



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

# SENSITIVITÄTSANALYSE DER ALLGEMEINEN BERECHNUNGSGRUNDLAGEN ZU § 47 STRLSCHV

BMU - 2007 - 693



**BMU – 2007-693**

**„Sensitivitätsanalyse der Allgemeinen  
Berechnungsgrundlagen zu § 47 StrISchV“**

TÜV Süddeutschland  
Bau und Betrieb GmbH  
Westendstraße 199  
80686 München

## **IMPRESSUM**

Dieser Band enthält einen Abschlussbericht über ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gefördertes Vorhaben. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BMU übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Eigentümer behält sich alle Rechte an der weiteren Nutzung oder Vervielfältigung des Berichts vor.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BMU übereinstimmen.

### **Herausgeber:**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Referat RS I 2  
Postfach 12 06 29  
53048 Bonn

ISSN 1612-6386

Erscheinungsjahr: 2007

**Bericht zum Vorhaben StSch 4353**

**Sensitivitätsanalyse von Parametern der All-  
gemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47  
StrlSchV**

**Erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz  
durch die  
TÜV Industrie Service GmbH TÜV SÜD Gruppe  
Energie und Technologie**

**München, Mai 2005**

**Anmerkung:**

Dieser Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers, dem Bundesamt für Strahlenschutz, übereinstimmen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>11</b>
2.1	Literaturrecherche	11
2.2	Vorgehensweise	12
2.3	Gleichzeitige Betrachtung mehrerer Parameter und gegenseitige Abhängigkeit	14
2.4	Auswertung standortbezogener Daten aus Aufsichts- und Genehmigungsverfahren	16
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>17</b>
3.1	Luftpfad	17
3.1.1	Ausgangsbedingungen für die Untersuchung	17
3.1.2	Einfluss der meteorologischen Eingangsdaten auf die resultierende Strahlenexposition für die Nuklidgemische gemäß AVV /R-2/	18
3.1.3	Untersuchung einzelner Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition	24
3.1.3.1	Edelgase ( $^{41}\text{Ar}$ , $^{85}\text{Kr}$ , $^{133}\text{Xe}$ , $^{135}\text{Xe}$ )	24
3.1.3.2	Aerosole und Tritium	27
3.1.4	Modellgemische nach AVV /R-2/	47
3.1.5	Auswertung der Ergebnisse	53
3.2	Wasserpfad	57
3.2.1	Ausgangsbedingungen für die Untersuchung	57
3.2.2	Untersuchung einzelner Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition bei Einzelnucliden	57
3.2.2.1	Änderungen der Korrekturfaktoren der altersgruppenabhängigen Körpergeometrie (Gammabodenstrahlung) $C_{\text{Geo},b1}$ , $C_{\text{Geo},b2}$	57
3.2.2.2	Änderungen anderer Parameter	66
3.2.3	Untersuchung einzelner Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition bei Anwendung des AVV-Modellgemischs	82
3.2.4	Auswertung der Ergebnisse	88
<b>4</b>	<b>Probabilistische Untersuchung ausgewählter Parameter des Rechenmodells der AVV /R-2/</b>	<b>91</b>
4.1	Probabilistisches Modell	91
4.2	Beschreibung der probabilistisch untersuchten Parameter	92
4.2.1	Eingangsparameter Verzehrsgewohnheiten	93
4.2.2	Ergebnis der probabilistischen Untersuchung der Verzehrsgewohnheiten (Wasserpfad)	103

4.2.3	Ergebnis der probabilistischen Untersuchung weiterer ausgewählter Parameter (Wasserpfad)	122
4.2.4	Ergebnis der probabilistischen Untersuchung der Parameter Verzehrsgewohnheiten (Luftpfad)	128
4.2.5	Ergebnis der probabilistischen Untersuchung weiterer ausgewählter Parameter (Luftpfad)	133
4.3	Schlussfolgerungen aus der probabilistischen Untersuchung ausgewählter Parameter der AVV /R-2/	137
<b>5</b>	<b>Verwendete Unterlagen</b>	<b>139</b>
5.1	Regeln, Richtlinien und Gesetze	139
5.2	Literatur	139
5.3	Korrespondenz	141
<b>6</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>142</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>150</b>

#### Anmerkungen zum Text:

Im folgenden Text wird für die Darstellung der radioaktiven Isotope grundsätzlich die Isotopenschreibweise (z.B. für Strontium-90:  $^{90}\text{Sr}$ ) angewandt. In verschiedenen Tabellen oder Grafiken, die aus anderen Programmen übernommen wurden ist dies nicht möglich, so dass hier eine abweichende Schreibweise (Sr90) verwendet wird. Das gleiche gilt für die Darstellung des Dezimaltrennzeichens wofür im Text das Komma (,), in Tabellen und Grafiken jedoch der Punkt (.) verwendet wird.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wird die Sensitivität der wichtigsten Parameter ermittelt, die in den Rechenvorschriften der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV"<sup>1</sup> (AVV), /R-2/ zur Ermittlung der Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung heranzuziehen sind. Es wird hierbei nach Expositionen über den Luft- bzw. den Wasserpfad unterschieden. Für die Sensitivität des jeweiligen Parameters wird ein normierter Wert, welcher sich aus der Änderung der resultierenden Strahlenexposition infolge der Änderung des betrachteten Modellparameters ergibt, angegeben. Insgesamt wurden für eine im Auftrag spezifizierte Anzahl einzelner Radionuklide unterschiedlicher radiologischer Relevanz Sensitivitäten ermittelt, um deren individuellen Einfluss auf die Strahlenexposition innerhalb der vorgegebenen Rechenvorschriften in der AVV darstellen zu können. Des Weiteren wurden parameter-spezifische Sensitivitäten unter Berücksichtigung der in /R-2/ angegebenen Radionuklidgemische für Leichtwasserreaktoren ermittelt. Sämtliche Sensitivitäten wurden für alle gemäß StrlSchV /R-1/ sowie AVV /R-2/ zu betrachtenden Altersgruppen und deren jeweils heranzuziehenden Lebensgewohnheiten ermittelt. Hierfür wurden sowohl analytische als auch probabilistische Methoden angewandt.

Die Darstellung und Bewertung der Ergebnisse wurde für Luft und Wasserpfad getrennt durchgeführt. Je nach untersuchtem Parameter wird die Sensitivität für den jeweils relevanten Expositionspfad dargestellt. Somit ist z.B. bei der Untersuchung der Edelgase nur die Sensitivität für die externe Strahlung dargestellt. Der Großteil der ermittelten Sensitivitäten bezieht sich jedoch auf die resultierende Ingestionsdosis. Da sich die Sensitivitätskenngrößen bei der Bewertung in Abhängigkeit davon voneinander unterscheiden, ob der jeweils untersuchte Parameter linear bzw. nicht linear in das Ergebnis der Strahlenexposition eingeht, werden diese beiden Komplexe voneinander getrennt dargestellt. Die ermittelten Sensitivitäten bei den linear ins Ergebnis eingehenden Parametern gelten für den gesamten dargestellten Wertebereich. Bei den nicht linear eingehenden Parametern gilt die ermittelte Sensitivität nur an dem Punkt der jeweils dargestellten Beziehung der demjenigen Wert entspricht,

---

<sup>1</sup> Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /R-1/

der gemäß AVV /R-2/ derzeit anzusetzen ist. In Abhängigkeit vom funktionalen Zusammenhang des Modellparameters mit der berechneten Strahlenexposition ändert sich auch die Kenngröße der Sensitivität in Abhängigkeit der ermittelten Kurvenparameter.

Ein deskriptiver Vergleich der Strahlenexposition einzelner Standorte und Zeiträume in Abhängigkeit von den meteorologischen Ausbreitungsfaktoren, der gesondert dargestellt ist, zeigt die jährlichen Variabilitäten der resultierenden Strahlenexposition für zehn Jahre im Vergleich zum 10-jährigen Mittelwert. Die Vorgaben der AVV hinsichtlich der Auswahl der ungünstigsten Einwirkungsstelle werden dabei berücksichtigt. Das bedeutet, dass die Einwirkungsstellen, an welchen der Strahlenexpositionswert ermittelt wird, für die einzelnen Jahre und die betrachteten Expositionspfade in der Regel nicht übereinstimmen und dass der Vergleich der ermittelten Strahlenexpositionen unter diesem Gesichtspunkt zu bewerten ist. Die Variabilitäten führen dazu, dass die Ergebnisse der Einzeljahre häufig über den jeweils ermittelten 10-Jahresmittelwerten liegen. Durch die jährliche Ermittlung der ungünstigsten Einwirkungsstelle kommt es somit auch häufiger zu einer Überschätzung der resultierenden Strahlenexposition als bei der einmaligen Ermittlung bei längeren Zeitreihen. Generell wurden unter diesen Gesichtspunkten jährliche Variabilitäten bis etwa 40 % ermittelt.

Die Sensitivitäten der Ingestionsdosis bei den Einzelnucliden sind erwartungsgemäß sowohl beim Luft- als auch beim Wasserpfad sehr heterogen. Beim Luftpfad sind hohe Sensitivitäten bei der "Verzehrmenge sonstige Pflanzen", der "Proportionalitätskonstante Wash-Out" und beim "Anteil der auf der Pflanze abgelagerten Aktivität" zu erkennen. Beim Wasserpfad spielt die "Verzehrmenge sonstige Pflanzen" nur bei wenigen Radionucliden (insbesondere Transurane) eine größere Rolle. Nahezu durchgängig hohe Sensitivitäten wurden für die Berechnungsrate gefunden. Diese Aussagen gelten auch für die Sensitivitäten, welche für die Modellgemische für Leichtwasserreaktoren gemäß AVV /R-2/ ermittelt wurden.

Bei den nicht linearen Zusammenhängen mit der resultierenden Strahlenexposition wurden höhere Sensitivitäten insbesondere beim Luftpfad für die Parameter "Ertrag



von pflanzlichen Produkten ohne Blattgemüse" sowie "Ertrag von Blattgemüse" ermittelt.

Die Untersuchung der Edelgasnuklide hat ergeben, dass sich Parametervariationen über die "Korrekturfaktoren der Körpergeometrie" auf die lediglich auf externe Dosis auswirken. Bei Betrachtung aller Nuklide spielen beim Luftpfad erwartungsgemäß die Faktoren für die Gammasubmersion, beim Wasserpfad jene für die Gammabodenstrahlung die jeweils größere Rolle.

Einer gesonderten Betrachtung wird die für den Wasserpfad gültige Eingangsgröße MQ (Mittlerer Jahresabfluss des Vorfluters) unterzogen. Die resultierende Strahlenexposition ist bei vollständiger Durchmischung umgekehrt proportional zu MQ. Eng an diese Größe sind auch die in diesem Zusammenhang anzusetzenden Größen "Verdünnungsverhältnis", "Tideeinfluss" und "Sommerabflussverhältnisse" geknüpft. Der funktionale Zusammenhang zwischen MQ als Eingangsgröße und der resultierenden Strahlenexposition hat eine hohe Sensitivität des Ergebnisses zur Folge, auch wenn MQ keinen von der AVV /R-2/ festgelegten Parameter, sondern eine Eingangsmessgröße darstellt.

Für ausgewählte Parameter der AVV /R-2/, für welche Werteverteilungen zur Verfügung stehen, wird zur Untersuchung der Gesamtkonservativität von Parametersätzen eine probabilistische Untersuchung der Verteilungen für die jeweilige resultierende Dosis für Wasser- und Luftpfad durchgeführt. Es muss erwähnt werden, dass die Verteilungen der Eingangsparameter, welche aus der Literatur entnommen bzw. aus der AVV /R-2/ abgeleitet wurden, zum Teil mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Deshalb ist generell festzustellen, dass sich die Kenntnis der Verteilungen von Eingangsparametern direkt auf die Qualität der resultierenden Verteilungen der Strahlenexposition auswirkt.

Die probabilistischen Untersuchungen werden für die Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppen  $>17$  Jahre und  $\leq 1$  Jahr anhand der Einzelnuclide sowie des Nuklidgemisches gemäß AVV /R-2/ durchgeführt. Ferner werden Transferfaktoren sowie landwirtschaftliche Parameter probabilistisch untersucht. Hinsichtlich der Ermittlung der Gesamtkonservativität des Modells der AVV /R-2/ wurde untersucht, welches Per-

zentil der Strahlenexposition mit den diskreten Parameterwerten des AVV /R-2/ abgedeckt werden kann. Hierbei spielt die Sensitivität der Strahlenexposition für die einzelnen Parameter eine signifikante Rolle, wobei in diesem Zusammenhang unter Sensitivität der prozentuale Beitrag des Modellparameters zur Varianz der ermittelten Strahlenexposition zu verstehen ist.

## **Abstract**

This study presents a sensitivity analysis of the most relevant parameters used in the General Administrative Regulation (AVV /R-2/) under paragraph 47 of the Radiation Protection Ordinance. The sensitivity analysis treats air and water exposure-paths separately. The ratio of the relative variation of the calculated radiation exposure and the relative variation of the investigated model parameter was chosen as a measure of sensitivity. The analysis was performed with selected radionuclides of different radiological impact and relevance to nuclear power engineering as well as for radionuclide mixtures specified in the AVV /R-2/, considering discharges into air and water. Parameter-specific sensitivities were calculated regarding radionuclide mixtures for light-water reactors. All sensitivities were determined in accordance with StrlSchV<sup>2</sup> and AVV /R-2/ and the herein prescribed habit data. Therefore analytical methods were used as well as probabilistic methods.

For each investigated parameter the sensitivity of its relevant exposure-path is presented. Therefore the parameter-sensitivity of the noble-gas nuclides is calculated for the external dose while the bulk of sensitivities is calculated for the ingestion-dose. In addition the sensitivity is calculated separately depending on the linear or non-linear relationship to the resulting radiation exposure. While the resulting sensitivity for linear relationship is valid all over the parameter range, for non-linear relationships the sensitivity value is only valid for the specific parameter value which is required by the AVV /R-2/.

---

<sup>2</sup> Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /R-1/

A comparison of radiation exposure for specific sites and time-periods regarding the meteorological and dispersion conditions shows the annual variabilities of the resulting annual exposure to the 10-year average. In compliance with the AVV /R-2/ the doses are determined on the most unfavourable locations. Since these locations can change annually this has to be taken into account in the assessment. These variabilities show that the results of the single years frequently lie over the 10-year average determined in each case. Generally variabilities of approximately 40% were determined.

As expected the parameter-sensitivities for the ingestion-dose referring the calculation for single nuclides are heterogeneous for both, the air and the water exposure path. Within the air exposure path high sensitivity values are found for parameters like "consumption rate for other vegetables", "proportion-constant wash-out" and "fraction of deposited activity on plants". For the water exposure path the parameter "consumption rate for other vegetables" shows significantly high sensitivities only for few (especially transuranic) nuclides. High sensitivities were found for the "irrigation rate". These conclusions also prove for sensitivities, that are calculated with radionuclide mixtures for light-water reactors.

Parameters having non-linear relationships with radiation exposure show relatively high sensitivities for the parameter "production of other vegetables" (especially via the air pathway).

The investigation of noble-gas radionuclides showed that the variation of parameters affects the external dose via the parameter "conversion factors for age-dependent body geometries". For the air exposure pathway those factors of the gamma-submersion outweigh the factors of gamma-irradiation by surface deposits and vice versa for the water exposure pathway. This only proves for the factors of energy range 1.

A separate treatment was performed for the parameter "Annual average river discharge (MQ)" which is inversely proportional to the resulting radiation exposure when the mixing-ratio is 1. Closely related to MQ in this context are the "dilution-ratio", the "tide influence" and the "average summer river discharge". The inversely proportional

relationship between MQ and the resulting radiation exposure shows high sensitivities while MQ represents a measured value more than a constant input parameter.

A probabilistic analysis was carried out for selected AVV parameters, for which sufficient data distributions were available. This was performed to estimate the degree of coverage for the resulting dose distributions for both, the air and the water exposure pathways. With this method the percentile of the resulting dose can be quantified, when the discrete parameters according to the AVV /R-2/ are used. Some of the parameter distributions that were obtained from literature show a low degree of accuracy, which directly affects quality of the resulting dose distributions.

Probabilistic analyses were performed for distributions of the food intake habits for age-groups  $>17$  years und  $\leq 1$  year using individual radio-nuclides as well as nuclide mixtures according to the AVV /R-2/. In addition the distributions of selected transfer-factors as well as agricultural parameters were analysed using probabilistic methods. In respect of estimating the overall degree of coverage for the radiological model specified in the AVV /R-2/ the analysis showed the percentile which results from using the discrete parameters according to the AVV /R-2/. In this context a parameter's contribution to the variance for the resulting radiation exposure plays a decisive role.

## 1 Aufgabenstellung

In der vorliegenden Untersuchung "Sensitivitätsanalyse von Parametern der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV" wird eine Analyse der Sensitivität der Modellparameter der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift (AVV) /R-2/ zu § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /R-1/ durchgeführt. Hierbei wird insbesondere die Sensitivität der ermittelten Strahlenexposition aufgrund der Änderung einzelner Modellparameter sowie der Beitrag einzelner Expositionspfade untersucht. Innerhalb dieser Analyse wird ausschließlich die effektive Dosis berücksichtigt. Die Sensitivitätsanalyse wird auftragsgemäß für folgende Radionuklide durchgeführt:

**Edelgase** ( $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{135}\text{Xe}$ )

**Aerosole** ( $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{124}\text{Sb}$ ,  $^{123\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{242}\text{Cm}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ )

**Tritium** ( $^3\text{H}$  als HTO)

Zusätzlich wird die Analyse der Sensitivität für die in der AVV /R-2/ angegebenen Nuklidgemische durchgeführt.

Bei der Ermittlung der Sensitivität für die Modellparameter der AVV /R-2/ werden sowohl analytische als auch probabilistische Methoden angewandt.

## 2 Durchführung

### 2.1 Literaturrecherche

In /L-2/ wurde im Jahr 1983 eine Sensitivitätsanalyse des damaligen Regelwerks der "Allgemeinen Berechnungsgrundlagen" /R-4/ durchgeführt, welche die Grundlage der heutigen Modellvorschriften der AVV /R-2/ darstellen. Die Ursprünge dieser Rechenvorschriften gehen demnach auf Arbeiten in den Vereinigten Staaten (z.B. /L-1/) zurück und sind an die deutschen Verhältnisse insoweit angepasst worden, als die Forderung nach einer "oberen Abschätzung der Strahlenexposition" erhoben wurde. Diese wurde weitgehend dadurch realisiert, dass die Parameterwerte an die Verhältnisse in Deutschland angepasst und durch "obere Abschätzungen" dargestellt wurden, während das ursprüngliche Modell in seiner Konzeption auf eine realistische Ermittlung der Dosis ausgelegt ist. In /L-2/ sind auch ausführliche Beschreibungen des Radioaktivitätstransportmodells mit seinen Kompartimenten (einzelne Umweltmedien wie z.B. Boden, Bewuchs, Nahrung) und dem Transport radioaktiver Stoffe zwischen diesen Kompartimenten (Transfer) enthalten. Diese grundsätzlichen Beschreibungen zu Modellaufbau und Funktionsweise gelten auch für das hier zu Grunde gelegte Modell der AVV /R-2/.

In verschiedenen Veröffentlichungen aus Großbritannien sind Sensitivitätsstudien durchgeführt worden, welche sich überwiegend auf die Variabilität der Dosis von kritischen Gruppen beziehen. Nach /L-3/ eignet sich diese Vorgehensweise gut, um Gebiete erhöhter Strahlenexposition räumlich zu identifizieren und die hierfür ursächlichen ökologischen Parameter hinreichend exakt zu ermitteln. Eine ähnliche Zielsetzung, im Detail ausgeführt für die Standorte Sellafield und Springfields, wird in /L-4/ präsentiert. In /L-5/ werden für verschiedene Parameter sowie Aktivitätskonzentrationen und Strahlenexpositionen die Variabilitäten meist in Form der 5., 50. und 95. Perzentile angegeben. Ebenso werden die Beiträge zur Gesamtunsicherheit des untersuchten Modells diskutiert.

## 2.2 Vorgehensweise

Aufgrund der großen Menge der in der AVV /R-2/ verwendeten Modellparameter ist es erforderlich, eine Auswahl für eine weiterführende Betrachtung zu treffen, um vorwiegend jene Parameter zu erfassen, welche eine nennenswerte Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition haben. So wurde davon abgesehen Parameter zu betrachten, die als physikalische Konstanten bzw. definierte Anteile in die Berechnungen der AVV /R-2/ eingehen. Die Auswahl der untersuchten Parameter orientiert sich überwiegend an deren radiologischer Relevanz bzw. der Verfügbarkeit von Informationen zu deren Werteverteilungen.

Folgende Parameter, welche für die Ermittlung der Strahlenexposition von Bedeutung sind, sind in der StrlSchV /R-1/ Anlage VII, Teil B festgelegt:

- Verzehrswerten der Referenzpersonen
- Atemraten
- Aufenthaltszeiten hinsichtlich einzelner Expositionspfade
- Dosiskoeffizienten gem. BMU /R-3/

Damit sind diese Größen in einer übergeordneten Rechtsvorschrift festgelegt, keine Parameter der AVV /R-2/ und im Rahmen dieser Untersuchung prinzipiell nicht zu bearbeiten. Auf Grund der bei Anwendung des Entwurfes der AVV /R-2/ gewonnenen Erfahrungen hat sich jedoch herausgestellt, dass insbesondere die neu zu berücksichtigenden Ernährungsgewohnheiten der Referenzpersonen aufgrund ihrer hohen Dosisrelevanz Anlass zu Diskussionen geben. Aus diesem Grund sind die Verzehrswerten in dieser Untersuchung in die Sensitivitätsanalyse mit einbezogen.

Für die Betrachtung der übrigen in der AVV /R-2/ aufgeführten Parameter wird folgende Vorgehensweise herangezogen. Da bei den übergeordneten Expositionspfaden "Luft" und "Wasser" die Kollektive der Parameter nicht identisch sind, werden die Darstellungen der Sensitivitäten nach den Expositionspfaden "Luft" und "Wasser" getrennt ermittelt. Zunächst werden für alle Radionuklide, die in Kapitel 1 aufgeführt sind, die analytischen Einzelsensitivitäten ermittelt, indem der jeweils zu betrachten-

de Parameter innerhalb eines bestimmten Wertebereichs variiert und diese Änderung mit der relativen Änderung der resultierenden Dosis (angegeben in Prozent) in Beziehung gesetzt wird. Die hierdurch ermittelte Geradengleichung enthält als Wert für den Achsenabschnitt (mit umgekehrtem Vorzeichen) das Maß für die Sensitivität der Strahlenexposition auf eine Änderung des jeweiligen Parameters. Die so ermittelten Sensitivitäten sind für alle in Kapitel 1 angegebenen Nuklide sowie für alle gem. /R-1/ zu untersuchenden Altersgruppen angegeben. Zur besseren Interpretation der Sensitivitätsbeträge wird nach linearen und nicht-linearen Zusammenhängen unterschieden. Die für die Untersuchungen zugrunde gelegte jährliche Emission ist durchgängig konstant. Durch die Normierung der resultierenden Dosisänderung ist der absolute Emissionsbetrag (hier:  $1,26 \times 10^{10}$  Bq/a) ohne Bedeutung für die berechneten Sensitivitäten.

Im nächsten Schritt wird die Sensitivität bei Parameteränderungen unter Zugrundelegung eines Modellgemisches gem. AVV /R-2/ ermittelt. Die so ermittelten Werte der Sensitivität haben jedoch beim Luftpfad eine komplexere Bedeutung, da für die Radionuklidgruppe der Edelgase und der Aerosole jeweils eigene Modellgemische zu berücksichtigen und auf Gesamtemissionen zu beziehen sind. Im Rahmen dieser Untersuchung spielen die absoluten Emissionsbeträge durch die Normierung keine Rolle, wohl aber das Verhältnis der Emissionsmengen der Nuklidgruppen zueinander.

Werden bei einer Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Abgaben radioaktiver Stoffe mit der Luft genehmigte Obergrenzen der Ableitung herangezogen, stehen diese meist nicht in Zusammenhang zu den realen Verhältnissen bei der Abgabe radioaktiver Stoffe der derzeit in Betrieb befindlichen Reaktoren. Die realen Ableitungen sind zumeist erheblich geringer und darüber hinaus ist das Verhältnis der Nuklidgruppen zueinander von den Betriebsbedingungen der Anlage (insbesondere dem Schadenszustand des Reaktorkerns) abhängig. Zudem existieren für die einzelnen Kraftwerke in Deutschland unterschiedliche genehmigte Abgabeobergrenzen. Aus diesem Grund werden für die Sensitivitätsanalyse die tatsächlichen Abgaben von Edelgasen und Aerosolen der vergangenen Jahre herangezogen. Die absolute Menge spielt auch hier eine untergeordnete Rolle, lediglich das Verhältnis der Nuklidgruppen ist dabei von Bedeutung.



## 2.3 Gleichzeitige Betrachtung mehrerer Parameter und gegenseitige Abhängigkeit

In /L-2/ wird dargestellt, dass die Anpassung des ursprünglichen radioökologischen Modells an deutsche Verhältnisse durch Parameter für Gegebenheiten, wie sie in Deutschland typisch sind, zunächst zu einem Qualitätsgewinn der Berechnungen geführt hat. Unberücksichtigt blieb dabei jedoch die Tatsache, dass Parameter in einem ökologischen System meist in gegenseitigem Zusammenhang stehen. Viele der Parameter, welche für die Zielvorgabe einer "oberen Abschätzung" der resultierenden Strahlenexposition abgeleitet wurden, repräsentieren für sich bereits eine "obere Abschätzung" hinsichtlich ihres Wertes. Im Sinne einer solchen "realitätsnahen oberen Abschätzung" ist eine Verknüpfung solcher Parameter miteinander im selben Modell jedoch nicht mehr zulässig. So kann z.B. die Verknüpfung zweier Parameter, von welchen jeder für sich ein 95. Perzentil beschreibt, im Ergebnis zu unplausiblen Werten führen. Die derzeitige AVV /R-2/ enthält eine Reihe von Parametern, welche Extremwerte ihrer Häufigkeitsverteilung repräsentieren, während andere Parameter mittlere Werte darstellen. Durch die Verknüpfung derartiger Modellparameter ist das Ergebnis quantitativ nicht mehr interpretierbar. Nach /L-2/ ist es wenig sinnvoll, "zur Abschätzung einer oberen Grenze der Strahlenexposition alle Parameterwerte so zu wählen, dass sie den Extremwerten ihrer Häufigkeitsverteilung entsprechen. Diese Vorgehensweise ist nicht geeignet, die Vorgänge in der Natur modellmäßig abzubilden." Zusammenfassend wird in /L-2/ ausgeführt, "dass aufgrund der Modellstruktur solche Parameter(werte) ausgewählt werden sollten, die langfristig mittlere Werte für häufig vorkommende ökologische Bedingungen repräsentieren. Sollten darüber hinaus Berechnungen für spezielle ökologische Situationen zur Durchführung gelangen, so müssen alle Parameterwerte diesen Bedingungen angepasst werden..."

Der derzeitige Stand der Rechenvorschriften gem. AVV /R-2/ weicht von dieser Forderung ab, da für viele Parameter konservative Werte, d.h. Werte im oberen Perzentilbereich der Häufigkeitsverteilung, anzusetzen sind.

Aus diesen Gründen wird in der vorliegenden Untersuchung die gegenseitige Abhängigkeit einzelner Parameter untereinander weitgehend unberücksichtigt gelassen. Zum einen liegen für die einzelnen Parameter keine Werteverteilungen vor, welche

für Verteilungstests erforderlich sind, zum anderen ist es in einem ersten Schritt durchaus sinnvoll, die Sensitivität der resultierenden Dosis auf die Änderung einzelner Parameter zu kennen. Für eine Beurteilung des Abdeckungsgrades des Modells, d.h. hinsichtlich der Einschätzung seiner Konservativität bzw. Realitätsnähe, müssen die Wechselwirkungen der ökologisch voneinander abhängigen Parameter genau bekannt sein. Dies beinhaltet nicht nur die Streubreite einzelner Parameter, sondern auch deren Häufigkeitsverteilung. Die Verzehrsgewohnheiten mögen hier als Beispiel dienen:

Durch die Anwendung von 95. Perzentilen für die Verzehrsmengen der einzelnen Lebensmittelgruppen ergibt sich, bezogen auf einen hinsichtlich seiner Ernährungsgewohnheiten durchschnittlichen Menschen, eine starke Überschätzung bei der Aufnahme radioaktiver Stoffe über kontaminierte Lebensmittel. Kaum eine reale, lebende Person wird über längere Zeit in der Lage bzw. willig sein bei allen Lebensmittelgruppen jeweils diejenige Menge zu verzehren, die nur von 5% der Bevölkerung überschritten wird. Hinsichtlich einer sinnvollen Variation der Verzehrsmengen einzelner Lebensmittelgruppen sind Ernährungstypen zu entwickeln, welche bestimmte Lebensmittelgruppen bevorzugen, während gleichzeitig andere eher gemieden werden. Ein Vegetarier beispielsweise kann durchaus das 95. Perzentil bei pflanzlichen Produkten sowie Blattgemüse erreichen, während beim Fleischverzehr ein entsprechend kleineres Perzentil anzusetzen wäre.

Eine ähnliche Problematik für die Sensitivitätsanalyse ergibt sich bei der Ermittlung der Sensitivität für die Altersgruppe der unter Einjährigen (Säuglinge), für welche eine Aufnahme radioaktiver Stoffe über die Muttermilch anzusetzen ist. Bei der Variation der Verzehrsmengen der verschiedenen Lebensmittelgruppen werden, je nach gewünschter Betrachtungsweise, die Verzehrsmengen der Mutter bzw. des Säuglings einzeln variiert. Die Ergebnisse repräsentieren die Sensitivität der resultierenden Ingestionsdosis des Transfers über die Muttermilch einerseits, andererseits des Transfers über die eigene Ernährung des Säuglings. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden bei jenen Parametern, für welche sich ein Transfer über die Muttermilch ergibt, beide Parameter unabhängig voneinander variiert, nicht jedoch beide gleichzeitig. Im Gegensatz hierzu ist es in der Realität durchaus nicht unüblich, dass

eine Mutter ihre eigenen Ernährungsgewohnheiten auch ihrem Nachwuchs angedeihen lässt.

#### **2.4 Auswertung standortbezogener Daten aus Aufsichts- und Genehmigungsverfahren**

Für die Untersuchungen wurden u.a. vorhandene Standortdaten für die bayerischen Kernkraftwerksstandorte herangezogen. Hierbei handelt es sich zum Teil um standortspezifische meteorologische Daten, die von den jeweiligen Betreibern in der Regel einmal im Jahr als Zeitreihe auf Stundenbasis bzw. als Ausbreitungsstatistik gemäß KTA 1508 /R-5/ zur Verfügung gestellt werden. Ferner wurde für die Untersuchungen auf die vorliegenden standortspezifischen Windkanaluntersuchungen zur Berücksichtigung des Einflusses der vorhandenen Gebäude und Kühltürme und des den jeweiligen Standort umgebenden Geländes zurückgegriffen. Diese Daten wurden für die Untersuchungen der Sensitivität der Strahlenexposition für Parameteränderungen jedoch unverändert konstant gehalten, um den Einfluss des jeweils untersuchten Parameters deutlich darstellen zu können. Lediglich bei den Untersuchungen, welche die Variabilität des Ausbreitungsfaktors und dessen Einfluss auf die Strahlenexposition betreffen, werden diese Daten verändert. Hierauf wird in den betreffenden Kapiteln jeweils hingewiesen.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Luftpfad

##### 3.1.1 Ausgangsbedingungen für die Untersuchung

Für die nachfolgenden Untersuchungen zur Sensitivität der resultierenden Dosis gelten folgende Randbedingungen, sofern nicht in einzelnen Kapiteln eigens auf Abweichungen hingewiesen wird:

Die Modellvorschriften werden so angewendet, wie sie im Entwurf der AVV /R-2/ vom 10.01.2001 zu § 47 StrlSchV /R-1/ festgelegt sind.

Die Ausbreitungsbedingungen in der Luft werden, außer im nachfolgenden Kapitel zu deren Einfluss auf die Strahlenexposition, als konstant angenommen. Hierbei gelten folgende Werte:

- |   |  |
|---|--|
| • Ausbreitungsfaktor (Jahr)             | 5,88 x 10 <sup>-8</sup> s/m <sup>3</sup> |
| • Ausbreitungsfaktor (Sommer)           | 7,98 x 10 <sup>-8</sup> s/m <sup>3</sup> |
| • Niederschlagsrate (Jahr)              | 764 mm/a                                 |
| • Niederschlagsrate (Sommer)            | 880 mm/a                                 |
| • Mittlere Windgeschwindigkeit (Jahr)   | 5,9 m/s                                  |
| • Mittlere Windgeschwindigkeit (Sommer) | 5,3 m/s                                  |
| • Entfernung von der Quelle             | 2 km                                     |

Diese Werte gehen auf Messungen am Standort des Kernkraftwerks Gundremmingen aus den Jahren 1986 bis 2000 in einer Messhöhe von 174 m über Grund zurück. Die Niederschlagsmessungen werden in 1 m Höhe über Grund durchgeführt.

### 3.1.2 Einfluss der meteorologischen Eingangsdaten auf die resultierende Strahlenexposition für die Nuklidgemische gemäß AVV /R-2/

Die Betrachtung der Ausbreitungsbedingungen reduziert sich nicht auf einzelne Parameter wie sie im folgenden noch zu behandeln sind, sondern muss als ganzer Parameter- bzw. Rechenkomplex betrachtet werden. In verschiedenen Diskussionen mit Anwendern der Rechenvorschriften der AVV /R-2/ sowie mit der Fachbetreuung des Vorhabens beim BfS zeigte sich, dass eine Analyse der Sensitivität der Strahlenexposition für die Variabilität der meteorologischen Daten wünschenswert ist. Aus diesem Grund sind in diesem Kapitel einfache Untersuchungen zur Sensitivität der resultierenden Strahlenexposition für die meteorologischen Daten von verschiedenen Standorten und aus unterschiedlichen Jahren dargestellt. Konform zu den Anforderungen der AVV /R-2/ wurde die resultierende Strahlenexposition jeweils am ungünstigsten Ort ermittelt.

Zu diesem Zweck wurden vom BfS mit freundlicher Erlaubnis des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz meteorologische Zeitreihen einzelner Kernkraftwerkstandorte zur Verfügung gestellt. Folgende Zeitreihen aus dem Zeitraum von 1990 bis einschließlich 2000 standen zur Verfügung:

Tab. 1: Verwendete meteorologische Zeitreihen /K-1/ für die Standorte und Zeiträume mit den Messarten und -größen

Anlage/(Standort)	KRB II (Gundremmingen)	KKI-1 (Essenbach)	KKI-2 (Essenbach)	KKG (Grafenrheinfeld)
<b>Zeitraum</b>	1990-2000 (ohne 1999)	1990-2000 (ohne 1999)	1990-2000 (ohne 1999)	1990-2000 (ohne 1999)
<b>Messsystem (Wind)</b>	Mast	SODAR	SODAR	Mast
<b>Messhöhe Wind (m)</b>	174	130	160	160
<b>Windrichtung</b>	x	x	x	x
<b>Windgeschwindigkeit</b>	x	x	x	x
<b>Ausbreitungskategorie</b>	x	x	x	x
<b>Niederschlag</b>	x	x	x	x

Gemäß /K-1/ können die übermittelten meteorologischen Zeitreihen trotz Überarbeitung immer noch fehlerhafte Daten beinhalten, besonders die Niederschlagswerte sind zum Teil unzuverlässig. Aus diesem Grund wurden beispielsweise das Jahr 1999 nicht berücksichtigt sowie innerhalb der Zeitreihen unplausible Niederschlagswerte entweder als fehlerhaft gekennzeichnet und nicht berücksichtigt oder in Einzelfällen durch plausible Werte ersetzt. Aus diesen Zeitreihen wurden sowohl für die Einzeljahre als auch für den gesamten nunmehr zehnjährigen Zeitraum drei- und vierparametrische Ausbreitungsstatistiken erstellt, anhand derer die Ermittlung der Strahlenexposition gem. AVV /R-2/ durchgeführt werden konnte. Dabei wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Verwendung der in der AVV /R-2/ vorgeschriebenen Nuklidgemische für Druckwasserreaktoren mit typischer Abgabemenge radioaktiver Stoffe aus den Betriebserfahrungen der betrachteten Anlagen
- Einheitliche unveränderte Standortbedingungen wie z.B. Anlagenbegrenzungen

Unter diesen Voraussetzungen können die Änderungen der resultierenden Strahlenexposition, die ausschließlich durch die Variabilität der jährlichen meteorologischen Verhältnisse verursacht werden, dargestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass an den hier untersuchten Standorten für die Jahre 1990 bis 2000 bei der ermittelten Dosis Abweichungen von knapp  $\pm 30\%$  zum 10-jährigen Mittelwert auftreten können.

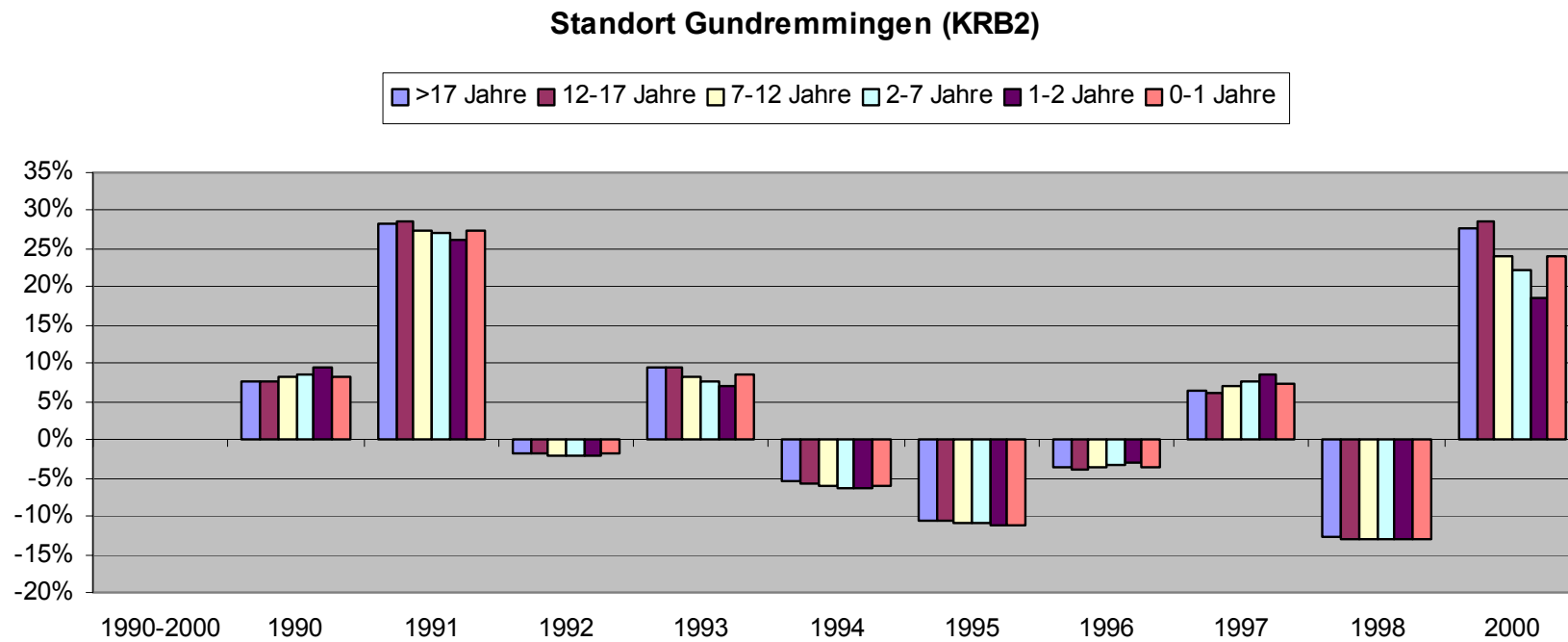


Abb. 1: Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KRB 2 für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)

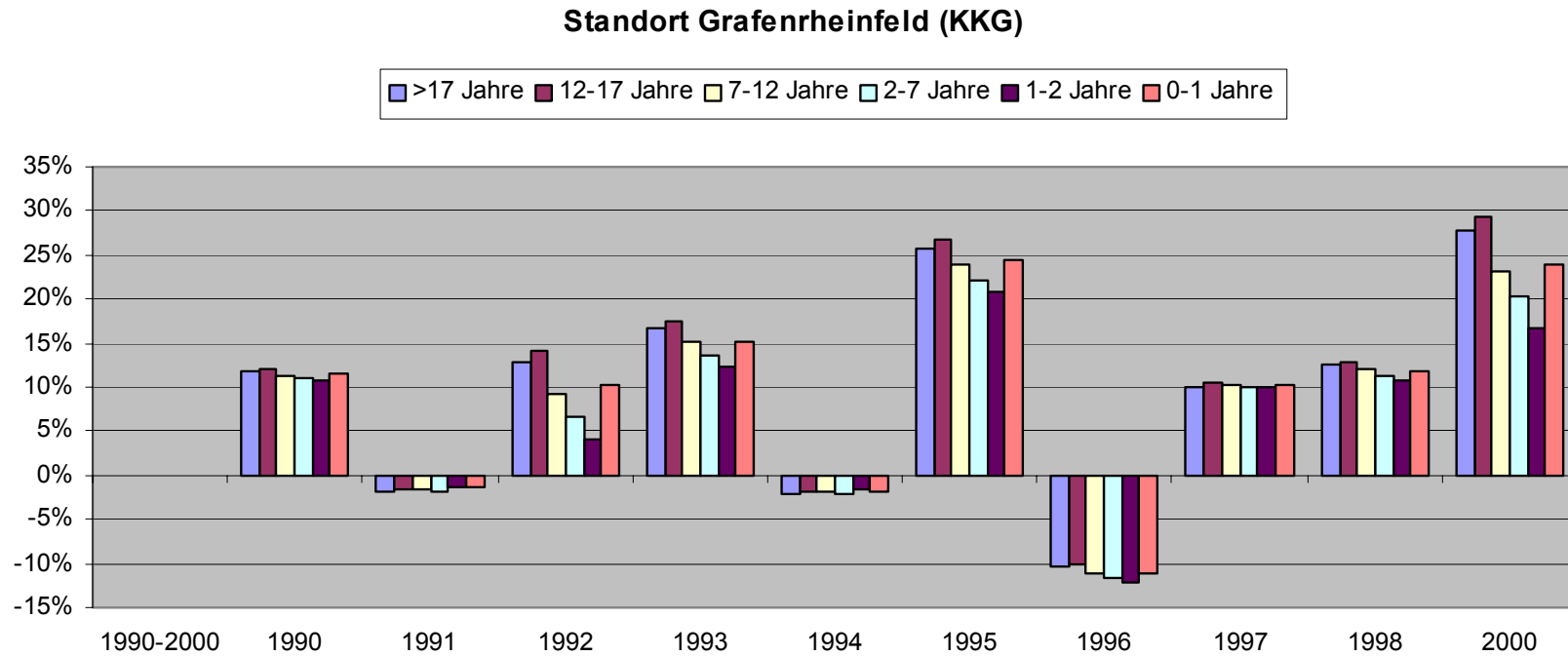


Abb. 2: Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KKG für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)



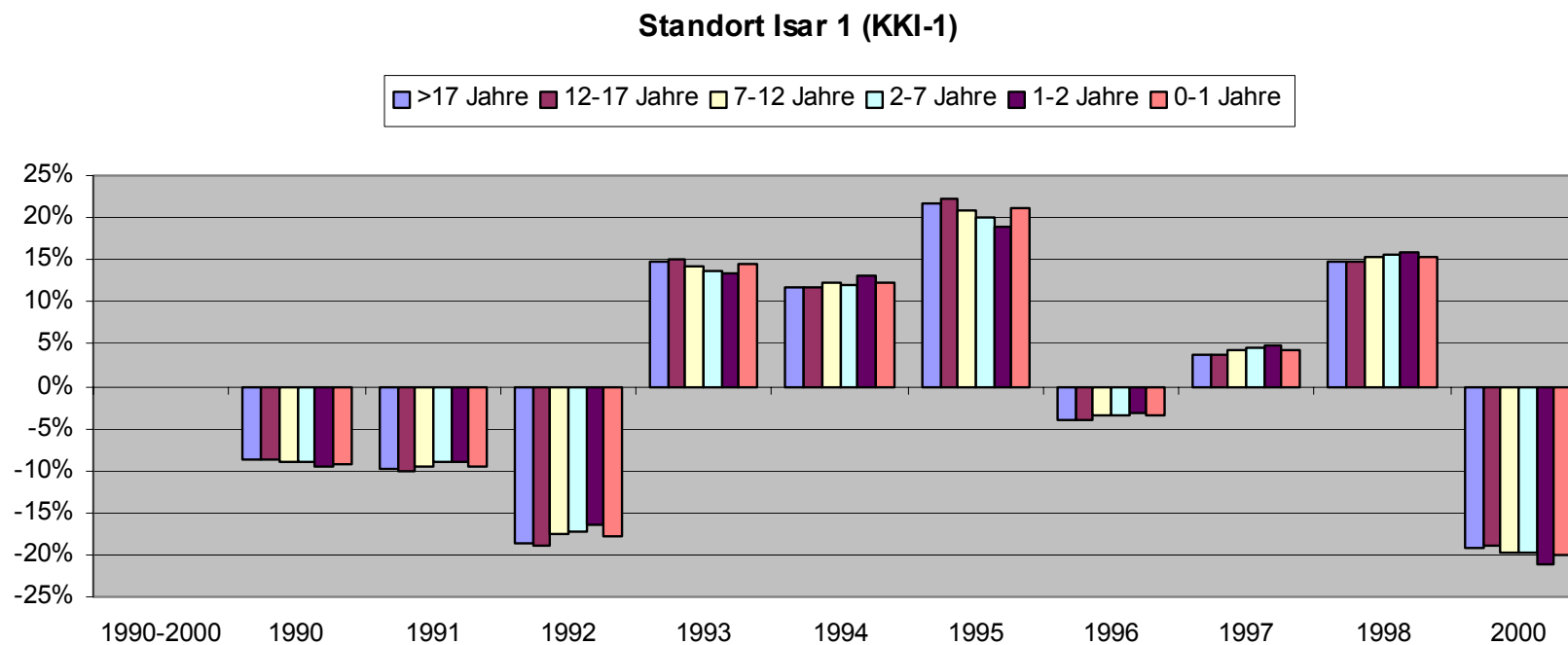


Abb. 3: Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KKI 1 für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)

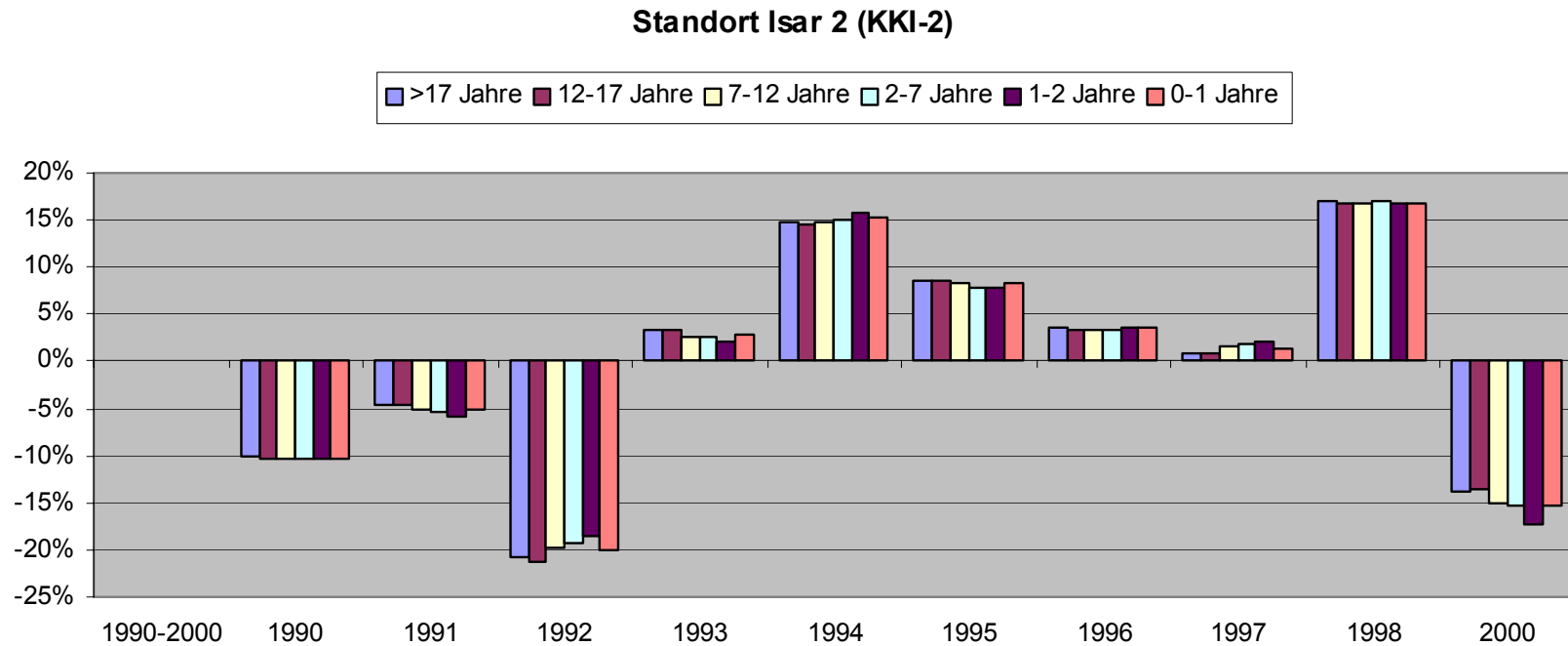


Abb. 4: Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KKI 2 für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)

### 3.1.3 Untersuchung einzelner Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition

#### 3.1.3.1 Edelgase ( $^{41}\text{Ar}$ , $^{85}\text{Kr}$ , $^{133}\text{Xe}$ , $^{135}\text{Xe}$ )

Bei der Ermittlung der Sensitivität der Strahlenexposition für Aktivitäten durch die Radionuklide  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$  und  $^{135}\text{Xe}$  ist aufgrund der heranzuziehenden Dosisleistungskoeffizienten /R-3/ ausschließlich der Expositionspfad Gammasubmersion relevant. Gemäß AVV /R-2/ Rechenvorschrift (Formel 3.4) haben bei der Ermittlung der Gammasubmersion die Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie, die jeweiligen Ausbreitungsfaktoren für die Gammaenergiegruppen von 1 MeV bzw. 0,1 MeV und der Anteil des Gamma-Emissionsspektrums oberhalb einer Energie von 0,2 MeV ( $f_r$ ) Einfluss. Der Ausbreitungsfaktor wird hier konstant gehalten, die Energieanteile des Gamma-Emissionsspektrums sind keine variablen Größen, die abgegebene Aktivität sowie der Dosisleistungsfaktor werden auftragsgemäß nicht diskutiert. Somit ist bei der Betrachtung der Edelgase ausschließlich der Einfluss der Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie auf die resultierende Strahlenexposition zu untersuchen.

