

# Darstellung der behördlichen Überwachung von Emissionen und Immissionen radioaktiver Stoffe am Beispiel GKN

Dr. Herbert Pohl

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

5. Sitzung der Info-Kommission GKN am 09.12.2013



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Inhalt

- Grundlagen der Radioaktivitätsüberwachung
- Herleitung der Grenzwerte
- Einhaltung der Grenzwerte
- Emissionen eines Kernkraftwerkes (KKW)
- Freigabe
- Immissionsüberwachung
- $\alpha$ -Messungen von Neckarsediment



# Historische Entwicklung der Radioaktivitätsüberwachung

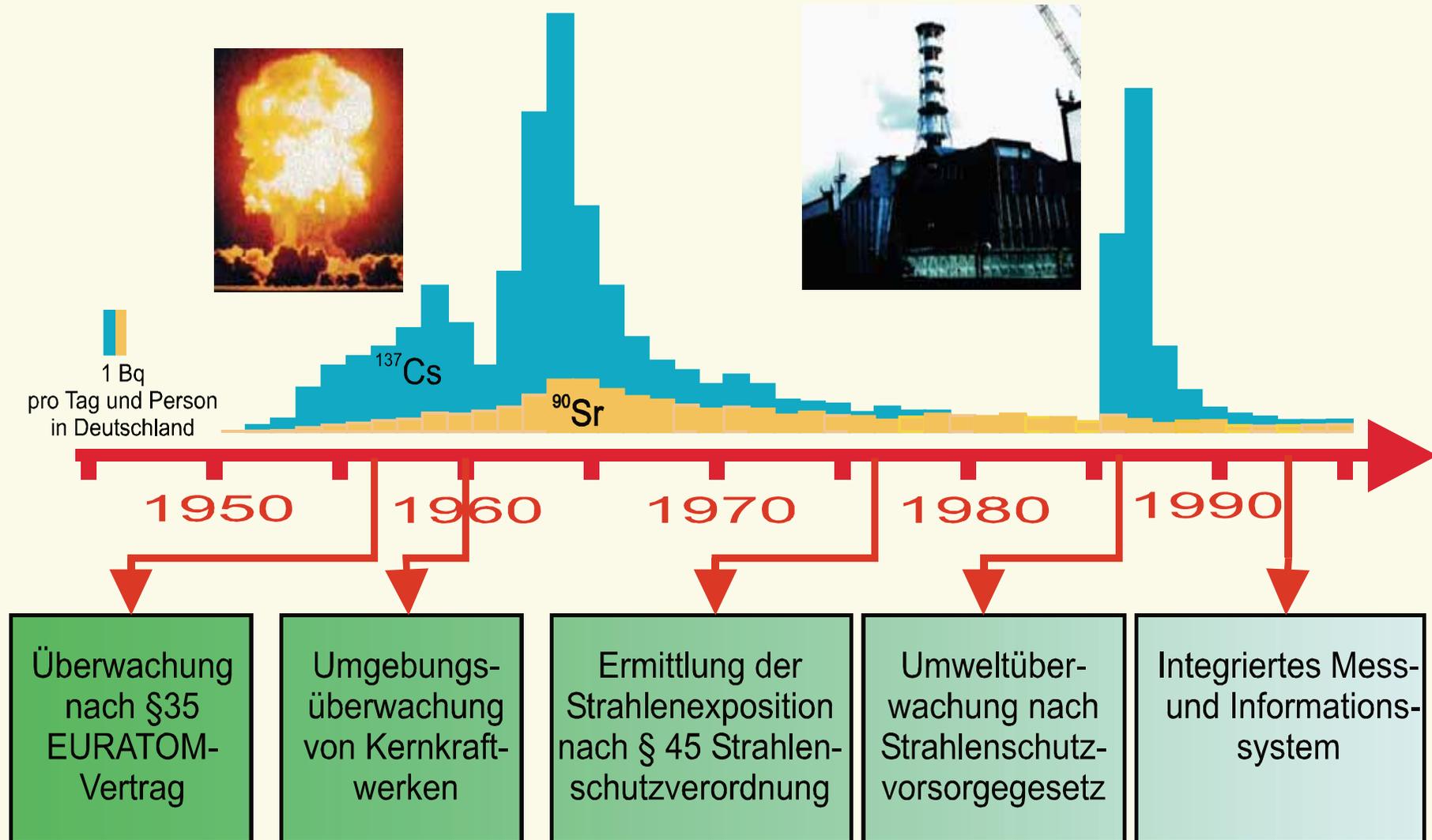


Abb: BfS



# Überwachungsprogramme

<b>Überwachungsziel</b>	allgemeine Umwelt		Betrieb und Umgebung kerntechnischer Anlagen	
<b>Gesetzliche Grundlagen</b>	StrVG, EURATOM-Vertrag (Artikel 35)		AtG, StrlSchV, Rahmenempf. KFÜ	
<b>Zuständigkeit</b>	Bund	Länder		
<b>Überwachungsprogramm</b>	<u>IMIS</u>  §2 StrVG (Bundesmessnetze)	<u>Ländersysteme</u>  §3 StrVG in Bundesauftragsverwaltung (IMIS)  in BW: z.B.: Radioaktivitätsmessnetz (RAM)	<u>REI</u>  Überwachung von Emission und Immission	<u>KFÜ</u>  Online-Überwachung von Emissionen, Immissionen, Meteorologie und Anlagenparametern



# Gesetzliche Grenzwerte

## § 46 StrISchV Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung

- (1) Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten nach § 2 Abs. 1 Nr. 1  
ein Millisievert im Kalenderjahr.

## § 2 StrISchV Abs.1 Nr. 1

- (...) a) den Umgang mit
- aa) künstlich erzeugten radioaktiven Stoffen,
  - bb) natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen, wenn dieser Umgang aufgrund ihrer Radioaktivität, ihrer Nutzung als Kernbrennstoff oder zur Erzeugung von Kernbrennstoff erfolgt,
- b) (...) Erwerb (...) der in Buchstabe a genannten radioaktiven Stoffe, (...) deren Beförderung (...)
- c) (...) die Errichtung, den Betrieb, die sonstige Innehabung, die Stilllegung, den sicheren Einschluss einer Anlage sowie den Abbau einer Anlage oder von Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes (...)



# Gesetzliche Grenzwerte

## § 47 StrlSchV Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe

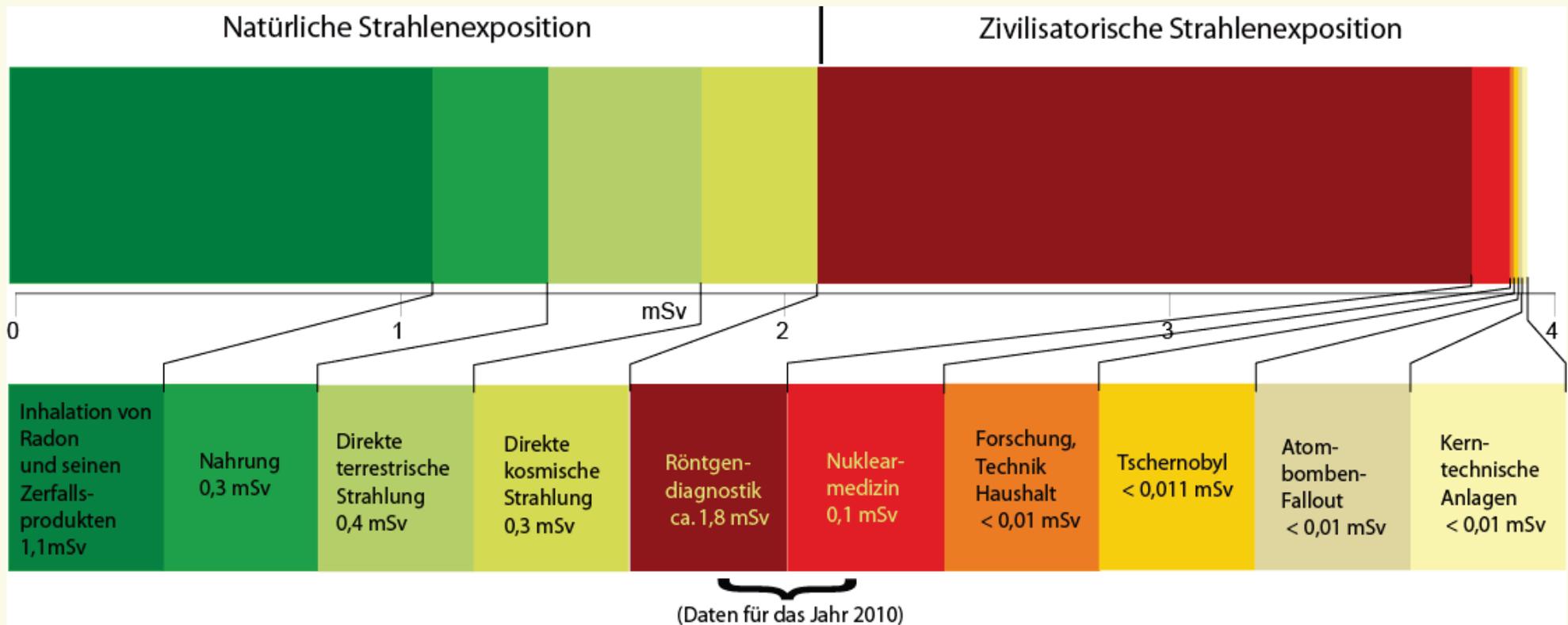
(1) Für die Planung, die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung, den sicheren Einschluss und den Abbau von Anlagen oder Einrichtungen gelten folgende Grenzwerte der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser aus diesen Anlagen oder Einrichtungen jeweils bedingten Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung im Kalenderjahr:

1. Effektive Dosis	0,3 Millisievert (mSv)
2. Organdosis für Keimdrüsen, Gebärmutter, Knochenmark (rot)	0,3 Millisievert (mSv)
3. Organdosis für Dickdarm, Lunge, Magen, Blase, Brust, Leber, Speiseröhre, Schilddrüse, andere Organe oder Gewebe gemäß Anlage VI Teil C Nr. 2 Fußnote 1, soweit nicht unter Nr. 2 genannt	0,9 Millisievert (mSv)
4. Organdosis für Knochenoberfläche, Haut	1,8 Millisievert (mSv)



# Begründung der gesetzlichen Grenzwerte

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in Millisievert [mSv] im Jahr 2010, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung



Quelle: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2011; Unterrichtung durch die Bundesregierung



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Natürliche Strahlenbelastung der Bevölkerung

Infokommission GKN

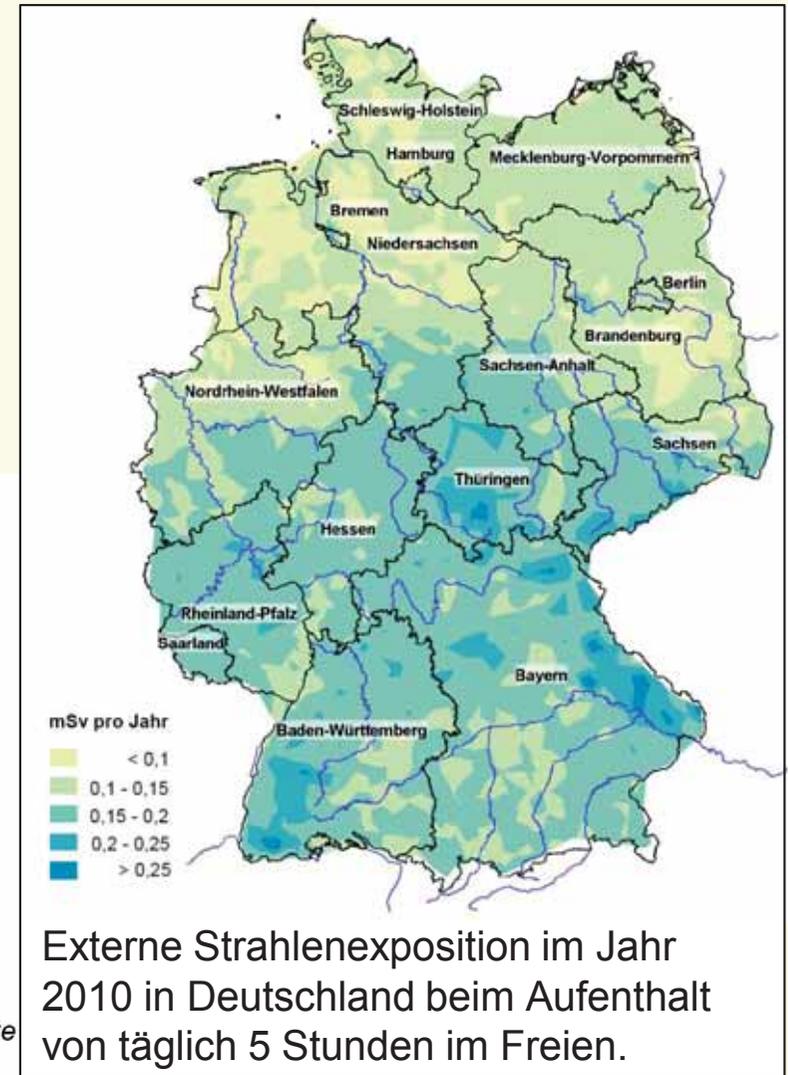
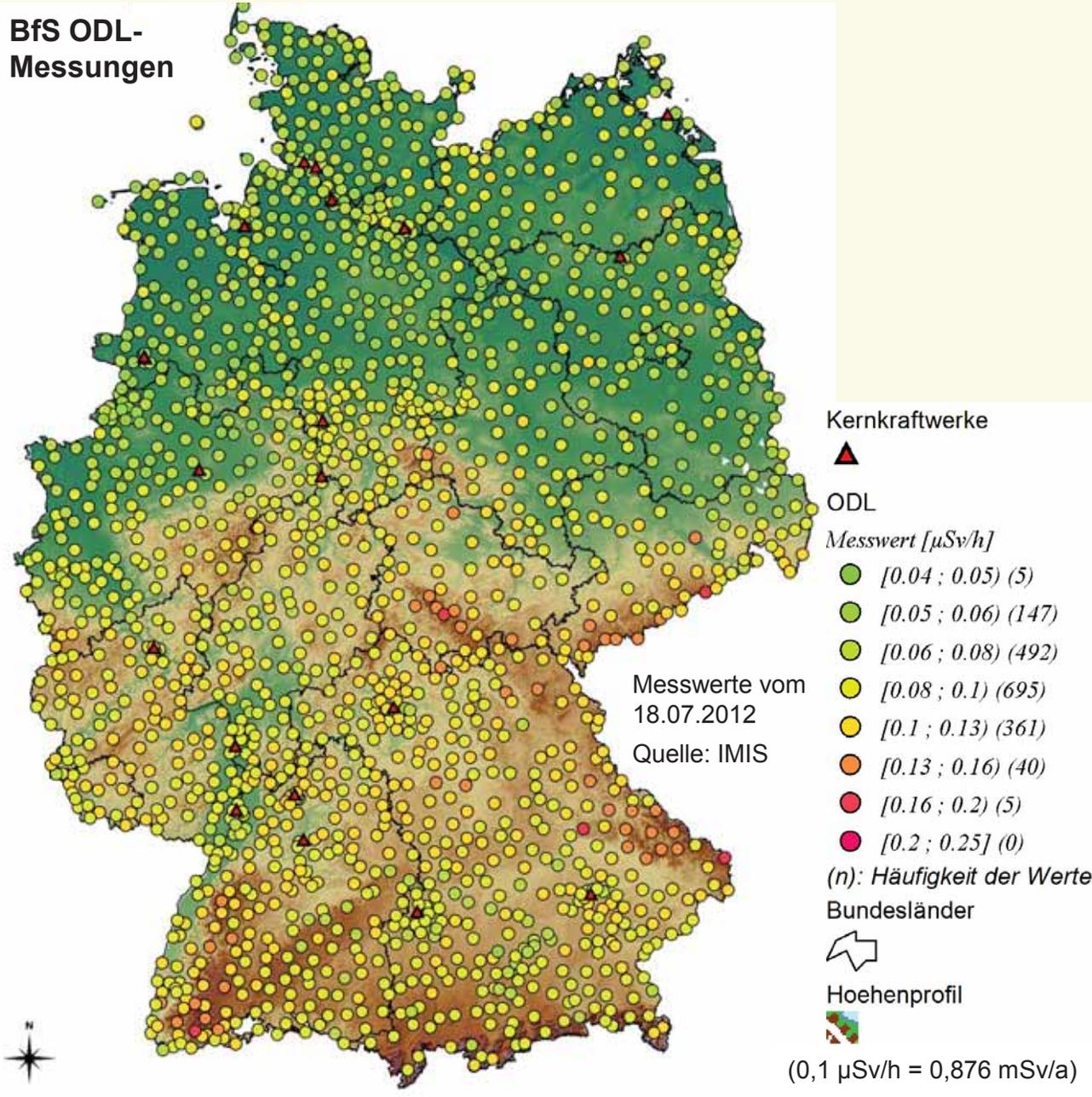


Abb: Bfs



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Beispiele für die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenbelastung

Gebiet	mittlere effektive Dosis [mSv/a]
Deutschland	0,35
Brandenburg	0,18
Saarland	0,49
Baden-Württemberg	0,38
Indien (Kerala)	4
Brasilien (Espirito Santo)	6
Iran (Ramsar)	6

