



**BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG**

# EINBLICK IN DIE KONSEQUENZENANALYSEN

DR. G. GÄRTNER, DR. J. KINDLEIN  
Schöppenstedt, 8. Mai 2025

# KONSEQUENZENANALYSE

# 1

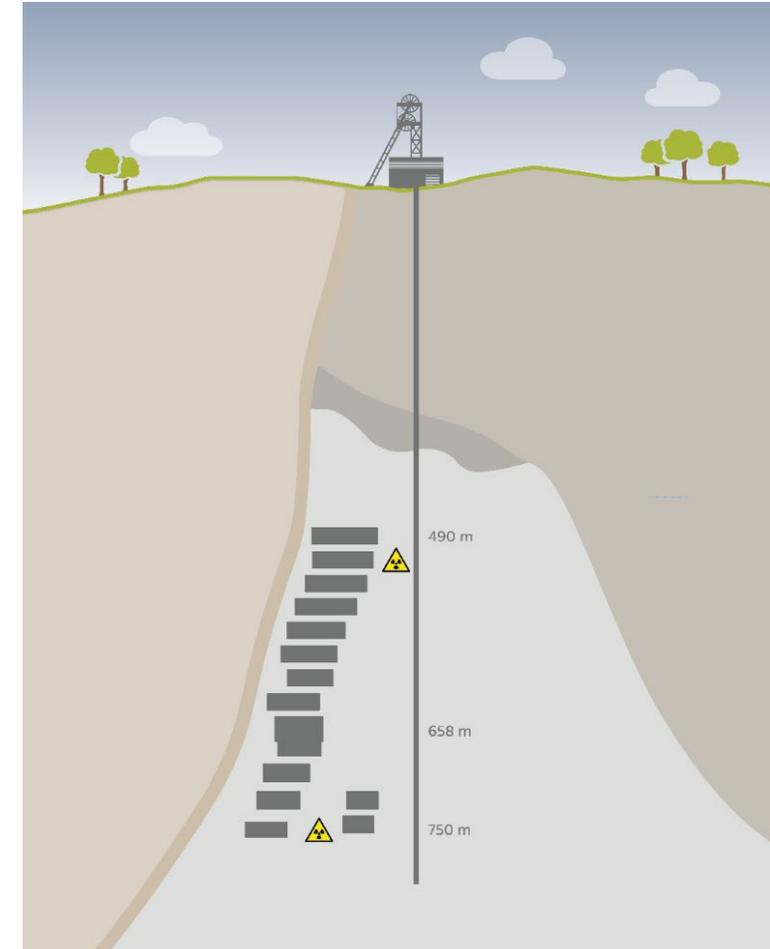
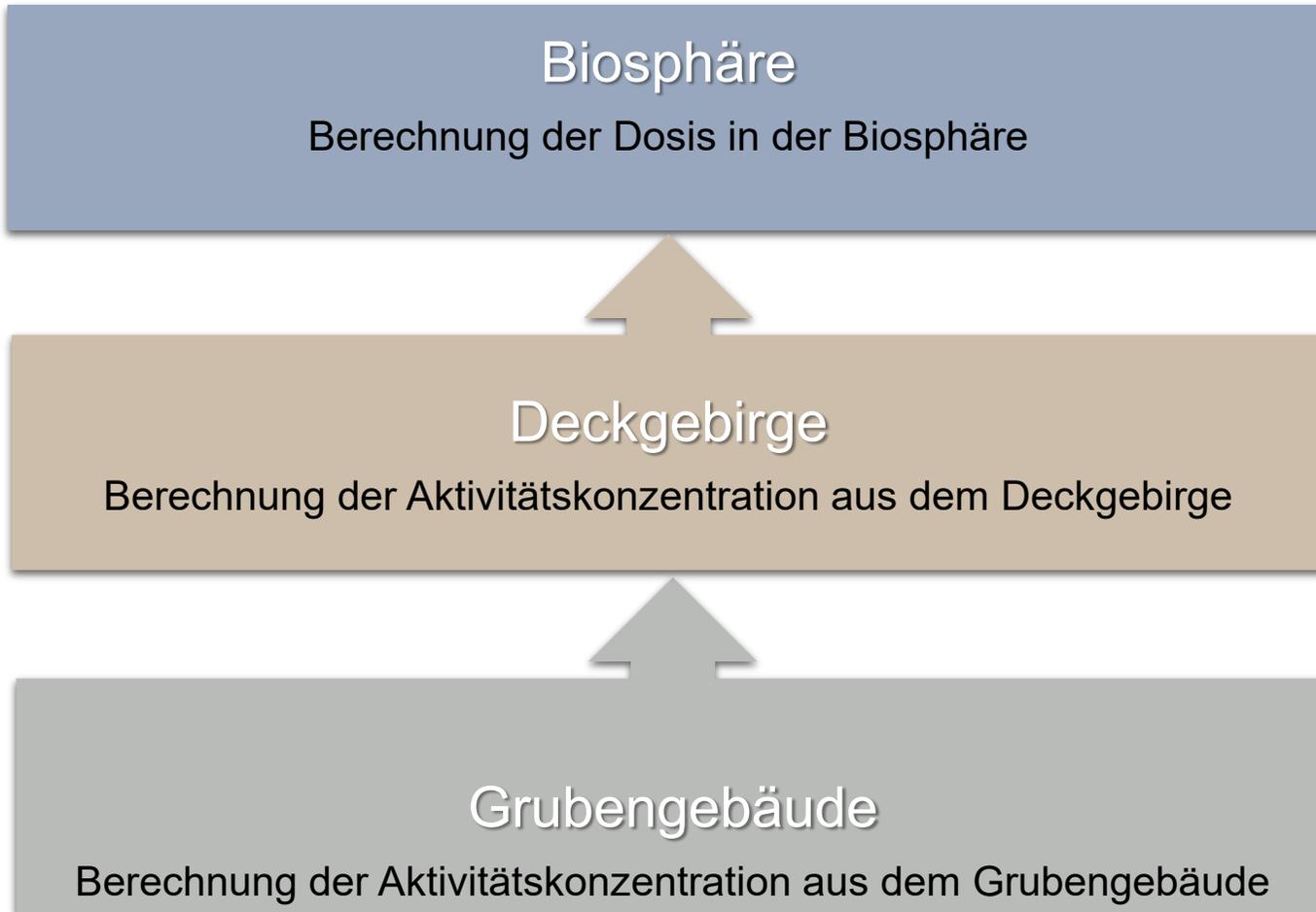
# WAS IST DIE KONSEQUENZENANALYSE?

- Mit den Konsequenzenanalysen wird bewertet, welche radiologischen Konsequenzen es hat, wenn die Rückholung aufgrund eines nicht beherrschbaren Lösungszutritts (nbL) abgebrochen werden müsste.
- Basis für die erste Konsequenzenanalyse ist die Annahme, dass die Abfälle in den Einlagerungskammern verbleiben und die Notfallplanung vollständig umgesetzt wird.



FÜR DIE KONSEQUENZENANALYSEN WERDEN UMFANGREICHE  
BERECHNUNGSMODELLE AUFGESTELLT, GEPRÜFT UND ANGEWENDET

# DER WEG ZUR DOSISBERECHNUNG



# VORAUSSETZUNGEN MODELL GRUBENGEBÄUDE



## Wie schnell und mit welcher Konzentration kommt die Aktivität aus den Einlagerungskammern raus?

→ Dazu werden die Prozesse in den Einlagerungskammern modelliert:

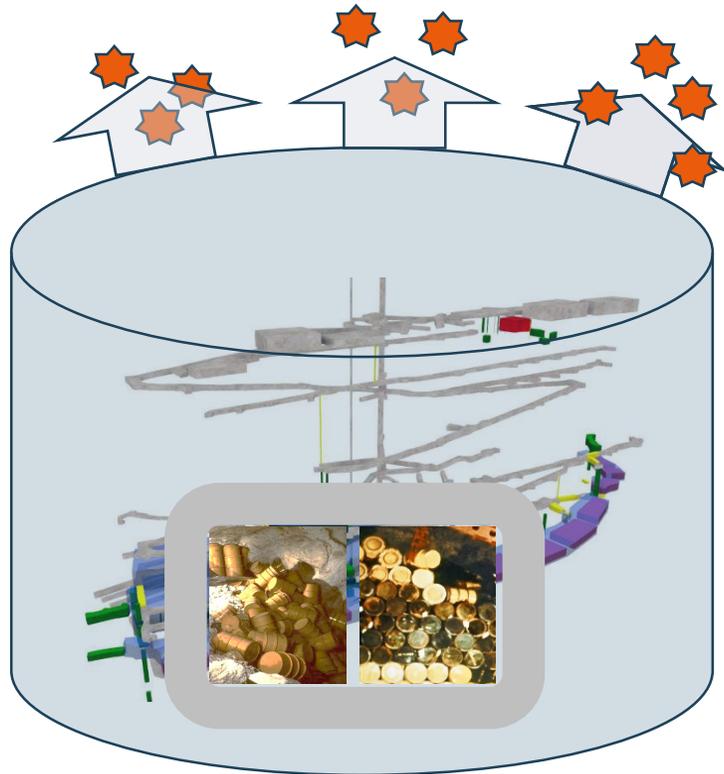
- Welche Bestandteile des Inventars gelöst werden und wie schnell es passiert.
- Wieviel Gas gebildet wird und welcher pH-Wert sich einstellt. Wie sich das geochemische Milieu entwickelt, welches die Freisetzung der Radionuklide beeinflusst.