#### Vorgehensweise

Folgende Parameter zur Berücksichtigung der Körpergeometrie sind für die jeweiligen Altersgruppen in der Gleichung 3.4 gem. AVV /R-2/

$$H_{T,\gamma,r} = A_r \cdot g_{\gamma,r,T} \cdot (f_r \cdot \bar{\chi}_{\gamma 1}^G \cdot c_{\text{Geo},\gamma 1} + (1 - f_r) \cdot \bar{\chi}_{\gamma 2}^G \cdot c_{\text{Geo},\gamma 2}) \quad (3.4)$$

$H_{T,\gamma,r}$ : Jahresdosis im Organ oder Gewebe T durch Gammasubmersion durch das Radionuklid r in Sv

$A_r$ : Jährliche Ableitungsmenge des Radionuklids r in Bq

$\bar{\chi}_{\gamma 1}^G$ : Langzeitausbreitungsfaktor für das gesamte Jahr für Gammasubmersion in  $\text{s} \cdot \text{m}^{-2}$  für die Energiegruppe 1 bei Gamma-Energien von 1 MeV

$\bar{\chi}_{\gamma 2}^G$ : Langzeitausbreitungsfaktor für das gesamte Jahr für Gammasubmersion in  $s \cdot m^2$  für die Energiegruppe 2 bei Gamma-Energien von 0,1 MeV

$g_{\gamma,r,T}$ : Dosisleistungskoeffizient für das Organ oder Gewebe T durch Gamma-submersion des Radionuklids r in  $(Sv \cdot m^2 \cdot Bq^{-1} \cdot s^{-1})$

$f_r$ : Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums des Radionuklids r oberhalb der Energie 0,2 MeV

anzusetzen:

Faktor	Altersklasse					
	>17 Jahre	>12 - ≤17 Jahre	>7 - ≤12 Jahre	>2 - ≤7 Jahre	>1 - ≤2 Jahre	≤1 Jahr
$C_{Geo,\gamma 1}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4
$C_{Geo,\gamma 2}$	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8

Tab. 2: Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für die Gammasubmersion gem. AVV /R-2/; ( $C_{Geo,\gamma 1}$ : Faktor für Photonenenergie 1 MeV,  $C_{Geo,\gamma 2}$ : Faktor für Photonenenergie 0,1 MeV)

Zur Ermittlung der Sensitivität bleiben bis auf den Wert der Körpergeometrie alle Parameter fixiert, wobei folgende Randbedingungen gelten:

- Abgeleitete Aktivität:  $1,26 \times 10^{10} \text{ Bq/a}^3$
- Meteorologische Daten für den Standort Gundremmingen 1986-2000, Emissionshöhe 170m

---

<sup>3</sup> dieser Betrag wird nur zur Information explizit angegeben und ist zur Ermittlung der Sensitivität bedeutungslos

## Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die normierten Sensitivitätsbeträge der Strahlenexposition, die sich aus der Änderung des Wertes zur Berücksichtigung der Körpergeometrie ergeben, dargestellt. Die Variationsbreite bewegt sich hierbei zwischen 0 und 1.

	<sup>41</sup> Ar	<sup>85</sup> Kr	<sup>133</sup> Xe	<sup>135</sup> Xe
> 17 Jahre	1,00	0,68	0,00	0,98
>12 und ≤17 Jahre	1,00	0,68	0,00	0,98
>7 und ≤12 Jahre	1,00	0,66	0,00	0,98
>2 und ≤7 Jahre	1,00	0,65	0,00	0,98
>1 und ≤2 Jahre	1,00	0,64	0,00	0,98
≤1 Jahr	1,00	0,62	0,00	0,97

Tab. 3: Sensitivität für die Strahlenexposition aufgrund der Variation des Korrekturfaktors zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für  $C_{Geo,\gamma1}$  (Faktor für Photonenenergie 1 MeV) für die Altersgruppen gem. /R-1/

	<sup>41</sup> Ar	<sup>85</sup> Kr	<sup>133</sup> Xe	<sup>135</sup> Xe
> 17 Jahre	0,00	0,32	1,00	0,02
>12 und ≤17 Jahre	0,00	0,32	1,00	0,02
>7 und ≤12 Jahre	0,00	0,34	1,00	0,02
>2 und ≤7 Jahre	0,00	0,35	1,00	0,02
>1 und ≤2 Jahre	0,00	0,36	1,00	0,02
≤1 Jahr	0,00	0,38	1,00	0,03

Tab. 4: Sensitivität für die Strahlenexposition aufgrund der Variation des Korrekturfaktors zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für  $C_{Geo,\gamma2}$  (Faktor für Photonenenergie 0,1 MeV) für die Altersgruppen gem. /R-1/

	<sup>41</sup> Ar	<sup>85</sup> Kr	<sup>133</sup> Xe	<sup>135</sup> Xe
$f_r$	1,00	0,81	0,00	0,99

Tab. 5: Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums der jeweiligen Radionuklide oberhalb der Energie 0,2 MeV gem. /R-3/

Der Zusammenhang zwischen der relativen Dosisänderung und der Variation der Korrekturfaktoren  $C_{Geo,\gamma1}$ , bzw.  $C_{Geo,\gamma2}$  ist linear. Bei der Interpretation der Tabellen 3

und 4 ist die Bedeutung des multiplikativ eingehenden Parameters  $f_r$  (siehe Tabelle 5) für den Anteil des Gamma-Emissionsspektrums oberhalb einer Energie von 0,2 MeV von wesentlicher Bedeutung. Da der Faktor eine physikalisch-empirische Konstante darstellt, wird er nicht in die Sensitivitätsanalyse mit einbezogen. Gleichwohl ist aus der Gleichung 3.4 der AVV /R-2/ ersichtlich, dass die ermittelten Sensitivitäten mit den Werten für  $f_r$  in funktionalem Zusammenhang stehen. Aus diesem Grund, sowie aus der Tatsache, dass  $c_{\text{Geo},\gamma 1}$ , bzw.  $c_{\text{Geo},\gamma 2}$  jeweils in einen der beiden Summanden aus der Gleichung 3.4 eingehen, ergibt sich als Summe der Sensitivitäten generell ein Wert von 1,0.

Es ist zu beachten, dass gemäß AVV /R-2/ bei der Betrachtung der Edelgasnuklide  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$  und  $^{135}\text{Xe}$  die Gesamtdosis ausschließlich durch die Gammasubmersion verursacht wird.

### 3.1.3.2 Aerosole und Tritium

Im folgenden Kapitel werden die Auswirkungen von Parameteränderungen auf die Strahlenexposition für die oben angegebenen Radionuklide einzeln betrachtet. Die Standortbedingungen wurden für diese Ermittlung konstant gehalten. Exemplarisch wurden hierfür die Verhältnisse am Standort Gundremmingen gewählt. Für die Ermittlung der Sensitivitäten wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Abgeleitete Aktivität:  $1,26 \times 10^{10} \text{ Bq/a}^4$
- Meteorologische Daten für den Standort Gundremmingen 1986-2000, Emissionshöhe 170m
- Betrachtung der Sensitivität der Ingestionsdosis

---

<sup>4</sup> dieser Betrag wird nur zur Information explizit angegeben und ist zur Ermittlung der Sensitivität bedeutungslos

Anders als bei der Ermittlung der Sensitivität bei der Nuklidgruppe der Edelgase sind die hier zu betrachtenden Aerosole nach den Vorschriften der AVV /R-2/ dem Einfluss einer großen Zahl von Parametern unterworfen. Die Wirksamkeit der einzelnen Radionuklide auf die unterschiedlichen Expositionspfade ist für die Altersgruppen Erwachsener (>17 Jahre) und Kleinkind ( $\leq 1$  Jahr)<sup>5</sup> in den Abbildungen 5 bis 8 dargestellt. Bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Radionuklide verursacht der Ingestionspfad den Hauptanteil der Gesamtdosis, wenn auch bei den Aerosolen der Gammabodenstrahlung ein erheblicher Anteil zukommen kann. Aus diesem Grund wird im folgenden die Sensitivität der Ingestionsdosis auf die Änderungen der einzelnen Parameter dargestellt.

Innerhalb des Ingestionspfades ist die Verteilung auf die unterschiedlichen Teilpfade der Ingestion uneinheitlich. Ein überwiegender Anteil der Ingestion über die sonstigen Pflanzen ist von einigen Aerosolen, insbesondere denjenigen aus der Nuklidgruppe der Transurane, verursacht. Diese Aussage gilt grundsätzlich auch für Personen der Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr, wobei innerhalb des Ingestionspfades auch der Teilpfad Ingestion Muttermilch, also diejenige Aktivität, welche die Mutter über ihre Nahrung aufnimmt und an den Säugling beim Stillen weitergibt, erhebliche Bedeutung hat.

---

<sup>5</sup> Die übrigen Altersgruppen unterscheiden sich von der Gruppe >17 Jahre nicht wesentlich

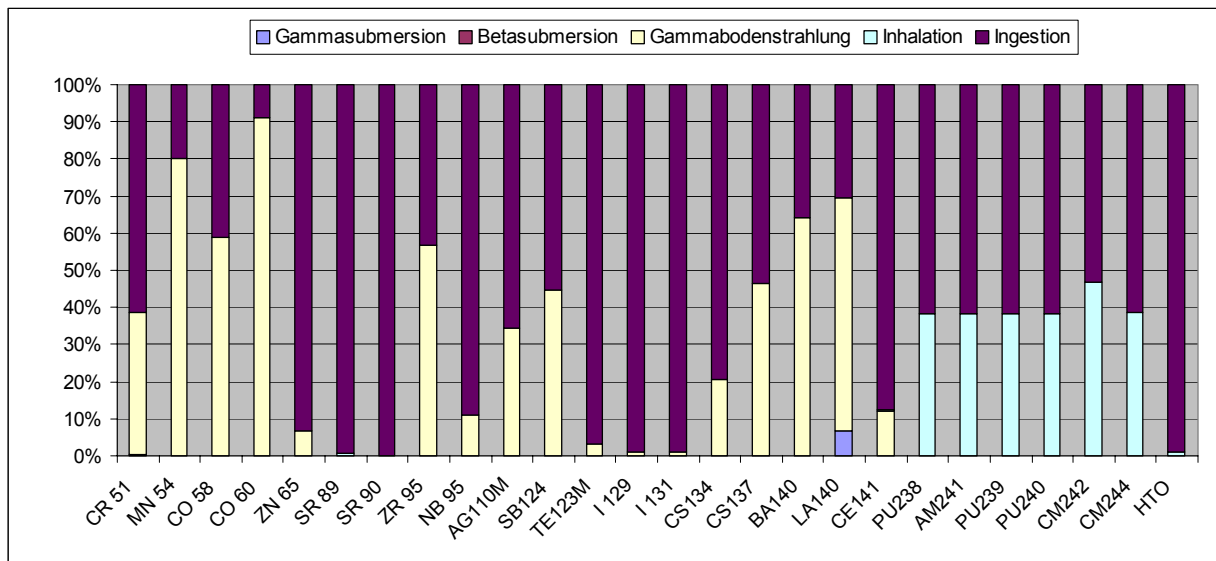


Abb. 5: Prozentualer Anteil der einzelnen Strahlenexpositionspfade gem. AVV /R-2/ an der effektiven Gesamtdosis je Radionuklid, Altersgruppe >17 Jahre

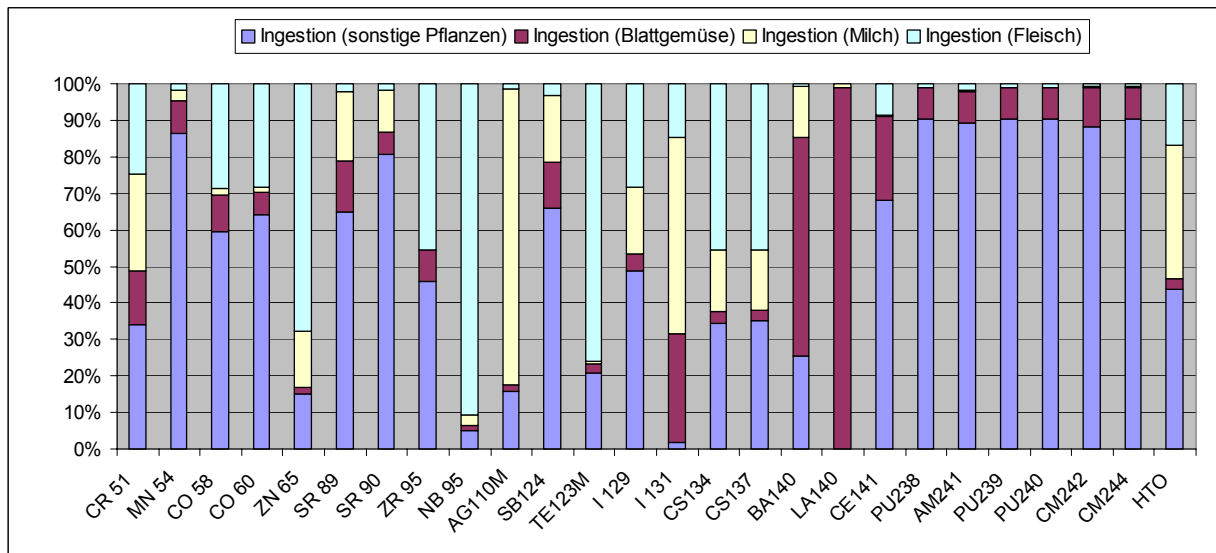


Abb. 6: Prozentualer Anteil der einzelnen Ingestionspfade gem. AVV /R-2/ an der gesamten Ingestionsdosis je Radionuklid, Referenzperson Altersgruppe >17 Jahre



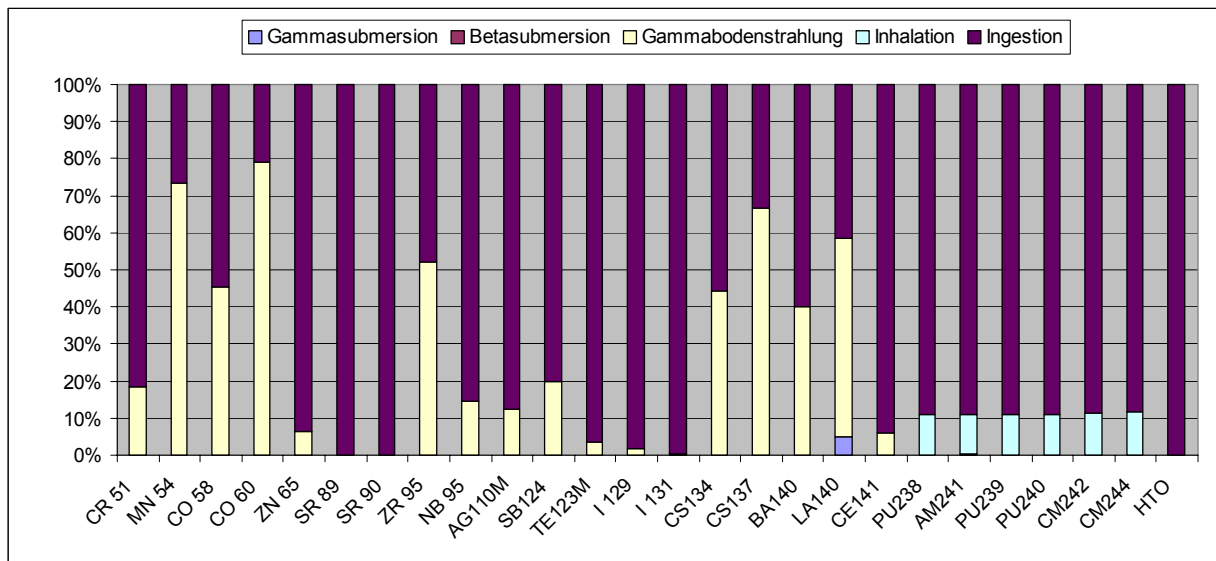


Abb. 7: Prozentualer Anteil der einzelnen Strahlenexpositionspfade gem. AVV /R-2/ an der effektiven Gesamtdosis je Radionuklid, Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr

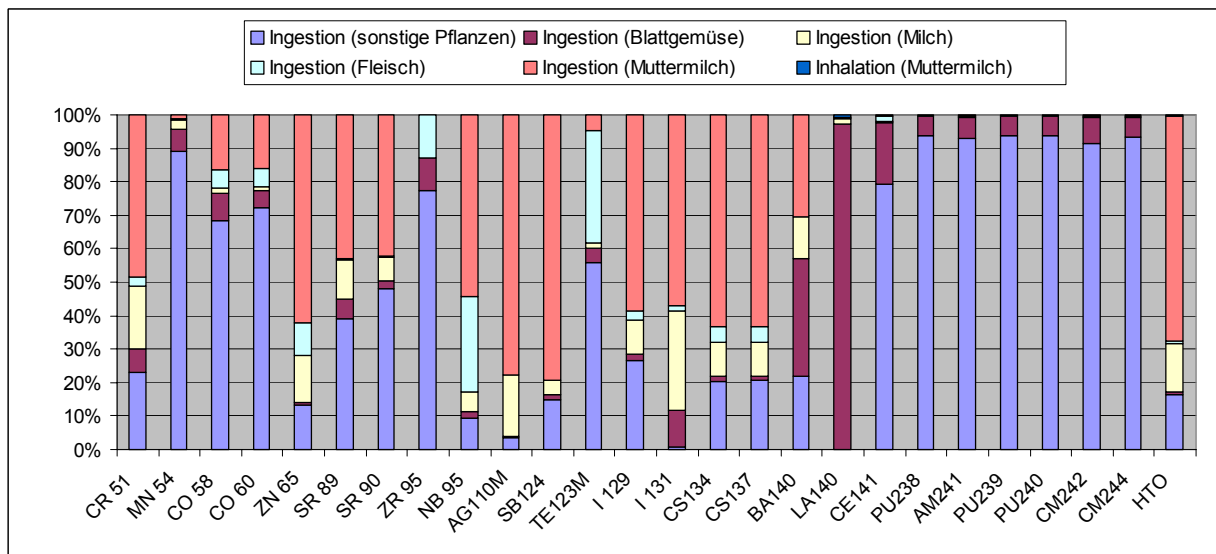


Abb. 8: Prozentualer Anteil der einzelnen Ingestionspfade gem. AVV /R-2/ an der gesamten Ingestionsdosis je Radionuklid, Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr

Die Ermittlung der Einzelsensitivitäten für die jeweiligen Parameter wird unter den oben genannten Randbedingungen für jedes angegebene Radionuklid durchgeführt. Hierbei wird die relative Änderung der Dosis mit der relativen Änderung bei Variation des jeweiligen Eingangsparameters über die Gleichung 1 in folgende Beziehung gesetzt:

$$\alpha = \frac{y_1}{\frac{x_1 - x_0}{x_0}} \quad (1)$$

Dabei bedeuten:

$x_0$ : Ausgangswert des untersuchten Parameters (Wert gem. AVV /R-2/)

$x_1$ : Wert nach Variation des untersuchten Parameters

$\frac{x_1 - x_0}{x_0}$ : relative Änderung des untersuchten Parameters

$y_1$ : relative Änderung der resultierenden Dosis (in den Abbildungen angegeben in Prozent)

$\alpha$ : Verhältnis der rel. Änderung der Dosis zu rel. Änderung des untersuchten Parameters (Sensitivitätskennwert)

Mit einem einzigen Wert lässt sich die Sensitivität für den untersuchten Parameter auf diese Weise nur bei linearen Zusammenhängen beschreiben. Zur Beschreibung nichtlinearer Zusammenhänge kann  $\alpha$  jedoch dann herangezogen werden, wenn die Stützpunkte des variierten Parameters in einem Wertebereich liegen, der einen realitätsnahen Hintergrund hat und dadurch eine sinnvolle Aussage hinsichtlich der Gesamtsensitivität des Parameters in diesem Bereich zulässt. Aus diesem Grund und um eine Vergleichbarkeit der ermittelten Werte zur Sensitivität der Parameter zu erhalten, werden bei den nichtlinearen Zusammenhängen die Steigungen der Kurventangente an dem Punkt des derzeit gültigen Parameterwertes der AVV /R-2/ berechnet.

Im folgenden Abschnitt sind diejenigen Sensitivitäten dargestellt, für welche ein linearer Zusammenhang zwischen der Variation des jeweiligen Parameters und der resul-

tierenden Strahlenexposition existiert. Hierbei gilt für die gesamte untersuchte Bandbreite die Definition der Sensitivität gemäß der Gleichung 1. In der Tabelle 6 sind die Formelzeichen und Bezeichnungen der Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition, deren untersuchte Bandbreite und die Einheit angegeben. Dabei sind bei den angegebenen Bandbreiten jeweils die absoluten Minima und Maxima angegeben. Die Datensätze unterscheiden sich bei den Verzehrsmengen und Atemraten je nach Altersgruppe und bei den Transferfaktoren je nach Elementgruppe der zugehörigen Radionuklide. Ferner wurde bei der Ermittlung der Sensitivität innerhalb der Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr nur die entsprechende Verzehrsmenge für diese Altersgruppe variiert, nicht jedoch analog die der stillenden Mutter. Die unter diesen Voraussetzungen ermittelten Beträge der Einzelsensitivitäten für die aerosolförmigen Radionuklide sind in den Tabellen 7 bis 12 für jede der Altersgruppen gem. AVV /R-2/ dargestellt. Exemplarisch ist in Abbildung 9 der funktionale Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Futtermenge Rindvieh" und der resultierenden relativen Dosisänderung für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  dargestellt. In der Geradengleichung findet sich aufgrund der Darstellung der relativen Änderung der Dosis auf der Y-Achse der Wert der Sensitivität (siehe auch Tabelle 7) mit negativem Vorzeichen als Achsenabschnittsbetrag wieder.

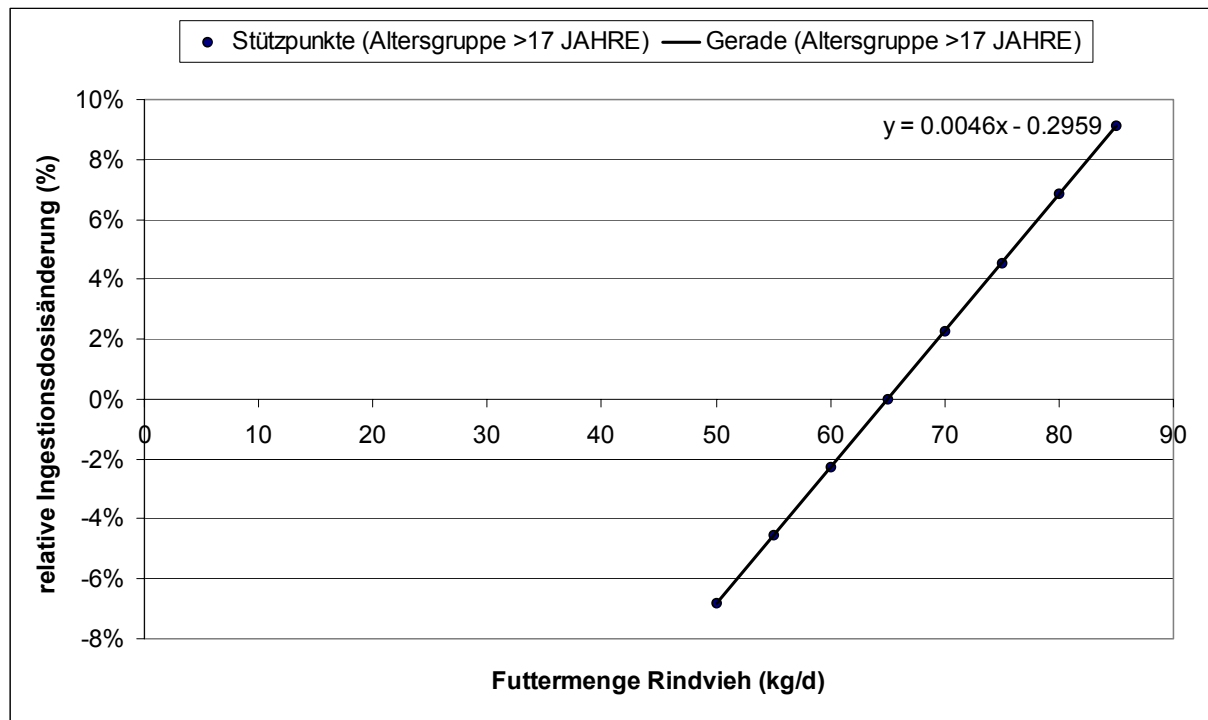


Abb. 9: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Futtermenge Rindvieh" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  (Altersgruppe >17 Jahre) sowie Geradengleichung

Formel- zeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Einheit
$U^{Pf}$	jährliche Verzehrsmenge: sonstige Pflanzen	0	800	kg
$U^{Bl}$	jährliche Verzehrsmenge: Blattgemüse	0	50	kg
$U^{Mi}$	jährliche Verzehrsmenge: Milch	0	600	kg
$U^{Fl}$	jährliche Verzehrsmenge: Fleisch	0	200	kg
$U^{MM}$	jährliche Verzehrsmenge: Muttermilch	0	450	kg
$T^{Pf}$	Transferfaktor Boden/Pflanze	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-1}$	(Bq/kg)FM/ (Bq/kg)TM
$T^{Wd}$	Transferfaktor Boden/Weidepflanze	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-1}$	(Bq/kg)FM/ (Bq/kg)TM
$T^{Mi}$	Transferfaktor Futter/Milch	$8 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-3}$	d/kg
$T^{Fl}$	Transferfaktor Futter/Fleisch	$8 \cdot 10^{-6}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$	d/kg
C	Proportionalitätsfaktor Washout Aerosole	$1 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-9}$	a/(mm*s)
C	Proportionalitätsfaktor Washout Iod elementar	$1 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-9}$	a/(mm*s)
C	Proportionalitätsfaktor Washout Tritium	$9 \cdot 10^{-10}$	$9 \cdot 10^{-9}$	a/(mm*s)
I	Futtermenge Rindvieh	50	85	kg/d
$f_w$	Anteil der auf der Pflanze abgelagerten Aktivität bei Niederschlägen und Berechnung	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^0$	-
V	Atemrate	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup> /s
$T^{MMIng}$	Transferfaktor Muttermilch Ingestion	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-0}$	d/kg
$T^{MMInh}$	Transferfaktor Muttermilch Inhalation	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-1}$	d/kg
$v_g$	Falloutgeschwindigkeit Aerosole	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-2}$	m/s

Tab. 6: Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Luft), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>Pf</sup>	0.34	0.86	0.59	0.64	0.15	0.65	0.81	0.46	0.05	0.16	0.66	0.21	0.49	0.02	0.34	0.35	0.25	0.00	0.68	0.90	0.89	0.90	0.90	0.88	0.88	0.44
U <sup>Bl</sup>	0.14	0.09	0.10	0.06	0.02	0.14	0.06	0.08	0.02	0.02	0.13	0.03	0.05	0.30	0.03	0.03	0.60	0.99	0.23	0.09	0.09	0.09	0.09	0.11	0.11	0.03
U <sup>Mi</sup>	0.27	0.03	0.02	0.01	0.16	0.19	0.12	0.00	0.03	0.81	0.18	0.00	0.18	0.54	0.17	0.16	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
U <sup>Fl</sup>	0.25	0.02	0.29	0.28	0.68	0.02	0.02	0.45	0.91	0.01	0.03	0.76	0.28	0.15	0.46	0.46	0.01	0.00	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.17
U <sup>MM</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.10	0.00	0.04	0.02	0.03	0.65	0.00	0.00	0.01	0.00	0.07	0.09	0.00	0.02	0.15	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.01	0.09	0.00	0.00	0.07	0.00	0.25	0.19	0.00	0.04	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.27	0.03	0.02	0.01	0.16	0.19	0.12	0.00	0.03	0.81	0.18	0.00	0.18	0.54	0.17	0.16	0.14	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37
T <sup>Fl</sup>	0.25	0.02	0.29	0.28	0.68	0.02	0.02	0.45	0.91	0.01	0.03	0.76	0.28	0.15	0.46	0.46	0.01	0.00	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.17
C	0.97	0.99	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.97	0.97	0.98	0.97	0.99	0.27	0.18	0.98	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
I	0.51	0.05	0.30	0.30	0.83	0.21	0.13	0.45	0.94	0.82	0.22	0.77	0.47	0.68	0.62	0.62	0.15	0.01	0.09	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.53
f <sub>w</sub>	0.99	0.89	0.99	0.93	0.87	0.95	0.26	0.99	0.99	0.90	0.98	0.67	0.64	0.73	0.93	0.61	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	-
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.38	0.38	0.38	0.38	0.47	0.47	0.00
v <sub>g</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.01	0.10	0.10	0.09	0.10	0.06	0.00	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00

Tab. 7: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis\* für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

\* für die Atemrate V wurde die Sensitivität für die Gesamtdosis ermittelt

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>Pf</sup>	0.35	0.88	0.64	0.69	0.17	0.65	0.80	0.52	0.06	0.14	0.66	0.25	0.50	0.02	0.37	0.37	0.29	0.00	0.73	0.92	0.91	0.92	0.92	0.90	0.90	0.43
U <sup>Bl</sup>	0.11	0.07	0.09	0.05	0.01	0.11	0.04	0.07	0.01	0.01	0.10	0.02	0.04	0.23	0.03	0.02	0.52	0.98	0.19	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.09	0.02
U <sup>Mi</sup>	0.33	0.03	0.02	0.02	0.21	0.23	0.14	0.00	0.04	0.84	0.22	0.01	0.23	0.64	0.21	0.21	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
U <sup>Fl</sup>	0.21	0.02	0.25	0.25	0.61	0.02	0.01	0.41	0.89	0.01	0.03	0.72	0.24	0.12	0.39	0.39	0.01	0.00	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13
U <sup>MM</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.10	0.00	0.05	0.02	0.03	0.64	0.00	0.00	0.01	0.00	0.09	0.09	0.00	0.02	0.15	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.01	0.10	0.00	0.00	0.07	0.00	0.23	0.19	0.00	0.04	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sup>Mi</sup>	0.33	0.03	0.02	0.02	0.21	0.23	0.14	0.00	0.04	0.84	0.22	0.01	0.23	0.64	0.21	0.21	0.19	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
T <sup>Fl</sup>	0.21	0.02	0.25	0.25	0.61	0.02	0.01	0.41	0.89	0.01	0.03	0.72	0.24	0.12	0.39	0.39	0.01	0.00	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13
C	0.97	0.99	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.97	0.97	0.98	0.97	0.99	0.27	0.18	0.98	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
I	0.53	0.05	0.27	0.26	0.82	0.25	0.15	0.41	0.93	0.85	0.24	0.73	0.46	0.75	0.61	0.60	0.20	0.02	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.55
f <sub>w</sub>	0.99	0.89	0.99	0.93	0.87	0.95	0.26	0.99	0.99	0.90	0.98	0.67	0.64	0.73	0.93	0.61	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	-
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.33	0.33	0.33	0.33	0.42	0.42	0.00
v <sub>g</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.01	0.10	0.10	0.09	0.10	0.06	0.00	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00

Tab. 8: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis\* für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

\* für die Atemrate V wurde die Sensitivität auf die Gesamtdosis ermittelt

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>Pf</sup>	0.37	0.89	0.68	0.72	0.19	0.66	0.81	0.56	0.07	0.14	0.67	0.28	0.52	0.02	0.39	0.40	0.31	0.00	0.76	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.43
U <sup>Bl</sup>	0.10	0.06	0.08	0.04	0.01	0.09	0.04	0.07	0.01	0.01	0.08	0.02	0.03	0.20	0.03	0.02	0.47	0.98	0.17	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.02
U <sup>Mi</sup>	0.35	0.03	0.02	0.02	0.23	0.24	0.14	0.00	0.05	0.85	0.23	0.01	0.24	0.68	0.23	0.23	0.21	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44
U <sup>Fl</sup>	0.18	0.01	0.22	0.21	0.56	0.01	0.01	0.37	0.87	0.01	0.02	0.69	0.20	0.10	0.35	0.35	0.00	0.00	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11
U <sup>MM</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.10	0.00	0.05	0.02	0.03	0.63	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.09	0.00	0.03	0.16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.01	0.10	0.00	0.00	0.07	0.00	0.22	0.18	0.00	0.04	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.35	0.03	0.02	0.02	0.23	0.24	0.14	0.00	0.05	0.85	0.23	0.01	0.24	0.68	0.23	0.23	0.21	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44
T <sup>Fl</sup>	0.18	0.01	0.22	0.21	0.56	0.01	0.01	0.37	0.87	0.01	0.02	0.69	0.20	0.10	0.35	0.35	0.00	0.00	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11
C	0.97	0.99	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.97	0.97	0.98	0.97	0.99	0.27	0.18	0.98	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
I	0.53	0.05	0.24	0.23	0.80	0.25	0.15	0.37	0.92	0.85	0.25	0.70	0.45	0.78	0.58	0.58	0.22	0.02	0.07	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.55
f <sub>w</sub>	0.99	0.89	0.99	0.93	0.87	0.95	0.26	0.99	0.99	0.90	0.98	0.67	0.64	0.73	0.93	0.61	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	-
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.00
v <sub>g</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.01	0.10	0.10	0.09	0.10	0.06	0.00	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00

Tab. 9: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis\* für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

\* für die Atemrate V wurde die Sensitivität auf die Gesamtdosis ermittelt



Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>Pf</sup>	0.37	0.90	0.71	0.75	0.20	0.66	0.81	0.59	0.08	0.13	0.67	0.31	0.53	0.02	0.41	0.41	0.33	0.00	0.79	0.94	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93	0.43
U <sup>Bl</sup>	0.09	0.05	0.07	0.04	0.01	0.08	0.03	0.06	0.01	0.01	0.07	0.02	0.03	0.17	0.02	0.02	0.43	0.97	0.15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.02
U <sup>Mi</sup>	0.38	0.04	0.02	0.02	0.27	0.25	0.15	0.00	0.06	0.86	0.24	0.01	0.26	0.72	0.26	0.25	0.24	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46
U <sup>Fl</sup>	0.16	0.01	0.20	0.19	0.52	0.01	0.01	0.34	0.85	0.01	0.02	0.66	0.18	0.09	0.31	0.31	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.10
U <sup>MM</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.10	0.00	0.05	0.03	0.03	0.63	0.00	0.00	0.01	0.00	0.11	0.09	0.00	0.03	0.17	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.01	0.11	0.00	0.00	0.08	0.00	0.21	0.18	0.00	0.04	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.38	0.04	0.02	0.02	0.27	0.25	0.15	0.00	0.06	0.86	0.24	0.01	0.26	0.72	0.26	0.25	0.24	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46
T <sup>Fl</sup>	0.16	0.01	0.20	0.19	0.52	0.01	0.01	0.34	0.85	0.01	0.02	0.66	0.18	0.09	0.31	0.31	0.00	0.00	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.10
C	0.97	0.99	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.97	0.97	0.98	0.97	0.99	0.26	0.18	0.98	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
I	0.54	0.05	0.22	0.21	0.79	0.26	0.16	0.34	0.91	0.86	0.26	0.67	0.44	0.81	0.57	0.57	0.24	0.03	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.55
f <sub>w</sub>	0.99	0.89	0.99	0.93	0.87	0.95	0.26	0.99	0.99	0.90	0.98	0.67	0.64	0.73	0.93	0.61	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	-
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.19	0.20	0.20	0.19	0.19	0.00
v <sub>g</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.01	0.10	0.10	0.09	0.10	0.06	0.00	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00

Tab. 10: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis\* für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

\* für die Atemrate V wurde die Sensitivität auf die Gesamtdosis ermittelt

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>Pf</sup>	0.32	0.87	0.77	0.82	0.24	0.56	0.74	0.72	0.14	0.09	0.58	0.50	0.50	0.01	0.42	0.43	0.25	0.00	0.77	0.93	0.92	0.93	0.93	0.91	0.91	0.35
U <sup>Bl</sup>	0.11	0.07	0.10	0.06	0.02	0.09	0.04	0.10	0.03	0.01	0.09	0.05	0.04	0.17	0.03	0.03	0.46	0.97	0.20	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.09	0.02
U <sup>Mi</sup>	0.51	0.05	0.04	0.03	0.49	0.34	0.22	0.00	0.18	0.90	0.33	0.02	0.39	0.80	0.42	0.41	0.29	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
U <sup>Fl</sup>	0.06	0.00	0.09	0.09	0.25	0.00	0.00	0.17	0.64	0.00	0.01	0.43	0.07	0.03	0.13	0.13	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
U <sup>MM</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.10	0.00	0.06	0.03	0.03	0.58	0.00	0.00	0.01	0.00	0.17	0.09	0.00	0.03	0.18	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.01	0.00	0.01	0.09	0.01	0.15	0.00	0.00	0.08	0.00	0.15	0.19	0.00	0.04	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.51	0.05	0.04	0.03	0.49	0.34	0.22	0.00	0.18	0.90	0.33	0.02	0.39	0.80	0.42	0.41	0.29	0.03	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
T <sup>Fl</sup>	0.06	0.00	0.09	0.09	0.25	0.00	0.00	0.17	0.64	0.00	0.01	0.43	0.07	0.03	0.13	0.13	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
C	0.97	0.99	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.97	0.97	0.98	0.97	0.99	0.27	0.18	0.98	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	1.00
I	0.57	0.06	0.13	0.12	0.74	0.35	0.22	0.17	0.82	0.91	0.34	0.46	0.46	0.82	0.55	0.55	0.29	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.63
f <sub>w</sub>	0.99	0.89	0.99	0.93	0.87	0.95	0.26	0.99	0.99	0.90	0.98	0.67	0.64	0.73	0.93	0.61	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	-
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.16	0.16	0.00
v <sub>g</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.01	0.10	0.10	0.09	0.10	0.06	0.00	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00

Tab. 11: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis\* für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

\* für die Atemrate V wurde die Sensitivität auf die Gesamtdosis ermittelt

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140m</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>Pf</sup>	0.23	0.89	0.68	0.72	0.13	0.39	0.48	0.77	0.09	0.03	0.15	0.56	0.27	0.01	0.20	0.21	0.22	0.00	0.79	0.94	0.93	0.94	0.94	0.91	0.91	0.17
U <sup>Bl</sup>	0.07	0.07	0.08	0.05	0.01	0.06	0.02	0.10	0.02	0.00	0.02	0.05	0.02	0.11	0.01	0.01	0.35	0.97	0.18	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.01
U <sup>Mi</sup>	0.19	0.03	0.02	0.01	0.14	0.12	0.07	0.00	0.06	0.18	0.04	0.01	0.10	0.30	0.10	0.10	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
U <sup>Fl</sup>	0.03	0.00	0.05	0.05	0.10	0.00	0.00	0.13	0.29	0.00	0.00	0.34	0.03	0.01	0.04	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
U <sup>MM</sup>	0.48	0.01	0.16	0.16	0.62	0.43	0.42	0.00	0.54	0.78	0.79	0.05	0.59	0.57	0.63	0.63	0.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.10	0.00	0.06	0.03	0.03	0.65	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	0.10	0.00	0.03	0.18	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.01	0.09	0.00	0.00	0.07	0.00	0.12	0.16	0.00	0.03	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.32	0.03	0.02	0.02	0.24	0.20	0.12	0.00	0.07	0.81	0.19	0.01	0.21	0.60	0.21	0.21	0.17	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39
T <sup>Fl</sup>	0.15	0.00	0.10	0.10	0.52	0.01	0.01	0.13	0.78	0.01	0.03	0.37	0.19	0.10	0.33	0.33	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
C	0.97	0.99	0.97	0.98	0.99	0.98	1.00	0.97	0.97	0.98	0.97	0.99	0.26	0.17	0.98	0.99	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.99
I	0.46	0.03	0.12	0.12	0.75	0.21	0.13	0.13	0.85	0.83	0.21	0.39	0.40	0.70	0.54	0.54	0.17	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
f <sub>w</sub>	0.99	0.89	0.99	0.93	0.87	0.95	0.26	0.99	0.99	0.90	0.98	0.67	0.65	0.73	0.93	0.61	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	-
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00
v <sub>g</sub>	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.01	0.10	0.10	0.09	0.10	0.06	0.00	0.00	0.09	0.06	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
T <sup>MMIng</sup>	0.48	0.01	0.16	0.16	0.62	0.43	0.42	0.00	0.54	0.78	0.79	0.05	0.59	0.57	0.63	0.63	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67
T <sup>MMInh</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 12: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis\* für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: ≤1 Jahr) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

\* für die Atemrate V wurde die Sensitivität auf die Gesamtdosis ermittelt

Der folgende Abschnitt zeigt die ermittelten Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge zwischen der Änderung des jeweiligen Parameters und der resultierenden Strahlenexposition. Hier kann die Sensitivität nur für einen Punkt d.h. einen bestimmten Wert des Parameters angegeben werden. Im Sinne der Fragestellung wurde dieser Wert der AVV /R-2/ entnommen. Eine echte Vergleichbarkeit dieser Steigungsbeträge wird jedoch erst durch Kenntnis des gesamten Kurvenverlaufes möglich. Exemplarisch sind in den Abb. 10 und 11 jeweils der Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Ackerboden" bzw. "Zeit in der die Pflanzen (Blattgemüse) während der Wachstumsperiode der Abluffahne ausgesetzt sind", und der jeweiligen resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{90}\text{Sr}$  bzw.  $^{60}\text{Co}$  (Altersgruppe > 17 Jahre) sowie die Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ (60 Tage) dargestellt.

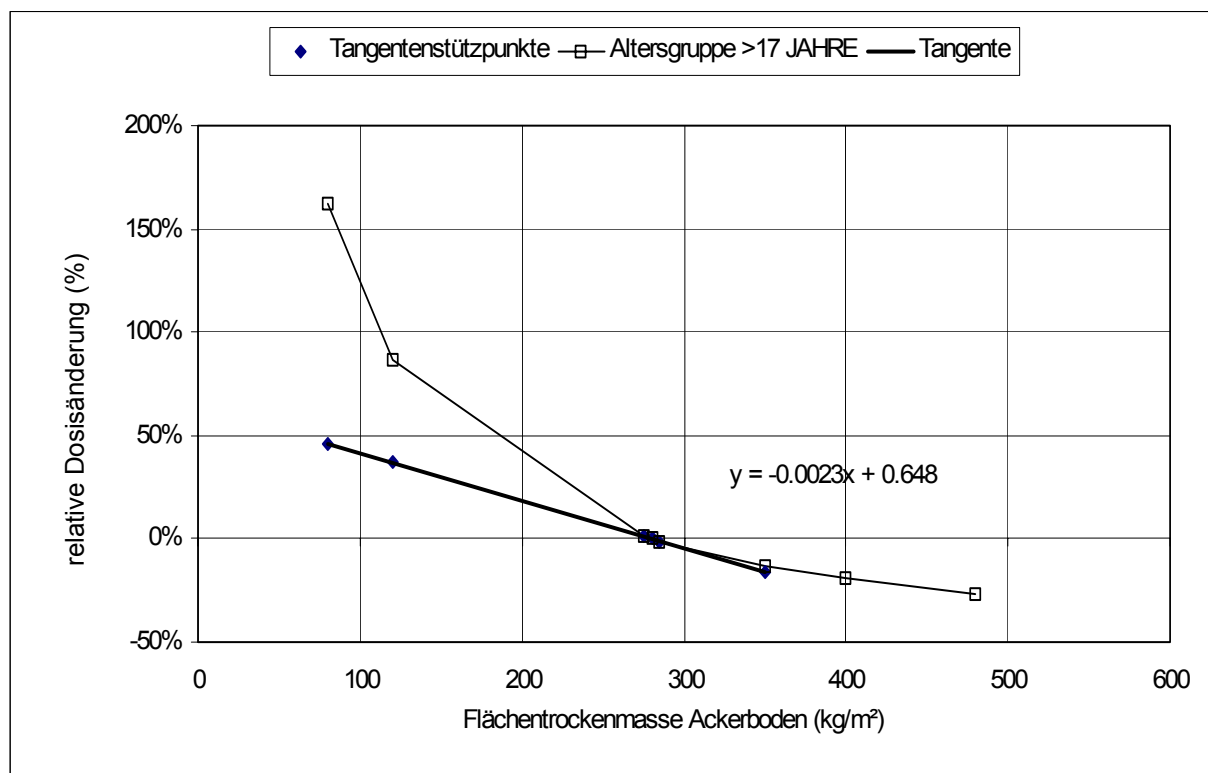


Abb. 10: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Ackerboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{90}\text{Sr}$  (Altersgruppe > 17 Jahre) sowie Geradengleichung der Tangente beim Wert gem. AVV /R-2/ (280 kg/m²)

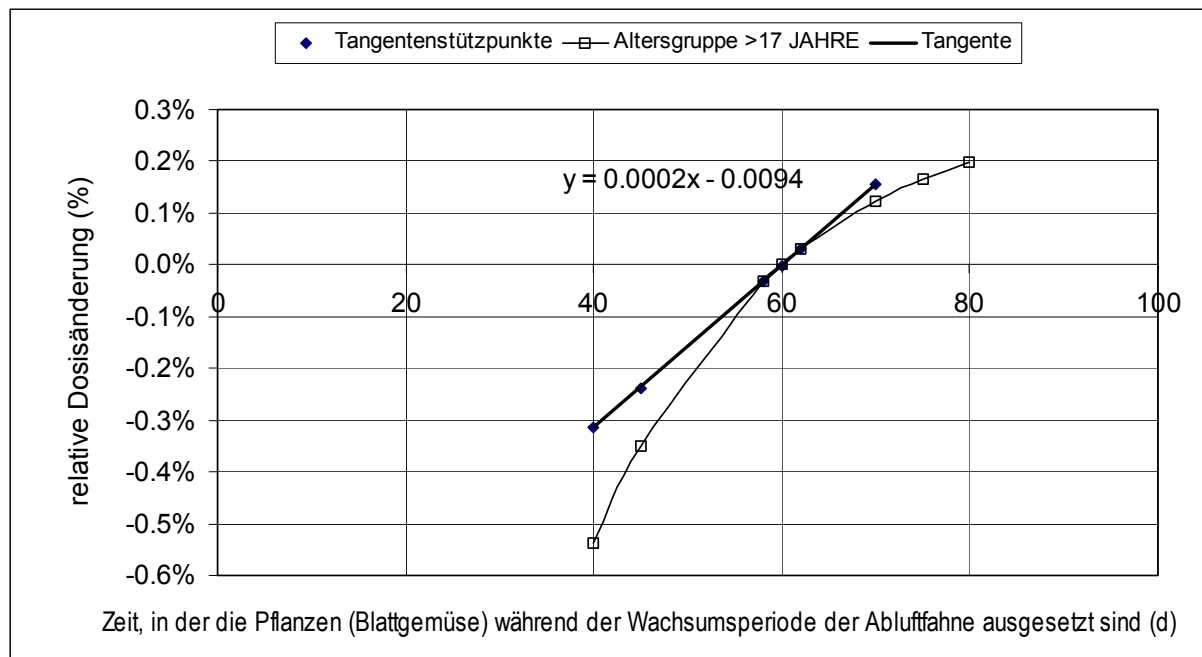


Abb. 11: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Zeit, in der die Pflanzen (Blattgemüse) während der Wachstumsperiode der Abluffahne ausgesetzt sind" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  (Altersgruppe > 17 Jahre) sowie Geradengleichung der Tangente beim Wert gem. AVV /R-2/ (60 Tage)

In der Tabelle 13 sind die Formelzeichen und Bezeichnungen der Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang mit der Strahlenexposition, deren untersuchte Bandbreite und die Einheiten angegeben.

Formelzeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Bezugswert gem. AVV	Einheit
$p_{\text{Acker}}$	Flächentrockenmasse Ackerboden	80	480	280	kg/m <sup>2</sup>
$p_{\text{Weide}}$	Flächentrockenmasse Weideboden	50	480	120	kg/m <sup>2</sup>
$te_{\text{Bl}}$	Zeit in der die Pflanzen während der Wachstumsperiode der Abluffahne ausgesetzt sind (Blattgemüse)	40	80	60	d
$te_{\text{Pf}}$	Zeit in der die Pflanzen während der Wachstumsperiode der Abluffahne ausgesetzt sind (sonstige Pflanzen)	40	80	60	d
$te_{\text{Wd}}$	Zeit in der die Pflanzen während der Wachstumsperiode der Abluffahne ausgesetzt sind (Weidepflanzen)	15	50	30	d
$Y^{\text{Bl}}$	Ertrag v on Blattgemüse	1,2	7,2	1,6	kg/m <sup>2</sup>
$Y^{\text{Pf}}$	Ertrag v on pflanzlichen Produkten ohne Blattgemüse	1,2	7,2	2,4	kg/m <sup>2</sup>
$Y^{\text{Wd}}$	Ertrag v on Weidepflanzen	0,3	2,6	0,85	kg/m <sup>2</sup>

Tab. 13: Untersuchte Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Luftpfad), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.10	0.00	-0.04	-0.02	-0.03	-0.65	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.07	-0.04	0.00	-0.02	-0.15	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-
P(Weide)	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.10	-0.01	-0.09	0.00	0.00	-0.07	0.00	-0.25	-0.19	0.00	-0.04	-0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
te <sup>Bl</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
te <sup>Pf</sup>	0.02	0.11	0.06	0.10	0.02	0.05	0.03	0.05	0.00	0.02	0.06	0.02	0.07	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.04	0.14	0.14	0.14	0.14	0.12	0.12	0.00
te <sup>Wd</sup>	0.14	0.02	0.11	0.12	0.30	0.07	0.02	0.16	0.28	0.31	0.07	0.20	0.12	0.05	0.25	0.17	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Y <sup>Bl</sup>	-0.15	-0.09	-0.10	-0.06	-0.02	-0.13	-0.02	-0.08	-0.02	-0.02	-0.13	-0.02	-0.04	-0.30	-0.03	-0.02	-0.60	-0.99	-0.23	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.11	-0.11	0.00
Y <sup>Pf</sup>	-0.30	-0.67	-0.52	-0.52	-0.12	-0.54	-0.17	-0.40	-0.04	-0.13	-0.57	-0.12	-0.39	-0.01	-0.28	-0.19	-0.22	0.00	-0.59	-0.78	-0.77	-0.78	-0.78	-0.77	-0.77	0.00
Y <sup>Wd</sup>	-0.51	-0.04	-0.30	-0.28	-0.73	-0.20	-0.04	-0.45	-0.94	-0.75	-0.21	-0.52	-0.28	-0.68	-0.58	-0.38	-0.15	-0.01	-0.09	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00

Tab. 14: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.10	0.00	-0.05	-0.02	-0.03	-0.64	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.09	-0.04	0.00	-0.02	-0.15	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-
P(Weide)	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.10	-0.01	-0.10	0.00	0.00	-0.07	0.00	-0.23	-0.19	0.00	-0.04	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
te <sup>Bl</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
te <sup>Pf</sup>	0.02	0.12	0.07	0.10	0.02	0.05	0.03	0.05	0.00	0.02	0.06	0.02	0.07	0.00	0.05	0.04	0.00	0.00	0.05	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.00
te <sup>Wd</sup>	0.14	0.02	0.10	0.11	0.30	0.08	0.02	0.15	0.28	0.32	0.08	0.19	0.12	0.05	0.24	0.16	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sup>Bl</sup>	-0.12	-0.07	-0.09	-0.05	-0.01	-0.10	-0.01	-0.07	-0.01	-0.01	-0.10	-0.02	-0.03	-0.23	-0.03	-0.02	-0.52	-0.99	-0.19	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.09	-0.09	0.00
Y <sup>Pf</sup>	-0.31	-0.69	-0.56	-0.56	-0.13	-0.54	-0.17	-0.45	-0.05	-0.11	-0.57	-0.15	-0.40	-0.01	-0.30	-0.20	-0.25	0.00	-0.64	-0.80	-0.79	-0.80	-0.80	-0.79	-0.79	0.00
Y <sup>Wd</sup>	-0.53	-0.04	-0.27	-0.24	-0.72	-0.24	-0.05	-0.41	-0.93	-0.78	-0.24	-0.50	-0.28	-0.75	-0.57	-0.37	-0.19	-0.02	-0.08	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00

Tab. 15: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.10	0.00	-0.05	-0.02	-0.03	-0.63	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.10	-0.04	0.00	-0.03	-0.16	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-
P(Weide)	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.10	-0.01	-0.10	0.00	0.00	-0.07	0.00	-0.22	-0.18	0.00	-0.04	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
te <sup>Bl</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
te <sup>Pf</sup>	0.02	0.12	0.07	0.11	0.02	0.06	0.03	0.06	0.00	0.02	0.06	0.02	0.08	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.05	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.00
te <sup>Wd</sup>	0.14	0.02	0.09	0.09	0.29	0.08	0.02	0.13	0.27	0.32	0.09	0.18	0.12	0.05	0.23	0.16	0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sup>Bl</sup>	-0.10	-0.06	-0.08	-0.04	-0.01	-0.09	-0.01	-0.07	-0.01	-0.01	-0.08	-0.02	-0.03	-0.20	-0.02	-0.02	-0.47	-0.98	-0.17	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	0.00
Y <sup>Pf</sup>	-0.32	-0.70	-0.59	-0.59	-0.14	-0.55	-0.17	-0.49	-0.06	-0.11	-0.58	-0.17	-0.42	-0.02	-0.32	-0.21	-0.27	0.00	-0.67	-0.81	-0.80	-0.81	-0.81	-0.80	-0.80	0.00
Y <sup>Wd</sup>	-0.53	-0.04	-0.24	-0.22	-0.70	-0.24	-0.05	-0.37	-0.92	-0.78	-0.24	-0.47	-0.27	-0.78	-0.55	-0.36	-0.21	-0.02	-0.07	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00

Tab. 16: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.10	0.00	-0.05	-0.03	-0.03	-0.63	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.11	-0.05	0.00	-0.03	-0.17	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-
P(Weide)	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.10	-0.01	-0.11	0.00	0.00	-0.08	0.00	-0.21	-0.18	0.00	-0.04	-0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
te <sup>Bl</sup>	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
te <sup>Pf</sup>	0.02	0.12	0.07	0.11	0.03	0.06	0.03	0.06	0.01	0.02	0.06	0.03	0.08	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.05	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.00
te <sup>Wd</sup>	0.14	0.02	0.08	0.09	0.29	0.09	0.02	0.12	0.27	0.33	0.09	0.18	0.11	0.06	0.23	0.15	0.04	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sup>Bl</sup>	-0.09	-0.05	-0.07	-0.04	-0.01	-0.08	-0.01	-0.06	-0.01	-0.01	-0.07	-0.02	-0.03	-0.17	-0.02	-0.01	-0.44	-0.98	-0.15	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.07	-0.07	0.00
Y <sup>Pf</sup>	-0.33	-0.70	-0.62	-0.61	-0.15	-0.55	-0.17	-0.52	-0.07	-0.10	-0.58	-0.18	-0.43	-0.02	-0.33	-0.22	-0.28	0.00	-0.69	-0.82	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	0.00
Y <sup>Wd</sup>	-0.54	-0.04	-0.22	-0.20	-0.69	-0.25	-0.05	-0.34	-0.91	-0.79	-0.26	-0.45	-0.26	-0.81	-0.53	-0.35	-0.24	-0.03	-0.06	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00

Tab. 17: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)



Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.10	0.00	-0.06	-0.03	-0.03	-0.58	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.17	-0.04	0.00	-0.03	-0.18	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.09	-0.01	-0.15	0.00	0.00	-0.08	0.00	-0.15	-0.19	0.00	-0.04	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
te <sup>Bl</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
te <sup>Pf</sup>	0.02	0.11	0.08	0.12	0.03	0.05	0.03	0.07	0.01	0.01	0.06	0.04	0.07	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.05	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.00
te <sup>Wd</sup>	0.15	0.02	0.05	0.05	0.27	0.11	0.03	0.06	0.24	0.34	0.12	0.12	0.12	0.06	0.22	0.15	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sup>Bl</sup>	-0.11	-0.07	-0.10	-0.06	-0.02	-0.09	-0.01	-0.10	-0.03	-0.01	-0.09	-0.04	-0.03	-0.17	-0.03	-0.02	-0.46	-0.97	-0.20	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.09	-0.09	0.00
Y <sup>Pf</sup>	-0.28	-0.68	-0.67	-0.67	-0.18	-0.47	-0.16	-0.63	-0.13	-0.07	-0.50	-0.29	-0.40	-0.01	-0.34	-0.23	-0.22	0.00	-0.67	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.79	-0.79	0.00
Y <sup>Wd</sup>	-0.57	-0.05	-0.13	-0.11	-0.65	-0.33	-0.07	-0.17	-0.82	-0.83	-0.33	-0.31	-0.27	-0.82	-0.52	-0.34	-0.29	-0.03	-0.03	0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00

Tab. 18: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.10	0.00	-0.06	-0.03	-0.03	-0.65	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.20	-0.05	0.00	-0.03	-0.18	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-
P(Weide)	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.09	-0.01	-0.09	0.00	0.00	-0.07	0.00	-0.12	-0.16	0.00	-0.03	-0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
te <sup>Bl</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
te <sup>Pf</sup>	0.02	0.12	0.08	0.12	0.03	0.06	0.03	0.08	0.01	0.02	0.06	0.05	0.08	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.05	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.00
te <sup>Wd</sup>	0.13	0.01	0.04	0.05	0.27	0.07	0.02	0.05	0.25	0.31	0.07	0.10	0.10	0.05	0.22	0.15	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y <sup>Bl</sup>	-0.14	-0.06	-0.10	-0.06	-0.02	-0.11	-0.02	-0.10	-0.03	-0.02	-0.12	-0.04	-0.04	-0.28	-0.03	-0.02	-0.54	-0.98	-0.19	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.08	-0.08	0.00
Y <sup>Pf</sup>	-0.35	-0.70	-0.68	-0.67	-0.17	-0.56	-0.18	-0.68	-0.10	-0.13	-0.58	-0.33	-0.44	-0.02	-0.34	-0.23	-0.26	0.00	-0.69	-0.81	-0.81	-0.81	-0.81	-0.80	-0.80	0.00
Y <sup>Wd</sup>	-0.46	-0.03	-0.12	-0.11	-0.66	-0.20	-0.04	-0.13	-0.85	-0.75	-0.21	-0.26	-0.24	-0.70	-0.51	-0.33	-0.17	-0.02	-0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 19: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: ≤1 Jahr) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

### 3.1.4 Modellgemische nach AVV /R-2/

Im folgenden werden die Sensitivitäten der Strahlenexposition für Variationen einzelner Parameter bei Anwendung der Modellgemische gem. AVV /R-2/ für Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Luft untersucht. Hierbei wurden die in der Tabelle 20 angegebenen Modellgemische herangezogen.

<b>Edelgase</b>	<b>Siedewasserreaktor</b>	<b>Druckwasserreaktor</b>
<sup>85m</sup> Kr	2 %	2 %
<sup>85</sup> Kr	2 %	2 %
<sup>87</sup> Kr	1 %	1 %
<sup>88</sup> Kr	3 %	3 %
<sup>89</sup> Kr	3 %	0 %
<sup>131m</sup> Xe	2 %	1 %
<sup>133</sup> Xe	70 %	80 %
<sup>135m</sup> Xe	2 %	0 %
<sup>135</sup> Xe	2 %	10 %
<sup>137</sup> Xe	8 %	0 %
<sup>138</sup> Xe	5 %	1 %
<b>Aerosole</b>	<b>Leichtwassergekühlte Reaktoren</b>	
<sup>58</sup> Co	10 %	
<sup>60</sup> Co	40 %	
<sup>134</sup> Cs	15 %	
<sup>137</sup> Cs	34 %	
<sup>90</sup> Sr	1 %	

Tab. 20: Radionuklidgemische für Ableitungen mit Luft gem. AVV /R-2/

Die im Rahmen dieser Untersuchung herangezogenen Gesamtaktivitäten entsprechen realistischen Ableitungsmengen aus der langjährigen Betriebserfahrung des Kernkraftwerks Gundremmingen Block B und C. Sie wurden verwendet, um für die Gewichtung der Nuklidgruppen realistische Verhältnisse zu erhalten. Es wurden die folgenden Gesamtmengen verwendet:

- Edelgase:  $3,71 \times 10^{11}$  Bq/a

- Aerosole<sup>6</sup>:  $1,35 \times 10^5$  Bq/a

Da im Rahmen dieser Untersuchung die Sensitivitäten relativ zueinander bzw. normiert dargestellt sind, hat der absolute Betrag der abgegebenen Aktivität keine Bedeutung, lediglich das Verhältnis der Nuklidgruppen untereinander. Die tatsächlich abgeleiteten Aktivitäten der Edelgase und der Aerosole unterscheiden sich um mehrere Größenordnungen, da in modernen Kraftwerken für die Aerosole und Edelgase unterschiedlich stark wirksame Rückhaltemaßnahmen realisiert sind. Hierdurch wird auch das Verhältnis der Sensitivitäten der Ingestionsdosis und der Gesamtdosis stark beeinflusst.

In der Tabelle 21 sind für die linearen Zusammenhänge die untersuchten Parameter dargestellt, für welche die Sensitivität aufgrund des Modellgemisches gem. AVV /R-2/ ermittelt wurde.

---

<sup>6</sup> meist kleiner Nachweisgrenze

Formelzeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Einheit
$U^{Pf}$	jährliche Verzehrsmenge: sonstige Pflanzen	0	800	kg
$U^{Bl}$	jährliche Verzehrsmenge: Blattgemüse	0	50	kg
$U^{Mi}$	jährliche Verzehrsmenge: Milch	0	600	kg
$U^{Fl}$	jährliche Verzehrsmenge: Fleisch	0	200	kg
$U^{MM}$	jährliche Verzehrsmenge: Muttermilch	0	450	kg
C	Proportionalitätsfaktor Washout	$1 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-9}$	a/(mm*s)
I	Futtermenge Rindvieh	50	85	kg/d
$f_w$	Anteil der auf der Pflanze abgelagerten Aktivität bei Niederschlägen und Berechnung	$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^0$	
V	Atemrate	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	m <sup>3</sup> /s
$v_g$	Falloutgeschwindigkeit Aerosole	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-2}$	m/s
$C_{geo,\gamma 1}$	Körpergeometriefaktor (Gammasubmersion Energiegruppe 1)	1,0	1,4	
$C_{geo,\gamma 2}$	Körpergeometriefaktor (Gammasubmersion Energiegruppe 2)	1,0	1,8	
$C_{geo,b 1}$	Körpergeometriefaktor (Gammabodenstrahlung Energiegruppe 1)	1,0	1,6	
$C_{geo,b 2}$	Körpergeometriefaktor (Gammabodenstrahlung Energiegruppe 2)	1,0	1,7	

Tab. 21: Untersuchte Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Luft) anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/, untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

In den Tabellen 22 und 23 sind die Beträge der Sensitivität für die beschriebenen Parameter angegeben. Berücksichtigt wurden für alle Parameter die Ingestions- sowie die Gesamtdosis, wobei für die Atemrate (V) kein Pfad zur Ingestionsdosis existiert. Die Ermittlung der Sensitivitäten wurde für Druck- und Siedewasserreaktoren gesondert mit den hierfür im Anhang 11 der AVV /R-2/ jeweils vorgesehenen Modellgemischen durchgeführt. Da sich die beiden Modellgemische für Druck- und Siedewas-

serreaktoren gem. AVV /R-2/ nur bei den Edelgasen unterscheiden, sind die ermittelten Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die beiden Reaktortypen identisch. Aus diesem Grund ist zusätzlich noch die jeweils ermittelte Sensitivität für die Gesamtdosis angegeben, die aufgrund des Einflusses der externen Strahlung und der Inhalation Unterschiede bei den Sensitivitäten für die beiden Reaktortypen aufweist. Diese sind jedoch durch den insgesamt höheren Beitrag der Ingestion zur Gesamtdosis sehr gering. Hierbei ist das bereits oben angesprochene Verhältnis der Nuklidgruppen bei der Ableitung zu berücksichtigen.

Altersgruppe	Ingestionsdosis							Gesamtdosis					
	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1		> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1
U <sup>Pf</sup>	0.39	0.46	0.51	0.55	0.60	0.38		0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
U <sup>Bl</sup>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>Mi</sup>	0.15	0.18	0.17	0.17	0.26	0.08		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>FL</sup>	0.42	0.33	0.28	0.25	0.10	0.04		0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
U <sup>MMi</sup>	-	-	-	-	-	0.48		-	-	-	-	-	0.01
C	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99		0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.07
I	0.58	0.51	0.46	0.42	0.36	0.37		0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
f <sub>w</sub>	0.70	0.68	0.70	0.74	0.73	0.68		0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
v <sub>g</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	externe Dosis							Gesamtdosis					
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,γ1</sub>	0.56	0.56	0.54	0.53	0.51	0.50		0.54	0.54	0.53	0.52	0.51	0.49
C <sub>geo,γ2</sub>	0.40	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46		0.39	0.39	0.41	0.43	0.44	0.45
C <sub>geo,b1</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Tab. 22: Ermittelte Sensitivitäten der Dosis für die angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (lineare Zusammenhänge) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Altersgruppe	Ingestionsdosis						Gesamtdosis					
	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1
U <sup>Pf</sup>	0.39	0.46	0.51	0.55	0.60	0.38	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>Mi</sup>	0.15	0.18	0.17	0.17	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>FL</sup>	0.42	0.33	0.28	0.25	0.10	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>MMi</sup>	-	-	-	-	-	0.48	-	-	-	-	-	0.01
C	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
I	0.58	0.51	0.46	0.42	0.36	0.37	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
f <sub>w</sub>	0.70	0.68	0.70	0.74	0.73	0.68	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
v <sub>g</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	externe Dosis						Gesamtdosis					
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,y1</sub>	0.39	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.39	0.39	0.37	0.36	0.35	0.33
C <sub>geo,y2</sub>	0.59	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64	0.58	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64
C <sub>geo,b1</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C <sub>geo,b2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 23: Ermittelte Sensitivitäten der Dosis für die angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (lineare Zusammenhänge)

Für die Ermittlung der Sensitivitäten mit nicht-linearem Zusammenhang zwischen Parameter und resultierender Dosis wurden die Parameter aus Tab. 13 herangezogen. Wie bereits für die vorangegangenen Darstellungen der nicht-linearen Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Parameter und der resultierenden Dosis zeigen die in den Tabellen 24 und 25 angegebenen Werte der Sensitivität nur für den derzeit gültigen Wert gem. AVV /R-2/ repräsentiert. Somit gilt die angegebene Sensitivität sowie die in der Abb. 12 angegebenen Geradengleichung jeweils nur an diesem Punkt.

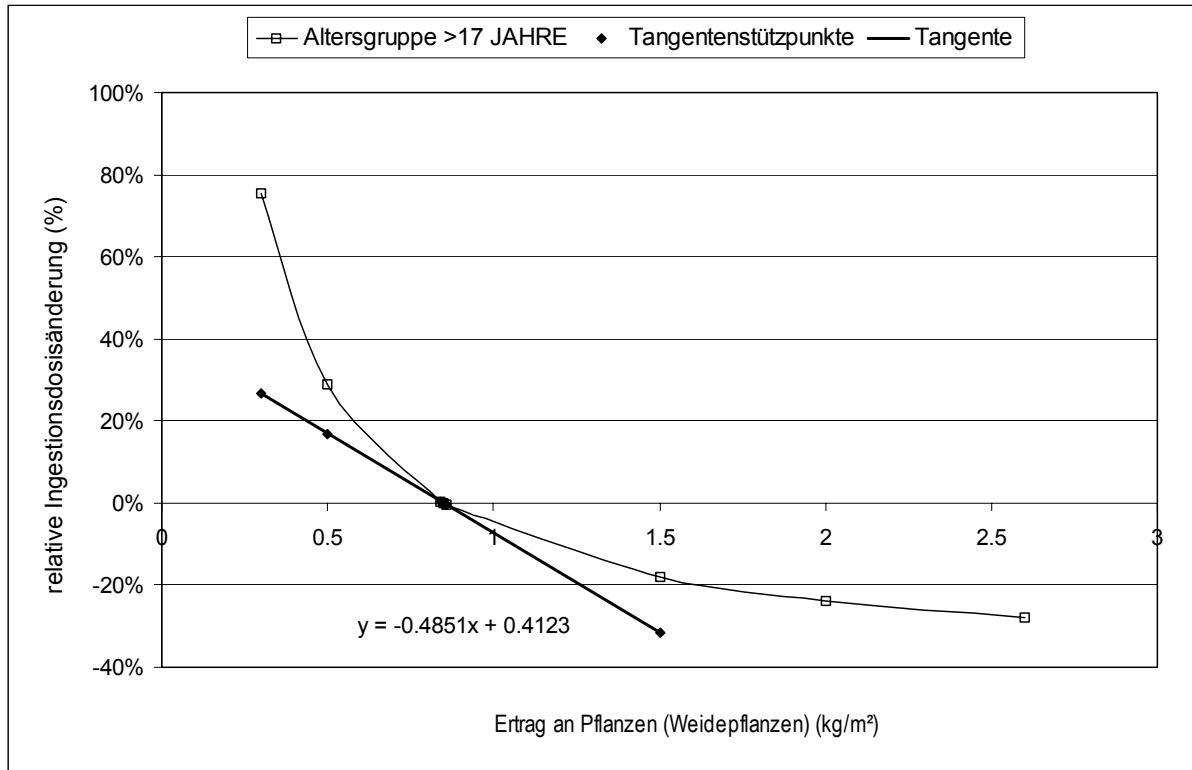


Abb. 12: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Ertrag an Weidepflanzen" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ (Altersgruppe > 17 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/, Anhang 4 (0,85 kg/m²)

Altersgruppe	Ingestionsdosis						Gesamtdosis					
	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1
P(Acker)	-0.13	-0.17	-0.16	-0.14	-0.15	-0.20	-0.004	-0.006	-0.004	-0.003	-0.002	-0.005
P(Weide)	-0.17	-0.15	-0.13	-0.11	-0.11	-0.11	-0.005	-0.005	-0.003	-0.002	-0.002	-0.003
$t_e^{BI}$	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002
$t_e^{Pf}$	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$t_e^{Wd}$	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.006	0.005	0.003	0.003	0.002	0.003
$Y^{BI}$	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	-0.001	-0.001
$Y^{Pf}$	-0.23	-0.27	-0.31	-0.36	-0.39	-0.35	-0.007	-0.009	-0.007	-0.007	-0.006	-0.009
$Y^{Wd}$	-0.41	-0.36	-0.33	-0.31	-0.26	-0.26	-0.013	-0.012	-0.008	-0.006	-0.004	-0.007

Tab. 24: Ermittelte Sensitivitäten der angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (nicht-lineare Zusammenhänge) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Altersgruppe	Ingestionsdosis						Gesamtdosis					
	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1	> 17	12-17	7-12	2-7	1-2	0-1
P(Acker)	-0.13	-0.17	-0.16	-0.14	-0.15	-0.20	-0.002	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.003
P(Weide)	-0.17	-0.15	-0.13	-0.11	-0.11	-0.11	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001
$t_e^{BI}$	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.06	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
$t_e^{Pf}$	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$t_e^{Wd}$	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.11	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001
$Y^{BI}$	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$Y^{Pf}$	-0.23	-0.27	-0.31	-0.36	-0.39	-0.35	-0.004	-0.005	-0.004	-0.004	-0.003	-0.004
$Y^{Wd}$	-0.41	-0.36	-0.33	-0.31	-0.26	-0.26	-0.007	-0.006	-0.004	-0.003	-0.002	-0.003

Tab. 25: Ermittelte Sensitivitäten der angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (nicht-lineare Zusammenhänge) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

### 3.1.5 Auswertung der Ergebnisse

Bei der Betrachtung der Strahlenexposition durch die jährliche Variabilität der meteorologischen Verhältnisse ist zu beachten, dass das Ergebnis für die jeweils ermittelte



ungünstigste Einwirkungsstelle in Abhängigkeit vom ermittelten Ausbreitungsfaktor Geltung besitzt. Bei einem Vergleich verschiedener Jahreswerte untereinander muss diese Tatsache berücksichtigt werden. Der Einfluss des Orts der ungünstigsten Einwirkungsstelle wurde bereits in Kap. 3.1.2 diskutiert. Gleichwohl stellt diese Anforderung gemäß § 47 StrlSchV /R-1/ eine der bedeutendsten Konservativitäten innerhalb des Gesamtmodells dar. Eine Bewertung dieser Anforderung der StrlSchV /R-1/ in Form einer Sensitivitätsanalyse wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht durchgeführt. Die unter dieser Prämisse dargestellten Unterschiede der Strahlenexposition resultieren dann jedoch aus den jährlich schwankenden meteorologischen Verhältnissen. Die in den Abb. 1 bis 4 dargestellten Schwankungen um den Wert des 10-jährlichen Mittels stellen aus den oben erwähnten Anforderungen zur Lage der ungünstigsten Einwirkungsstelle auch nur individuelle Abweichungen dar. Einzel- und Mittelwerte stehen deshalb nicht in statistischem Zusammenhang. Die meteorologischen Messgrößen sowie deren Zusammenfassung in einer Ausbreitungsklassenstatistik enthalten darüber hinaus keine Konservativitäten. Die ermittelten Abweichungen der einzelnen Jahresbeträge der Strahlenexposition von bis zu etwa 30% vom Mittelwert und etwa 40% Gesamtschwankungsbreite werden nicht nur durch die jährlich variierenden meteorologischen Bedingungen sondern auch durch die von der AVV /R-2/ geforderte Betrachtung der ungünstigsten Einwirkungsstelle verursacht.

Für die bei den Einzelnukliden betrachteten Edelgase  $^{41}\text{Ar}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$  und  $^{135}\text{Xe}$  wird als Expositionspfad gem. Gleichung 3.4 der AVV /R-2/ ausschließlich die Gamma-submersion wirksam. Als sensitive Parameter werden daher nur die Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie betrachtet. Deren Einfluss ist weiterhin vom Anteil des Gamma-Emissionsspektrums des Radionuklids  $r$  oberhalb der Energie  $0,2 \text{ MeV}$   $f_r$  abhängig. Wie die Tabellen 3 und 4 zeigen, geht dieser Einfluss direkt in die Beträge der Sensitivität ein.

Die radiologische Bedeutung der einzelnen untersuchten Nuklide auf die Belastungspfade gem. AVV /R-2/ ist erwartungsgemäß äußerst heterogen. Für die meisten der untersuchten Radionuklide (ausgenommen Edelgase) nimmt die Ingestionsdosis den höchsten Anteil an der Gesamtdosis ein. Auch innerhalb des Ingestionspfades zeigen sich für die Einzelnuklide sehr heterogene Verhältnisse (siehe Abbildungen 5 und 7).

Bei der Betrachtung der Sensitivitäten der Einzelnuclide für lineare Zusammenhänge mit den ausgewählten Parametern für den Ingestionspfad (vgl. Tabelle 6) zeigt sich kein durchgehend einheitliches Bild (Tabellen 7 bis 12). Für die meisten Nuclide zeigen sich hohe Sensitivitäten für die Parameter "Proportionalitätsfaktor Washout", "Anteil der auf der Pflanze abgelagerten Aktivität bei Niederschlägen und Beregnung" und die "Verzehrmenge sonstige Pflanzen". Dies gilt bis auf einige Abweichungen für alle Altersgruppen. Die Unterschiede zeigen sich vor allem bei den Altersgruppen kleiner 1 Jahr und 1 bis 2 Jahre. Auch die Nuklidgruppe der Transurane zeigt einheitlich hohe Sensitivitäten beim Parameter "Verzehrmenge sonstige Pflanzen". Die in den Tabellen genannten Sensitivitäten bei der Atemrate  $V$  beziehen sich auf die Gesamtstrahlenexposition und zeigen die höchsten Sensitivitäten bei den Transuranen in der Altersgruppe  $>17$  Jahre. Die Sensitivität des Parameters "Proportionalitätsfaktor Washout" hat ihre Gültigkeit ausschließlich bei Verwendung einer dreidimensionalen Ausbreitungsklassenstatistik. Angegeben sind in den Tabellen 7 bis 12 die Sensitivitäten aufgrund der Proportionalitätsfaktoren Washout für Aerosole, elementares Iod und Tritium (siehe Tabelle 6). Bis auf Iod ergeben sich durchweg hohe Sensitivitäten mit Beträgen nahe 1. Bei der Sensitivität der Transferfaktoren des Muttermilchpfades zeigen lediglich einige Radionuclide (ausgenommen Transurane) beim Ingestionsanteil der stillenden Mutter deutliche Beträge, während der Inhalationsanteil kaum eine Rolle spielt (siehe Tabelle 12).

Bei den nicht-linearen Zusammenhängen zwischen den Modellparametern und der resultierenden Strahlenexposition gelten die Sensitivitätsbeträge, wie in der Abbildung 11 dargestellt, nur für den Betrag des jeweiligen AVV-Parameters. Im Fall der Fallout-Geschwindigkeit  $v_g$  gilt strenggenommen ein linearer Zusammenhang zwischen  $v_g$  und der resultierenden Strahlenexposition, der jedoch bei geringer werdenden Fallout-Geschwindigkeiten vom Washout überlagert wird. Gleichzeitig ändert sich hierbei die ungünstigste Einwirkungsstelle.

Die Flächentrockenmasse für Ackerboden ( $p_{\text{Acker}}$ ) zeigt eine deutliche Sensitivität nur für  $^{90}\text{Sr}$  (vgl. Abb. 10). Geringe Sensitivitäten für alle Einzelnuclide zeigen die Expositionszeiten  $t_e$  der einzelnen Pflanzengruppen (Bl: Blattgemüse, Pf: sonstige Pflanzen, Wd: Weidepflanzen). Deutliche Sensitivitäten für einzelne Nuclide zeigen die Parameter des Ertrags für die einzelnen Pflanzengruppen  $Y$ . Hohe Sensitivitäten des Er-

trags an sonstigen Pflanzen  $Y^{Pf}$  ergeben sich auch bei den Nukliden der Transurane (siehe Tabellen 14 bis 19).

Die Sensitivitäten bei Zugrundelegung der in der AVV /R-2/ angegebenen Modellgemische sind anders zu bewerten als die Sensitivitäten bei den Einzelnukliden. Die betrifft vor allem die angesetzten Gesamtaktivitäten für Edelgase und Aerosole und deren Verhältnis zueinander. Details hierzu sind in Kapitel 3.1.4 dargestellt. Die jeweils abgegebenen Gesamtaktivitäten sind für Druck- und Siedewasserreaktoren gleich angesetzt, obwohl diese Annahme von den bisherigen Betriebserfahrungen dieser Reaktortypen abweicht. Für eine einheitliche sowie besser vergleichbare Analyse der ermittelten Sensitivitäten ist dies jedoch die Vorgehensweise der Wahl. Aus diesem Grund sowie dem Vorhandensein der Edelgasanteile in den jeweiligen Nuklidgemischen sind in den Tabellen 22 und 23 die Sensitivitäten für die Ingestions- und die Gesamtdosis angegeben. Sowohl bei Druck- als auch bei Siedewasserreaktoren zeigen die linearen Sensitivitäten der typischen AVV-Gemische erhöhte Beträge bei der "Verzehrmenge sonstige Pflanzen", der "Verzehrmenge Fleisch", der "Proportionalitätskonstante Washout" sowie der "Futtermenge Rindvieh". Bei den Parametern, welche über die externen Expositionspfade wirken, sind hohe Sensitivitäten beim Korrekturfaktor der Körpergeometrie für die Gammasubmersion zu erkennen. Dabei zeigt sich die geringfügig höhere Sensitivität der Energiegruppe 1 beim Gemisch der Druckwasserreaktoren, die Energiegruppe 2 überwiegt beim Gemisch der Siedewasserreaktoren. Dieser Unterschied resultiert überwiegend aus dem Nuklid  $^{89}\text{Kr}$ , welches beim SWR bis fast 50% der effektiven Dosis verursacht, während es im Gemisch der DWR nicht auftritt.

Bei den nicht-linearen Zusammenhängen sind erhöhte Sensitivitäten für die Gemische beider Reaktortypen bei den Parametern "Ertrag von sonstigen Pflanzen" ( $Y^{Pf}$ ) und "Ertrag von Weidepflanzen" ( $Y^{Wd}$ ), "Flächentrockenmasse Ackerboden" ( $p_{\text{Acker}}$ ) und "Flächentrockenmasse Weideboden" ( $p_{\text{Weide}}$ ) sowie "Zeit in der die Pflanzen während der Wachstumsperiode der Abluffahne ausgesetzt sind (Weidepflanzen)" ( $t_e^{Wd}$ ) erkennbar.

## 3.2 Wasserpfad

### 3.2.1 Ausgangsbedingungen für die Untersuchung

Für die Untersuchungen der Parametersensitivität beim Wasserpfad werden folgende stets gleichbleibende Randbedingungen betrachtet:

- Abgeleitete Gesamtaktivität (alle Radionuklide):  $1,26 \times 10^{10} \text{ Bq/a}^7$
- Verdünnungswassermenge<sup>8</sup>  $10 \text{ m}^3/\text{s}$
- Fließzeit zwischen Einleitungsstelle und Entnahmeort  $0 \text{ s}$

### 3.2.2 Untersuchung einzelner Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition bei Einzelnukliden

Im Unterschied zu den Untersuchungen beim Luftpfad sind die Ergebnisse nicht über die unterschiedlichen Nuklidgruppen gegliedert, sondern über die Parameter, welche für die einzelnen Strahlenexpositionspfade relevant sind.

#### 3.2.2.1 Änderungen der Korrekturfaktoren der altersgruppenabhängigen Körpergeometrie (Gammabodenstrahlung) $C_{\text{Geo},b1}$ , $C_{\text{Geo},b2}$

Für die Untersuchung der Sensitivität der Strahlenexposition auf Änderungen der Korrekturfaktoren der Körpergeometrie ist ausschließlich die Gammabodenstrahlung über die Pfade "Aufenthalt auf Ufersediment", "Aufenthalt auf Überschwemmungsgebieten" sowie "Aufenthalt auf Spülfeldern" von Bedeutung. Exemplarisch wird die

---

<sup>7</sup> dieser Wert wird nur zur Information explizit angegeben und ist zur Ermittlung der Sensitivität bedeutungslos

<sup>8</sup> Die Sensitivität auf eine Variation der Verdünnungswassermenge ( $=MQ \cdot f_v$ ) wird gesondert untersucht

Sensitivität für "Aufenthalt auf Ufersediment" dargestellt, da diese Expositionspfade identische Sensitivitätsbeträge aufweisen.

$$H_{T,\ddot{u},r} = K_e^r \cdot t_A \cdot C_r^{\text{Fließ}} \cdot g_{b,r,T} \cdot \frac{\ln 2}{\lambda_{\text{eff},r}^{\ddot{u}}} \cdot \left[ 1 - \exp(-\lambda_{\text{eff},r}^{\ddot{u}} \cdot t_{\text{Se}}) \right] \cdot (f_r \cdot c_{\text{Geo},b1} + (1 - f_r) \cdot c_{\text{Geo},b2}) \quad (5.11)^9$$

Die Symbole bedeuten hier:

$$K_e^r = \frac{\rho_{\text{Se}} \cdot V_{\text{Se}} \cdot K_F^r}{\ln 2} \quad (5.8)^{10}$$

$\rho_{\text{Se}}$ : Dichte des Sediments in kg/m<sup>3</sup> (Trockenmasse)

$v_{\text{Se}}$ : Sedimentationsgeschwindigkeit in m/s

$K_F^r$ : Konzentrationsfaktor für Schwebstoffe für das Radionuklid r in l/kg

$$C_r^{\text{Fließ}} = a_w \cdot \frac{A_r}{Q} \cdot f_v \cdot \exp(-\lambda_r \cdot t_f) \quad (5.1)^{10}$$

$A_r$ : Jährliche Ableitungsmenge des Radionuklids r in Bq (zum Modellgemisch siehe AVV Anhang 12 /R 2/)

$a_w$ : Umrechnungsfaktor:  $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{l}^{-1}$

$Q$ : Abfluss der zu betrachtenden Anlage oder Einrichtung in m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>; ist für Kernkraftwerke gleich dem Abfluss des Kühlwassers zu setzen, weil radioaktive Abwässer immer zuerst in den Kühlwasserstrom eingeleitet werden. Bei Kühlturbetrieb gibt es einen Strom von Abschlamm- und Nebenkühlwasser, dessen Abfluss gleich Q zu setzen ist.

$f_v$ : Mischungsverhältnis zwischen Abfluss der zu betrachtenden Anlage oder Einrichtung und Abfluss des Fließgewässers am betrachteten Ort

$t_f$ : Fließzeit zwischen Einleitungsstelle und betrachtetem Ort in s

---

<sup>9</sup> aus: AVV /R-2/

- $t_A$ : Jährliche Aufenthaltszeit am Ufer oder auf Überschwemmungsgebieten oder auf Spülfeldern in s, siehe Anhang 5
- $g_{b,r,T}$ : Dosisleistungskoeffizient für das Organ oder Gewebe T durch Bodenstrahlung des Radionuklids r in ( $\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ), siehe AVV Anhang 2 /R-2/
- $\lambda_{\text{eff},r}^{\text{Ü}}$ : Effektive Zerfallskonstante für das Radionuklid r auf Überschwemmungsgebieten in  $\text{s}^{-1}$
- $$\lambda_{\text{eff},r}^{\text{Ü}} = \lambda_r + \lambda_{\text{Ü}}$$
- $\lambda_r$ : Physikalische Zerfallskonstante des Radionuklids r in  $\text{s}^{-1}$
- $\lambda_{\text{Ü}}$ : Abbaukonstante zur Berücksichtigung des Eindringens der Radionuklide in tiefere Bodenschichten unter Überschwemmungsgebieten, siehe Anhang 4
- $t_{\text{Se}}$ : Sedimentationsdauer in s, siehe AVV Anhang 4 /R-2/
- $f_r$ : Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums des Radionuklids r oberhalb der Energie 0,2 MeV, siehe AVV Anhang 2 /R-2/

In der Tab. 26 sind die Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für die Gammabodenstrahlung gem. /R-3/ dargestellt.

Faktor	Altersklasse					
	>17 Jahre	>12 - ≤17 Jahre	>7 - ≤12 Jahre	>2 - ≤7 Jahre	>1 - ≤2 Jahre	≤1 Jahr
$C_{\text{Geo},b1}$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
$C_{\text{Geo},b2}$	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7

Tab. 26: Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für die Gammabodenstrahlung gem. /R-3/; ( $C_{\text{Geo},b1}$ : Faktor für Photonenenergie 1 MeV,  $C_{\text{Geo},b2}$ : Faktor für Photonenenergie 0,1 MeV)

Bei der Untersuchung der Sensitivität der Strahlenexposition auf die Korrekturfaktoren der Körpergeometrie für die unterschiedlichen Altersgruppen wurde die Auswirkung sowohl auf die externe Dosis als auch auf die Gesamtdosis ermittelt. Es wurde hierfür die Formel 1 angewandt. Zu den in den Tabellen 27 bis 33 dargestellten Werten gilt:

Für die Strontiumisotope  $^{89}\text{Sr}$  und  $^{90}\text{Sr}$  sowie für  $^3\text{H}$  existieren in /R-3/ keine Dosisleistungskoeffizienten für die Gammabodenstrahlung, so dass für die externe Dosis keine Werte angegeben sind (-). Bei der Gesamtdosis bleibt die Ingestionsdosis durch die Änderung der Korrekturfaktoren der Körpergeometrie unbeeinflusst, weshalb hier der Sensitivitätsbetrag Null (0) ausgewiesen wird. Für die externe Dosis in Abhängigkeit von den Korrekturfaktoren der Körpergeometrie existiert ein linearer funktionaler Zusammenhang. Die Gewichtung der beiden Faktoren  $C_{\text{Geo},b1}$  (für eine Photonenenergie von 1 MeV) und  $C_{\text{Geo},b2}$  (für eine Photonenenergie von 0,1 MeV) ist deshalb über den Faktor  $f_r$  (Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums des Radionuklids  $r$  oberhalb der Energie 0,2 MeV) multiplikativ verknüpft. Aus diesem Grund, sowie aus der Tatsache, dass  $C_{\text{Geo},b1}$ , bzw.  $C_{\text{Geo},b2}$  jeweils in einen der beiden Summanden aus der Gleichung 5.11 eingehen, ergibt sich als Summe der Sensitivitäten generell ein Wert von 1,0. Deshalb spiegelt der Wert der Sensitivität für die externe Dosis exakt den Betrag dieses Anteils wider (siehe Abb. 13). Bei der Gesamtdosis gewinnt der Anteil der Ingestion entsprechend seines Betrages an Einfluss und verringert somit den Einfluss der Korrekturfaktoren der Körpergeometrie für die jeweilige Altersgruppe.

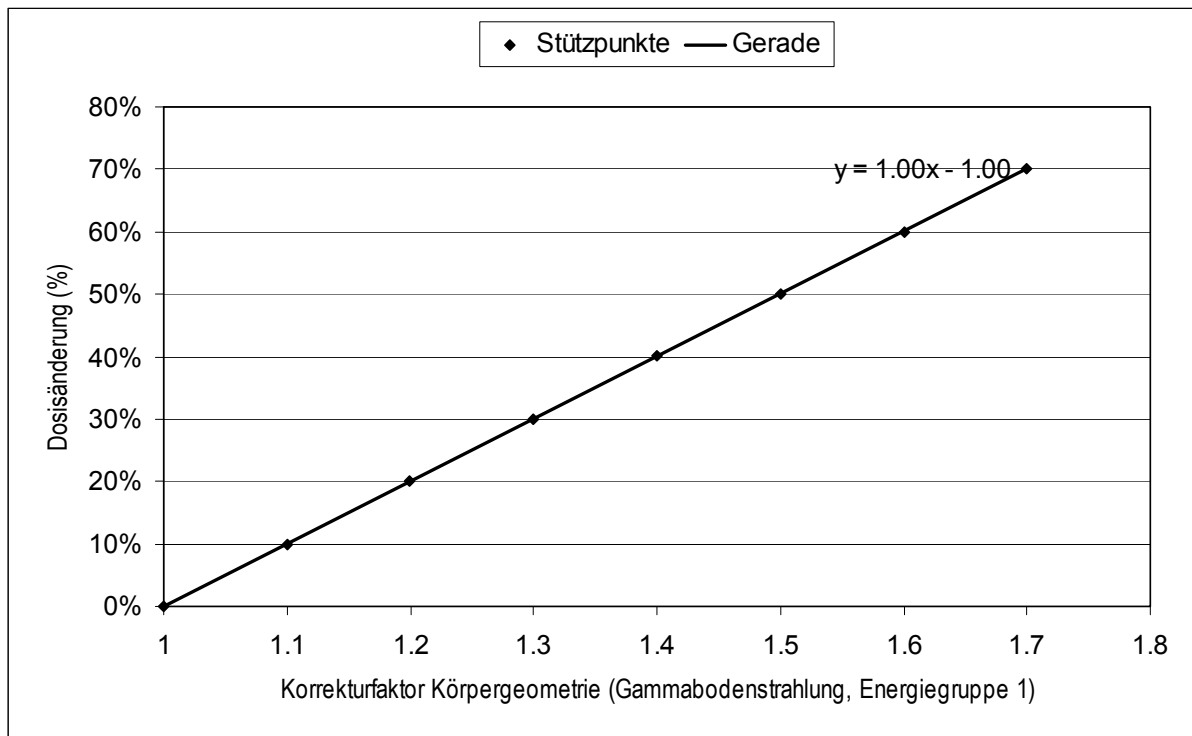


Abb. 13: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Korrekturfaktor Körpergeometrie (Gammabodenstrahlung, Energiegruppe 1)" und der resultierenden relativen Änderung der externen Dosis für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  sowie Geradengleichung

Für die Altersgruppe von kleiner  $\leq 1$  Jahr ist die Sensitivität für die Ernährungsvarianten über Milchfertigprodukte sowie über Muttermilch angegeben.



Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.97	1.00	1.00	2.28	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	-
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.55	0.95	0.85	0.97	0.16	0.00	0.00	0.82	0.02	0.10	0.09	0.00	0.00	0.01	0.22	0.33	0.45	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.21	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 27: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.97	1.00	1.00	1.77	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	-
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.57	0.95	0.84	0.95	0.17	0.00	0.00	0.83	0.02	0.08	0.09	0.00	0.00	0.01	0.28	0.40	0.49	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.25	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 28: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.74	1.00	1.00	1.35	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.91	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	-
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.50	0.94	0.80	0.94	0.15	0.00	0.00	0.79	0.01	0.06	0.07	0.00	0.00	0.01	0.39	0.51	0.44	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.21	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 29: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.55	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.91	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.48	0.94	0.79	0.93	0.14	0.00	0.00	0.78	0.01	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00	0.50	0.61	0.44	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.19	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 30: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.24	1.00	1.00	0.43	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	-
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.39	0.93	0.79	0.94	0.16	0.00	0.00	0.77	0.02	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.54	0.65	0.32	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.14	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 31: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.11	1.00	1.00	0.20	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	-	
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.49	0.93	0.79	0.93	0.19	0.00	0.00	0.81	0.04	0.06	0.05	0.00	0.00	0.00	0.72	0.78	0.33	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.14	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 32: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Milchfertigprodukte) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
C <sub>geo,b1</sub> (externe Dosis)	0.11	1.00	1.00	0.20	1.00	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.99	1.00	1.00	0.92	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-
C <sub>geo,b2</sub> (externe Dosis)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.36	0.95	0.81	0.94	0.08	0.00	0.00	0.86	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.41	0.50	0.32	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.22	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 33: Ermittelte Sensitivitäten der bezüglich externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Muttermilch) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

### 3.2.2.2 Änderungen anderer Parameter

Im Folgenden sind die Sensitivitäten der Strahlenexpositionen für Änderungen weiterer Parameter dargestellt (vgl. Tabellen 35 bis 41). Zunächst werden die Parameter mit linearen Zusammenhängen mit der resultierenden Dosis behandelt. In der Tabelle 34 sind die Parameter, die untersuchte Bandbreite und die physikalischen Einheiten zusammengestellt. Bei der Ermittlung der Strahlenexposition aufgrund von Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Wasser sind für die Altersgruppe unter 1 Jahr zwei Ernährungsvarianten zu berücksichtigen. Zum einen gibt es die Variante einer Ernährung über Milchfertigprodukte, welche generell als nicht kontaminiert zu betrachten sind, jedoch in Zusammenhang mit einer höheren Einnahme von Trinkwasser stehen, zum Anderen die Ernährung über Muttermilch. Aus diesem Grund sind im Unterschied zur Darstellung der Ergebnisse beim Luftpfad bei dieser Altersgruppe Sensitivitäten für beide Ernährungsvarianten angegeben.

In der Abbildung 14 ist exemplarisch für die Ergebnisse des Wasserpfads der Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Verzehrmenge Muttermilch" und der resultierenden relativen Änderung der Ingestionsdosis beim Kleinkind  $\leq 1$  Jahr für das Radionuklid  $^{131}\text{I}$  angegeben. Wie für alle übrigen in den Tabellen 35 bis 41 dargestellten Sensitivitätsbeträge handelt es sich um lineare funktionale Zusammenhänge, welche durch eine Geradengleichung über den gesamten Wertebereich beschrieben werden.

