

## **Kleine Anfrage**

**der Abg. Dr. Gisela Splett GRÜNE**

**und**

## **Antwort**

**des Umweltministeriums**

### **Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken – Untersuchungsbedarf bezüglich des Forschungszentrums Karlsruhe**

Kleine Anfrage

Ich frage die Landesregierung:

1. Gibt es Hinweise auf ein erhöhtes Krebserkrankungsrisiko bei Kindern und/oder Erwachsenen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe und falls ja, bzgl. welcher Krebserkrankungen (z. B. Leukämie, Lungenkrebs, Schilddrüsenenerkrankungen)?
2. Wie viele Erkrankungsfälle von Kindern unter 5 bzw. unter 15 Jahre an Leukämie sind in Entfernung von 5 bzw. 15 km vom Forschungszentrum Karlsruhe seit 1980 bekannt geworden und wie viele Erkrankungsfälle wären in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe bei Annahme eines nicht erhöhten Erkrankungsrisikos in diesem Zeitraum zu erwarten gewesen?
3. Welcher Untersuchungsbedarf ergibt sich nach Ansicht der Landesregierung aus den Ergebnissen der KiKK-Studie in Bezug auf das Forschungszentrum Karlsruhe?
4. Wie hoch war die von den kerntechnischen Anlagen im Forschungszentrum Karlsruhe im Zeitraum 1980 bis 2007 ausgehende Strahlenbelastung und wie hoch war im Vergleich dazu die vom Kernkraftwerk Philippsburg ausgehende Strahlenbelastung im gleichen Zeitraum?
5. Wie sind insgesamt die von den kerntechnischen Anlagen im Forschungszentrum Karlsruhe im genannten Zeitraum ausgehenden Strahlenbelastungen und die Emissionen radioaktiver Stoffe im Vergleich zu den von den in der KiKK-Studie betrachteten Kernkraftwerken ausgehenden Belastungen zu bewerten?

Eingegangen: 15. 01. 2008 / Ausgegeben: 07. 02. 2008

**1**

6. Wie wird sich die vom Forschungszentrum ausgehende Strahlenbelastung verändern, wenn mit der Verglasung der aus der ehemaligen Wiederaufbereitungsanlage (WAK) stammenden hochradioaktiven Abfälle (HAWC) begonnen wird?
7. Wie hoch waren die mittleren Tritium-Aktivitätskonzentrationen von Grund- und Trinkwasser und des Oberflächenwassers im Rheinniederungskanal 1990 und 2007 und inwieweit bestehen gegen eine Trinkwassergewinnung im Bereich des Forschungszentrums gesundheitliche Bedenken?

15. 01. 2008

Dr. Splett GRÜNE

### Begründung

Die vom Kinderkrebsregister durchgeführte epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie) hat die baden-württembergischen Kernkraftstandorte Philippsburg, Neckarwestheim und Obrigheim betrachtet. Nicht mit einbezogen wurden die kerntechnischen Anlagen des Forschungszentrums Karlsruhe.

An diesem Standort wurden über Jahrzehnte hinweg verschiedene kerntechnische Anlagen betrieben, u. a. eine „Versuchs“-Wiederaufbereitungsanlage (WAK), ein „Mehrzweck-Reaktor“, ein schneller Brüter, eine Sammelstelle für mittelaktiven Atommüll und eine Atommüll-Verbrennungsanlage. Zahlreiche Unregelmäßigkeiten und Störfälle sind dokumentiert. Von den Aktivitäten der Vergangenheit geblieben sind der Müll und die Schadstoffe, die u. a. beim „Probetrieb“ der WAK freigesetzt wurden. So sind beispielsweise die im Hirschkanal beim Forschungszentrum Karlsruhe festzustellenden deutlich erhöhten Cs-137-Gehalte überwiegend auf Ableitungen der früheren Jahre über den Luftpfad aus den dortigen kerntechnischen Anlagen zurückzuführen. Nachgewiesen wurde dort auch Americium-241, das aus dem Vorgängernuklid Plutonium-241 entsteht und vor allem aus der früheren Aufarbeitung abgebrannter Brennelemente und aus der Abfallbehandlung stammt. Die Anreicherung von Grundwasservorkommen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe mit Tritium ist auf früher stattgefundenen Austauschwirkungen des in der Nähe befindlichen Rheinniederungskanals zurückzuführen, der über mehrere Jahrzehnte als Vorfluter für tritiumhaltige Abwässer des Forschungszentrums Karlsruhe gedient hat. Die Wiederaufbereitungsanlage Karlsruhe verfügte über viele Jahre über keinerlei Filter für radioaktives Jod. Bis heute werden im Forschungszentrum plutoniumhaltige Abfälle aus Atomanlagen in der HDB (Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe) verbrannt.

