächlich vorherrschenden Windrichtungen und je einen Referenzstandort in der Umgebung der Anlagen. Diese Punkte werden halbjährlich beprobt.

In den Bodenproben aus der Umgebung der überwachten Anlagen wurden keine Radionuklide gefunden, die auf deren Betrieb zurückzuführen sind (Tab. 5). Die Messwerte von Cäsium-137 liegen im Bereich der Vorjahreswerte. Ergänzend zu den gammaspektrometrischen Untersuchungen wird bei den Anlagen der AREVA in Erlangen und der Siemens AG in Karlstein der Boden auch auf Alphastrahler untersucht. Dabei konnten keine künstlichen Radionuklide nachgewiesen werden.

Tab. 5: Übersicht über die Aktivitäten in Boden nach REI, Tabelle A.1, Punkt 3.0 und Tabelle A.2, Punkt 3.0 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (TM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (TM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (TM)]	Median* 2009 [Bq/kg (TM)]	Median* 2008 [Bq/kg (TM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	12	0	4,35E+01	8,75E+00	7,87E+01	5,29E+01	4,37E+01
Co-60	12	12					
K-40	12	0	2,23E+02	1,47E+02	5,05E+02	2,37E+02	2,22E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	10	0	7,50E+00	4,71E+00	1,32E+01	5,31E+00	6,27E+00
Co-60	10	10					
K-40	10	0	7,17E+02	6,44E+02	7,79E+02	6,71E+02	6,39E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	10	0	5,88E+01	4,15E+01	6,70E+01	3,75E+01	2,15E+01
Co-60	10	10					
K-40	10	0	3,47E+02	3,18E+02	3,79E+02	4,89E+02	2,07E+02
<b>Siemens AG Karlstein</b>							
Cs-137	2	0	1,10E+01	1,02E+01	1,17E+01	1,09E+01	1,09E+01
Co-60	2	2					
K-40	2	0	5,61E+02	5,15E+02	6,07E+02	5,35E+02	5,41E+02
Am-241	1	1					
<b>AREVA Erlangen</b>							
Cs-137	4	0	1,48E+01	1,15E+01	1,98E+01	1,23E+01	1,74E+01
Co-60	4	4					
K-40	4	0	6,92E+02	2,17E+02	8,58E+02	7,26E+02	5,60E+02
Cm-243/244	4	4					
Cm-242	4	4					
Am-241	4	4					
Pu-239/240	4	4				9,70E-01	2,65E-01
Pu-238	4	4					2,10E-01
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	4	0	4,36E+01	1,65E+01	7,30E+01	1,14E+02	5,88E+01
Co-60	4	4					
K-40	2	0	2,17E+02	2,13E+02	2,20E+02	8,80E+01	1,32E+02

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

### 3.2.1.4 Umweltbereich Pflanzen/Bewuchs (04)

In diesem Umweltbereich wird Grünfutter, d. h. Gras beprobt. Die Proben werden halbjährlich an denselben Stellen und zum selben Zeitpunkt wie die Bodenproben entnommen.

Bei der Untersuchung der Pflanzen-/Bewuchsproben wurden keine Radionuklide, die aus dem Betrieb der Anlagen stammen, gefunden (Tab. 6).

Tab. 6: Übersicht über die Aktivitäten im Umweltbereich Pflanzen/Bewuchs nach REI, Tabelle A.1, Punkt 4.0 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (FM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (FM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (FM)]	Median* 2009 [Bq/kg (FM)]	Median* 2008 [Bq/kg (FM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	6	0	6,04E-01	9,35E-02	1,60E+00	6,74E-01	6,24E-01
Co-60	6	6					
K-40	6	0	1,53E+02	1,07E+02	1,67E+02	1,52E+02	1,43E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	4	4					
Co-60	4	4					
K-40	4	0	1,76E+02	1,12E+02	1,81E+02	2,14E+02	1,96E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	6	4	6,59E-01	6,07E-01	7,10E-01	7,40E-01	3,06E-01
Co-60	6	6					
K-40	6	0	2,07E+02	7,80E+01	3,25E+02	1,80E+02	2,33E+02
<b>Siemens AG Karlstein</b>							
Cs-137	1	1				5,2E-01	2,10E-01
Co-60	1	1					
K-40	1	0	1,05E+02	1,05E+02	1,05E+02	1,17E+02	7,40E+02
Am-241	1	1					
<b>AREVA Erlangen</b>							
Cs-137	2	2					
Co-60	2	2					
K-40	2	0	1,60E+02	1,59E+02	1,61E+02	1,35E+02	3,15E+02
Cm-243/244	2	2					
Cm-242	2	2					
Am-241	2	2					
Pu-239/240	2	2					
Pu-238	2	2					
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	2	0	2,25E+00	6,00E-01	3,90E+00	8,65E-01	8,74E-01
Co-60	2	2					

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

### 3.2.1.5 Umweltbereich Futtermittel (05)

Wie im Umweltbereich Pflanzen/Bewuchs, welcher durch den Betreiber bearbeitet wird, wird durch die unabhängige Messstellen auch im Umweltbereich Futtermittel Gras beprobt. Diese Proben werden ebenfalls halbjährlich an denselben Stellen und zum selben Zeitpunkt wie die Bodenproben entnommen.

In den untersuchten Futtermittelproben wurden keine Radionuklide, die aus dem Betrieb der Anlagen stammen, nachgewiesen (Tab. 7).

