

**Radiologische und regulatorische
Grundlagen der Freigabe**

- Dosiskriterium und Freigabewerte -

Dosiskriterium

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 μ 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 μSv
- 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 μSv vorhanden)

Fortsetzung: Wie groß ist das zugelassene Risiko?

- Mit dieser vorsichtigen Annahme bei 10 µSv ein Risiko von

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

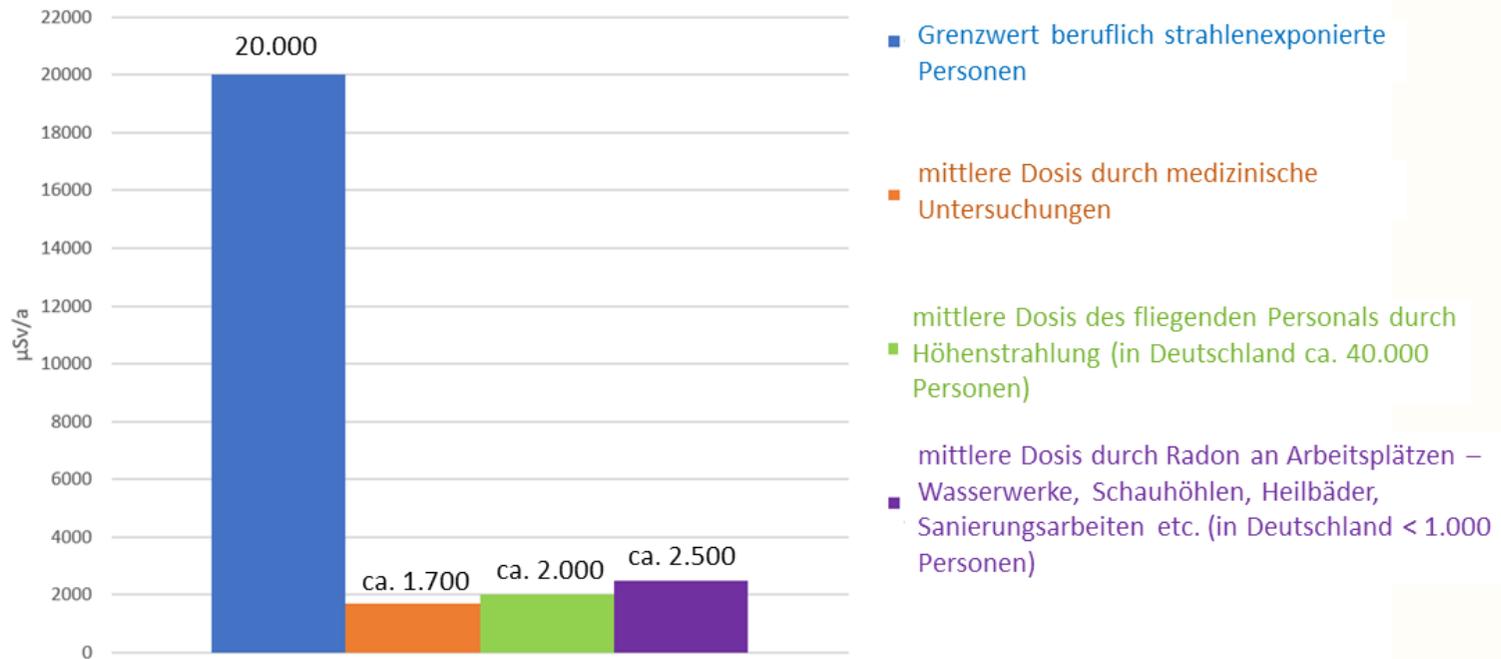
- Risiko sehr niedrig im Vergleich mit vielen anderen Risiken – Aufwand für noch weitere Reduzierung nicht mehr als verhältnismäßig gesehen
- Wahrscheinlichkeit, dass eine Person überhaupt eine Dosis aus einer Freigabe erhält, ist in diesem Risiko nicht enthalten – das Risiko ist dadurch noch deutlich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

Wie groß ist eine Dosis von 10 μSv im Jahr im Verhältnis zu anderen Dosen?