Auch heute spielen die „nukleare Sicherheitsforschung“ und die Kernfusionsforschung im Forschungszentrum Karlsruhe eine wichtige Rolle. Die geplante Verglasung der hochradioaktiven Abfälle aus der WAK (geschätzte Kosten inzwischen über 2,2 Milliarden Euro) ist mit erheblichen radioaktiven Emissionen verbunden.

Deshalb stellt sich gerade für die Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe die Frage, inwieweit hier Hinweise auf ein erhöhtes Erkrankungsrisiko vorliegen und welche weiteren Untersuchungen auf der Grundlage der KiKK-Studie als sinnvoll und notwendig erscheinen.

## Antwort

Mit Schreiben vom 31. Januar 2008 Nr. 36-4632.10 beantwortet das Umweltministerium im Einvernehmen mit dem Ministerium für Arbeit und Soziales die Kleine Anfrage wie folgt:

- 1. Gibt es Hinweise auf ein erhöhtes Krebs Erkrankungsrisiko bei Kindern und/oder Erwachsenen in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe und falls ja, bzgl. welcher Krebserkrankungen (z. B. Leukämie, Lungenkrebs, Schilddrüsenerkrankungen)?*
- 2. Wie viele Erkrankungsfälle von Kindern unter 5 bzw. unter 15 Jahre an Leukämie sind in Entfernung von 5 bzw. 15 km vom Forschungszentrum Karlsruhe seit 1980 bekannt geworden und wie viele Erkrankungsfälle wären in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe bei Annahme eines nicht erhöhten Erkrankungsrisikos in diesem Zeitraum zu erwarten gewesen?*

Der Landesregierung liegen weder konkrete Zahlen noch Anhaltspunkte für eine erhöhte Erkrankungswahrscheinlichkeit in der Umgebung des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) vor.

Bezüglich der konkreten Erkrankungszahlen von Kindern unter 5 Jahren im Umkreis des FZK und deren Klassifizierung nach Krebstypen und Einordnung in die in der KiKK-Studie gewählten Abstandskategorien hat das Umweltministerium das Deutsche Kinderkrebsregister (DKKR) in Mainz um nähere Auskünfte gebeten. Die Antwort steht noch aus.

- 3. Welcher Untersuchungsbedarf ergibt sich nach Ansicht der Landesregierung aus den Ergebnissen der KiKK-Studie in Bezug auf das Forschungszentrum Karlsruhe?*

Die Autoren der Studie, das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und das vom BfS eingesetzte Expertengremium zur wissenschaftlichen Begleitung des Forschungsvorhabens haben sich im Gegensatz zu früheren Studien (1. + 2. Michaelisstudie) bewusst gegen den Einbezug von Forschungszentren, also auch des FZK, entschieden. Daraus leitet die Landesregierung ab, dass selbst die Studienautoren, das BfS und das Expertengremium eine Übertragbarkeit ausschließen und keinen Untersuchungsbedarf hinsichtlich des FZK sehen.