Tab. 7: Übersicht über die Aktivitäten in Weide- und Wiesenbewuchs nach REI, Tabelle A.2, Punkt 4.0 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (FM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (FM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (FM)]	Median* 2009 [Bq/kg (FM)]	Median* 2008 [Bq/kg (FM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	6	0	1,85E-01	4,97E-02	9,49E-01	1,71E-01	1,96E-01
Co-60	6	6					
K-40	6	0	1,22E+02	1,06E+02	2,14E+02	1,50E+02	1,54E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	6	6					
Co-60	6	6					
K-40	6	0	2,20E+02	1,86E+02	6,90E+02	1,90E+02	1,42E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	4	1	2,62E-01	5,23E-02	4,20E-01	2,19E-01	2,10E-01
Co-60	4	4					
K-40	4	0	1,44E+02	1,17E+02	1,94E+02	1,37E+02	1,52E+02
<b>Siemens AG Karlstein</b>							
Cs-137	1	1					
Co-60	1	1					
K-40	1	0	2,46E+02	2,46E+02	2,46E+02	1,55E+02	
<b>AREVA Erlangen</b>							
Cs-137	2	0	1,59E+00	1,70E-01	3,00E+00	2,16E+00	5,30E-01
Co-60	2	2					
K-40	2	0	2,86E+02	2,15E+02	3,56E+02	2,25E+02	2,04E+02
Cm-243/244	2	2					
Cm-242	2	2					
Am-241	2	2					
Pu-239/240	2	2					
Pu-238	2	2					
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	2	0	1,30E+00	4,37E-01	2,17E+00	5,62E-01	3,85E-01
Co-60	2	2					
K-40	2	0	1,77E+02	1,66E+02	1,87E+02	1,66E+02	6,60E+01

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

### 3.2.1.6 Umweltbereich Ernährungskette Land (06)

Die unabhängigen Messstellen untersuchen in der Umgebung meist halbjährlich an teilweise mehreren Standorten in der Umgebung kerntechnischer Anlagen sogenannte erntefrische landwirtschaftliche Erzeugnisse, also Lebensmittel.

Radionuklide, die aus dem Betrieb der Anlagen stammen, wurden nicht gefunden (Tab. 8, Tab. 9 und Tab. 10).

Tab. 8: Übersicht über die Aktivitäten in Getreide nach REI, Tabelle A.2, Punkt 5.0 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (FM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (FM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (FM)]	Median* 2009 [Bq/kg (FM)]	Median* 2008 [Bq/kg (FM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	5	3	4,40E-02	< NWG	2,90E-01	3,26E-02	
Co-60	5	5					
K-40	5	0	1,21E+01	1,07E+02	1,24E+02	1,26E+02	8,76E+01
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	2	2					
Co-60	2	2					
K-40	2	0	7,80E+01	7,40E+01	8,20E+01	6,35E+01	1,20E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	4	2	2,73E-01	3,06E-02	5,16E-01		4,61E-02
Co-60	4	4					
K-40	4	0	1,02E+02	8,71E+01	1,24E+02	1,11E+02	1,04E+02
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	1	0	3,70E-01				
Co-60	1	1					
K-40	1	0	9,3E+01			1,18E+02	1,21E+02

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

Tab. 9: Übersicht über die Aktivitäten in Frischgemüse nach REI, Tabelle A.2, Punkt 5.0 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (FM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (FM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (FM)]	Median* 2009 [Bq/kg (FM)]	Median* 2008 [Bq/kg (FM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	1	1					
Co-60	1	1					
K-40	1	0	5,88E+01			4,67E+01	4,08E+01
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	4	4					
Co-60	4	4					
K-40	4	0	5,25E+01	4,70E+01	8,20E+01	5,40E+01	5,40E+01
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	1	1					3,62E-02
Co-60	1	1					
K-40	1	0	8,94E+01			9,95E+01	9,53E+01
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	1	0	5,50E-02			2,72E-02	
Co-60	1	1					
K-40	1	0	5,70E+01			6,80E+01	5,40E+01

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

Tab. 10: Übersicht über die Aktivitäten in Frischobst nach REI, Tabelle A.2, Punkt 5.0 im Jahr 2010

Nuklid	Proben- anzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (FM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (FM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (FM)]	Median* 2009 [Bq/kg (FM)]	Median* 2008 [Bq/kg (FM)]
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	2	2					
Co-60	2	2					
K-40	2	0	4,35E+01	3,10E+01	5,60E+01	4,50E+01	3,15E+01
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	4	4					
Co-60	4	4					
K-40	4	0	4,00E+01	3,52E+01	4,47E+01	4,88E+01	3,75E+01

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

### 3.2.1.7 Umweltbereich Milch und Milchprodukte (07)

Während der sogenannten Grünfütterzeit, von Mai bis Oktober, werden an bis zu 3 Stellen pro Anlage monatlich Milchproben genommen und auf Jod untersucht. Zusätzlich wird eine Probe pro Halbjahr auf gammastrahlende Nuklide und Strontium getestet.

Bei keiner der untersuchten Proben (Tab. 11) konnten Radionuklide festgestellt werden, die auf den Betrieb der Anlagen zurückzuführen sind.

Tab. 11: Übersicht über die Aktivitäten in Milch nach REI, Tabelle A.2, Punkt 6.0 im Jahr 2010

Nuklid	Proben- anzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/l]	Minimum 2010 [Bq/l]	Maximum 2010 [Bq/l]	Median* 2009 [Bq/l]	Median* 2008 [Bq/l]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	4	0	4,80E-02	3,70E-02	8,67E-02	6,72E-02	6,50E-02
I-131	12	12					
Sr-90	4	4					
Co-60	4	4					
K-40	4	0	5,18E+01	5,04E+01	5,39E+01	4,82E+01	4,33E+01
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	6	6					
I-131	18	18					
Sr-90	6	3	2,70E-02	< NWG	3,80E-02		2,20E-02
Co-60	6	6					
K-40	6	0	5,03E+01	4,70E+01	5,40E+01	4,81E+01	4,97E+01
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	6	1	2,72E-02	< NWG	3,24E-02	2,21E-02	2,37E-02
I-131	18	18					
Sr-90	6	6					
Co-60	6	6					
K-40	6	0	5,05E+01	4,79E+01	5,32E+01	4,82E+01	3,83E+01
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	2	1	6,20E-02	< NWG	6,20E-02	1,80E-01	5,38E-02
Sr-90	2	1	1,34E-02	< NWG	1,34E-02	2,27E-02	1,59E-02
Co-60	2	2					
K-40	2	0	3,65E+01	2,10E+01	5,20E+01	4,16E+01	4,70E+01

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

### 3.2.1.8 Umweltbereich Oberirdische Gewässer (08)

Vor und nach den Einleitstellen kerntechnischer Anlagen werden die oberirdischen Gewässer quasi-kontinuierlich beprobt. Die durch die Probenentnahme entstandene Mischprobe wird vierteljährlich auf gammastrahlende Nuklide und Tritium untersucht. An den Standorten der Siemens AG in Karlstein und der AREVA in Erlangen, welche nicht direkt in ein Gewässer einleiten, wird das Abwasser vor der Einleitung in das örtliche Kanalnetz getestet. Bei diesen beiden Anlagen werden diese Abwässer zusätzlich auf alphastrahlende Nuklide untersucht.