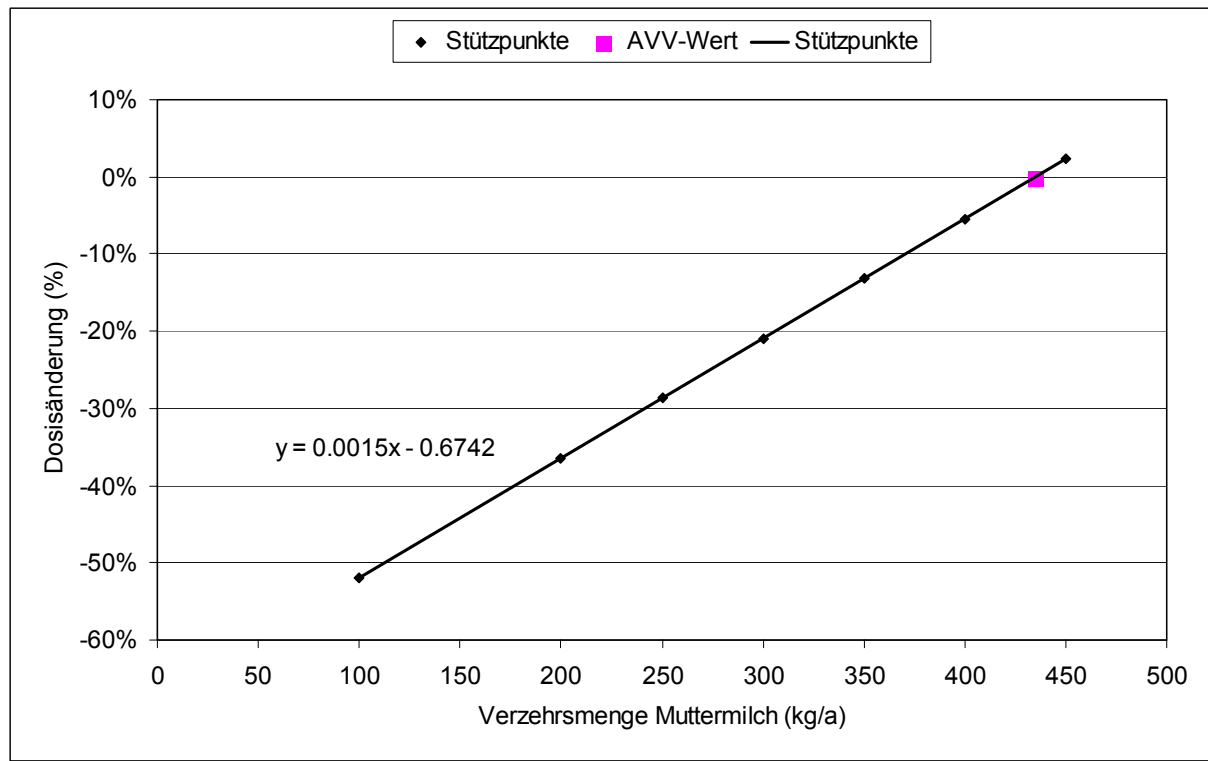


Abb. 14: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Verzehrmenge Muttermilch" und der resultierenden relativen Änderung der Ingestionsdosis (Wasserpfad) für das Radionuklid  $^{131}\text{I}$  (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr) sowie Geradengleichung

Formelzeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Einheit
$U^{Pf}$	jährliche Verzehrsmenge: sonstige Pflanzen	72	800	kg
$U^{Bl}$	jährliche Verzehrsmenge: Blattgemüse	3	50	kg
$U^{Mi}$	jährliche Verzehrsmenge: Milch	45	600	kg
$U^{Fi}$	jährliche Verzehrsmenge: Fleisch	5	200	kg
$U^W$	jährliche Verzehrsmenge: Trinkwasser	55	700	kg
$U^{Fi}$	jährliche Verzehrsmenge: Fisch	0,1	10	kg
$U^{MM}$	jährliche Verzehrsmenge: Muttermilch	100	450	kg
$U^{TwMM}$	jährliche Verzehrsmenge: Trinkwasser in Verbindung mit Ernährungsvariante Muttermilch	50	400	kg
$T^{Pf}$	Transferfaktor Boden/Pflanze	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^0$	(Bq/kg)FM/ (Bq/kg)TM
$T^{Wd}$	Transferfaktor Boden/Weidepflanze	$8 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^0$	(Bq/kg)FM/ (Bq/kg)TM
$T^{Mi}$	Transferfaktor Futter/Milch	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-2}$	d/kg
$T^{Fi}$	Transferfaktor Futter/Fleisch	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-1}$	d/kg
$T^{Fi}$	Konzentrationsfaktor Fischfleisch	$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^4$	l/kg
$T^{MMIng}$	Transferfaktor Muttermilch Ingestion	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-1}$	d/kg
$W$	Berechnungsrate	$5 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$	l/(m <sup>2</sup> *s)
$I$	tägliche Futtermenge Rindvieh	50	85	kg
$L$	tägliche Wasserkonsum Rindvieh	50	85	kg
$t_v^W$	Zeit zwischen Wasserentnahme und Einspeisung in das Trinkwassernetz	1	$3,46 \cdot 10^6$	s

Tab. 34: Untersuchte Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Wasserpfad), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
U <sup>W</sup>	0.22	0.24	0.25	0.18	0.05	0.37	0.11	0.18	0.04	0.06	0.28	0.08	0.15	0.48	0.05	0.04	0.33	0.52	0.32	0.29	0.27	0.29	0.29	0.33	0.33	0.36	
U <sup>Fi</sup>	0.41	0.22	0.23	0.16	0.18	0.10	0.03	0.32	0.08	0.01	0.26	0.00	0.07	0.22	0.63	0.57	0.60	0.47	0.44	0.02	0.06	0.02	0.02	0.08	0.08	0.00	
U <sup>Mi</sup>	0.13	0.02	0.01	0.01	0.13	0.17	0.11	0.00	0.03	0.79	0.13	0.00	0.15	0.20	0.06	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	
U <sup>Fi</sup>	0.13	0.01	0.22	0.21	0.55	0.02	0.02	0.29	0.83	0.01	0.02	0.76	0.23	0.06	0.16	0.19	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.05	0.04	0.04	0.01	0.06	0.05	0.03	0.01	0.01	0.05	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.04	0.01	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.02	
U <sup>Pf</sup>	0.08	0.46	0.26	0.40	0.09	0.29	0.68	0.17	0.02	0.12	0.26	0.14	0.37	0.00	0.09	0.12	0.01	0.00	0.15	0.62	0.59	0.62	0.62	0.52	0.52	0.32	
U <sup>MM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
U <sup>TvMM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01	0.46	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.06	0.00	0.00	0.04	0.00	0.14	0.10	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.13	0.02	0.01	0.01	0.13	0.16	0.11	0.00	0.03	0.79	0.13	0.00	0.15	0.20	0.06	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.13	0.01	0.21	0.21	0.55	0.02	0.02	0.30	0.83	0.01	0.02	0.76	0.23	0.05	0.16	0.19	0.00	0.00	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
W	0.32	0.54	0.49	0.62	0.67	0.50	0.85	0.44	0.71	0.80	0.43	0.81	0.74	0.22	0.29	0.36	0.07	0.01	0.23	0.69	0.66	0.69	0.69	0.59	0.59	0.00	
I	0.21	0.03	0.18	0.19	0.56	0.15	0.12	0.24	0.68	0.67	0.12	0.65	0.33	0.18	0.18	0.22	0.02	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
L	0.05	0.01	0.04	0.04	0.11	0.03	0.01	0.06	0.17	0.14	0.03	0.11	0.05	0.08	0.03	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.41	0.22	0.23	0.16	0.18	0.10	0.03	0.32	0.08	0.01	0.26	-	0.07	0.22	0.63	0.57	0.60	0.47	0.44	0.02	0.06	0.02	0.02	0.08	0.08	0.00	

Tab. 35: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)



Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
U <sup>W</sup>	0.16	0.16	0.17	0.12	0.03	0.24	0.06	0.13	0.03	0.03	0.19	0.05	0.09	0.36	0.03	0.03	0.28	0.48	0.26	0.18	0.17	0.18	0.18	0.22	0.22	0.23	
U <sup>Fi</sup>	0.34	0.17	0.18	0.12	0.13	0.08	0.02	0.27	0.06	0.00	0.20	0.00	0.05	0.19	0.54	0.47	0.60	0.51	0.41	0.02	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06	0.00	
U <sup>Mi</sup>	0.22	0.03	0.02	0.01	0.18	0.24	0.14	0.00	0.04	0.85	0.20	0.01	0.20	0.34	0.10	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.29	
U <sup>Fi</sup>	0.14	0.01	0.23	0.21	0.54	0.02	0.01	0.33	0.84	0.01	0.03	0.75	0.21	0.06	0.18	0.21	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09	
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.05	0.05	0.04	0.01	0.06	0.04	0.03	0.01	0.01	0.05	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.02	
U <sup>Pf</sup>	0.10	0.59	0.35	0.49	0.11	0.36	0.72	0.23	0.03	0.10	0.33	0.17	0.42	0.00	0.14	0.17	0.02	0.00	0.22	0.74	0.71	0.74	0.74	0.66	0.66	0.38	
U <sup>MM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
U <sup>TvMM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.48	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.05	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.14	0.11	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.22	0.03	0.02	0.01	0.18	0.24	0.14	0.00	0.04	0.85	0.20	0.01	0.20	0.34	0.10	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.14	0.01	0.23	0.21	0.54	0.02	0.01	0.33	0.84	0.01	0.02	0.75	0.21	0.06	0.18	0.21	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
W	0.43	0.67	0.60	0.72	0.72	0.64	0.90	0.54	0.74	0.83	0.56	0.84	0.81	0.33	0.38	0.46	0.10	0.02	0.32	0.81	0.78	0.81	0.81	0.72	0.72	0.00	
I	0.29	0.03	0.20	0.19	0.60	0.21	0.14	0.27	0.71	0.71	0.18	0.65	0.36	0.28	0.23	0.28	0.03	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
L	0.07	0.01	0.04	0.03	0.12	0.05	0.01	0.06	0.18	0.14	0.04	0.11	0.05	0.12	0.05	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.34	0.17	0.18	0.12	0.13	0.08	0.02	0.27	0.06	0.00	0.20	-	0.05	0.19	0.54	0.47	0.60	0.51	0.41	0.02	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06	0.00	

Tab. 36: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
U <sup>W</sup>	0.13	0.13	0.15	0.10	0.03	0.20	0.05	0.11	0.03	0.02	0.16	0.05	0.07	0.31	0.03	0.02	0.25	0.43	0.22	0.14	0.14	0.14	0.14	0.18	0.18	0.18	
U <sup>Fi</sup>	0.34	0.16	0.19	0.12	0.13	0.07	0.02	0.28	0.06	0.00	0.20	0.00	0.05	0.20	0.54	0.47	0.63	0.55	0.42	0.01	0.04	0.01	0.01	0.06	0.06	0.00	
U <sup>Mi</sup>	0.25	0.03	0.02	0.02	0.21	0.27	0.15	0.00	0.05	0.86	0.22	0.01	0.22	0.39	0.11	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	
U <sup>Fi</sup>	0.13	0.01	0.22	0.19	0.50	0.02	0.01	0.31	0.83	0.01	0.02	0.73	0.19	0.06	0.16	0.19	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.08	
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.04	0.04	0.03	0.01	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.02	
U <sup>Pf</sup>	0.12	0.62	0.38	0.54	0.12	0.39	0.73	0.26	0.03	0.10	0.36	0.20	0.45	0.00	0.15	0.18	0.03	0.00	0.25	0.79	0.76	0.78	0.78	0.70	0.70	0.40	
U <sup>MM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
U <sup>TvMM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.49	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.08	0.00	0.00	0.04	0.00	0.14	0.10	0.00	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.25	0.03	0.02	0.02	0.21	0.27	0.15	0.00	0.05	0.86	0.22	0.01	0.22	0.39	0.11	0.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.13	0.01	0.22	0.19	0.50	0.02	0.01	0.31	0.83	0.01	0.02	0.73	0.19	0.06	0.16	0.19	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
W	0.44	0.70	0.62	0.74	0.73	0.68	0.92	0.55	0.74	0.83	0.60	0.85	0.83	0.36	0.39	0.46	0.11	0.02	0.34	0.84	0.81	0.84	0.84	0.76	0.76	0.00	
I	0.30	0.04	0.19	0.18	0.59	0.23	0.15	0.26	0.70	0.72	0.19	0.63	0.36	0.31	0.23	0.27	0.04	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
L	0.08	0.01	0.04	0.03	0.11	0.05	0.02	0.06	0.17	0.14	0.04	0.11	0.05	0.13	0.04	0.04	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.34	0.16	0.19	0.12	0.13	0.07	0.02	0.28	0.06	0.00	0.20	-	0.05	0.20	0.54	0.47	0.63	0.55	0.42	0.01	0.04	0.01	0.01	0.06	0.06	0.00	

Tab. 37: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
U <sup>W</sup>	0.12	0.10	0.13	0.08	0.02	0.16	0.04	0.10	0.02	0.02	0.13	0.04	0.06	0.26	0.03	0.02	0.24	0.43	0.20	0.11	0.11	0.11	0.11	0.14	0.14	0.14	
U <sup>Fi</sup>	0.33	0.15	0.18	0.12	0.13	0.07	0.02	0.28	0.06	0.00	0.19	0.00	0.04	0.19	0.52	0.45	0.65	0.59	0.43	0.01	0.04	0.01	0.01	0.05	0.05	0.00	
U <sup>Mi</sup>	0.30	0.03	0.03	0.02	0.24	0.30	0.16	0.00	0.06	0.87	0.25	0.01	0.25	0.47	0.14	0.15	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	
U <sup>Fi</sup>	0.13	0.01	0.21	0.18	0.48	0.01	0.01	0.32	0.82	0.01	0.02	0.71	0.17	0.06	0.17	0.19	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.07	
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.04	0.04	0.03	0.01	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.05	0.02	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	
U <sup>Pf</sup>	0.13	0.68	0.43	0.58	0.14	0.42	0.74	0.31	0.04	0.10	0.39	0.23	0.47	0.00	0.18	0.21	0.04	0.00	0.30	0.82	0.80	0.82	0.82	0.75	0.75	0.42	
U <sup>MM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
U <sup>TvMM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.49	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.06	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	0.11	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.30	0.03	0.02	0.02	0.24	0.30	0.16	0.00	0.06	0.87	0.25	0.01	0.25	0.47	0.14	0.15	0.07	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sup>Fi</sup>	0.13	0.01	0.21	0.18	0.48	0.01	0.01	0.32	0.82	0.01	0.02	0.71	0.17	0.06	0.17	0.19	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
W	0.50	0.76	0.67	0.79	0.75	0.72	0.93	0.60	0.75	0.84	0.66	0.86	0.85	0.41	0.44	0.52	0.13	0.02	0.40	0.87	0.85	0.87	0.87	0.81	0.81	0.00	
I	0.34	0.04	0.20	0.17	0.60	0.26	0.16	0.26	0.71	0.73	0.22	0.62	0.36	0.37	0.26	0.30	0.05	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	
L	0.09	0.01	0.05	0.03	0.12	0.06	0.01	0.06	0.18	0.14	0.05	0.10	0.05	0.16	0.05	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.29	0.13	0.16	0.10	0.11	0.06	0.01	0.25	0.06	0.00	0.17	-	0.04	0.17	0.48	0.41	0.61	0.55	0.39	0.01	0.03	0.01	0.01	0.05	0.05	0.00	

Tab. 38: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
U <sup>W</sup>	0.14	0.14	0.19	0.12	0.04	0.19	0.05	0.15	0.06	0.02	0.16	0.10	0.08	0.28	0.03	0.03	0.24	0.43	0.24	0.17	0.16	0.17	0.17	0.20	0.20	0.18	
U <sup>Fi</sup>	0.35	0.18	0.24	0.16	0.19	0.07	0.02	0.38	0.15	0.00	0.20	0.00	0.05	0.18	0.59	0.53	0.62	0.55	0.46	0.02	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06	0.00	
U <sup>Mi</sup>	0.35	0.05	0.04	0.03	0.41	0.37	0.23	0.00	0.16	0.91	0.30	0.02	0.35	0.49	0.17	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	
U <sup>Fi</sup>	0.04	0.00	0.08	0.07	0.21	0.00	0.00	0.13	0.57	0.00	0.01	0.47	0.06	0.02	0.05	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.05	0.05	0.04	0.01	0.05	0.04	0.04	0.01	0.01	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.02	
U <sup>Pf</sup>	0.10	0.58	0.40	0.57	0.15	0.32	0.66	0.30	0.06	0.06	0.30	0.37	0.42	0.00	0.14	0.17	0.02	0.00	0.23	0.76	0.73	0.76	0.76	0.66	0.66	0.33	
U <sup>MM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
U <sup>TvMM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.12	0.00	0.00	0.04	0.00	0.09	0.11	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.35	0.05	0.04	0.03	0.41	0.37	0.23	0.00	0.16	0.91	0.30	0.02	0.35	0.49	0.17	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sup>Fi</sup>	0.04	0.00	0.08	0.07	0.21	0.00	0.00	0.13	0.57	0.00	0.01	0.47	0.06	0.02	0.05	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
W	0.44	0.67	0.55	0.70	0.68	0.67	0.91	0.45	0.65	0.83	0.59	0.83	0.82	0.39	0.34	0.41	0.12	0.02	0.30	0.82	0.79	0.82	0.82	0.73	0.73	0.00	
I	0.31	0.04	0.10	0.09	0.52	0.30	0.21	0.10	0.58	0.76	0.25	0.43	0.36	0.35	0.19	0.22	0.05	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	
L	0.08	0.01	0.02	0.02	0.10	0.07	0.02	0.03	0.14	0.15	0.06	0.07	0.05	0.15	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.35	0.18	0.24	0.16	0.19	0.07	0.02	0.38	0.15	0.00	0.20	-	0.05	0.18	0.60	0.53	0.62	0.55	0.46	0.02	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06	0.00	

Tab. 39: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
U <sup>W</sup>	0.49	0.38	0.49	0.34	0.17	0.50	0.16	0.46	0.23	0.09	0.46	0.29	0.27	0.71	0.17	0.15	0.73	0.88	0.63	0.38	0.38	0.38	0.38	0.45	0.45	0.49
U <sup>Fi</sup>	0.12	0.05	0.06	0.04	0.08	0.02	0.01	0.11	0.06	0.00	0.06	0.00	0.02	0.04	0.33	0.28	0.18	0.11	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
U <sup>Mi</sup>	0.21	0.02	0.02	0.01	0.31	0.16	0.12	0.00	0.10	0.79	0.15	0.01	0.19	0.21	0.16	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
U <sup>Fi</sup>	0.03	0.00	0.05	0.05	0.21	0.00	0.00	0.09	0.51	0.00	0.00	0.31	0.05	0.01	0.07	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
U <sup>Bi</sup>	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.01	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01
U <sup>Pf</sup>	0.11	0.51	0.35	0.52	0.21	0.28	0.68	0.30	0.08	0.11	0.29	0.35	0.45	0.00	0.25	0.31	0.02	0.00	0.19	0.57	0.57	0.57	0.57	0.49	0.49	0.29
U <sup>MM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>TvMM</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.03	0.00	0.02	0.02	0.01	0.45	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.06	0.00	0.01	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.06	0.06	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
T <sup>Mi</sup>	0.21	0.02	0.02	0.01	0.31	0.16	0.12	0.00	0.10	0.79	0.15	0.01	0.19	0.21	0.16	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sup>Fi</sup>	0.03	0.00	0.05	0.05	0.21	0.00	0.00	0.09	0.51	0.00	0.00	0.31	0.05	0.01	0.07	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
W	0.34	0.57	0.44	0.60	0.67	0.45	0.82	0.41	0.59	0.78	0.45	0.66	0.69	0.18	0.46	0.54	0.08	0.01	0.25	0.61	0.61	0.61	0.61	0.53	0.53	0.00
I	0.19	0.02	0.05	0.05	0.44	0.13	0.11	0.07	0.49	0.66	0.12	0.28	0.21	0.15	0.19	0.22	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L	0.05	0.00	0.01	0.01	0.08	0.03	0.01	0.01	0.12	0.13	0.03	0.05	0.03	0.07	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T <sup>Fi</sup>	0.12	0.05	0.06	0.04	0.08	0.02	0.01	0.11	0.06	0.00	0.06	-	0.02	0.04	0.33	0.28	0.18	0.11	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00

Tab. 40: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Milchfertigprodukte) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H	
U <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
U <sup>Fi</sup>	0.07	0.06	0.07	0.04	0.03	0.01	0.00	0.17	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	0.09	0.08	0.17	0.27	0.21	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00
U <sup>Mi</sup>	0.12	0.03	0.02	0.01	0.12	0.12	0.07	0.00	0.05	0.18	0.03	0.01	0.09	0.13	0.04	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
U <sup>Fi</sup>	0.02	0.00	0.06	0.05	0.08	0.00	0.00	0.13	0.27	0.00	0.00	0.31	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
U <sup>Bi</sup>	0.02	0.05	0.05	0.04	0.01	0.03	0.02	0.06	0.01	0.00	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.01	0.03	0.02	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.01
U <sup>Pf</sup>	0.07	0.68	0.40	0.54	0.08	0.21	0.42	0.44	0.04	0.03	0.06	0.35	0.21	0.00	0.07	0.09	0.02	0.00	0.34	0.77	0.76	0.77	0.77	0.70	0.70	0.13	
U <sup>MM</sup>	0.61	0.02	0.23	0.20	0.65	0.51	0.45	0.00	0.56	0.80	0.85	0.00	0.62	0.67	0.76	0.75	0.52	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	
U <sup>TvMM</sup>	0.09	0.16	0.18	0.12	0.02	0.12	0.03	0.21	0.04	0.01	0.03	0.00	0.04	0.14	0.02	0.01	0.22	0.70	0.35	0.17	0.16	0.17	0.17	0.21	0.21	0.07	
T <sup>Pf</sup>	0.00	0.05	0.00	0.03	0.01	0.01	0.49	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	0.05	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	
T <sup>Wd</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00	0.04	0.00	0.06	0.09	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	
T <sup>Mi</sup>	0.20	0.03	0.02	0.01	0.20	0.20	0.12	0.00	0.07	0.80	0.14	0.01	0.18	0.27	0.09	0.10	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.10	0.00	0.10	0.09	0.44	0.01	0.01	0.13	0.73	0.01	0.02	0.31	0.16	0.04	0.14	0.16	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
W	0.39	0.76	0.62	0.75	0.70	0.59	0.89	0.60	0.71	0.81	0.46	0.66	0.78	0.26	0.35	0.42	0.11	0.03	0.43	0.83	0.82	0.83	0.83	0.77	0.77	0.00	
I	0.24	0.03	0.10	0.09	0.54	0.17	0.12	0.10	0.64	0.68	0.13	0.28	0.30	0.21	0.19	0.23	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
L	0.06	0.01	0.03	0.02	0.10	0.04	0.01	0.03	0.16	0.14	0.03	0.05	0.04	0.09	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
T <sup>Fi</sup>	0.32	0.07	0.12	0.08	0.15	0.06	0.02	0.17	0.07	0.00	0.23	-	0.05	0.18	0.57	0.50	0.48	0.27	0.21	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	
T <sup>MM</sup>	0.62	0.02	0.22	0.20	0.65	0.50	0.44	0.00	0.56	0.59	0.70	0.00	0.62	0.67	0.76	0.75	0.52	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	

Tab. 41: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide sowie Tritium; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Muttermilch) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)

Im folgenden Abschnitt sind die Sensitivitäten für die Parameter mit nicht-linearen Zusammenhängen mit der resultierenden Ingestionsdosis dargestellt. In der Abbildung 15 ist exemplarisch für das Radionuklid  $^{90}\text{Sr}$  und die Altersgruppe 1-2 Jahre der Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Weideboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung dargestellt. Die Gerade beschreibt die Steigung und Lage der Kurve beim Parameterwert von  $120 \text{ kg/m}^2$  gem. AVV /R-2/.

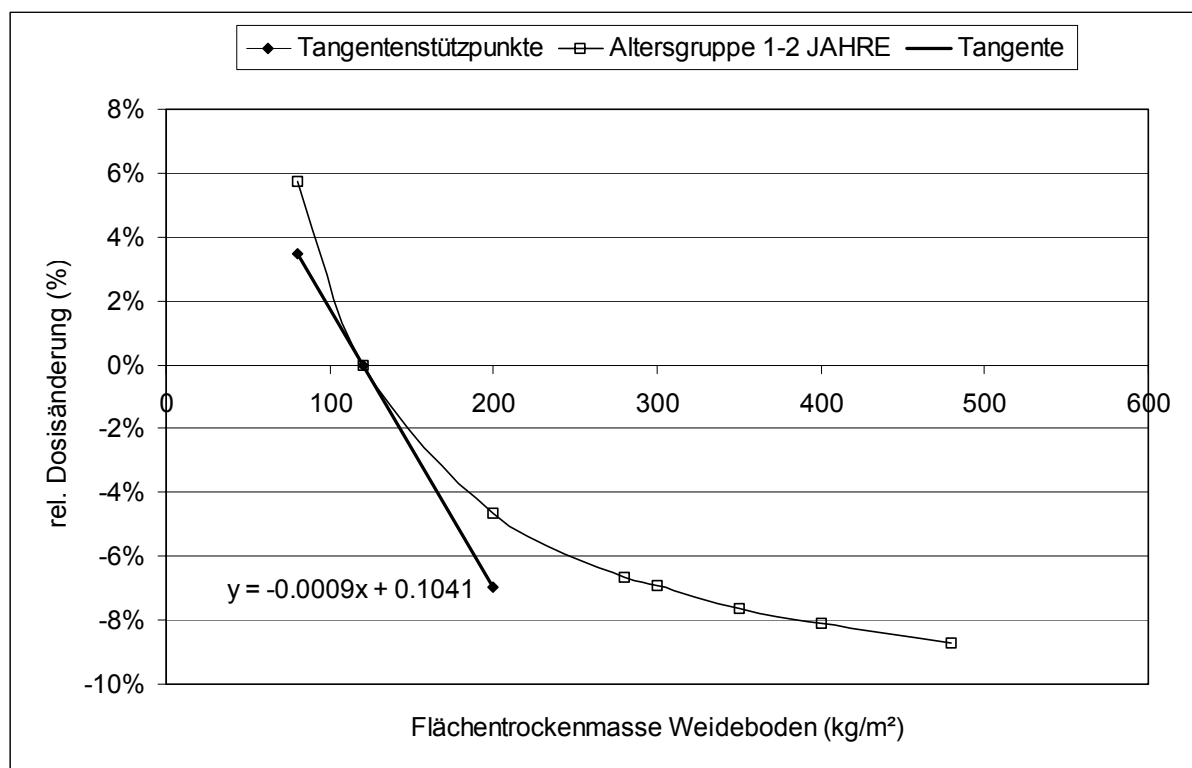


Abb. 15: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Weideboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{90}\text{Sr}$  (Altersgruppe 1-2 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ ( $120 \text{ kg/m}^2$ )

In der Tabelle 42 sind für die nicht-linearen Zusammenhänge die untersuchten Parameter mit Formelzeichen, die untersuchte Bandbreite und die physikalischen Einheiten angegeben.

Formelzeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Einheit
p(Acker)	Flächentrockenmasse Ackerboden	80	480	kg/m <sup>2</sup>
p(Weide)	Flächentrockenmasse Weideboden	80	480	kg/m <sup>2</sup>
MQ	mittlerer Jahresabfluss des Vorfluters	10	500	m <sup>3</sup> /s
t <sub>f</sub>	Fließzeit zwischen Einleitungsstelle und betrachtetem Ort	1	3,46 · 10 <sup>6</sup>	s

Tab. 42: Untersuchte Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Wasser), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

In den Tabellen 43 bis 49 sind die Beträge der Sensitivität bei Variation der Parameter "Flächentrockenmasse Acker- und Weideboden" angegeben. Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den dargestellten Werten um die Sensitivität beim Wert des Parameters gem. AVV /R-2/ (siehe auch Abb. 15). Aus diesem Grund hat der angegebene Wert auch nur für diesen Punkt, bzw. seine nahe numerische Umgebung Gültigkeit. Der Parameter MQ wird weiter unten ausführlicher dargestellt.



Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.04	0.00	-0.02	-0.01	-0.01	-0.60	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.04	-0.06	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.04	-0.20	-0.02	-0.06	0.00	0.00	-0.17	0.00	-0.69	-0.48	0.00	-0.04	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 43: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >17 Jahre)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.05	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.63	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.05	-0.07	0.00	-0.01	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.04	-0.22	-0.03	-0.07	0.00	0.00	-0.18	-0.01	-0.68	-0.52	0.00	-0.04	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 44: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.05	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.64	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.06	-0.07	0.00	-0.01	-0.07	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.04	-0.21	-0.03	-0.07	0.00	0.00	-0.19	-0.01	-0.66	-0.51	0.00	-0.04	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 45: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.06	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.64	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.07	-0.07	0.00	-0.01	-0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.03	-0.22	-0.03	-0.08	0.00	0.00	-0.19	-0.01	-0.65	-0.52	0.00	-0.05	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 46: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: - 0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.05	0.00	-0.03	-0.02	-0.01	-0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.11	-0.07	0.00	-0.01	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.19	-0.04	-0.10	0.00	0.00	-0.20	-0.01	-0.45	-0.52	0.00	-0.04	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 47: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.04	0.00	-0.03	-0.02	-0.01	-0.59	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.11	-0.07	0.00	-0.01	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.16	-0.02	-0.05	0.00	0.00	-0.17	0.00	-0.29	-0.30	0.00	-0.03	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 48: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Milchfertigprodukte)

Nuklid	<sup>51</sup> Cr	<sup>54</sup> Mn	<sup>58</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Zn	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	<sup>95</sup> Zr	<sup>95</sup> Nb	<sup>110m</sup> Ag	<sup>124</sup> Sb	<sup>123m</sup> Te	<sup>129</sup> I	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>140</sup> Ba	<sup>140</sup> La	<sup>141</sup> Ce	<sup>238</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>239</sup> Pu	<sup>240</sup> Pu	<sup>242</sup> Cm	<sup>244</sup> Cm	<sup>3</sup> H
P(Acker)	0.00	-0.06	0.00	-0.03	-0.01	-0.01	-0.64	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.13	-0.07	0.00	-0.01	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00
P(Weide)	0.00	-0.01	0.00	-0.02	-0.20	-0.02	-0.06	0.00	0.00	-0.17	0.00	-0.38	-0.43	0.00	-0.04	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 49: Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Muttermilch) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)

Die Ermittlung einer Sensitivität der resultierenden Strahlenexposition für die Parameter  $MQ^{10}$  (mittlerer Jahresabfluss des Vorfluters) muss eigens besprochen werden. Gemäß AVV /R-2/ wird aus den Parametern  $MQ$  und  $Q$  (Abwasser der zu betrachtenden Anlage) das Mischungsverhältnis  $f_v$  über die Beziehung:

$$f_v = \frac{Q}{MQ} \quad (5.2)^{11}$$

bestimmt. Somit müssen zumindest zwei der Terme in der Gleichung 5.2 gem. AVV /R-2/ an der betrachteten Einwirkungsstelle genau bekannt sein. Darüber hinaus muss die Fließzeit des Vorfluters  $t_f$  bis zu dieser Stelle angegeben werden. In der Praxis ist es meist schwierig, ein exaktes Durchmischungsverhältnis an einem bestimmten Ort flussabwärts der Einleitungsstelle und damit die Menge des an dieser Stelle noch unverdünnten Abwassers aus der betrachteten Anlage anzugeben. Oft ist es notwendig, als ungünstigste Einwirkungsstelle den Ort des Abwasserzuflusses zu betrachten und  $Q = MQ$ , also  $f_v = 1$  und  $t_f = 0$  zu setzen. Hieraus resultiert eine konservative Betrachtungsweise hinsichtlich der resultierenden Aktivitätskonzentrationen und Strahlenexpositionen, welche unter Voraussetzung der Einhaltung der jeweiligen Dosisgrenzwerte eine uneingeschränkte Nutzung auch in unmittelbarer Nähe des Zuflusses möglich machen würde. An Standorten mit Tideneinfluss muss neben  $MQ$  noch  $MQ_0$  (mittlerer Oberwasserzufluss) bekannt sein.

Bei der Bestimmung der Sensitivität der resultierenden Strahlenexposition in Abhängigkeit von der Wassermenge wird die Hilfsgröße  $MV$  (Verdünnungswassermenge) eingeführt, für die gilt:

$$MV = MQ \cdot f_v$$

---

<sup>10</sup> gilt analog auch für  $MQ_s$  (mittlerer Sommerabfluss des Vorfluters)

<sup>11</sup> aus: AVV /R-2/

Mit Variation von MV kann somit die Sensitivität der resultierenden Strahlenexposition auf die Wassermenge gut beschrieben werden. Dem Anwender der AVV /R-2/ obliegt es, das Durchmischungsverhältnis  $f_v$  mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln.

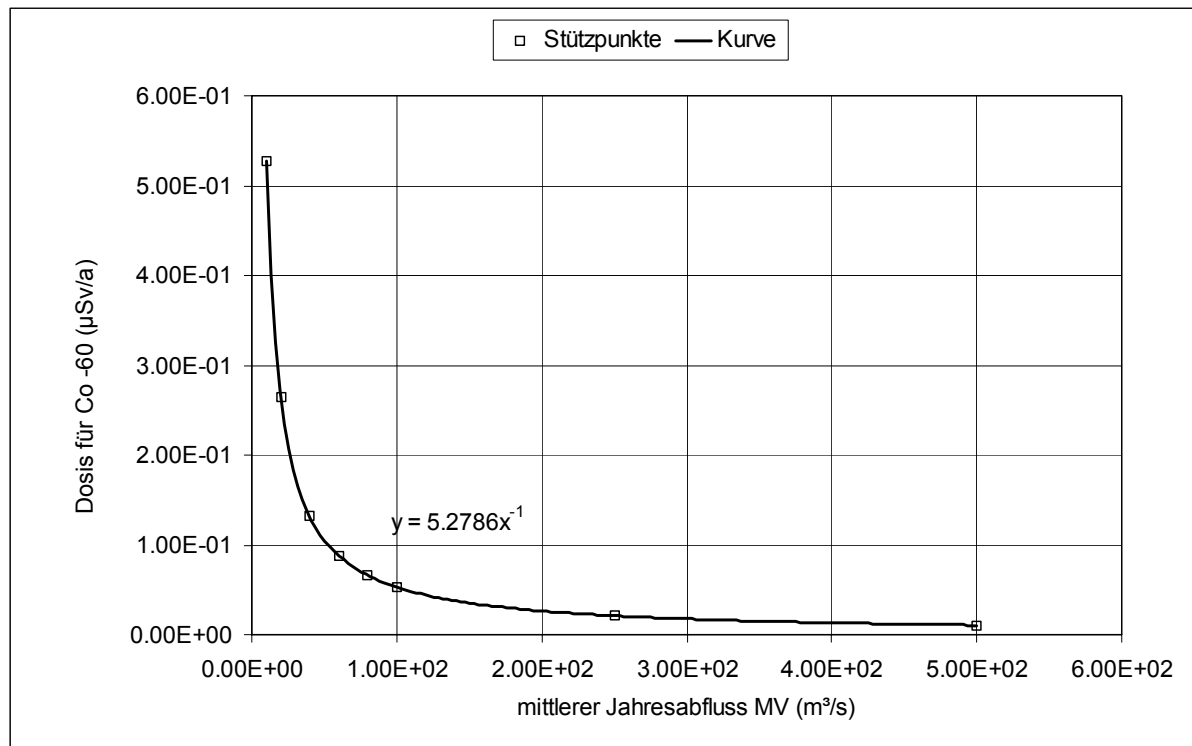


Abb. 16: Effektive Gesamtdosis ( $\mu\text{Sv/a}$ ) durch die Ableitung des Radionuklids  $^{60}\text{Co}$  über das Abwasser (Altersgruppe >17 Jahre) aufgrund der Änderung der Verdünnungswassermenge MV ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

In der Abbildung 16 ist der funktionale Zusammenhang zwischen der Verdünnungswassermenge MV ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) und der resultierenden Strahlenexposition ( $\mu\text{Sv/a}$ ) durch die Ableitung des Radionuklids  $^{60}\text{Co}$  für die Altersgruppe >17 Jahre exemplarisch dargestellt. Er ergibt sich als Folge der Aktivitätskonzentration im Fließgewässer  $C_{\text{fließ}}$  anhand der Beziehung der abgeleiteten Aktivität (A) zur betrachteten Wassermenge (MV):

$$C^{\text{fließ}} = \frac{A}{MV}^{12}$$

$C^{\text{fließ}}$ : Aktivitätskonzentration im Vorfluter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ )

A: abgeleitete Aktivität ( $\text{Bq}/\text{s}$ )

Q: abgeleitete Wassermenge ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Zugleich wird mit diesem Zusammenhang die Sensitivität der Strahlenexposition auf alle Parameter, die in Zusammenhang mit den jeweiligen Wassermengen im Vorfluter stehen, wie Verdünnungsverhältnis, Tideeinfluss und Sommerabflussverhältnisse beschrieben. Diese sind über Q zu quantifizieren. Der Einfluss auf die resultierende Strahlenexposition wird über die oben dargestellte Potenzfunktion beschrieben und im Wesentlichen durch die anzusetzende Abflussmenge Q bestimmt.

In unmittelbarem Zusammenhang zu dem Parameterkomplex der Wasserabflüsse und des Durchmischungsverhältnisses steht bei Betrachtungen von Einwirkungsstellen flussabwärts der Einleitungsstelle die Fließzeit des Wassers ( $t_f$ ) bis zu dieser Einwirkungsstelle. In der Praxis der Anwendung der AVV /R-2/ ist deshalb die anzusetzende hohe Verdünnungswassermenge von einer höheren Fließzeit ( $>0$ ) kaum zu trennen. Hinsichtlich einer Sensitivitätsanalyse wären dem gefundenen Zusammenhang dann aber auch die Einflüsse des nuklidabhängigen radioaktiven Zerfalls sowie die Verhältnisse beim Transfer in die einzelnen Expositionspfade überlagert. Zerfallskonstanten werden im Rahmen dieser Untersuchung nicht betrachtet, auf die Transferfaktoren wird gesondert eingegangen.

### **3.2.3 Untersuchung einzelner Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die resultierende Strahlenexposition bei Anwendung des AVV-Modellgemischs**

Im folgenden Kapitel wird die Sensitivität der Strahlenexposition für Parametervariationen anhand des in der AVV /R-2/ vorgegebenen Nuklidgemisches für Leichtwas-

---

<sup>12</sup> vereinfachte Darstellung

serreaktoren untersucht. Dabei wurde die in Tabelle 50 dargestellte Nuklidzusammensetzung verwendet. Die abgeleitete Gesamtaktivität beträgt hierbei  $1,26 \times 10^{10}$  Bq/a<sup>13</sup>. Ansonsten gelten die gleichen Randbedingungen wie bei den Untersuchungen der vorgegebenen Einzelnuklide.

<sup>58</sup> Co	19 %
<sup>60</sup> Co	20 %
<sup>90</sup> Sr	1 %
<sup>131</sup> I	10 %
<sup>134</sup> Cs	20 %
<sup>137</sup> Cs	30 %

Tab. 50: Modellgemisch für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gem. AVV /R-2/

In der Tabelle 51 sind die anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/ untersuchten Parameter mit linearem Zusammenhang mit der Strahlenexposition angegeben.

In der Tabelle 52 sind die unter diesen Randbedingungen ermittelten Sensitivitäten angegeben. Im Gegensatz zu der Untersuchung der Einzelnuklide sind die Transferfaktoren hier nicht berücksichtigt, da sie gem. AVV /R-2/ nach chemischen Elementen unterschieden werden und somit in Abhängigkeit des untersuchten Nuklidgemisches unterschiedlichen Kombinationen unterliegen. Die Gleichung 5.17 der AVV /R-2/ zeigt, dass der Zusammenhang zwischen der resultierenden Strahlenexposition und dem Parameter  $t_w^v$  (Zeit zwischen Wasserentnahme und Einspeisung in das Trinkwassernetz) nicht linear ist. Er ist im Wesentlichen vom radioaktiven Zerfall abhängig. Aufgrund des geringen Betrages dieser Sensitivitäten (die Halbwertszeiten aller Nuklide außer <sup>131</sup>I sind im Vergleich zu  $t_w^v$  sehr groß) wird der Zusammenhang jedoch in linearer Form dargestellt.

Bei den Korrekturfaktoren der Körpergeometrie existiert aufgrund der Modellvorschriften der AVV /R-2/ eine Sensitivität bei diesem Parameter ausschließlich für den

---

<sup>13</sup> dieser Betrag wird nur zur Information explizit angegeben und ist zur Ermittlung der Sensitivität bedeutungslos

Expositionspfad "externe Strahlung". Aus diesem Grund sind in der Tabelle 52 im Gegensatz zur Darstellung der übrigen Parameter die Beträge der Sensitivität für die Parameter der Körpergeometrie nur für die externe Strahlung und, als ergänzende Information, für die Gesamtdosis angegeben.

Formelzeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Einheit
$U^{Pf}$	jährliche Verzehrsmenge: sonstige Pflanzen	72	800	kg
$U^{Bl}$	jährliche Verzehrsmenge: Blattgemüse	3	50	kg
$U^{Mi}$	jährliche Verzehrsmenge: Milch	45	600	kg
$U^{Fi}$	jährliche Verzehrsmenge: Fleisch	5	200	kg
$U^W$	jährliche Verzehrsmenge: Trinkwasser	55	700	kg
$U^{Fi}$	jährliche Verzehrsmenge: Fisch	0,1	10	kg
$U^{MM}$	jährliche Verzehrsmenge: Muttermilch	100	450	kg
$U^{TwMM}$	jährliche Verzehrsmenge: Trinkwasser in Verbindung mit Ernährungsvariante Muttermilch	50	400	kg
$W$	Berechnungsrate	$5 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$l/(m^2 \cdot s)$
$I$	tägliche Futtermenge Rindvieh	50	85	kg
$L$	tägliche Wasserkonsum Rindvieh	50	85	kg
$t_v^W$	Zeit zwischen Wasserentnahme und Einspeisung in das Trinkwassernetz	1	$3,46 \cdot 10^6$	s
$C_{geo,b1}$	Korrekturfaktor Körpergeometrie (Gamma bodenstrahlung, Energiegruppe 1)	1,0	1,6	-
$C_{geo,b2}$	Korrekturfaktor Körpergeometrie (Gamma bodenstrahlung, Energiegruppe 2)	1	1,7	-

Tab. 51: Untersuchte Parameter mit linearem Zusammenhang mit der Strahlenexposition (Wasserpfad) anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/, untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

Altersgruppe	>17	>12-≤17	>7-≤12	>2-≤7	>1-≤2	≤1 MFP	≤1 MM
U <sup>W</sup>	0.06	0.08	0.05	0.06	0.09	0.30	0.00
U <sup>Fi</sup>	0.57	0.45	0.43	0.39	0.42	0.17	0.07
U <sup>Mi</sup>	0.07	0.11	0.13	0.17	0.22	0.13	0.05
U <sup>Fl</sup>	0.17	0.18	0.16	0.16	0.05	0.05	0.02
U <sup>Bl</sup>	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01
U <sup>Pf</sup>	0.12	0.19	0.22	0.25	0.20	0.32	0.13
U <sup>MM</sup>	-	-	-	-	-	-	0.67
U <sup>TwMM</sup>	-	-	-	-	-	-	0.05
W	0.34	0.46	0.47	0.54	0.44	0.50	0.44
I	0.20	0.25	0.24	0.27	0.22	0.15	0.19
L	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04
t <sub>v</sub> <sup>W</sup>	-3.6E-09	-3.6E-09	-5.6E-09	-8.7E-09	-1.4E-08	-3.6E-08	-1.5E-08
C <sub>geo,b1</sub> (externe Strahlung)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
C <sub>geo,b2</sub> (externe Strahlung)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
C <sub>geo,b1</sub> (Gesamtdosis)	0.31	0.37	0.46	0.53	0.55	0.65	0.44
C <sub>geo,b2</sub> (Gesamtdosis)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 52: Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis<sup>14</sup> für die angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Wasser) für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (lineare Zusammenhänge)  
 ≤1 MFP: Ernährungsvariante über Milchfertigprodukte  
 ≤1 MM: Ernährungsvariante über Muttermilch

Für die nichtlinearen Zusammenhänge von Parameteränderungen mit der resultierenden Strahlenexposition gelten die Randbedingungen wie sie im Abschnitt für die Betrachtung der Einzelnuclide beschrieben wurden. In der Tabelle 53 sind die untersuchten nicht-linearen Parameter, deren Bandbreite sowie die physikalischen Einheiten angegeben.

<sup>14</sup> sofern nicht anders angegeben



Formelzeichen	Parameter	Minimum	Maximum	Einheit
p(Acker)	Flächentrockenmasse Ackerboden	80	480	kg/m <sup>2</sup>
p(Weide)	Flächentrockenmasse Weideboden	80	480	kg/m <sup>2</sup>
MQ	mittlerer Jahresabfluss des Vorfluters	10	500	m <sup>3</sup> /s

Tab. 53: Untersuchte Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang mit der Strahlenexposition (Wasser) anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/, untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten

Die Tabelle 54 enthält die Sensitivitäten für die nicht-linearen Zusammenhänge zwischen den Parametern und der resultierenden Strahlenexposition. Wie bereits bei der Darstellung der Einzelnuklide wurde in diesen Fällen eine lineare Beziehung in Form einer Tangente durch den Punkt desjenigen Parameterwertes, welcher in der AVV /R-2/ angegeben ist, ermittelt.

Altersgruppe	>17	>12-≤17	>7-≤12	>2-≤7	>1-≤2	≤1 MFP	≤1 MM
P(Acker)	-0.03	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.07	-0.06
P(Weide)	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03

Tab. 54: Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis bei der Änderung verschiedener Parameter für das Modellgemisch für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (nicht-lineare Zusammenhänge)  
 ≤1 MFP: Ernährungsvariante über Milchfertigprodukte  
 ≤1 MM: Ernährungsvariante über Muttermilch

Für die beiden angegebenen Parameter und das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ ist diese Beziehung in den Abbildungen 17 und 18 dargestellt. Exemplarisch wurden die Sensitivitäten für die Altersgruppe >2-≤17 Jahre und >1-≤12 Jahre ausgewählt. Wie aus der Tabelle 54 hervorgeht unterscheiden sich die Beträge der Sensitivitäten jedoch nur geringfügig.

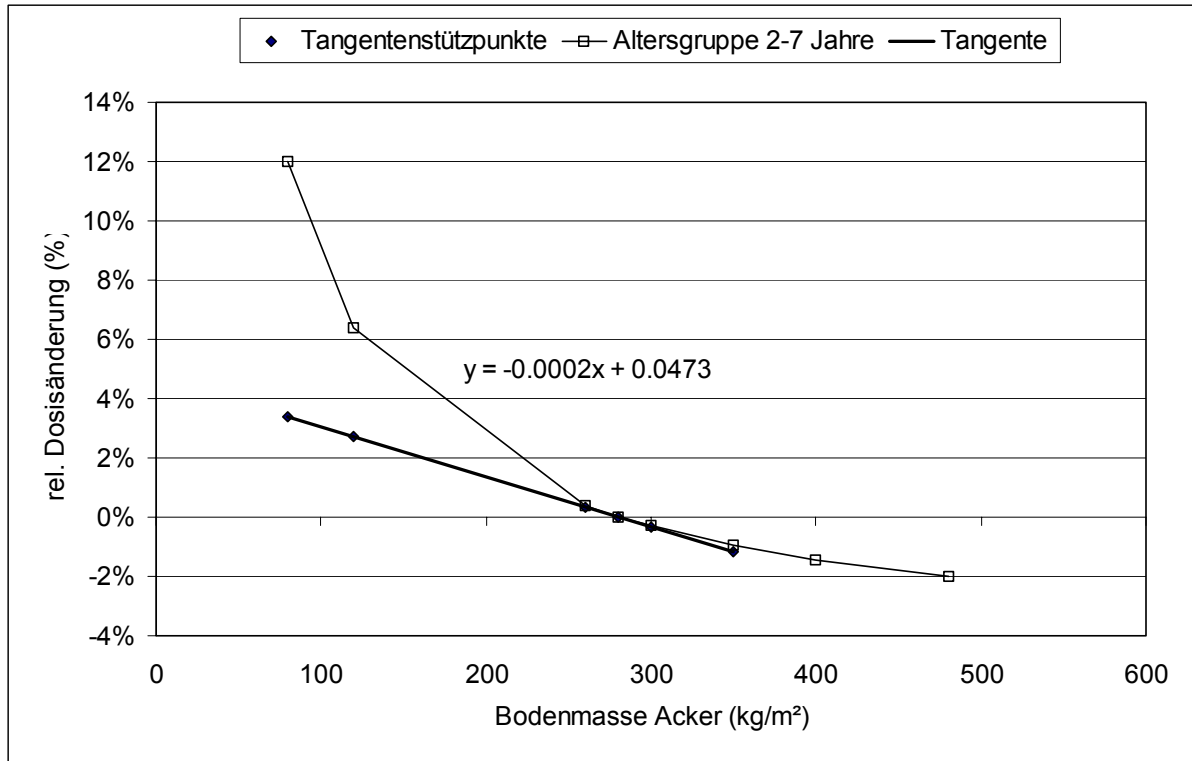


Abb. 17: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Ackerboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ (Altersgruppe 2-7 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ (280 kg/m²)

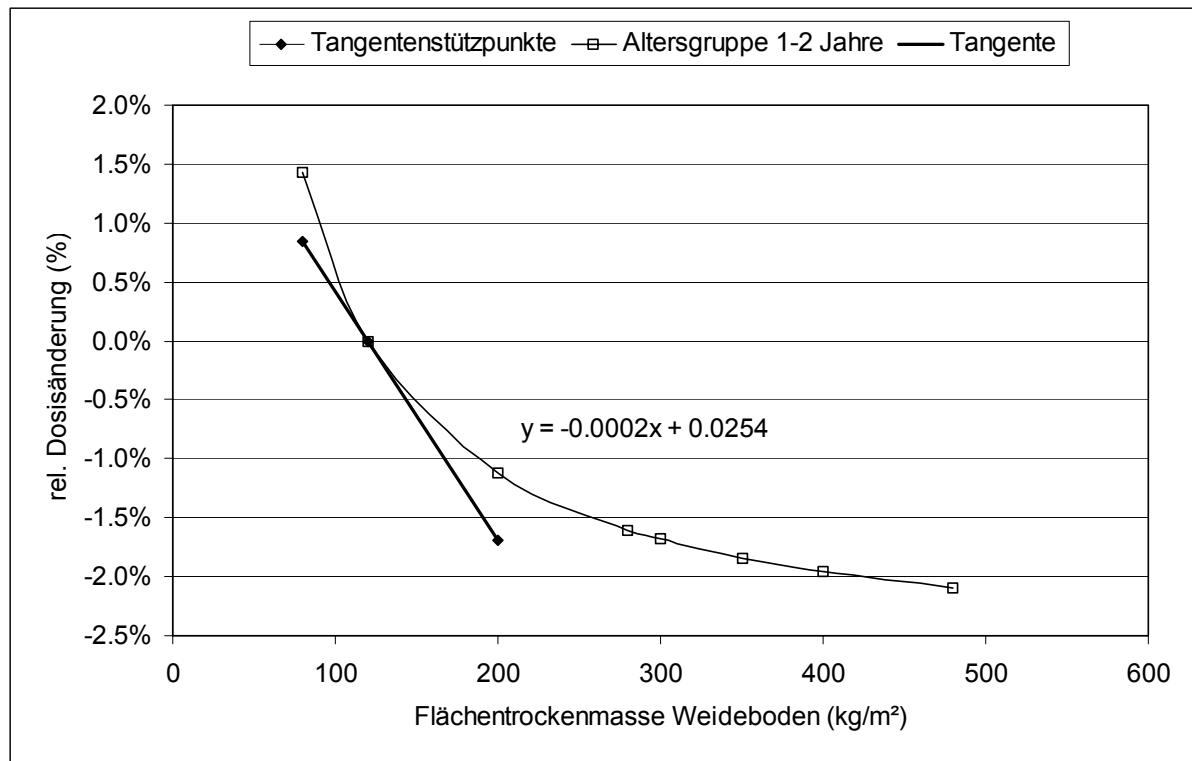


Abb. 18: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Weideboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ (Altersgruppe 1-2 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ (120 kg/m²)

Den Einfluss der "Zeit zwischen Wasserentnahme und Einspeisung in das Trinkwassernetz"  $t_v^W$  auf die resultierende Strahlenexposition ist durch den radioaktiven Zerfall streng genommen nicht linear jedoch wegen der großen Halbwertszeit der betreffenden Nuklide insgesamt vernachlässigbar gering.