- 4. Wie hoch war die von den kerntechnischen Anlagen im Forschungszentrum Karlsruhe im Zeitraum 1980 bis 2007 ausgehende Strahlenbelastung und wie hoch war im Vergleich dazu die vom Kernkraftwerk Philippsburg ausgehende Strahlenbelastung im gleichen Zeitraum?*

Die jeweilige aus den Ergebnissen der Emissionsüberwachung ermittelte jährliche Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung des FZK bzw. des Kernkraftwerks Philippsburg können den Anlagen 1 bis 4 entnommen werden. Die Werte stammen aus den jährlichen Parlamentsberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Unterrichtung des Deutschen Bundestages bzw. den Jahresberichten des FZK. Sie berücksichtigen die relevanten Emissionspfade radioaktiver Stoffe über die Abluft und das Abwasser. Berechnungswerte für die Strahlenexposition im Jahr 2007 liegen derzeit noch nicht vor. Die für 2007 ermittelten Jahresableitungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft und dem Abwasser liegen in der Größenordnung der Ableitungen der Vorjahre. Die Strahlenexpositionen für das Jahr 2007 werden deshalb größenordnungsmäßig denen der Vorjahre entsprechen.

Die angegebenen Expositionswerte stellen obere Werte dar, die gemäß der jeweils zum Zeitpunkt geltenden Berechnungsrichtlinie bzw. -verwaltungsvorschrift für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen ermittelt wurden. Bei der gewählten Referenzperson handelt es sich um eine fiktive Person, für die alle relevanten Expositionspfade, Lebensgewohnheiten und übrigen Annahmen so festgelegt sind, dass bei deren Anwendung die Strahlenexposition mit Sicherheit nicht unterschätzt wird. Die ungünstigsten Einwirkungsstellen sind die Stellen in der Umgebung einer Anlage, bei denen aufgrund der Verteilung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe in der Umgebung durch Aufenthalt oder durch Verzehr dort erzeugter Lebensmittel die höchste Strahlenexposition der Referenzperson zu erwarten ist.

*5. Wie sind insgesamt die von den kerntechnischen Anlagen im Forschungszentrum Karlsruhe im genannten Zeitraum ausgegangenen Strahlenbelastungen und die Emissionen radioaktiver Stoffe im Vergleich zu den von den in der KiKK-Studie betrachteten Kernkraftwerken ausgehenden Belastungen zu bewerten?*

Die von den kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen im FZK im Zeitraum 1980 bis 2006 ausgegangenen Strahlenbelastungen (vergleiche Antwort zu Ziffer 4.) und die im Zeitraum 1980 bis 2007 emittierten radioaktiven Stoffe unterschreiten deutlich die nach der Strahlenschutzverordnung bzw. der Genehmigung zulässigen Grenzwerte. Nach derzeitigem strahlenbiologischem Kenntnisstand sind die aus den Emissionen radioaktiver Stoffe resultierenden Strahlenbelastungen als gesundheitlich unbedenklich einzustufen. Wie aus den jährlichen Parlamentsberichten des Bundesministeriums für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit zur Unterrichtung des Bundestages hervorgeht, liegen die oberen Werte der Strahlenexpositionen durch Ableitungen radioaktiver Stoffe der in der KiKK-Studie betrachteten Kernkraftwerke im genannten Zeitraum für alle Anlagen in Deutschland unter 10 Mikrosievert effektive Dosis eines Erwachsenen. Die Werte sind somit weit kleiner als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland. Zum Vergleich: Ein Flug von München nach San Francisco (einfache Flugstrecke) ergibt aufgrund der Höhenstrahlung (kosmische Strahlung) bei einer Flugzeit von 11,5 Stunden bereits eine effektive Dosis beim Erwachsenen von 75 Mikrosievert.