Vor allem in den Rückgabekanaln können teilweise Nuklide gefunden werden, welche im Rahmen der genehmigten Ableitungen (siehe Kap. 3.4) abgegeben werden (Tab. 12).

Tab. 12: Übersicht über die Aktivitäten in Oberflächenwasser nach REI, Tabelle A.2, Punkt 7.1 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/l]	Minimum 2010 [Bq/l]	Maximum 2010 [Bq/l]	Median* 2009 [Bq/l]	Median* 2008 [Bq/l]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	12	12					
Co-60	12	12					
K-40	12	0	9,77E-02	6,57E-02	1,24E-01	8,75E-02	6,34E-02
H-3	12	7	1,81E+02	9,41E+00	3,03E+02	1,59E+02	3,70E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	12	12					
Co-60	12	12					
K-40	12	11	7,60E-01				5,64E-01
H-3	12	8	1,33E+02	6,30E+01	4,10E+02	2,06E+02	4,25E+01
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	20	17	6,60E-03	6,57E-03	7,73E-03	7,74E-03	4,46E-03
Co-60	20	16	9,66E-03	5,57E-03	1,41E-02	9,53E-03	6,57E-03
K-40	20	0	1,17E-01	7,16E-02	2,85E-01	8,32E-02	1,76E-01
H-3	20	16	1,45E+02	1,13E+02	1,95E+02	1,32E+02	1,47E+02
<b>Siemens AG Karlstein**</b>							
Cs-137	1	1					
Co-60	1	1					
K-40	1	0	9,98E-01			5,70E-01	
H-3	1	1					
<b>AREVA Erlangen**</b>							
Cs-137	4	4					
I-131	4	3	1,40E-01			1,50E-01	
Co-60	4	4					
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	16	16					
Co-60	16	16					
C-14	16	16					
H-3	16	13	1,60E+01	1,22E+01	3,30E+01	1,33E+01	3,45E+01

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

\*\*Abwasser bei Übergabe an das Kanalnetz

In diesem Umweltbereich wird nicht nur das Wasser, sondern auch das Sediment untersucht. Dieses wird in sogenannten Sedimentsammelkästen kontinuierlich gesammelt und ebenfalls vierteljährlich ausgemessen.

Durch die bekannte Anreicherung in den Sedimenten können teilweise Nuklide aus der genehmigten Ableitung nachgewiesen werden (Tab. 13). Die Befunde von Cobalt-60 flussabwärts des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld korrelieren mit den erhöhten Emissionen während der Reinigung des Primärkreislaufes. Daher sind diese Befunde mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Betrieb dieser Anlage zurückzuführen. Eine Überschreitung der Dosisgrenzwerte nach § 47 der Strahlenschutzverordnung ist nicht zu befürchten.

Tab. 13: Übersicht über die Aktivitäten in Sediment nach REI, Tabelle A.2, Punkt 7.2 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (TM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (TM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (TM)]	Median* 2009 [Bq/kg (TM)]	Median* 2008 [Bq/kg (TM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	8	0	3,38E+01	1,77E+01	4,47E+01	3,63E+01	4,60E+01
I-131	8	0	2,06E+01	9,86E+00	5,93E+01	3,46E+01	3,50E+01
Co-60	8	8					
K-40	8	0	2,77E+02	2,01E+02	3,31E+02	2,67E+02	2,66E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	8	0	2,50E+01	8,03E-01	2,91E+01	2,62E+01	3,09E+01
Co-60	8	5	4,18E+00	1,23E+00	3,04E+01		
K-40	8	0	7,91E+02	6,06E+02	8,93E+02	7,97E+02	8,69E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	12	0	4,79E+01	1,30E+01	8,70E+01	6,38E+01	5,59E+01
I-131	12	10	1,31E+01	1,28E+01	1,34E+01	3,90E+01	3,29E+01
Co-60	12	8	1,20E+00	5,63E-01	2,15E+00	5,47E+00	2,80E+00
K-40	12	0	3,41E+02	3,05E+02	3,67E+02	3,68E+02	3,35E+02
<b>Siemens AG Karlstein**</b>							
Cs-137	3	2	6,31E+00			8,77E+00	6,39E+00
Co-60	3	3					
K-40	3	0	4,10E+02	1,23E+02	6,04E+02	4,66E+02	3,74E+02
<b>AREVA Erlangen***</b>							
Cs-137	11	0	6,37E+00	4,14E+00	9,36E+00	4,05E+00	5,89E+00
I-131	11	8	4,55E+00	2,38E+00	7,00E+00	3,97E+00	4,67E+00
Co-60	11	8	1,15E+00	1,15E+00	4,97E+00		1,80E+00
K-40	11	0	4,52E+02	1,45E+02	5,85E+02	4,59E+02	3,99E+02
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	12	0	1,51E+01	6,91E+00	3,17E+01	1,62E+01	1,53E+01
Co-60	12	12					
K-40	12	0	1,37E+02	8,40E+01	1,87E+02	1,37E+02	1,30E+02

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

\*\* Klärschlamm bzw. Kanalsediment.

\*\*\* Klärschlamm bzw. Kanalsediment; enthält als Sonderprogramm den Punkt A1:7.2 als Untersuchung des Betreibers.

### 3.2.1.9 Umweltbereich Ernährungskette Wasser (09)

Die unabhängigen Messstellen untersuchen in den Gewässern meist halbjährlich an teilweise mehreren Standorten in der Nähe der Einleitungen kerntechnischer Anlagen auch die Ernährungskette über den Wasserpfad. Hierzu zählen Fische und Wasserpflanzen.

In den Fischen konnten keine Nuklide nachgewiesen werden, welche auf den Betrieb der kerntechnischen Anlagen zurückzuführen sind (Tab. 14). Durch die bekannte Anreicherung in Wasserpflanzen

können hier teilweise künstliche Nuklide nachgewiesen werden (Tab. 15), die auf die genehmigten Ableitungen zurückzuführen sind. Eine Überschreitung der Dosisgrenzwerte nach § 47 der Strahlenschutzverordnung ist nicht zu befürchten.