→ nur Radionuklide, die in Lösung gehen, können transportiert werden.



Einlagerungskammer mit Abfällen

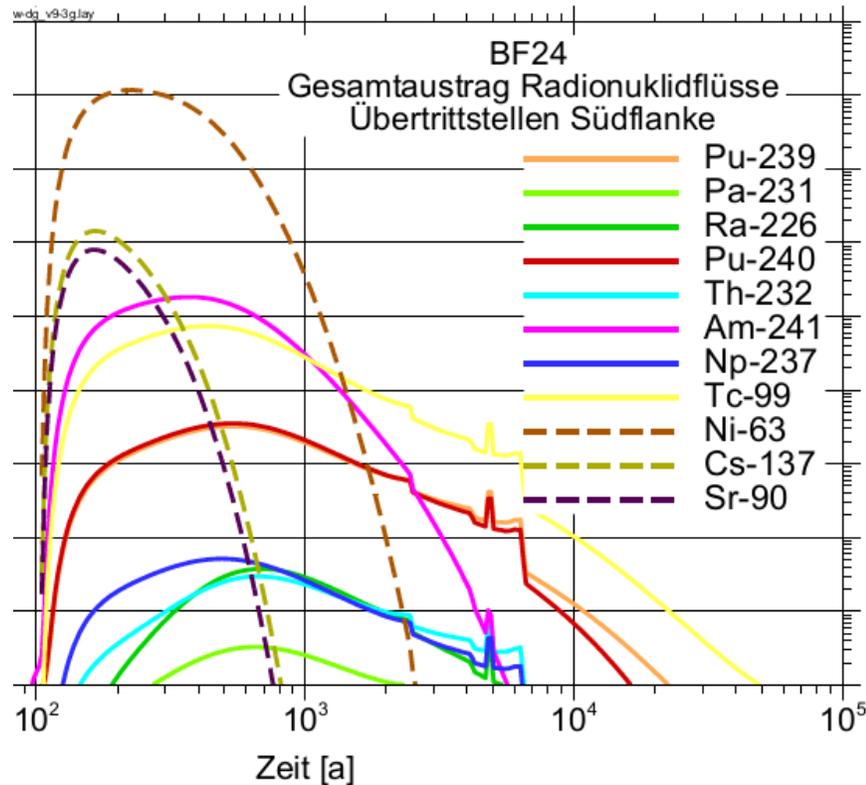
# WIE FUNKTIONIERT DIE KONSEQUENZENANALYSE?



Grubengebäude

Wie schnell und mit welcher Konzentration kommt die Aktivität aus den Einlagerungskammern raus?

- Mit dem Modell „**Grubengebäude**“ wird der Transport der Radionuklide im Grubengebäude berechnet. Dazu wird das Grubengebäude mit den Einlagerungskammern, den Strömungsbarrieren und den umgesetzten Notfallmaßnahmen aufwendig modelliert.
- Die Konvergenz und die Auspressrate der Radionuklide ins Deckgebirge muss dabei berücksichtigt werden

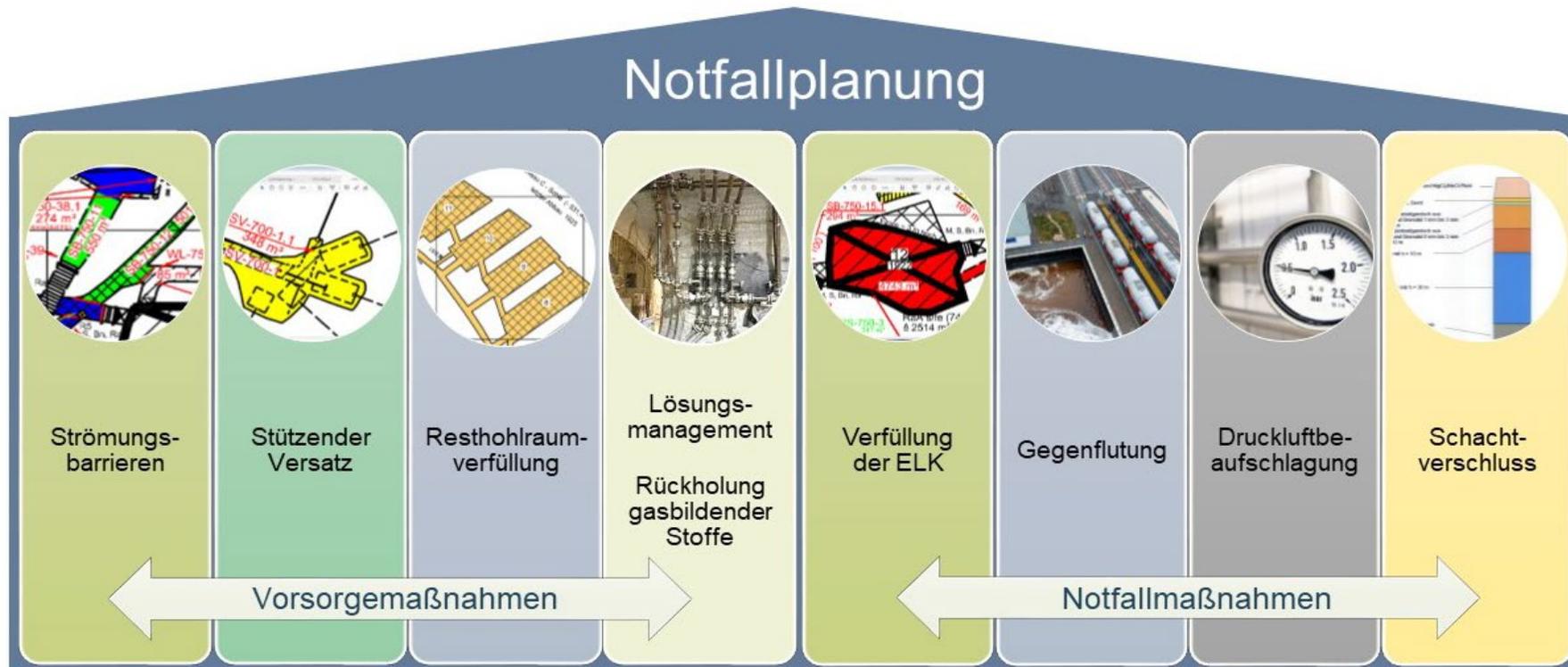


## Wann und mit welcher Konzentration kommt die Aktivität aus den Einlagerungskammern raus?

- Im **Ergebnis** bekommt man einen zeitlichen Verlauf, wann welche Radionuklide mit welcher Konzentration in das Deckgebirge übertreten.
- Mit den Ergebnissen aus dieser Berechnung werden dann die Folgemodelle gespeist (**Deckgebirge, Biosphäre**)

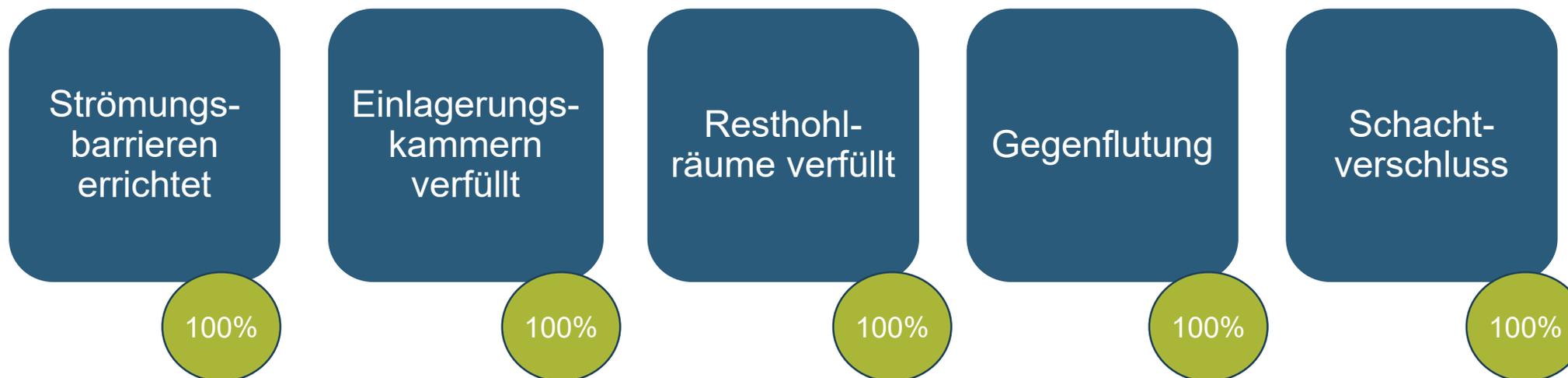
# MODELLANNAHME

→ für die Konsequenzenanalysen ist der Stand der Umsetzung der Notfallplanung relevant



# MODELLANNAHME

→ für die erste Konsequenzenanalyse:  
**vollständige Umsetzung der Notfallplanung**



