

Tobias Wengorsch, Yvonne Messerschmidt, Paulina Müller / Bereich Standortauswahl

1. Einleitung

Innerhalb eines gesetzlich festgelegten Standortauswahlverfahrens (Standortauswahlgesetz – StandAG) wird der bestmögliche Standort für ein zukünftiges Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland gesucht. Der sichere Einschluss von radioaktiven Abfällen in einem Endlager ist im Rahmen von **Langzeitsicherheitsbetrachtungen** zu belegen.

Eine wesentliche Grundlage für die **Bewertung des sicheren Einschlusses** eines Endlagersystems ist die Beschreibung der Entwicklung des Endlagersystems über den gesamten Bewertungszeitraum.

2. Rahmenbedingungen (Auszug)

Regulatorisch:

- Fokus: Ableitung von Entwicklungen der **geologischen Barrieren**
- (Geo-)technische Barrieren erfüllen ihre Funktion während des gesamten Betrachtungszeitraums
- Schwerpunkt auf Prozessen, die ohne den Einfluss eines Endlagers auftreten (**geogene Prozesse**)

Geologisch:

- Referenzklima: **kaltzeitliche Klimaentwicklung** mit einer Vereisung nach frühestens 100 000 Jahren und einer Wiederholung des glazialen Zyklus alle 100 000 Jahre

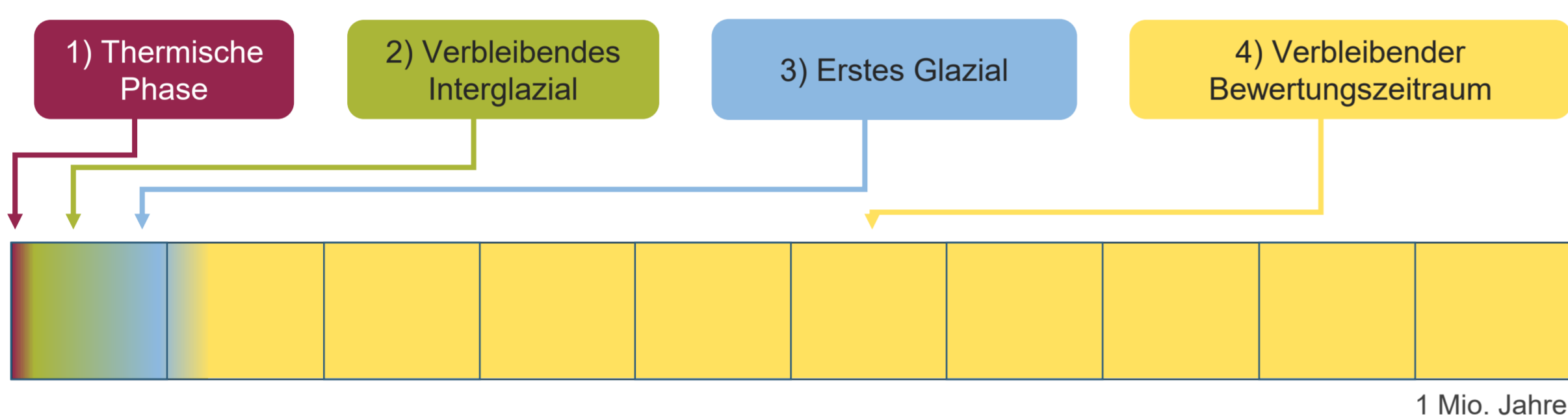


Abb. 1: Für die Ableitung der Entwicklungen in den rvSU wird der Bewertungszeitraum in zeitliche Phasen eingeteilt. Quelle BGE

4. Einfluss auf Sicherheitsfunktionen

Das **Sicherheitskonzept** legt die Strategie dar, wie das **Ziel des sicheren Einschlusses** erreicht werden soll. Zentraler Bestandteil ist die Beschreibung der gestaffelten Barrieren des Endlagersystems und ihrer unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen.

Auf der Grundlage der aufgestellten Sicherheitsfunktionen und deren Sicherheitsaussagen erfolgt eine gebietsspezifische **Einschätzung sicherheitsrelevanter Auswirkungen auf die geologischen Barrieren** durch zukünftige geogene Prozesse im Bewertungszeitraum.