Tab. 14: Übersicht über die Aktivitäten in Fischen nach REI, Tabelle A.2, Punkt 8.0 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (FM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (FM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (FM)]	Median* 2009 [Bq/kg (FM)]	Median* 2008 [Bq/kg (FM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	4	3	2,14E-01			2,54E-01	3,20E-01
Co-60	4	4					
K-40	4	0	1,06E+02	9,21E+01	1,34E+02	1,14E+02	1,11E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	4	3	4,06E-01				3,11E-01
Co-60	4	4					
K-40	4	0	1,11E+02	8,51E+01	1,24E+02	1,38E+02	1,04E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	6	2	2,40E-01	1,86E-01	3,86E-01	2,72E-01	2,68E-01
Co-60	6	6					
K-40	6	0	1,13E+02	8,61E+01	1,34E+02	1,19E+02	9,69E+01
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	1	0	1,70E-01			5,50E-01	4,30E-01
Co-60	1	1					
K-40	1	0	1,43E+02			1,30E+02	1,78E+02

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

Tab. 15: Übersicht über die Aktivitäten in Wasserpflanzen in Anlehnung an die REI als Tabelle A.2, Punkt 8.1 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median* 2010 [Bq/kg (TM)]	Minimum 2010 [Bq/kg (TM)]	Maximum 2010 [Bq/kg (TM)]	Median* 2009 [Bq/kg (TM)]	Median* 2008 [Bq/kg (TM)]
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137	1	0	1,75E+01			1,40E+01	7,04E+00
I-131	1	0	8,08E+01			2,33E+01	2,89E+01
Co-60	1	1					
K-40	1	0	4,24E+02			3,87E+02	6,92E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137	2	0	1,14E+00	1,13E+00	1,15E+00	8,70E-01	
I-131	2	0	1,61E+00	1,47E+00	1,75E+00	1,00E+00	
Co-60	2	0	1,61E+00	1,11E+00	2,11E+00	8,35E-01	
K-40	2	0	1,04E+03	9,99E+02	1,08E+03	8,06E+02	6,82E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137	2	0	7,18E+00	3,05E+00	1,13E+01	1,80E+00	6,19E+00
I-131	2	2					3,03E+00
Co-60	2	1	3,67E+00				6,71E+00
Mn-54	2	1	4,12E+00				1,22E+00
K-40	2	0	1,08E+03	1,07E+03	1,09E+03	6,17E+02	1,79E+03
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137	4	0	6,91E+00	3,33E+00	1,37E+01	8,90E+00	8,57E+00
I-131	4	2	7,73E+00	5,36E+00	1,01E+01	6,80E+00	1,74E+02
Co-60	4	3	2,90E+00				2,87E+00
K-40	4	0	3,48E+02	2,78E+02	8,47E+02	3,70E+02	8,41E+02

\*Nachweisgrenzen bei der Berechnung des Median nicht berücksichtigt. Liegen die Messwerte aller Proben unterhalb der Nachweisgrenze, werden keine Werte angegeben.

### 3.2.1.10 Umweltbereich Trink- und Grundwasser (10)

In der Umgebung kerntechnischer Anlagen wird meist vierteljährlich das Trink- und Grundwasser an bis zu 15 Stellen pro Anlage beprobt. Diese Untersuchungen werden sowohl vom Betreiber (Tabelle A.1, Punkt 6.0) und von der unabhängigen Messstelle (Tabelle A.2, Punkt 9.0) durchgeführt.

Bei keiner der untersuchten Proben konnten künstliche Radionuklide festgestellt werden.

### 3.2.2 Zusammenfassung REI – Tabellen A.1 und A.2

Bei den Untersuchungen nach der REI, Tabellen A.1 (Betreiber) und A.2 (unabhängigen Messstellen) konnten nur teilweise Nuklide gefunden werden, welche auf den Betrieb der Anlagen zurückzuführen sind. Diese sind hauptsächlich im Wasserpfad und dort in den Rücklaufkanälen zu finden.

Im Zusammenhang mit der Primärkreislaufreinigung im Kernkraftwerk Grafenrheinfeld kam es im Rahmen der genehmigten Ableitungen zu einer leichten Erhöhung der Emissionen, welche auch im Rahmen der Umgebungsüberwachung festgestellt werden konnte. Eine Überschreitung der Grenzwerte nach § 47 der Strahlenschutzverordnung ist auszuschließen.

Fazit
Aus den Ergebnissen der gemäß REI, Tabellen A.1 und A.2, durchgeführten Probenahmen und Messungen in der Umgebung der bayerischen kerntechnischen Anlagen ist eine Überschreitung der Grenzwerte nach § 47 der Strahlenschutzverordnung auszuschließen.

### 3.2.3 Messungen nach REI, Tabellen A.3/A.4 – Störfall/Unfall

Die REI sieht auch Maßnahmen bei einem Störfall bzw. Unfall für den Betreiber (Tabelle A.3) und die unabhängige Messstelle (Tabelle A.4) vor. Des Weiteren verlangt die REI auch, dass diese Maßnahmen regelmäßig geübt werden. Eine Berichtspflicht besteht jedoch nicht. Daher sind in Tab. 16 nur die Ergebnisse des Bayerischen Landesamts für Umwelt als unabhängige Messstelle aufgeführt und beispielhaft nur die Messergebnisse aus der sogenannten Insitu-Gammaskpektrometrie.