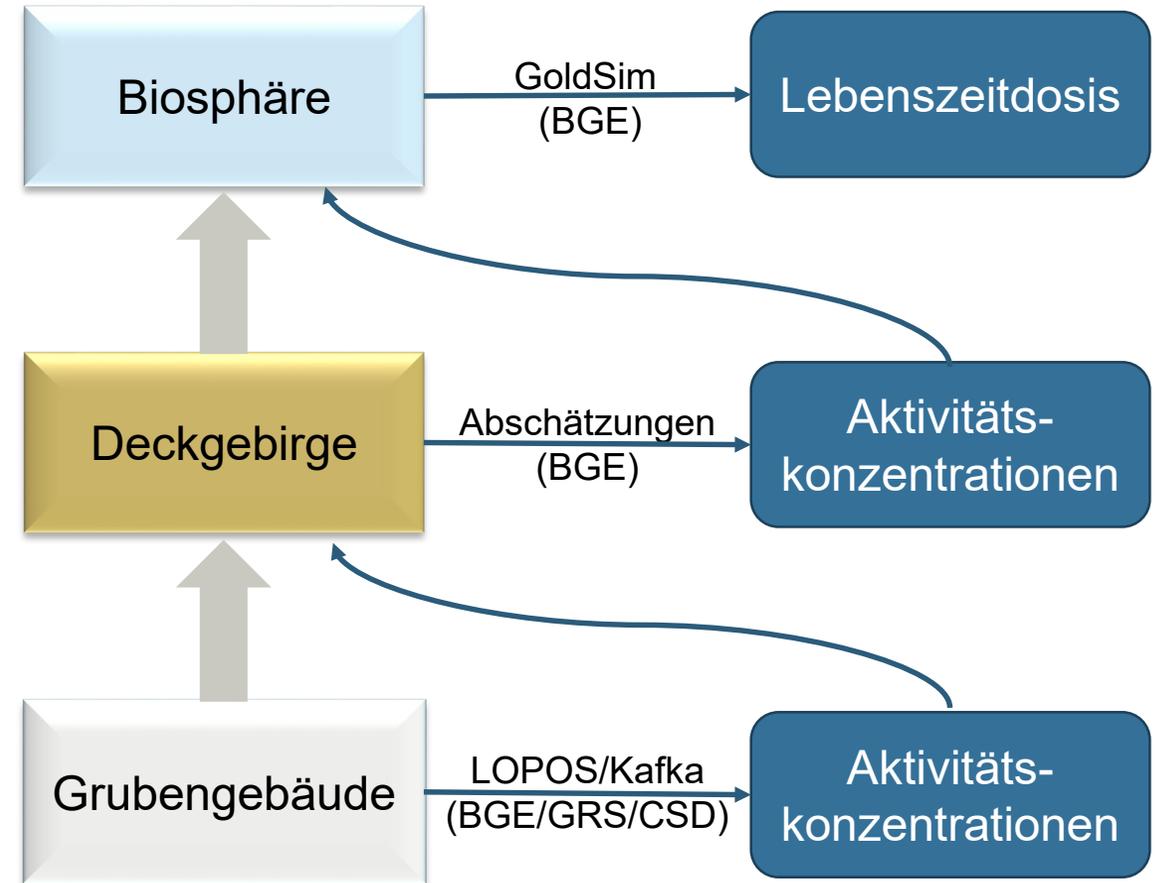
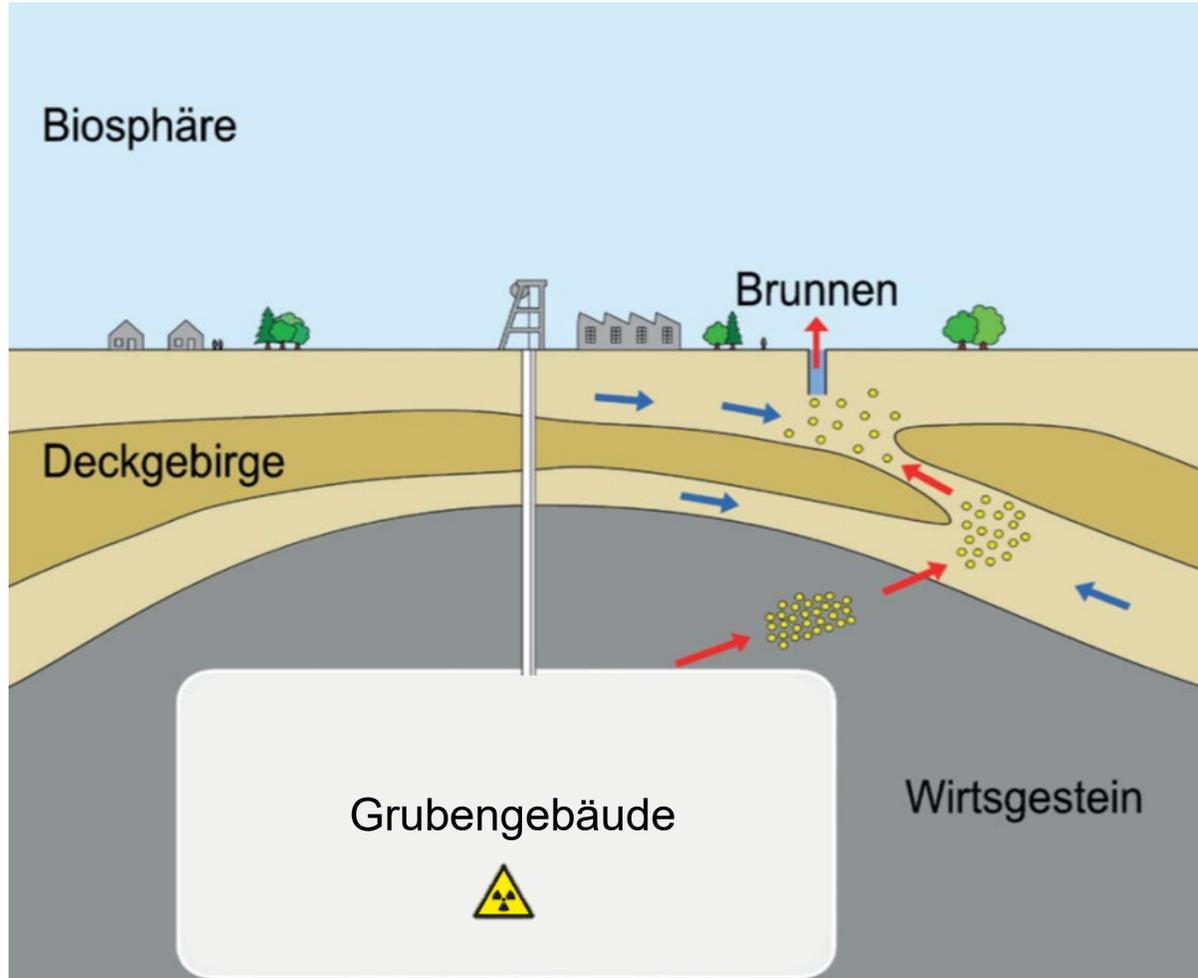
A photograph of a tunnel interior. On the left, there is a yellow door set within a yellow frame. To the left of the door, there are electrical control panels and a red and white traffic cone. In the center, a white vehicle with red and white reflective stripes and the number '15' on its rear is visible. The tunnel walls are lined with concrete and have various pipes and cables running along them. The lighting is dim, with some overhead fixtures.

# EINBLICK IN DIE DOSISBERECHNUNG

Grundlagen und Vorgehensweise

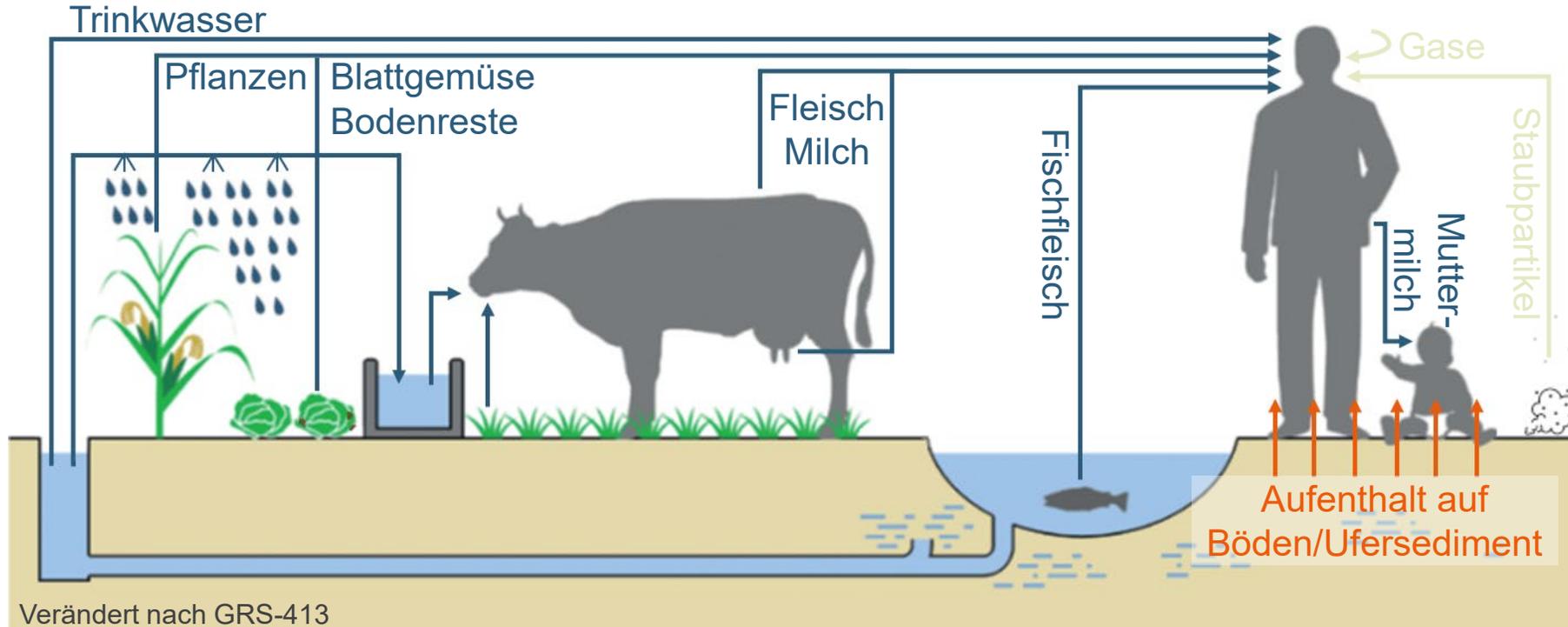
# 2

# VORGEHEN ZUR DOSISBERECHNUNG



# BIOSPHÄRENMODELL

**Grundlage:** Berechnungsgrundlage für die Dosisabschätzung bei der Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen (BASE, 2022), grundlegende Dosisberechnung aus AVV-Tätigkeiten übernommen, Parameterwerte für kühlgemäßes Klima