- Zugelassene und tatsächliche Dosis für besondere Personengruppen

Dosiskriterium

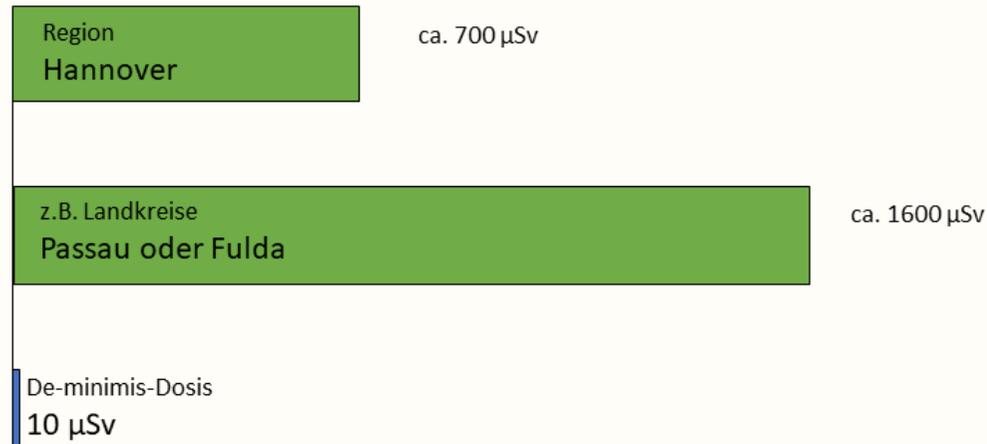
Dosisgrenzwerte und Dosis besonderer Bevölkerungsgruppen



Wie groß ist eine Dosis von 10 μSv 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

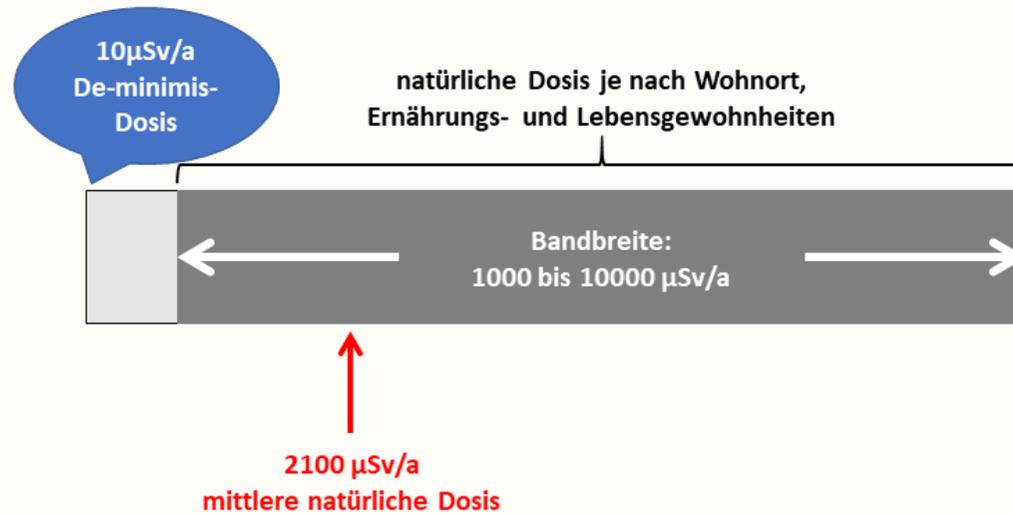
Wie groß ist eine Dosis von 10 μSv im Jahr im Verhältnis zu anderen Dosen?

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 μSv 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

Freigabewerte

- Dosis von 10 μSv 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 ²	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 Beseitigung 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 Beseitigung in Verbrennungsanlagen in Bq/g	Gebäuden zur Wieder- und Weiterverwendung in Bq/cm ²	Gebäuden zum Abriss in Bq/cm ²	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