Tab. 16: Messwerte nach REI, Tabelle A.4, Punkt 2.1 im Jahr 2010

Nuklid	Probenanzahl	Anzahl <NWG	Median 2010	Minimum 2010	Maximum 2010	Median 2009	Median 2008
<b>Kernkraftwerke Isar</b>							
Cs-137 [Bq/m <sup>2</sup> ]	6	0	1,40E+03	5,51E+02	1,67E+03	1,25E+03	2,10E+03
Cs-134 [Bq/m <sup>2</sup> ]	6	6					
Co-60 [Bq/m <sup>2</sup> ]	6	6					
K-40 [Bq/kg]	6	0	3,16E+02	1,85E+02	3,93E+02	2,85E+02	3,00E+02
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>							
Cs-137 [Bq/m <sup>2</sup> ]	6	0	2,55E+02	2,00E+02	4,60E+02	2,05E+02	2,30E+02
Cs-134 [Bq/m <sup>2</sup> ]	6	6					
Co-60 [Bq/m <sup>2</sup> ]	6	6					
K-40 [Bq/kg]	6	0	4,30E+02	3,70E+02	5,00E+02	4,50E+02	4,50E+02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen</b>							
Cs-137 [Bq/m <sup>2</sup> ]	3	0	2,48E+03	2,12E+03	2,32E+05	8,80E+02	2,85E+03
Cs-134 [Bq/m <sup>2</sup> ]	3	3					
Co-60 [Bq/m <sup>2</sup> ]	3	3					
K-40 [Bq/kg]	3	0	3,02E+02	2,58E+02	3,28E+02	2,45E+02	2,90E+02
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>							
Cs-137 [Bq/m <sup>2</sup> ]	3	0	3,87E+02	3,27E+02	2,44E+03	1,10E+03	1,80E+03
Cs-134 [Bq/m <sup>2</sup> ]	3	3					
Co-60 [Bq/m <sup>2</sup> ]	3	3					
K-40 [Bq/kg]	3	0	9,20E+01	4,50E+01	1,30E+02	2,35E+02	9,30E+02

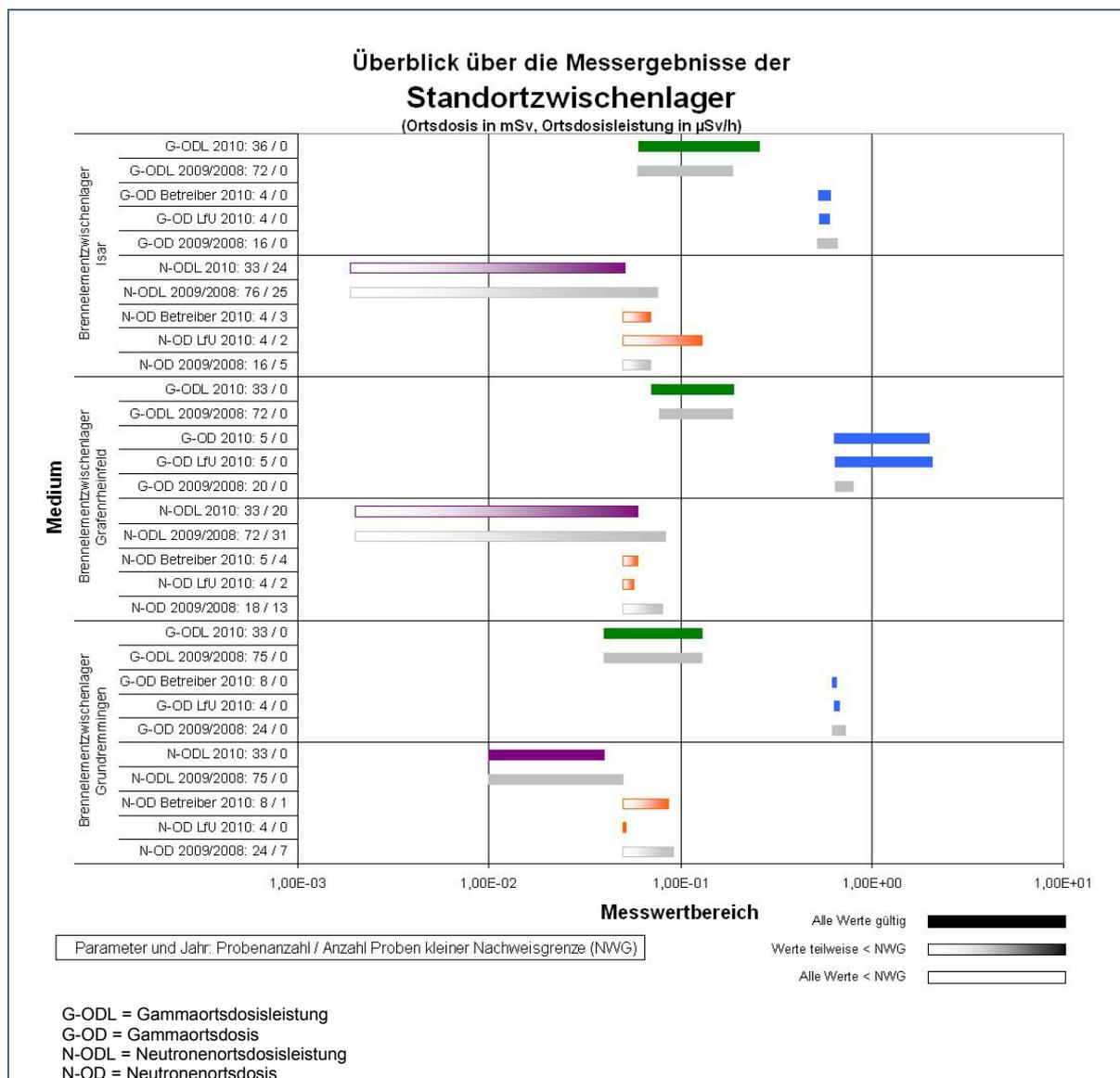
#### Fazit

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

### 3.2.4 Messungen nach REI, Tabellen C.1.1 und C.1.2 – Brennelement-Zwischenlager

Wie bei den kerntechnischen Anlagen wird auch bei dem jeweiligen Brennelementzwischenlager des Standortes kontinuierlich die Gammastrahlung überwacht, zusätzlich auch die Neutronenstrahlung.

Die Ergebnisse (Abb. 13) zeigen, dass kein Einfluss der Zwischenlager auf die Umgebung nachweisbar ist. Die Erhöhung bei je einem Dosimeter des Betreibers und der unabhängigen Messstelle in Grafenrheinfeld ist, wie schon bei der Überwachung der Anlage erwähnt (3.2.1.1 Umweltbereich Luft (01)), auf einen temporären Kontrollbereich auf dem Werksgelände zurückzuführen.



#### Fazit

Die Messergebnisse für die Brennelementzwischenlager nach REI, Tabelle C.1.1 (Betreiber) und Tabelle C.1.2 (unabhängige Messstelle) zeigen Messergebnisse im Bereich der natürlichen Untergrundstrahlung. Ein Einfluss auf die Umgebung ist nicht zu erkennen.