**terrestrische Strahlung (im Freien)**

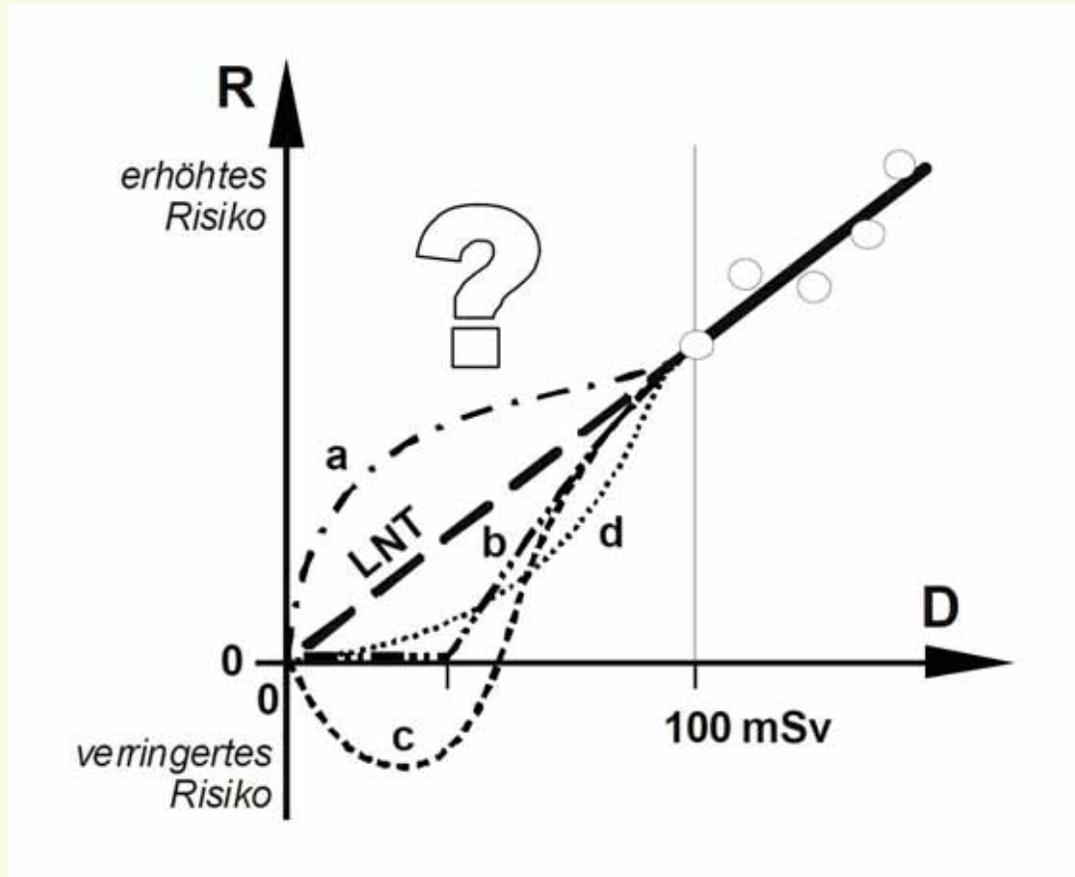
Ort	mittlere effektive Dosis [mSv/a]
Hamburg	0,24
München	0,26
Zugspitze	1,2
Teheran	0,44
Mexiko Stadt	0,82
Quito	1,1
La Paz	2,0

**kosmische Strahlung (20% im Freien, 80% im Haus)**



# Begründung der gesetzlichen Grenzwerte

## Dosis-Wirkungs-Beziehung



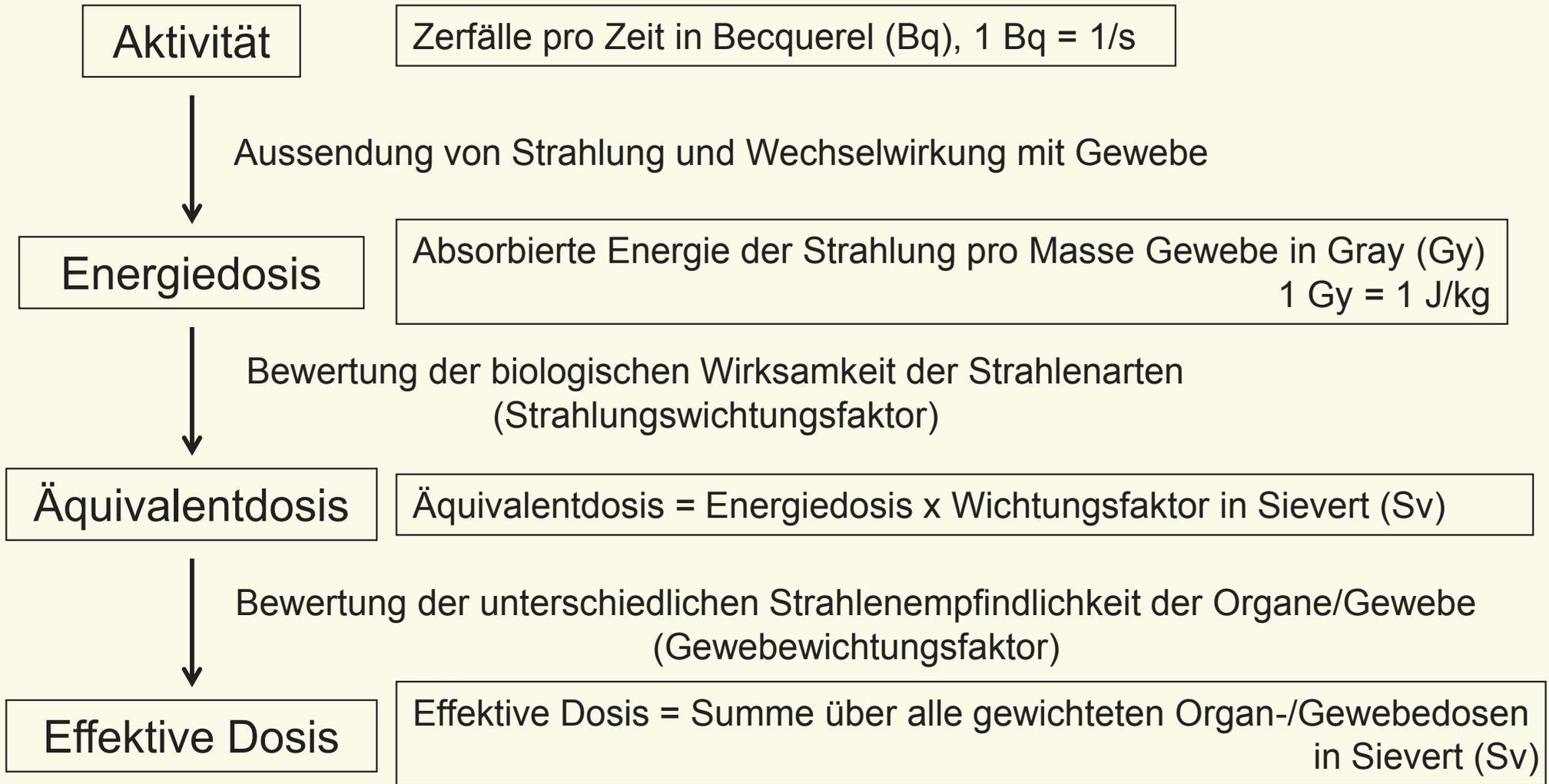
Prinzipbild des Verlaufes des zusätzlichen Risikos R in Abhängigkeit von der Strahlendosis D

LNT: lineare Extrapolation ohne Schwellendosis  
a: überproportional  
b: Schwellendosis  
c: Schutzwirkung (Hormesis)  
d: linear-quadratisch

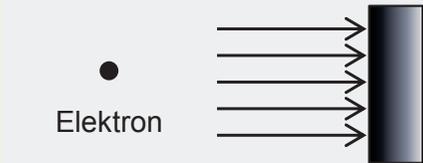
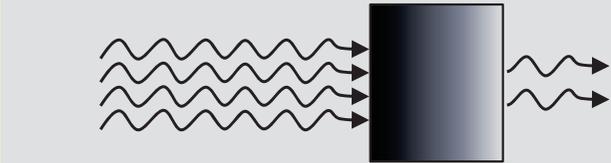
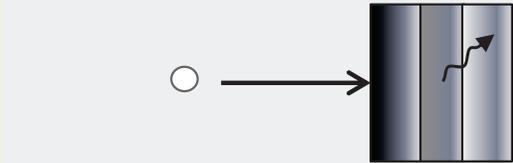
Quelle:  
SSK-Empfehlung v. 14./15. April 2011  
„Vergleichende Bewertung der Evidenz von Krebsrisiken durch elektromagnetische Felder und Strahlungen“



# Exkurs: Dosisseinheiten



# Exkurs: Strahlenarten

Strahlenart	Abschirmung	Maximale Reichweite in Luft	Maximale Reichweite im Gewebe	Strahlungswichtungsfaktor
Alpha-Strahlen	 <p>Heliumkern</p>	bis 12 cm	bis 0,15 mm	20
Beta-Strahlen	 <p>Elektron</p>	bis 15 m	bis 2 cm	1
Gammastrahlen		Schwächung auf die Hälfte bei 35-100m	Schwächung auf die Hälfte bei 5-15 cm	1
Neutronen		Schwächung, energieabh. mehrere m	Schwächung, energieabh. Dosismax.	5 - 20



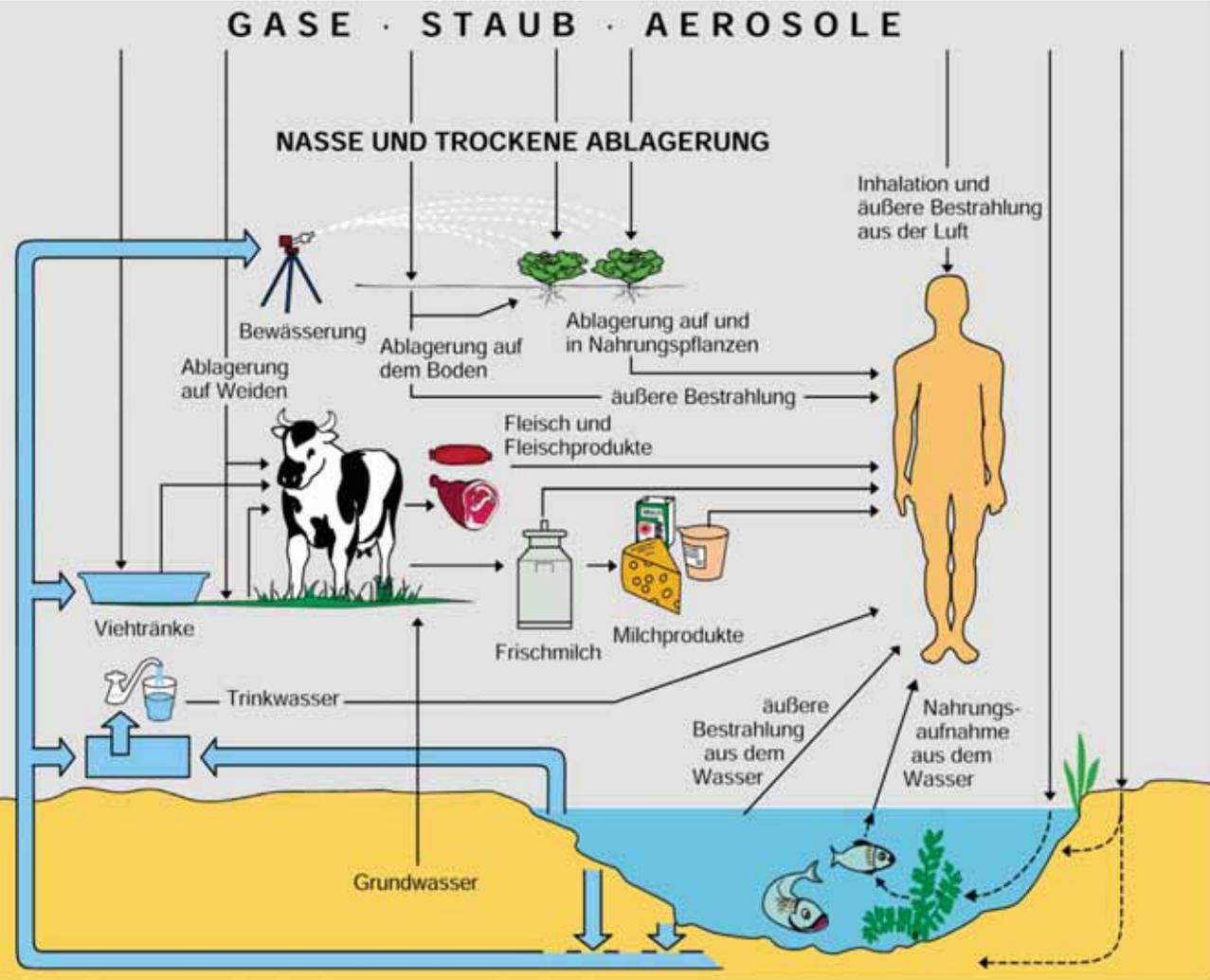
# Festlegungen zur Einhaltung der Grenzwerte

## § 47 StrISchV Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe

- (2) Bei der Planung von Anlagen oder Einrichtungen ist die Strahlenexposition nach Absatz 1 für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen unter Berücksichtigung der (...) genannten Expositionspfade, Lebensgewohnheiten der Referenzperson und übrigen Annahmen zu ermitteln; (...) Die Bundesregierung erlässt mit Zustimmung des Bundesrates allgemeine Verwaltungsvorschriften über die zu treffenden weiteren Annahmen. Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, dass die Grenzwerte des Absatzes 1 eingehalten sind, wenn dies unter Zugrundelegung der allgemeinen Verwaltungsvorschriften nachgewiesen wird.
- (3) Für den Betrieb, die Stilllegung, den sicheren Einschluss und den Abbau von Anlagen oder Einrichtungen legt die zuständige Behörde die zulässigen Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft und Wasser durch Begrenzung der Aktivitätskonzentrationen oder Aktivitätsmengen fest. Der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte des Absatzes 1 gilt als erbracht, wenn diese Begrenzungen nicht überschritten werden.



# Expositionspfade, Referenzperson



## Referenzperson:

- 6 Altersklassen
- hohe Verzehrsraten (95%-Perz.)
- Aufenthalt an der jeweils ungünstigsten Stelle
- Verzehr lokal angebaute Lebensmittel von der jeweils ungünstigsten Stelle
- Trinkwasser aus Abwasserfahne
- Berücksichtigung von Vorbelastungen
- Berücksichtigung der Akkumulation in der Umwelt
- Folgedosis bis zum 70. Lebensjahr
- Berücksichtigung aller Expositionspfade, aller dosisrelevanten Nuklide und aller Strahlenarten



# Festlegungen für GKN: Abgaben mit der Abluft

Die im Kalenderjahr in die Atmosphäre abgegebene Aktivität darf für nachstehende radioaktive Stoffe folgende Grenzwerte nicht übersteigen:

	GKN I	GKN II	Standort
für gasförmige Abgaben	$9,25 \cdot 10^{14}$ Bq	$1,0 \cdot 10^{15}$ Bq	$1,5 \cdot 10^{15}$ Bq
für radioaktive Aerosole mit einer Halbwertszeit von über 8 Tagen (außer Jod-131)	$1,85 \cdot 10^{10}$ Bq	$3,0 \cdot 10^{10}$ Bq	$4,0 \cdot 10^{10}$ Bq
für Jod-131	$9,25 \cdot 10^9$ Bq	$1,1 \cdot 10^{10}$ Bq	$1,5 \cdot 10^{10}$ Bq

Von diesen Jahreshöchstwerten dürfen im Zeitraum eines Kalendertages nicht mehr als 1 % sowie innerhalb von 180 aufeinanderfolgenden Tagen (gleitend) nicht mehr als die Hälfte abgegeben werden.



# Festlegungen für GKN: Abgaben mit dem Abwasser

Die im Kalenderjahr mit dem Abwasser abgegebene Aktivität darf für nachstehende radioaktive Stoffe folgende Grenzwerte nicht übersteigen:

	GKN I	Standort
für Tritium	$1,85 \cdot 10^{13}$ Bq	$7,0 \cdot 10^{13}$ Bq
für sonstige Radionuklide	$1,85 \cdot 10^{10}$ Bq	$6,0 \cdot 10^{10}$ Bq

Von den vorgenannten Höchstwerten dürfen innerhalb von 180 aufeinanderfolgenden Tagen (gleitend) nicht mehr als die Hälfte dieser Werte abgegeben werden.



