



Bundesamt
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung

Berechnungsgrundlage für die Dosisabschätzung

bei der Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen

– Konsultation und Stand der Arbeiten Mai 2022 –

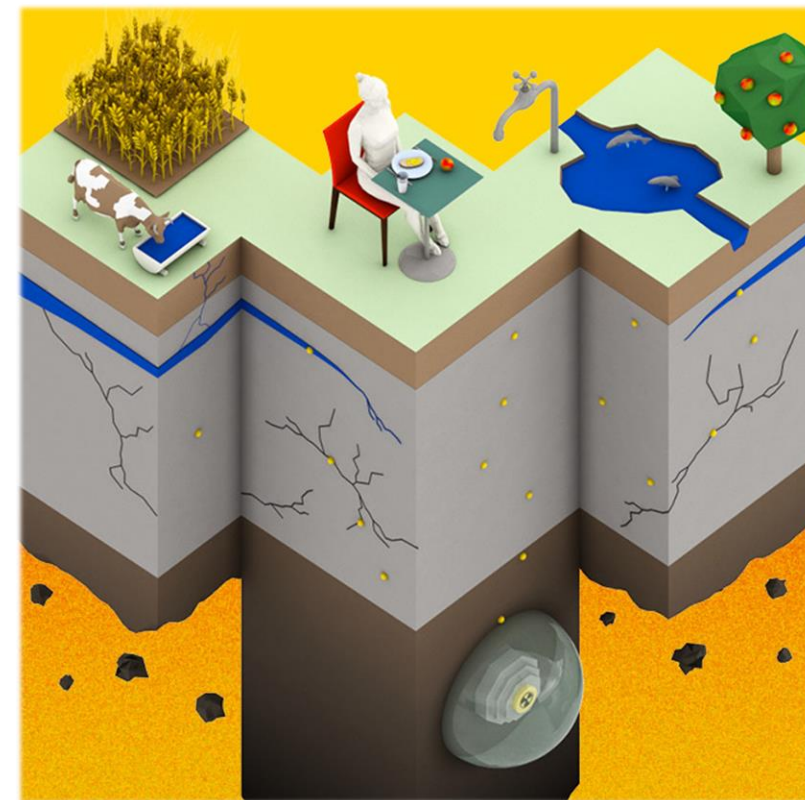
Gliederung der Präsentation

- 1.** Allgemeine Einführung – Worum geht es?
- 2.** Die Konsultation – Wie kann ich beitragen?

Bedeutung der Dosisabschätzung

Allgemeine Einführung

Worum geht es?



Infografik zum allgemeinen Erläuterungspapier des BASE

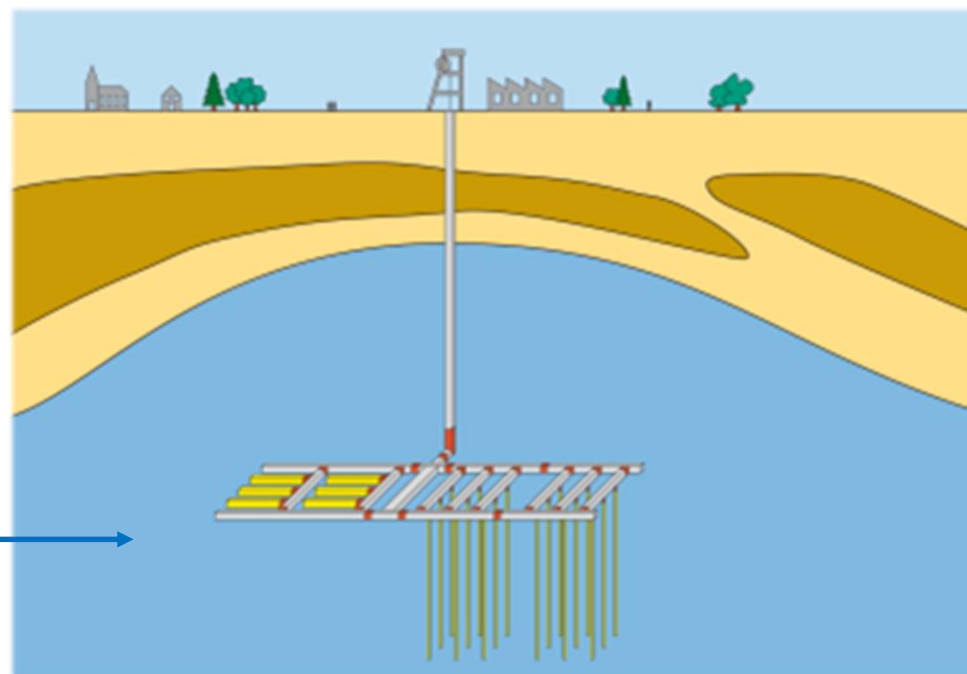
Endlagerung in tiefen geologischen Formationen

Mindestanforderungen an:

✓ Teufe



✓ Gestein



Quelle: TU-Dresden, Forschungsschwerpunkt Endlagersicherheit

Ziel: sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle

Ausgangssituation

Worum geht es?