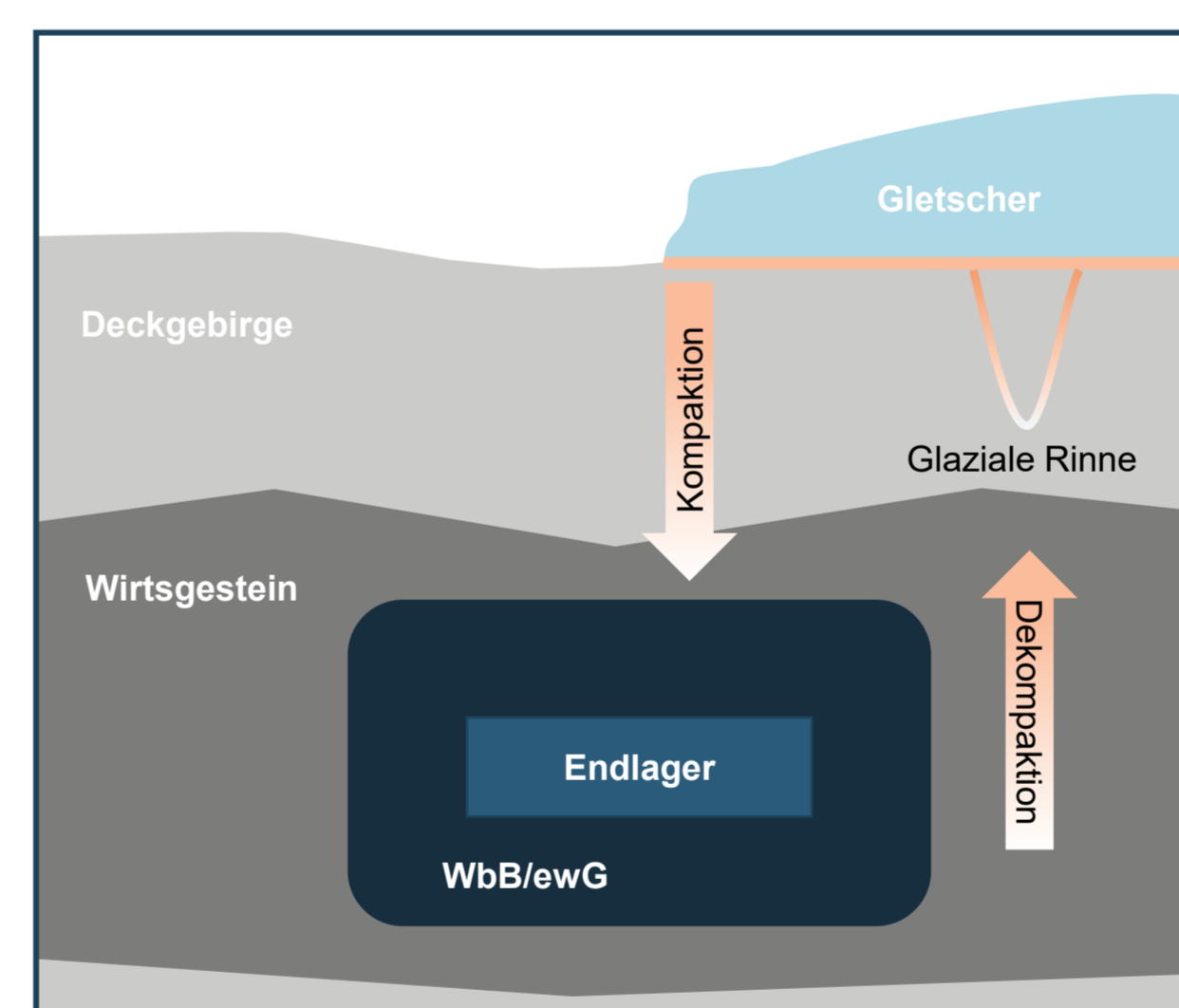


Abb. 3: Zusammenwirken der Sicherheitsfunktionen und Entwicklungen am Beispiel ausgewählter Barrieren, Sicherheitsfunktionen und Prozesse. Quelle BGE

Tab. 1: Darstellung der Barrieren, Sicherheitsfunktionen und Auswirkungen aus Abb. 3

Barriere	Sicherheitsfunktion	Auswirkung
Deckgebirge	Geometrie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzierung der Mächtigkeit durch glaziale Erosion ▪ Kompaktion durch Gletscherauflast
WbB/ewG	Fluidbewegungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöhung der Porosität/Permeabilität durch Dekompaktion infolge Rinnebildung
	Mechanische Stabilität	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöhung der des Fluidsdrucks durch Kompaktion infolge der Gletscherauflast