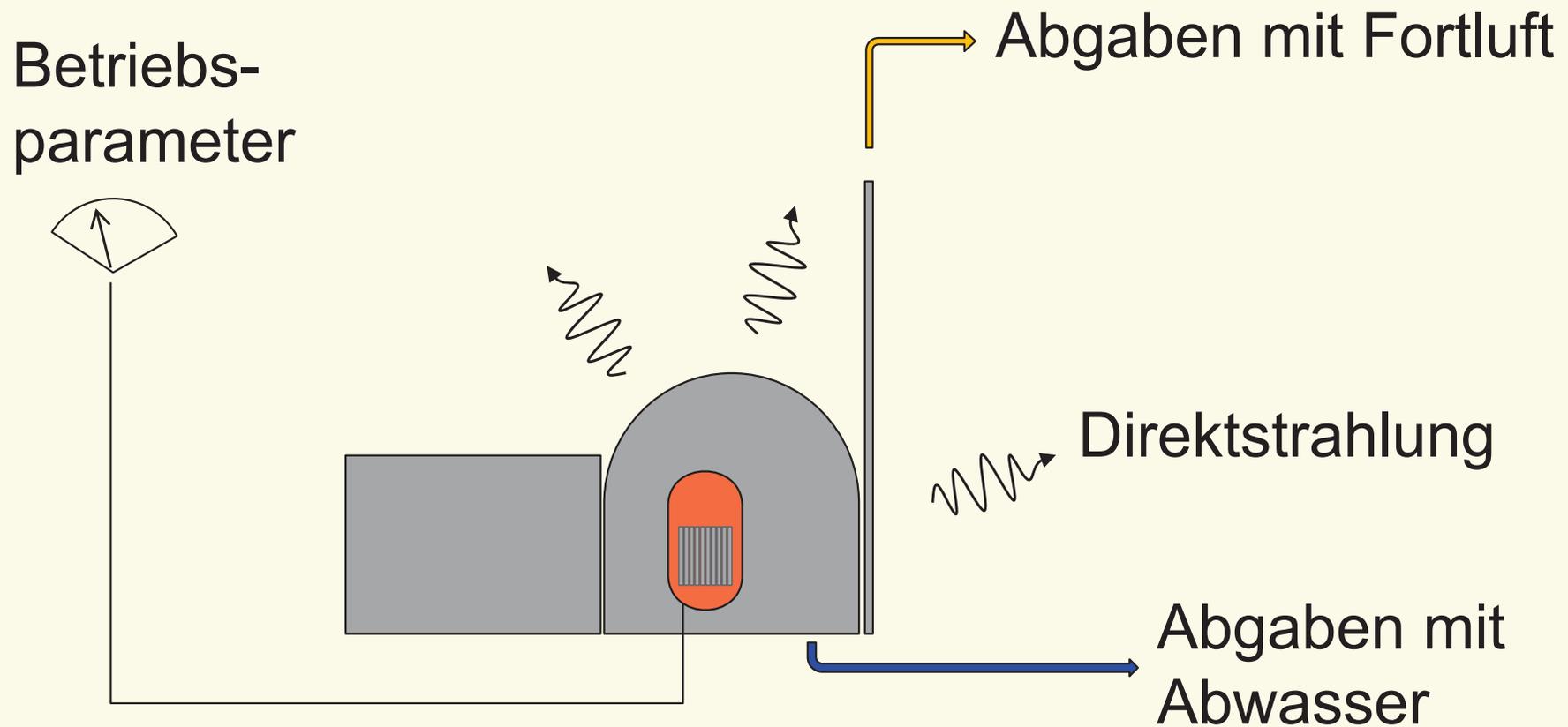
# Wer überwacht?

Grundsätzlich gilt:

- Eigenüberwachung durch den Betreiber
- Kontrollmessungen durch unabhängige Messstelle
  - Emissionen:  
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
  - Immissionen (Umgebungsüberwachung):  
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW (LUBW)



# Überwachung der Emissionen



# Arten der Überwachung

- Monitoring
  - laufende Messung, zeitaufgelöst
- Laborauswertung
  - Wasserproben, Luftproben
  - diskontinuierlich
  - Einzel- und Mischproben
- Dosimeter
  - Personenüberwachung
  - Überwachung Direktstrahlung am Zaun
  - laufende oder integrale Messung



# Arten der Überwachung

Grundsätzlich zu unterscheiden:

Monitoring



Bilanzierung

„online“

„Summe“

Messung schnell,  
mit hoher zeitlicher  
Auflösung, aber  
auch höhere  
Erkennungsgrenze

Messung integral über  
längere Zeiträume,  
dafür sehr niedrige  
Erkennungsgrenze



# Exkurs: Erkennungsgrenzen

Erkennungsgrenze ist der niedrigste Wert, der messtechnisch sicher ermittelt werden kann.

→ Werte unterhalb der Erkennungsgrenze können nicht gemessen werden, stattdessen wird der Wert der Erkennungsgrenze angezeigt

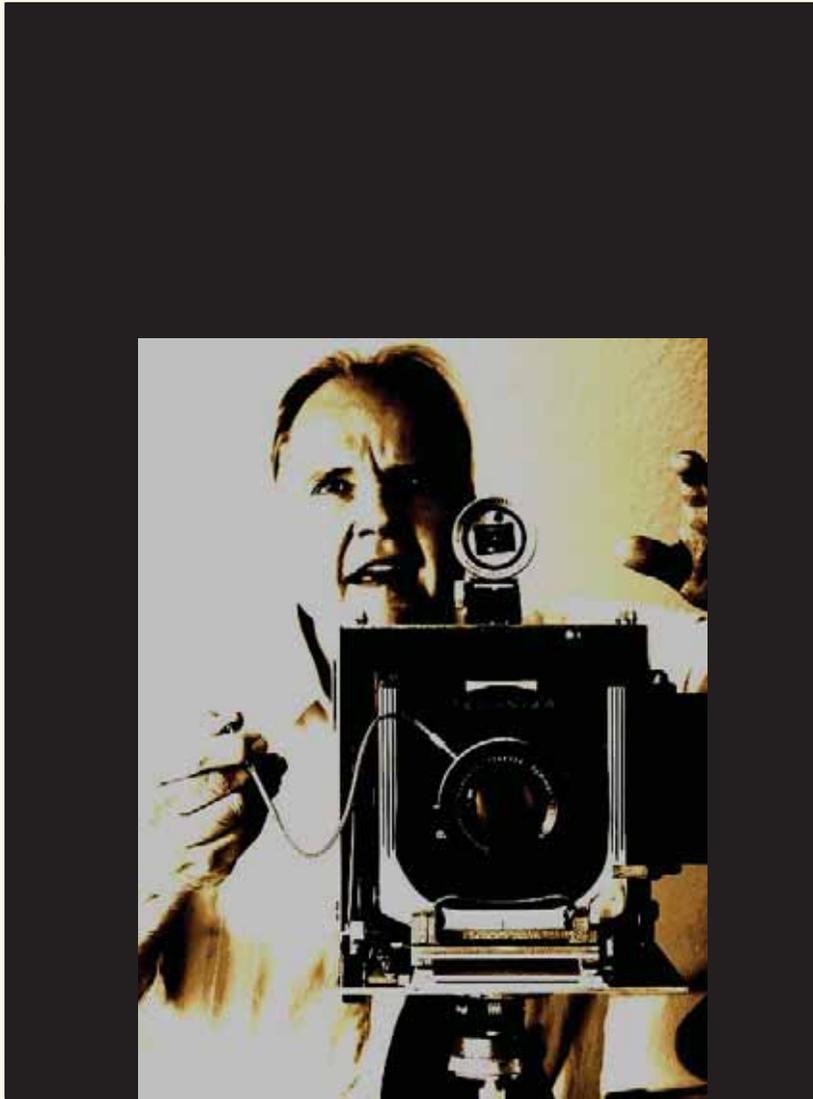
Je schneller eine Messung ist, desto höher wird i.d.R. die Erkennungsgrenze.

→ Monitoringmessungen sind wertvoll zur Erkennung von Zeitverläufen, Emissionspitzen,...

→ Zur Bilanzierung (= genaue Ermittlung auch kleiner Aktivitäten) können Monitoringmessungen i.d.R. nicht herangezogen werden!

→ Für Bilanzierungsmessungen werden Labormessungen mit längeren Messzeiten und dafür niedrigerer Erkennungsgrenze verwendet.





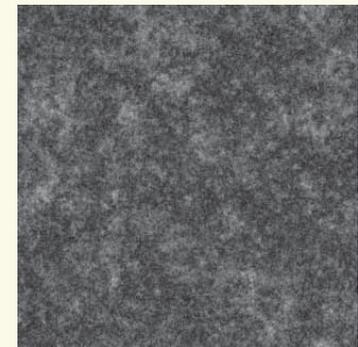
Bilder: www.wikipedia.de

Viel Licht  
→ schnelle Bilder  
möglich

**Monitoring-Messung**



Bei Nacht/ wenig  
Licht  
→ schnelle Bilder  
kaum möglich



Mit Stativ und langer  
Belichtung  
→ stehendes Bild  
möglich

**Bilanzierungsmessung**



Baden-Württemberg

# Beispiel Nachweisgrenzen Edelgasmessstellen:

- gefordert (nach KTA 1503.1 bezogen auf  $^{133}\text{Xe}$ ):
  - Monitoring: 10.000 Bq/m<sup>3</sup> bei 10 min Messzeit
  - Bilanzierung: 500 Bq/m<sup>3</sup> bei 24 h Messzeit
- Monitoringmessstelle KFÜ: 2.000 Bq/m<sup>3</sup>
- nuklidspezifische Messstelle für Bilanzierung (bezogen auf  $^{133}\text{Xe}$ ): < 100 Bq/m<sup>3</sup>



# Arten der Überwachung

Grundsätzlich zu unterscheiden:

Monitoring



Bilanzierung

„online“

„Summe“

Messung schnell,  
mit hoher zeitlicher  
Auflösung, aber auch höhere  
Erkennungsgrenze

Messung Integral über  
längere Zeiträume,  
dafür sehr niedrige  
Erkennungsgrenze

→ Anlagenüberwachung  
(Emissionsspitzen,  
Tagesgrenzwerte)

→ Bilanzierung der  
Erhaltung der  
Grenzwerte



# Was wird bilanziert?

Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Fortluft :

- Iod:  
gasförmiges elementares I-131, gasförmiges organisches I-131, sowie Aerosolgebundenes I-131
- radioaktive Gase außer Iod:
  - Edelgase (Ar-41, Kr-85, Kr-85m, Kr-87, Kr-88, Kr-89, Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Xe-135m, Xe-137, Xe-138)
  - Tritium
  - Kohlenstoff 14 (C-14 als CO<sub>2</sub>, C-14 als sonst. Gase)
- radioaktive Aerosole außer Iod:  
Cr-51, Mn-54, Co-57, Co-58, Fe-59, Co-60, Zn-65, Nb-95, Zr-95, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Sb-124, Cs-134, Cs-137, Ba-140, La-140, Ce-141, Ce-144  
Sr-89, Sr-90  
 $\alpha$ -Strahler (Pu-238/Am-241, Pu-239/240, Cm-242, Cm-244)



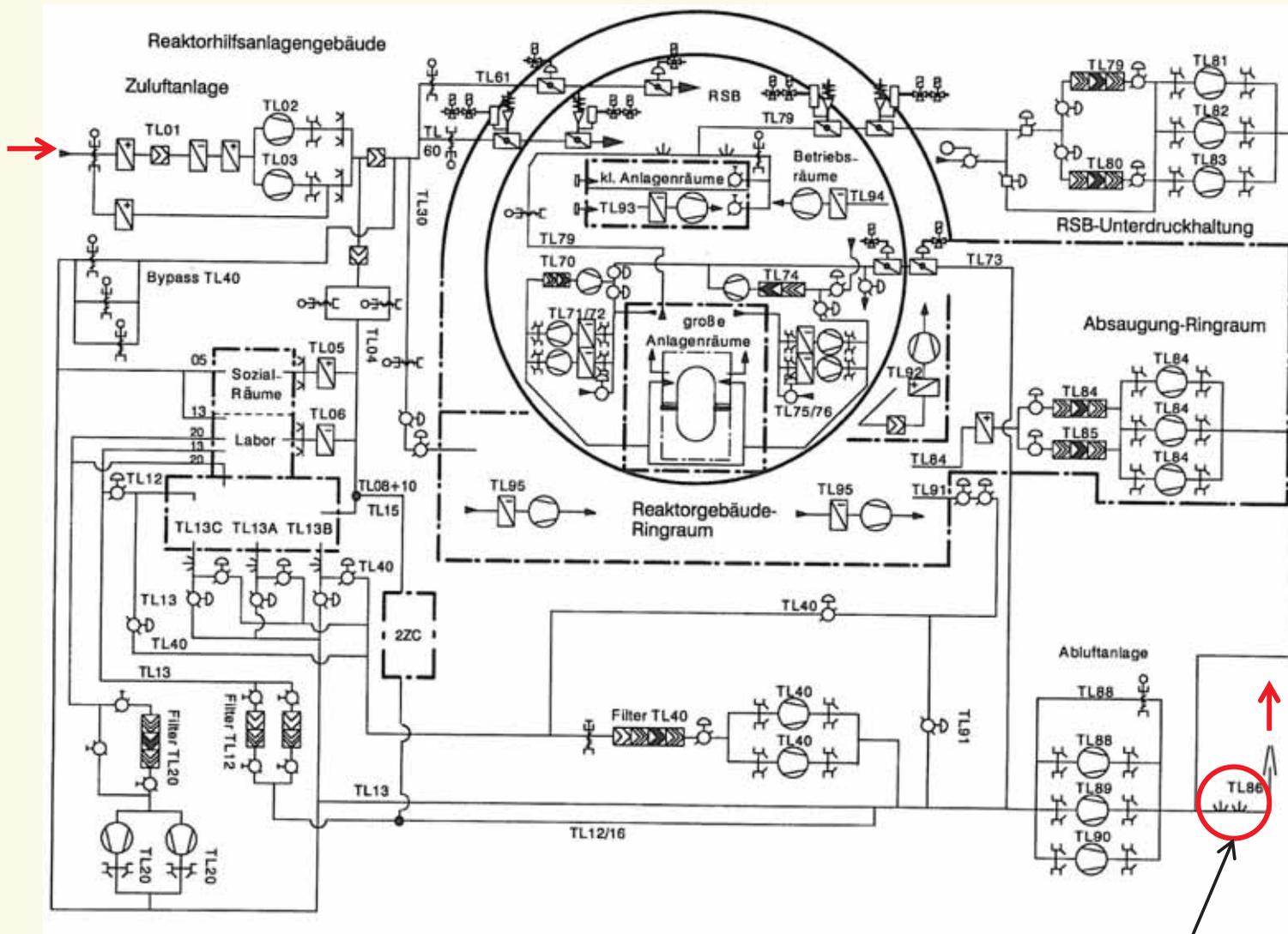
# Was wird bilanziert?

Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Wasser:

- Tritium
- sonstige Radionuklide: Cr-51, Mn-54, Co-57, Co-58, Fe-59, Co-60, Zn-65, Nb-95, Zr-95, Ru-103, Ru-106, Ag-110m, Te-123m, Sb-124, Sb-125, I-131, Cs-134, Cs-137, Ba-140, La-140, Ce-141, Ce-144  
Sr-89, Sr-90  
Fe-55, Ni-63  
Gesamt-Alpha



# Lüftungsführung / Filterung



- gerichtete Luftströmung
- Druckstaffelung  
RSB < Ringraum < RHAG
- gesamte Fortluft über Kamin
- Probenahmereinrichtungen je Block vor Kaminfuß

Probenahmereinrichtungen der Fortluftüberwachung



Lüftungsschema GKN I

# Repräsentative / Isokinetische Probenahme

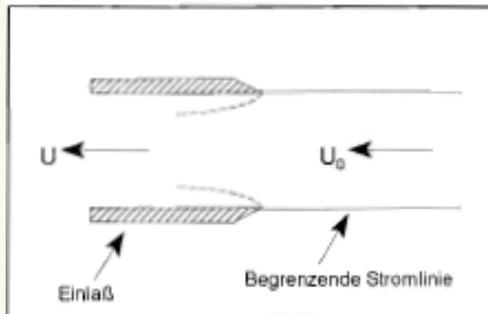


Abbildung 11: Isokinetische Probenahme,  $U=U_0$

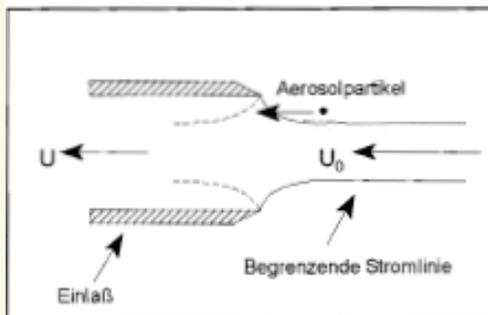


Abbildung 12: Sub-isokinetische Probenahme,  $U < U_0$

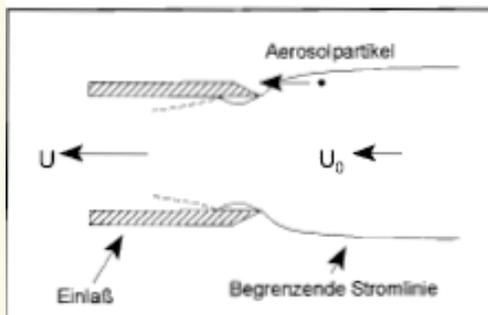


Abbildung 13: Super-isokinetische Probenahme,  $U > U_0$

Abb.: Uni Hannover

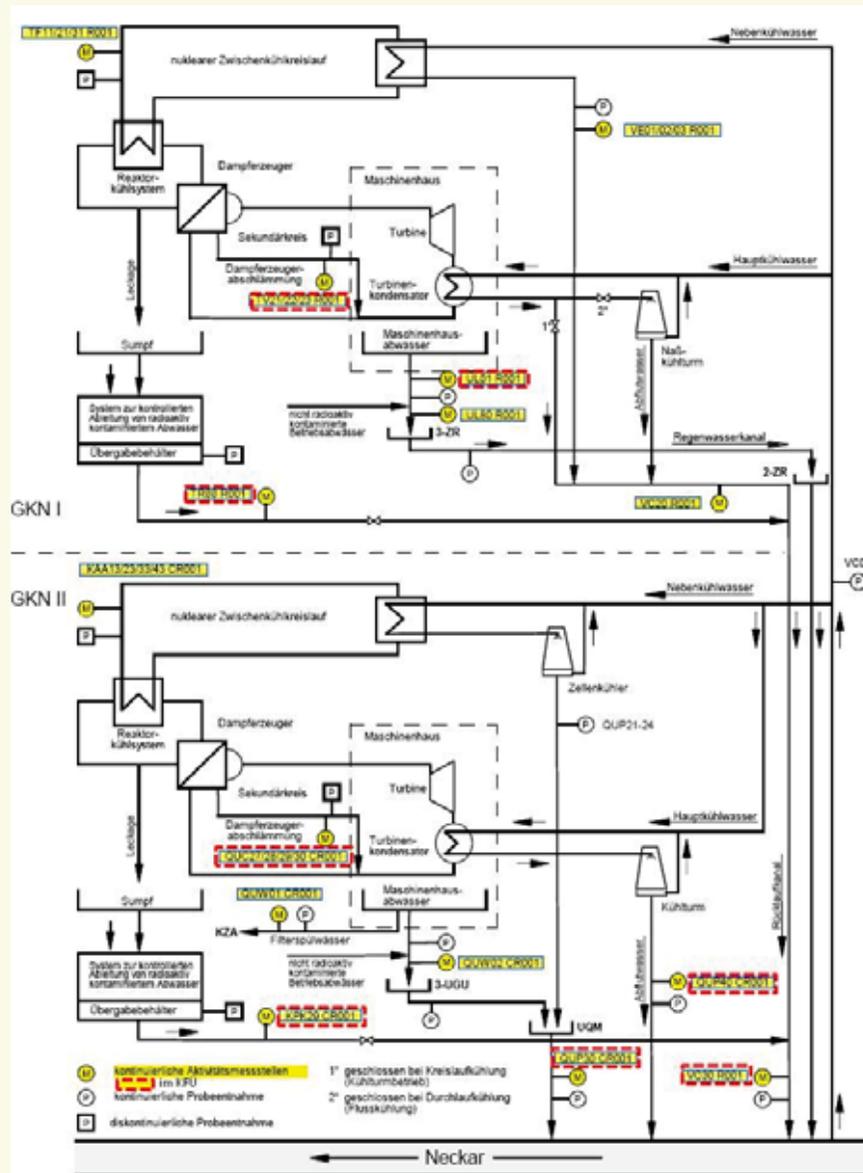
- Probenahme nach vollständiger Durchmischung der Fortluftströme
- Probenahmereinrichtungen mit mehreren Ansaugöffnungen über den gesamten Kaminquerschnitt
- iso-axiale Anordnung
- dünnwandige Einlassrohre
- Ansaugung der Fortluft ( $U = U_0$ )
- kurze Leitungswege
- große Krümmungsradien
- beheizte Probenahmeleitungen
- wiederkehrende Bestimmung der Rohrfaktoren (Partikelverluste in der Probenahmeleitung)
- keine Diskriminierung von Korngrößen



