

**Radiologische und regulatorische  
Grundlagen der Freigabe**

**- Dosiskriterium und Freigabewerte -**

Dosiskriterium für die Freigabe:

**Durch eine Freigabe darf keine Person der Bevölkerung  
– auch kein Kleinkind –  
im Kalenderjahr eine effektive Dosis erhalten, die den Bereich von 10  $\mu\text{Sv}$   
überschreitet.**

- Begründung: Risiko dieser Dosis so gering, dass auf Regulierung verzichtet werden kann (Maßnahmen zur Vermeidung wären nicht mehr verhältnismäßig).
- Dieses Prinzip („De minimis-Konzept“ – das Gesetz kümmert sich nicht um Geringfügigkeiten) ist etabliertes Rechtsprinzip und wird auch außerhalb des Strahlenschutzes angewendet.
- Das Dosiskriterium wird international angewendet, z. B. auch in den Euratom-Strahlenschutzgrundnormen der EU.

### Wie groß ist das zugelassene Risiko?

- „Risiko“ bedeutet: Wahrscheinlichkeit eines Schadens (schwerwiegende Erkrankung, Tod, Erbschaden) durch eine Dosis von 10  $\mu\text{Sv}$
- Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat Risikokoeffizient hergeleitet, der Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere bei einer Strahlenexposition umfasst („Detriment“)
- Dabei Annahme: Es gibt keine Wirkungsschwelle der Strahlung – jede noch so geringe Dosis führt mit gewisser Wahrscheinlichkeit zu einem Schaden (= sehr vorsichtige Annahme, da bisher kein wissenschaftlicher Beweis für Schäden bei einer Dosis von 10  $\mu\text{Sv}$  vorhanden)

### **Fortsetzung: Wie groß ist das zugelassene Risiko?**

- Mit dieser vorsichtigen Annahme bei 10 µSv ein Risiko von

$$5,7 \cdot 10^{-7} = 0,00000057 = 1:1,75 \text{ Millionen}$$

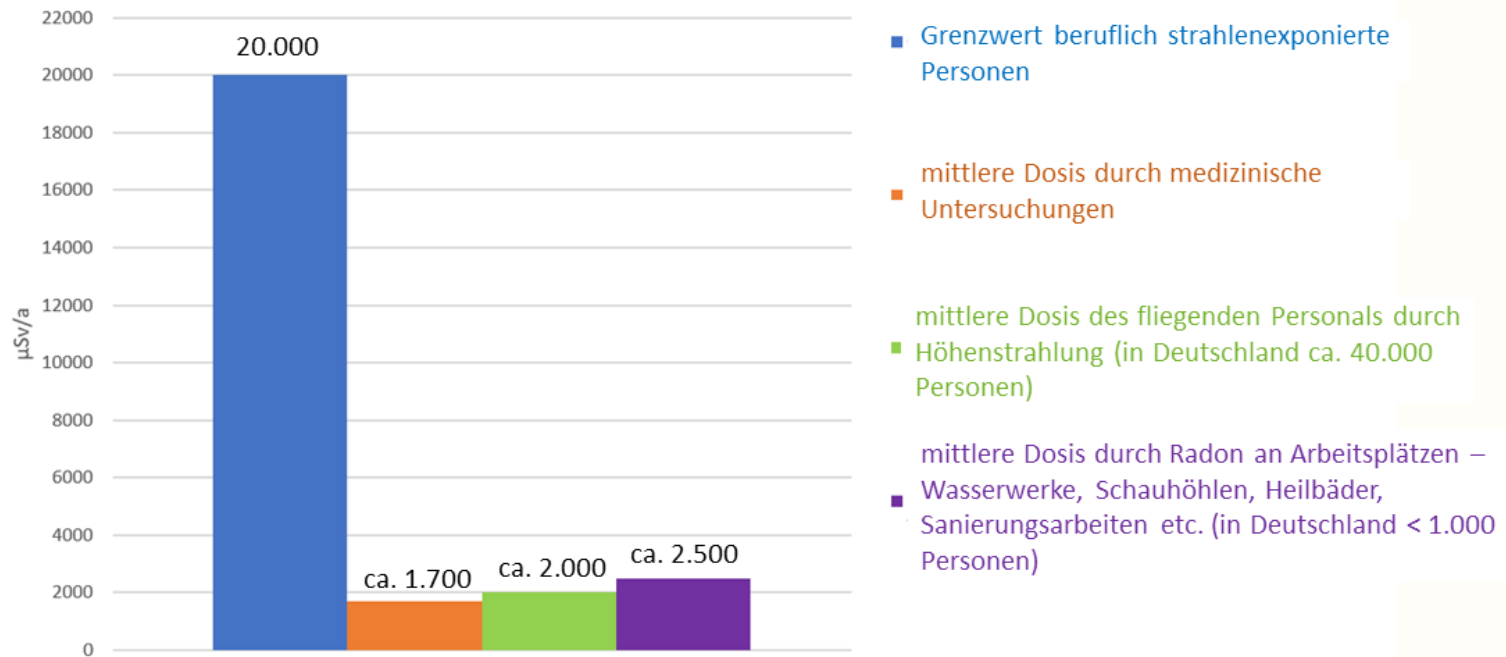
- Risiko sehr niedrig im Vergleich mit vielen anderen Risiken – Aufwand für noch weitere Reduzierung nicht mehr als verhältnismäßig gesehen
- Wahrscheinlichkeit, dass eine Person überhaupt eine Dosis aus einer Freigabe erhält, ist in diesem Risiko nicht enthalten – das Risiko ist dadurch noch deutlich niedriger