*6. Wie wird sich die vom Forschungszentrum ausgehende Strahlenbelastung verändern, wenn mit der Verglasung der aus der ehemaligen Wiederaufbereitungsanlage (WAK) stammenden hochradioaktiven Abfälle (HAWC) begonnen wird?*

Die zulässigen Ableitungswerte für die beiden Kamine der Wiederaufbereitungsanlage (WAK) sind im Abluftplan des FZK so festgelegt, dass die Grenzwerte des § 47 Strahlenschutzverordnung unter Berücksichtigung aller Emittenten des FZK und des Kernkraftwerks Philippsburg um ca. 30 % unterschritten werden.

Die festgelegten Ableitungswerte bleiben auch nach Aufnahme des Verglasungsbetriebs gültig, da die jahrelange Emissionsüberwachung in der WAK-Fortluft gezeigt hat, dass die WAK diese festgelegten Ableitungsgrenzwerte nur zu einem Bruchteil ausschöpft und die Erhöhung der Ableitung durch die Verglasung der hochradioaktiven Wiederaufbereitungsabfälle aufgrund umfangreicher Rückhalteeinrichtungen nur gering ist.

Die Dosisprognoserechnung aus dem Jahr 1998 weist folgende Dosisbelastungen für das Kleinkind im Vergleich zu den Dosisgrenzwerten nach § 47 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) aus:

	Dosis aus VEK- Betrieb in $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$	Dosisgrenzwert nach § 47 StrlSchV in $\mu\text{Sv}/\text{Jahr}$
Effektive Dosis	1,12	300
Knochenoberfläche	6,74	1800
Rotes Knochenmark	3,2	300
Schilddrüse	2,1	900

Durch den Betrieb der Verglasungs-Einrichtung Karlsruhe (VEK) ist nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition zu erwarten, die weit unterhalb der natürlichen Strahlenbelastung liegt und nur einen Bruchteil der Dosisgrenzwerte nach § 47 Strahlenschutzverordnung erreicht.

*7. Wie hoch waren die mittleren Tritium-Aktivitätskonzentrationen von Grund- und Trinkwasser und des Oberflächenwassers im Rheinniederungskanal 1990 und 2007 und inwieweit bestehen gegen eine Trinkwassergewinnung im Bereich des Forschungszentrums gesundheitliche Bedenken?*

Das Abwasser des FZK wurde bis Anfang 2001 in den Altrhein/Rheinniederungskanal eingeleitet. Seit 2001 wird das Abwasser direkt in den Rhein geführt. Der Jahresmittelwert der Aktivitätskonzentration von Tritium im Altrhein/Rheinniederungskanal lag im Jahr 1990 bei 2230 Becquerel pro Liter (Bq/l). Aus dem Jahr 2007 liegen keine Messwerte vor, da seit 2001 die Abwassereinleitung direkt in den Rhein erfolgt.

Die im Jahr 1990 bei öffentlichen Wasserversorgern im Bereich des FZK gezogenen Trinkwasserproben enthielten Tritiumgehalte zwischen 10 und 23 Bq/l. Im Jahr 2007 lagen diese Messwerte unterhalb der messtechnischen Nachweisgrenze. Seit Mitte der 90er-Jahre werden zusätzlich im Bereich des FZK in Stichproben Einzelwasserentnehmer beprobt, die ihr Wasser zur Eigenversorgung aus Grundwasser beziehen. Die gemessenen Tritiumwerte lagen im Jahr 2007 zwischen < 8 Bq/l (messtechnische Nachweisgrenze) und 59 Bq/l (Höchstwert). Der gemäß der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001 geltende Höchstwert für Tritium in Trinkwasser von 100 Becquerel pro Liter (Bq/l) wurde in keinem Fall überschritten. Nach derzeitigem strahlenbiologischem Kenntnisstand und den gemessenen Tritiumwerten bestehen gegen die Trinkwassergewinnung im Bereich des FZK deshalb keine Bedenken.