# Abwasserüberwachung

## Barrierenkonzept

- diskontinuierliche Abgabe (ausgenommen Kühlturmwasser)
- Abgabe nur nach vorheriger Probenahme und Freigabe
- Monitoringmessstellen zur Grenzwertüberwachung (z.T. mit automatischer Absperrfunktion)



Betriebsabwasser- und Kühlwasserüberwachung GKN I und GKN II



# Bilanzierte Jahresabgaben Fortluft 2003-2012 für GKN

in Bq	Radioaktive Gase		Aerosole		Iod 131	
	GKN I	GKN II	GKN I	GKN II	GKN I	GKN II
2003	$0,82 \cdot 10^{12}$	$1,38 \cdot 10^{12}$	$4,50 \cdot 10^5$	$0,51 \cdot 10^5$	$0,85 \cdot 10^5$	$0,19 \cdot 10^5$
2004	$0,92 \cdot 10^{12}$	$4,06 \cdot 10^{12}$	$3,07 \cdot 10^5$	$2,84 \cdot 10^5$	$0,20 \cdot 10^5$	$60,4 \cdot 10^5$
2005	$0,85 \cdot 10^{12}$	$0,55 \cdot 10^{12}$	$2,80 \cdot 10^5$	< EG	$0,44 \cdot 10^5$	< EG
2006	$0,58 \cdot 10^{12}$	$0,99 \cdot 10^{12}$	$2,24 \cdot 10^5$	$0,64 \cdot 10^5$	< EG	< EG
2007	$0,87 \cdot 10^{12}$	$1,29 \cdot 10^{12}$	$4,53 \cdot 10^5$	$0,41 \cdot 10^5$	< EG	< EG
2008	$0,86 \cdot 10^{12}$	$0,79 \cdot 10^{12}$	$35,6 \cdot 10^5$	$0,23 \cdot 10^5$	< EG	< EG
2009	$0,69 \cdot 10^{12}$	$1,20 \cdot 10^{12}$	$0,71 \cdot 10^5$	$0,69 \cdot 10^5$	< EG	$0,96 \cdot 10^5$
2010	$0,47 \cdot 10^{12}$	$0,52 \cdot 10^{12}$	$0,22 \cdot 10^5$	$0,43 \cdot 10^5$	< EG	< EG
2011	$0,24 \cdot 10^{12}$	$0,60 \cdot 10^{12}$	$0,31 \cdot 10^5$	$0,06 \cdot 10^5$	$0,98 \cdot 10^5$ **)	$0,64 \cdot 10^5$ **)
2012	$0,06 \cdot 10^{12}$ *)	$0,74 \cdot 10^{12}$	$0,25 \cdot 10^5$	$0,38 \cdot 10^5$	< EG	< EG
Jahres- grenz- werte	$925 \cdot 10^{12}$	$1.000 \cdot 10^{12}$	$185.000 \cdot 10^5$	$300.000 \cdot 10^5$	$92.500 \cdot 10^5$	$110.000 \cdot 10^5$
	$1.500 \cdot 10^{12}$		$400.000 \cdot 10^5$		$150.000 \cdot 10^5$	

EG: Erkennungsgrenze    \*) Edelgase < EG    \*\*) Iod aus Fukushima



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Bilanzierte Jahresabgaben Abwasser 2003-2012 für GKN

in Bq	Tritium		Sonstige Nuklide außer Tritium	
	GKN I	GKN II	GKN I	GKN II
2003	$1,0 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^{13}$	$0,02 \cdot 10^7$	$16 \cdot 10^7$
2004	$0,7 \cdot 10^{13}$	$2,1 \cdot 10^{13}$	< EG	$0,01 \cdot 10^7$
2005	$1,1 \cdot 10^{13}$	$2,0 \cdot 10^{13}$	< EG	< EG
2006	$1,2 \cdot 10^{13}$	$2,1 \cdot 10^{13}$	< EG	< EG
2007	$1,0 \cdot 10^{13}$	$2,1 \cdot 10^{13}$	$0,01 \cdot 10^7$	$0,06 \cdot 10^7$
2008	$0,5 \cdot 10^{13}$	$2,1 \cdot 10^{13}$	$0,1 \cdot 10^7$	$0,04 \cdot 10^7$
2009	$0,8 \cdot 10^{13}$	$2,7 \cdot 10^{13}$	< EG	< EG
2010	$0,4 \cdot 10^{13}$	$2,0 \cdot 10^{13}$	< EG	< EG
2011	$0,6 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^{13}$	< EG	$0,01 \cdot 10^7$
2012	$0,2 \cdot 10^{13}$	$2,0 \cdot 10^{13}$	< EG	$0,32 \cdot 10^7$
Jahresgrenzwert (Standort)	$1,85 \cdot 10^{13}$	$(7,0 \cdot 10^{13})$	$1.850 \cdot 10^7$	$(6.000 \cdot 10^7)$

EG: Erkennungsgrenze

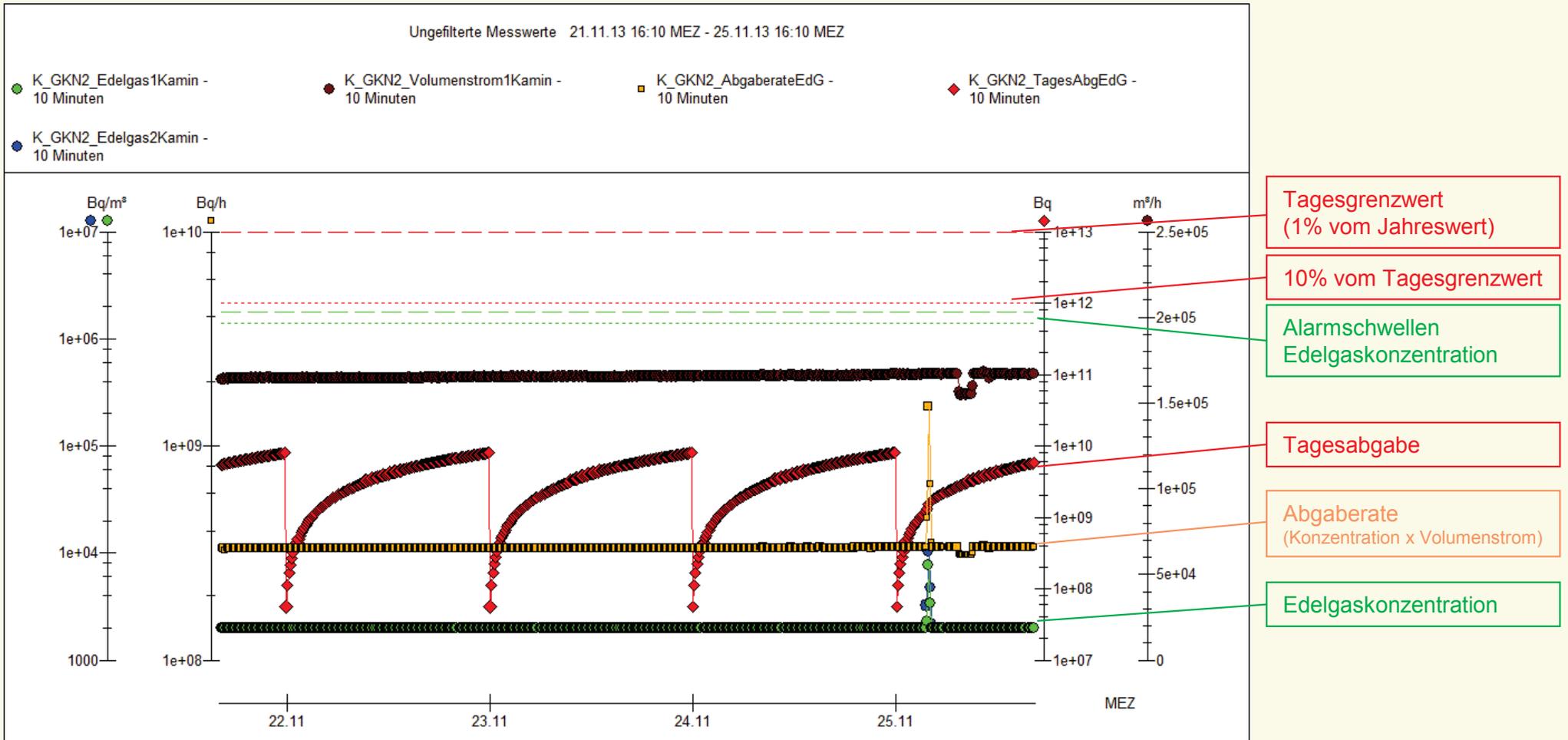


Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

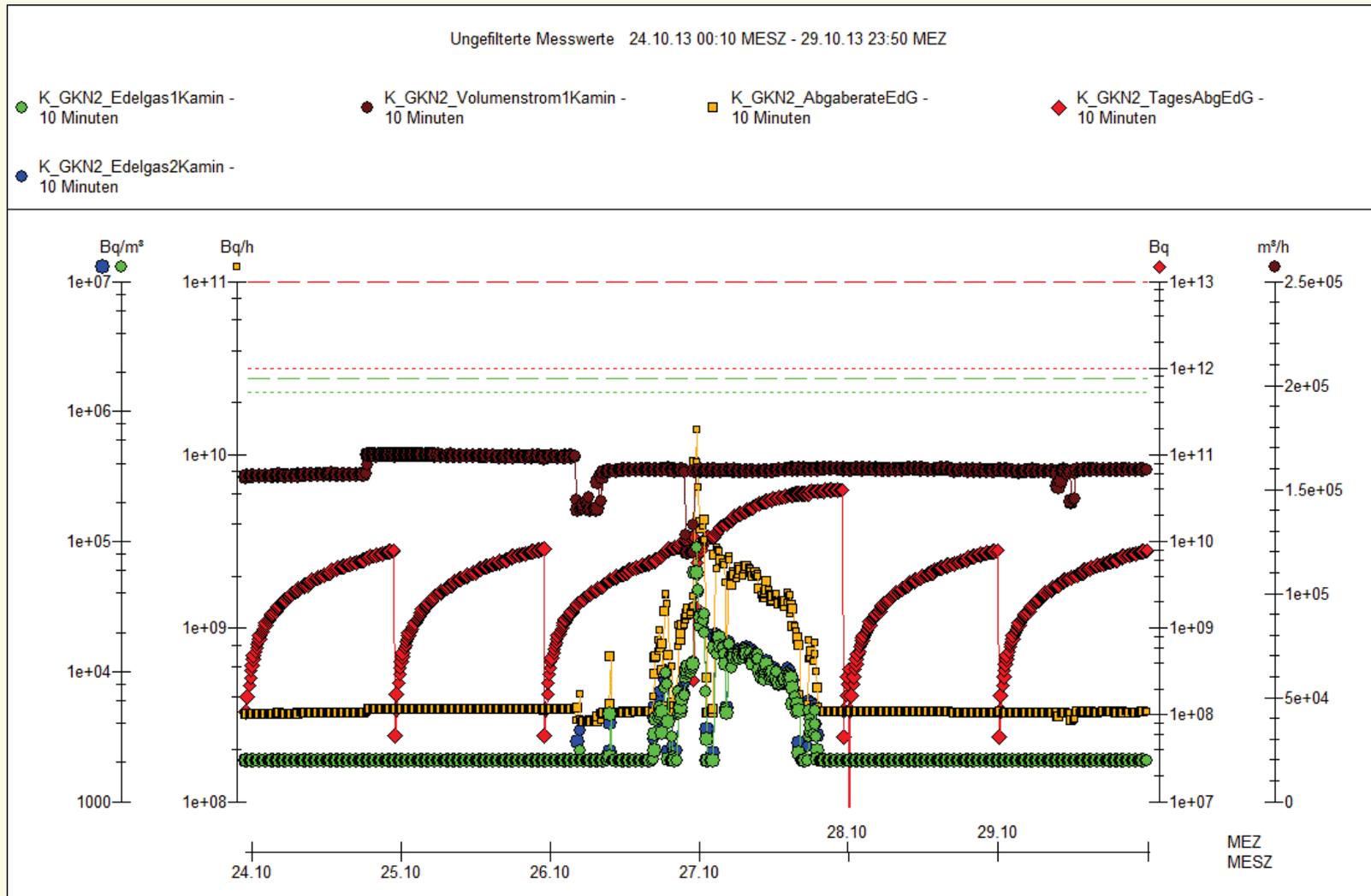
# Emissionen Fortluft: Edelgase

**Tagesabgabe:**  
 In der Regel nur Summation der Erkennungsgrenzen von 0 bis 24 Uhr („Sägezahnmuster“)



# Emissionen Fortluft: Edelgase Kurzstillstand 2013

Erhöhte Abgaben aufgrund eines Brennelementdefektes



## Tagesabgaben:

• **26.10.2013:**

KFÜ (Monitoring):  
 $1,12 \cdot 10^{10}$  Bq

Bilanzierung:  
 $4,8 \cdot 10^8$  Bq

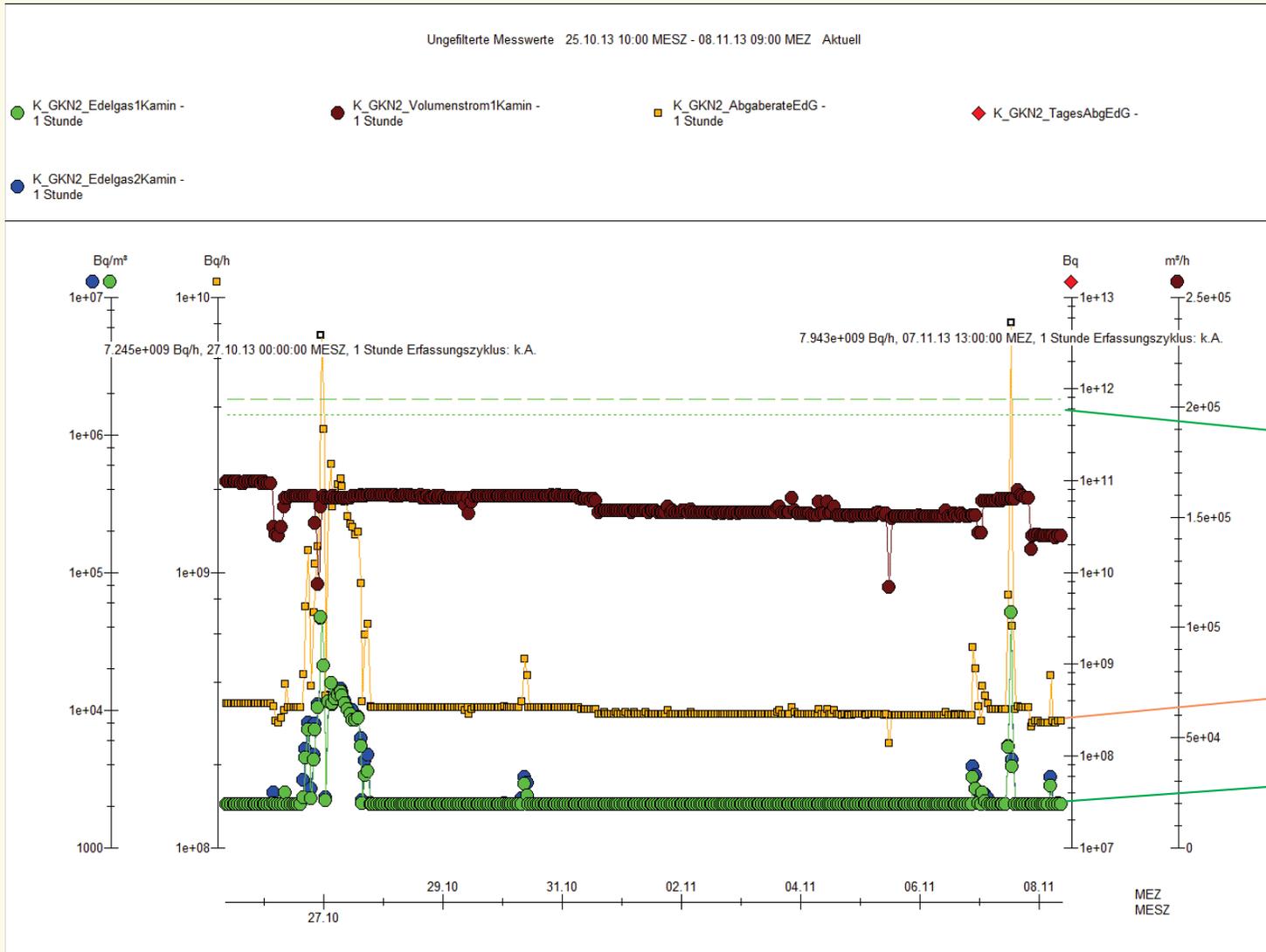
• **27.10.2013:**

KFÜ (Monitoring):  
 $3,79 \cdot 10^{10}$  Bq

Bilanzierung:  
 $2,7 \cdot 10^{10}$  Bq



# Emissionen Fortluft: Edelgase Kurzstillstand 2013



**Stundenwerte:**  
Darstellung der im Internet verfügbaren Werte.

Alarmschwellen Edelgaskonzentration

Abgaberate (Konzentration x Volumenstrom)