5. Entwicklungen

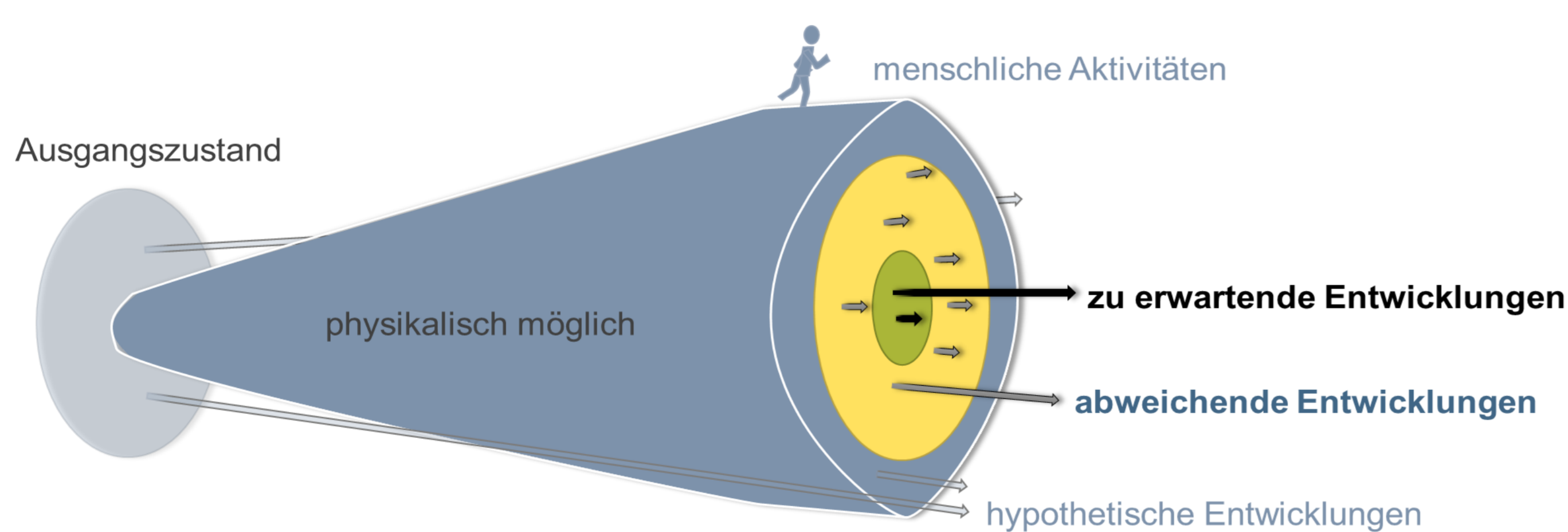


Abb. 4: Der „Zukunftstrichter“ (nach z.B. Christophilopoulos 2021). Links der Ausgangszustand mit Ungewissheiten aufgrund der Charakterisierung. Durch die Ungewissheiten bei den künftigen Entwicklungen ergibt sich mit nach rechts fortschreitender Zeit ein sich öffnender Trichter mit allen möglichen Entwicklungen. Grün: Bereich der zu erwartenden Entwicklungen, Gelb: Bereich der abweichenden Entwicklungen, Grau: Bereich der hypothetischen Entwicklungen, auch außerhalb des physikalisch Möglichen. Figur: Einfluss zukünftiger menschlicher Aktivitäten. Für die rvSU müssen nur zu erwartende und abweichende Entwicklungen berücksichtigt werden. Quelle BGE