# Wie groß ist eine Dosis von 10 $\mu\text{Sv}$ im Jahr im Verhältnis zu anderen Dosen?

- Zugelassene und tatsächliche Dosis für besondere Personengruppen

# Dosiskriterium

Dosisgrenzwerte und Dosis besonderer Bevölkerungsgruppen

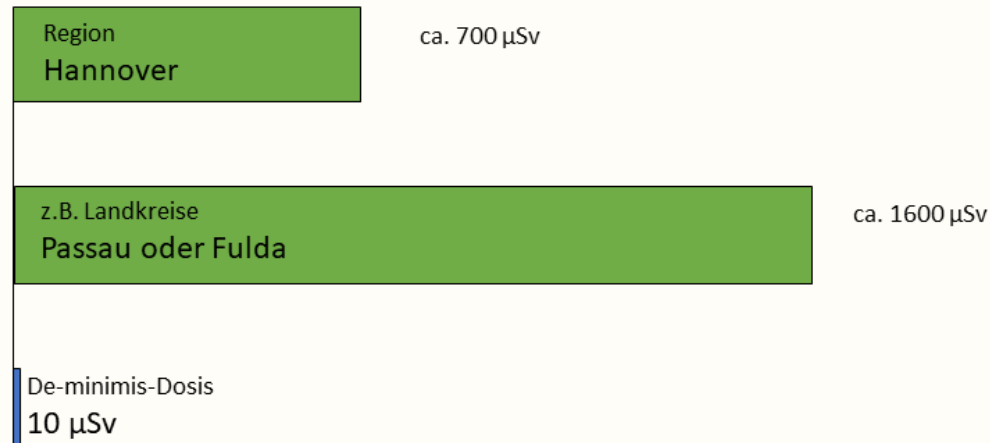


# Wie groß ist eine Dosis von 10 $\mu\text{Sv}$ im Jahr im Verhältnis zu anderen Dosen?

- Unterschied der natürlichen Dosis an verschiedenen Orten in Deutschland (nachfolgendes Beispiel ist kein Extremfall!)

## Dosiskriterium

---



### **Abschätzung des durchschnittlichen Beitrags zur mittleren jährlichen natürlichen Dosis durch Radon in Wohnungen**

Quelle: ESK-Informationspapier zur Freigabe

[https://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/ESK\\_Informationspapier\\_Freigabe\\_Kurzfassung\\_ESK101\\_06.10.2022.pdf](https://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/ESK_Informationspapier_Freigabe_Kurzfassung_ESK101_06.10.2022.pdf)