### 3.2.4 Auswertung der Ergebnisse

Die Sensitivitäten der Parameter, welche über die äußere Strahlenexposition wirksam werden, sind in den Tabellen 27 bis 33 dargestellt. Die Sensitivitäten der Korrekturfaktoren der Körpergeometrie für die Gammabodenstrahlung sind für die externen Dosispfade aufgrund des Verhältnisses der Gammaenergieverteilung  $f_r$  (Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums des Radionuklids  $r$  oberhalb der Energie

0,2 MeV) für die Energiegruppe 1 maximal. Dies resultiert daraus, dass die Faktoren jeweils in einen der beiden Summanden der entsprechenden Gleichungen eingehen, woraus sich als Summe der Sensitivitäten generell ein Wert von 1,0 ergibt. Für die Strontiumisotope  $^{89}\text{Sr}$  und  $^{90}\text{Sr}$  sowie  $^3\text{H}$  existiert kein Pfad über die externe Exposition. Generell ist bei den Wasserpfaden bei der Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr zwischen den Ernährungsvarianten über Muttermilch oder über Milchfertigprodukte zu unterscheiden.

Für die Einzelnuclide mit linearem Zusammenhang zwischen Parametervariation und Dosisänderung (Ingestion) ergibt sich, wie bereits beim Luftpfad, ein inhomogenes Bild. Hohe Sensitivitäten zeigen sich für die meisten Einzelnuclide bei der "Berechnungsrate" (W) wie für die "Verzehrmenge sonstige Pflanzen" bei der Nuklidgruppe der Transurane. Bei der Altersgruppe kleiner ein Jahr entstehen alternativ in Abhängigkeit von der Ernährungsvariante Sensitivitäten bei der "Verzehrmenge Trinkwasser"  $U^W$  oder bei der "Verzehrmenge Trinkwasser in Verbindung mit der Ernährungsvariante Muttermilch"  $U^{\text{TMM}}$ . Aufgrund der in Verbindung mit der Muttermilchaufnahme geringeren Verzehrsmenge des Trinkwassers fallen die Sensitivitätsbeiträge hier geringer aus.

Bei den nicht-linearen Zusammenhängen mit der Strahlenexposition wurden die "Flächentrockenmassen Weide- bzw. Ackerboden"  $P^{\text{Acker}}$  und  $P^{\text{Weide}}$  sowie der "mittlere Jahresabfluss" MQ untersucht. Für alle Altersgruppen zeigen sich signifikante Sensitivitäten bei  $P^{\text{Acker}}$  für das Isotop  $^{90}\text{Sr}$  und bei  $P^{\text{Weide}}$  für die Isotope  $^{123\text{m}}\text{Te}$  und  $^{129}\text{I}$ .

Die Sensitivität der "Verdünnungswassermenge" MV nimmt eine Sonderstellung ein. Über ihren Kehrwert mit der resultierenden Strahlenexposition verknüpft, enthält dieser Parameter seine Variabilität durch die exakt vor Ort zu bestimmenden Durchmischungsverhältnisse.

Bei der Betrachtung der Sensitivitäten der resultierenden Strahlenexposition (Ingestion, vgl. Abb. 52) beim Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/ zeigen sich die höchsten Beiträge für "Verzehrmenge sonstige Pflanzen" ( $U^{\text{Pf}}$ ), jedoch auch für die "Berechnungsrate" (W). Abweichungen hiervon zeigen sich bei der Altersgruppe kleiner ein Jahr,

für welche bei der Ernährungsvariante über Milchfertigprodukte der Wasserkonsum eine überwiegende Rolle spielt. Konsequenterweise ergibt sich bei der selben Altersgruppe bei Betrachtung der Ernährungsvariante über Muttermilch eine hohe Sensitivität für die "Verzehrmenge Muttermilch". Die Korrekturfaktoren der Körpergeometrie spielen ausschließlich für die Gammabodenstrahlung eine Rolle, wobei die Zusammenhänge die selben sind, wie sie bereits im Kapitel 3.1 (Luft) besprochen wurden. Auffallend hierbei sind die verhältnismäßig hohen Sensitivitäten der Gesamtdosis für die Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie.

#### **4 Probabilistische Untersuchung ausgewählter Parameter des Rechenmodells der AVV /R-2/**

Zur Ermittlung der Konservativität der Ergebnisse bei der Anwendung des Rechenmodells der AVV /R-2/ ist die Anwendung probabilistischer Methoden hilfreich. Hierdurch ist es leichter möglich, Aussagen über die Überschätzung des Ergebnisses zu machen als unter Verwendung eines deterministischen Modells mit den entsprechenden Parametersätzen. Dies setzt jedoch voraus, dass die Verteilungen Werte der der Eingangsparameter sowie die im Modell angewandten Algorithmen und verwendeten Szenarien genau bekannt sind. Diese Voraussetzungen sind für das untersuchte Modell der AVV /R-2/ nicht in vollem Umfang erfüllt. Die Untersuchung der Modellalgorithmen auf realitätsnahe bzw. konservative Abschätzung des ermittelten Ergebnisses wird im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt. In früheren Untersuchungen (/L-2/) wird bereits dargestellt, dass sich die ursprünglich in den USA entwickelte Modellstruktur im wesentlichen an einer realitätsnahen Beschreibung der ökologischen Prozesse orientiert. Erst durch die deutschen Vorschriften wurde die Forderung nach "Konservativität" erhoben, um eine obere Abschätzung der zu ermittelnden Strahlenexposition bei einer vorgegebenen Emissionsrate zu erhalten. Dies wird im wesentlichen durch die Betrachtung des Ortes der ungünstigsten Einwirkung hinsichtlich der Strahlenexposition jedoch auch teilweise durch eine Anpassung der Parameterwerte an die deutschen Verhältnisse in Form einer oberen Abschätzung realisiert.

##### **4.1 Probabilistisches Modell**

Für eine analytische Annäherung an eine probabilistische Betrachtung der Rechenvorschriften der AVV /R-2/ kann der Multiplikationssatz aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung herangezogen werden. Für k unabhängige Ereignisse ist die Gesamtwahrscheinlichkeit P, dass die Ereignisse  $P(E_1)$ ,  $P(E_2)$ , ...,  $P(E_k)$  zutreffen

$$P(E_1 \cap E_2 \cap E_k) = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot \dots \cdot P(E_k) \quad (2)$$

Die Anforderung an eine gegenseitige Unabhängigkeit der Parameter ist für die Parameter der AVV /R-2/ im Allgemeinen weder gegeben noch quantifizierbar, vor al-

lem dann nicht, wenn die einzelnen Parameter unterschiedlich stark in das Endergebnis einfließen.

Für die Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der Strahlenexposition bei Anwendung der Modellvorschriften der AVV /R-2/ wurde das kommerziell erhältliche Programmpaket "Crystal Ball 2000 Standard Edition" Version 7.1 der Firma Decisioneering Inc. /L-13/ verwendet. Da es sich hierbei um ein "Add-In" für die Tabellenkalkulation "Microsoft Excel" handelt, wurden die relevanten Teile der Rechenvorschriften für die Ermittlung der Strahlenexposition sowohl für den Luft- als auch für den Wasserpfad für die Nuklide der Gemische gem. AVV Anhang 11 und 12 /R-2/ sowie die Gemische selbst in Excel implementiert. Für den Luftpfad wurden bereits berechnete Ausbreitungs- und Wash-Out-Faktoren für die Ganzjahres- und Sommergehältnisse übernommen (vgl. Kap. 3.3.1).

Für die Ermittlung der Ergebnisverteilungen der Strahlenexposition wurden für den Luftpfad jeweils 10 000, für den Wasserpfad jeweils 50 000 Rechenläufe durchgeführt. Die Signifikanz der Ergebnisse lag in jedem Fall über 99,9%.

#### **4.2 Beschreibung der probabilistisch untersuchten Parameter**

Für eine probabilistische Untersuchung der ermittelten Strahlenexposition in Abhängigkeit vom Eingangsparameter des Modells ist es hinsichtlich der erwünschten Ergebnisverteilungsfunktion wesentlich, dass die Verteilungen der Eingangsparameter bekannt sind. Wird mehr als ein Eingangsparameter hinsichtlich seiner Verteilung und seines Einflusses auf die Ergebnisverteilungsfunktion betrachtet, sind die Parameter auf ihre gegenseitige Unabhängigkeit zu untersuchen oder eventuelle Korrelationen zu berücksichtigen. Im Falle der Parameter, die für das Modell der AVV /R-2/ anzuwenden sind, sind in der Regel ihre quantitative Verteilung sowie gegenseitige Abhängigkeit wenig bekannt.

Im Allgemeinen muss bei einem deterministischen Modell mit festgelegten Eingangsparametern davon ausgegangen werden, dass die gegenseitigen Abhängigkeiten dieser fixierten Parameter hinreichend berücksichtigt und diese aufeinander abgestimmt sind. Werden, wie im Falle der Verzehrsgewohnheiten, grundsätzlich für je-

de Nahrungsmittelgruppe die 95. Perzentile der aufgenommenen Menge angesetzt, ist, wie bereits dargelegt, eine Berücksichtigung gegenseitiger Abhängigkeiten nicht möglich.

#### **4.2.1 Eingangparameter Verzehrsgewohnheiten**

Zu den im Rahmen der Novellierung der Strahlenschutzverordnung /R-1/ festgelegten und in den Entwurf der AVV /R-2/ übernommenen Verzehrsgewohnheiten sind zu verschiedenen Nahrungsmittelgruppen, welche für die Ermittlung der Strahlenexposition anzuwenden sind Informationen vorhanden. In Anhang 5 Tabelle 1 der AVV /R-2/ sind in den Spalten 2 bis 7 die nach oben gerundeten mittleren jährlichen Mengen der jeweils in der Spalte 1 angegebenen Lebensmittelgruppen angegeben. Diese Werte sind mit den in der Spalte 8 angegebenen Faktoren zu multiplizieren, um eine Abschätzung des Parameters anhand des jeweiligen 95. Perzentils zu erhalten. Nähere Angaben zu Art und Form der Verteilung dieser Parameter sowie deren Abhängigkeiten stellt die AVV /R-2/ nicht zur Verfügung. Weiterführende Informationen sind in /L-7/ sowie /L-8/ enthalten. Hierin sind für verschiedene Altersgruppen statistische Eckdaten für die Verzehrsmengen der wichtigsten Lebensmittelgruppen angegeben. Durch teilweise unterschiedliche Gruppierungen bei den einzelnen Altersgruppen sowie bei den Nahrungsmittelgruppen können die Daten nicht direkt übertragen werden. Es kann jedoch der Versuch unternommen werden, anhand der vorliegenden Informationen die für die Anwendung des Rechenmodells der AVV /R-2/ erforderlichen Parameterverteilungen anzupassen. In /L-7/ ist auch der Zusammenhang zwischen den Verzehrsmengen einzelner Lebensmittelgruppen beschrieben. Hier wird dargelegt, dass die Annahme einer positiven Korrelation für alle Lebensmittelverzehrsmengen (d.h. die Zunahme überdurchschnittlicher Mengen bei mehreren bzw. allen Nahrungsmittelgruppen) zu einer unrealistischen Gesamtverzehrsmenge führt. Zum einen wurden negative Zusammenhänge zwischen den Verzehrsmengen einzelner Nahrungsmittelgruppen festgestellt, zum anderen lassen sich zum größten Teil keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Verzehrsmengen einzelner Lebensmittelgruppen feststellen, was bestätigt, dass die Annahme einer positiven Korrelation aller Lebensmittelgruppen nicht zutrifft.



Der hinsichtlich der AVV /R-2/ wie auch der Strahlenschutzverordnung regelkonforme Ansatz der 95. Perzentile für alle Nahrungsmittelgruppen wird somit zunächst den Anforderungen an eine korrekte probabilistische Anwendung nicht gerecht. Gleichwohl kann bzw. muss eine Gesamtkonservativität der Modellalgorithmen auf dieselbe Weise ermittelt werden, wie sie für die Anforderungen an die Einzelparameter gilt. Aus diesem Grund können im ersten Schritt die 95. Perzentile der Verzehrsmengen der einzelnen Nahrungsmittelgruppen herangezogen, als voneinander unabhängig betrachtet und probabilistisch untersucht werden. Für die untersuchten Verzehrsgewohnheiten sind die Werte gem. StrlSchV /R-1/ sowie AVV /R-2/ in der Tabelle 55 angegeben. Hierbei stellen die in den Spalten 2 bis 7 dargestellten Werte nach oben gerundete Mittelwerte dar und die in der Spalte 8 (vgl. Tabelle 55) angegebenen Werte jene Faktoren, mit welchen die Mittelwerte zu multiplizieren sind, um die 95. Perzentile zu erhalten.

Die in der Tabelle 55 dargestellten Daten sind für die Ermittlung hinreichend genauer Verteilungen für die einzelnen Verzehrsgewohnheiten nicht ausreichend. Aus diesem Grund wurden die Ergebnisse aus /L-7/ hinsichtlich der Verteilung bei den einzelnen Alters- und Nahrungsmittelgruppen ausgewertet. Hieraus ergeben sich sowohl für den Gesamtlebensmittelverzehr als auch für alle Nahrungsmittelgruppen annäherungsweise Normalverteilungen. Für die Verteilungen hinsichtlich der aufgenommenen Menge pro Zeiteinheit sind ebenfalls nur die statistischen Eckdaten wie 5., 50. und 95. Perzentil sowie der arithmetische Mittelwert enthalten. Die Analyse dieser Daten ergibt, dass, bis auf Fisch- und Trinkwasserverzehr, eine Normalverteilung mit einer unteren Grenze bei Null die beste Näherung für die jeweilige Verteilung darstellt. Versuche mit Anpassungen an eine Lognormal-Verteilung ergaben schlechtere statistische Übereinstimmungen und zeigten für die Ergebnisverteilung bei Betrachtung der abdeckenden Perzentile von über 95 nur eine vernachlässigbare Auswirkung.

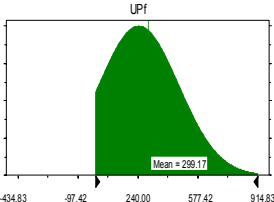
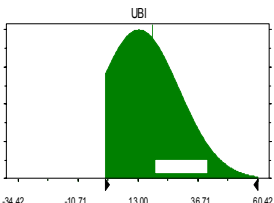
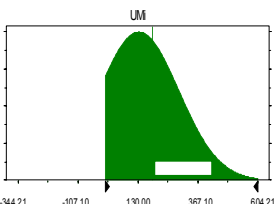
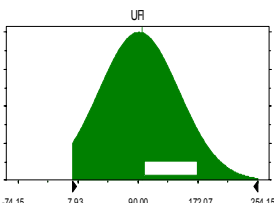
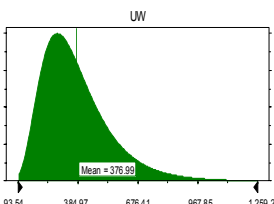
<b>Mittlere jährliche Verzehrsmengen der Referenzpersonen (kg)</b>							
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>Altersgruppe</b>	<b>≤1 Jahr</b>	<b>&gt;1 - ≤2 Jahre</b>	<b>&gt;2 - ≤7 Jahre</b>	<b>&gt;7 - ≤12 Jahre</b>	<b>&gt;12 - ≤17 Jahre</b>	<b>&gt;17 Jahre</b>	<b>Faktor</b>
<b>Lebensmittel</b>							
<b>Trinkwasser</b>	55 <sup>5)</sup>	100	100	150	200	350	2
<b>Muttermilch, Milchfertigprodukte mit Trinkwasser</b>	145 <sup>6)</sup>	–	–	–	–	–	3
<b>Milch, Milchprodukte</b>	45	160	160	170	170	130	3
<b>Fisch <sup>7)</sup></b>	0,5	3	3	4,5	5	7,5	5
<b>Fleisch, Wurst, Eier</b>	5	13	50	65	80	90	2
<b>Getreide, Getreideprodukte</b>	12	30	80	95	110	110	2
<b>einheimisches Frischobst, Obstprodukte, Säfte</b>	25	45	65	65	60	35	3
<b>Kartoffeln, Wurzelgemüse, Säfte</b>	30	40	45	55	55	55	3
<b>Blattgemüse</b>	3	6	7	9	11	13	3
<b>Gemüse, Gemüseprodukte, Säfte</b>	5	17	30	35	35	40	3

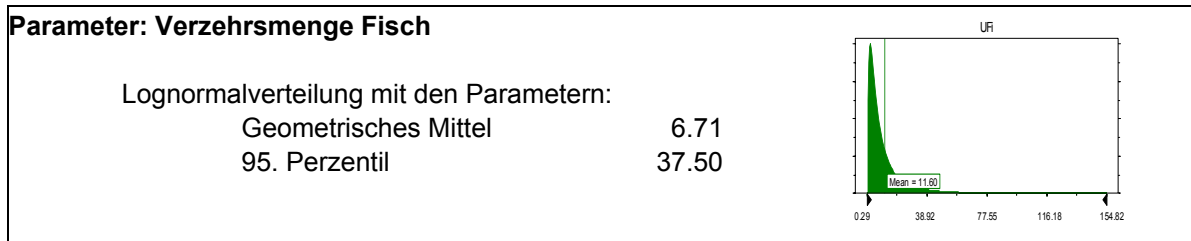
<sup>5)</sup> Zur jährlichen Trinkwassermenge des Säuglings von 55 kg kommen 115 kg, wenn angenommen wird, dass der Säugling nicht gestillt wird, sondern nur Milchfertigprodukte erhält, die überregional erzeugt werden und als nicht kontaminiert anzusetzen sind. Dabei ist angenommen, daß 0,2 kg Konzentrat (entspricht 1 l Milch) in 0,8 l Wasser aufgelöst werden.

<sup>6)</sup> Je nach Nuklidzusammensetzung ist die ungünstigste Ernährungsvariante zugrunde zu legen.

<sup>7)</sup> Der Anteil von Süßwasserfisch am Gesamtfischverzehr beträgt im Mittel ca. 17 % und ist den regionalen Besonderheiten anzupassen.

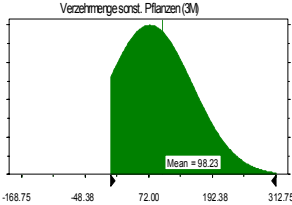
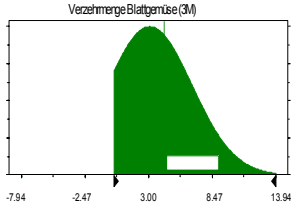
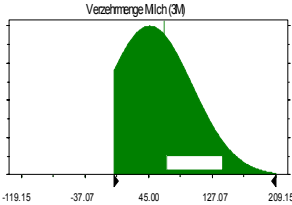
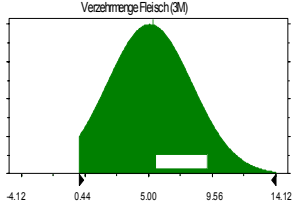
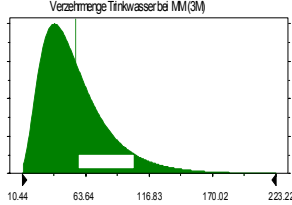
Tab 55: Mittlere jährliche Verzehrsmengen der Referenzpersonen; aus AVV /R-2/

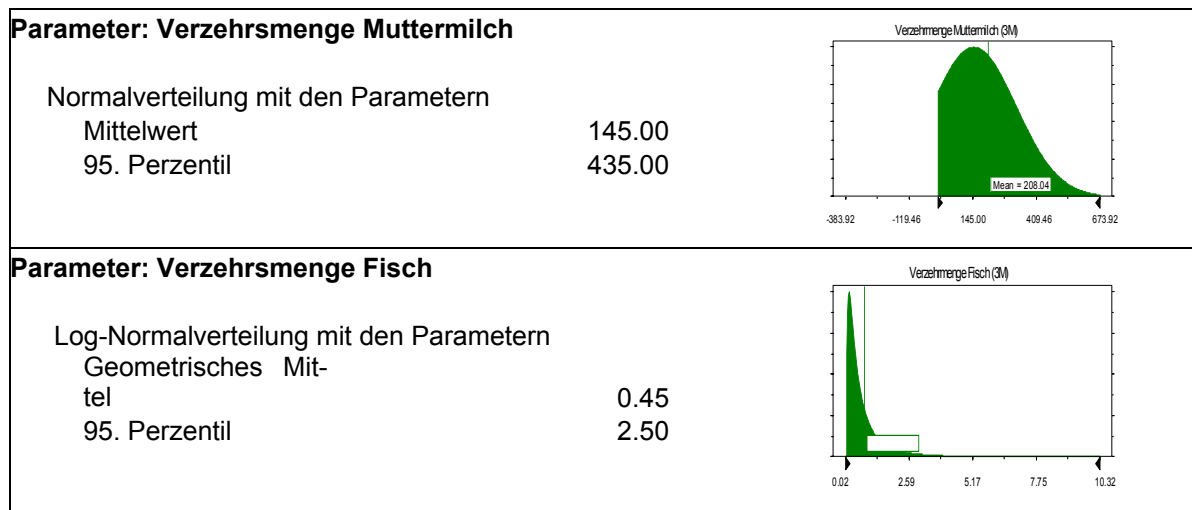
<p><b>Parameter: Verzehrsmenge sonst. Pflanzen</b></p>	<p>Normalverteilung mit den Parametern: Mittelwert 240.00 95. Perzentil 610.00</p>	
<p><b>Parameter: Verzehrsmenge Blattgemüse</b></p>	<p>Normalverteilung mit den Parametern: Mittelwert 13.00 95. Perzentil 39.00</p>	
<p><b>Parameter: Verzehrsmenge Milch</b></p>	<p>Normalverteilung mit den Parametern: Mittelwert 130.00 95. Perzentil 390.00</p>	
<p><b>Parameter: Verzehrsmenge Fleisch</b></p>	<p>Normalverteilung mit den Parametern: Mittelwert 90.00 95. Perzentil 180.00</p>	
<p><b>Parameter: Verzehrsmenge Trinkwasser</b></p>	<p>Lognormalverteilung mit den Parametern: Geometrisches Mittel 343.20 95. Perzentil 700.00</p>	



Tab 56: Statistische Verteilungen der Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppe >17 Jahre für die probabilistische Ermittlung der resultierenden Jahresdosis über den Wasserpfad (alle Angaben in kg)

In der Tabelle 56 und 57 sind die statistischen Parameter der Verteilungen für die Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppe >17 Jahre sowie  $\leq 1$  Jahr angegeben, wie sie für die probabilistische Ermittlung der resultierenden Jahresdosis angesetzt wurden. Für die Lebensmittelgruppen sonstige Pflanzen, Blattgemüse, Milch und Fleisch wurden Normalverteilungen mit einer linken Begrenzung bei Null angesetzt. Aufgrund der Auswertung der entsprechenden Daten aus /L-7/ wurde für den Fischverzehr eine Lognormal-Verteilung verwendet. Für Trinkwasser standen keine Daten aus Deutschland zur Verfügung, weshalb für die Anpassung der Verteilung auf internationale Veröffentlichungen zurückgegriffen wurde (/L-9/ und /L-10/).

<b>Parameter: Verzehrsmenge sonst. Pflanzen</b>		
Normalverteilung mit den Parametern Mittelwert 95. Perzentil	72.00 204.00	
<b>Parameter: Verzehrsmenge Blattgemüse</b>		
Normalverteilung mit den Parametern Mittelwert 95. Perzentil	3.00 9.00	
<b>Parameter: Verzehrsmenge Milch</b>		
Normalverteilung mit den Parametern Mittelwert 95. Perzentil	45.00 135.00	
<b>Parameter: Verzehrsmenge Fleisch</b>		
Normalverteilung mit den Parametern Mittelwert 95. Perzentil	5.00 10.00	
<b>Parameter: Verzehrsmenge Trinkwasser bei MM</b>		
Log-Normalverteilung mit den Parametern Mittelwert Standard Dev.	55.00 30.00	

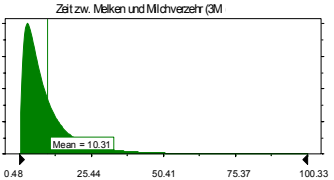
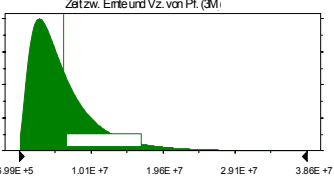
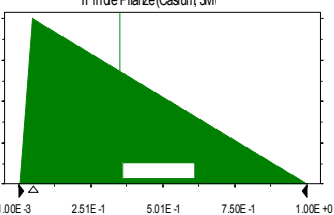
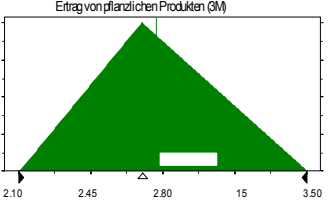
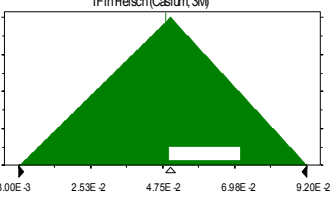


Tab 57: Statistische Verteilungen der Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr für die probabilistische Ermittlung der resultierenden Jahresdosis über den Wasserpfad (alle Angaben in kg)

In der Tabelle 58 sind alle Parameter aufgeführt, für welche Informationen zu ihren Verteilungen gefunden wurden. In vielen Fällen musste auf Grund fehlender wissenschaftlicher Untersuchungen eine Dreiecksverteilung angesetzt werden. Zudem erstrecken sich die Wertebereiche verschiedener Parameter über sehr große Spannweiten, wie z.B. bei dem Transferfaktor Boden-Pflanze für Cäsium. Der Ansatz des Wertes 1 als Maximalwert für den Transfer von Cäsium in die Pflanze (aus /L-9/) ist als maximal mögliche Konservativität einzustufen. Grundsätzlich wäre der Ansatz einer solchen Konservativität intensiv zu diskutieren, insbesondere im Rahmen einer probabilistischen Untersuchung. Für die hier durchgeführte Untersuchung wird der Wert 1 als konservativster Ansatz beibehalten. Die Auswirkung auf die resultierende Ingestionsdosis wird bei der Ergebnisdarstellung behandelt. Generell sind die Verteilungen zu den Transferfaktoren hinsichtlich ihrer Form als Dreiecksverteilung sowie der gewählten Minimal- und Maximalwerte als sehr grobe Schätzung einzustufen. Für eine weiterführende probabilistische Betrachtung des radioökologischen Modells besteht hier der vorrangigste Forschungsbedarf.

Der Ansatz von Normalverteilungen für die Verzehrsmengen (vgl. Tab. 56 und 57), mit einem Abschneidekriterium bei Null entspricht der besten Näherung an die Aus-

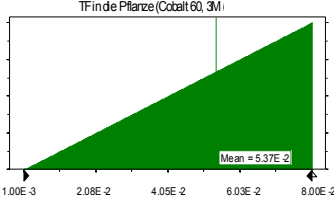
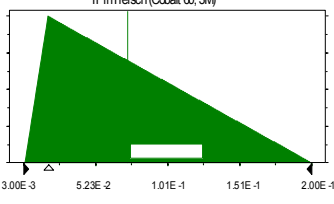
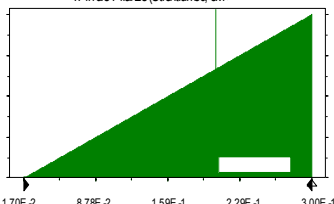
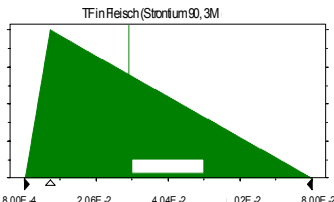


<b>Parameter: Zeit zw. Melken und Milchverzehr (aus /L-11/)</b> Einheit: s		
Log-Normalverteilung mit den Parametern		
Mittelwert	10.31	
Standardabw.	11.34	
		
<b>Parameter: Zeit zw. Ernte und Vz. von Pf. (aus /L-11/)</b> Einheit: s		
Log-Normalverteilung mit den Parametern		
Mittelwert	6.50E+06	
Standardabw.	4.88E+06	
		
<b>Parameter: TF<sup>15</sup> in die Pflanze (Cäsium, aus /L-9/)</b> Einheit: Bqkg <sup>-1</sup> FM <sup>16</sup> / Bqkg <sup>-1</sup> TM		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	1.00E-03	
Beste Schätzung	5.00E-02	
Maximum	1.00E+00	
		
<b>Parameter: Ertrag von pflanzlichen Produkten (aus /L-12/)</b> Einheit: kgm <sup>-2</sup>		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	2.10	
Beste Schätzung	2.70	
Maximum	3.50	
		
<b>Parameter: TF in Fleisch (Cäsium, aus /L-9/)</b> Einheit: d/kg Fleisch		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	3.00E-03	
Beste Schätzung	5.00E-02	
Maximum	9.20E-02	
		

<sup>15</sup> TF: Transferfaktor

<sup>16</sup> FM: Feuchtmasse; TM: Trockenmasse



<b>Parameter: TF in die Pflanze (Cobalt 60, aus /L-10/)</b> Einheit: Bqkg <sup>-1</sup> FM <sup>17/</sup> / Bqkg <sup>-1</sup> TM		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	1.00E-03	
Beste Schätzung	8.00E-02	
Maximum	8.00E-02	
<b>Parameter: TF in Fleisch (Cobalt 60, aus /L-10/)</b> Einheit: d/kg Fleisch		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	3.00E-03	
Beste Schätzung	2.00E-02	
Maximum	2.00E-01	
<b>Parameter: TF in die Pflanze (Strontium 90, aus /L-10/)</b> Einheit: Bqkg <sup>-1</sup> FM/ Bqkg <sup>-1</sup> TM		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	1.70E-02	
Beste Schätzung	3.00E-01	
Maximum	3.00E-01	
<b>Parameter: TF in Fleisch (Strontium 90, aus /L-10/)</b> Einheit: d/kg Fleisch		
Dreiecksverteilung mit den Parametern:		
Minimum	8.00E-04	
Beste Schätzung	8.00E-03	
Maximum	8.00E-02	

Tab 58: Statistische Verteilungen ausgewählter Parameter für die probabilistische Ermittlung der resultierenden Jahresdosis über den Wasserpfad

Alle Anpassungen der vorhandenen statistischen Daten an die angegebenen Verteilungen sind aufgrund der geringen Informationen zu den Eingangsparametern mit Unsicherheiten behaftet, stellen jedoch die beste Näherung an die durch die StrlSchV /R-1/ sowie AVV /R-2/ vorgegebenen Werte dar.

<sup>17</sup> FM: Feuchtmasse; TM: Trockenmasse

#### **4.2.2 Ergebnis der probabilistischen Untersuchung der Verzehrsgewohnheiten (Wasserpfad)**

Für die oben genannten Parameter der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ wurde aufgrund der in der Tabelle 56 angegebenen Verteilungen die resultierende Verteilung der Ingestionsdosis für den Wasserpfad ermittelt. Hierbei wurden die in der AVV Anhang 12 /R-2/ für Ableitungen mit dem Wasser angegebenen Radionuklide herangezogen. Ergebnisverteilungen wurden sowohl für die dort angegebenen Einzelnuclide als auch für das Nuklidgemisch ermittelt.

In den Abbildungen 19 bis 34 sind die Ergebnisse der probabilistischen Ermittlung der Dosis bei Ableitungen von Radionukliden mit Wasser unter Zugrundelegung der Verteilungen der Verzehrsmengen in Tabelle 56 dargestellt. Die resultierenden Verteilungen basieren auf jeweils 50 000 Rechenläufen. Die Abbildungen 19 bis 32 zeigen die Ergebnisse für die Einzelnuclide des Gemischs gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und  $^3\text{H}$ . Die jeweils erste der paarweise angeordneten Abbildungen zeigt dabei den Beitrag der Verzehrsgewohnheiten auf die Variabilität der resultierenden Dosis, die zweite Abbildung zeigt auf der Ordinate die Häufigkeit der auf der Abszisse dargestellten resultierenden Dosis dar (bezogen auf jeweils insgesamt 50 000 Rechenläufe). Der in der jeweiligen Verteilungsfunktion dargestellte blaue Bereich zeigt dabei den Abdeckungsgrad bei Ansatz der Parameterwerte gem. AVV /R-2/. Die korrespondierenden Perzentile sind in der Tabelle 59 angegeben.

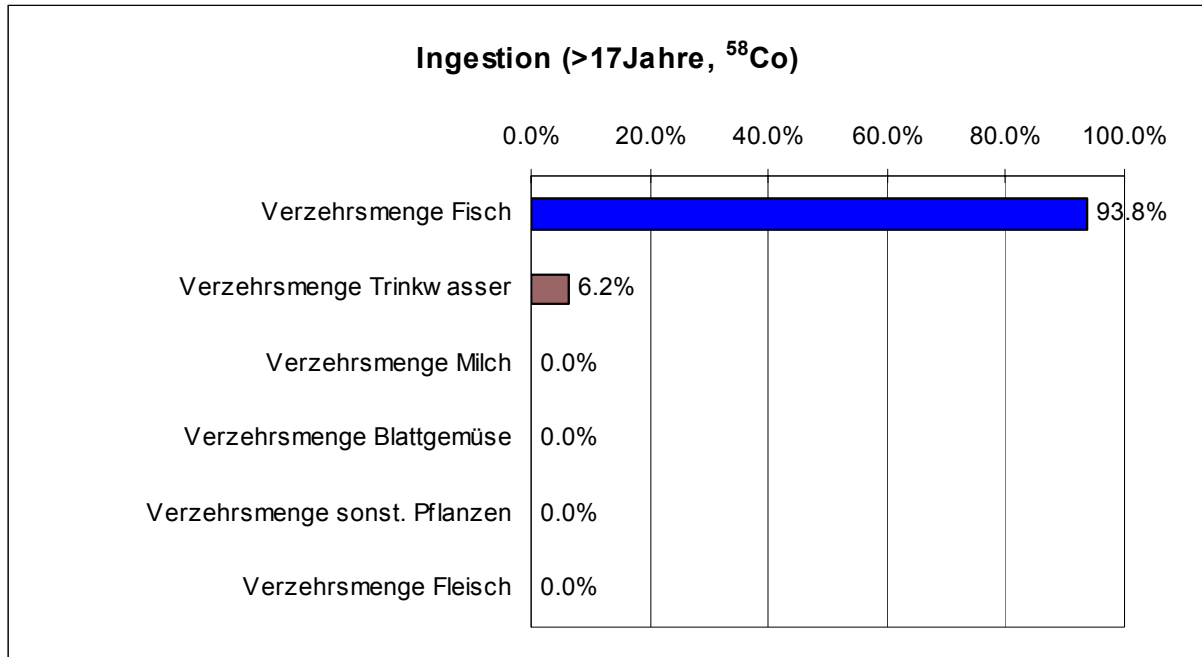


Abb. 19: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>58</sup>Co, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

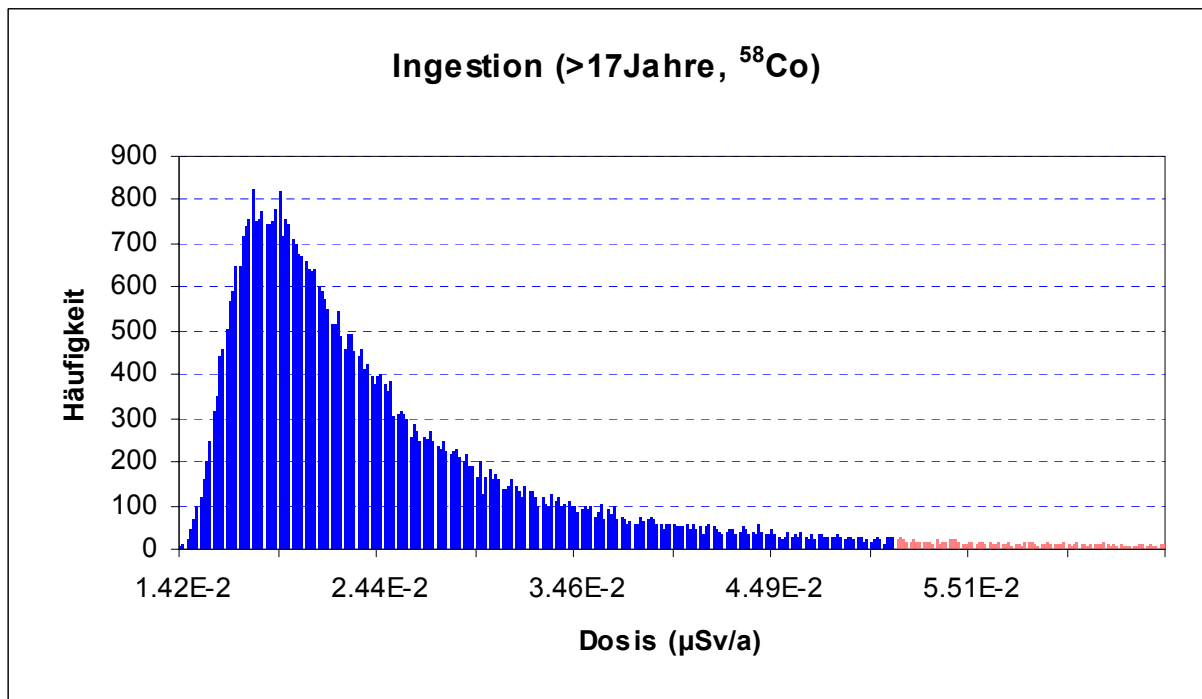


Abb. 20: Ingestionsdosisverteilung für <sup>58</sup>Co aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß de Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad

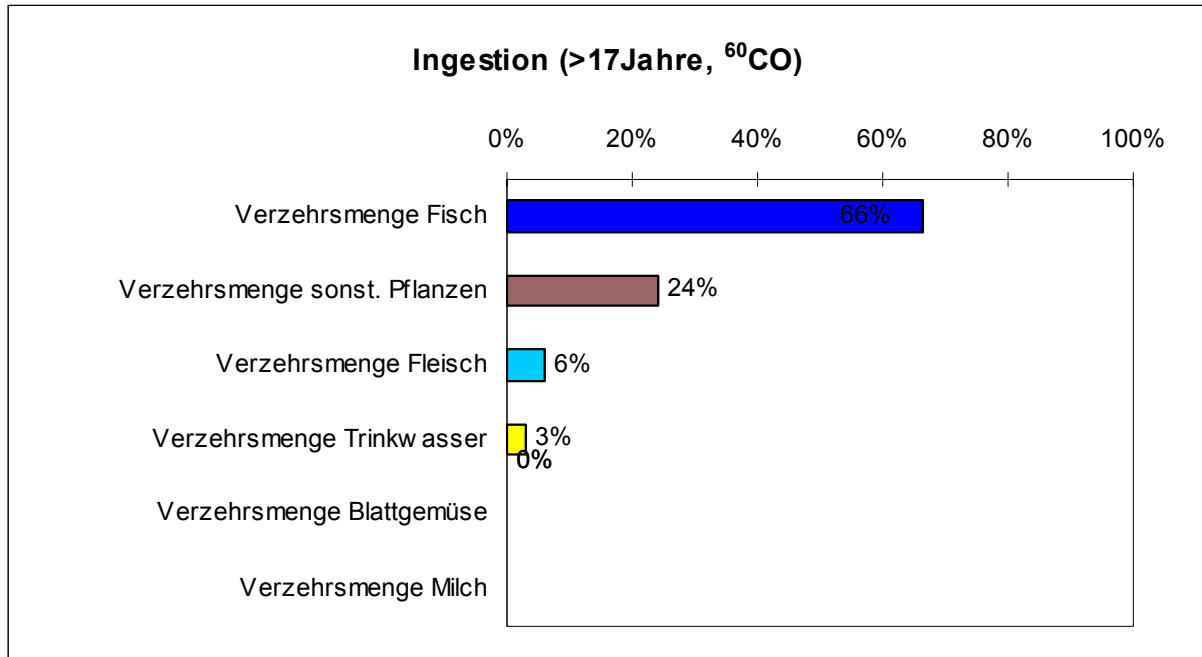


Abb. 21: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>60</sup>Co, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

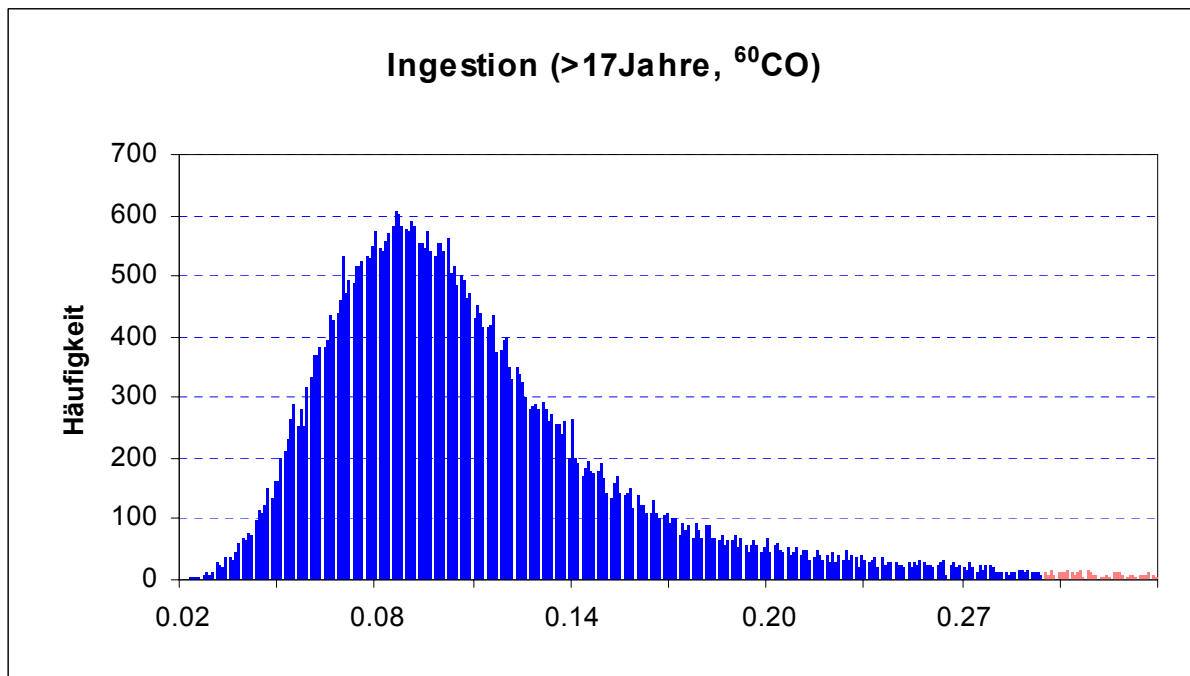


Abb. 22: Ingestionsdosisverteilung für <sup>60</sup>Co aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad

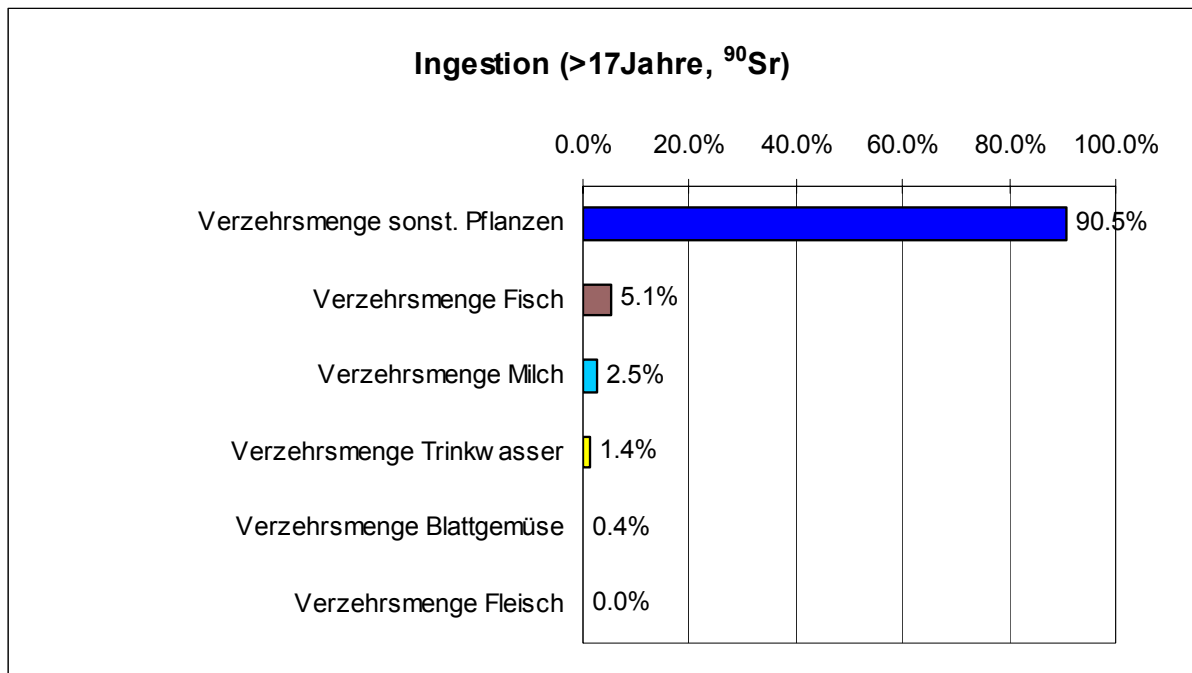


Abb. 23: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>90</sup>Sr, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

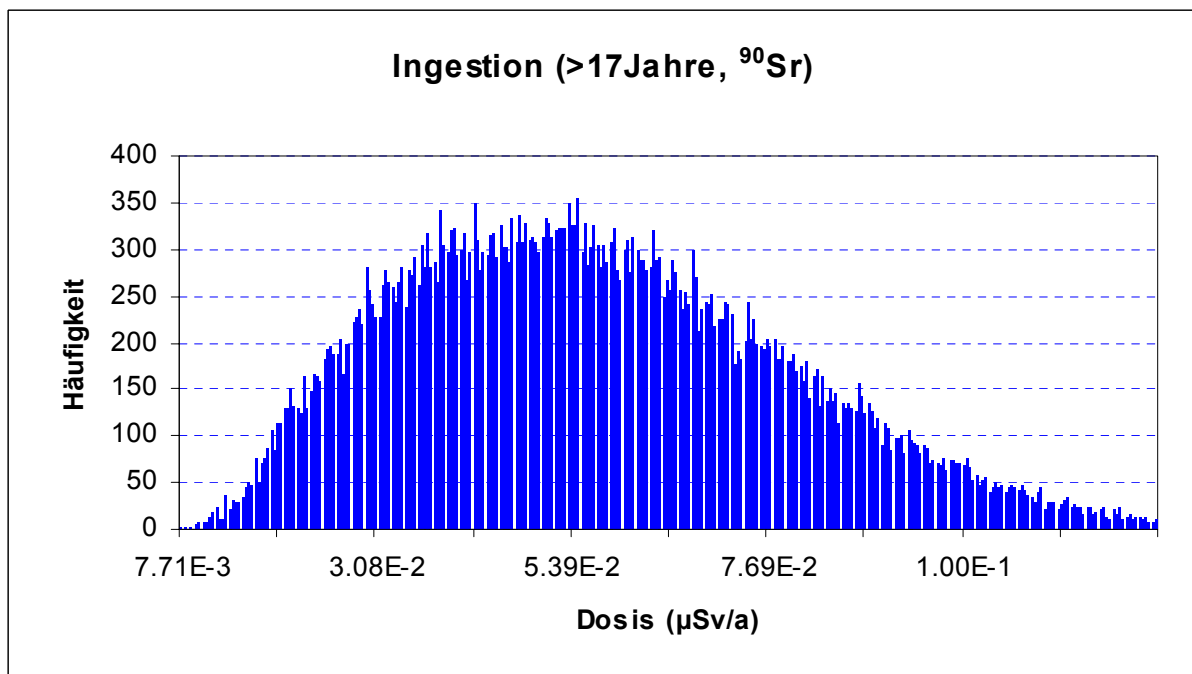


Abb. 24: Ingestionsdosisverteilung für <sup>90</sup>Sr aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad

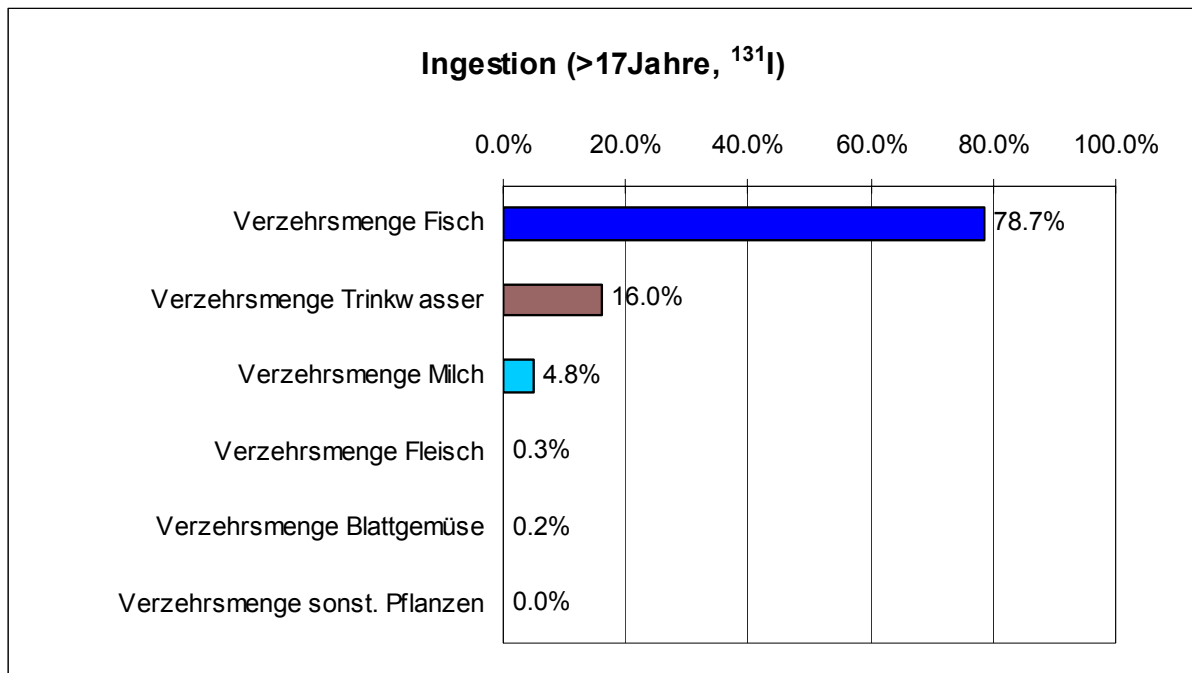


Abb. 25: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>131</sup>I, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

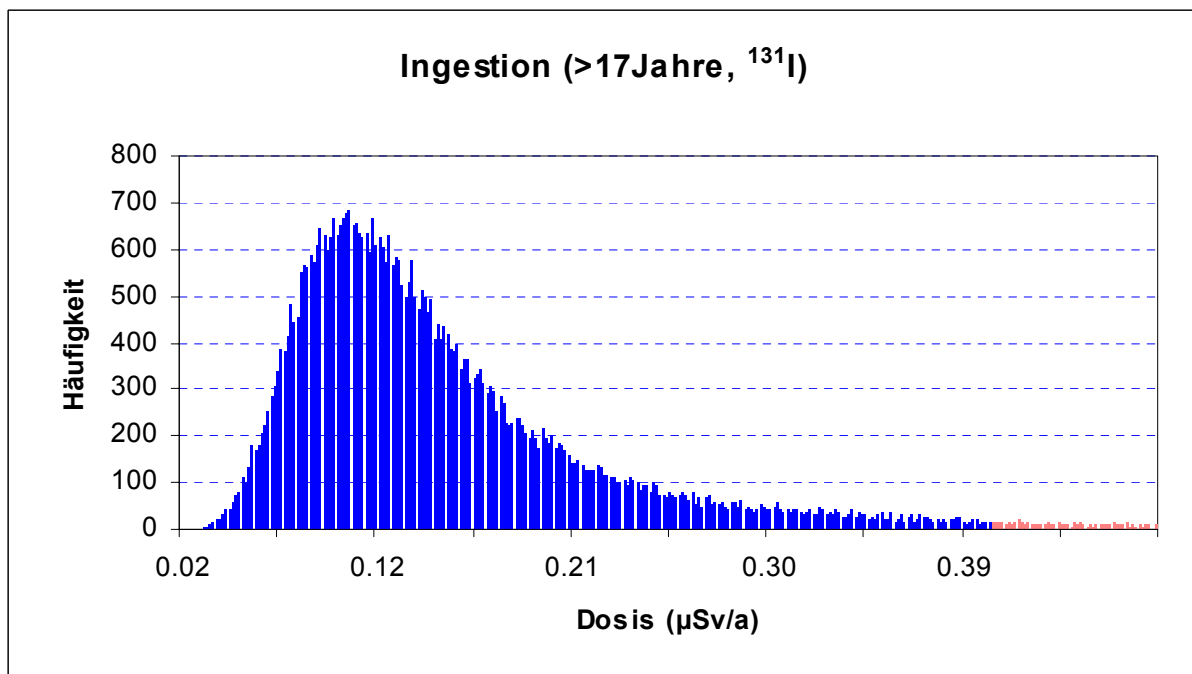


Abb. 26: Ingestionsdosisverteilung für <sup>131</sup>I aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad

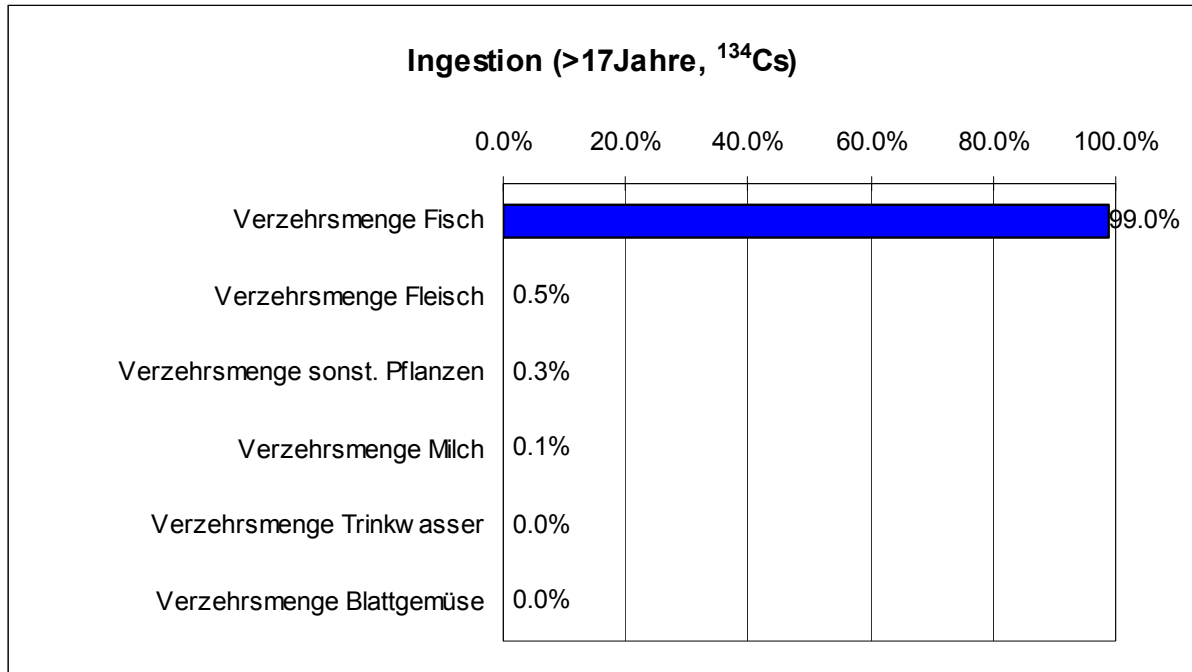


Abb. 27: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>134</sup>Cs, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

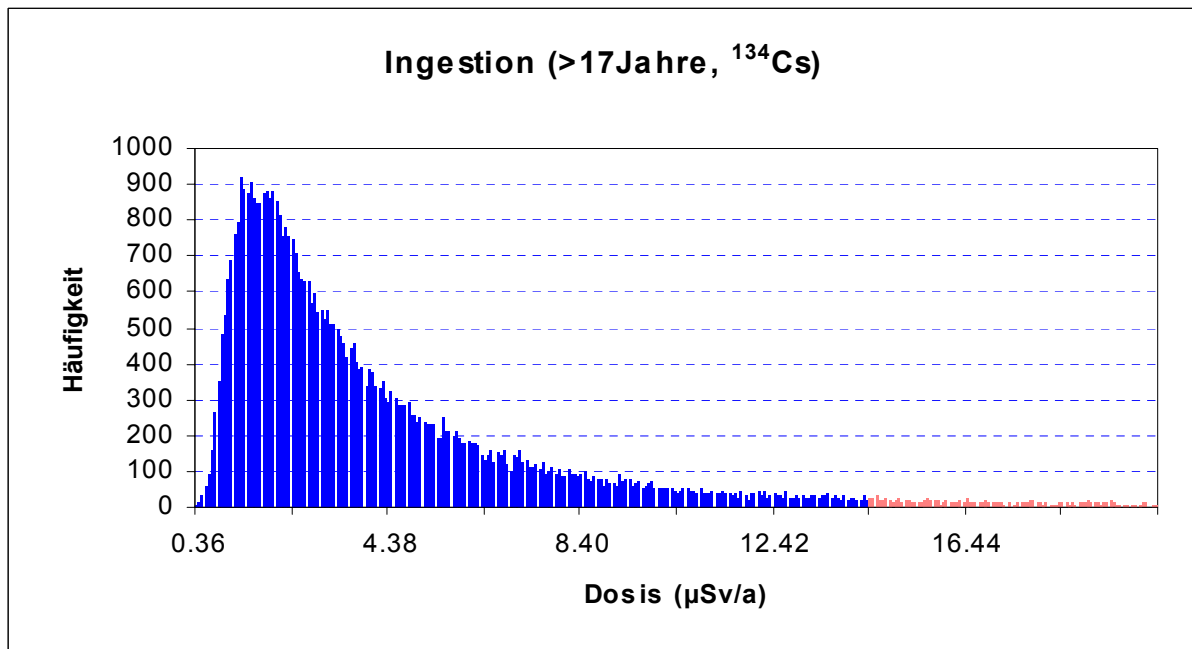


Abb. 28: Ingestionsdosisverteilung für <sup>134</sup>Cs aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad

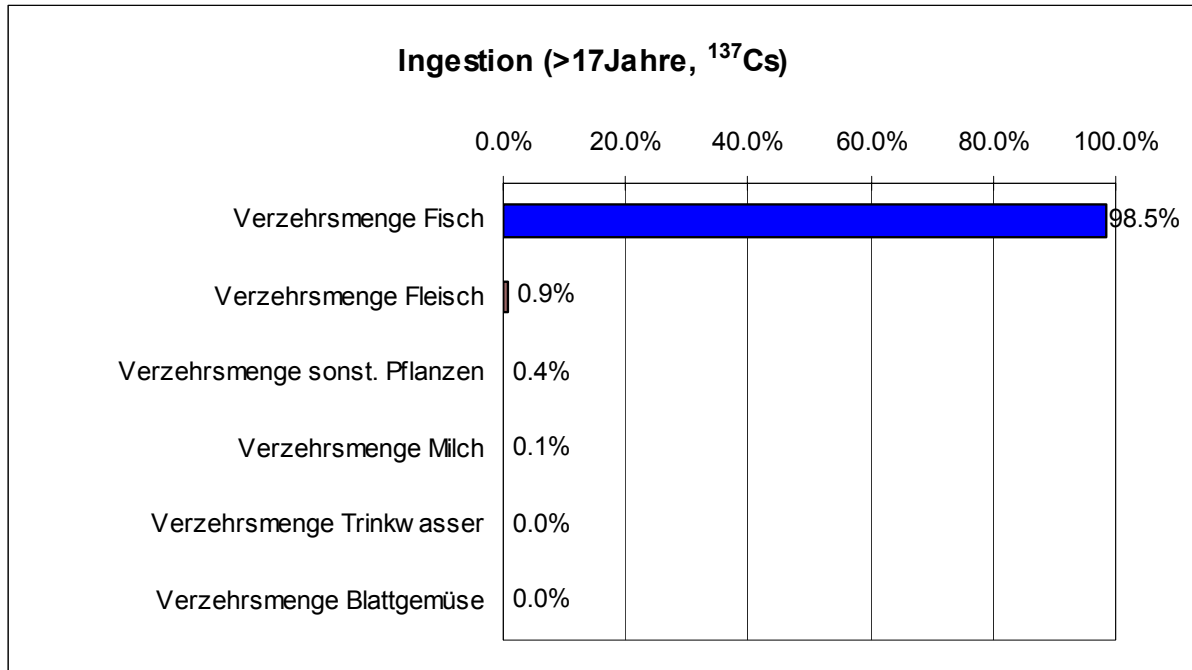


Abb. 29: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>137</sup>Cs, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

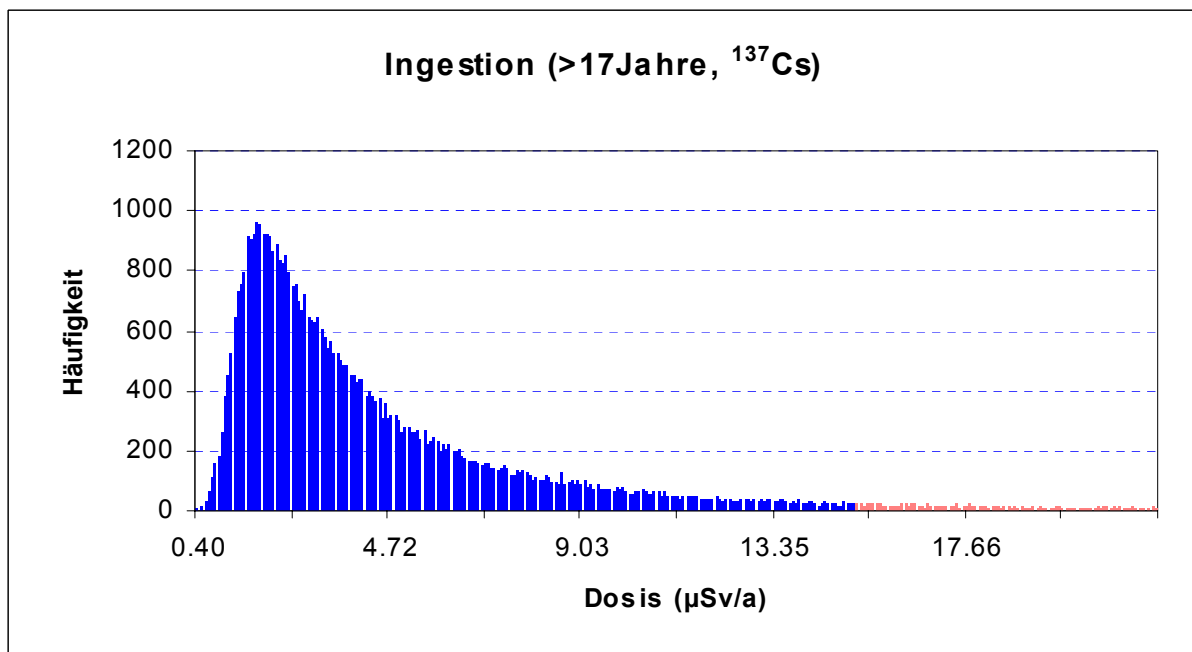


Abb. 30: Ingestionsdosisverteilung für <sup>137</sup>Cs aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad



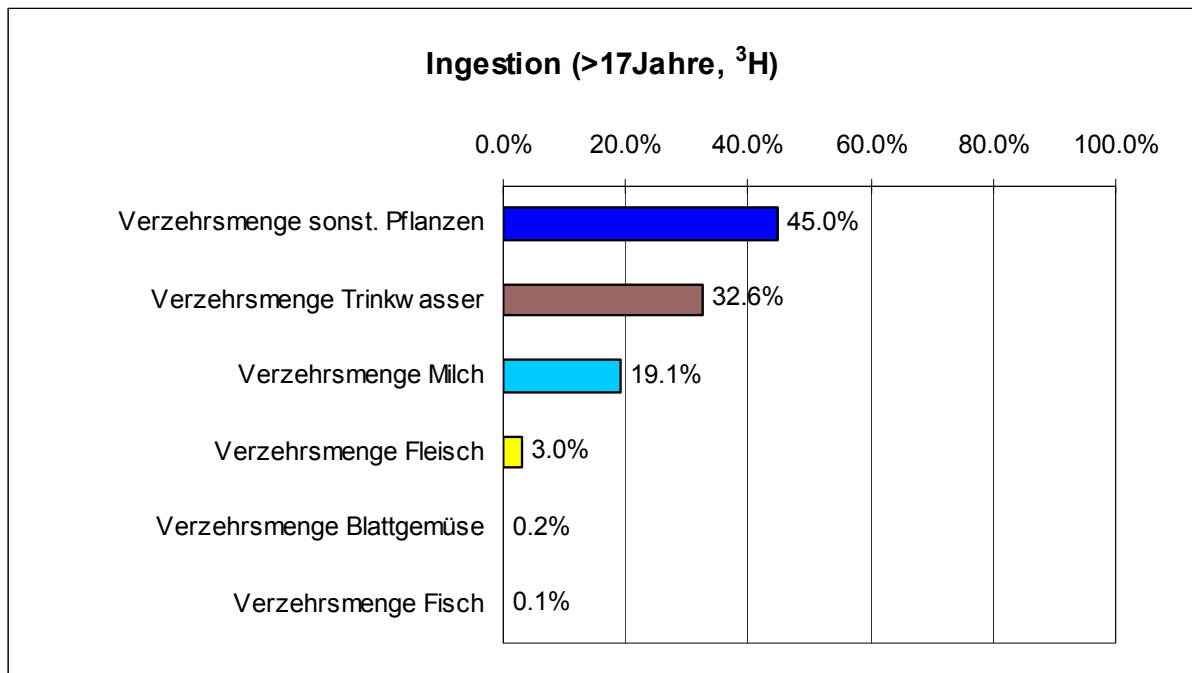


Abb. 31: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>3</sup>H, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

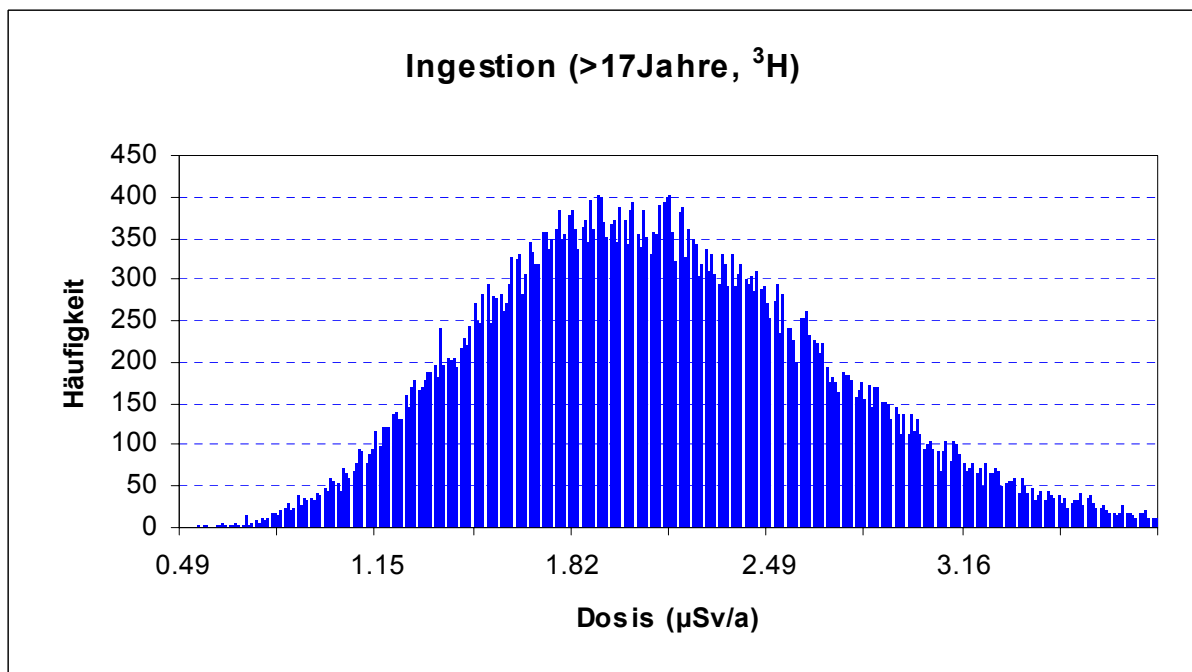


Abb. 32: Ingestionsdosisverteilung für <sup>3</sup>H aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad

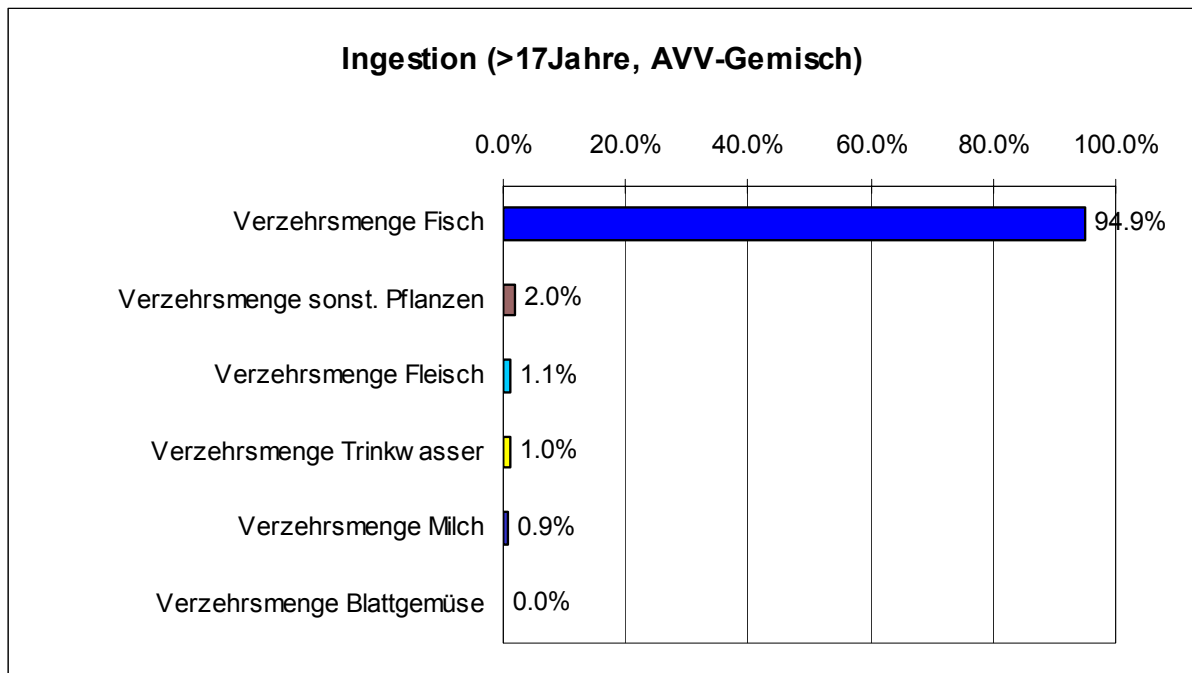


Abb. 33: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für das Nuklidgemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

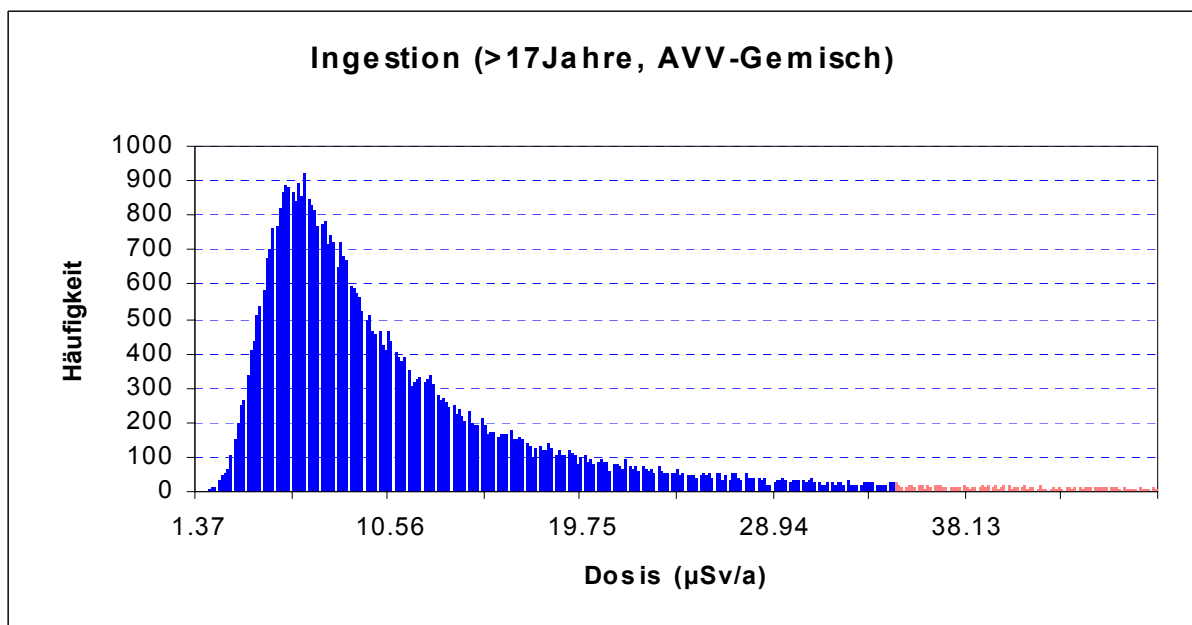


Abb. 34: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und  $^3\text{H}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tab. 56, Wasserpfad

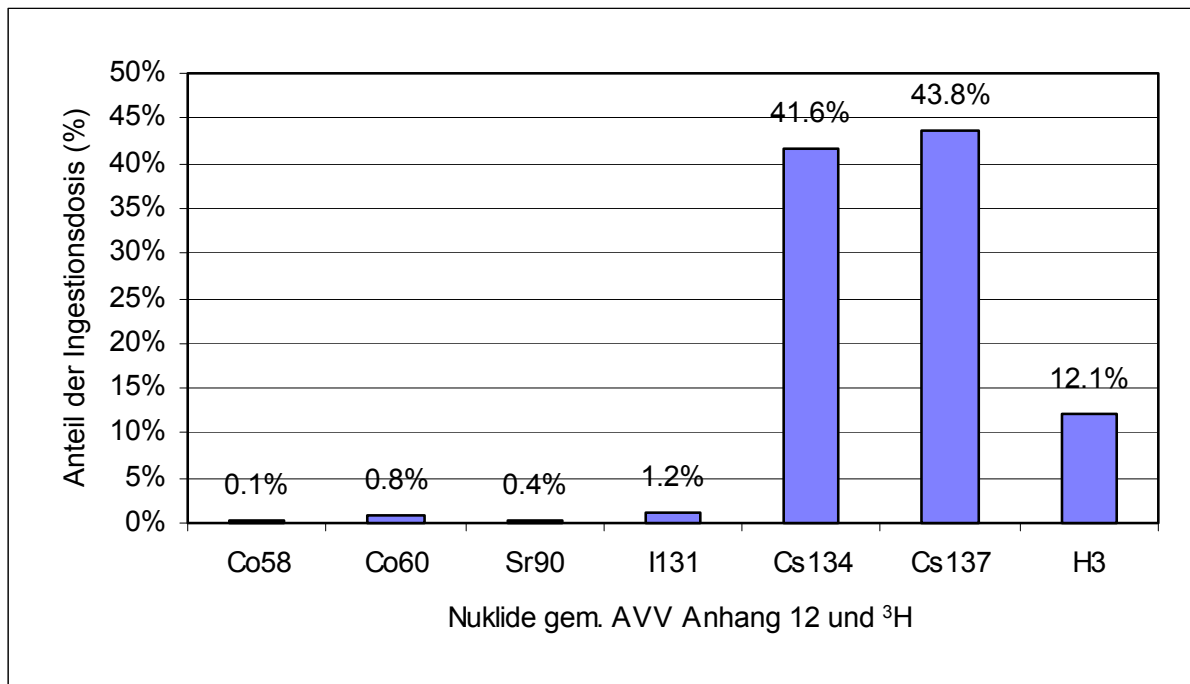


Abb. 35: Anteil der Nuklide in Prozent an der resultierenden Ingestionsdosis für das Gemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und  $^3\text{H}$  (Wasserpfad) bei Ansatz der Parameterwerte gem. AVV Anhang 4 /R-2/

In Abbildung 35 ist der prozentuale Anteil der Nuklide gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und  $^3\text{H}$  an der resultierenden Ingestionsdosis für die Parameterwerte gem. AVV /R-2/ dargestellt. Die Verteilung der nuklidspezifischen Beiträge bei einer probabilistischen Ermittlung der Verteilung der Ingestionsdosis wurde nicht detailliert untersucht.

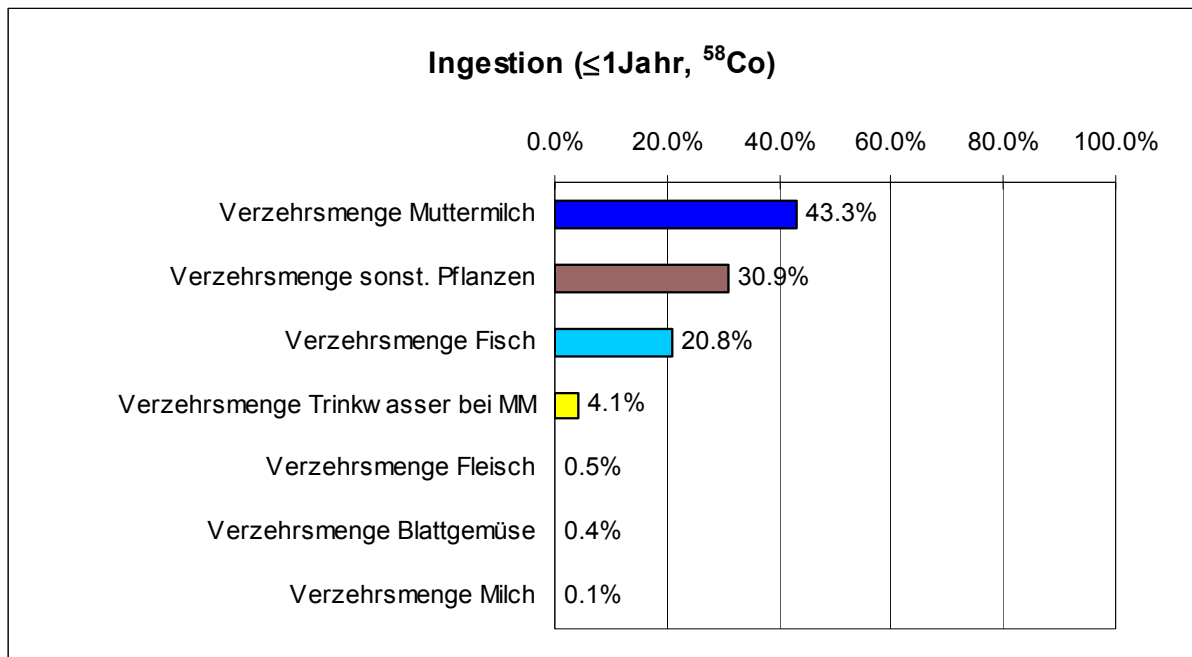


Abb. 36: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^{58}\text{Co}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

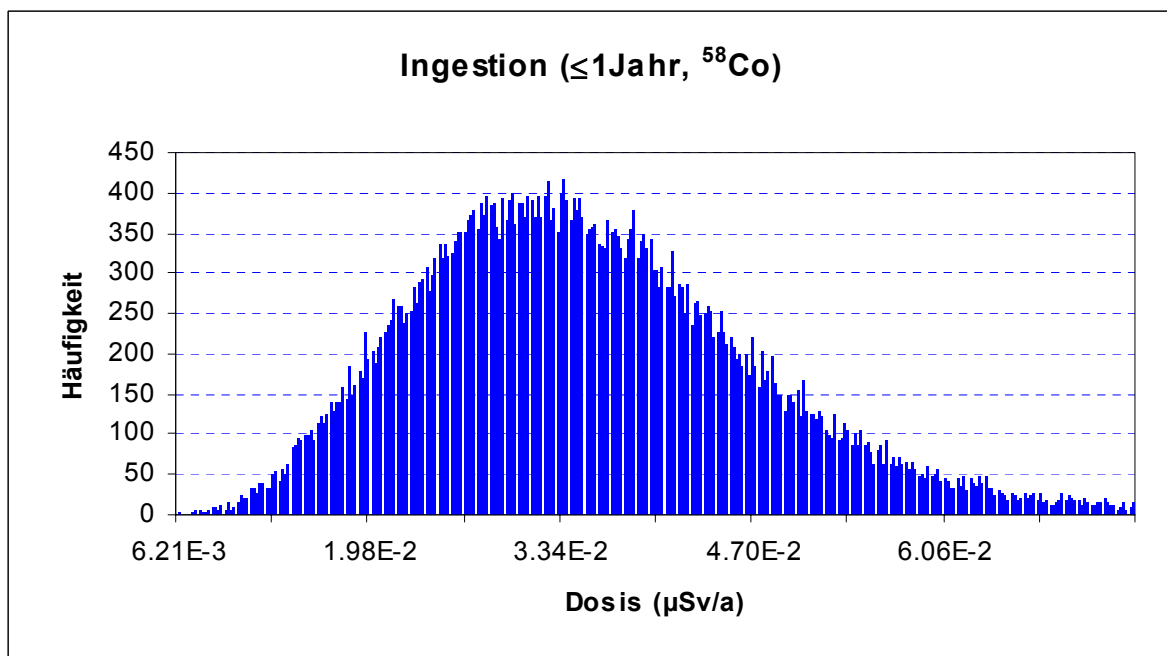


Abb. 37: Ingestionsdosisverteilung für  $^{58}\text{Co}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad

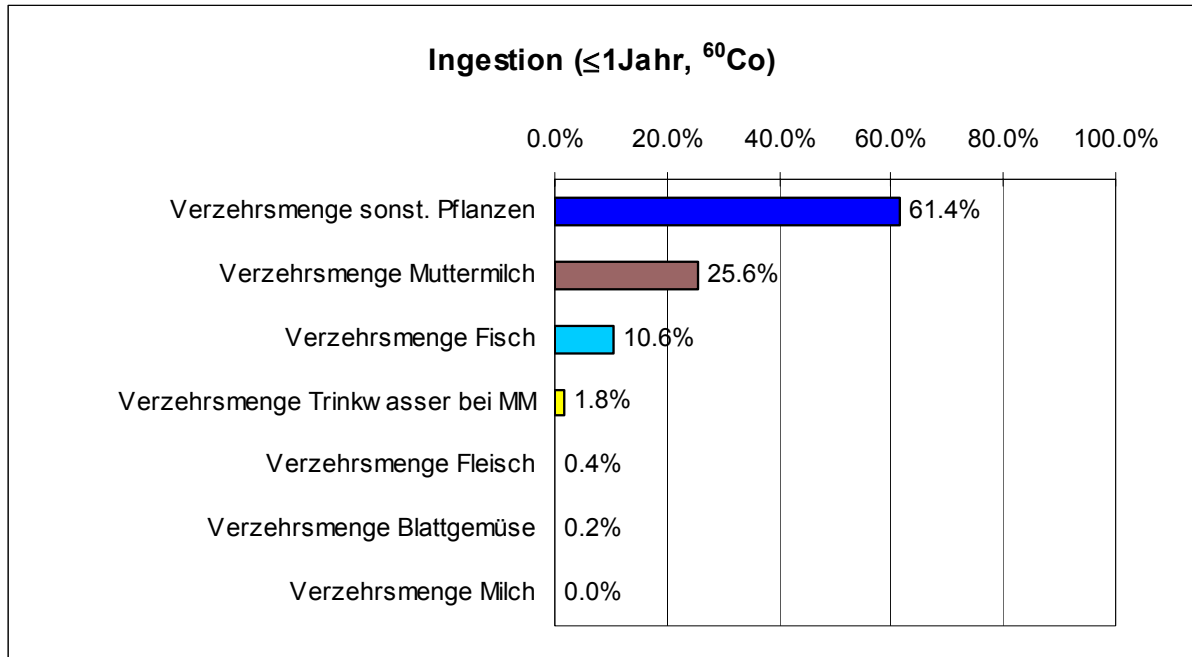


Abb. 38: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^{60}\text{Co}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

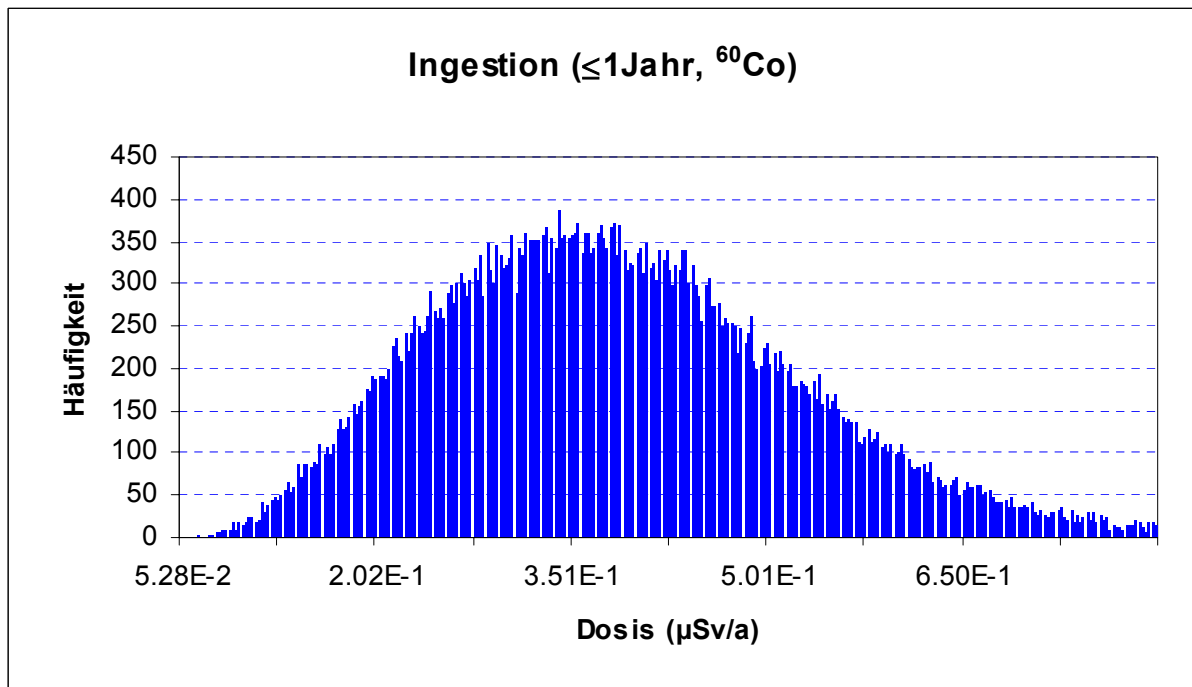


Abb. 39: Ingestionsdosisverteilung für  $^{60}\text{Co}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad

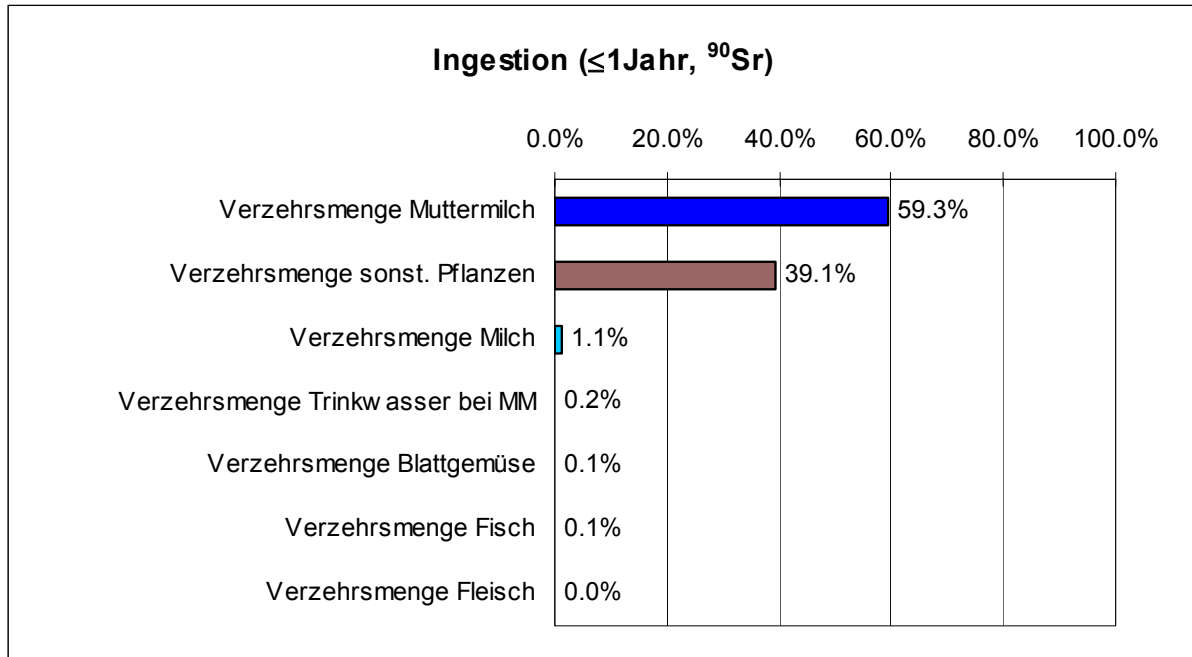


Abb. 40: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^{90}\text{Sr}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

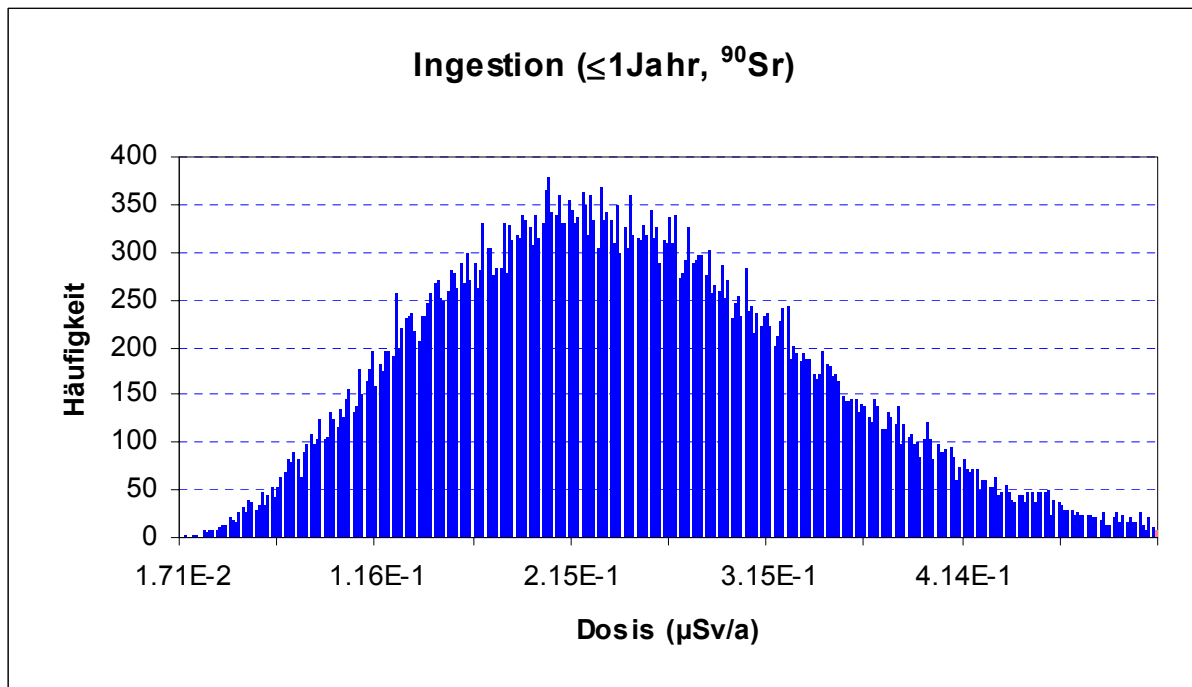


Abb. 41: Ingestionsdosisverteilung für  $^{90}\text{Sr}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus den Tabellen 57, Wasserpfad

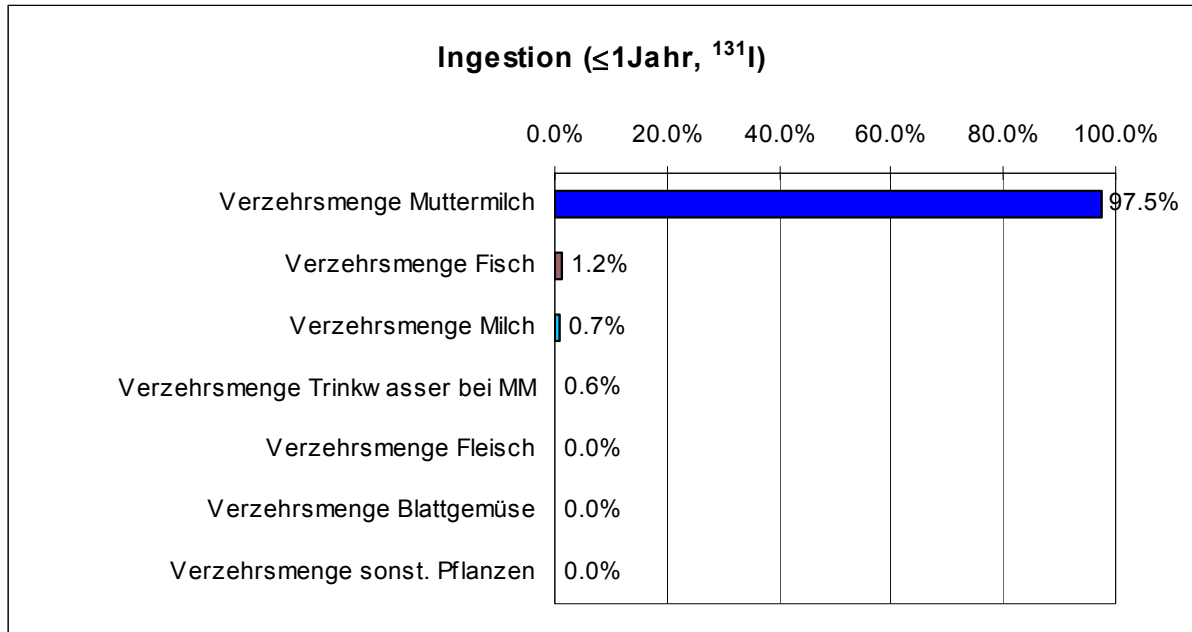


Abb. 42: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^{131}\text{I}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