### 3.3 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. Genehmigungsbehörden 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 Bescheidsauflagen 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 Ergebnisse der untersuchten Proben sind in Tab. 17 bis Tab. 20 dargestellt. Wasser in der Einheit Bq/l, Klärschlamm in Bq/kg Trockenmasse.

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

Tab. 17: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse KKI 2010

KKI	Datum	Co-60	Cs-137	I-131	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel B3	17.03.2010	<0,004	<0,004	<0,021	0,098	<0,168	0,021	<0,019
Grundwasserpegel 60/5	17.03.2010	<0,003	<0,003	<0,007	0,066	<0,070	<0,019	0,012
Grundwasserpegel 60/47	17.03.2010	<0,004	<0,004	<0,010	0,089	<0,091	0,018	<0,014
Grundwasserpegel 60/61	17.03.2010	<0,003	<0,003	<0,015	<0,043	<0,061	<0,012	<0,015
Grundwasserpegel 42	17.03.2010	<0,004	<0,004	<0,008	0,078	<0,139	<0,022	<0,016
Häusliches Abwasser*)	16.07.2010	<0,104	<0,098	<0,241	1,769	<2,41	<0,148	<0,380
Klärschlamm*)	16.07.2010	<2,35	15	554	249	<147	<10,9	59
*) Revision Angaben Wasser in Bq/l; Angaben Klärschlamm in Bq/kg(TM)								

### 3.3.2.2 Kernkraftwerk Gundremmingen, KGG

Tab. 18: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse KGG 2010

KGG	Datum	Co-60	Cs-137	I-131	H-3	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel B201	01.07.2010	<0,006	<0,006	<0,028	<5	0,156	<0,142	<0,009	<0,024
Grundwasserpegel B 210	01.07.2010	<0,007	<0,006	<0,021	<5	<0,074	<0,121	<0,007	<0,022
Grundwasserpegel B 211	01.07.2010	<0,005	<0,006	<0,020	<5	<0,066	<0,135	<0,008	<0,023
Grundwasserpegel B 213	01.07.2010	<0,007	<0,007	<0,023	<5	<0,086	<0,145	<0,009	<0,027
Grundwasserpegel B 214	01.07.2010	<0,007	<0,007	<0,033	<5	<0,088	<0,154	<0,009	<0,027
Häusliches Abwasser	26.05.2010	<0,091	<0,084	<0,221	<5	1,39	<2,24	<0,138	<0,353
Klärschlamm	22.03.2010	<0,85	<0,95	1033	–	160	<48	<4,98	24
Häusliches Abwasser *)	20.10.2010	<0,094	<0,100	<0,295	<5	1,61	<2,47	<0,151	<0,358
Klärschlamm *)	20.10.2010	<5,10	10,78	<13,46	–	144	<58	<21	26
*) Revision Angaben Wasser in Bq/l; Angaben Klärschlamm in Bq/kg(TM)									

### 3.3.2.3 Kernkraftwerk Grafenrheinfeld, KKG

Tab. 19: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse KKG 2010

KKG	Datum	Co-60	Cs-137	I-131	H-3	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel B5	21.07.2010	<0,003	<0,003	<0,004	<5	0,39	<0,070	<0,004	<0,011
Grundwasserpegel B10	21.07.2010	<0,004	<0,004	<0,006	<5	0,21	<0,076	<0,005	<0,014
Grundwasserpegel B11	21.07.2010	<0,004	<0,004	<0,004	<5	0,27	<0,028	<0,021	<0,014
Grundwasserpegel B12	21.07.2010	<0,003	<0,003	<0,007	<5	0,36	<0,072	<0,004	<0,009
Grundwasserpegel B13	21.07.2010	<0,004	<0,004	<0,008	<5	<0,04	<0,08	<0,005	<0,014
Häusliches Abwasser *)	21.06.2010	<0,095	<0,1	<0,119	10,7	2,1	<2,40	<0,147	<0,362
Häusliches Abwasser	14.04.2010	<0,108	<0,10	<0,137	6,7	3,3	<2,35	<0,145	<0,370
Klärschlamm	03.05.2010	2,6	9,4	10,53	–	261	<55	<7	24
*) Revision Angaben Wasser in Bq/l; Angaben Klärschlamm in Bq/kg(TM)									

### 3.3.2.4 Forschungsneutronenquelle München FRM II

Tab. 20: Technische Gewässeraufsicht: Überwachungsergebnisse FRM II 2010

FRM II	Datum	H-3	Co-60	Cs-137	K-40	Ra-226	U-235	Ac-228
Grundwasserpegel G5	19.04.2010	<5	<0,004	<0,004	0,069	<0,065	<0,020	<0,015
Grundwasserpegel G7	19.04.2010	<5	<0,003	<0,003	<0,037	<0,080	<0,022	0,012
Grundwasserpegel G10	19.04.2010	<5	<0,003	<0,003	0,058	<0,073	<0,004	<0,012
Grundwasserpegel G10a	19.04.2010	<5	<0,004	<0,004	0,041	<0,08	<0,005	<0,012
Grundwasserpegel G11	19.04.2010	<5	<0,003	<0,003	0,058	<0,072	<0,004	<0,012
Grundwasserpegel G14	19.04.2010	<5	<0,004	<0,004	0,211	<0,080	<0,005	<0,015
Grundwasserpegel G17	19.04.2010	<5	<0,004	<0,003	0,062	<0,081	<0,005	<0,015
Grundwasserpegel G18	19.04.2010	<5	<0,004	<0,003	0,043	<0,067	<0,004	<0,012
Niederschlagswasser Dachablauf R9	19.04.2010	179						
Niederschlagswasser am Abluftkamin	Jan/2010	2300						
	Feb/2010	4000						
	Mrz/2010	5600						
	Apr/2010	3200						
	Mai/2010	6800						
	Jun/2010	6100						
	Jul/2010	3000						
	Aug/2010	3700						
	Sep/2010	10000						
	Okt/2010	10000						
	Nov/2010	14000						
	Dez/2010	6200						
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

Neben den Untersuchungen in der Umgebung der kerntechnischen Anlagen werden auch direkt die Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser überwacht.