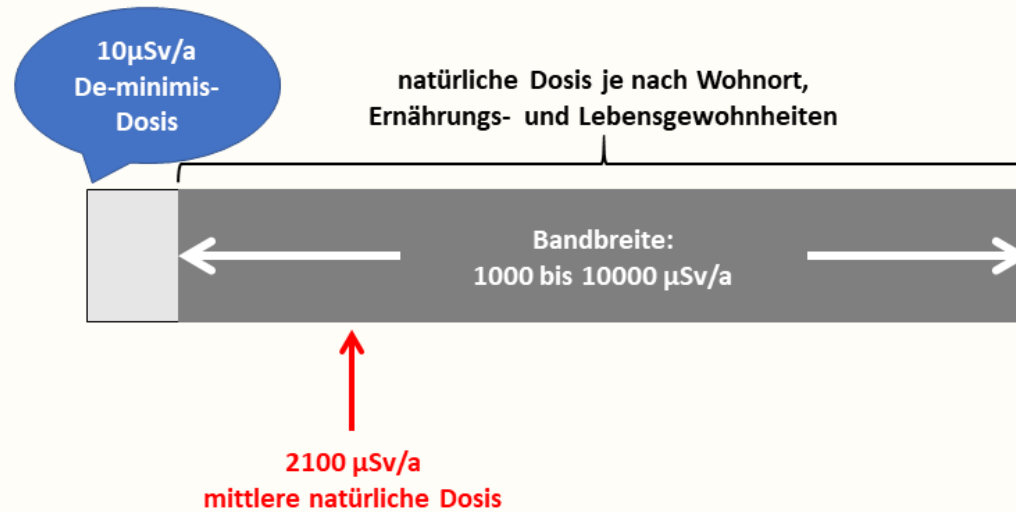
# Wie groß ist eine Dosis von 10 $\mu\text{Sv}$ im Jahr im Verhältnis zu anderen Dosen?

Bisweilen wird behauptet: Mensch im Laufe der Evolution an die natürliche Dosis „gewöhnt“ (wissenschaftlich aber nicht belegt!), nicht aber an die zusätzliche künstliche Dosis.

Aber: Wenn zusätzliche Dosis sehr viel kleiner ist als die Schwankungsbreite der natürlichen Dosis gibt es entweder keine Gewöhnung oder eine Gewöhnung an eine Dosis einschließlich einer zusätzlichen von 10  $\mu\text{Sv}$  im Jahr.

- Vergleich mit Schwankungsbreite der natürlichen Dosis

## Dosiskriterium



### Schwankungsbreite der jährlichen natürlichen Dosis in Deutschland

Quelle: ESK-Informationspapier zur Freigabe

[https://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/ESK\\_Informationspapier\\_Freigabe\\_Kurzfassung\\_ESK101\\_06.10.2022.pdf](https://www.entsorgungskommission.de/sites/default/files/reports/ESK_Informationspapier_Freigabe_Kurzfassung_ESK101_06.10.2022.pdf)

### Freigabewerte

- Dosis von 10  $\mu\text{Sv}$  im Jahr ist nicht messbar
- auch Belastungen, die erst in (ferner) Zukunft auftreten, müssen begrenzt werden

Lösung:

- Dosis wird durch Modellierung abgeschätzt
- Dosis wird umgerechnet in Radioaktivität, die freigegebenes Material noch haben darf (= „Freigabewerte“)

## Freigabewerte

In der Strahlenschutzverordnung sieht das dann so aus:

