

Hintergründe der Regelungen zur Freigabe in Deutschland

**3. Sitzung des Informationsforums
Biblis, 4. November 2014**

Christian Küppers

Öko-Institut e.V., Darmstadt

- **Warum Freigabe?**
- **De minimis-Konzept / Freigabe-Konzept**
- **Wie groß ist das Risiko?**
- **Methodik bei der Herleitung von Freigabewerten**
- **Vorgehen bei der Freigabe**
- **Beispiele für die Herleitung von Freigabewerten**

Warum Freigabe?

- Ein Kernkraftwerk besteht nach einigen Jahren Betrieb aus kontaminierten und nicht kontaminierten Materialien und Raumbereichen.
- Beim Rückbau werden per sé alle Räume und Gegenstände, die zum sogenannten Kontrollbereich gehören, als kontaminiert angesehen.
- Kein Gegenstand darf ohne Freigabeentscheidung den Kontrollbereich verlassen, es sei denn als radioaktiver Abfall zum späteren Endlagern.
- Ohne Freigabemöglichkeit wäre der gesamte Kontrollbereich als endzulagernder Abfall einzuordnen, einerlei ob überhaupt radioaktiv kontaminiert oder nicht.
- Für die Unterscheidung, ob ein Raum oder Gegenstand als radioaktiver Abfall endzulagern ist oder nicht, werden in jedem Fall Freigabegrenzwerte benötigt.
- Freigabegrenzwerte besagen, dass Räume maximal diese Kontamination aufweisen dürfen, um konventionell abgerissen werden zu können, und für Materialien um den Kontrollbereich verlassen zu können.

De minimis-Konzept / Freigabe-Konzept

De minimis-Konzept definiert eine Dosis, bei der mögliche Risiken so gering sind, dass sie unterhalb eines Regulierungsbedarfs liegen

Übliche Definition (seit ca. 25 Jahren unverändert):

- jährliches individuelles Risiko in der Größenordnung von 1:10 Mio. pro Jahr
- Begrenzung auf „einige 10 μSv im Jahr“, da sich Dosisbeiträge aus mehreren Anwendungsfällen der Freigaberegulierung überlagern können

Deutsche Strahlenschutzverordnung:

- Begrenzung auf „im Bereich von 10 μSv im Jahr“
- gemeint: Mittelwert einer Verteilung sollte unter 10 μSv im Jahr liegen

Freigabekonzept in Deutschland:

- Freigabe (ohne Einschränkungen)
- Freigabe mit Einschränkungen (z. B. Beseitigung - Deponierung, Metalle zur Wiederverwertung – durch Einschmelzen)

Wie groß ist das Risiko?

- Ø „Risiko“ bedeutet : Risiko eines Schadens für eine Person, die eine Dosis von 10 μSv erhält
- Ø Risikokoeffizient („Detriment“) nach ICRP-103: 0,057 je Sv für Personen der Bevölkerung
- Ø damit ergibt sich für eine Individualdosis von 10 $\mu\text{Sv/a}$ ein Risiko von $5,7\text{E-}7$ (oder: 1:1,75 Mio.)
- Ø dieses Risiko liegt „in der Größenordnung von $1\text{E-}7$ pro Jahr“
- Ø Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person überhaupt eine Dosis aus einer Freigabe bekommt, d.h. mit dem freigegebenen Material in Kontakt kommt, ist in diesem Risiko **nicht** enthalten – es wäre sonst noch deutlich niedriger

- Ø Ziel: Strahlenexpositionen bei Freigaben vorher berechnen
- Ø Da über den weiteren Verbleib keine belastbaren Informationen vorliegen, werden vorsichtig konstruierte Szenarien definiert
- Ø Um alle Eventualitäten abzudecken, werden verschiedene Expositionsszenarien definiert (teils abhängig von Freigabeoptionen) und der jeweils ungünstigste ausgewählt
- Ø Die Expositionsszenarien betreffen verschiedene Personen, z. B.
 - Fahrer von freigegebenen Stoffen,
 - Arbeiter auf einer Deponie,
 - Arbeiter auf einem Schrottplatz,
 - Personen der Bevölkerung, die einen Brunnen nutzen, der durch aus einer Deponie ins Grundwasser ausgetretene Radionuklide kontaminiert ist ...