Edelgaskonzentration



# Dosis durch Edelgasemission nach BE-Defekt

Infokommission GKN

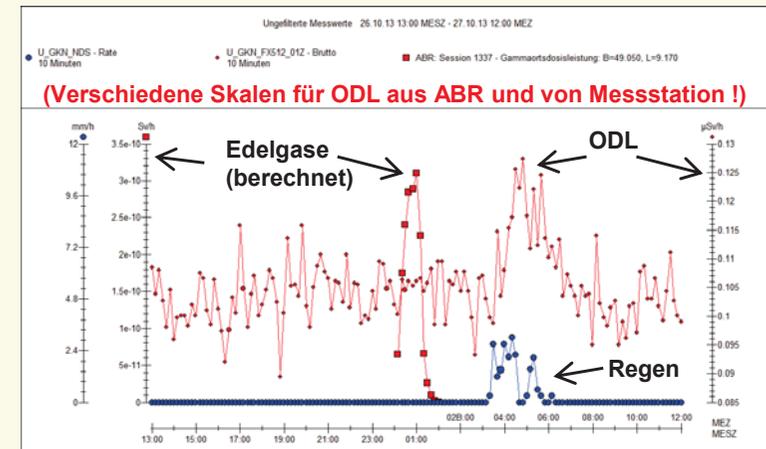
## Ausbreitungsrechnung (ABR) mit folgendem Quellterm:

- $7,245 \cdot 10^9$  Bq Edelgase
- Nuklidzusammensetzung gemäß Inventar
- Freisetzungsdauer 1h
- Emission über Kamin
- reales Wetter (Wind um  $160^\circ$ )

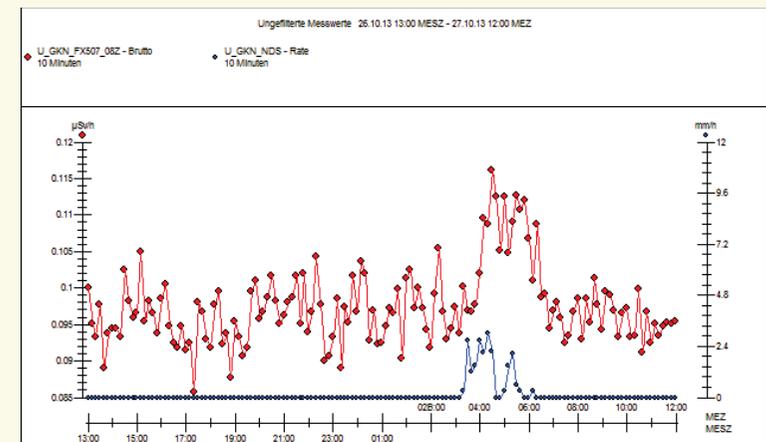
## Ergebnis:

- Maximaler Aufpunkt in ca. 1,2 km Entfernung
- Effektive Dosis für Kleinkind am maximalen Aufpunkt:  
**0,4 nSv** ( $4 \cdot 10^{-10}$  Sv bzw. 0,0000004 mSv)
- Erhöhung der Ortsdosisleistung (ODL) am maximalen Aufpunkt:  
**0,31 nSv/h** ( $3,1 \cdot 10^{-10}$  Sv/h bzw. 0,00031  $\mu$ Sv/h)

## Zum Vergleich die Erhöhung der ODL durch Regen zwei Stunden später:



in Windrichtung: IMM512 ca. 20 nSv/h



## Dosis für Kleinkind:

- Edelgasemission: 0,4 nSv
- Verzehr einer Paranuss: ca. 200 nSv

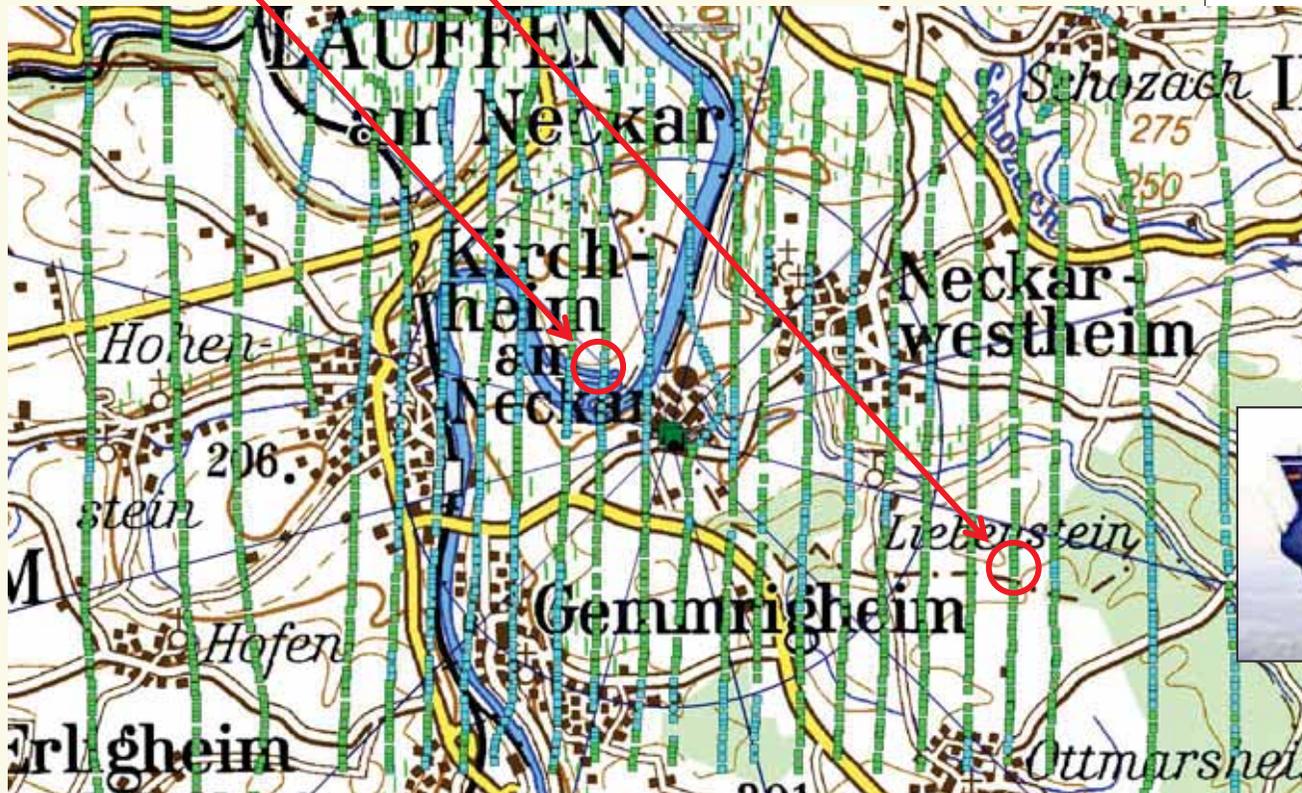
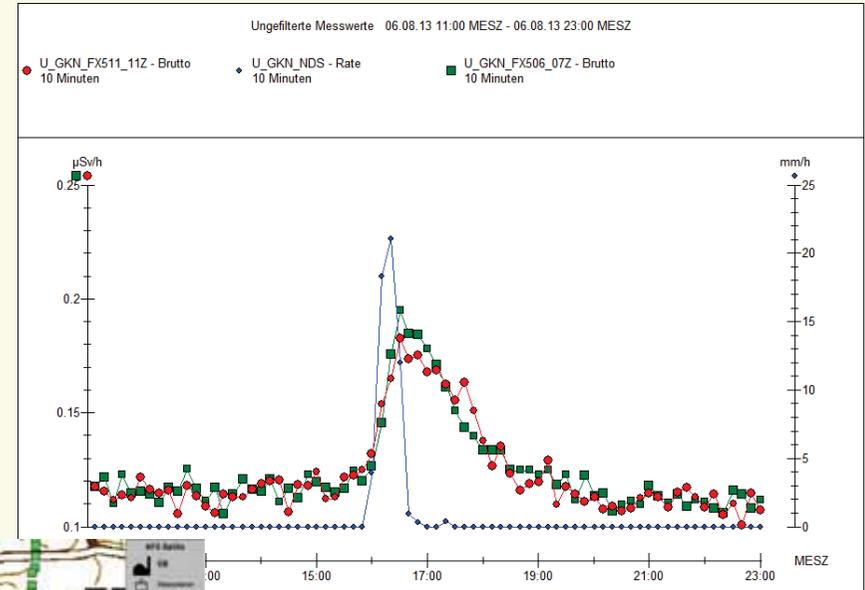
## Erhöhung der Ortsdosisleistung (ODL):

- Edelgasemission (berechnet): 0,31 nSv/h
- Regenereignis (gemessen): ca. 20 nSv/h

# Beispiele für ODL-Erhöhungen

**Ergebnis der Hubschraubermessungen des BfS vom 12.04.2011:**

- Messparameter ODL
- Werte liegen zwischen 51nSv/h und 130 nSv/h natürlicher Strahlung



**Regenereignis am 06.08.2013:**

- Erhöhung der ODL: ca. 80 nSv/h



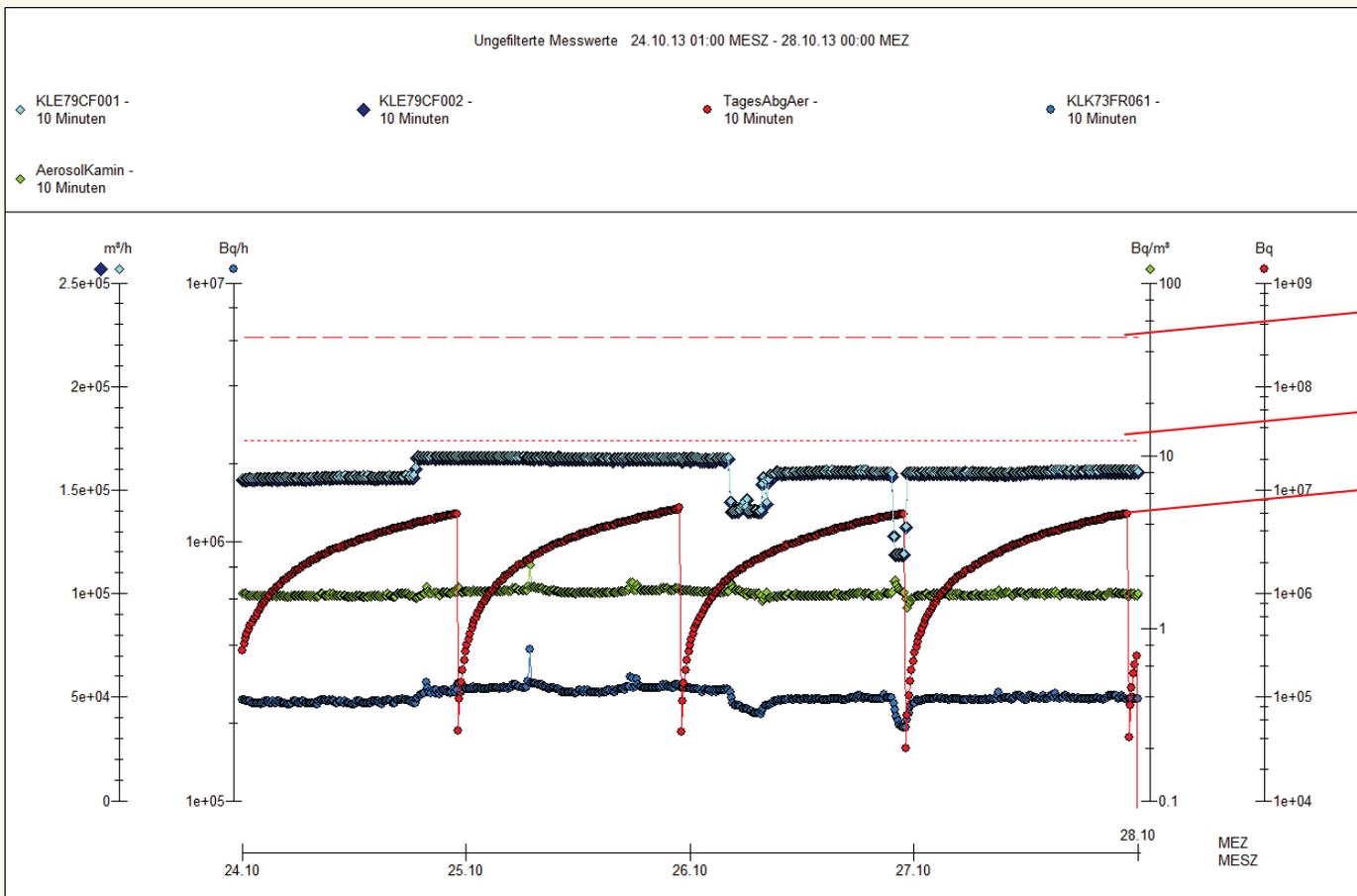
Abb: BfS



Baden-Württemberg

# Emissionen Fortluft: Aerosole

## Keine Erhöhten Abgaben aufgrund des Brennelementdefektes



Tagesgrenzwert  
(1% vom Jahreswert)

10% vom Tagesgrenzwert

Tagesabgabe

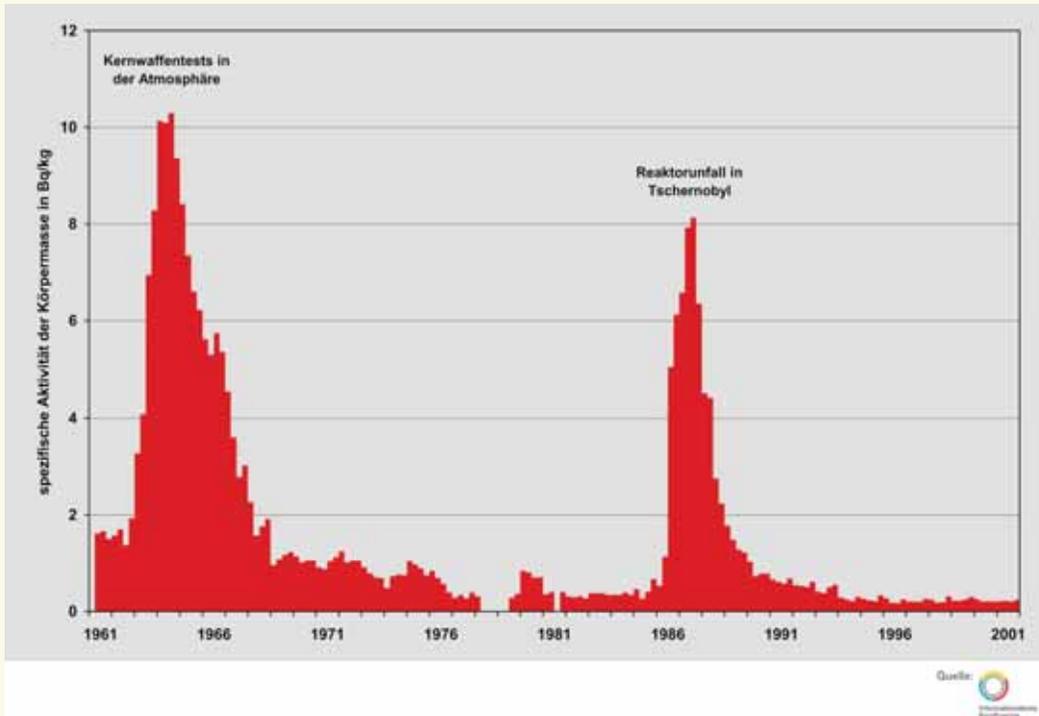
### Tagesabgabe:

In der Regel nur Summation der Erkennungsgrenzen von 0 bis 24 Uhr („Sägezahnmuster“)



# Aerosole: (an Schwebstoffe gebundene radioaktive Stoffe)

- $^{137}\text{Cs}$  und  $^{90}\text{Sr}$  nur relevant bei Kernwaffentests und großen Unfällen



## Freigesetzte Aktivitäten:

$^{137}\text{Cs}$ :

- Kernwaffentests: ca.  $9,5 \cdot 10^{17}$  Bq
- Tschernobyl: ca.  $8,5 \cdot 10^{16}$  Bq

$^{90}\text{Sr}$ :

- Kernwaffentests: ca.  $6 \cdot 10^{17}$  Bq
- Tschernobyl: ca.  $8 \cdot 10^{14}$  Bq

KKW (i.d.R.):