Prozesse im Endlager im Verlauf der Zeit

Verformung



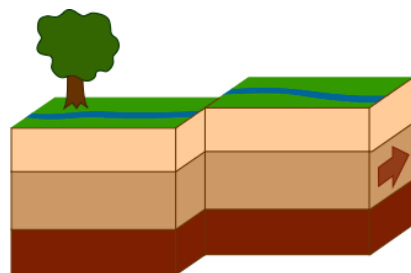
Quelle: www.lasiportal.de

Korrosion des Behälters



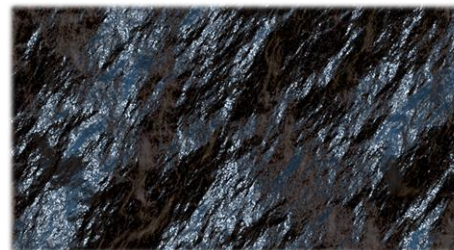
Quelle: www.pixnio.com/de, kostenlose Bilder

Scherkräfte



Quelle: www.dewiki.de

Eindringen von Wasser



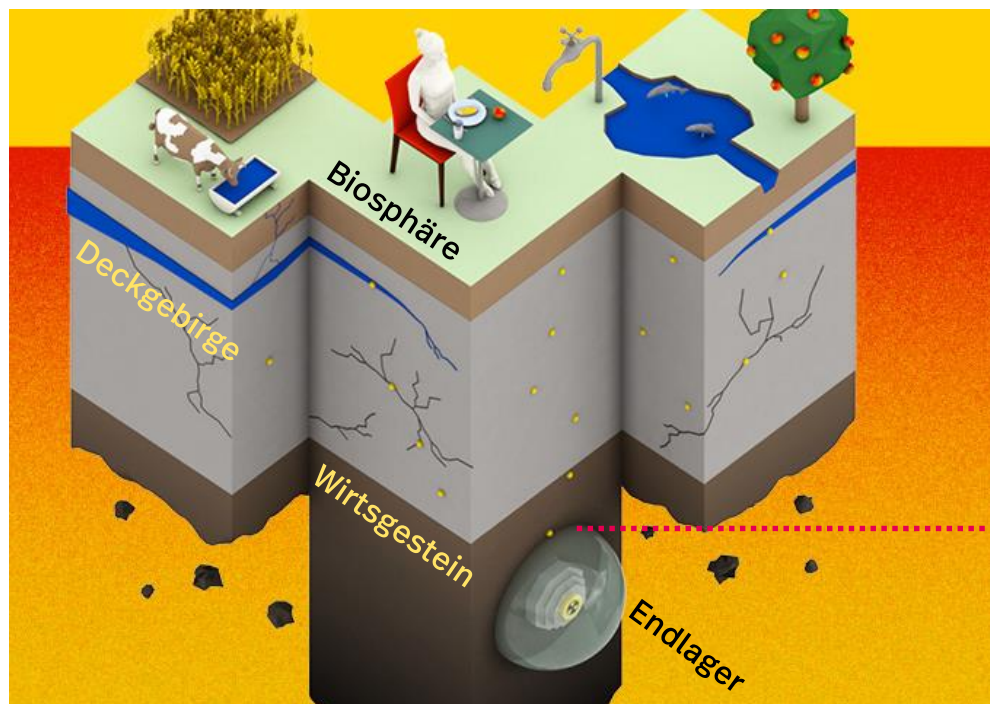
Quelle: www.pxhere.com, free images

Was könnte im Verlauf der nächsten 1 Million Jahre passieren?

Gesucht wird ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit, an dem diese Prozesse den geringstmöglichen Umfang haben sollten.

Folge: Beeinträchtigung des sicheren Einschlusses

Austragung und Freisetzung von Radionukliden



3 wichtige Begriffe:

Freisetzung

wesentliche Barrieren

Austragung

Und die Konsequenz daraus

...

*... eine mögliche
Strahlenexposition für
Mensch und Umwelt*



StandAG

§ 1, Absatz 2

... und die bestmögliche Sicherheit für den dauerhaften **Schutz** von Mensch und Umwelt **vor ionisierender Strahlung** und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet.

§ 26, Absatz 2, Nr. 1

... sichergestellt werden, dass Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager **geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition** sind.