Abgesehen von der erhöhten Emission von Kobalt-60 mit dem Abwasser am Standort Grafenrheinfeld, welche auf die Reinigung des Primärkreislaufes zurückzuführen ist, lagen alle Ableitungen in der Größenordnung der Vorjahre. Die Jahresemissionen liegen meist weit unterhalb der Genehmigungswerte (Tab. 21 und Tab. 22).

Tab. 21: Emissionen mit dem Abwasser der überwachten kerntechnischen Anlagen in Prozent des Genehmigungswertes im Jahr 2010

Parameter	Genehmigungswert [Bq/a]	Abgabe in Prozent des Genehmigungswertes				
		2010	2009	2008	2007	2006
<b>Kernkraftwerk Isar 1</b>						
Spalt- und Aktivierungsprodukte	1,10E+11	0,05	0,08	0,02	0,04	0,10
Tritium	1,85E+13	3,84	2,70	1,48	2,43	2,81
<b>Kernkraftwerk Isar 2</b>						
Spalt- und Aktivierungsprodukte	5,50E+10	<0,01	<NWG	0,01	0,02	<NWG
Tritium	4,80E+13	57,08	52,08	47,29	47,92	47,92
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>						
Spalt- und Aktivierungsprodukte	5,55E+10	0,89	0,04	0,05	0,09	1,33
Tritium	4,07E+13	41,89	67,32	38,08	47,42	37,35
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen Block B/C</b>						
Spalt- und Aktivierungsprodukte	1,10E+11	0,51	0,64	0,47	0,53	0,67
Tritium	3,70E+13	10,51	8,03	9,11	10,92	10,27
<b>AREVA Erlangen Bau 34</b>						
Gammastrahler	2,00E+08	0,46	1,23	4,80	3,25	1,10
Tritium	1,00E+12	0,15	0,14	0,19	0,24	0,06
Gesamt-Alpha	7,00E+06	1,61	2,00	13,29	5,43	2,86
Gesamt-Beta	2,00E+08	0,75	0,95			
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>						
Spalt- und Aktivierungsprodukte	2,00E+09	5,30	2,48	3,09	1,67	2,88
Tritium	2,00E+11	6,27	9,50	12,50	21,50	1,30
Gesamt-Alpha	2,00E+09	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG

Tab. 22: Emissionen mit der Abluft der überwachten kerntechnischen Anlagen in Prozent des Genehmigungswertes im Jahr 2010

Parameter	Genehmigungswert [Bq/a]	Abgabe in Prozent des Genehmigungswertes				
		2010	2009	2008	2007	2006
<b>Kernkraftwerk Isar 1</b>						
Edelgase	1,1E+15*	0,25	0,07	0,21	0,24	0,36
Jod	1,1E+10	0,14	0,27	0,08	0,29	0,66
Aerosole	3,7E+10	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG
Tritium	1,1E+15*	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kohlenstoff-14	1,1E+15*	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Kernkraftwerk Isar 2</b>						
Edelgase	1,1E+15*	0,04	0,03	0,06	0,03	0,03
Jod	1,1E+10	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG
Aerosole	3,0E+10	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<0,01
Tritium	1,1E+15*	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04
Kohlenstoff-14	1,1E+15*	0,02	0,02	0,06	0,04	0,05
<b>Kernkraftwerk Grafenrheinfeld</b>						
Edelgase	1,11E+15**	0,44	0,12	0,02	0,02	0,01
Jod	1,63E+10	0,01	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG
Aerosole	3,70E+10	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Tritium	1,11E+13	2,03	2,09	2,10	1,94	2,14
Kohlenstoff-14	1,11E+15**	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02
<b>Kernkraftwerk Gundremmingen Block B/C</b>						
Edelgase	1,85E+15	0,27	0,12	0,13	0,39	0,05
Jod	2,20E+10	0,25	0,27	0,23	0,11	0,05
Aerosole	3,70E+10	<NWG	<0,01	<0,01	<NWG	<NWG
Tritium	2,20E+13	2,53	2,18	2,42	4,03	4,56
Kohlenstoff-14	***	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
<b>AREVA Erlangen Bau 34</b>						
Edelgase	9,00E+11	0,05	<0,01	<NWG	<0,01	<NWG
Jod-123	1,00E+10	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,04
Jod-129	1,50E+06	<NWG	<NWG	0,10	<NWG	<NWG
Jod-131	1,00E+08	0,07	0,13	0,03	<0,01	0,09
Aerosole	2,00E+09	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<0,01
Tritium	1,00E+07	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG
Kohlenstoff-14	3,00E+10	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG
<b>Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz</b>						
Edelgase	2,0E+13	0,65	1,20	1,35	1,20	1,05
Jod	1,5E+08	<0,01	<NWG	<NWG	<0,01	<0,01
Aerosole	2,0E+06	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG	<NWG
Tritium	3,0E+12	17,33	12,80	12,90	7,90	2,80
Kohlenstoff-14	2,0E+10	52,90	48,15	13,20	12,55	14,20

\*Genehmigungswert gilt für die Summe aus Edelgas, Tritium und Kohlenstoff-14

\*\* Genehmigungswert gilt für die Summe aus Edelgas und Kohlenstoff-14

\*\*\* Kein Genehmigungswert festgesetzt, wie bei KKI und KKG Edelgasgrenzwert angesetzt

### 3.5 Meteorologische Verhältnisse

Die Beschreibung der meteorologischen Verhältnisse an den Standorten erfolgt mit einer Ausbreitungsstatistik, 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 des Niederschlages und der Häufigkeit der Ausbreitungsrichtung (AR):