Gönner  
Umweltministerin

## Anlage 1

**Jährliche Strahlenexpositionen im Zeitraum 1980 bis 2007 in der Umgebung  
des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) durch die Abgabe radioaktiver Stoffe  
mit der ABLUFT in Mikrosievert ( $\mu\text{Sv}$ )**

Jahr	Obere Werte der Strahlenexposition		
	Ganzkörperdosis bzw. Effektivdosis <sup>(1)</sup> Erwachsene in $\mu\text{Sv}$	Effektivdosis Kleinkinder in $\mu\text{Sv}$	Schilddrüsendosis Kleinkinder in $\mu\text{Sv}$
	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)	Grenzwert: 900 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)
1980	118	-	34
1981	124	-	14
1982	6,3	-	6,8
1983	9,6	-	60
1984	8,4	-	44
1985	15	-	74
1986	5,4	-	110
1987	4,0	-	61
1988	4,5	-	114
1989	1,5	-	64
1990	1,5	1,6	23
1991	1,1	1,3	11
1992	0,9	1,3	4,8
1993	1,3	2,0	6,8
1994	0,8	1,0	4,1
1995	0,7	0,9	2,1
1996	0,8	1,0	2,1
1997	0,6	0,7	1,2
1998	1,5	2,4	2,8
1999	1,0	1,7	1,7
2000	0,9	1,3	1,9
2001	0,9	1,2	2,3
2002	0,9	1,2	2,2
2003	0,8	1,1	2,2
2004	0,8	1,1	2,1
2005	0,9	1,2	1,6
2006	2,4	3,5	3,6
2007	nicht vorliegend	nicht vorliegend	nicht vorliegend

-: nicht berechnet, keine gesetzliche Verpflichtung zur Berechnung

(1) ab 1986: Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) der effektiven Dosis

## Anlage 2

**Jährliche Strahlenexpositionen im Zeitraum 1980 bis 2007 in der Umgebung  
des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) durch die Abgabe radioaktiver Stoffe  
mit dem ABWASSER in Mikrosievert ( $\mu\text{Sv}$ )**

Jahr	Obere Werte der Strahlenexposition	
	Ganzkörperdosis bzw. Effektivdosis <sup>(1)</sup> Erwachsene in $\mu\text{Sv}$	Effektivdosis Kleinkinder in $\mu\text{Sv}$
	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)
1980	10 <sup>(2)</sup>	-
1981	20 <sup>(2)</sup>	-
1982	20 <sup>(2)</sup>	-
1983	20 <sup>(2)</sup>	-
1984	20 <sup>(2)</sup>	-
1985	20 <sup>(2)</sup>	-
1986	20 <sup>(2)</sup>	-
1987	20 <sup>(2)</sup>	-
1988	20 <sup>(2)</sup>	-
1989	20 <sup>(2)</sup>	-
1990	20 <sup>(2)</sup>	-
1991	31	31
1992	2,1	1,7
1993	27	25
1994	96	88
1995	28	28
1996	15	15
1997	12	12
1998	17	10
1999	37	35
2000	5,2	4,9
2001	0,4	0,4
2002	0,015	0,014
2003	0,008	0,006
2004	0,013	0,012
2005	0,077	0,075
2006	0,021	0,018
2007	nicht vorliegend	nicht vorliegend

-: nicht berechnet, keine gesetzliche Verpflichtung zur Berechnung

- (1) ab 1986: Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) der effektiven Dosis  
(2) Abschätzung aufgrund von Messwerten, die bei radioökologischen Untersuchungen gewonnen wurden

## Anlage 3

**Jährliche Strahlenexpositionen im Zeitraum 1980 bis 2007 in der Umgebung  
des Kernkraftwerks Philippsburg durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit der  
ABLUFT in Mikrosievert ( $\mu\text{Sv}$ )**