Radionuklid	Freigrenze in Bq	Freigrenze, uneingeschränkte Freigabe von festen u. flüssigen Stoffen in Bq/g	Aktivität HRQ in TBq	Oberflächenkontamination in Bq/cm <sup>2</sup>	spezifische Freigabe von									Halbwertszeit
					Bauschutt von mehr als 1.000 Mg/a in Bq/g	Bodenflächen in Bq/g	festen Stoffen bis zu 100 Mg/a zur Beseitigung auf Deponien in Bq/g	Stoffen bis zu 100 Mg/a zur Besei- tigung in Verbrennungsanlagen in Bq/g	festen Stoffen bis zu 1000 Mg/a zur Beseitigung auf Deponien in Bq/g	Stoffen bis zu 1000 Mg/a zur Besei- tigung in Verbrennungsanlagen in Bq/g	Gebäuden zur Wieder- und Weiterverwendung in Bq/cm <sup>2</sup>	Gebäuden zum Abriss in Bq/cm <sup>2</sup>	Metallschrott zur Rezyklierung in Bq/g	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Co-55	1 E+6	1 E+1	3 E-2	1	1 E-1						1	1 E+3	1 E+1	17,5 h
Co-56	1 E+5	1 E-1	2 E-2	1	6 E-2	2 E-2	4	5	1	1	1	6	4 E-1	77,3 d
Co-57	1 E+6	1	7 E-1	1 E+1	3	8 E-1	1 E+2	1 E+2	5 E+1	5 E+1	1 E+1	1 E+2	2 E+1	271,8 d
Co-58	1 E+6	1	7 E-2	1	2 E-1	8 E-2	1 E+1	1 E+1	5	5	1	3 E+1	1	70,9 d
Co-58m	1 E+7	1 E+4	7 E-2	1 E+2	1 E+4						1 E+3	1 E+9	1 E+4	8,9 h
Co-60	1 E+5	1 E-1	3 E-2	1	9 E-2	3 E-2	6	7	2	2	4 E-1	3	6 E-1	5,3 a
Co-60m	1 E+6	1 E+3		1 E+2	6 E+1						1 E+3	7 E+7	1 E+3	10,5 m
Co-61	1 E+6	1 E+2		1 E+1	4						1 E+1	5 E+5	1 E+2	1,7 h
Co-62m+	1 E+5	1 E+1		1	8 E-2						1	7 E+4	1 E+1	13,9 m
Ni-56	1 E+6	1 E+1												6,1 d
Ni-57	1 E+6	1 E+1												35,9 h
Ni-59	1 E+8	1 E+2	1 E+3	1 E+2	3 E+2	8	3 E+3	1 E+4	3 E+2	3 E+3	1 E+3	9 E+4	1 E+4	7,6 E+4 a
Ni-63	1 E+8	1 E+2	6 E+1	1 E+2	3 E+2	3	1 E+4	6 E+4	1 E+3	6 E+3	1 E+3	4 E+4	1 E+4	100,6 a

*kleiner Auszug aus einer sehr langen Tabelle*

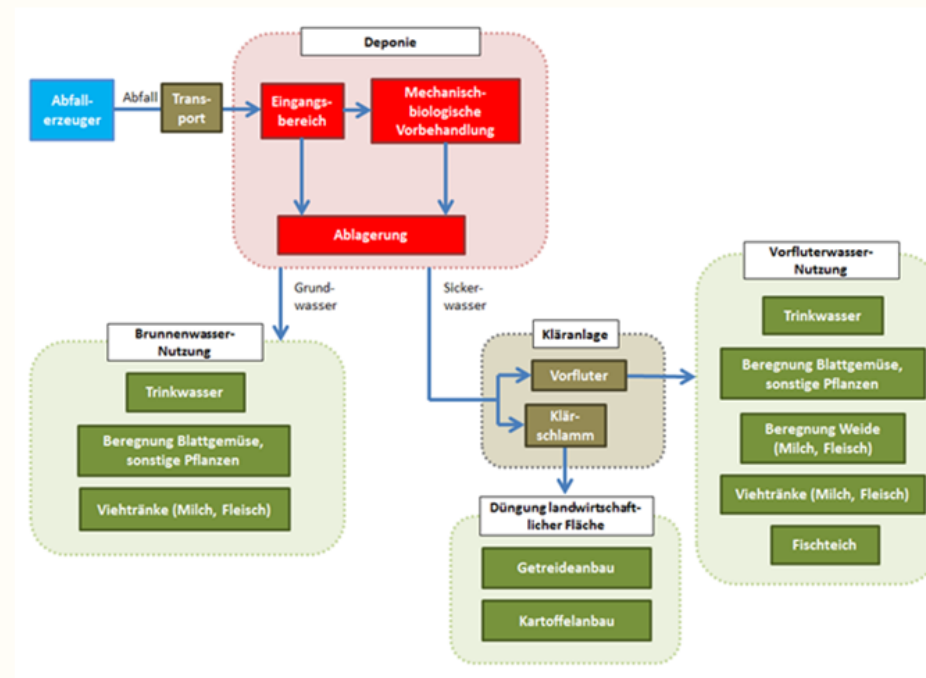
## Freigabewerte

- Freigabewerte sind Werte in Bq/g (massenbezogene Aktivität) oder Bq/cm<sup>2</sup> (flächenbezogene Aktivität)
- Einhaltung der Werte durch
  - Voruntersuchungen, z. B. historische Recherchen, Probenahmen, Laboranalysen ...
  - und schließlich Entscheidungsmessungen