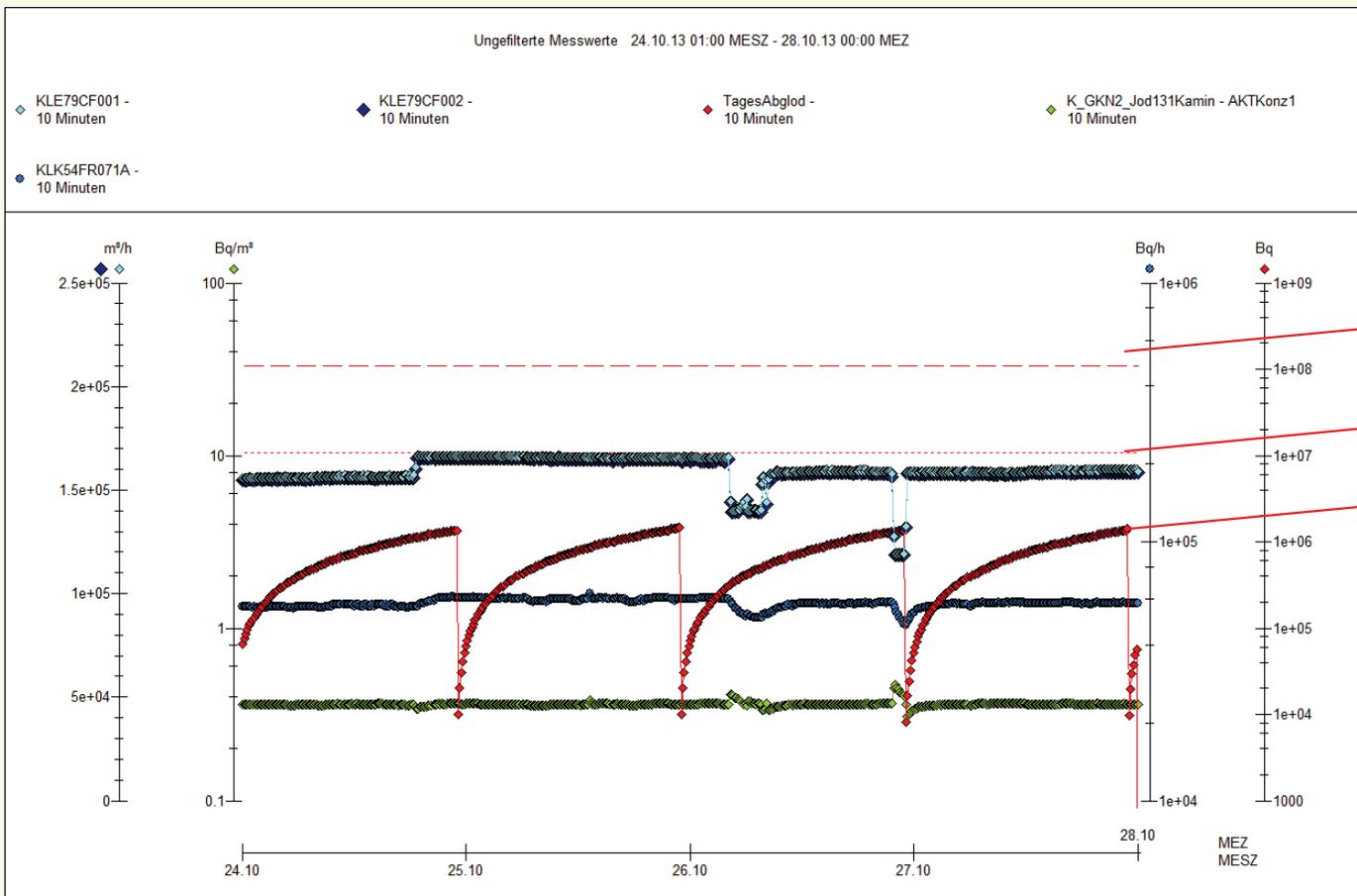
gesamte Aerosole / Jahr:  $< 1 \cdot 10^6$  Bq

- $^{137}\text{Cs}$  im Körper vergleichbar mit natürlichem  $^{40}\text{K}$ :
  - keine Anreicherung, Speicherung im Muskelgewebe ( $t_{1/2\text{Bio}}$ : 110 d)
  - jeder Mensch enthält ca. 4.000 Bq  $^{40}\text{K}$
  - Dosis durch  $^{40}\text{K}$  ca. 0,17 mSv/a



# Emissionen Fortluft: Iod

## Keine Erhöhten Abgaben aufgrund des Brennelementdefektes



Tagesgrenzwert  
(1% vom Jahreswert)

10% vom Tagesgrenzwert

Tagesabgabe

### Tagesabgabe:

In der Regel nur Summation der Erkennungsgrenzen von 0 bis 24 Uhr („Sägezahnmuster“)



# Iod

- Genehmigungswert  $^{131}\text{I}$  **Abluft** Standort GKN:  $15 \cdot 10^9$  Bq/Jahr
  - Höchste Jahresabgabe GKN I (1977):  $1,7 \cdot 10^9$  Bq
  - Gesamtabgabe GKN I (gesamte Betriebszeit):  $2,75 \cdot 10^9$  Bq
  - Gesamtabgabe Standort GKN (seit 1976):  $2,77 \cdot 10^9$  Bq
  
- Zum Vergleich: Radioiodtherapie
  - typische Applikation **pro Patient**:  $0,2 - 8 \cdot 10^9$  Bq
  - Beispiel: Aktivität in einer Klinik:  $725 \cdot 10^9$  Bq/a
    - davon als Emission „Abluft“ (Exhalation):  $\text{ca. } 1 \cdot 10^8$  Bq/a
  - Entlassaktivität eines Patienten:  $0,25 \cdot 10^9$  Bq
  - ca. 40.000 Anwendung/Jahr
  - geschätzter Eintrag  $^{131}\text{I}$  in die Flüsse:  $>1.400 \cdot 10^9$  Bq/a  
(Ausscheidung zu  $>97\%$  über Pfad Toilette – Kläranlage – Fluss)

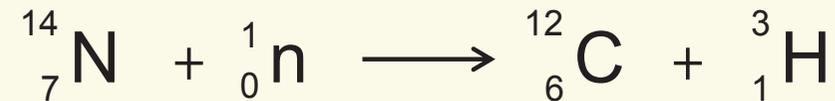


# Exkurs: Tritium ( $^3\text{H}$ bzw. T)

## Tritiumquellen:

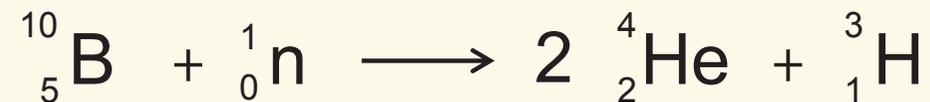
### in der Natur:

- Bildung in der Stratosphäre durch Einwirken kosmischer Strahlung auf Stickstoff:



### künstlich:

- Kernwaffenexplosion
- Fusionsreaktor
- Kernkraftwerk
  - ternäre Spaltung (Freisetzung bei der Wiederaufarbeitung oder BE-Defekten)
  - Reaktion von Neutronen mit Bor im Primärkühlkreislauf



# Tritiumableitungen:

- Abtrennung von HTO praktisch nicht möglich, daher Ableitung mit dem gereinigten Primärkühlmittel
- ca. 99% der Abgaben erfolgen über das Abwasser
- ca. 1% durch Verdunstung aus dem BE-Becken über die Abluft
- die Abgaben erfolgen gleichmäßig über das Jahr verteilt
- Jahresgrenzwerte für Tritiumableitungen mit dem Abwasser:
  - GKN I:  $1,85 \cdot 10^{13}$  Bq
  - Standort:  $7,00 \cdot 10^{13}$  Bq

Quelle	Abgaberate [Bq/a]	Menge [Bq]
Natur	$6.000 \cdot 10^{13}$	$130.000 \cdot 10^{13}$
Kernwaffenexplosionen (1945 – 1963)		$18.700.000 \cdot 10^{13}$
Fusion (ITER (geschätzt))	$185 \cdot 10^{13}$	
Wiederaufarbeitung (La Hague/1600 t)		$1.000 \cdot 10^{13}$
Schwerwasserreaktoren (CANDU)	$150 \cdot 10^{13}$	
Notausgang (pro Schild)		$0,05 \cdot 10^{13}$

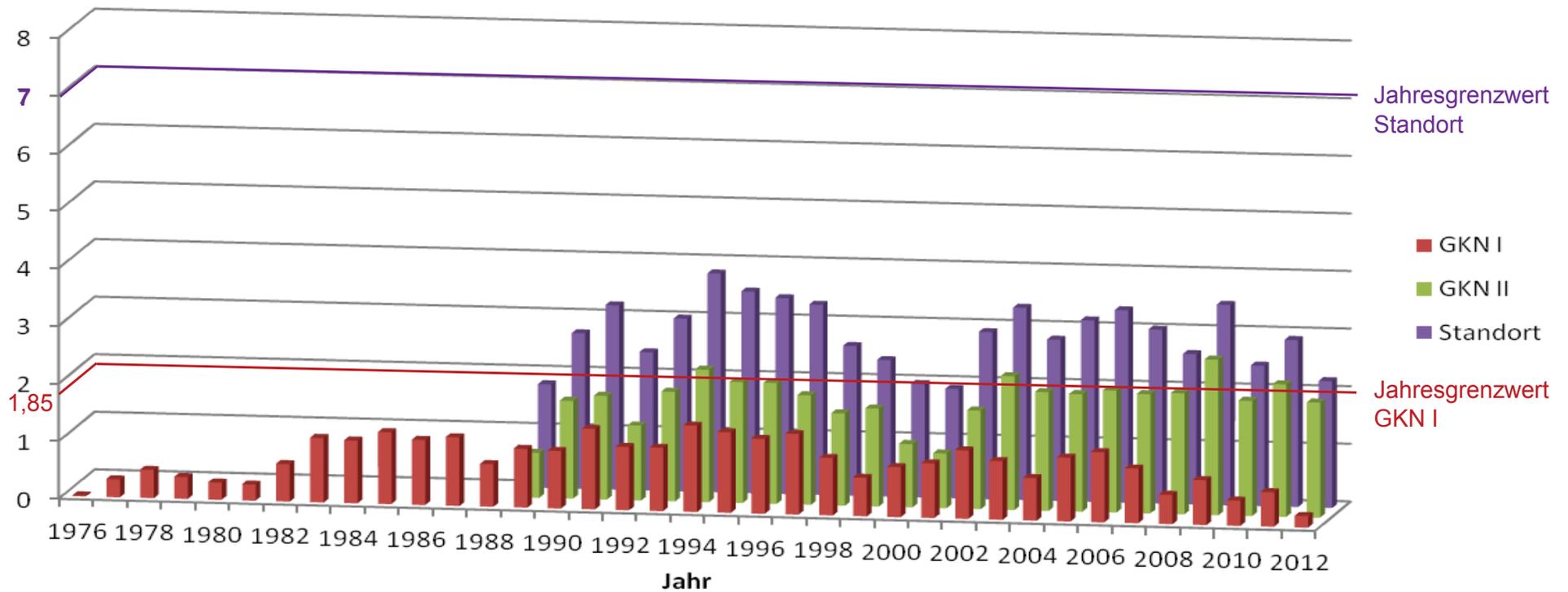
Quelle: EUROPEAN COMMISSION, RADIATION PROTECTION NO 152  
EU Scientific Seminar 2007, "Emerging Issues on Tritium and Low Energy Beta Emitters"



# Tritiumableitungen:

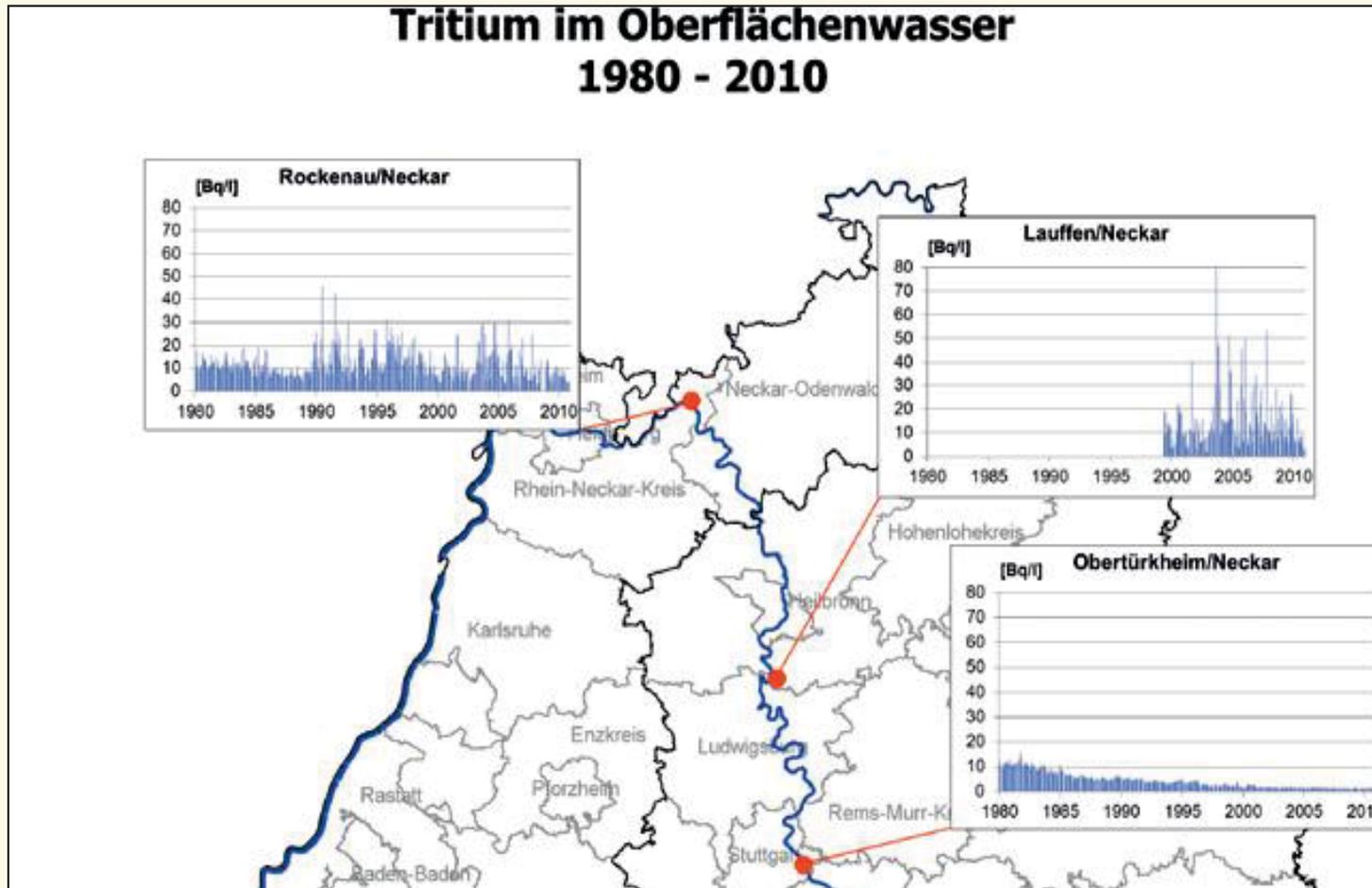
## Abwasser

E13 Bq



# Tritium im Neckar

Messungen im Neckar (Bundeswasserstraße) durch Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)



Zusammensetzung der Gesamtbelastung des Neckar:

- kosmogener Anteil: ca. 4%
- Kernwaffen-Fallout: ca. 29%
- Kernkraftwerke: ca. 67%

Grenzwert für Trinkwasser: 100 Bq/l

T-Gehalt der Niederschläge in den 60ern: ca. 150 Bq/l



Baden-Württemberg

# Tritium-Immissionen

- Messungen durch Betreiber und LUBW (unabhängige Messstelle)
  - <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/2913/>
- Messungen im
  - Auslaufbauwerk
  - Grundwasser / Trinkwasser
    - Betreiber: Brunnen GKN I
    - LUBW: Neckarwestheim, Tiefbrunnen „In der Au“
  - Wein (nur LUBW)
- in den letzten 10 Jahren keine erhöhten Messwerte im Grundwasser, bzw. Trinkwasser oder im Wein (alle Messwerte < 10 Bq/l)



# Dosis für die Bevölkerung:

- Gesamtdosis\*) des **Abwasserpfades** für das Jahr **2009**  
(höchste Tritiumableitung der letzten 10 Jahre:  $3,48 \cdot 10^{13}$  Bq)
- amtliche Werte des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS)

Abwasser GKN	Dosis [mSv]	Grenzwert [mSv]
Effektive Dosis Kleinkind	0,0013	0,3
Effektive Dosis Erwachsener	0,0007	0,3
Mündungsgebiet Neckar (+Rhein)	Dosis [mSv]	Grenzwert [mSv]
Effektive Dosis Kleinkind	0,0015	0,3
Effektive Dosis Erwachsener	0,0009	0,3

\*) Errechnet anhand der realen Ableitungen aller relevanten Nuklide mit dem tatsächlichen Wetter und bezogen auf die Referenzperson aus der AVV zu §47 StrlSchV inkl. der Ablagerungen aus den Vorjahren.

Quelle: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2009; Unterrichtung durch die Bundesregierung



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Gesamtdosis für das Jahr 2011:

## Amtliche Werte zur Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Umgebung des Standortes Neckarwestheim\*)

<b>Abluft</b>	<b>Dosis [mSv]</b>	<b>Grenzwert [mSv]</b>
Organdosis Schilddrüse Kleinkind	0,001	0,9
Effektive Dosis Kleinkind	0,001	0,3
Effektive Dosis Erwachsener	< 0,001	0,3
<b>Abwasser</b>	<b>Dosis [mSv]</b>	<b>Grenzwert [mSv]</b>
Effektive Dosis Kleinkind	0,0011	0,3
Effektive Dosis Erwachsener	0,0006	0,3

\*) Errechnet anhand der realen Ableitungen mit dem tatsächlichen Wetter und bezogen auf die Referenzperson aus der AVV zu §47 StrISchV.