Jahr	Obere Werte der Strahlenexposition		
	Ganzkörperdosis bzw. Effektivdosis <sup>(1)</sup> Erwachsene in $\mu\text{Sv}$	Effektivdosis Kleinkinder in $\mu\text{Sv}$	Schilddrüsendosis Kleinkinder in $\mu\text{Sv}$
	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)	Grenzwert: 900 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)
1980	2	-	0,3
1981	0,1	-	0,2
1982	0,3	-	0,5
1983	0,8	-	70
1984	0,5	-	0,5
1985	0,4	-	0,8
1986	1	-	2
1987	1	-	3
1988	1	-	4
1989	2	-	4
1990	2	4	4
1991	3	6	6
1992	< 5 <sup>(2)</sup>	< 7,5 <sup>(2)</sup>	< 7,5 <sup>(2)</sup>
1993	< 4 <sup>(2)</sup>	5 <sup>(2)</sup>	6 <sup>(2)</sup>
1994	5 <sup>(2)</sup>	< 10 <sup>(2)</sup>	< 15 <sup>(2)</sup>
1995	3	5	5
1996	3	6	6
1997	4	7	7
1998	4	7	7
1999	4	7	7
2000	4	7	7
2001	4 <sup>(2)</sup>	7 <sup>(2)</sup>	7 <sup>(2)</sup>
2002	4 <sup>(2)</sup>	7 <sup>(2)</sup>	7 <sup>(2)</sup>
2003	4	7 <sup>(2)</sup>	7
2004	3	5	7
2005	3	6	6
2006	5	8	9
2007	nicht vorliegend	nicht vorliegend	nicht vorliegend

-: nicht berechnet, keine gesetzliche Verpflichtung zur Berechnung

(1) ab 1986: Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) der effektiven Dosis

(2) abgelesene Werte aus Diagrammen



## Anlage 4

**Jährliche Strahlenexpositionen im Zeitraum 1980 bis 2007 in der Umgebung  
des Kernkraftwerks Philippsburg durch die Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem  
ABWASSER in Mikrosievert ( $\mu\text{Sv}$ )**

Jahr	Obere Werte der Strahlenexposition	
	Ganzkörperdosis bzw. Effektivdosis <sup>(1)</sup> Erwachsene in $\mu\text{Sv}$	Effektivdosis Kleinkinder in $\mu\text{Sv}$
	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)	Grenzwert: 300 $\mu\text{Sv}$ (Abluft + Abwasser)
1980	0,1	-
1981	0,1	-
1982	0,1	-
1983	0,4	-
1984	0,3	-
1985	0,3	-
1986	0,2	-
1987	0,1	-
1988	0,1	-
1989	0,1	-
1990	0,1	0,1
1991	0,1	0,1
1992	< 0,1 <sup>(2)</sup>	< 0,1 <sup>(2)</sup>
1993	< 0,1 <sup>(2)</sup>	< 0,1 <sup>(2)</sup>
1994	< 0,1 <sup>(2)</sup>	< 0,1 <sup>(2)</sup>
1995	0,1 <sup>(2)</sup>	0,1 <sup>(2)</sup>
1996	0,1 <sup>(2)</sup>	0,1 <sup>(2)</sup>
1997	0,1 <sup>(2)</sup>	0,1 <sup>(2)</sup>
1998	< 0,1 <sup>(2)</sup>	< 0,1 <sup>(2)</sup>
1999	< 0,1 <sup>(2)</sup>	< 0,1 <sup>(2)</sup>
2000	< 0,1 <sup>(2)</sup>	< 0,1 <sup>(2)</sup>
2001	< 0,5 <sup>(2)</sup>	< 0,5 <sup>(2)</sup>
2002	0,1 <sup>(2)</sup>	0,2 <sup>(2)</sup>
2003	0,1 <sup>(2)</sup>	0,2 <sup>(2)</sup>
2004	0,1 <sup>(2)</sup>	0,2 <sup>(2)</sup>
2005	0,1 <sup>(2)</sup>	0,2 <sup>(2)</sup>
2006	0,1 <sup>(2)</sup>	0,2 <sup>(2)</sup>
2007	nicht vorliegend	nicht vorliegend

-: nicht berechnet, keine gesetzliche Verpflichtung zur Berechnung

(1) ab 1986: Konzept der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) der effektiven Dosis

(2) abgelesene Werte aus Diagrammen