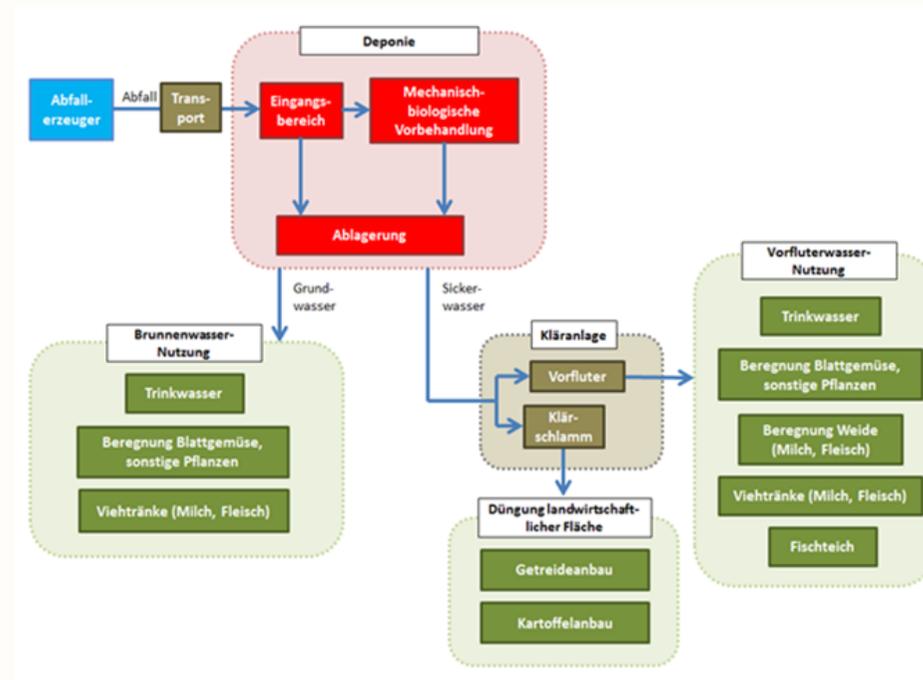
Freigabewerte

- Freigabewerte sind Werte in Bq/g (massenbezogene Aktivität) oder Bq/cm² (flächenbezogene Aktivität)
- Einhaltung der Werte durch
 - Voruntersuchungen, z. B. historische Recherchen, Probenahmen, Laboranalysen ...
 - und schließlich Entscheidungsmessungen