Quelle: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2011; Unterrichtung durch die Bundesregierung

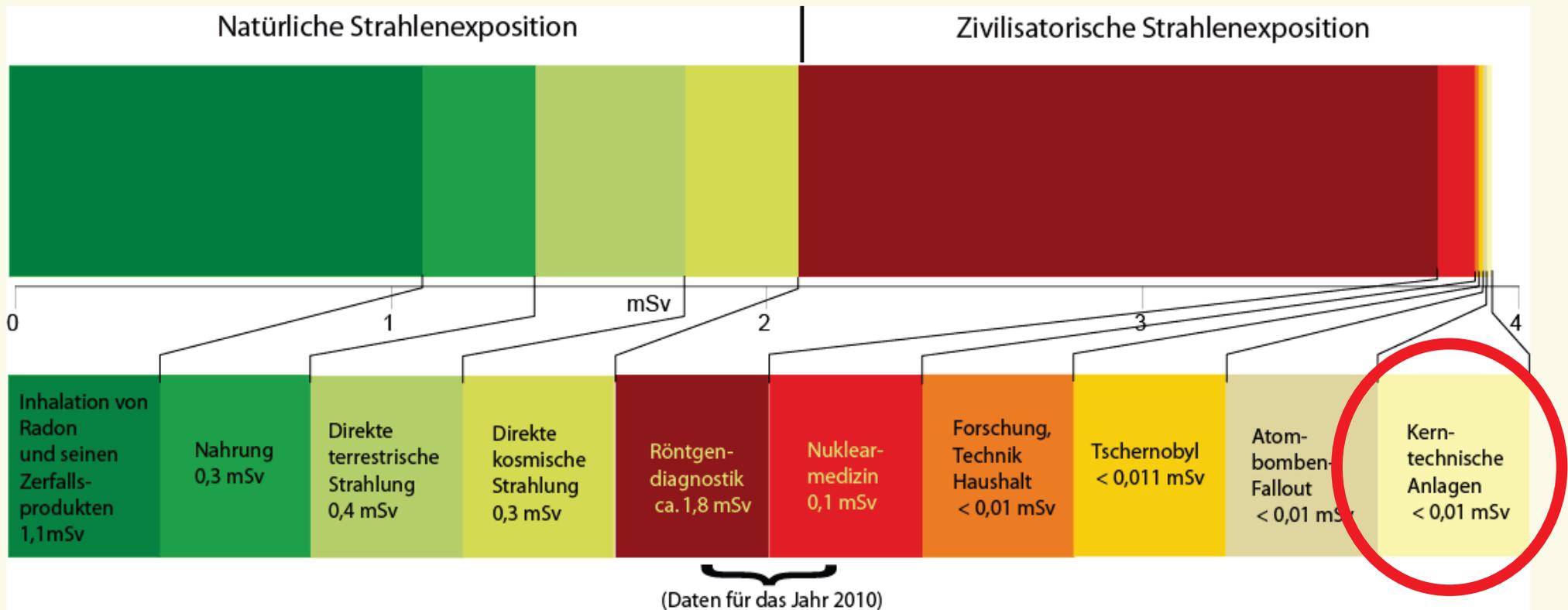


**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Begründung der gesetzlichen Grenzwerte

Effektive Jahresdosis einer Person durch ionisierende Strahlung in Millisievert [mSv] im Jahr 2010, gemittelt über die Bevölkerung Deutschlands und aufgeschlüsselt nach Strahlenursprung



Quelle: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2011; Unterrichtung durch die Bundesregierung



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

# Exkurs: Freigabe nach § 29 StrlSchV

## Begriffsbestimmung (§ 3 Abs. 2 Nr. 15 StrlSchV)

### Freigabe

**Verwaltungsakt, der die Entlassung** radioaktiver Stoffe sowie beweglicher Gegenstände, von Gebäuden, Bodenflächen, Anlagen oder Anlagenteilen, die aktiviert oder mit radioaktiven Stoffen kontaminiert sind und die aus Tätigkeiten nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 Buchstaben a, c oder d stammen, **aus dem Regelungsbereich**

- a) **des Atomgesetzes und**
- b) **darauf beruhender Rechtsverordnungen** sowie verwaltungsbehördlicher Entscheidungen

zur Verwendung, Verwertung, Beseitigung, Innehabung oder zu deren Weitergabe an Dritte **als nicht radioaktive Stoffe bewirkt.**



# De-minimis-Prinzip

- Allgemeines Rechtsprinzip, nach dem Bagatellen nicht in einer Norm geregelt werden:  
*de minimis non curat lex* (Das Recht kümmert sich nicht um Kleinigkeiten)
- Als international anerkannter Maßstab für die „Unbedenklichkeit“ hinsichtlich der zu unterstellenden Wirkungen niedriger Strahlendosen gilt ein Dosiswert von  
„einigen“ **10  $\mu\text{Sv/a}$  (0,01 mSv/a)**  
für die effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung (zum Vergl.: 1 mSv/a für Betrieb eines KKW).  
Der Dosiswert liegt innerhalb der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition (in Deutschland im Mittel ca. 2,1 mSv/a).  
  
Der Wert wurde unter Zugrundelegung von wissenschaftlichen Erkenntnissen der Risikobewertung und aus Überlegungen zur Risikoakzeptanz abgeleitet.  
(IAEA Safety Series No. 89)
- Das de-minimis-Prinzip ist Grundlage der Regelungen zur Freigabe von Stoffen aus dem Regelungsbereich des Atom- bzw. Strahlenschutzrechts.

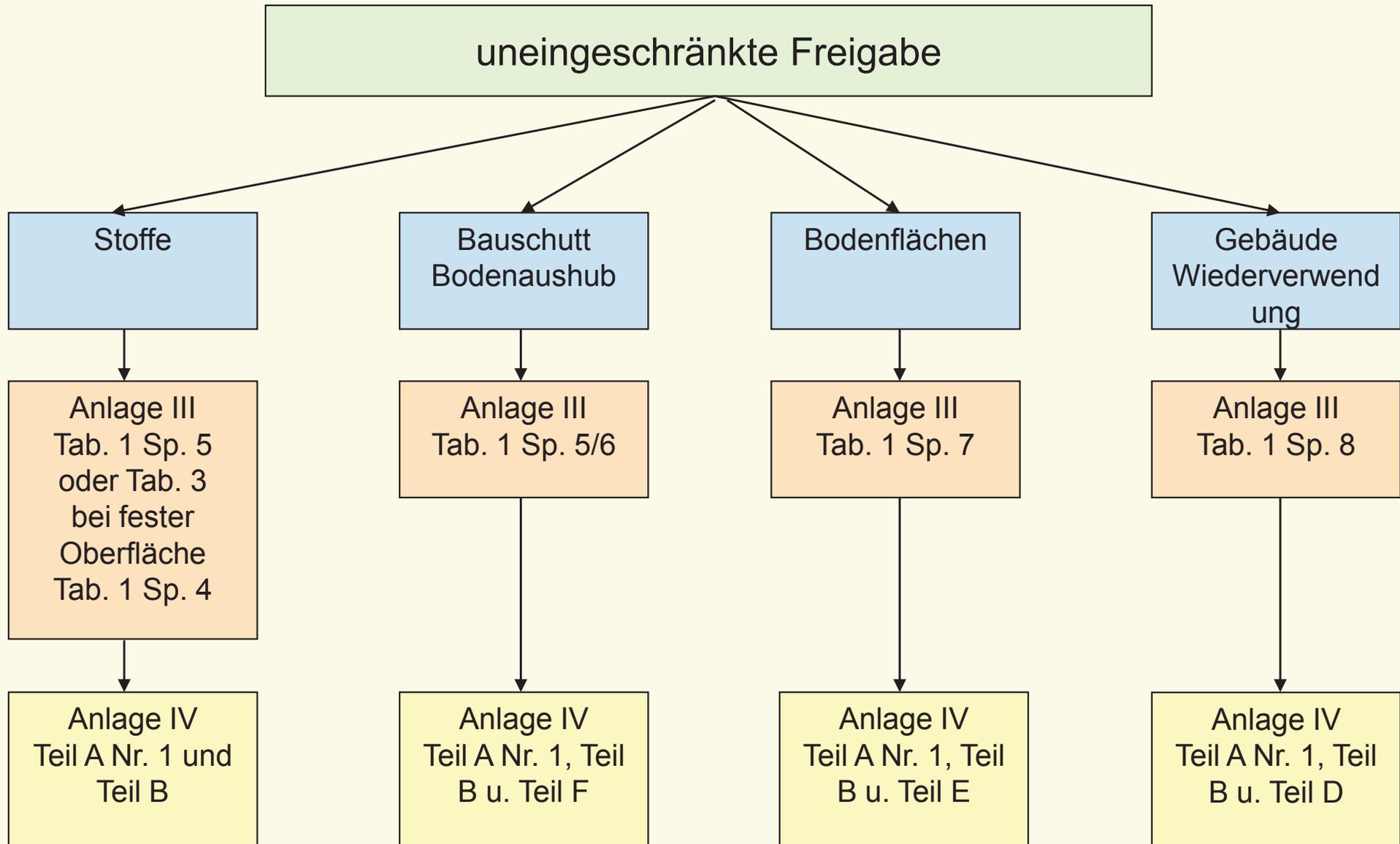


# Grundlagen der Freigabewerte

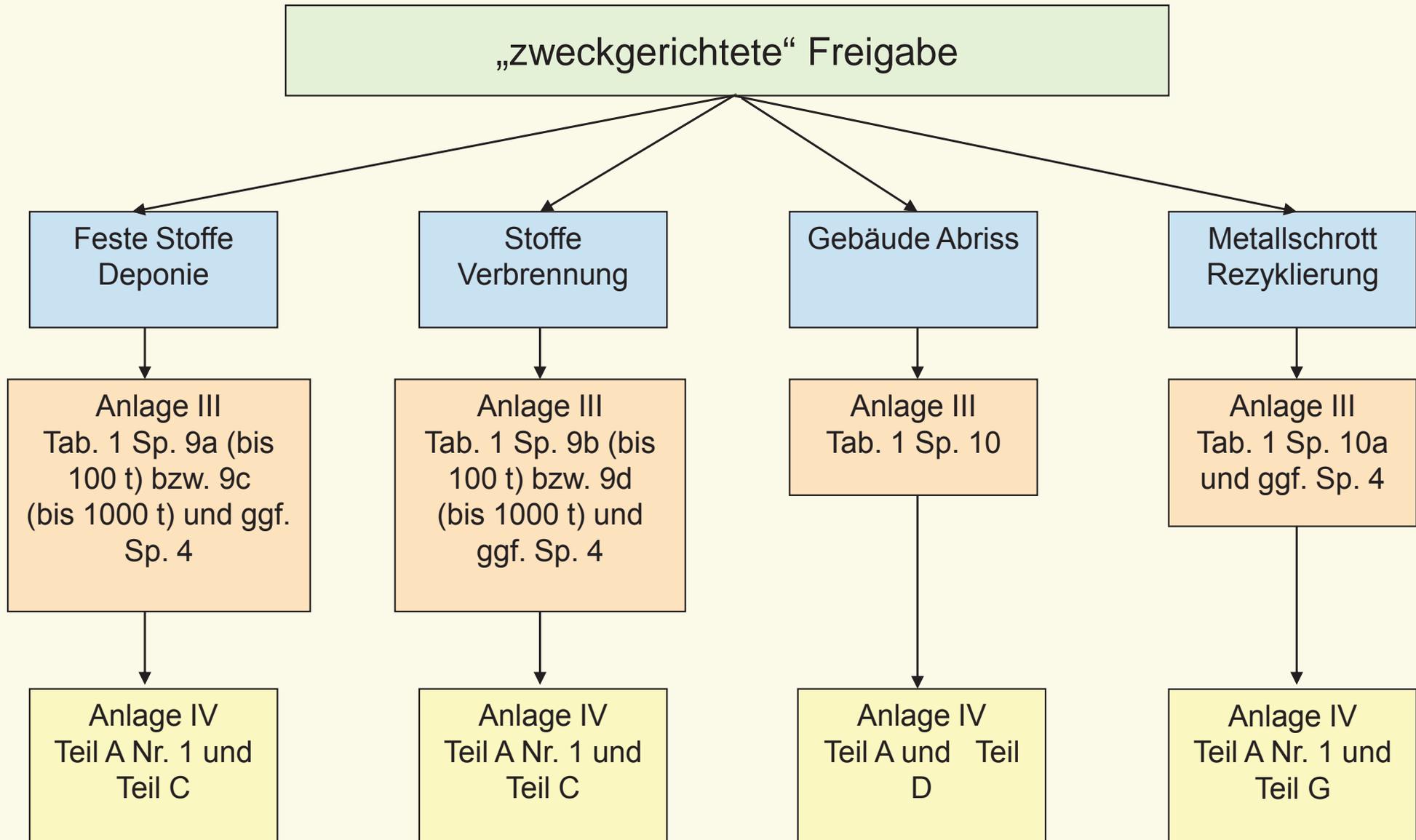
- Die in der Strahlenschutzverordnung enthaltenen Freigabewerte für Aktivitätskonzentrationen und Oberflächenkontaminationen basieren auf Expositionsstudien, die für die verschiedenen Entsorgungs- oder Verwertungswege durchgeführt wurden.
- Man erhält für die jeweils betrachteten Radionuklide eine Beziehung zwischen der Höhe der Anfangskontamination des Ausgangsmaterials und der Strahlenexposition der am höchsten belasteten Personen auf den verschiedenen Expositionspfaden und daraus die maximal zulässige Aktivität oder Oberflächenkontamination des betrachteten Nuklids.
- Freigabewerte hängen von den Entsorgungswegen ab. Man unterscheidet daher **uneingeschränkte** und „**zweckgerichtete**“ **Freigabe**. Bei letzterer können evtl. Expositionspfade ausgeschlossen werden, daher sind höhere Freigabewerte möglich.



# Entsorgungspfade und Freigabewerte



# Entsorgungspfade und Freibewerte



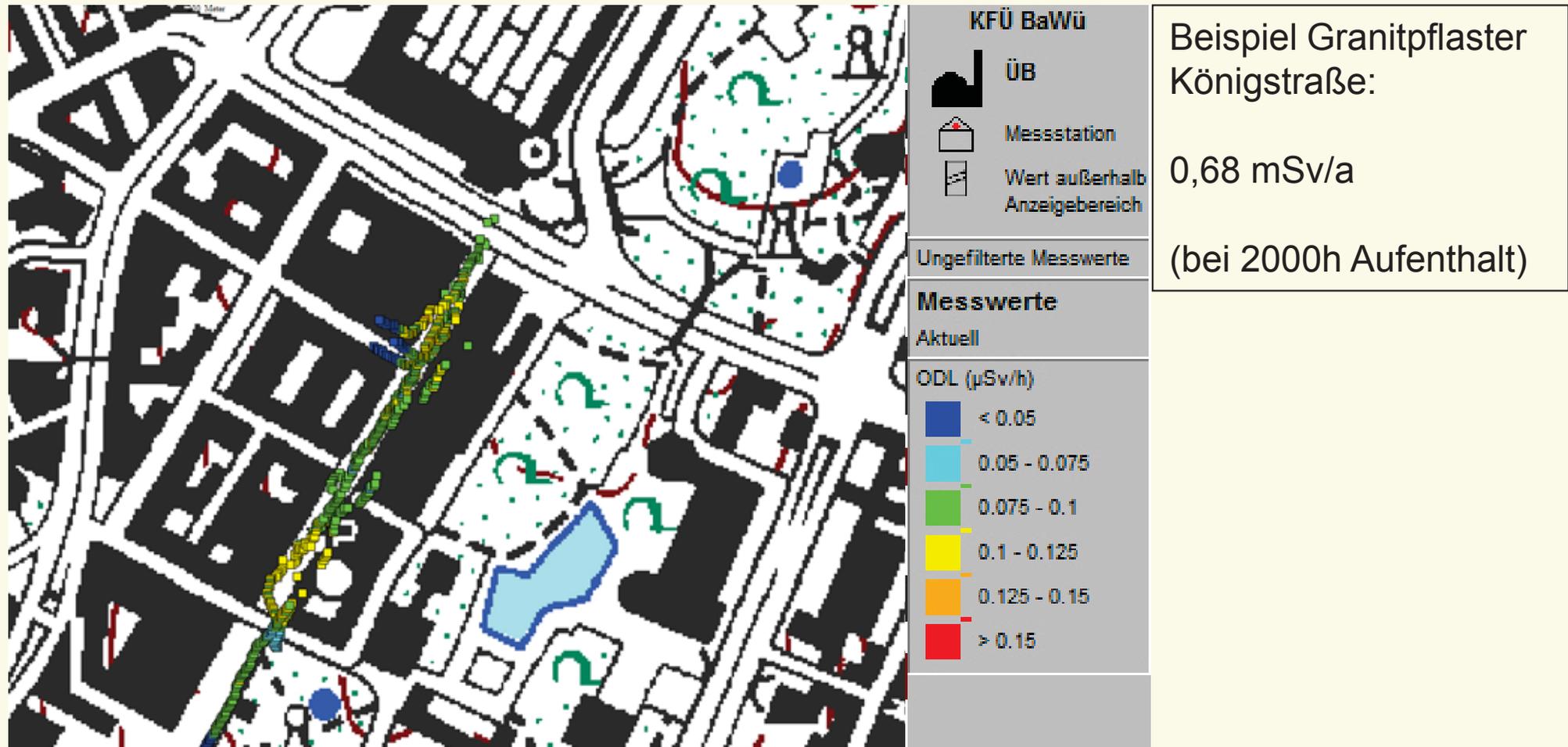
# Freigabe: Überwachung des 10 $\mu$ Sv-Kriteriums