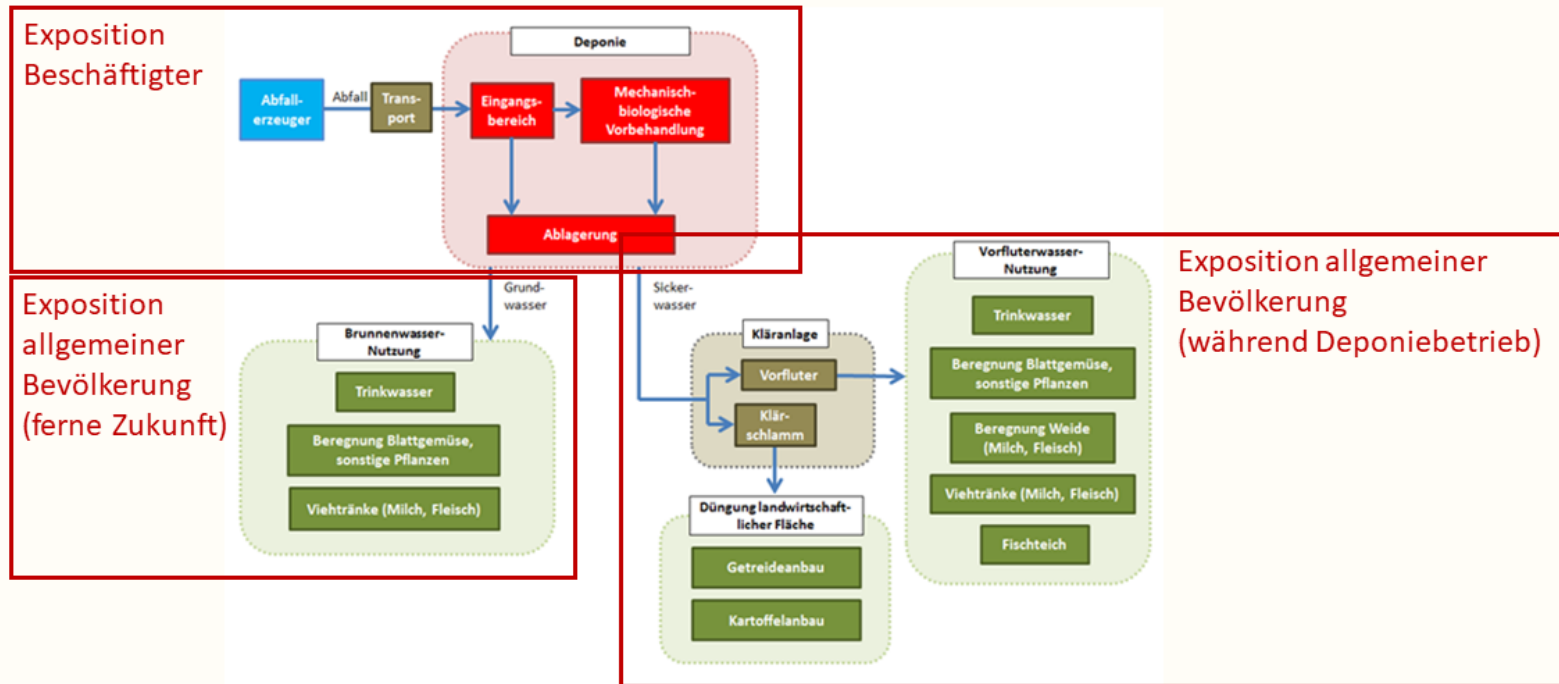
nachweisbar

## Freigabewerte

### Beispiel 1: Herleitung der Freigabewerte für die Beseitigung auf einer Deponie

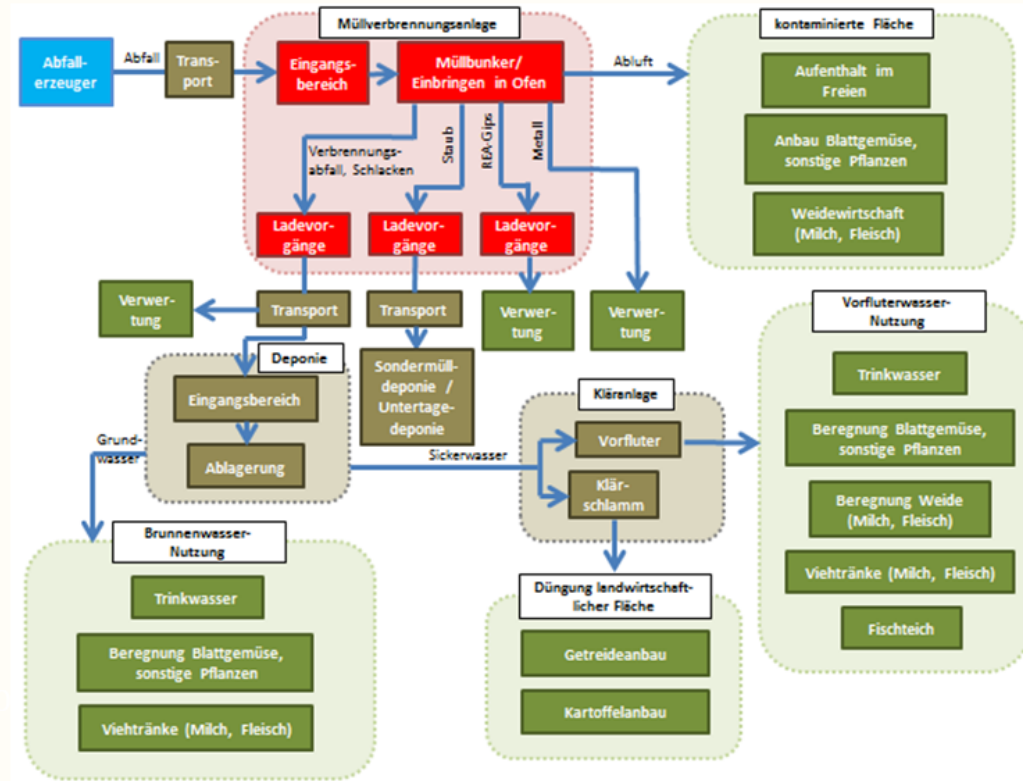