Rechtliche Vorgaben

aus dem Standortauswahlgesetz (StandAG) und der
Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV)

EndlSiAnfV

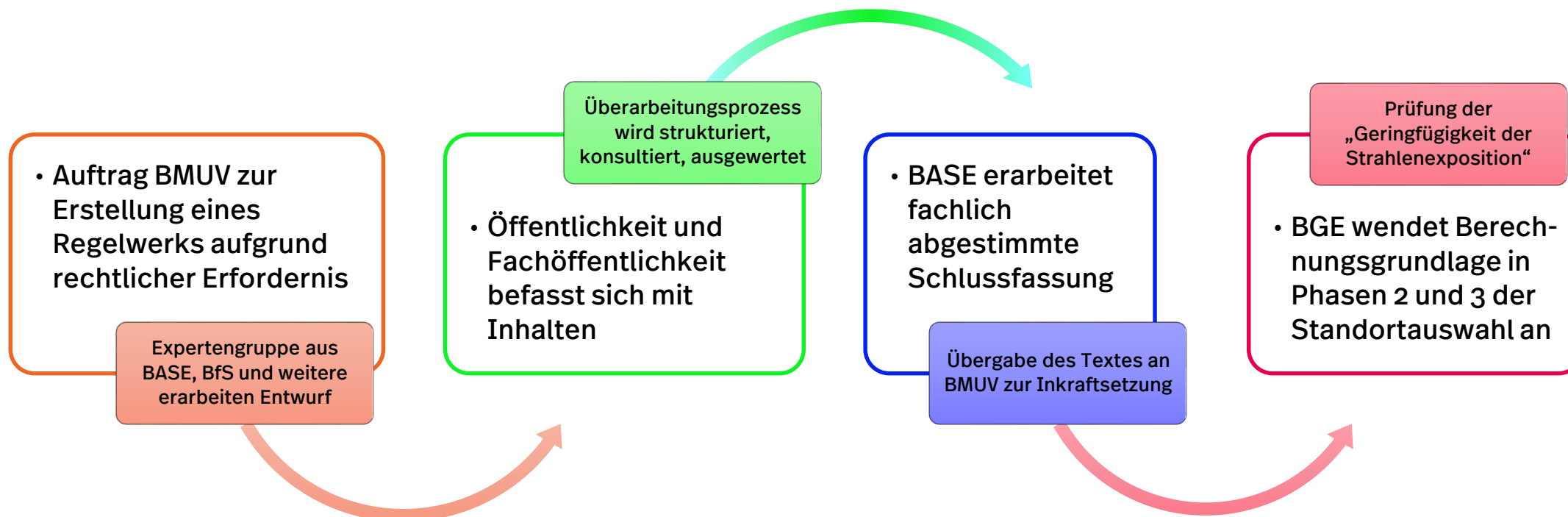
§ 7 Dosiswerte im Bewertungszeitraum

(2)

... **sind geringfügig** ..., wenn

1. für die zu erwartenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung höchstens im Bereich von **10 Mikrosievert pro Kalenderjahr** liegt und
2. für die abweichenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung **100 Mikrosievert pro Kalenderjahr** nicht überschreitet.

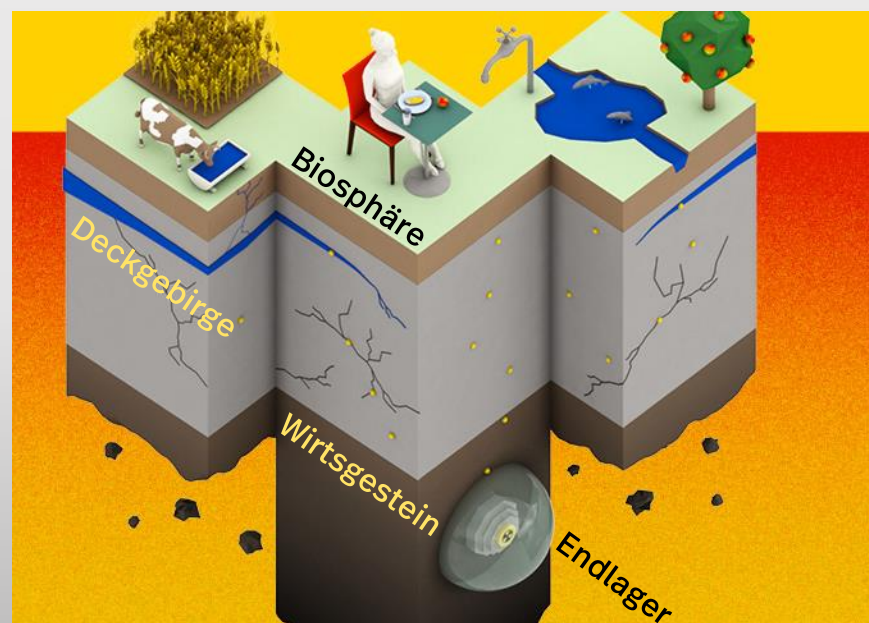
Die Berechnungsgrundlage als Regelwerksprojekt



Was ist die „Berechnungsgrundlage zur Dosisabschätzung“?