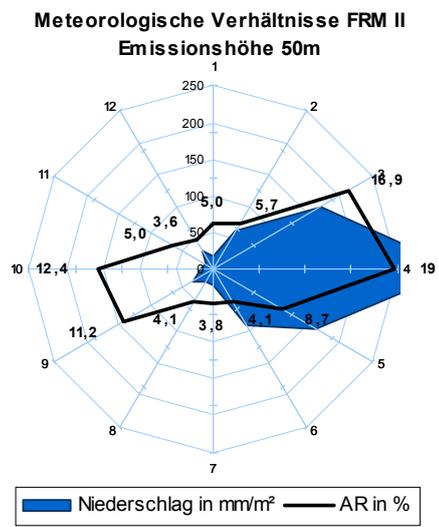
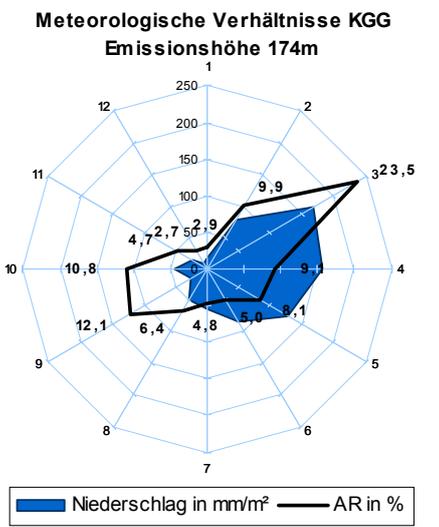
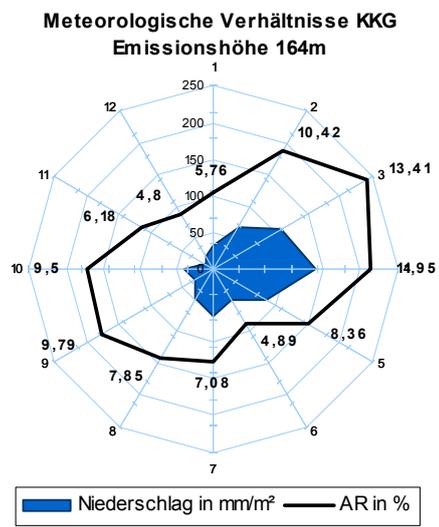
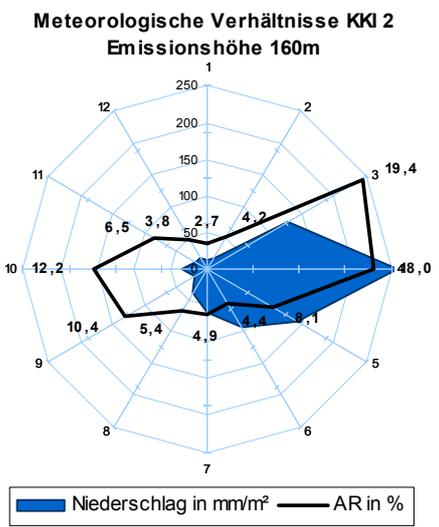
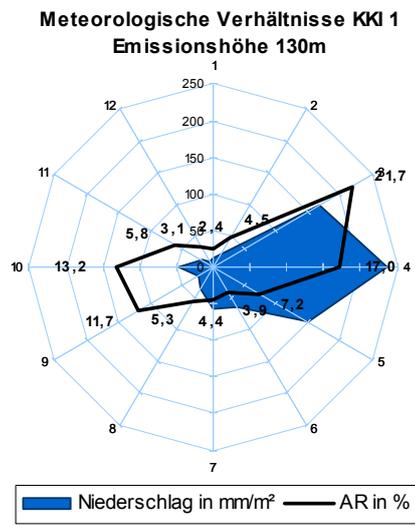


Abb. 14: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsrichtung (AR) in % sowie die Niederschlagsmenge in mm/m² pro Sektor der überwachten kerntechnischen Anlagen

### 3.6 Ausbreitungsrechnungen

Ausbreitungsrechnungen beschreiben den Transport radioaktiver Stoffe mit der Luft bzw. mit dem Wasser. Bei luftgetragenem Transport erfolgt die Berücksichtigung der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit, der Turbulenz in der Atmosphäre sowie des Niederschlags. Im Wasserpfad findet vor allem die Strömungsgeschwindigkeit und die Durchmischung ihre Berücksichtigung.

#### 3.6.1 Allgemeines

Nach Verlassen der Anlage (Emission) werden die radioaktiven Stoffe in der Atmosphäre transportiert (Transmission) und gelangen anschließend in das 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 oft nur schwer oder sogar überhaupt nicht möglich ist. Daher wird anhand der erfassten und bilanzierten Emissionen über den Abluft- und Abwasserpfad in Verbindung mit den meteorologischen bzw. hydrologischen Daten eine rechnerische Abschätzung der Strahlenexposition in der Umgebung durchgeführt.

Diese Abschätzung erfolgt mit einem Rechenprogramm, welches den aufgestellten Vorgaben der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der Strahlenschutzverordnung (heute § 47) folgt. Hierbei wird die **effektive Dosis** für eine Referenzperson ermittelt, die sich das ganze Jahr an der ungünstigsten Einwirkungsstelle aufhält und sich nur von Nahrungsmitteln von dieser Stelle ernährt. Das Programm summiert dazu die Beiträge aller relevanten Radionuklide über alle Expositionspfade auf. 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 ist zu beachten, dass der Mensch durch das Vorhandensein natürlicher Radioaktivität einer ständigen Strahlenexposition ausgesetzt ist (äußere terrestrische und kosmische Strahlung, 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. 23 über die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen für die Strahlenexpositionen auf dem Luft- und Wasserpfad für Erwachsene (E) und Kinder (K) gibt die **maximal mögliche Dosis** der Referenzperson **in Prozent des Grenzwertes** an.

		Maximal mögliche effektive Dosis in % des Grenzwertes	
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	<1
		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
Grenzwert nach §47 Abs. 1 StrlSchV		0,3 mSv/a	

Tab. 23:  
Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen 2010 für die Strahlenexpositionen auf dem Luft- und Wasserpfad für Erwachsene und Kinder

#### Fazit

Aus den Ergebnissen der berechneten Strahlenexposition, die mit den bilanzierten Abgaben durchgeführt wurden, ergibt sich, dass eine Überschreitung des Grenzwertes für die effektive Dosis nach § 47 StrlSchV in der Umgebung der betrachteten bayerischen kerntechnischen Anlagen ausgeschlossen werden kann.

## 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
FRM	Forschungsreaktor München
FRM II	Forschungsneutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz
SAGK	Siemens AG – NP GmbH, Standort Karlstein
FZE	AREVA NP GmbH, Standort Erlangen (Forschungszentrum Erlangen)

#### 4.1.2 Einheiten

Bq	Becquerel
Bq/m <sup>3</sup>	Becquerel pro Kubikmeter
Bq/m <sup>2</sup>	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
mSv	Millisievert
nSv/h	Nanosievert pro Stunde
µSv/h	Mikrosievert pro Stunde
mSv/a	Millisievert pro Jahr