**Innere Exposition:**

durch Ingestion

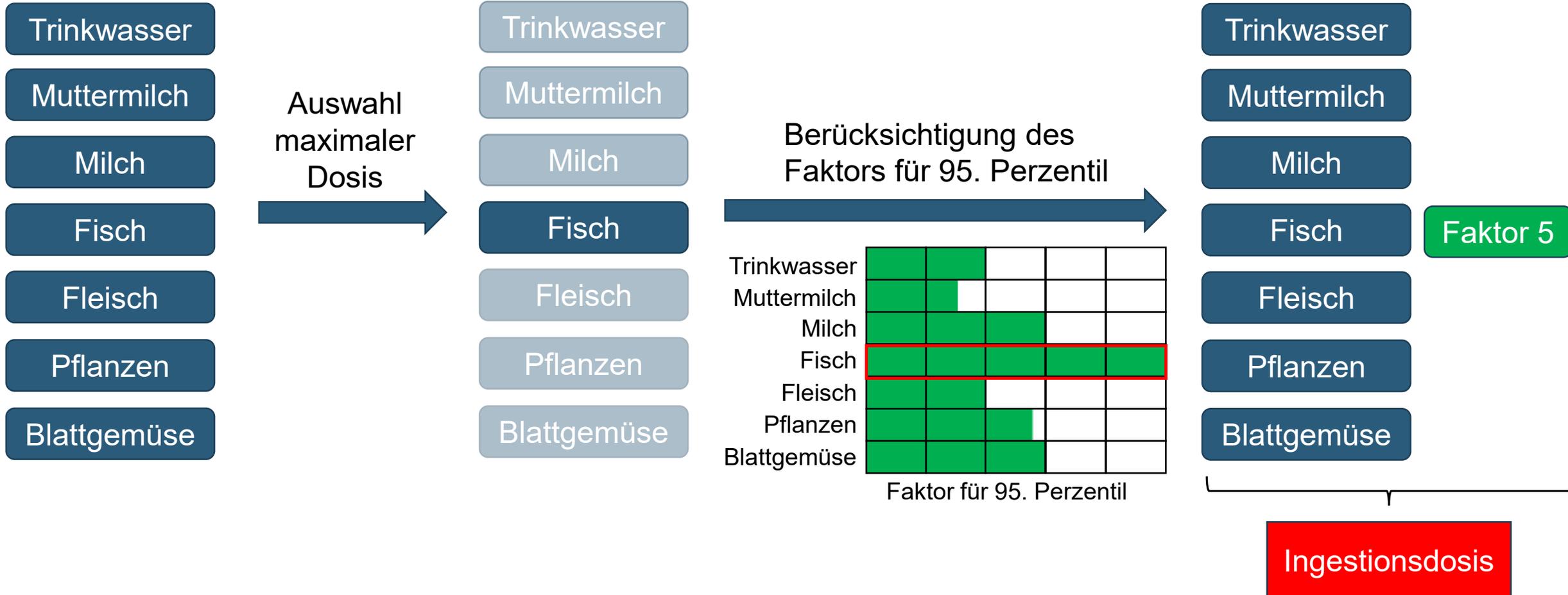
durch Inhalation

**Äußere Exposition:**

Gammabodenstrahlung

Ufersediment

# BIOSPHERENMODELL – INGESTIONSDOSIS



# BEWERTUNGSGRÖÖE

- Über die Lebenszeit gemittelte zusätzliche effektive Dosis im Kalenderjahr (Lebenszeitdosis)

$$\bar{E}_{\text{Jahr}} = \frac{1}{70} \cdot \sum_{j=1}^{70} \sum_r (E_{a,r,j} + E_{i,r,j})$$

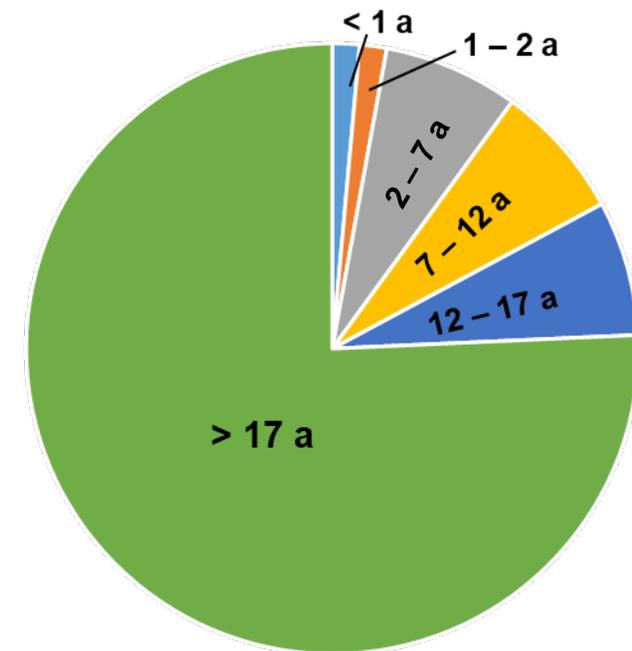
Summierung über  
die Radionuklide

Zusätzliche Jahresdosis  
durch äußere Exposition [Sv]

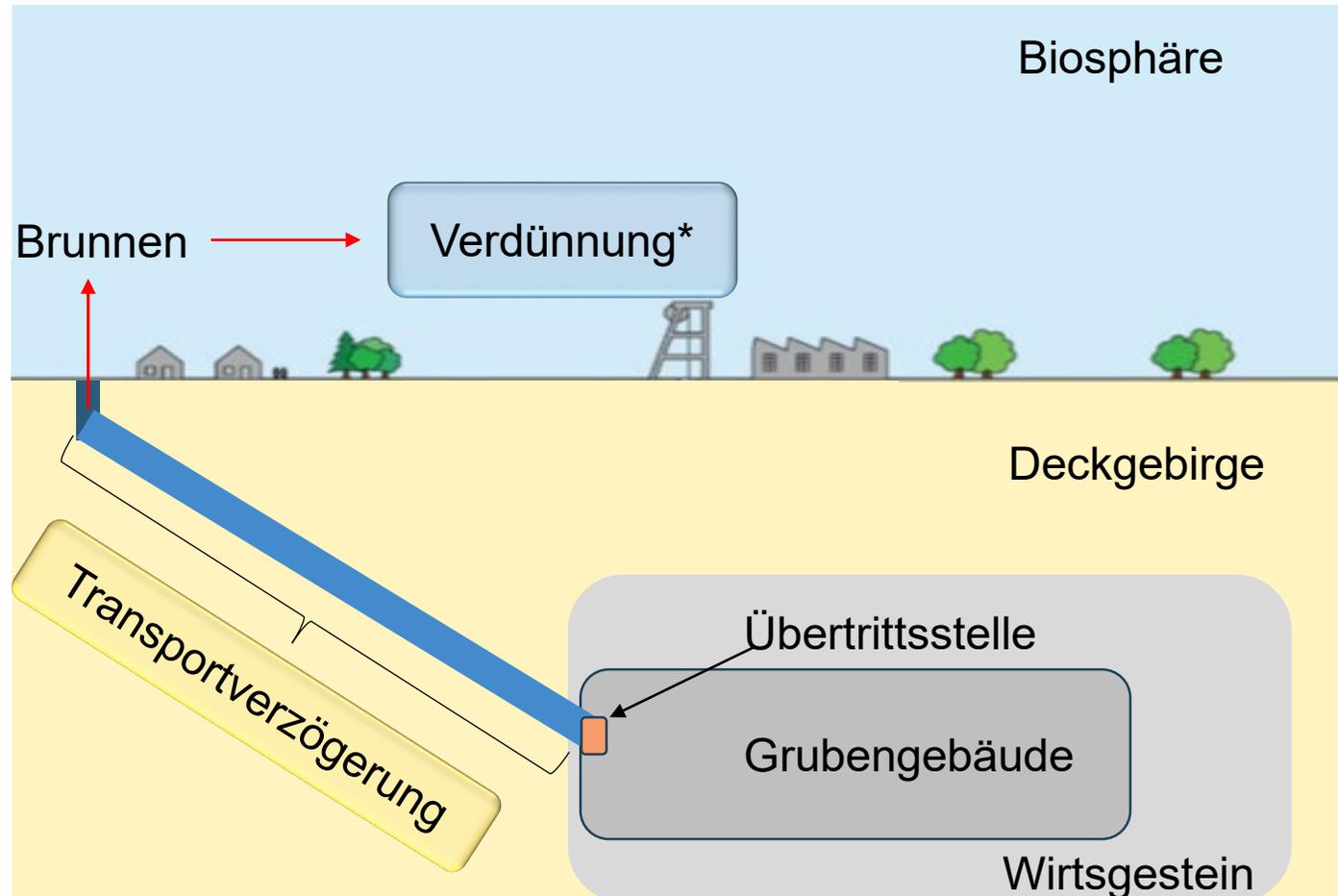
Summierung über  
die Lebensjahre

Zusätzliche Jahresdosis  
durch innere Exposition [Sv]