Ein *Regelungstext* auf der Grundlage des Stands von Wissenschaft und Technik zur Durchführung der Dosisabschätzung

Berechnungsgrundlage zur Dosisabschätzung



Kap. 12: Biosphärenmodellierung

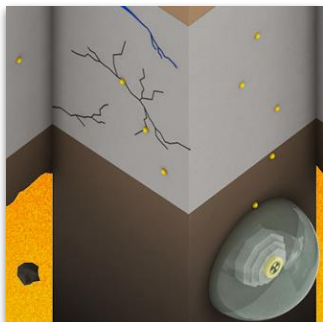
Kap. 11: Schnittstelle Geosphäre/
Biosphäre

Kap. 10: Geosphärenmodellierung

Kap. 9: Radionuklidinventar

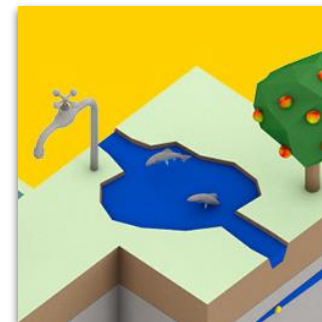
Kap. 1-8: Grundlagen,
Begriffe, Modellierung, etc.

Prinzipielle Unterschiede zwischen Geosphäre und Biosphäre



Geosphäre

- Veränderungen vollziehen sich in „geologischen Zeiträumen“, in Millionen von Jahren.
- Klimatische Einflüsse sind in der Tiefe gering bis nicht vorhanden.
- Bei Prozessen mit mehreren möglichen Verläufen findet eine Szenarienbetrachtung statt.
- Die Ausbreitung von Stoffen in verschiedenen Gesteinen ist gut untersucht und lässt sich realitätsnah über lange Zeiträume modellieren (berechnen).

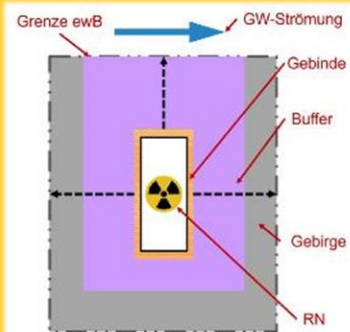


Biosphäre

- Klimatische Einflüsse und Erosion bestimmen Entwicklung der Biosphäre.
- Lebensbedingungen und Art des Wirtschaftens des Menschen lassen sich über 1 Million Jahre nicht vorhersagen.
- Berechnungen sind nur über eine „repräsentative Person“ möglich, für die eine erhöhte aber realistische Exposition angenommen wird.
- Herangehensweise: Festlegung einer „Modellperson“ mit „Modellverhalten“.

Grundzüge der Berechnung bei der Dosisabschätzung

Konzeptuelles Modell



Barriersystem

Mathematisches Modell

$$n \cdot R \cdot \frac{\partial c}{\partial t} = n \cdot D \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} -$$

$$n \cdot v \cdot \frac{\partial c}{\partial x} - \lambda \cdot n \cdot R \cdot c$$

Transportgleichung

Rechenmodell

```

1  *-----*
2  *   ein vereinfachtes mathematisches Modell zur Berechnung der
3  *   Dosisleistung bei einer Quelle C, die von der Atmosphäre
4  *   über den Boden in den Grundwasserleiter gelangt.
5  *-----*
6
7  * Parameterwerte:
8  *-----*
9  * n: Porosität des Grundwasserleiters
10 * D: Dispersivitätskoeffizient
11 * v: Fließgeschwindigkeit des Grundwassers
12 * lambda: Zerfallskonstante des Radionuklids
13 * R: Retardationsfaktor
14 * c: Konzentration des Radionuklids
15 * x: Abstand von der Quelle zum Beobachtungspunkt
16 * t: Zeit
17 *-----*
18
19 * Die Transportgleichung lautet:
20 *
21 * n * R * dC/dt = n * D * d^2C/dx^2 -
22 * n * v * dC/dx - lambda * n * R * C
23 *
24 * Die Lösung dieser Gleichung ist:
25 *
26 * C(x,t) = C_0 * exp(-lambda * R * t) *
27 * exp(-v * x / D) *
28 * exp(-v^2 * x^2 / (4 * D * t))
29 *
30 *
31 *
32 *
33 *
34 *
35 *
36 *
37 *
38 *
39 *
40 *
41 *
42 *
43 *
44 *
45 *
46 *
47 *
48 *
49 *
50 *
51 *
52 *
53 *
54 *
55 *
56 *
57 *
58 *
59 *
60 *
61 *
62 *
63 *
64 *
65 *
66 *
67 *
68 *
69 *
70 *
71 *
72 *
73 *
74 *
75 *
76 *
77 *
78 *
79 *
80 *
81 *
82 *
83 *
84 *
85 *
86 *
87 *
88 *
89 *
90 *
91 *
92 *
93 *
94 *
95 *
96 *
97 *
98 *
99 *
100 *