3. FEP-Kataloge

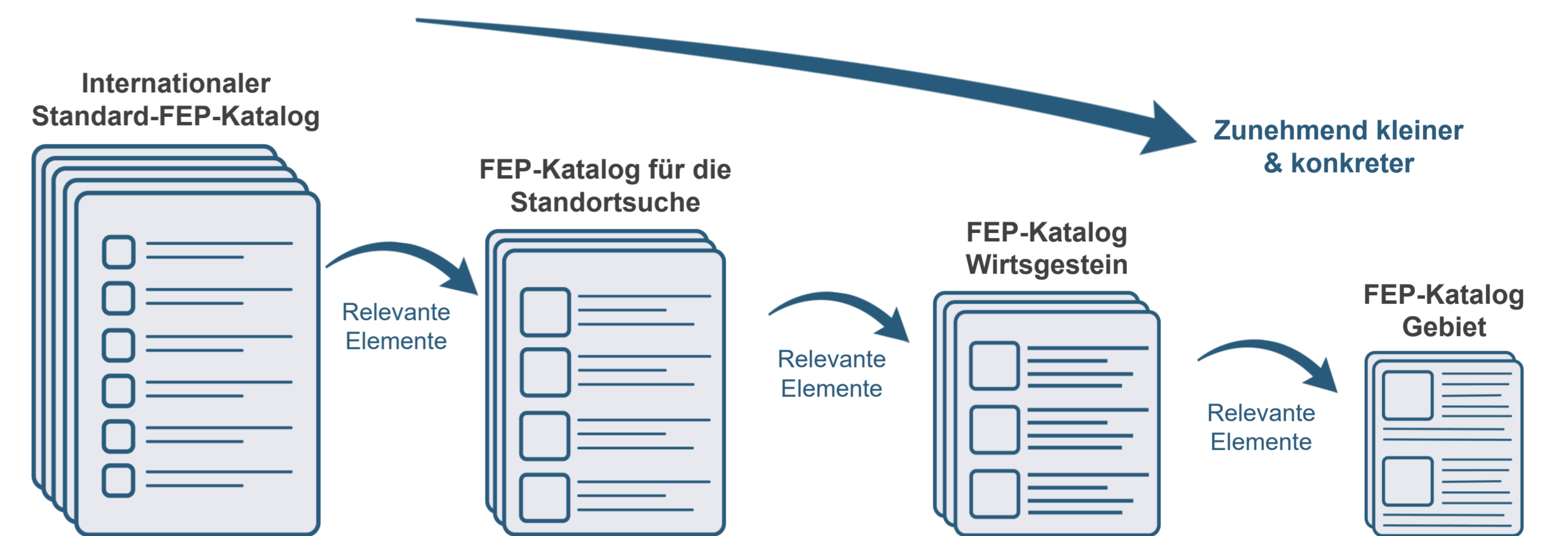


Abb. 2: Gestaffelte Vorgehensweise zur Erstellung der gebietsspezifischen FEP-Kataloge in den rvSU, die die Grundlage zur Ableitung der Entwicklungen für das entsprechende Gebiet darstellen. Quelle BGE

Ausgehend von umfangreichen, international gebräuchlichen FEP-Katalogen wird zunächst in einer wirtsgesteinsunabhängigen Bearbeitung ein übergeordneter FEP-Katalog (**FEP-Katalog STA**) erstellt. Dieser beinhaltet alle Komponenten und deren Eigenschaften sowie sämtliche möglicherweise ablaufenden Prozesse, die während einer Nachverschlussphase für ein Endlagersystem vorhanden sind oder erwartet werden.

Darauf aufbauend findet eine **wirtsgesteinsspezifische Bearbeitung** statt. Diese dient als Basis für die anschließende **gebietsspezifische Ausarbeitung** und die Analyse des Endlagersystems hinsichtlich des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle. Dafür werden das Auftreten und die Ausprägung von Prozessen sowie deren Wechselwirkungen mit den Eigenschaften von Komponenten dokumentiert und deren Folgeprozesse beschrieben.

Weiterhin wird eine übergeordnete wirtsgesteinsspezifische **Beschreibung des Endlagersystems** erstellt. Diese beinhaltet die Aufstellung und Beschreibung aller technogenen/sonstigen Prozesse und (geo-)technischen Komponenten für das jeweilige Wirtsgestein.

Entwicklungen werden auf systematische Weise abgeleitet und bilden die Basis für die Bewertung der Langzeitsicherheit.

Grundlage für die Ableitung der Entwicklungen bilden die gebietsspezifischen FEP-Kataloge sowie der zuvor beschriebene Einfluss auf die Sicherheitsfunktionen.

Anhand des Auftretens und der Ausprägung von Prozessen sowie den gegenseitigen Wechselwirkungen werden die Entwicklungen des Systems abgeleitet. Die Eigenschaften der Komponenten bilden dabei das Bindeglied zwischen Komponenten und Prozessen.

Bei der Ableitung und Beschreibung der Entwicklungen wird der Bewertungszeitraum in **vier Zeitphasen** unterteilt (siehe Abb. 1).

In den rvSU werden in Abhängigkeit einer qualitativen Wahrscheinlichkeits-einschätzung der Prozesse zwei Arten von Entwicklungen betrachtet:

- **Zu erwartende Entwicklungen** treten sicher oder in der Regel ein
- **Abweichende Entwicklungen** sind nicht zu erwarten, können aber eintreten