# Freigabewerte



## Freigabewerte

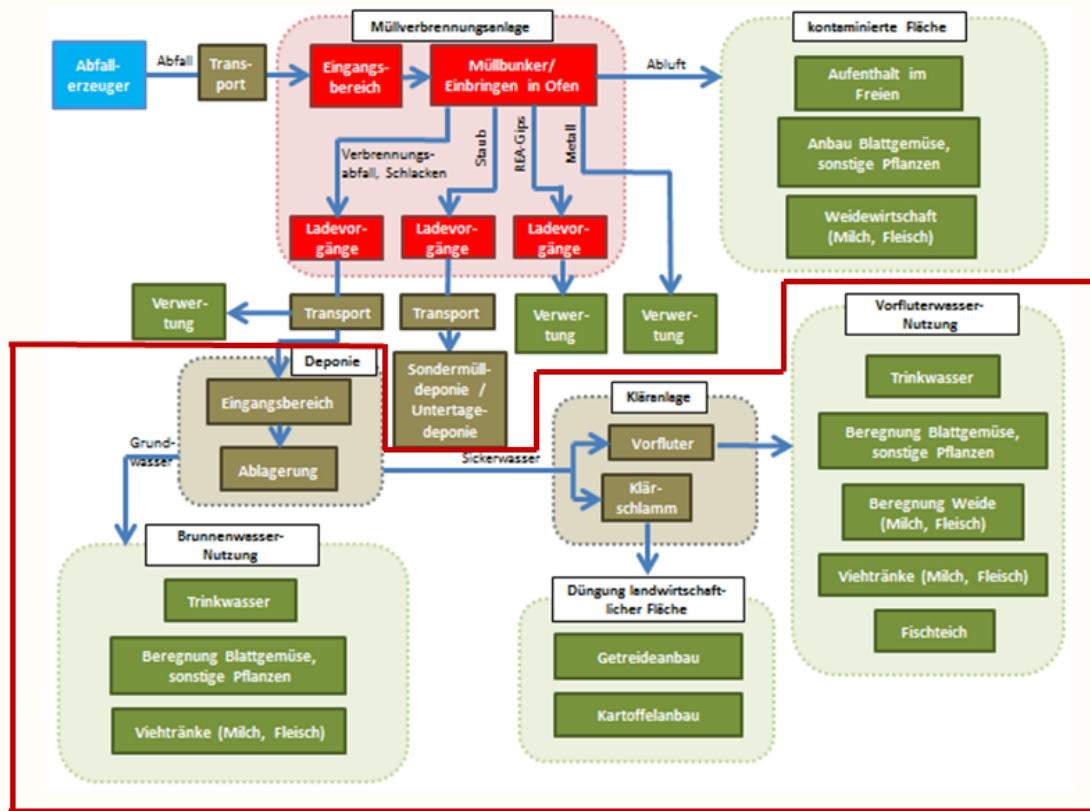
**Beispiel 2:** Herleitung der Freigabewerte für die Beseitigung in einer Verbrennungsanlage