Dosisanteil Altersgruppen

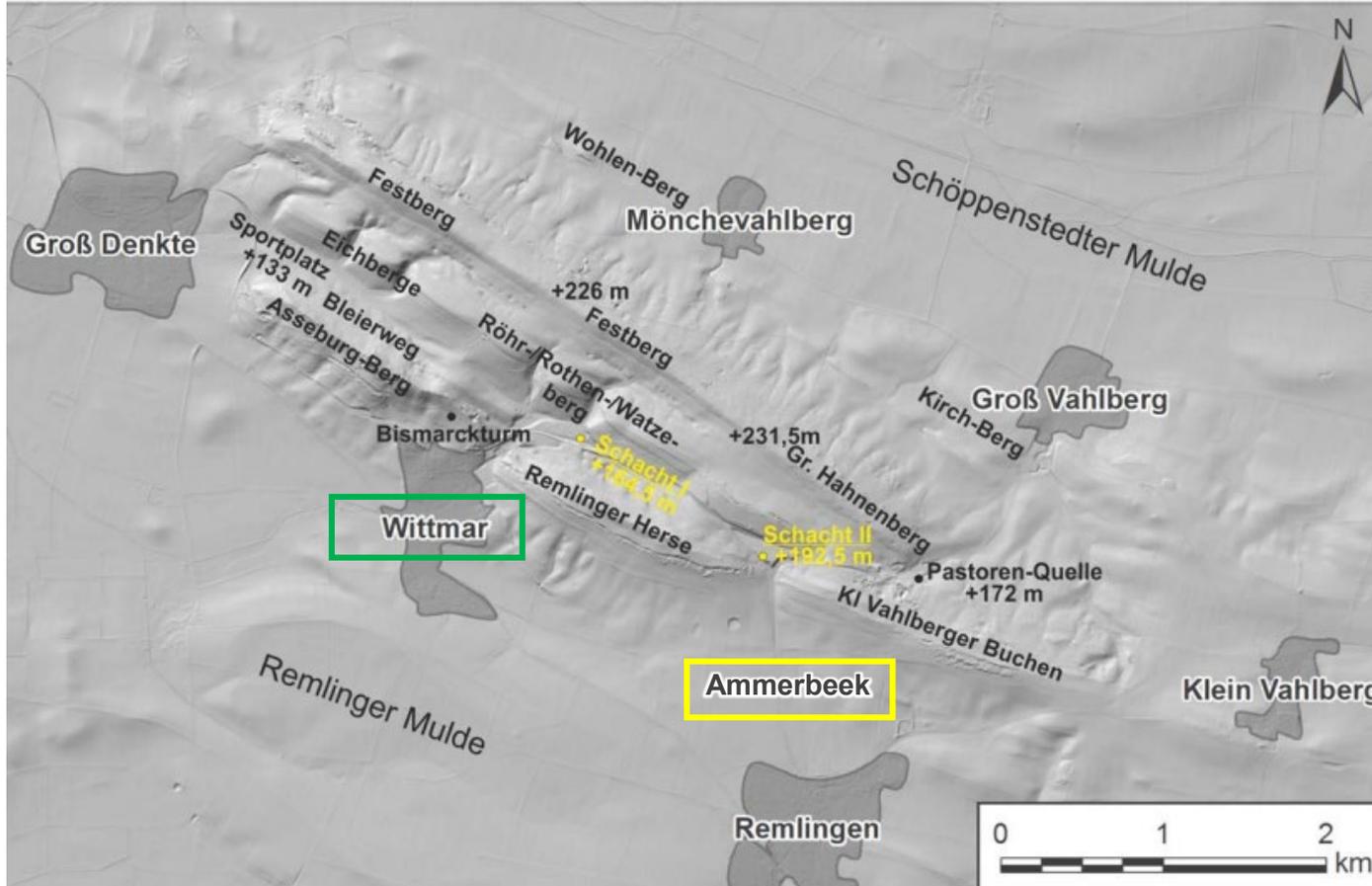


# TRANSPORTVERZÖGERUNG UND VERDÜNNUNG



\* Verdünnung auf  
Trinkwasserqualität  
in Bezug auf den  
Salzgehalt

# ANNAHMEN FÜR DIE TRANSPORTVERZÖGERUNG



Maximale Tracerflüsse im Deckgebirge (Orientierungsgrößen)<sup>1</sup>:

Exfiltrationsgebiet	Zeitpunkt [a]
Tal der Ammerbeek	3.300
Tal von Wittmar	60.000

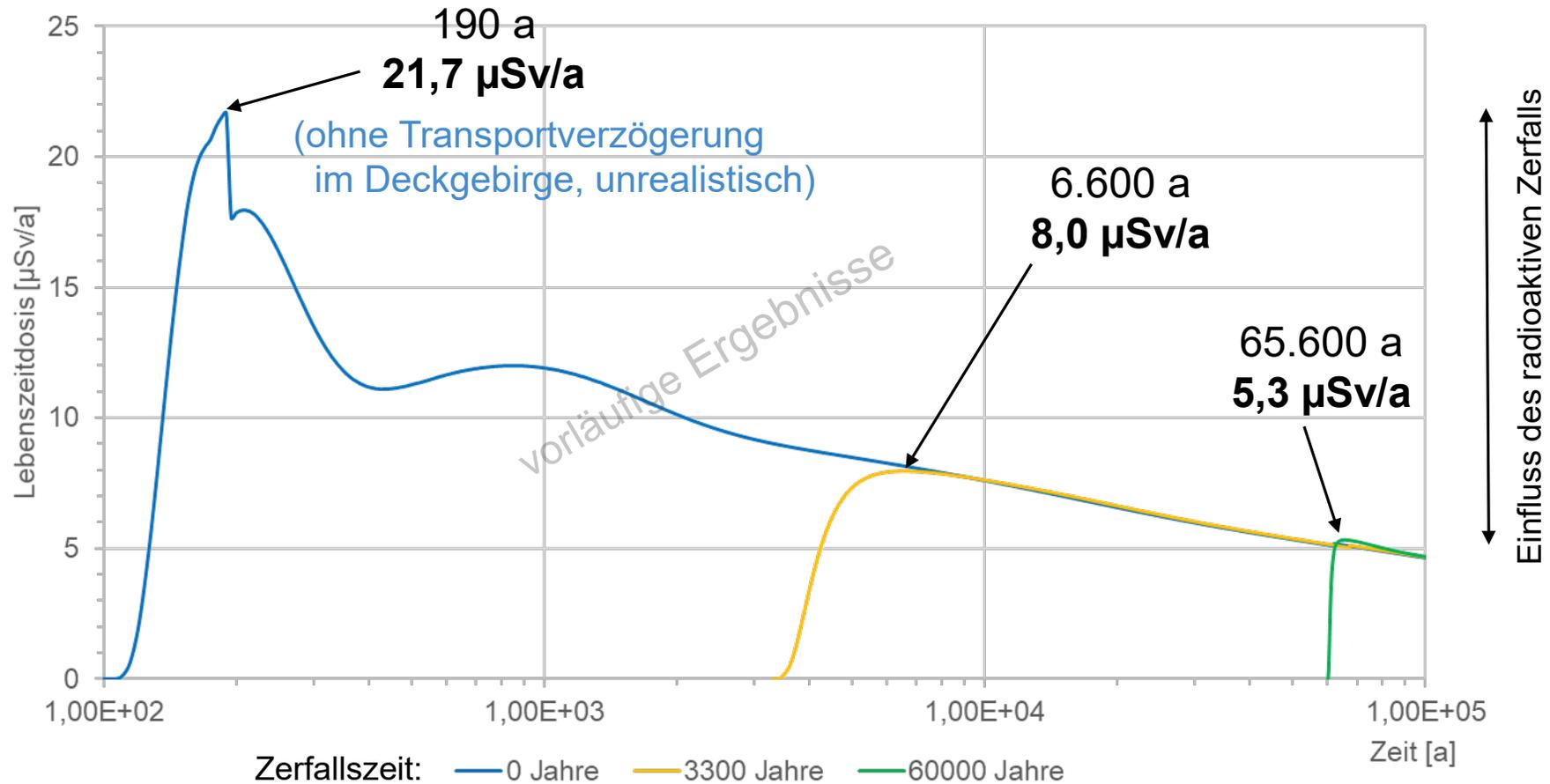
<sup>1</sup> Bundesamt für Strahlenschutz: Modellierung der Grundwasserbewegung im Deckgebirge der Schachanlage Asse II, November 2009.