```

Programmcode

Dieses Vorgehen entspricht internationalen Standards

Die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEA) publiziert hierzu Sicherheitsleitfäden

Hier konkret:
IAEA SSG-23, Abschn. 5.47

(Prinzip, vereinfacht, ohne Biosphäre)

Ungewissheiten → Szenarien → Rechenfälle

Was sind Ungewissheiten?

- „Haben wir in 50 000 Jahren in Nordeuropa eine Eiszeit oder nicht?“
- „Sind nach 5 000 Jahren noch alle Behälter intakt oder einzelne schon undicht?“
- „Gibt es unentdeckte Klüfte im ewG jenseits des erkundeten Gesteins?“

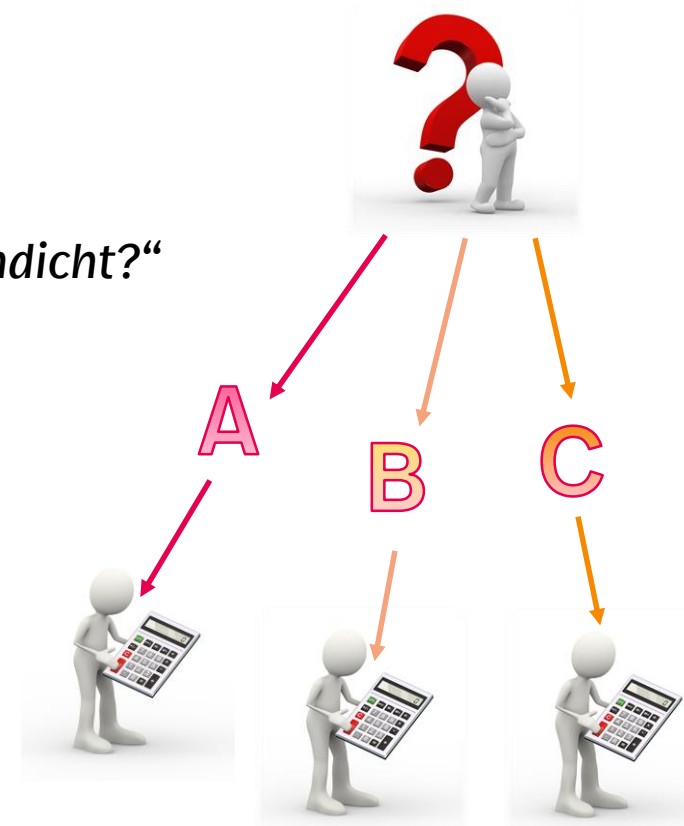
Hier lässt sich der Mangel an Kenntnis prinzipiell nicht auflösen!

Was kann man tun?! → Szenarien betrachten (A, B, C, ...)
→ Jedes Szenario durchrechnen

Davon zu unterscheiden:

~~„Messunsicherheiten“~~, hier besser: „Wertebereiche“

- „Die Sorptionskonstante für Samarium in Ton ist 5 bis 60 m³/kg“.
- „Das einzulagernde radioaktive Inventar umfasst 10 000 bis 11 000 Tonnen Schwermetall.“



Alltagsbeispiel zum Begriff „Ungewissheiten“

Ich bin bei Freunden in einer anderen Stadt zu Besuch und soll für den Kaffee mal eben noch laktosefreie Vollmilch einkaufen. Zwei Supermärkte sind fußläufig zu erreichen.

Es besteht eine **Unsicherheit** bezüglich des Preises. Ich muss von einem Wertebereich ausgehen.

Es besteht **Ungewissheit** darüber, ob überhaupt dieses Produkt erhältlich ist. Ich muss mir gegebenenfalls alternative Szenarien überlegen.