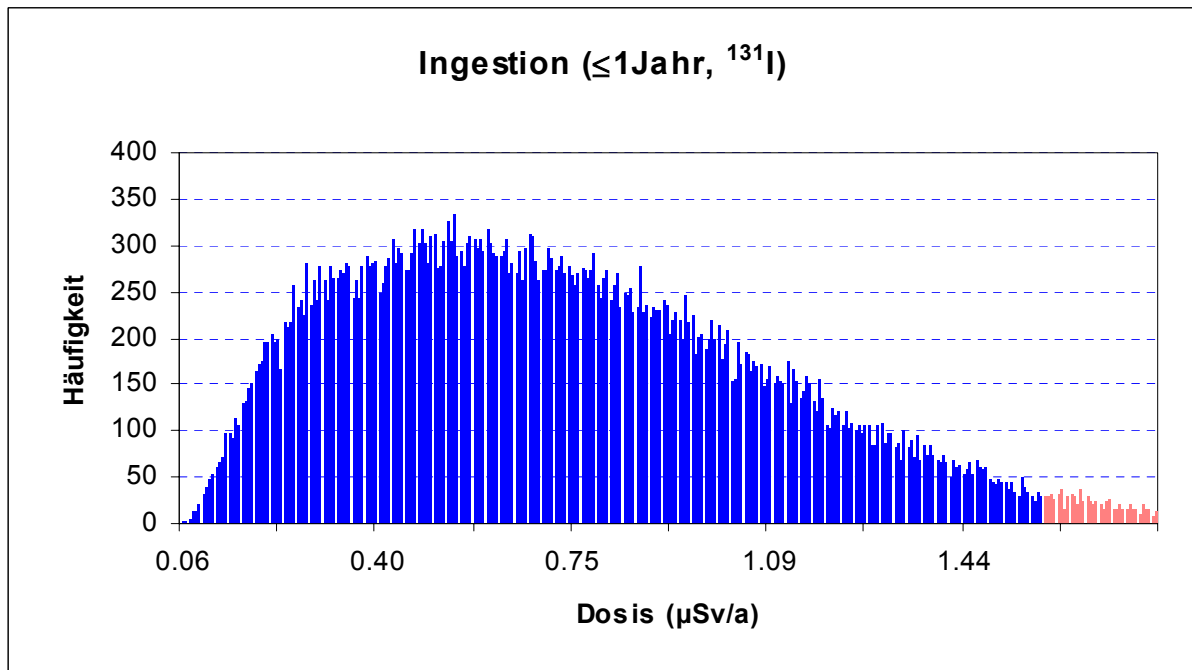


Abb. 43: Ingestionsdosisverteilung für  $^{131}\text{I}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad

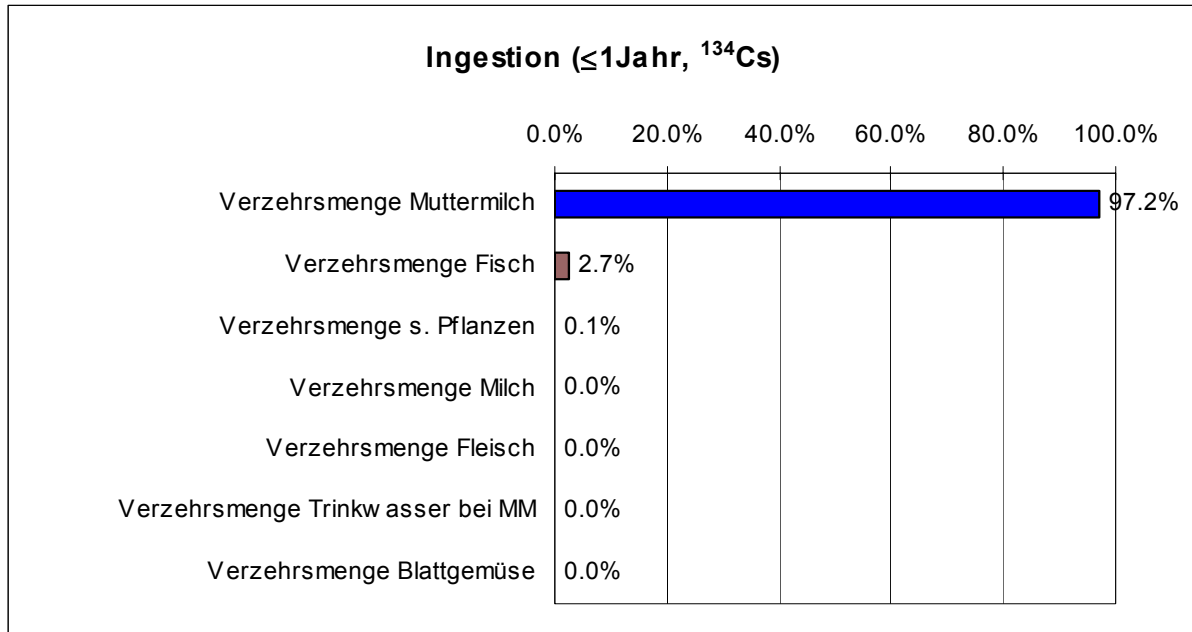


Abb. 44: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^{134}\text{Cs}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

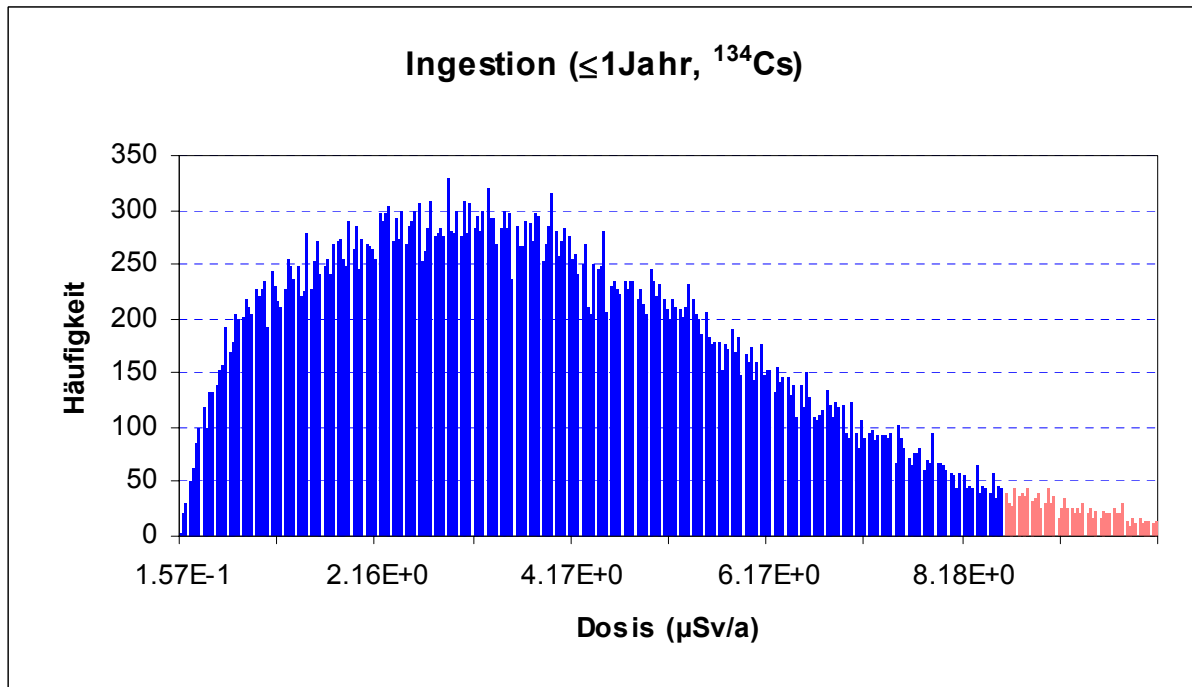


Abb. 45: Ingestionsdosisverteilung für  $^{134}\text{Cs}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad



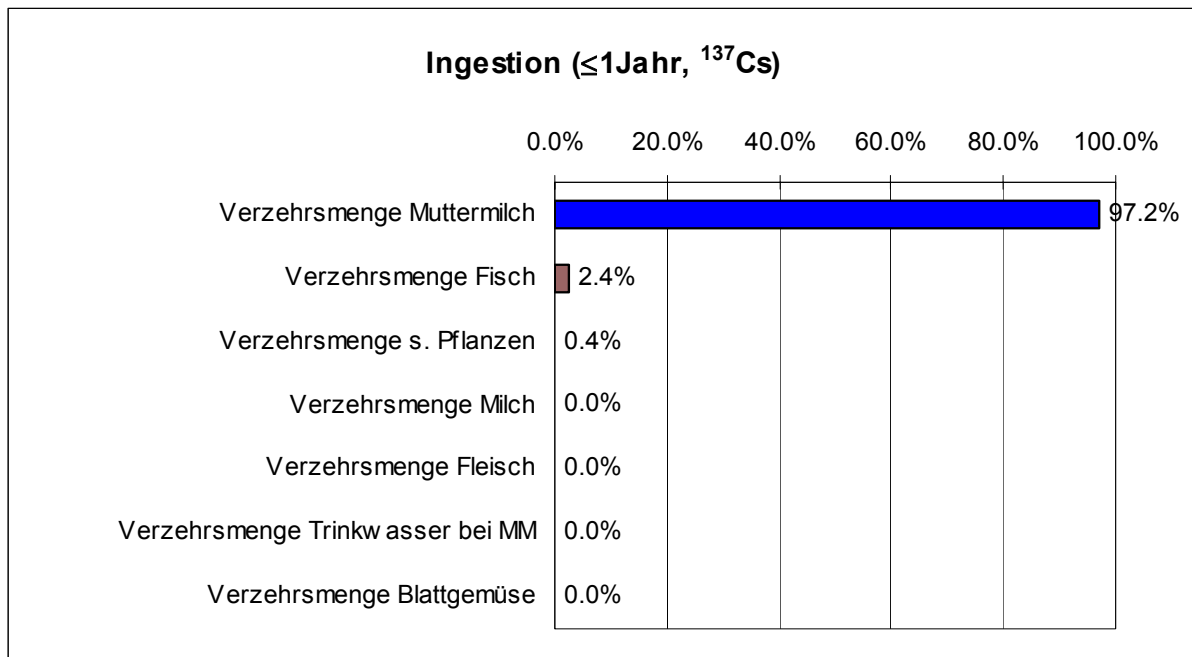


Abb. 46: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^{137}\text{Cs}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

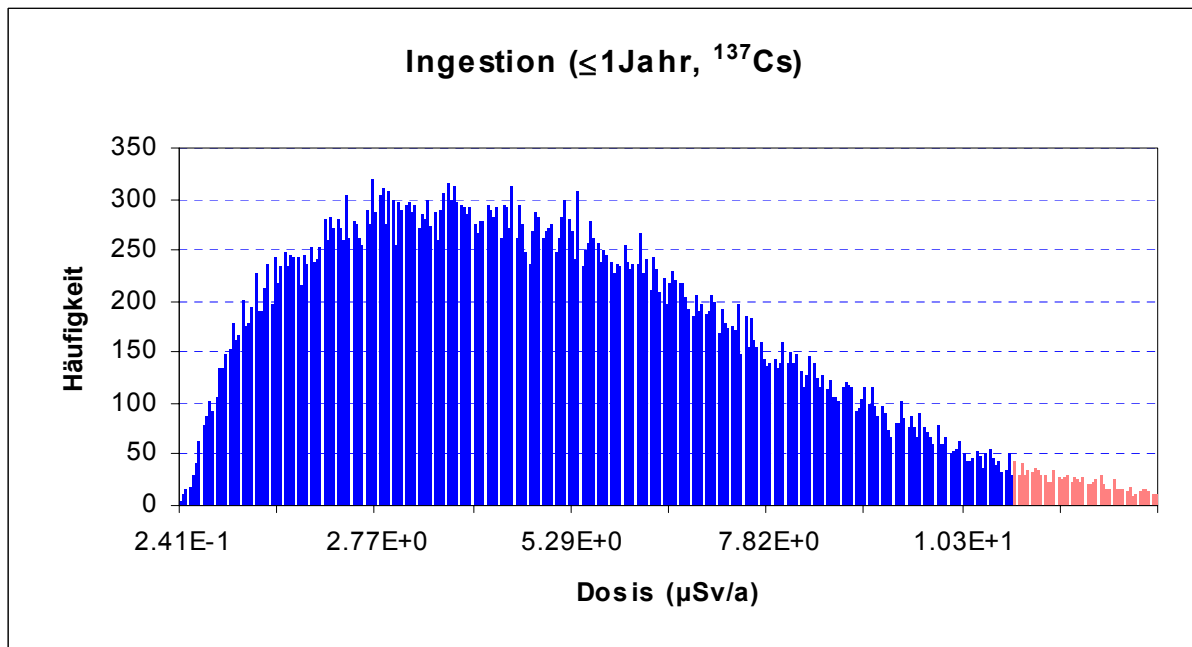


Abb. 47: Ingestionsdosisverteilung für  $^{137}\text{Cs}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad

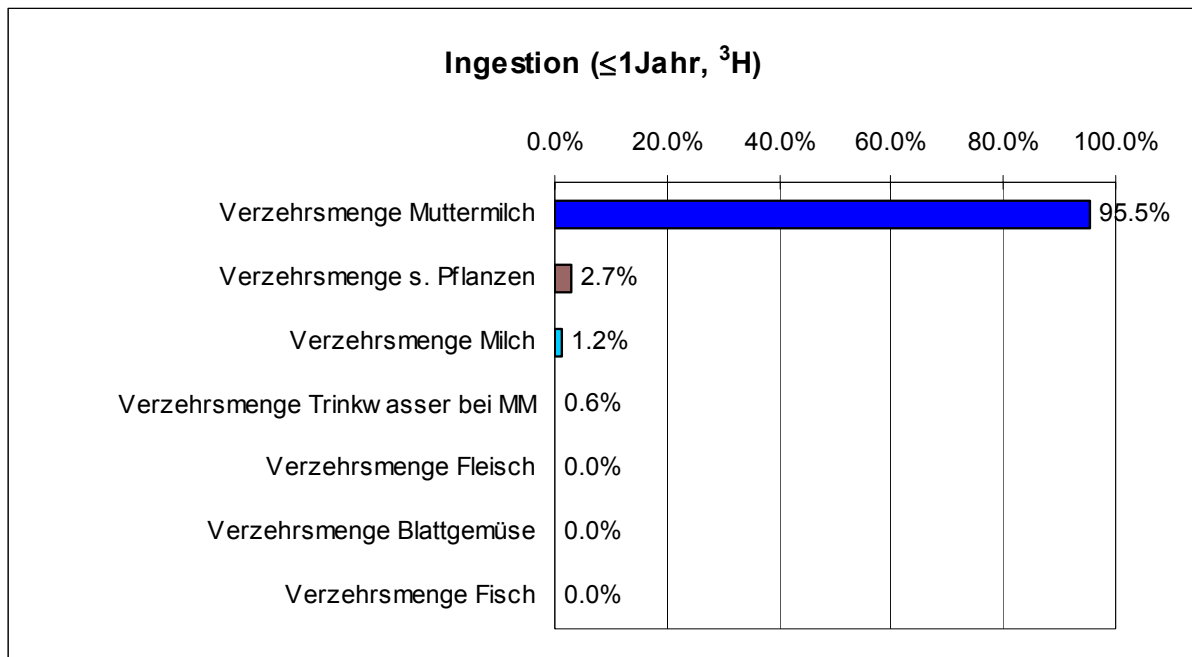


Abb. 48: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für  $^3\text{H}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

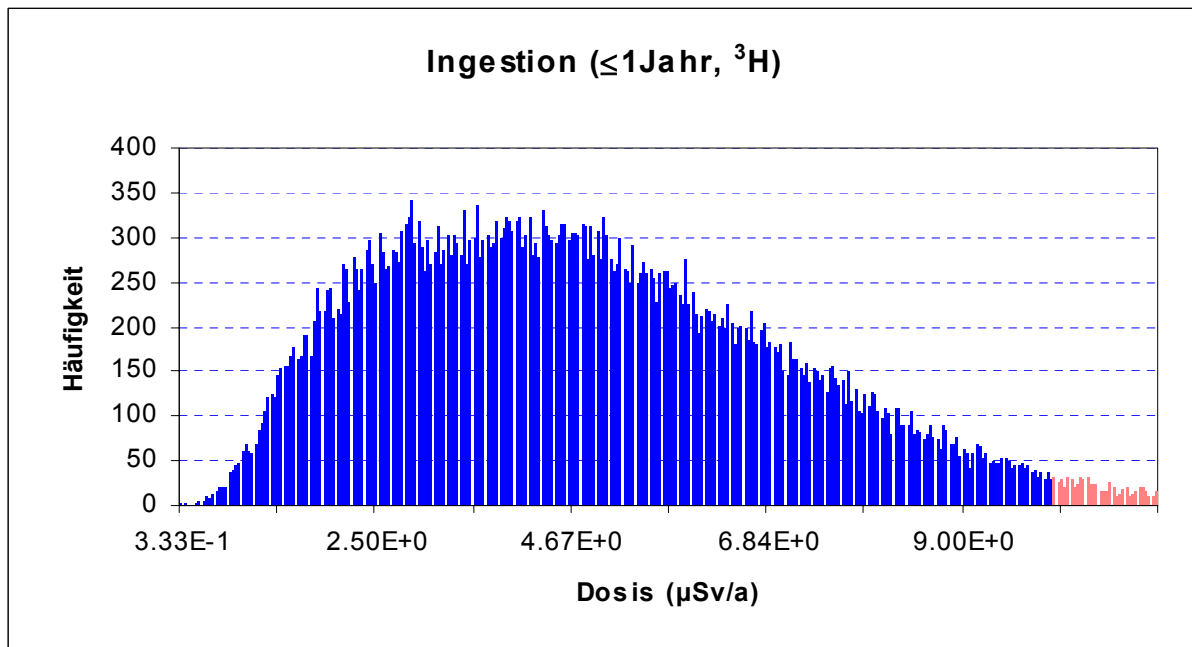


Abb. 49: Ingestionsdosisverteilung für  $^3\text{H}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad

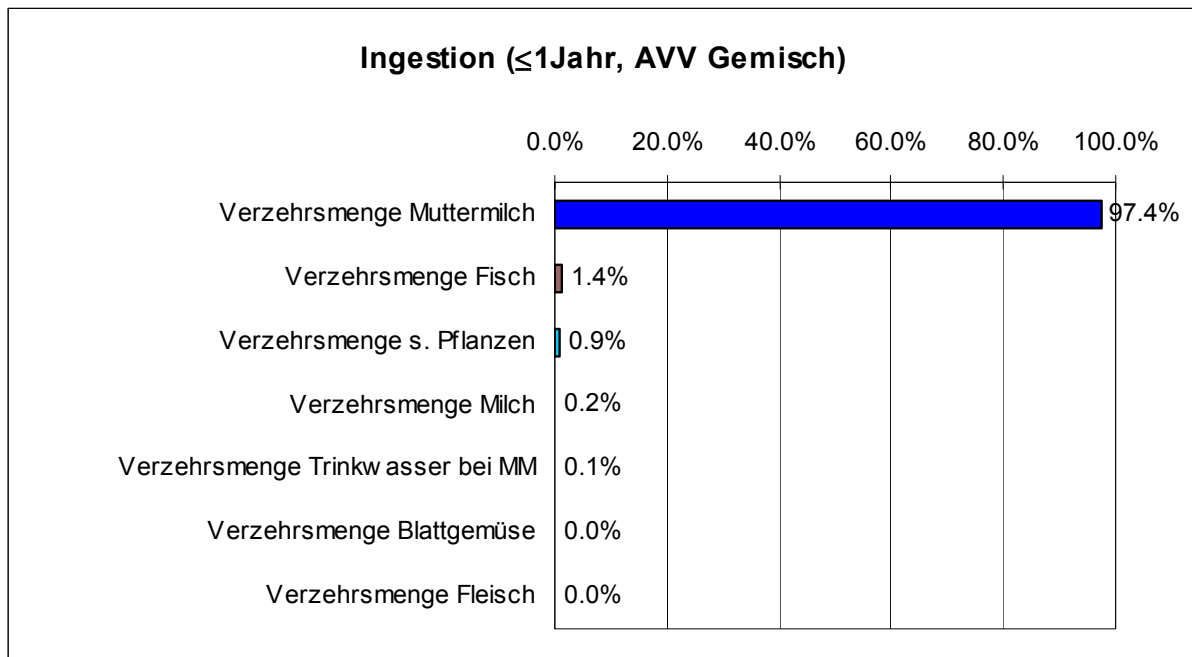


Abb. 50: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Dosisverteilung für das Nuklidgemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und  $^3\text{H}$ , Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad

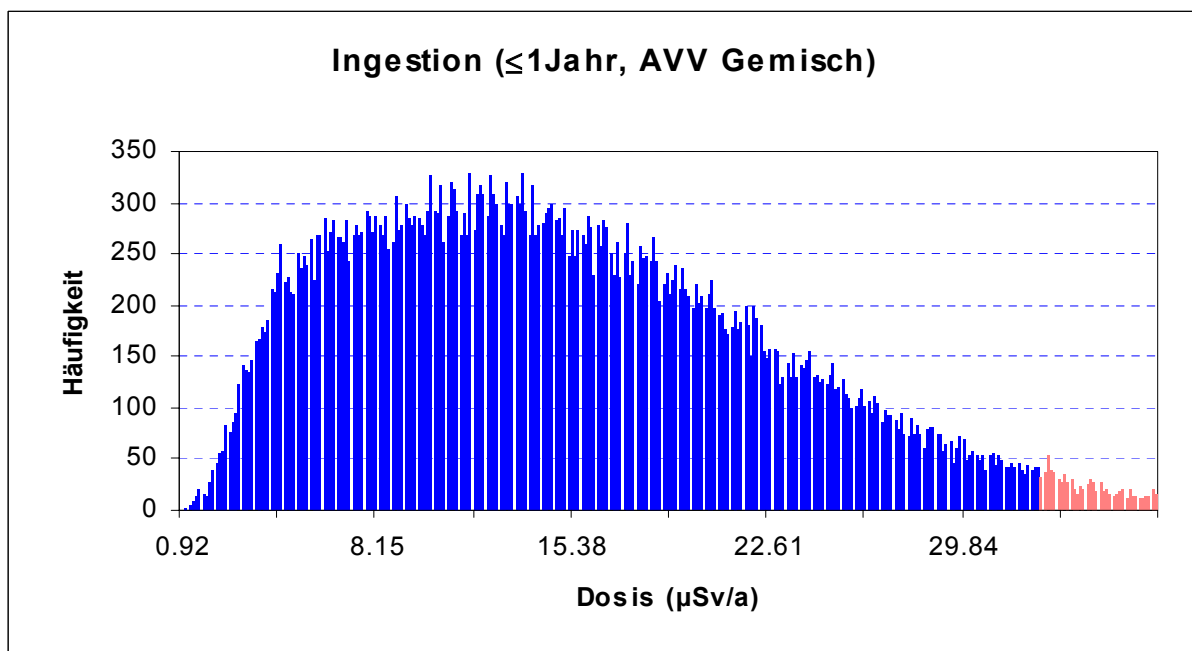


Abb. 51: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch einschl.  $^3\text{H}$  aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr gemäß den Verteilungen aus Tab. 57, Wasserpfad

Nuklid bzw. Gemisch	Abdeckungsgrad <sup>18</sup>	
	Altersgruppe >17 Jahre	Altersgruppe ≤1 Jahr
<sup>58</sup> Co	95,7%	99,3%
<sup>60</sup> Co	97,5%	99,5%
<sup>90</sup> Sr	99,1%	99,3%
<sup>131</sup> I	97,0%	97,7%
<sup>134</sup> Cs	95,6%	96,8%
<sup>137</sup> Cs	95,5%	97,1%
<sup>3</sup> H	99,7%	97,9%
<b>Nuklidgem. gem. AVV Anh. 12 und <sup>3</sup>H</b>	<b>96,1%</b>	<b>97,6%</b>

Tab. 59: Grad der Abdeckung (Perzentil) der probabilistisch ermittelten Ingestionsdosisverteilung durch die Dosis bei Ansatz der Verzehrsmengen der AVV Anhang 5 Tabelle 1 (Einzelnuklide sowie Gemisch gem. AVV /R-2/ und <sup>3</sup>H, Wasserpfad)

In der Tabelle 59 ist jeweils für die Einzelnuclide sowie für das korrespondierende Nuklidgemisch der Abdeckungsgrad der probabilistisch ermittelten Dosis für die beiden Altersgruppen >17 Jahre sowie ≤1 Jahr durch die Dosis bei Ansatz der der Verzehrsmengen aus den Tabellen 56 und 57 dargestellt. Es zeigt sich, dass der ermittelte Abdeckungsgrad stark von der Sensitivität der Eingangsparameter abhängt. Überwiegt der Einfluss eines Parameters stark, wie dies bei der Altersgruppe >17 Jahre für den Fischverzehr der Fall ist, bildet sich dessen Verteilung im Ergebnis entsprechend seiner Sensitivität ab. Dies gilt für die Einzelnuclide ebenso wie für das Nuklidgemisch. Durch die hohe Sensitivität der Dosis für die Verzehrsmenge für Fisch bei Anwendung des Nuklidgemisches wird hierdurch nur ein Gesamtdeckungsgrad von 96,1% erreicht. Bei annähernd gleich gewichtetem Beitrag der Verzehrsgewohnheiten steigt der Abdeckungsgrad entsprechend dem in Gleichung 2 dargestellten Multiplikationssatz für unabhängige Ereignisse.

---

<sup>18</sup> Perzentil der Verteilung der Ingestionsdosis bei Berechnung mit den entsprechenden Parametern (hier: AVV Anhang 5 Tabelle 1)

#### **4.2.3 Ergebnis der probabilistischen Untersuchung weiterer ausgewählter Parameter (Wasserpfad)**

In der Tabelle 58 sind für einige weitere Parameter der AVV /R-2/ in Form von "Beste Schätzung, Minimum und Maximum" Verteilungen angegeben. Auf der Grundlage dieser statistischen Daten wurden für die probabilistische Dosisermittlung Dreiecksverteilungen angesetzt.

In der Abbildung 52 sind die Sensitivitäten der resultierenden Ingestionsdosis der Altersgruppe >17Jahre für alle betrachteten Parameter dargestellt. Es zeigt sich erneut der dominierende Einfluss der Verzehrsmenge von Fisch mit 84% Beitrag zur Ergebnisvarianz. Angesichts der in Abbildung 35 dargestellten Anteile der Nuklide an der Ingestionsdosis ergibt sich für die Transferfaktoren für Cäsium in Pflanzen sowie Fleisch ein Beitrag zur Varianz der resultierenden Dosis mit 4,5% bzw. 1,5%. Die übrigen Parameterverteilungen aus Tab. 58 spielen nur eine untergeordnete Rolle.

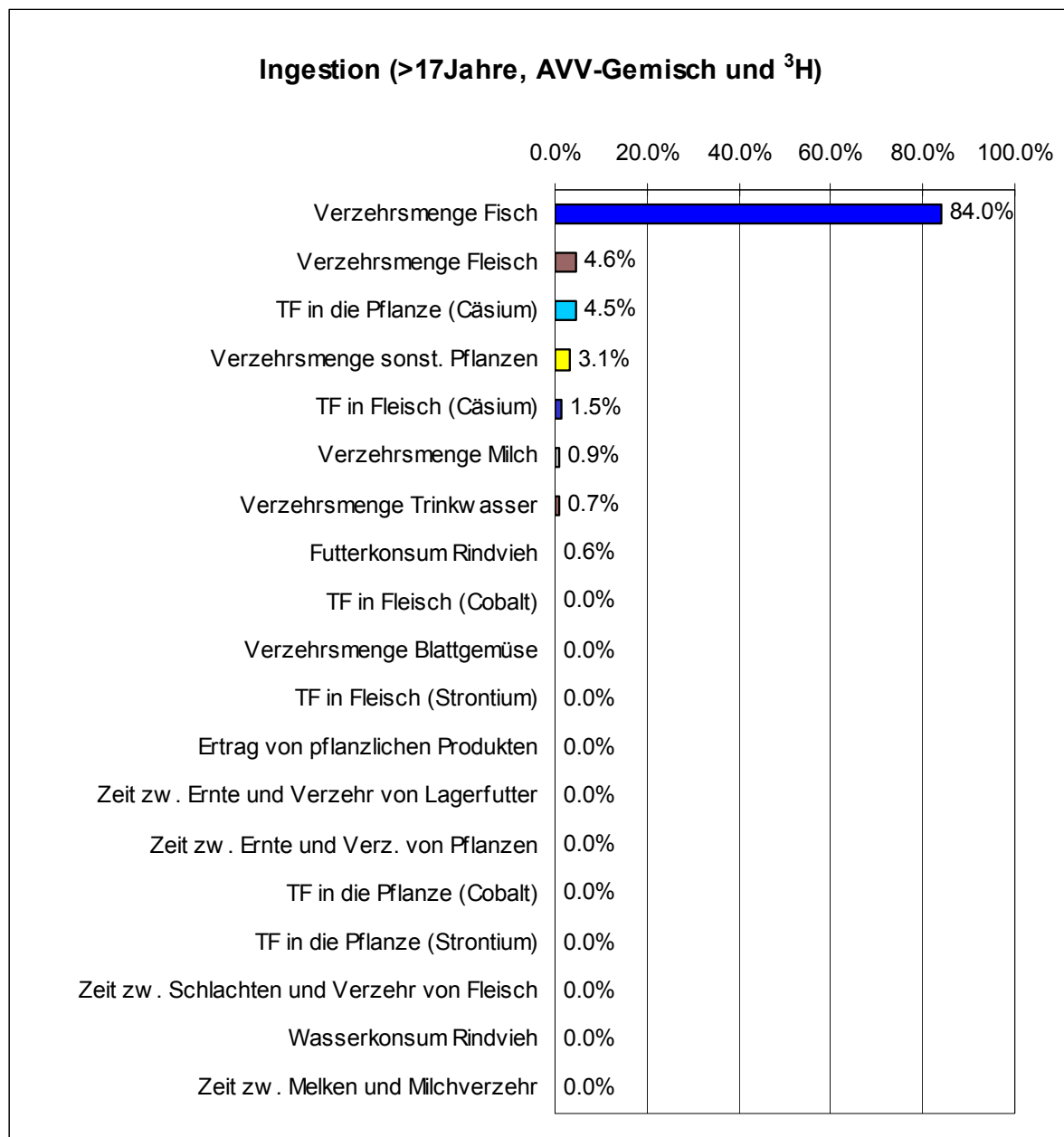


Abb. 52: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten sowie Parameter aus Tab. 58 zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe >17 Jahre" (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/ und <sup>3</sup>H), Wasserpfad

Somit ergibt sich hinsichtlich der ermittelten Gesamtabdeckung der resultierenden Verteilung der Ingestionsdosis kein wesentlich neuer Zusammenhang. Die Form der Verteilung (vgl. Abb. 53) ist nahezu identisch mit der in Abbildung 34. Der Gesamt-

abdeckungsgrad für das Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/ beträgt nunmehr 95,5% (vgl. Tabelle 59).

Es wird deutlich, dass der Grad der Konservativität des Gesamtergebnisses in hohem Maß von der Sensitivität der Eingangsparameter abhängt. Die Verteilungen der hoch sensitiven Parameter bestimmen auch überwiegend den Abdeckungsgrad des Gesamtergebnisses.

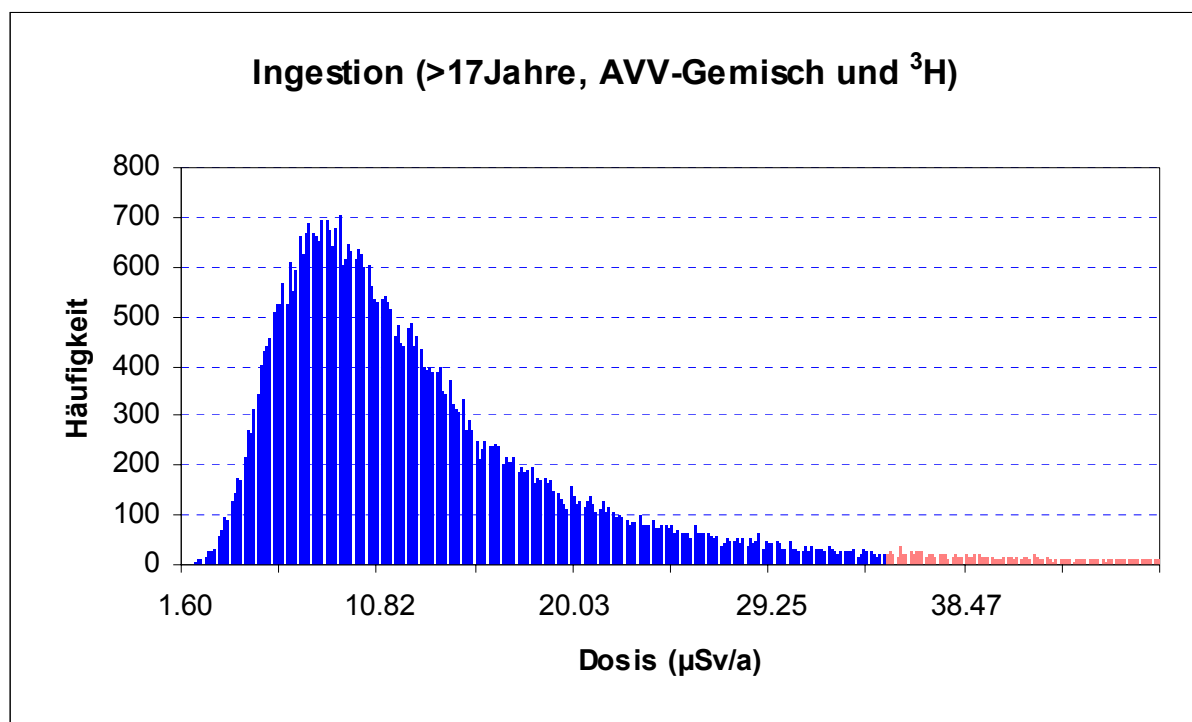


Abb. 53: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup>H aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrgewohnheiten" aus Tab. 56 sowie der übrigen Parameter aus Tab. 58; (Altersgruppe >17 Jahre), Wasserpfad

Bei der ermittelten Gesamtabdeckung der Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr unter Berücksichtigung des Expositionspfades Muttermilch und der entsprechenden Verzehrsmenge ergibt sich ein abweichendes Bild. Beim Beitrag zur Ergebnisvarianz dominiert die Verzehrsmenge Muttermilch mit über 97%, die Fischverzehrsmenge des Kleinkindes  $\leq 1$  Jahr tritt mit ca. 1,3% in den Hintergrund (vgl. Abb. 54). Insgesamt resultiert eine höhere Gesamtabdeckung von 99,5% durch die anhand der AVV-Parameter ermittelte Dosis.

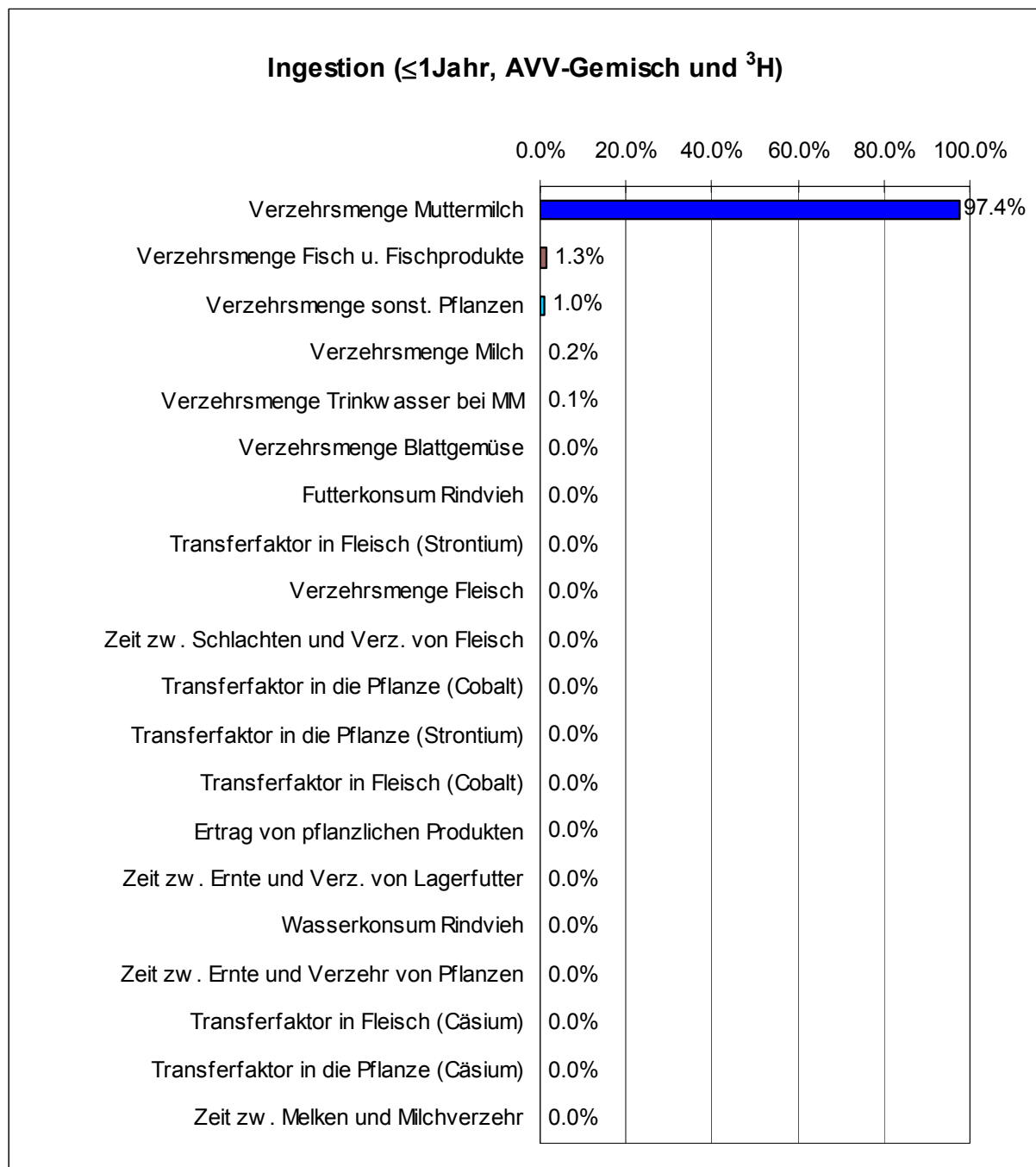


Abb. 54: Sensitivität der Parameter "Verzehrgewohnheiten sowie der Parameter aus Tab. 58, Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr" (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/ einschl.  $^3\text{H}$ ) in Prozent auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung



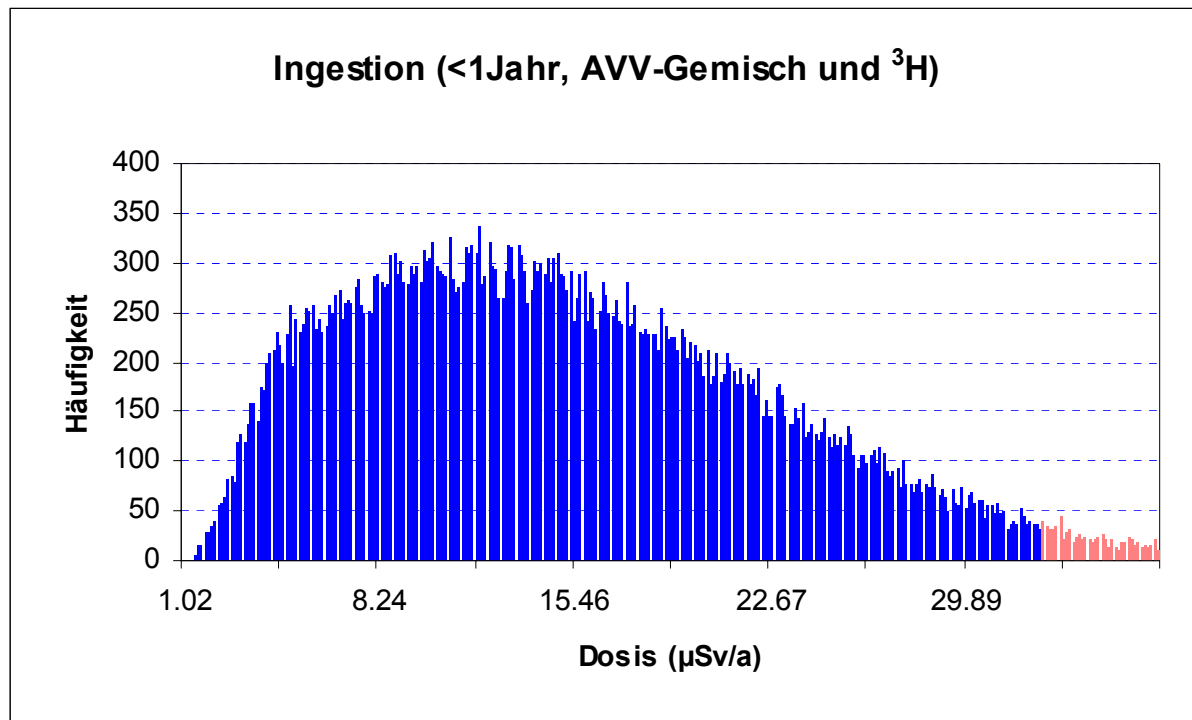


Abb. 55: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und  $^3\text{H}$  aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" aus den Tab. 56 und 57 sowie der Verteilungen der Parameter aus Tab. 58; (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr), Wasserpfad

In der Tabelle 60 sind die jeweiligen Abdeckungsgrade für die beiden untersuchten Altersgruppen nuklidspezifisch sowie für das Nuklidgemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und  $^3\text{H}$  angegeben. Auffallend sind hierbei die verhältnismäßig niedrigen Abdeckungsgrade für  $^{60}\text{Co}$  und  $^{90}\text{Sr}$ . Ursache hierfür ist der starke Einfluss der jeweiligen Transferfaktoren mit ihren hohen Maximalwerten in der Eingangsverteilung (vgl. Tab. 58). Aus diesem Beispiel wird ersichtlich, dass bei Ansatz extrem konservativer Werte bei der Eingangsparameterverteilung (hier aus /L-10/) für die resultierende Strahlenexposition niedrige Abdeckungsgrade zu erwarten sind.

Nuklid bzw. Gemisch	Abdeckungsgrad	
	Altersgruppe >17 Jahre	Altersgruppe ≤1 Jahr
<sup>58</sup> Co	97,1%	99,2%
<sup>60</sup> Co	82,8%	99,5%
<sup>90</sup> Sr	93,1%	99,3%
<sup>131</sup> I	97,2%	97,7%
<sup>134</sup> Cs	95,3%	96,7%
<sup>137</sup> Cs	94,2%	97,0%
<sup>3</sup> H	99,7%	97,9%
<b>Nuklidgem. gem. AVV Anh. 12 und <sup>3</sup>H</b>	<b>95,5%</b>	<b>97,5%</b>

Tab. 60: Abdeckungsgrad (Perzentil) bei probabilistisch ermittelter Ingestionsdosisverteilung bei Ansatz ausgewählter Parameter der AVV (Einzelnuklide sowie Gemisch gem. AVV /R-2/ und <sup>3</sup>H), Wasserpfad

#### 4.2.4 Ergebnis der probabilistischen Untersuchung der Parameter Verzehrsgewohnheiten (Luftpfad)

Analog zur Ermittlung des Abdeckungsgrades für den Wasserpfad im vorangegangenen Kapitel wurde mit den selben Parametern die Gesamtabdeckung für den Luftpfad ermittelt. Im ersten Schritt wurden die Verteilungen der Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppe >17 Jahre hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die resultierende Dosis probabilistisch untersucht. Die Verteilungen entsprechen dabei denen, die in der Tabelle 56 angegeben sind, jedoch ohne die Angaben für Trinkwasser- und Fischverzehrsmengen. Für die Darstellung der Strahlenexposition durch Ingestion über den Luftpfad wurde das Nuklidgemisch für die Aerosole gem. AVV Anhang 11 /R-2/ und  $^3\text{H}$  herangezogen.

Die Abbildung 56 zeigt die prozentualen Anteile der Nuklide gem. Anhang 11 der AVV /R-2/ an der resultierenden Ingestionsdosis unter Verwendung der Parameterwerte der AVV /R-2/.

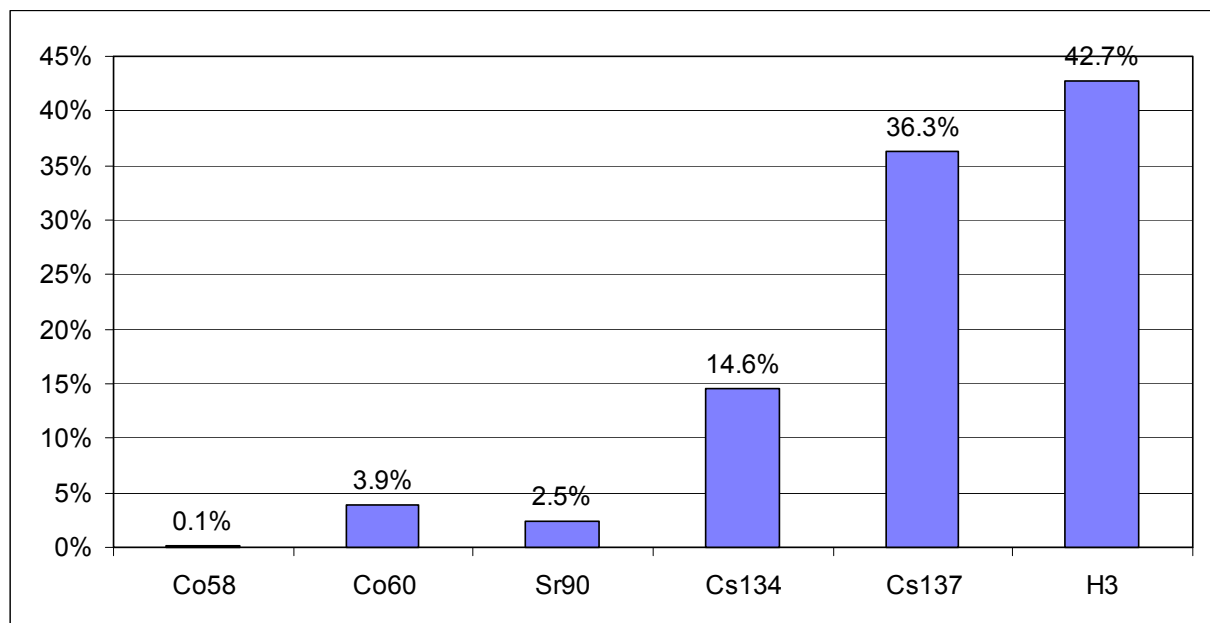


Abb. 56: Anteil der Nuklide in Prozent an der resultierenden Ingestionsdosis für das Gemisch gem. AVV Anhang 11 /R-2/ und  $^3\text{H}$  bei Ansatz der Parameterwerte gem. AVV /R-2/, Luftpfad

In der Abbildung 57 sind die untersuchten Parameter hinsichtlich ihres Beitrages zur Ergebnisvarianz dargestellt. Die Verzehrsmengen für Fleisch und sonstige Pflanzen gehen mit etwa 54% bzw. 26% in das Ergebnis ein, die Verzehrsmenge Milch mit etwa 20%, die Verzehrsmenge Blattgemüse spielt eine untergeordnete Rolle.

In der Abbildung 58 ist die resultierende Verteilung der Dosis dargestellt. Die Gesamtabdeckung der resultierenden Strahlenexposition durch die diskreten Werte der Parameter der AVV /R-2/ beträgt 99,7%.