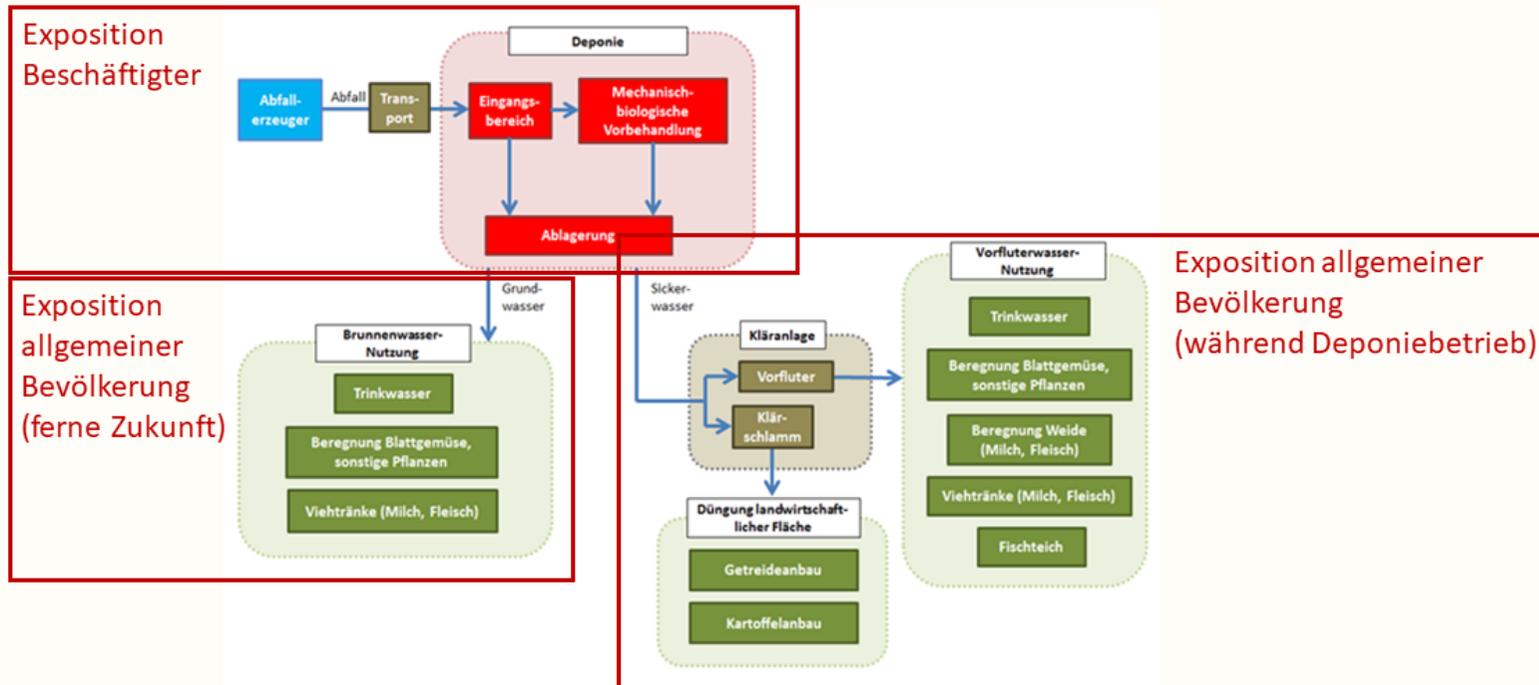
nachweisbar

Freigabewerte

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

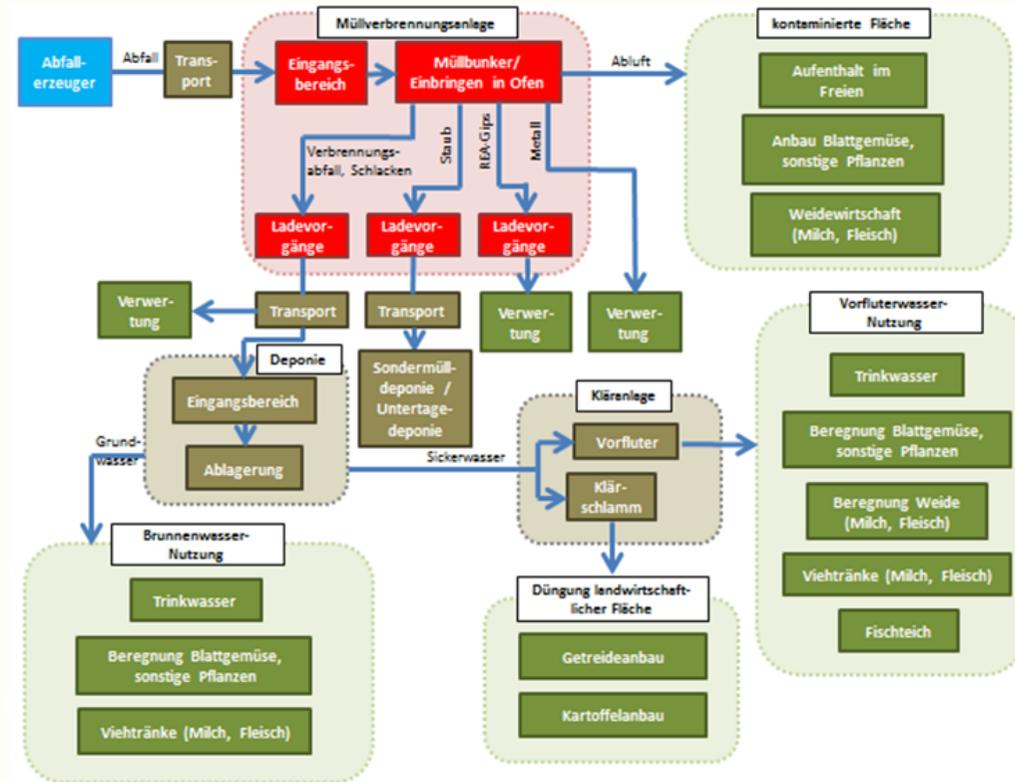


Freigabewerte