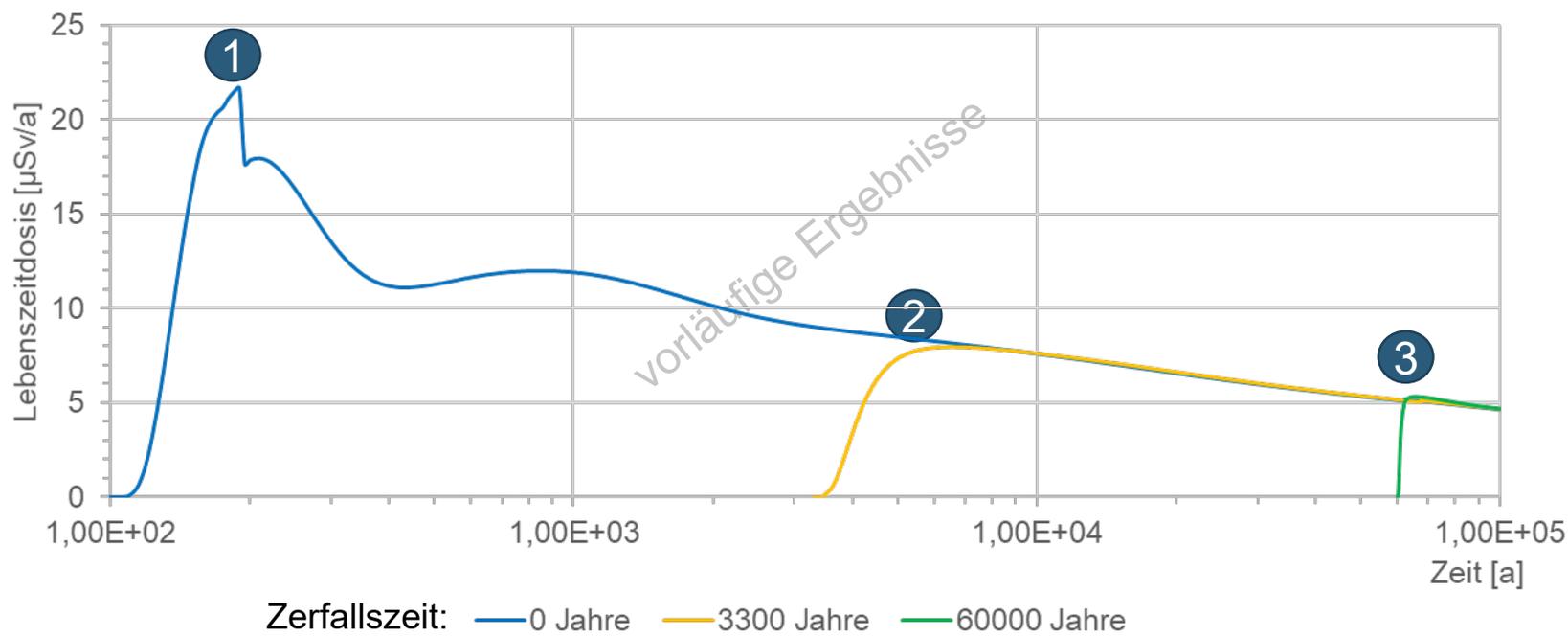
A photograph of a tunnel interior. On the left, there is a yellow door and some electrical equipment. In the center, a white vehicle with red and white reflective stripes is visible. The tunnel walls are made of concrete and have some pipes and cables. The overall scene is dimly lit, with some lights visible on the left side.

# ERGEBNISSE DER DOSISBERECHNUNGEN

# 3

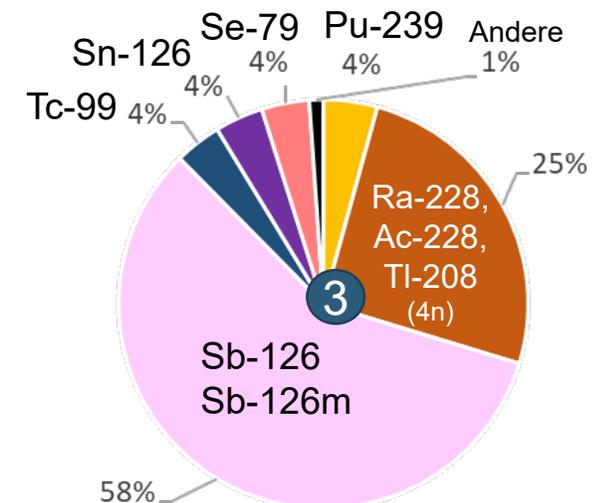
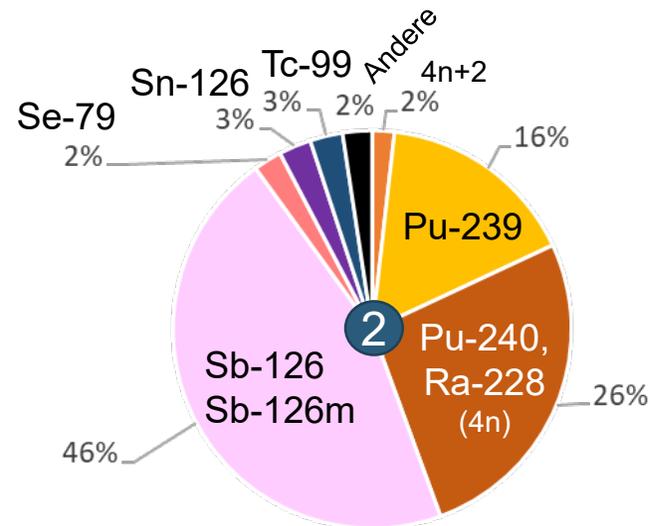
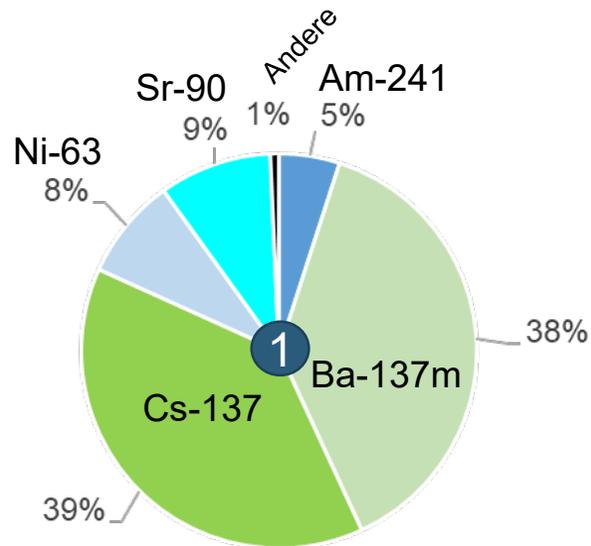
# ERGEBNISSE DER DOSISBERECHNUNGEN



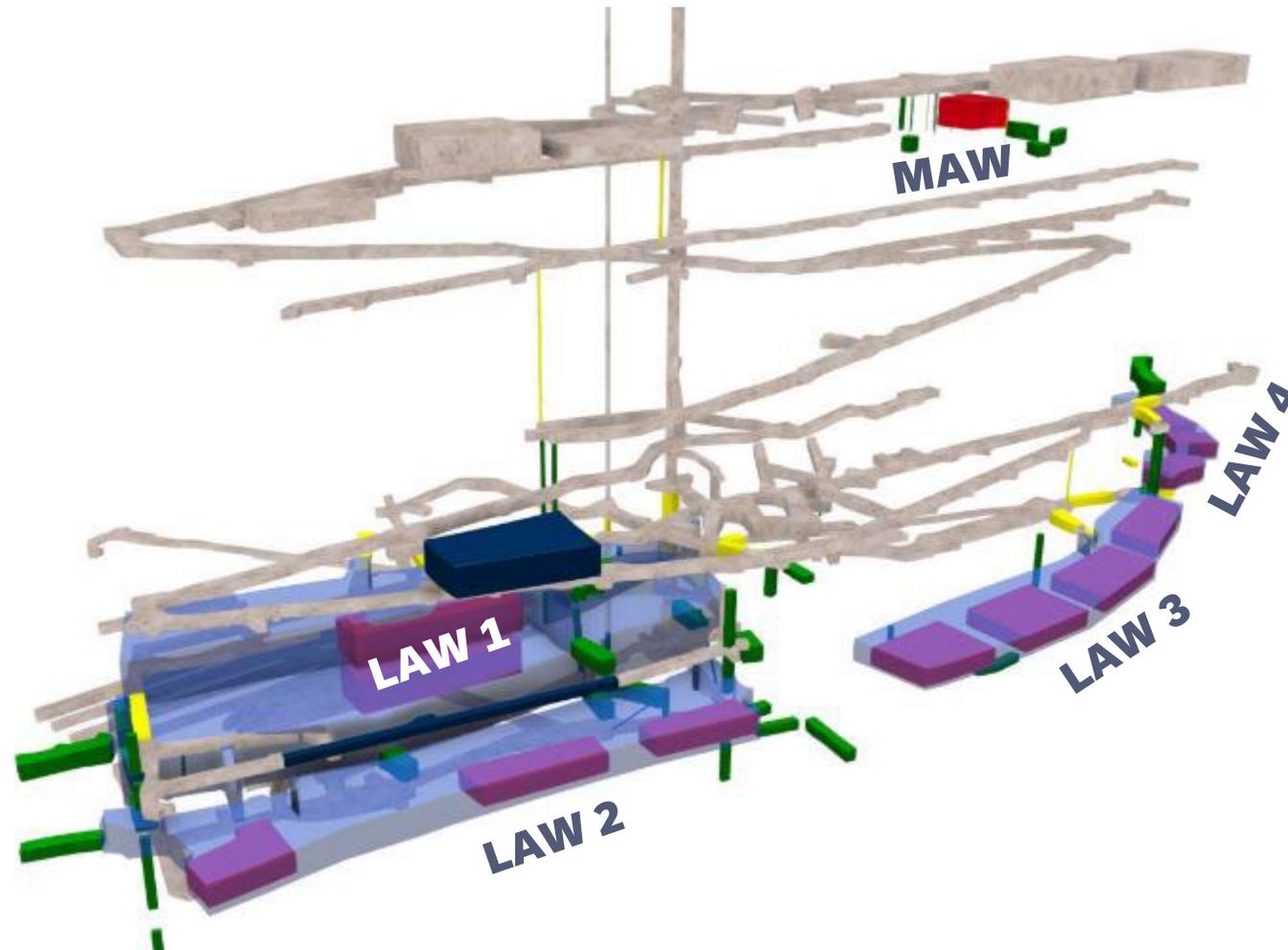


Zerfallsreihen:  
 $4n$  = Thorium-Reihe  
 $4n+3$  = Uran-Actinium-Reihe  
 $4n+2$  = Uran-Radium-Reihe