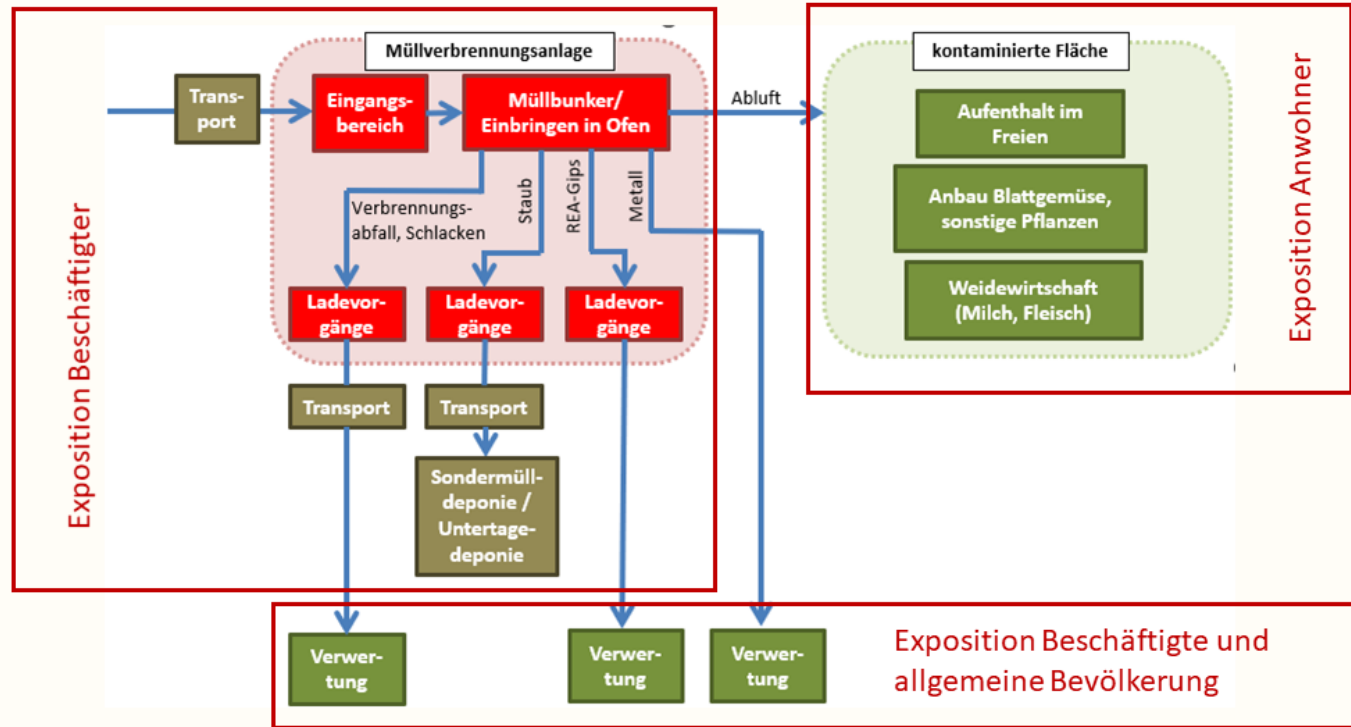
# Freigabewerte

Deponierung  
 Verbrennungsabfall/Schlacken



# Freigabewerte

## ohne Szenarien Deponierung Verbrennungsabfall/Schlacken



## Freigabewerte

---

- Bei der Modellierung oft viele Expositionspfade betrachtet, die unterschiedliche Personen der Bevölkerung sowie Zeiträume betreffen, z. B.
  - Beschäftigte beim Transport
  - Beschäftigte in einer Entsorgungsanlage
  - Anwohner im Umfeld einer Entsorgungsanlage (z. B. Dosis durch auf Nahrungsmitteln abgelagerte Radionuklide an einer Verbrennungsanlage)
  - Anwohner in größerer Entfernung einer Entsorgungsanlage (z. B. Dosis durch eine Trinkwasserentnahme aus einem Gewässer, in das Deponiesickerwasser über eine Kläranlage gelangt)
  - Anwohner im Umfeld einer Entsorgungsanlage in ferner Zukunft (z. B. Dosis nach Versagen einer Deponiebasisabdichtung nach mehr als 100 Jahren)