Methodik bei der Herleitung von Freigabewerten (2)

Beispiel bezogen auf die Freigabe zur Beseitigung auf einer Deponie (bis 1000 t/a)

Nuklid	Dosis in $\mu\text{Sv/a}$				
	Beschäftigte		Bevölkerung		
	Transport	MBV/ Deponie	Oberflächen- wasser- nutzung	Klärschlamm- nutzung	Brunnen- pfad
Co-60	5	10	0,2	0,1	0*
Sr-90	0,0005	0,01	1	10	0,005
Cs-137	4	10	2	4	0,003

Aktivitätskonzentration jeweils entsprechend dem Freigabewert, höchster Dosisbeitrag jeweils markiert.

* Zerfallszeit kleiner als Transportzeit

Vorgehen bei der Freigabe

- Ø Da praktisch immer Gemische verschiedener Radionuklide vorliegen, gibt es eine Summenformel, um gleichzeitig vorliegende verschiedene Radionuklide in ihrer Summenwirkung zu berücksichtigen)
- Ø Ermittlung und Festlegung eines abdeckenden Nuklidvektors (oder mehrerer je nach Bereich des Anfalls des Abfalls)
- Ø Nuklidvektor enthält leicht messbare Nuklide als „Leitnuklide“, denen Anteile an schwer messbaren Nukliden, die spezifisch durch aufwändige Voruntersuchungen ermittelt werden müssen, zugeschlagen werden
- Ø Nuklidvektoren werden abrissbegleitend verifiziert und bei Bedarf angepasst
- Ø messtechnischer Nachweis der Einhaltung der Freigabewerte, gemittelt über eine zugelassene Mittelungsmasse, d. h. jede Charge muss ausgemessen werden
- Ø Gutachter der Behörde macht ggf. Kontrollmessungen
- Ø Behörde erlaubt die Freigabe
- Ø Bei eingeschränkter Freigabe (z. B. zur Beseitigung auf einer Deponie oder in einer Müllverbrennungsanlage, zum Einschmelzen) sind entsprechende Nachweise über den Verbleib zu führen

Uneingeschränkte Freigabe – Nuklide Co-60 und Cs-137

Ø 3 Szenarien werden betrachtet:

- § Externe Bestrahlung durch einen Stahlzylinder
- § Inhalation von Staub (gleiche Radionuklid-Konzentration wie freigegebener Stoff)
- § Ingestion von freigegebenem Stoff (10-fach höhere Radionuklid-Konzentration als im Mittel des Stoffs)

Ø die Dosis wird für jedes Szenario bezogen auf 1 Bq/g berechnet

Ø das Szenario mit der höchsten Dosis wird ausgewählt

Ø der Freigabewert (in Bq/g) wird so festgelegt, dass sich für dieses Szenario eine Dosis von 10 μ Sv/a ergibt

Beispiele für die Herleitung von Freigabewerten (2)

Szenario „externe Bestrahlung“

Ø Homogen kontaminierter Stahlzylinder

§ Radius: 50 cm

§ Dicke: 50 cm

§ Abstand: 1 m

§ Aufenthaltsdauer: 1800 h/a

$$D = KF \times C \frac{1 - e^{-\lambda t}}{\lambda} \frac{t_A}{\delta}$$

D: Dosis [(µSv/a)/(Bq/g)]

KF: Dosiskonversionsfaktor für das Szenario [(µSv/h)/(Bq/g)]

λ: Zerfallskonstante [1/a] = ln(2)/Halbwertszeit

t: Zerfallszeit (1 a)

t_A: Expositionsdauer [h/a]

Szenario „externe Bestrahlung“

Ø **Co-60** KF = 0,062 (µSv/h)/(Bq/g), Halbwertszeit = 5,27 a

$$D = 0,062 \frac{\mu\text{Sv/h}}{\text{Bq/g}} \times \frac{1 - e^{-\frac{\ln(2)}{5,27\text{a}} \times 1\text{a}}}{\frac{\ln(2)}{5,27\text{a}}} \times 1800 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 0,062 \frac{\mu\text{Sv/h}}{\text{Bq/g}} \times 0,937 \times 1800 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 104 \frac{\mu\text{Sv/a}}{\text{Bq/g}}$$