**LAW+MAW**



# WELCHEN EINFLUSS HABEN DIE EINLAGERUNGSBEREICHE AUF DIE DOSISBERECHNUNGEN?

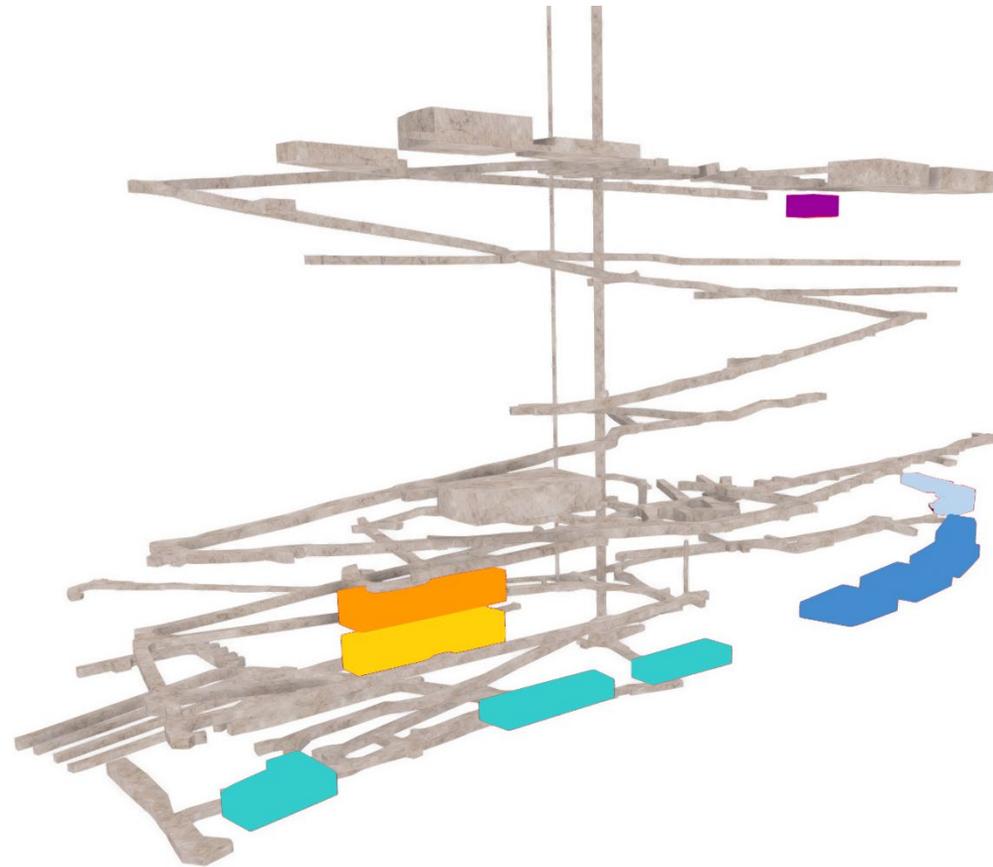
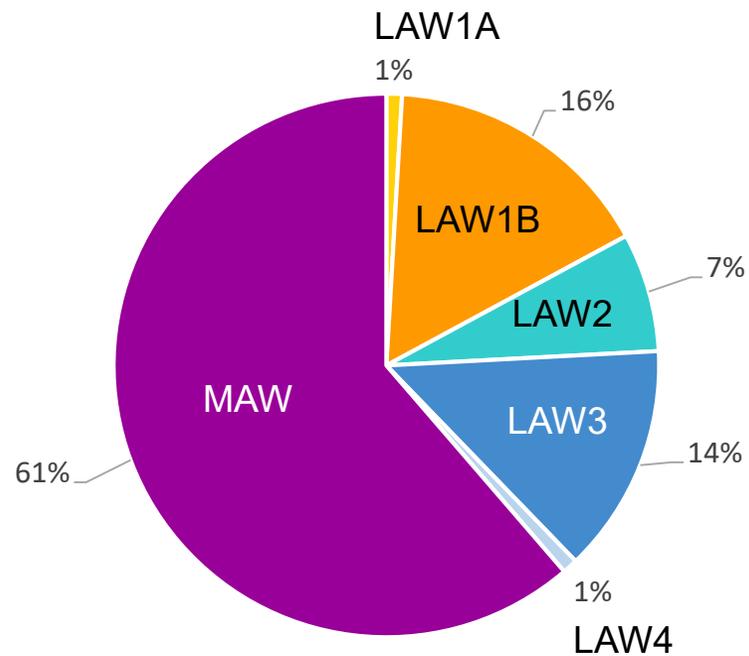


- Einlagerungskammer
- Strömungsbarriere erstellt
- Strömungsbarriere geplant
- Einlagerungsbereich (Töpfe)

# BERECHNUNGEN NACH EINLAGERUNGSBEREICHEN

## ZERFALLSZEIT: 3.300 JAHRE

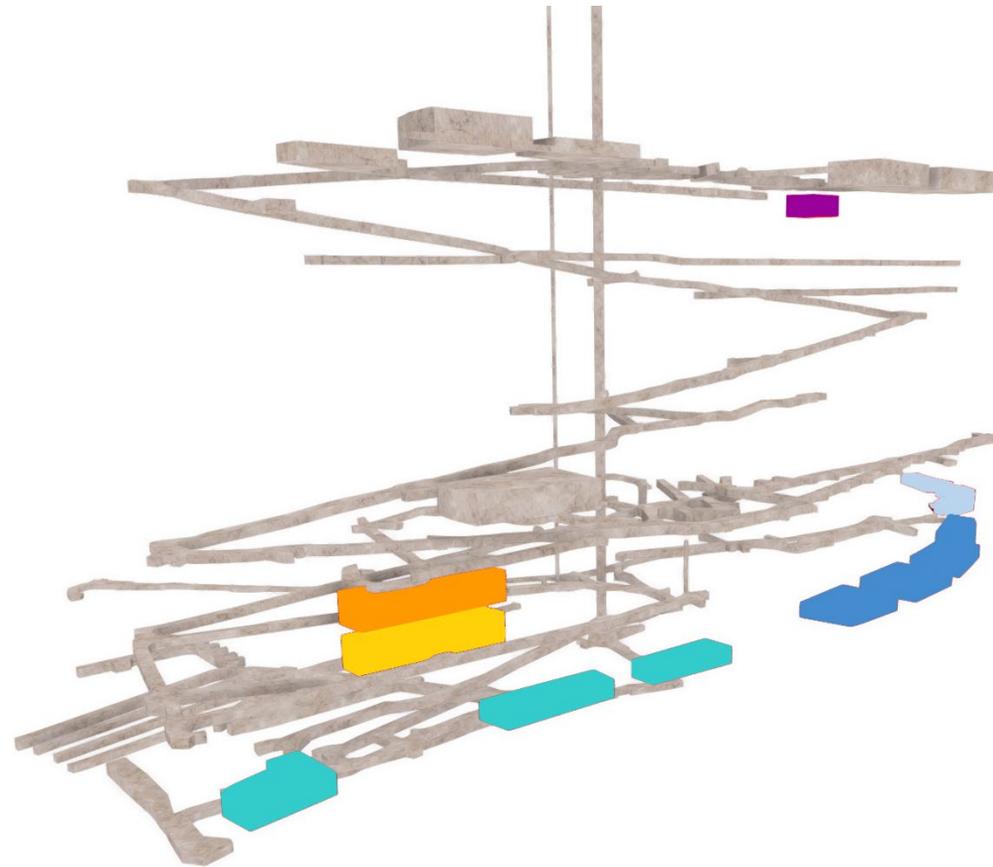
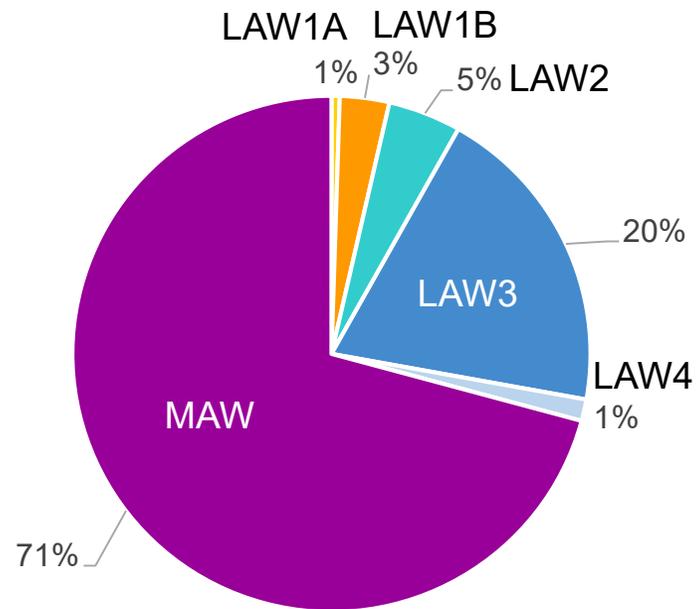
Anteile an der berechneten effektiven Dosis  
von 8,0  $\mu\text{Sv/a}$ :