- Anmeldung aller Chargen (Aktivitäts- und Mengenangaben) beim UM (EDV-gestütztes Bilanzierungssystem)
- Meldung an die für die Einhaltung der Strahlenschutzverordnung zuständige oberste Landesbehörde bei Ablieferung des Abfalls in andere Bundesländer
- Einbindung von Sachverständigen:
  - Prüfung von Unterlagen, die Grundlage neu zu erteilender Freigabebescheide sind
  - Einbindung bei Einführung neuer Messsysteme
    - Unterlagenprüfungen
    - Inbetriebnahme- und Funktionsprüfungen
    - Grundsätzliche Verfahrensprüfung im Hinblick auf die DIN-gerechte Einhaltung von Anforderungen an die Qualitätssicherung
  - Teilnahme an wiederkehrenden Prüfungen der Messgeräte
  - Kontrolle der Kalibrierungen und der Messbedingungen
  - Durchführung von Kontrollmessungen
  - Überprüfung der Freigabedokumentation
  - Überprüfung hinsichtlich Einhaltung der Verfahrensvorgaben



# Natürliche Radionuklide in Baumaterialien

Baumaterialien enthalten von Natur aus z. T. erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe:

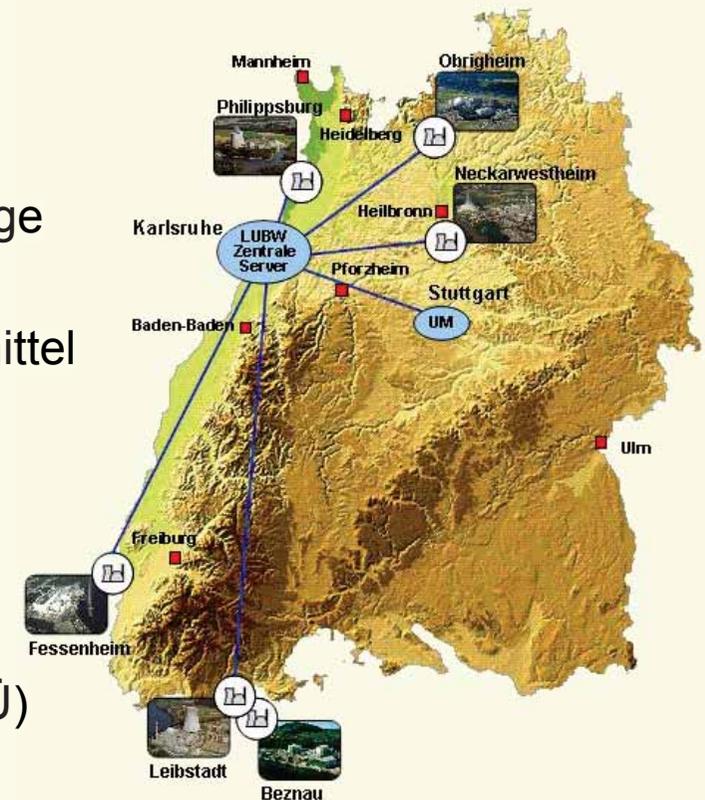


Messfahrt der LUBW vom 22.10.2012 (NBR-Messgerät, ODL terrestrisch)



# Überwachung der Immissionen (KKW)

- Kraftwerksumgebung durch Betreiber (Eigenüberwachung) nach REI\*)
  - Laborproben aller relevanten Umweltmedien und Lebensmittel (Gammasspektrometrie, H-3, Sr-90, I-131)
  - Äußere Strahlung (Ortsdosisleistung, Neutronen- und Gamma-Ortsdosis)
  - In-situ-Gammasspektrometrie (Störfalltraining)
- Kontrolle der Eigenüberwachung nach REI durch unabhängige Messstelle LUBW
  - Laborproben aller relevanten Umweltmedien und Lebensmittel (Gammasspektrometrie, H-3, Sr-90, I-131)
  - Äußere Strahlung (Neutronen- und Gamma-Ortsdosis)
  - In-situ-Gammasspektrometrie (Störfalltraining)
- Überwachung durch die Kernreaktor-Fernüberwachung (KFÜ)

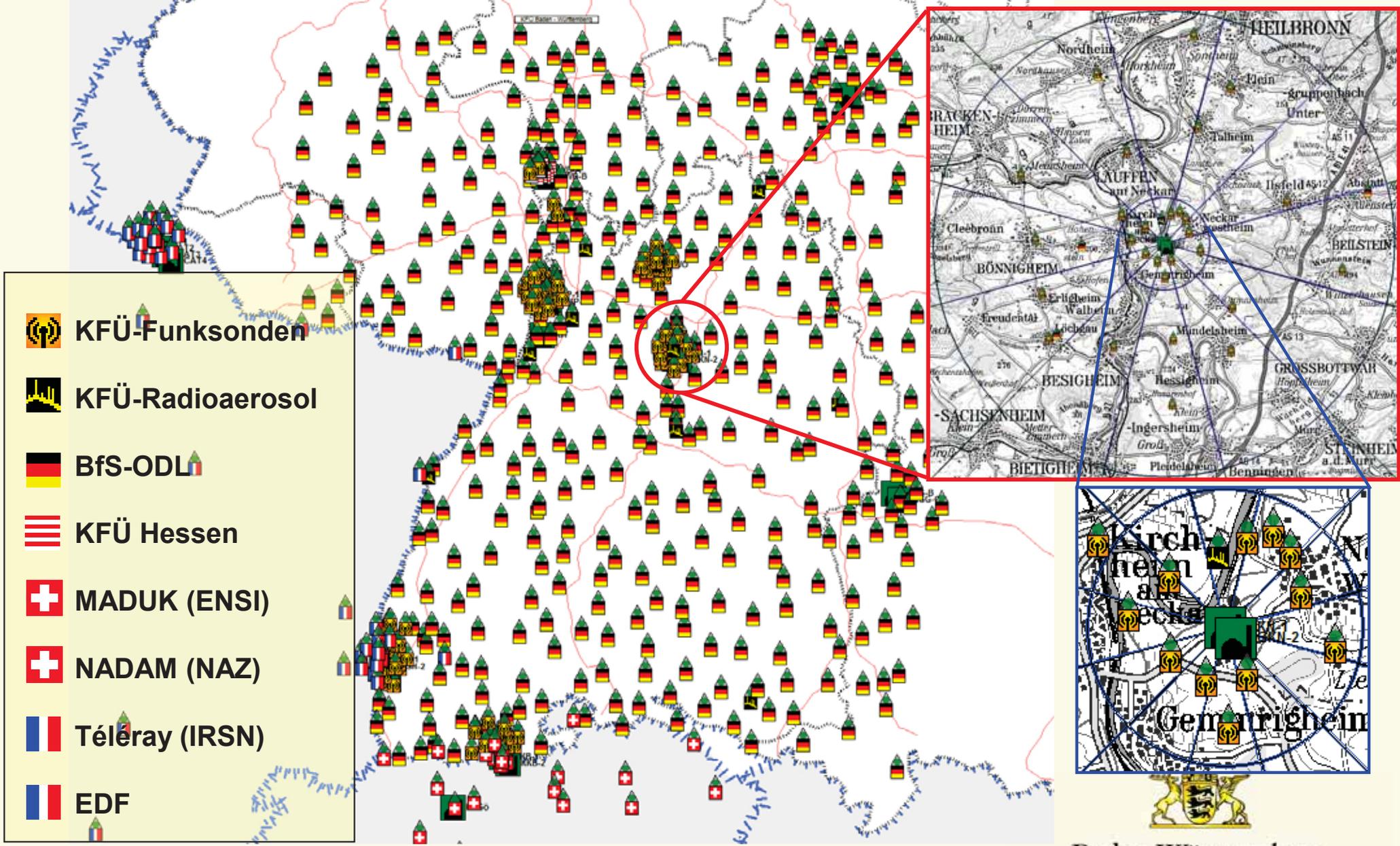


\*) Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Einrichtungen (REI)



# Überwachung der Immissionen

## Übersicht über die im KFÜ verfügbaren Immissions-Messstationen



# Überwachung der Immissionen (allg. Umwelt)

Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität auf Grundlage des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG):

- Messnetze des DWD (Luft, Niederschläge, Boden), des BfS (äußere Strahlung) und des BfG (Bundeswasserstraßen)  
(In-situ,  $\gamma$ -Spektrometrie,  $\alpha$ -Spektrometrie, Gesamt- $\alpha$ , Gesamt- $\beta$ , H-3, Sr-90, ODL)
- Messung von Laborproben aller relevanten Umweltmedien und Lebensmittel durch LUBW sowie CVUA Freiburg und Stuttgart  
(In-situ,  $\gamma$ -Spektrometrie,  $\alpha$ -Spektrometrie, H-3, Sr-90)

Insgesamt ca. 1200 Messungen an ca. 1000 Proben pro Jahr in Baden-Württemberg



# Messaufgaben nach StrVG in BW

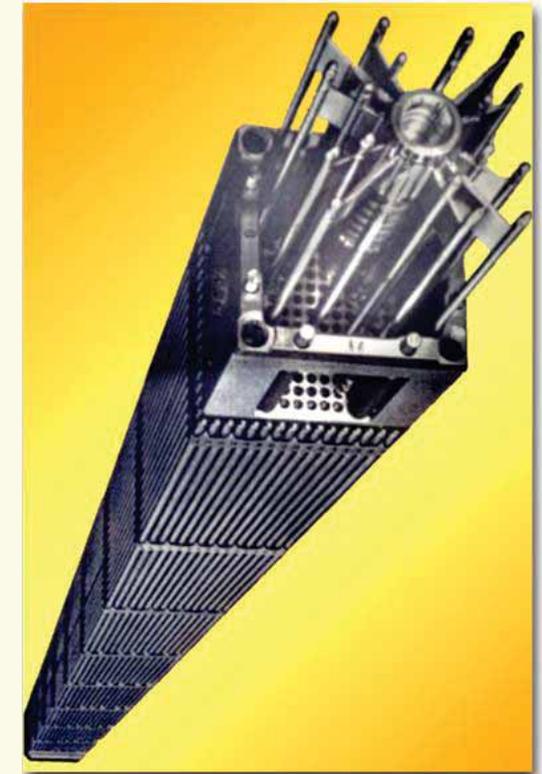
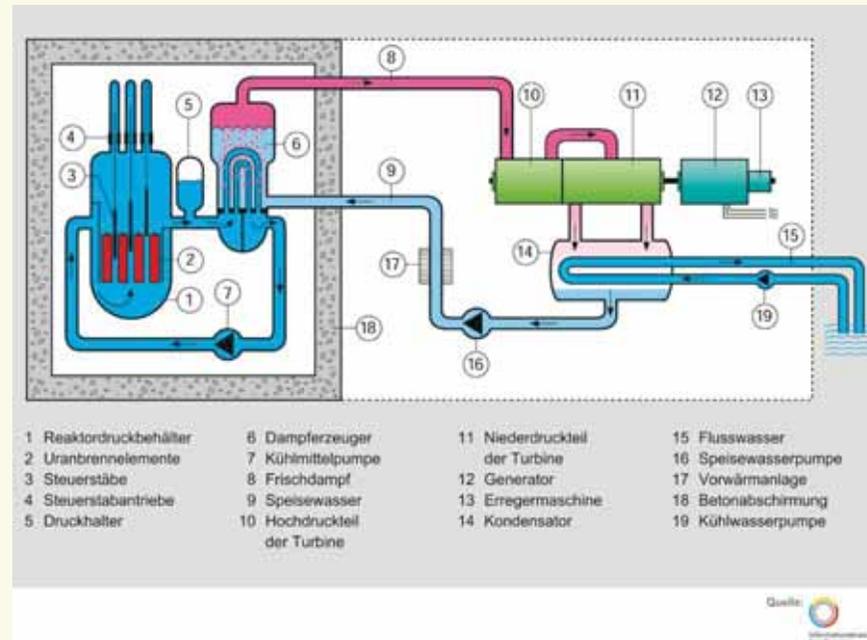
Messinstitution	Medium (Probenanzahl)	Messgröße
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW (LUBW) Landesdatenzentrale & Landesmessstelle 1	Grundwasser (8)	$\gamma$ -, $\alpha$ -Spektrometrie, H-3, Sr-90
	Oberflächenwasser (100) (inkl. Sediment, Schwebstoffe)	$\gamma$ -, $\alpha$ -Spektrometrie, H-3, Sr-90 ( $\gamma$ -Spektrometrie)
	Abwasser (40)	$\gamma$ -, $\alpha$ -Spektrometrie, Sr-90
	Klärschlamm (40)	$\gamma$ -, $\alpha$ -Spektrometrie, Sr-90
	Abfälle (42) (inkl. Sickerw.)	$\gamma$ -Spektrometrie, H-3
	Indikatorpflanzen (25)	$\gamma$ -Spektrometrie
	Boden (In-situ, 25)	In-situ- $\gamma$ -Spektrometrie
Chemische- und Veterinäruntersuchungsämter (CVUA) Stuttgart & Freiburg Landesmessstellen 2 & 3	Lebensmittel (609)	$\gamma$ -Spektrometrie, Sr-90
	Futtermittel (73)	$\gamma$ -Spektrometrie, Sr-90
	Trinkwasser (29)	$\gamma$ -, $\alpha$ -Spektrometrie, H-3, Sr-90
	Boden (Labor, 25)	$\gamma$ -Spektrometrie, Sr-90
	(Arzneimittel)	
	(Bedarfsgegenstände)	

Probenmengengerüst im Routinemessprogramm nach AVV-IMIS pro Jahr



# Überwachung von Nukliden mit $\alpha$ -Strahlung

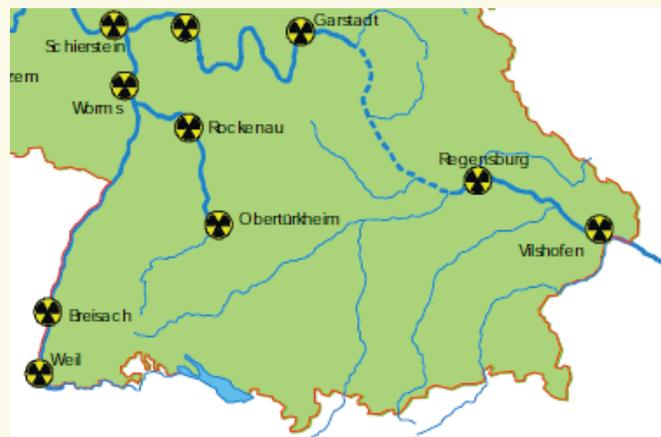
- $\alpha$ -Strahlung nur bei Inkorporation problematisch, dann aber besonders gefährlich (Strahlungswichtungsfaktor 20)
- spielen im Normalbetrieb keine Rolle:
  - eingebunden in der Kristallstruktur des Brennstabes
  - als Oxide praktisch wasserunlöslich
  - Entfernung über die Kühlmittelreinigung
  - Oxide nicht flüchtig
- Umfangreiche Messungen nur im Stör-/Unfall vorgesehen



Brennelement (Abb. EnKK)

# Überwachung von $\alpha$ -Strahlern

- Detektion von  $\alpha$ -Strahlern messtechnisch schwierig, da diese Nuklide oft nur schwache oder gar keine  $\gamma$ -Strahlung aussenden.
- $\alpha$ -Spektrometrie erfordert hohen Aufwand bei der Probenaufbereitung
- Überwachung der Emissionen auf  $\alpha$ -Strahler (Betreiber und BfS)
  - Abluft:  $\alpha$ -Spektrometrie
  - Abwasser: Gesamt- $\alpha$
- Überwachung der Immissionen auf  $\alpha$ -Strahler (i.d.R. nur Trainingsmessungen):
  - REI: keine Messungen vorgesehen (außer FZK)
  - § 3 StrVG: Grundwasser, Oberflächenwasser, Trinkwasser, Abwasser, Klärschlamm (alle  $\alpha$ -Spektrometrie, nicht flächendeckend, nur wenige Proben)
  - § 2 StrVG: Oberflächenwasser Gesamt- $\alpha$  (BfG-Messstelle Rockenau) (bei Schwellwertüberschreitung  $\alpha$ -Spektrometrie)



(Abb. BfG)



# Messung von Sedimentproben aus dem Neckar

- April 2008 Zusage des UM an BBMN, Sedimentproben aus dem Neckar auf  $\alpha$ -strahlende Nuklide hin zu untersuchen.
- Problem: es existieren nur zertifizierte Messverfahren für  $\alpha$ -Spektrometriemessungen an Sedimenten im Stör-/Unfall
- Um im Normalbetrieb die geforderten Nachweisgrenzen zu erreichen, müssen sehr große Mengen Sediment verarbeitet werden -> herkömmliche Probenaufbereitung ist ungeeignet
- Siehe Folien LUBW



## Zusammenfassung:

1. Die Behörden in der Bundesrepublik Deutschland verfügen über mehr als 50 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der Radioaktivitätsüberwachung.
2. Der Betrieb der Kernkraftwerke wurde seit jeher intensiv überwacht.
3. Die Grenzwerte in der Strahlenschutzverordnung setzen den internationalen Erkenntnisstand um.
4. Die Grenzwerte (Genehmigungswerte) der kommerziellen Kernkraftwerke in Baden-Württemberg wurden immer eingehalten und i.d.R. deutlich unterschritten.
5. Die realen Ableitungen der kommerziellen Kernkraftwerke im Normalbetrieb sind sehr klein im Vergleich zu den Schwankungen der natürlichen Radioaktivität.
6. Im Rahmen der umfangreichen Immissionsmessungen in Baden-Württemberg gibt es bislang keine bedenklich erhöhten Messwerte, die ihre Ursache im Betrieb der hiesigen Kernkraftwerke haben.