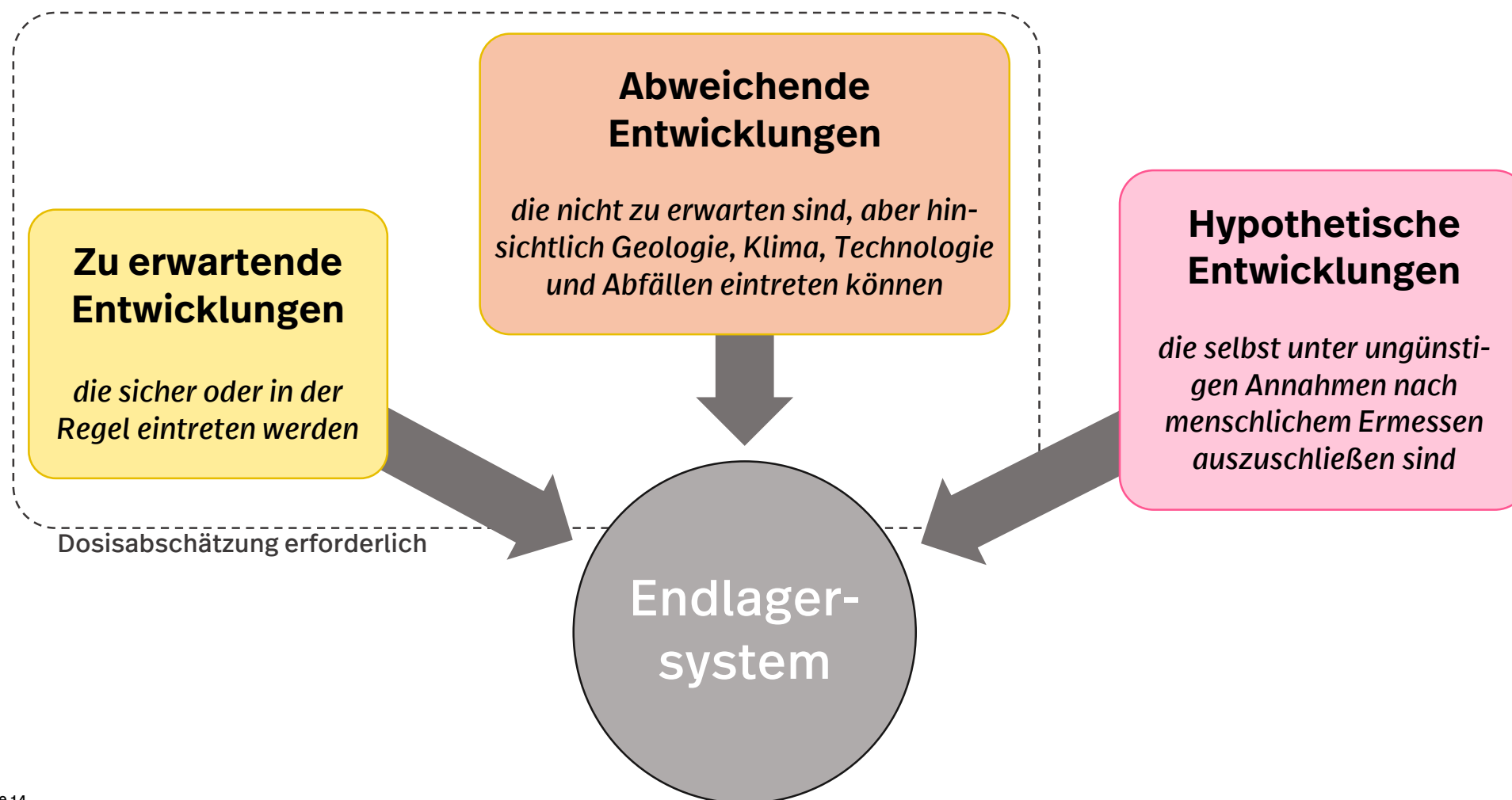
Wie gehe ich mit der Situation um?

*€ 1,09 oder € 1,29..., oder mehr ?
Ich nehme 2 € mit, oder besser
gleich einen 5 € Schein.*

*Alternativ gehe ich in den zweiten
Supermarkt. Falls da auch nicht
erhältlich, nehme ich laktosefreie
Sahne, notfalls als haltbares Produkt
(H-Sahne).*