# BERECHNUNGEN NACH EINLAGERUNGSBEREICHEN

## ZERFALLSZEIT: 60.000 JAHRE

Anteile an der berechneten effektiven Dosis  
von 5,3  $\mu\text{Sv/a}$ :



# WEITERE SCHRITTE ZUR VERBESSERUNG DER MODELLE

- Weitere Anpassung des **radioökologischen** Biosphärenmodells (z.B. hinsichtlich der 50 a Nutzung von Acker- und Weideböden)
  - *erwartete Dosiswerte reduzieren sich*
- Aufbau eines **neuen Deckgebirgsmodells** entsprechend der neuen Kenntnisse aus der Erkundung (3D-Seismik, Erkundungsbohrungen, Parametrisierung)
  - *Ermitteln der Exfiltrationsgebiete, der Transportzeiten und Verdünnungen, Berücksichtigung der Sorption*

# BISHERIGE ERGEBNISSE

Im Ergebnis der bisherigen vorläufigen Dosisberechnungen lässt sich feststellen, dass ...

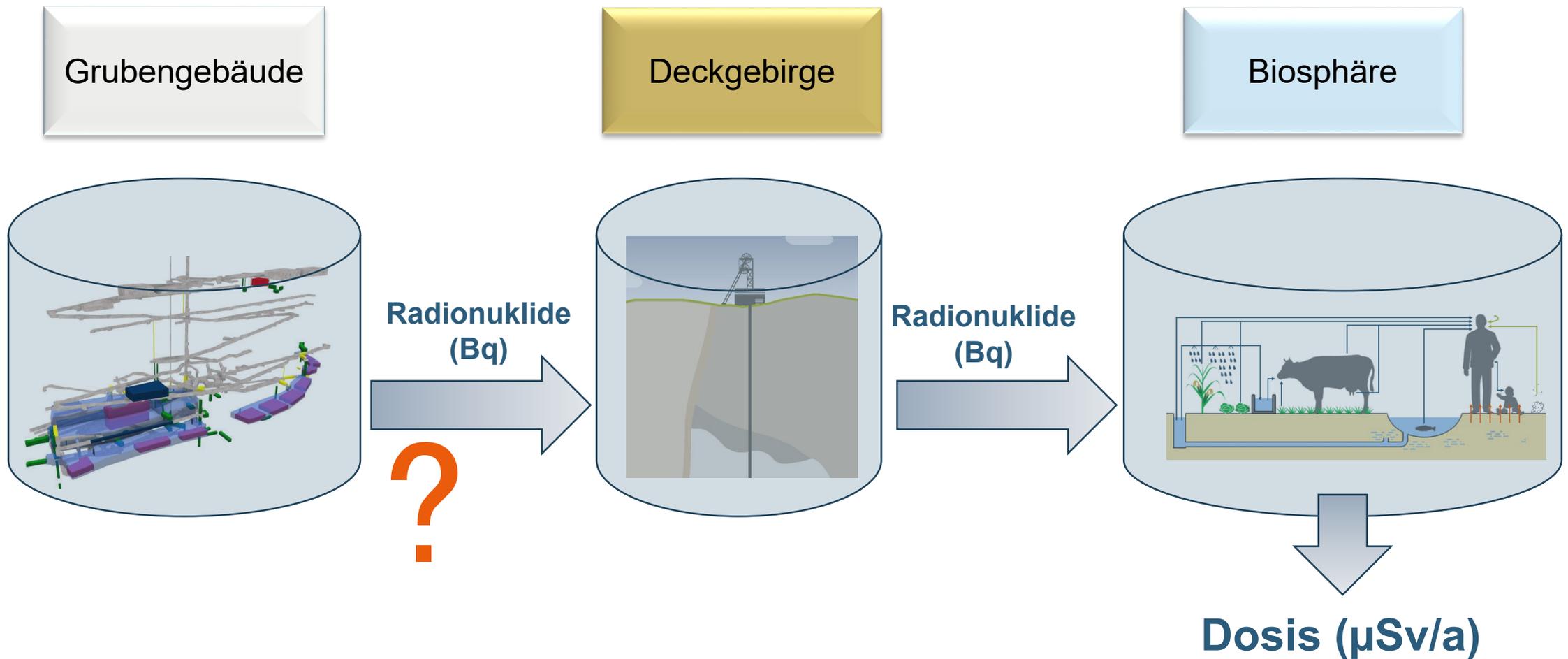
- die Dosis bei Berücksichtigung einer Transportverzögerung im Deckgebirge zur Biosphäre in Summe **kleiner 10  $\mu\text{Sv/a}$**  ist
- selbst die unrealistische Annahme ohne Transportverzögerung im Deckgebirge zu einem Dosiswert von weniger als **22  $\mu\text{Sv/a}$**  führen würde
- die **Transportzeiten der Radionuklide im Deckgebirge** auf die Jahresdosis einen geringen Einfluss haben
- der Anteil der **MAW-Gebinde** an der Gesamtdosis erheblich ist (nach derzeitigen Modellannahmen größer 50%)

A photograph of a tunnel interior. On the left, there is a yellow door with a sign. In the center, a white utility vehicle with red and white reflective stripes and the number '15' is visible. The tunnel walls are concrete and have some equipment and cables. The overall scene is dimly lit, with some overhead lights.

# WEITERES VORGEHEN

# 4

# WIE BELASTBAR SIND DIE DOSISBERECHNUNGEN?

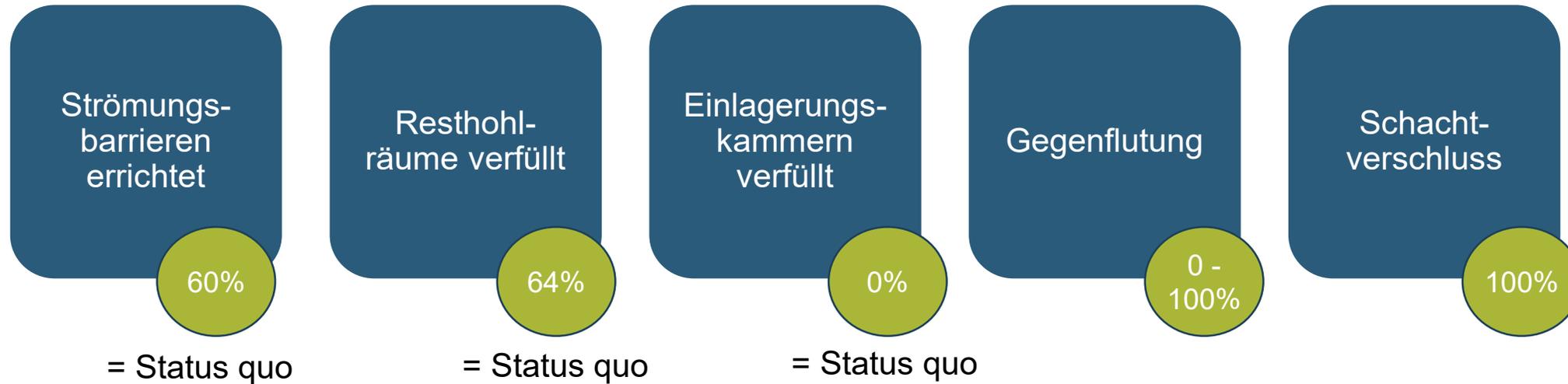


# WELCHE FRAGEN BESCHÄFTIGEN UNS?

- Wie wichtig sind welche Einflüsse auf den Radionuklidaustrag und auf die Dosis?
  - *Welche Wirkung haben Strömungsbarrieren?*
  - *Welche Relevanz hat das Verfüllen von Einlagerungskammern?*
  - *Welche Wirkung hat das Gegenfluten?*
- Was ist, wenn nicht mehr genügend Zeit für alles bleibt?
  - *Welche Maßnahmen sind dann am wichtigsten?*

# WAS HAT AUSWIRKUNGEN AUF DIE DOSISBERECHNUNG?

Die Umsetzung der Maßnahmen der Notfallplanung wird eine Auswirkung auf den Aktivitätsaustrag ins Deckgebirge haben, daher wird die nächste Konsequenzenanalyse bei unvollständiger Umsetzung der Notfallplanung modelliert.





## BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

### INFOSTELLE ASSE

Am Walde 1  
38319 Remlingen  
05336 89-2640  
dialog@bge.de

[www.bge.de](http://www.bge.de)  
[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)



Die Newsletter der BGE