## Freigabewerte

---

- Bei der Modellierung viele Expositionspfade betrachtet, die unterschiedliche Personen der Bevölkerung sowie Zeiträume betreffen
- Auch für die höchstexponierte Person innerhalb aller betrachteter Zeiträume darf die Dosis nicht mehr als  $10 \mu\text{Sv/a}$  betragen – diese Person bestimmt den Freigabewert
- Für alle anderen Personen(gruppen) meist erheblich geringere Dosis als  $10 \mu\text{Sv/a}$  möglich
- Bei Deponie und üblichen Radionukliden aus der Kerntechnik z. B. für Anwohner sehr viel niedrigere mögliche Dosis gegenüber Beschäftigten bei Transport und auf der Deponie

## Freigabewerte

---

- Bei der Modellierung immer große Gesamtmasse betrachtet
- Wegen häufigem Missverständnis ein Beispiel:
  - Freigabe mit den Freigabewerten für bis zu 1000 t/a zur Deponierung
  - 10  $\mu\text{Sv/a}$  sind eingehalten, wenn 1000 t/a mit maximal zugelassener massenbezogener Aktivität auf einer Deponie abgelagert werden
  - Bei 25 t/LKW kann 1 LKW maximal „0,25  $\mu\text{Sv/a}$  anliefern“
  - Sind am Jahresende z. B. nur 700 t angeliefert worden, kann die Dosis nicht größer als 7  $\mu\text{Sv/a}$  sein

## Freigabewerte

---

- Die Modellierung bei der Herleitung der Freigabewerte ist sehr komplex und es fließt eine Vielzahl von Randbedingungen ein
- Nach deutschem Strahlenschutzrecht muss vorrangig das Dosiskriterium eingehalten werden, bei Zweifeln im Einzelfall der Freigabewert abgesenkt werden
- Daher u. a. in Baden-Württemberg viele Untersuchungen zu den konkreten Entsorgungswegen veranlasst, insbesondere zu Deponien inkl. deren möglicher Nachnutzung

## Langfristige Folgen?

### Wie wirkt sich die Freigabe langfristig als Summe aller dadurch möglichen Dosen auf die Bevölkerung aus?

- Es gab eine Untersuchung des Kollektivrisikos nach dem 1. deutschen Kernenergie-Ausstiegsbeschluss (paralleler Rückbau vieler KKW erwartet)
- Ergebnis: Ohne Annahme einer Wirkungsschwelle im ungünstigsten Jahr nur etwa 0,04 Schadensfälle (Todesfälle/schwerwiegende Erkrankungen), also mit hoher Wahrscheinlichkeit kein einziger Schadensfall
- Zum Vergleich: Ohne Annahme einer Wirkungsschwelle im Zeitraum eines Jahres in Deutschland mehr ca. 10.000 Schadensfälle durch natürliche Strahlung

## Zusammenfassung

---

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

- Konzept der Freigabe beruht auf einem etablierten Rechtsprinzip, dem „De minimis-Konzept“
- Dosiskriterium ( $10 \mu\text{Sv/a}$ ) der Freigabe ist vernachlässigbar gegenüber natürlicher Strahlung und deren Bandbreite
- Zugelassene zivilisatorisch bedingte Dosen sind oft sehr viel höher
- Festlegung der Freigabewerte basiert auf der potenziell maximal exponierten Person in einer Vielzahl von möglichen Szenarien – in den allermeisten Szenarien sind dann nur weit geringere Dosen für die betroffenen Personen(gruppen) möglich
- Beispiel der Deponierung von Abfällen aus der Kerntechnik: Dosis von Transport- und Deponiepersonal bestimmt den Freigabewert, folglich nur weit geringere Dosis von Personen der allgemeinen Bevölkerung möglich
- auch bei Summeneffekten vieler Freigaben sind die Risiken vernachlässigbar



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!