Szenarien = Entwicklungen

Das StandAG benennt 3 Abstufungen

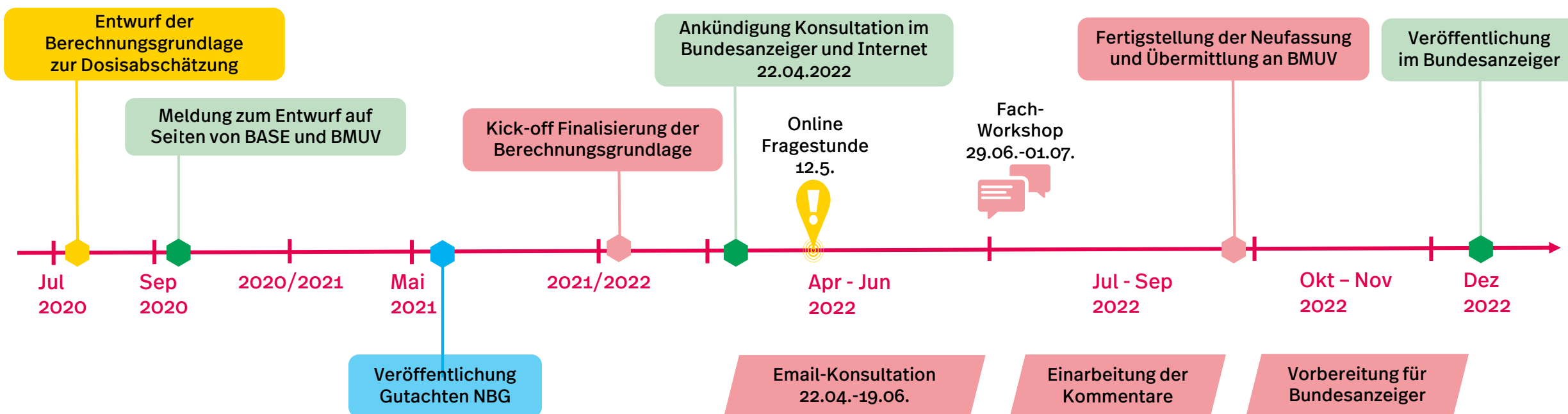


Gibt es Fragen?

Wie läuft die Konsultation ab?

Einzelheiten zum Ablauf, technische Aspekte,
Auswertung der Ergebnisse

Zeitstrahl der Konsultation und der Überarbeitung



Bereits vorliegende Kommentare

Gutachten im Auftrag des Nationalen Begleitgremiums (NBG)

Dr. A. Eckhardt, risicare GmbH

Dr. F. J. Maringer, TU Wien

→ 56 Einzelkommentare identifiziert

Stellungnahme der BGE

Umfangreiche Befassung auf 50 Seiten

→ 88 Einzelkommentare identifiziert

Frühere Kommentare (intern, BMUV, Einzelpersonen)

5 Quellen

→ ca. 150 Einzelkommentare identifiziert

Es liegen insgesamt bereits ca. 300 Kommentare vor.

Die Gutachten im Auftrag des NBG sind auf www.nationales-begleitgremium.de abrufbar.

Die Stellungnahme der BGE ist auf www.bge.de abrufbar.

Alle Kommentare werden pseudonymisiert veröffentlicht.

Umgang mit den Kommentartabellen

1) Zusammenführung der Einzeltabellen in gemeinsame Tabelle

	A	B	C
1	Nr.	Fundstelle	Kommentar
2	A-1	3	...
3	A-2	4.1	...
4	A-3	4.2	...
5	A-4	7	...

	A	B	C
1	Nr.	Fundstelle	Kommentar
2	B-1	2	...
3	B-2	4.1	...
4	B-3	4.4	...
5	B-4	8	...

	A	B	C
1	Nr.	Fundstelle	Kommentar
2	B-1	2	...
3	A-1	3	...
4	A-2	4.1	...
5	B-2	4.1	...
6	A-3	4.2	...
7	B-3	4.4	...
8	A-4	7	...
9	B-4	8	...

Überblick und Fokus auf die für die Beratung relevanten Themen

2) Filterung nach fachlich-inhaltlichen Kommentaren und Sortierung

Lfd. Nr.	Kap. Nr., Absatz Nr.	Anmerkung *	Anmerkung/Kommentar/Einwendung	Vorgeschlagene Änderung	Auswertung Workshop
E-19	4.2 (20)	tec	Unklar bleibt jedoch, was in Zusammenhang mit der Dosisabschätzung genau unter gleichwertigen Methoden zu verstehen ist (Originaltext "mindestens gleichwertiger Lösungsansatz")	Eine nähere Erläuterung der Formulierung „gleichwertige Methoden“ oder eine Benennung von Kriterien, nach welchen verwendete Methoden zur Dosisabschätzung als gleichwertig anzusehen sind, wären daher hier wünschenswert.	
G-27	4.2 (20)	tec	Dies ist kein Grundsatz	verschieben in Kapitel 2	
E-24	5 (2)	red	Grammatikfehler in Satz 1.	Das zweite Wort „ist“ ist in diesem Satz zu streichen.	