Ø **Cs-137** KF = 0,012 (µSv/h)/(Bq/g), Halbwertszeit = 30,2 a

$$D = 0,012 \frac{\mu\text{Sv/h}}{\text{Bq/g}} \times \frac{1 - e^{-\frac{\ln(2)}{30,2\text{a}} \times 1\text{a}}}{\frac{\ln(2)}{30,2\text{a}}} \times 1800 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 0,012 \frac{\mu\text{Sv/h}}{\text{Bq/g}} \times 0,988 \times 1800 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 21,4 \frac{\mu\text{Sv/a}}{\text{Bq/g}}$$

Szenario „Inhalation“

Ø Freigegebener Stoff wird inhaliert

§ Staubkonzentration in Atemluft: 1 mg/m³

§ Atemrate: 1,2 m³/h (Erwachsener)

§ Dauer: 1800 h/a

$$D = DK \times A \times K \times t_A$$

D: Dosis [(μSv/a)/(Bq/g)]

DK: Dosiskoeffizient für Inhalation [μSv/Bq]

A: Atemrate [m³/h]

K: Staubkonzentration in Luft [mg/m³]

t_A: Expositionsdauer [h/a]

Szenario „Inhalation“

Ø **Co-60** DK = 0,031 $\mu\text{Sv/Bq}$

$$D = 0,031 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{Bq}} \times 1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 0,001 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 1800 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 0,0670 \frac{\mu\text{Sv/a}}{\text{Bq/g}}$$

Ø **Cs-137** DK = 0,039 $\mu\text{Sv/Bq}$

$$D = 0,039 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{Bq}} \times 1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 0,001 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \times 1800 \frac{\text{h}}{\text{a}} = 0,0842 \frac{\mu\text{Sv/a}}{\text{Bq/g}}$$

Szenario „Ingestion“

Ø Freigegebener Stoff wird verzehrt

§ Verzehrrate: 20 g/a

§ 10fach höhere Konzentration in der verzehrten Menge als im Mittel des Stoffs

$$D = DK \times V \times K_f$$

D: Dosis [(μ Sv/a)/(Bq/g)]

DK: Dosiskoeffizient für Ingestion (Erwachsene) [μ Sv/Bq]

V: Verzehrrate [g/a]

K_f: Faktor für die Konzentration im verzehrten Teil [-]

Szenario „Ingestion“

Ø **Co-60** DK = 0,0034 $\mu\text{Sv/Bq}$

$$D = 0,0034 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{Bq}} \times 20 \frac{\text{g}}{\text{a}} \times 10 = 0,68 \frac{\mu\text{Sv/a}}{\text{Bq/g}}$$

Ø **Cs-137** DK = 0,013 $\mu\text{Sv/Bq}$

$$D = 0,013 \frac{\mu\text{Sv}}{\text{Bq}} \times 20 \frac{\text{g}}{\text{a}} \times 10 = 2,6 \frac{\mu\text{Sv/a}}{\text{Bq/g}}$$

Vergleich der 3 Szenarien und Ergebnis

Nuklid	Szenario Extern ($\mu\text{Sv/a}$)/ (Bq/g)	Szenario Inhalation ($\mu\text{Sv/a}$)/ (Bq/g)	Szenario Ingestion ($\mu\text{Sv/a}$)/ (Bq/g)	Maximum ($\mu\text{Sv/a}$)/ (Bq/g)	Normiert auf 10 $\mu\text{Sv/a}$ Bq/g	Wert StrlSchV Bq/g
Co-60	104	0,067	0,68	104	0,096	0,1
Cs-137	21,4	0,084	2,6	21,4	0,467	0,5

- Die Freigabe von gar nicht oder nur sehr gering radioaktiv belasteten Räumen und Materialien macht Sinn, wenn sie unter kontrollierten Bedingungen erfolgt.
- Die Freigabewerte der StrlSchV fußen auf einem Risikokonzept, das für jede betroffene Person sicherstellt, dass ihr Risiko für einen schweren gesundheitlichen Schaden unter 1 : 1 Mio. beträgt.
- Bei der Berechnung der Freigabewerte werden verschiedenste Nutzungsszenarien unterstellt und derjenige Pfad mit der höchsten Exposition ausgewählt.
- Mit den Freigabewerten der StrlSchV wird sichergestellt, dass kontaminierte Räume und Gegenstände identifiziert und der Endlagerung zugeführt werden, während unkontaminierte Räume und Gegenstände konventionell entsorgt oder wiederverwendet werden können, ohne dass für Individuen eine Gefahr für gesundheitliche Schäden resultiert.