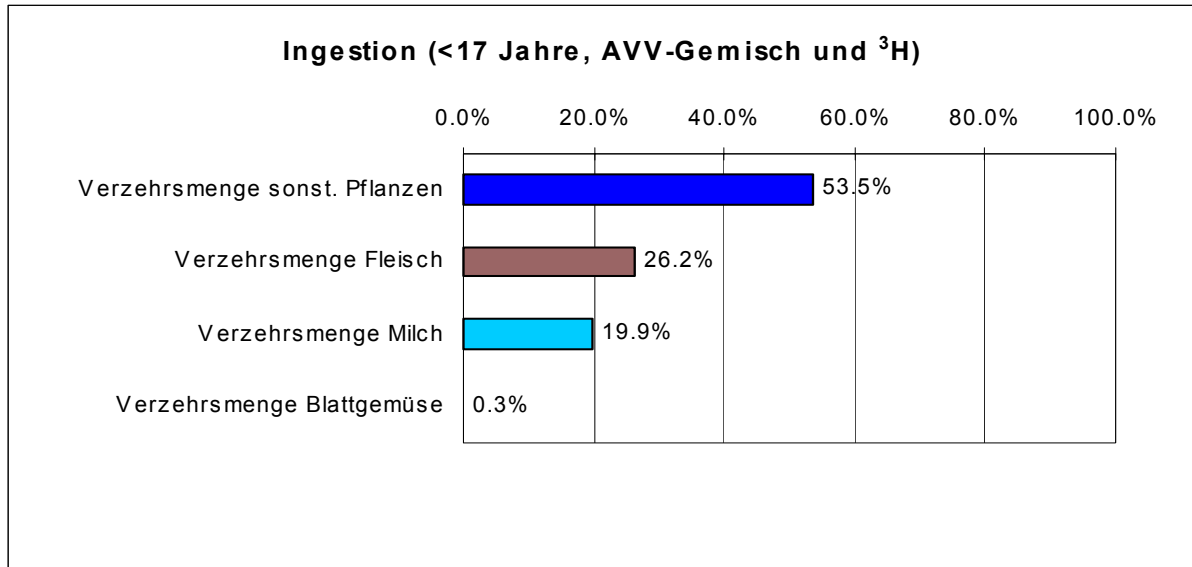


Abb. 57: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/ und <sup>3</sup>H, Luftpfad

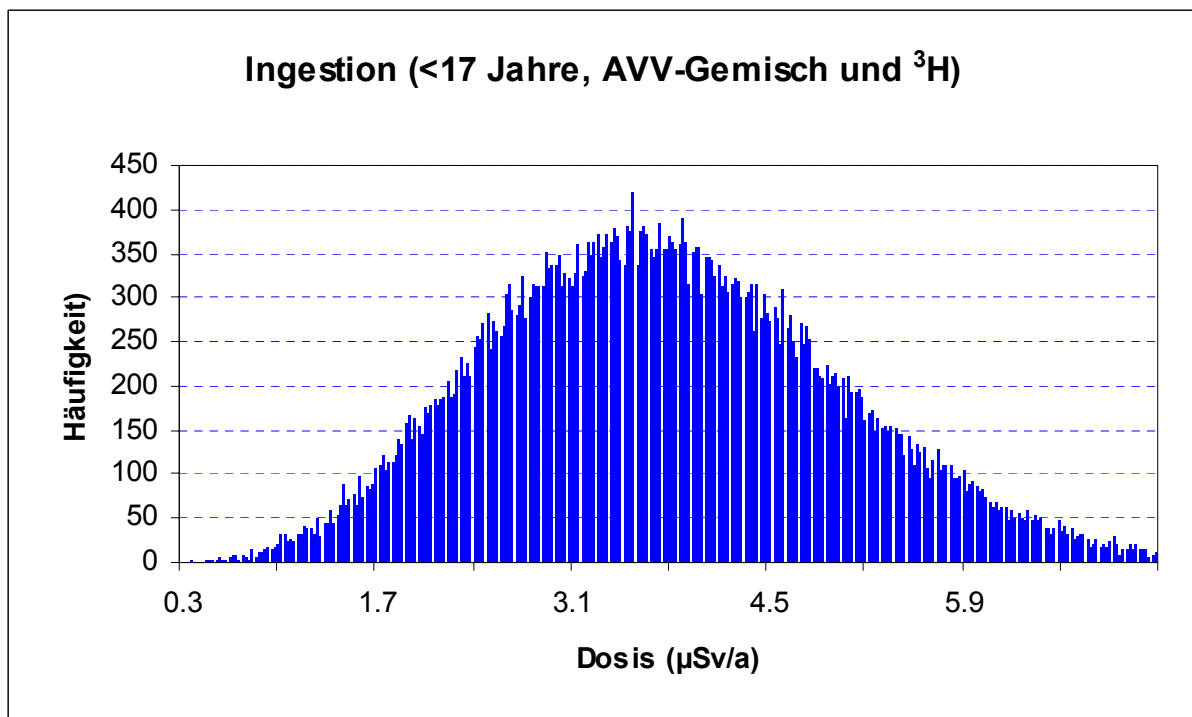


Abb. 58: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup>H aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrgewohnheiten" aus der Tab. 56 (Altersgruppe >17 Jahre), Luftpfad

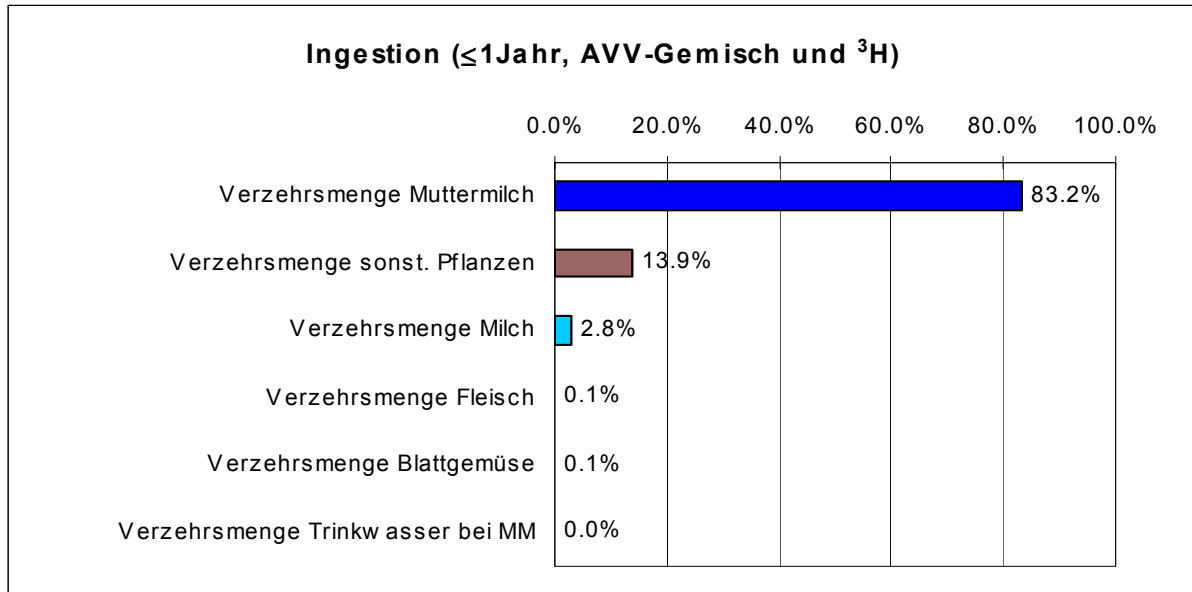


Abb. 59: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr" gem. AVV /R-2/ und  $^3\text{H}$ , Luftpfad

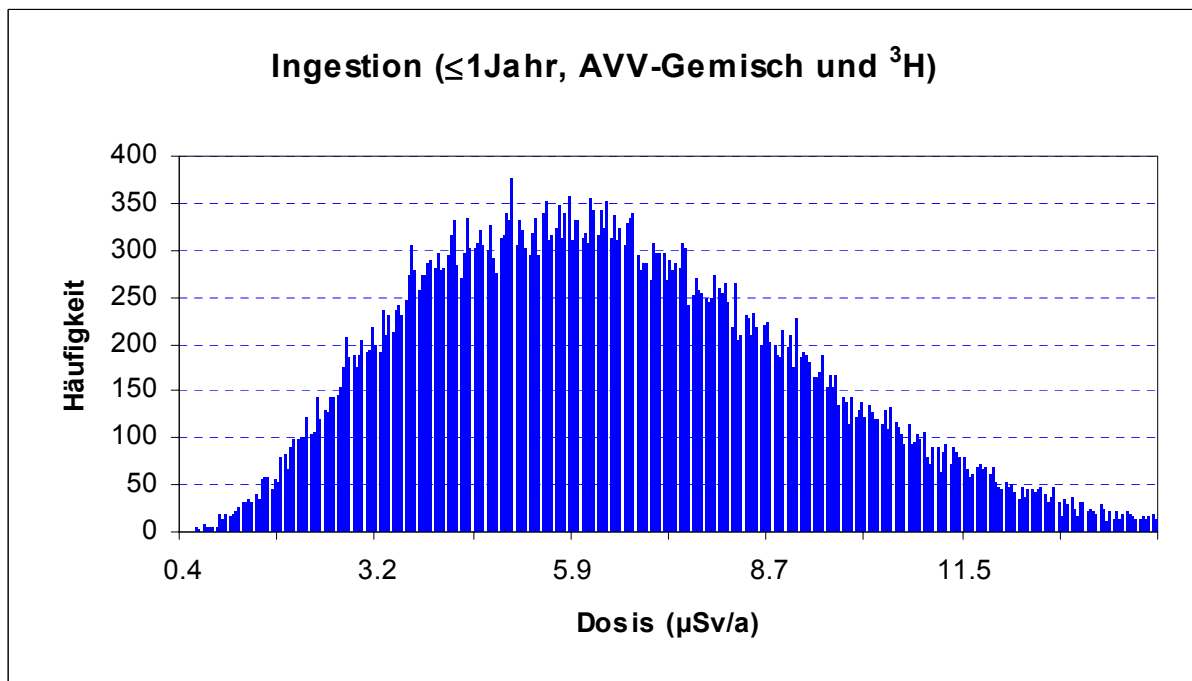


Abb. 60: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und  $^3\text{H}$  aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" aus der Tab. 56 (Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr), Luftpfad

Nuklid bzw. Gemisch	Abdeckungsgrad	
	Altersgruppe >17 Jahre	Altersgruppe ≤1 Jahr
<sup>58</sup> Co	98,5%	98,3%
<sup>60</sup> Co	98,5%	97,9%
<sup>90</sup> Sr	97,1%	99,0%
<sup>134</sup> Cs	99,7%	98,6%
<sup>137</sup> Cs	99,6%	98,6%
<sup>3</sup> H	99,7%	98,2%
<b>Nuklidgemisch gem. AVV Anh. 11 und <sup>3</sup>H</b>	<b>99,7%</b>	<b>98,8%</b>

Tab. 61: Abdeckungsgrad (Perzentil) bei probabilistisch ermittelter Ingestionsdosisverteilung durch den Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ (Einzelnuklide sowie Gemisch und <sup>3</sup>H), Luftpfad

#### 4.2.5 Ergebnis der probabilistischen Untersuchung weiterer ausgewählter Parameter (Luftpfad)

Bei der probabilistischen Ermittlung der resultierenden Strahlenexposition unter Verwendung der weiteren Parameter nach Tabelle 58 resultieren die in der Abbildung 61 für die Altersgruppe >17 Jahre dargestellten prozentualen Beiträge zur Ergebnisvarianz. Einen überwiegenden Anteil von etwa 45% nimmt der Transferfaktor in die Pflanze für Cäsium ein. Die Verzehrsmenge für Fleisch hat einen Anteil von etwa 23%, die Verzehrsmenge sonstige Pflanzen ca. 14%, der Transferfaktor in Fleisch für Cäsium etwa 8%.

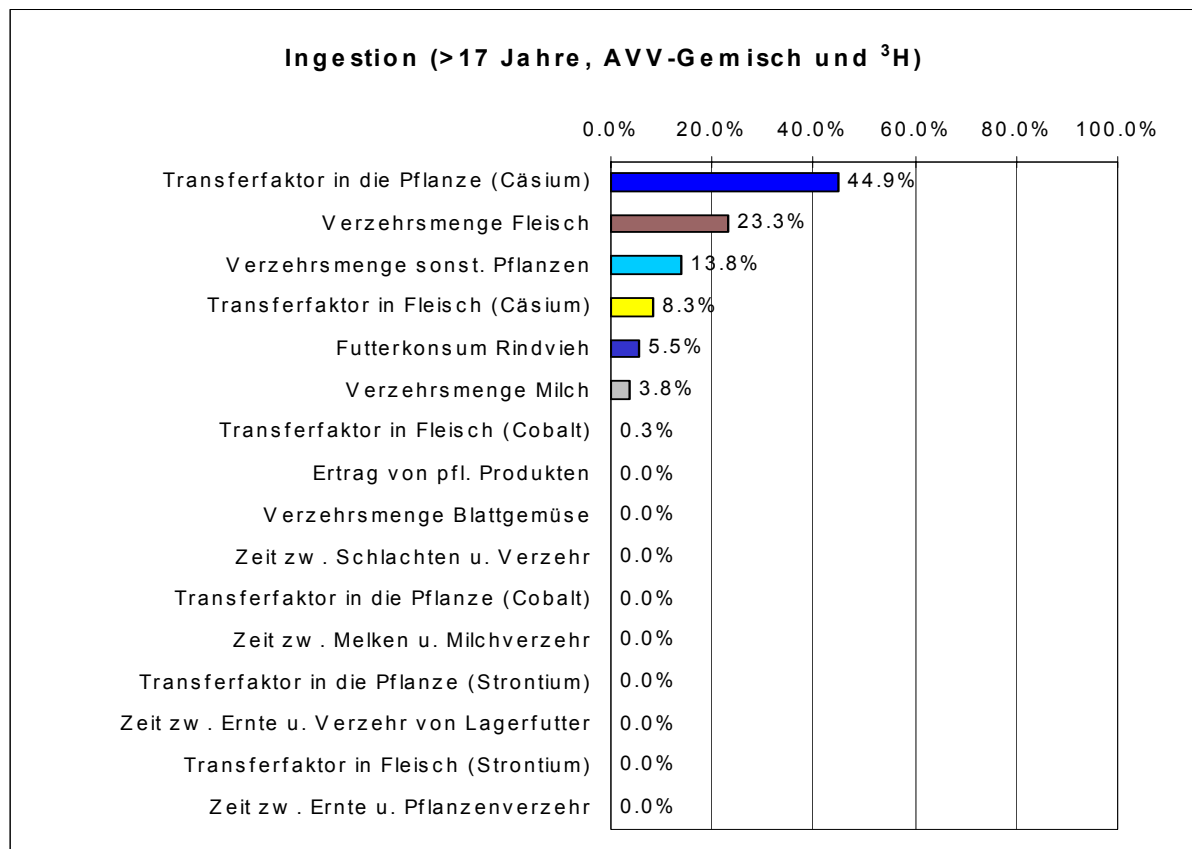


Abb. 61: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten sowie der Parameter aus Tab. 58 auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe >17 Jahre" Luftpfad



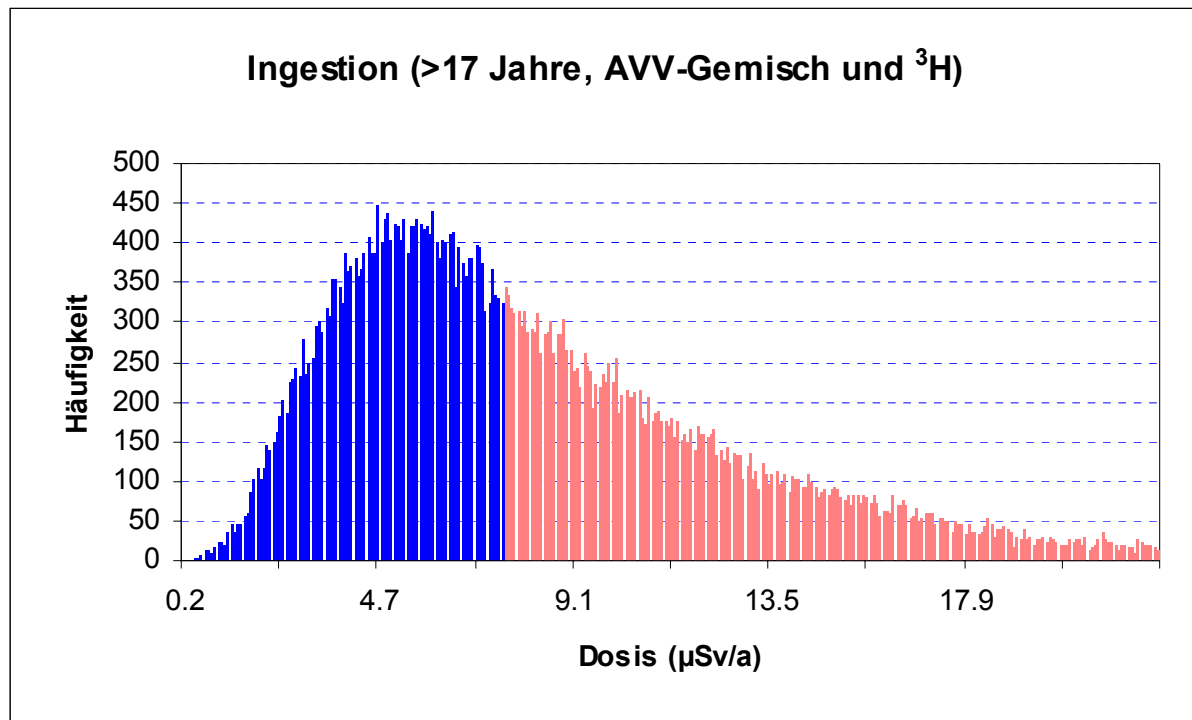


Abb. 62: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup>H bei Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ aus der Tab. 56 sowie der sonst. Parameter aus Tab. 58; Altersgruppe >17 Jahre, Luftpfad, Abdeckung durch die AVV /R-2/: 52% (blauer Bereich)

Die Abbildung 62 zeigt die Verteilung der resultierenden Ingestionsdosis für die Altersgruppe >17 Jahre unter Verwendung der Parameterverteilungen aus Tab. 58. Die Abdeckung dieser Verteilung der Ingestionsdosis durch die Parameterwerte der AVV /R-2/ beträgt ca. 52% (vgl. Tabelle 62). Ursache hierfür ist der große Einfluss der Transferfaktoren für Cäsium in die Pflanze sowie in Fleisch. Auch hier führen extrem konservativ gewählte Maximalwerte und Verteilungsformen dazu, dass die resultierende Strahlenexposition unter Verwendung der diskreten Transferfaktoren gem. AVV /R-2/ einen niedrigen Abdeckungsgrad erhält. In diesem Fall kann eher von einer Überschätzung des Maximalwertes für den Transferfaktor Boden-Pflanze (Cäsium, vgl. Tab. 58) ausgegangen werden. Ein ähnliches Bild zeigen die Verhältnisse für die Altersgruppe ≤1 Jahr (Abbildung 64), wobei durch den geringeren Beitrag zur Ergebnisvarianz der Transferfaktoren für Cäsium (vgl. Abb. 63) ein Abdeckungsgrad von 78% (vgl. Tabelle 62) erreicht wird.

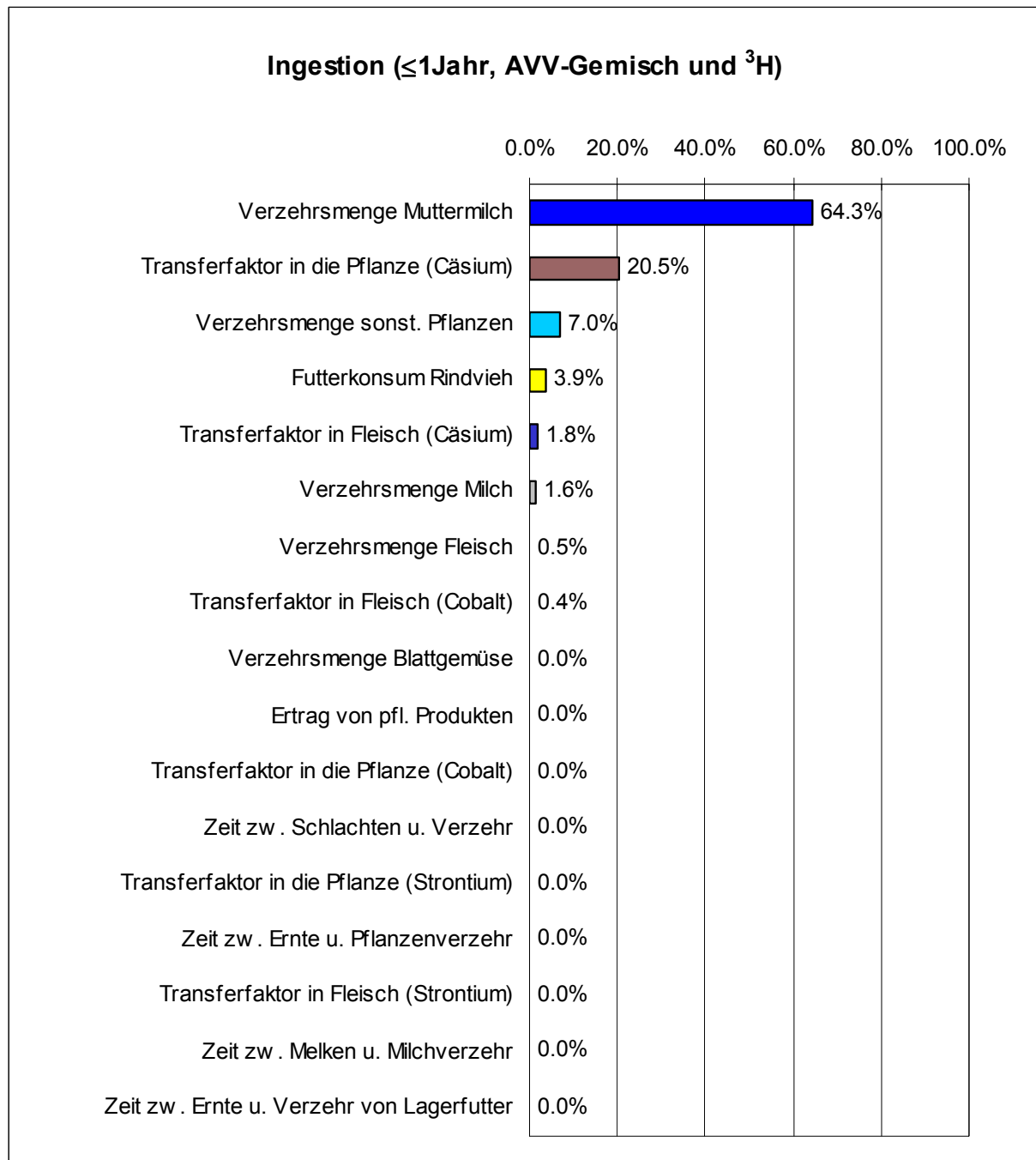


Abb. 63: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten sowie der Parameter aus Tab. 58 auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr" gem. AVV /R-2/, Luftpfad

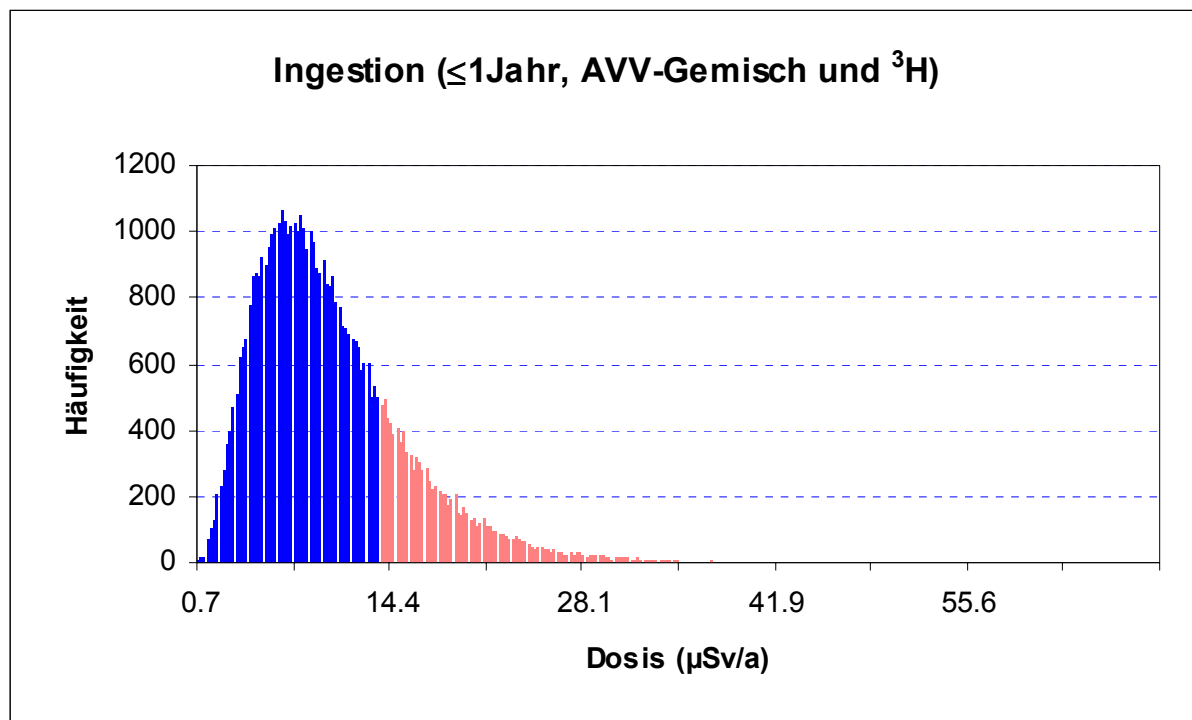


Abb. 64: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und  $^3\text{H}$  bei Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV aus der Tab. 57 sowie der sonst. Parameter aus Tab. 58; Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr, Luftpfad, Abdeckung durch die AVV /R-2/ 78% (blauer Bereich)

Nuklid bzw. Gemisch	Abdeckungsgrad	
	Altersgruppe >17 Jahre	Altersgruppe $\leq 1$ Jahr
$^{58}\text{Co}$	95,9%	97,4%
$^{60}\text{Co}$	38,5%	73,1%
$^{134}\text{Cs}$	68,3%	76,9%
$^{137}\text{Cs}$	27,6%	35,1%
$^{90}\text{Sr}$	100,0%	100,0%
$^3\text{H}$	99,5%	98,9%
<b>Nuklidgemisch gem. AVV Anh. 11 und <math>^3\text{H}</math></b>	<b>52,2%</b>	<b>78,2%</b>

Tab. 62: Abdeckungsgrad (Perzentil) bei probabilistisch ermittelter Ingestionsdosisverteilung durch den Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ aus der Tab. 57 sowie sonstiger Parameter gem. Tab. 58 (Einzelnuklide sowie Gemisch und  $^3\text{H}$ ), Luftpfad

### **4.3 Schlussfolgerungen aus der probabilistischen Untersuchung ausgewählter Parameter der AVV /R-2/**

Mit den durchgeführten Untersuchungen wurde die resultierende Verteilung der Ingestionsdosis anhand der Verteilungen verschiedener Parameter der AVV /R-2/ untersucht. Dabei konnten gute Hinweise auf die Gesamtkonservativität der Modellansätze der AVV /R-2/ gewonnen werden. Aus der probabilistischen Betrachtung kann abgeleitet werden, dass für Verzehrsgewohnheiten und besonders für die Transferfaktoren weiterer Forschungsbedarf hinsichtlich der Werteverteilungen besteht, ohne die sich eine Gesamtkonservativität des Modells der AVV /R-2/ nicht abschließend bewerten lässt. Die Güte der Verteilungen von Eingangsparametern spielt für probabilistische Betrachtungen nicht nur im Rahmen des Rechenmodells der AVV /R-2/ eine zentrale Rolle. Die Untersuchungen zeigen, dass die Aneinanderreihung konservativer Parameter, d.h. die Verwendung des jeweiligen 95. Perzentils, nicht notwendigerweise zu einer deutlich größeren Konservativität führen muss. Überwiegt ein Parameter in seinem Beitrag zur Ergebnisvarianz gegenüber anderen Parametern erheblich, wie dies für die Verzehrsmenge für Fisch beim Wasserpfad der Fall ist, geht auch dessen Verteilungscharakteristik und somit deren Abdeckungsgrad entsprechend in den Gesamtabdeckungsgrad mit ein. Dies führt zu einem Gesamtabdeckungsgrad, welcher sich nur geringfügig von dem Abdeckungsgrad des Eingangsparameters mit dem größten Beitrag zur Ergebnisvarianz unterscheidet. Wegen der in einigen Fällen eingeschränkten Güte der für die probabilistische Dosisermittlung verwendeten Verteilungen, sind die Ergebnisse der Verteilungen der resultierenden Strahlenexposition sowie die ermittelten Abdeckungsgrade nur als qualitative Orientierung zu werten.

Für den Fall eines zu konservativen Ansatzes für den Maximalwert der Parameterverteilung führt dies, wie für den Transferfaktor Boden-Pflanze für Cäsium verdeutlicht, zu einer niedrigen Abdeckung durch die Berechnung der Strahlenexposition anhand der AVV-Parameter. Es ist somit nicht zweckmäßig, bei der Untersuchung der Gesamtkonservativität des AVV-Modells überkonservative Maximalwerte anzusetzen, wenn die tatsächlichen Werte nicht ausreichend bekannt sind. Die Auswirkungen auf die resultierende Verteilung der Strahlenexposition und damit auch auf den Abdeckungsgrad sind dann nur noch schwer interpretierbar.

Dies stellt die Modellvorgaben der AVV /R-2/ nicht in Frage, zeigt jedoch auf, dass die Ermittlung der Werte der Eingangsparameter sowie deren Verteilungen einen wesentlichen Punkt bei einer probabilistischen Analyse darstellt. Dies betrifft nicht nur die Werteverteilungen der Parameter selbst, sondern auch die gegenseitigen Abhängigkeiten der Parameter. Diese sind in vielen Fällen nicht bekannt bzw. nur schwer zu quantifizieren. In der hier durchgeführten Untersuchung wurde generell von einer statistischen Unabhängigkeit der Parameter ausgegangen.

## 5 Verwendete Unterlagen

### 5.1 Regeln, Richtlinien und Gesetze

- /R-1      BMU  
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen  
(Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20.07.2001 (BGBl. I, Nr. 38,  
S 1714 ff vom 26.07.01)
- R-2      Entwurf der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 StrlSchV "Ermitt-  
lung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus  
kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen", Stand 10.01.2001, BfS, SH  
3.3: Novellierung der AVV zu § 47 StrlSchV
- R-3      BMU: Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strah-  
lenexposition, vom 23. Juli 2001, Bundesanzeiger Nr. 160a und b vom 28.  
August 2001
- R-4      Der Bundesminister des Inneren  
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlenex-  
position durch Emissionen radioaktiver Stoffe mit der Abluft  
Empfehlung der Strahlenschutzkommission 1977
- R-5      Kerntechnischer Ausschuss  
Regel KTA 1508, Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radio-  
aktiver Stoffe in der Atmosphäre, Fassung September 1988

### 5.2 Literatur

- L-1      Soldat, J.K:  
Modelling of Environmental Pathways and Radiation Doses from Nuclear  
Facilities  
BNWL-Sensitivitätsanalyse-3939, USAEC-Report, 1971

- L-2 Huber, O., Schmid-Albrecht, M., Meining, J., Stolpe, Ch., Regauer, F.:  
Parameter-Fehleranalyse der ökologischen Parameter zur Bestimmung  
der Strahlenexposition aus Ableitungen radioaktiver Stoffe in Abluft und  
Abwasser; ISH-Bericht Nr. 23, Bundesgesundheitsamt, 1983
- L-3 Howard, B.J.:  
The Concept of Radioecological Sensitivity, Radiation Protection Do-  
simetry, Vol. 92, Nos 1-3, pp. 29-34, United Kingdom 2000
- L-4 Robinson, C. A., Fayers, C. A., Cabisianca, T., Khursheed, A., Attwood, C.  
A., Jones, K. A., Simmonds, J. R.:  
An Investigation of the Sensitivity of Critical Group Doses to Changes in  
Key Input Parameters, Memorandum NRB-P-M753, National Radiological  
Protection Board, United Kingdom 1996
- L-5 Smith, K. R., Brown, J., Mansfield, P., Smith, J. G., Haywood, S. M.:  
Uncertainties in the Assessment of Terrestrial Foodchain Doses, Memo-  
randum NRB-P-M922, National Radiological Protection Board, United  
Kingdom 1998
- L- 6 Strahlenschutzkommission:  
Modelle, Annahmen und Daten mit Erläuterungen zur Berechnung der  
Strahlenexposition bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Was-  
ser zum Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach § 45  
StrlSchV;  
Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 94.  
Sitzung der SSK am 06.12.1989
- L-7 Breuninger, M., Neuhäuser-Berthold, M.:  
Statistische Analysen extremer Verzehrsgewohnheiten; Abschlussbericht  
zum Vorhaben StSch 4238 im Auftrag des Bundesamtes für Strahlen-  
schutz, Gießen, September 2000

- L-8 Adolf, T., Eberhardt, W., Hesecker, H., Hartmann, S., Herwig, A., Matiaske, B., Moch, K.J., Schneider, R., Kübler, W.:  
Ergänzungsband zum Ernährungsbericht 1992, Bd. XII der VERA- Schriftenreihe, Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V.
- L-9 Japan Nuclear Cycle Development Institute  
H12 : Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan, Supporting Report 3, Safety Assessment of the Geological Disposal System, 1999
- L-10 C. Yu, D. LePoire, E. Gnanapragasam, J. Arnish, S. Kamboj, B.M. Biwer, J.-J. Cheng, A. Zielen, and S.Y. Chen:  
DEVELOPMENT OF PROBABILISTIC RESRAD 6.0 AND RESRAD-BUILD 3.0 COMPUTER CODES, Environmental Assessment Division, Argonne National Laboratory, November 2000
- L-11 Institut für Tierernährung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, mündliche Mitteilung, 20.04.2004
- L-12 Statistisches Bundesamt  
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Wachstum und Ernte –Feldfrüchte-2002; Fachserie 3, Reihe 3.2.1, Wiesbaden 2003
- L-13 Decisioneering Inc.  
Programmpaket "Crystal Ball 2000 Standard Edition" Version 5.5, Denver 2004

### 5.3 Korrespondenz

- K-1 BfS  
Betreff: Meteodaten KKW,  
E-Mail (H. Wildermuth) vom 05.07.2002



## 6 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Verwendete meteorologische Zeitreihen /K-1/ für die Standorte und Zeiträume mit den Messarten und -größen	18
Tab. 2:	Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für die Gammasubmersion gem. AVV /R-2/; ( $C_{Geo,\gamma1}$ : Faktor für Photonenenergie 1 MeV, $C_{Geo,\gamma2}$ : Faktor für Photonenenergie 0,1 MeV)	25
Tab. 3:	Sensitivität für die Strahlenexposition aufgrund der Variation des Korrekturfaktors zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für $C_{Geo,\gamma1}$ (Faktor für Photonenenergie 1 MeV) für die Altersgruppen gem. /R-1/	26
Tab. 4:	Sensitivität für die Strahlenexposition aufgrund der Variation des Korrekturfaktors zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für $C_{Geo,\gamma2}$ (Faktor für Photonenenergie 0,1 MeV) für die Altersgruppen gem. /R-1/	26
Tab. 5:	Anteil des Gamma-Energieemissionsspektrums der jeweiligen Radionuklide oberhalb der Energie 0,2 MeV gem. /R-3/	26
Tab. 6:	Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Luft), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	34
Tab. 7:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	35
Tab. 8:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	36

Tab. 9:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	37
Tab. 10:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	38
Tab. 11:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	39
Tab. 12:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium (Altersgruppe: ≤1 Jahr) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	40
Tab. 13:	Untersuchte Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Luftpfad), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	43
Tab. 14:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	44
Tab. 15:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	44
Tab. 16:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die	

	aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: $>7 - \leq 12$ Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	45
Tab. 17:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: $>2 - \leq 7$ Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	45
Tab. 18:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: $>1 - \leq 2$ Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	46
Tab. 19:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis mit der Änderung verschiedener Parameter für die aerosolförmigen Radionuklide sowie Tritium am Bezugsort des Parameters (Altersgruppe: $\leq 1$ Jahr) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	46
Tab. 20:	Radionuklidgemische für Ableitungen mit Luft gem. AVV /R-2/	47
Tab. 21:	Untersuchte Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Luft) anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/, untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	49
Tab. 22:	Ermittelte Sensitivitäten der Dosis für die angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (lineare Zusammenhänge) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	50

Tab. 23:	Ermittelte Sensitivitäten der Dosis für die angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (lineare Zusammenhänge)	51
Tab. 24:	Ermittelte Sensitivitäten der angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (nicht-lineare Zusammenhänge) Farbdarstellung: - 0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	53
Tab. 25:	Ermittelte Sensitivitäten der angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Luft) für Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (nicht-lineare Zusammenhänge) Farbdarstellung: - 0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	53
Tab. 26:	Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung der Körpergeometrie für die Gammabodenstrahlung gem. /R-3/; ( $C_{Geo,b1}$ : Faktor für Photonenenergie 1 MeV, $C_{Geo,b2}$ : Faktor für Photonenenergie 0,1 MeV)	59
Tab. 27:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	62
Tab. 28:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	62
Tab. 29:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	63

Tab. 30:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	63
Tab. 31:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	64
Tab. 32:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Milchfertigprodukte) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	64
Tab. 33:	Ermittelte Sensitivitäten der bezüglich externen sowie der Gesamtdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Muttermilch) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	65
Tab. 34:	Untersuchte Parameter mit linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Wasserpfad), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	68
Tab. 35:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	69
Tab. 36:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	70

Tab. 37:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	71
Tab. 38:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	72
Tab. 39:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	73
Tab. 40:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Milchfertigprodukte) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	74
Tab. 41:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis für die angegebenen Radionuklide sowie Tritium; Wasserpfad (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Muttermilch) Farbdarstellung: 0,3-0,6 (Gelb), 0,6-1,0 (Rot)	75
Tab. 42:	Untersuchte Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang zur Strahlenexposition (Wasser), untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	77
Tab. 43:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >17 Jahre)	78
Tab. 44:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener	

	Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >12 - ≤17 Jahre)	78
Tab. 45:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >7 - ≤12 Jahre)	78
Tab. 46:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >2 - ≤7 Jahre) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	78
Tab. 47:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: >1 - ≤2 Jahre)	79
Tab. 48:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Milchfertigprodukte)	79
Tab. 49:	Ermittelte Sensitivitäten für nicht-lineare Zusammenhänge der Ingestionsdosis (Wasserpfad) mit der Änderung verschiedener Parameter für die angegebenen Radionuklide (Altersgruppe: ≤1 Jahr, Ernährung über Muttermilch) Farbdarstellung: -0,3 - -0,6 (Blau), -0,6 - -1,0 (Lila)	79
Abb. 16:	Effektive Gesamtdosis (μSv/a) durch die Ableitung des Radionuklids <sup>60</sup> Co über das Abwasser (Altersgruppe >17 Jahre) aufgrund der Änderung der Verdünnungswassermenge MV (m <sup>3</sup> /s)	81

Tab. 50:	Modellgemisch für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gem. AVV /R-2/	83
Tab. 51:	Untersuchte Parameter mit linearem Zusammenhang mit der Strahlenexposition (Wasserpfad) anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/, untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	84
Tab. 52:	Ermittelte Sensitivitäten der Ingestionsdosis für die angegebenen Parameter für das Modellgemisch (Wasser) für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (lineare Zusammenhänge) $\leq 1$ MFP: Ernährungsvariante über Milchfertigprodukte $\leq 1$ MM: Ernährungsvariante über Muttermilch	85
Tab. 53:	Untersuchte Parameter mit nicht-linearem Zusammenhang mit der Strahlenexposition (Wasser) anhand des Modellgemisches gem. AVV /R-2/, untersuchte Bandbreite und physikalische Einheiten	86
Tab. 54:	Ermittelte Sensitivitäten bezüglich der Ingestionsdosis bei der Änderung verschiedener Parameter für das Modellgemisch für Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktoren gem. AVV /R-2/ (nicht-lineare Zusammenhänge) $\leq 1$ MFP: Ernährungsvariante über Milchfertigprodukte $\leq 1$ MM: Ernährungsvariante über Muttermilch	86
Tab 55:	Mittlere jährliche Verzehrsmengen der Referenzpersonen; aus AVV /R-2/	95
Tab 56:	Statistische Verteilungen der Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppe >17 Jahre für die probabilistische Ermittlung der resultierenden Jahresdosis über den Wasserpfad (alle Angaben in kg)	97
Tab 57:	Statistische Verteilungen der Verzehrsgewohnheiten der Altersgruppe $\leq 1$ Jahr für die probabilistische Ermittlung der	



	resultierenden Jahresdosis über den Wasserpfad (alle Angaben in kg)	99
Tab 58:	Statistische Verteilungen ausgewählter Parameter für die probabilistische Ermittlung der resultierenden Jahresdosis über den Wasserpfad	102
Tab. 59:	Grad der Abdeckung (Perzentil) der probabilistisch ermittelten Ingestionsdosisverteilung durch die Dosis bei Ansatz der Verzehrsmengen der AVV Anhang 5 Tabelle 1 (Einzelnuklide sowie Gemisch gem. AVV /R-2/ und $^3\text{H}$ , Wasserpfad)	121
Tab. 60:	Abdeckungsgrad (Perzentil) bei probabilistisch ermittelter Ingestionsdosisverteilung bei Ansatz ausgewählter Parameter der AVV (Einzelnuklide sowie Gemisch gem. AVV /R-2/ und $^3\text{H}$ ), Wasserpfad	127
Tab. 61:	Abdeckungsgrad (Perzentil) bei probabilistisch ermittelter Ingestionsdosisverteilung durch den Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ (Einzelnuklide sowie Gemisch und $^3\text{H}$ ), Luftpfad	132
Tab. 62:	Abdeckungsgrad (Perzentil) bei probabilistisch ermittelter Ingestionsdosisverteilung durch den Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ aus der Tab. 57 sowie sonstiger Parameter gem. Tab. 58 (Einzelnuklide sowie Gemisch und $^3\text{H}$ ), Luftpfad	136

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils
---------	---

	ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KRB 2 für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)	20
Abb. 2:	Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KKG für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)	21
Abb. 3:	Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KKI 1 für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)	22
Abb. 4:	Relative Änderung der ermittelten Strahlenexposition der Einzeljahre 1990-2000 im Vergleich zum 10-jährigen Gesamtzeitraum (jeweils ohne 1999) für die einzelnen Altersgruppen aufgrund der meteorologischen Daten von KKI 2 für den Luftpfad, (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/)	23
Abb. 5:	Prozentualer Anteil der einzelnen Strahlenexpositionspfade gem. AVV /R-2/ an der effektiven Gesamtdosis je Radionuklid, Altersgruppe >17 Jahre	29
Abb. 6:	Prozentualer Anteil der einzelnen Ingestionspfade gem. AVV /R-2/ an der gesamten Ingestionsdosis je Radionuklid, Referenzperson Altersgruppe >17 Jahre	29
Abb. 7:	Prozentualer Anteil der einzelnen Strahlenexpositionspfade gem. AVV /R-2/ an der effektiven Gesamtdosis je Radionuklid, Altersgruppe $\leq 1$ Jahr	30

- Abb. 8: Prozentualer Anteil der einzelnen Ingestionspfade gem. AVV /R-2/ an der gesamten Ingestionsdosis je Radionuklid, Altersgruppe  $\leq 1$  Jahr 30
- Abb. 9: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Futtermenge Rindvieh" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  (Altersgruppe  $> 17$  Jahre) sowie Geradengleichung 33
- Abb. 10: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Ackerboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{90}\text{Sr}$  (Altersgruppe  $> 17$  Jahre) sowie Geradengleichung der Tangente beim Wert gem. AVV /R-2/ ( $280 \text{ kg/m}^2$ ) 41
- Abb. 11: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Zeit, in der die Pflanzen (Blattgemüse) während der Wachstumsperiode der Ablufffahne ausgesetzt sind" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  (Altersgruppe  $> 17$  Jahre) sowie Geradengleichung der Tangente beim Wert gem. AVV /R-2/ (60 Tage) 42
- Abb. 12: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Ertrag an Weidepflanzen" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ (Altersgruppe  $> 17$  Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/, Anhang 4 ( $0,85 \text{ kg/m}^2$ ) 52
- Abb. 13: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Korrekturfaktor Körpergeometrie (Gammabodenstrahlung, Energiegruppe 1)" und der resultierenden relativen Änderung der externen Dosis für das Radionuklid  $^{60}\text{Co}$  sowie Geradengleichung 61
- Abb. 14: Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Verzehrmenge Muttermilch" und der resultierenden relativen

	Änderung der Ingestionsdosis (Wasserpfad) für das Radionuklid <sup>131</sup> I (Altersgruppe ≤1 Jahr) sowie Geradengleichung	67
Abb. 15:	Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Weideboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Radionuklid <sup>90</sup> Sr (Altersgruppe 1-2 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ (120 kg/m <sup>2</sup> )	76
Abb. 17:	Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Ackerboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ (Altersgruppe 2-7 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ (280 kg/m <sup>2</sup> )	87
Abb. 18:	Zusammenhang zwischen der Änderung des Parameters "Flächentrockenmasse Weideboden" und der resultierenden relativen Ingestionsdosisänderung für das Modellgemisch gem. AVV /R-2/ (Altersgruppe 1-2 Jahre) sowie Geradengleichung für den Wert gem. AVV /R-2/ (120 kg/m <sup>2</sup> )	88
Abb. 19:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>58</sup> Co, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	104
Abb. 20:	Ingestionsdosisverteilung für <sup>58</sup> Co aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten" gemäß de Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	104
Abb. 21:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für <sup>60</sup> Co, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	105

Abb. 22:	Ingestionsdosisverteilung für $^{60}\text{Co}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	105
Abb. 23:	Beitrag der Verzehrgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{90}\text{Sr}$ , Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	106
Abb. 24:	Ingestionsdosisverteilung für $^{90}\text{Sr}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	106
Abb. 25:	Beitrag der Verzehrgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{131}\text{I}$ , Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	107
Abb. 26:	Ingestionsdosisverteilung für $^{131}\text{I}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	107
Abb. 27:	Beitrag der Verzehrgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{134}\text{Cs}$ , Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	108
Abb. 28:	Ingestionsdosisverteilung für $^{134}\text{Cs}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	108
Abb. 29:	Beitrag der Verzehrgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{137}\text{Cs}$ , Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	109
Abb. 30:	Ingestionsdosisverteilung für $^{137}\text{Cs}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	109

Abb. 31:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^3\text{H}$ , Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	110
Abb. 32:	Ingestionsdosisverteilung für $^3\text{H}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tabelle 56, Wasserpfad	110
Abb. 33:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für das Nuklidgemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	111
Abb. 34:	Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und $^3\text{H}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" gemäß den Verteilungen aus Tab. 56, Wasserpfad	111
Abb. 35:	Anteil der Nuklide in Prozent an der resultierenden Ingestionsdosis für das Gemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und $^3\text{H}$ (Wasserpfad) bei Ansatz der Parameterwerte gem. AVV Anhang 4 /R-2/	112
Abb. 36:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{58}\text{Co}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	113
Abb. 37:	Ingestionsdosisverteilung für $^{58}\text{Co}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad	113
Abb. 38:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{60}\text{Co}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	114
Abb. 39:	Ingestionsdosisverteilung für $^{60}\text{Co}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad	114

Abb. 40:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{90}\text{Sr}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	115
Abb. 41:	Ingestionsdosisverteilung für $^{90}\text{Sr}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus den Tabellen 57, Wasserpfad	115
Abb. 42:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{131}\text{I}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	116
Abb. 43:	Ingestionsdosisverteilung für $^{131}\text{I}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad	116
Abb. 44:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{134}\text{Cs}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	117
Abb. 45:	Ingestionsdosisverteilung für $^{134}\text{Cs}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad	117
Abb. 46:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^{137}\text{Cs}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	118
Abb. 47:	Ingestionsdosisverteilung für $^{137}\text{Cs}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrsgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad	118
Abb. 48:	Beitrag der Verzehrsgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosis für $^3\text{H}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	119

Abb. 49:	Ingestionsdosisverteilung für $^3\text{H}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus der Tabelle 57, Wasserpfad	119
Abb. 50:	Beitrag der Verzehrgewohnheiten zur Varianz der resultierenden Dosisverteilung für das Nuklidgemisch gem. AVV Anhang 12 /R-2/ und $^3\text{H}$ , Altersgruppe $\leq 1$ Jahr " gem. AVV /R-2/, Wasserpfad	120
Abb. 51:	Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch einschl. $^3\text{H}$ aufgrund der Variation der Parameter "Verzehrgewohnheiten", Altersgruppe $\leq 1$ Jahr gemäß den Verteilungen aus Tab. 57, Wasserpfad	120
Abb. 52:	Beitrag der Verzehrgewohnheiten sowie Parameter aus Tab. 58 zur Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe >17 Jahre" (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/ und $^3\text{H}$ ), Wasserpfad	123
Abb. 53:	Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und $^3\text{H}$ aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrgewohnheiten" aus Tab. 56 sowie der übrigen Parameter aus Tab. 58; (Altersgruppe >17 Jahre), Wasserpfad	124
Abb. 54:	Sensitivität der Parameter "Verzehrgewohnheiten sowie der Parameter aus Tab. 58, Altersgruppe $\leq 1$ Jahr" (Nuklidgemisch gem. AVV /R-2/ einschl. $^3\text{H}$ ) in Prozent auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung	125
Abb. 55:	Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und $^3\text{H}$ aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrgewohnheiten" aus den Tab. 56 und 57 sowie der Verteilungen der Parameter aus Tab. 58; (Altersgruppe $\leq 1$ Jahr), Wasserpfad	126
Abb. 56:	Anteil der Nuklide in Prozent an der resultierenden Ingestionsdosis für das Gemisch gem. AVV Anhang 11 /R-2/ und $^3\text{H}$ bei Ansatz der Parameterwerte gem. AVV /R-2/, Luftpfad	128



Abb. 57: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe >17 Jahre" gem. AVV /R-2/ und <sup>3</sup> H, Luftpfad	130
Abb. 58: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup> H aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" aus der Tab. 56 (Altersgruppe >17 Jahre), Luftpfad	130
Abb. 59: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe ≤1 Jahr" gem. AVV /R-2/ und <sup>3</sup> H, Luftpfad	131
Abb. 60: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup> H aufgrund der Verteilungen der Parameter "Verzehrsgewohnheiten" aus der Tab. 56 (Altersgruppe ≤1 Jahr), Luftpfad	131
Abb. 61: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten sowie der Parameter aus Tab. 58 auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe >17 Jahre" Luftpfad	133
Abb. 62: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup> H bei Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV /R-2/ aus der Tab. 56 sowie der sonst. Parameter aus Tab. 58; Altersgruppe >17 Jahre, Luftpfad, Abdeckung durch die AVV /R-2/: 52% (blauer Bereich)	134
Abb. 63: Beitrag der Verzehrsgewohnheiten sowie der Parameter aus Tab. 58 auf die Varianz der resultierenden Ingestionsdosisverteilung, Altersgruppe ≤1 Jahr" gem. AVV /R-2/, Luftpfad	135
Abb. 64: Ingestionsdosisverteilung für das AVV-Gemisch und <sup>3</sup> H bei Ansatz der Verzehrsgewohnheiten gem. AVV aus der Tab. 57 sowie der sonst. Parameter aus Tab. 58; Altersgruppe ≤1 Jahr, Luftpfad, Abdeckung durch die AVV /R-2/ 78% (blauer Bereich)	136