Fachworkshop

(Beispiel der Verarbeitung der Tabellen)

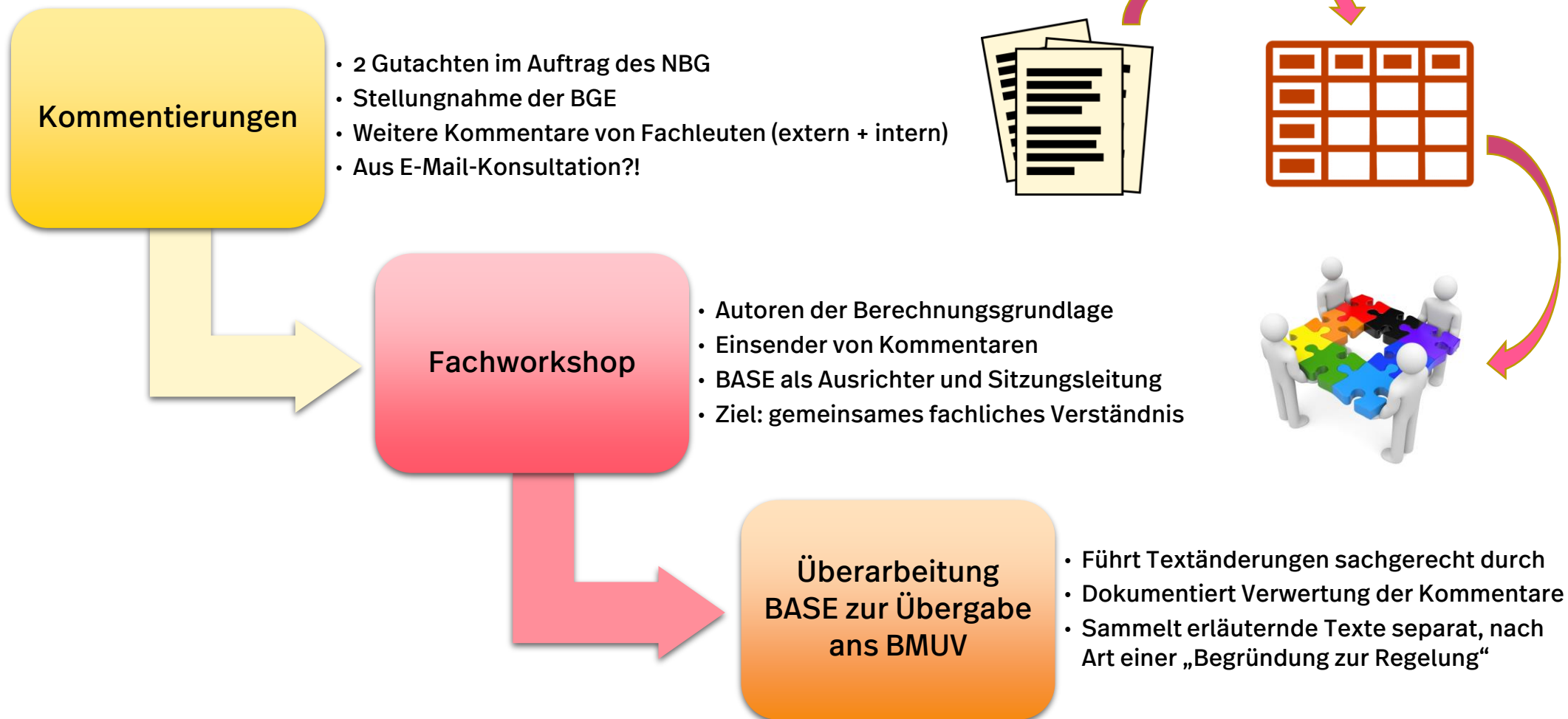
Lfd. Nr.	Kap. Nr., Absatz Nr.	Anmerkung *	Anmerkung/Kommentar/Einwendung	Vorgeschlagene Änderung	Auswertung Workshop
E-19	4.2 (20)	<u>tec</u>	Unklar bleibt jedoch, was in Zusammenhang mit der Dosisabschätzung genau unter gleichwertigen Methoden zu verstehen ist (Originaltext "mindestens gleichwertiger Lösungsansatz")	Eine nähere Erläuterung der Formulierung „gleichwertige Methoden“ oder eine Benennung von Kriterien, nach welchen verwendete Methoden zur Dosisabschätzung als gleichwertig anzusehen sind, wären daher hier wünschenswert.	
G-23	4.2 (20)	<u>tec</u>	Dies ist kein Grundsatz	verschieben in Kapitel 2	

Einfügen nach 1. Satz:
 „Lorem ipsum dolor sit
 amet, consectetur adipisici
 elit, ...“

Keine Zustimmung der
 Teilnehmer:innen, da ...

Dies ist nur ein Beispiel – die Verantwortung der Umsetzung liegt beim BASE.

Prozess zur Verwertung der eingegangenen Kommentare



**Vielen Dank für Ihre/Eure
Aufmerksamkeit**