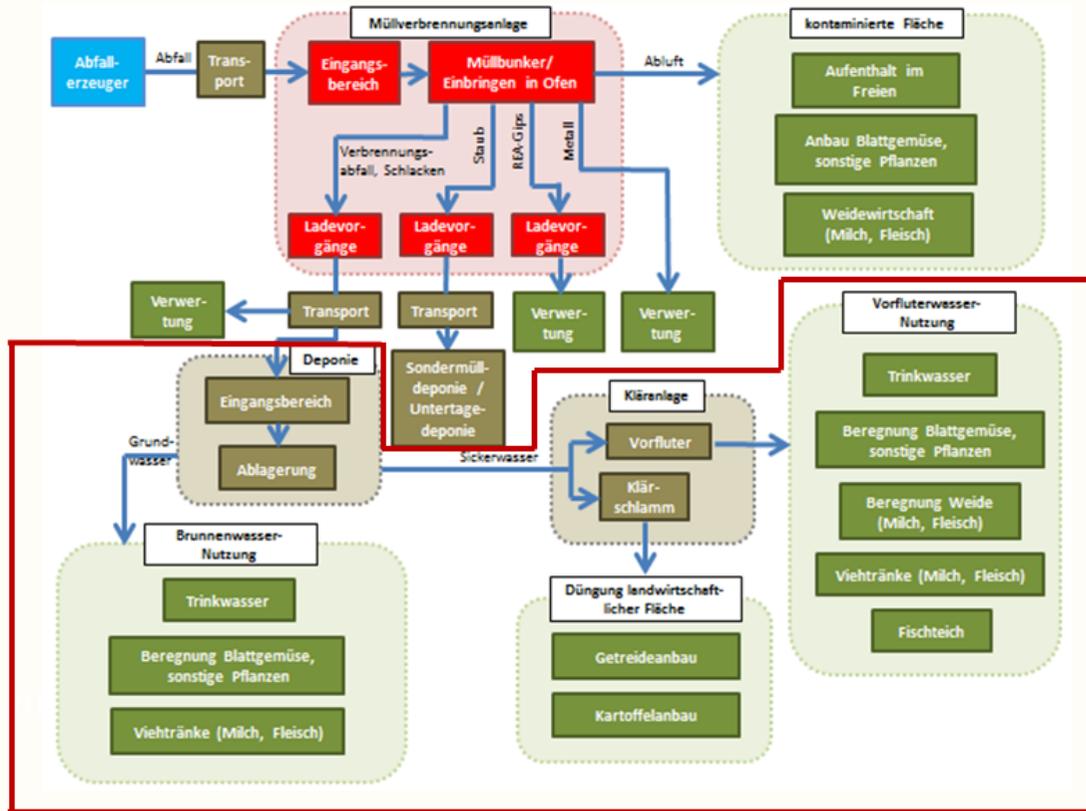
Freigabewerte

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



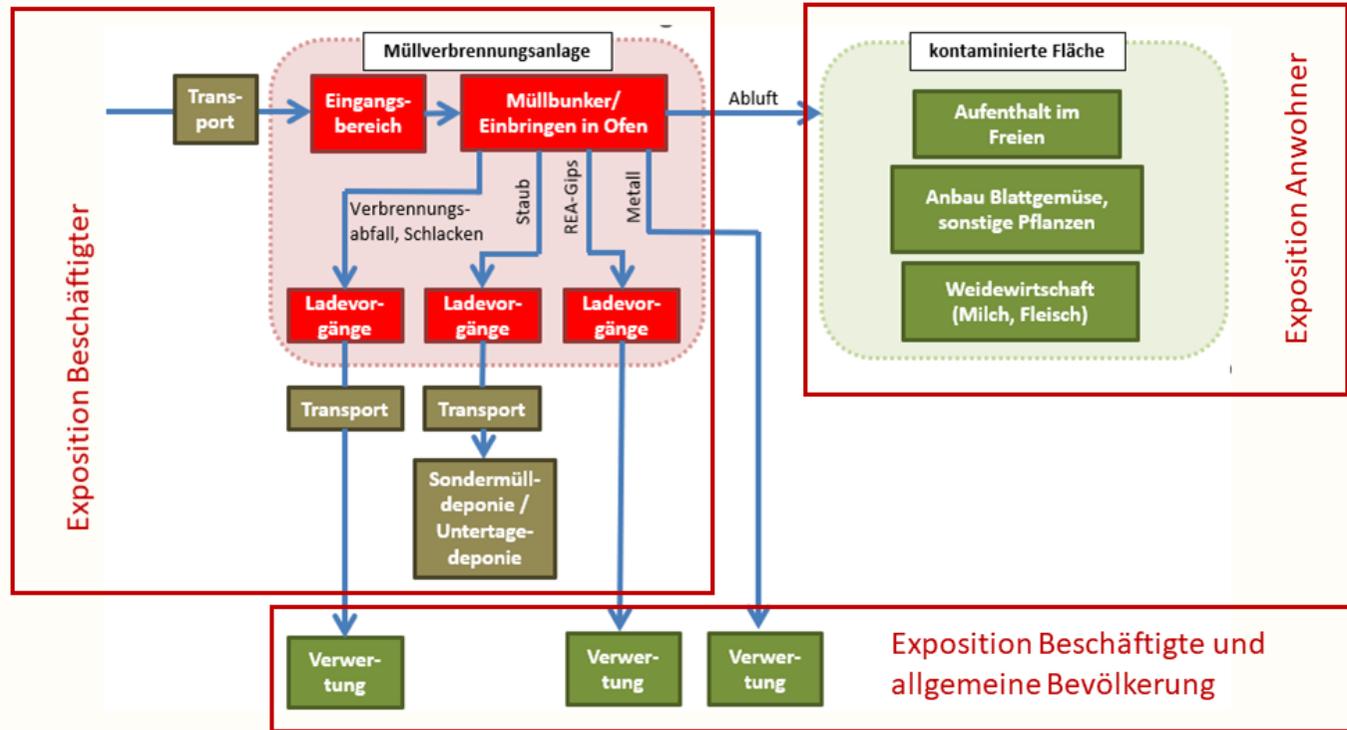
Freigabewerte

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!