

# Ergebnisse der vergleichenden Analyse der tschechischen Endlagerkriterien im internationalen Kontext

Ergebnisse eines Gutachtens für die Landesregierungen von Oberösterreich und Niederösterreich

Veronika Ustohalova

Nuclear Energy Conference 2018

Prag, 11 April 2018

# Überblick

- 1** Hintergrund
- 2** Meilensteine der Standortauswahl in Tschechien
- 3** Kriterien-Leitfaden
- 4** Bewertung des Kriterien-Leitfadens im internationalen Kontext
- 5** Fazit

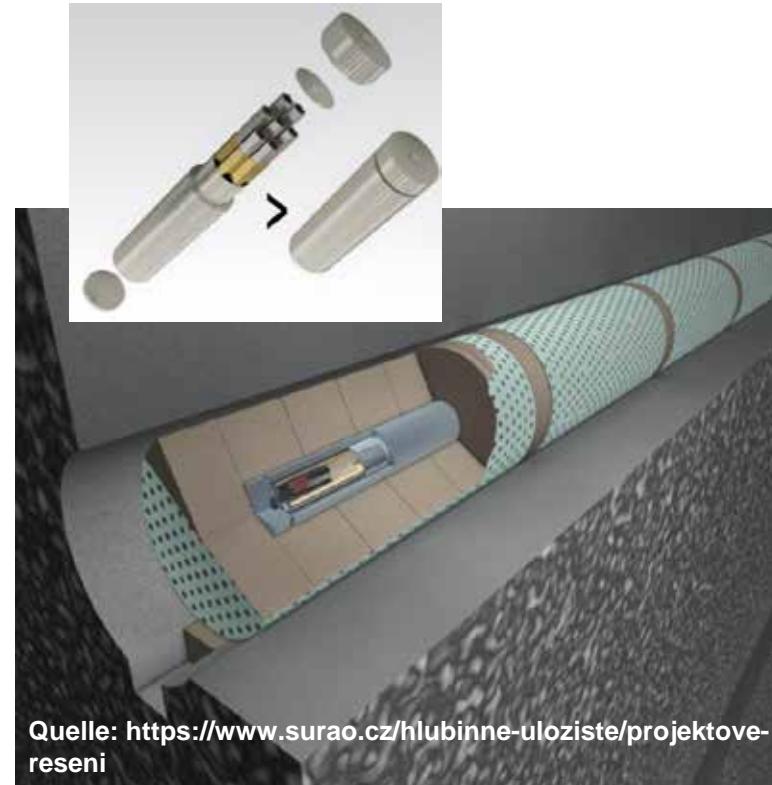
# Hintergrund

- Geplante geologische Endlagerung für
  - abgebrannte Brennelemente (BE): Kernkraftwerke Dukovany und Temelín
  - Wiederaufarbeitungsabfälle (HLW) und abgebrannte Brennelemente aus Forschungsreaktoren
  - sonstige radioaktive Abfälle, die nicht den Anforderungen der bestehenden oberflächennahen Endlager entsprechen
- Gesucht wird ein geeigneter Standort in kristallinem Wirtsgestein in ca. 500 m Tiefe

# Das Endlagerkonzept

## Einlagerungskonzept für abgebrannte BE

- In vertikalen Schächten oder in horizontalen Bohrlöcher in „Supercontainern“ mit Einschlusswirkung: Stahlcontainer in Bentonitmantel
  - Stahlcontainer: nicht korrosionsresistente Konstruktion aus Karbonstahl in Kombination mit Edelstahl (in Kooperation mit der Schweiz)
  - Später aber (seit 2017) korrosionsresistente Konstruktion eingeführt: Kombination Karbonstahl mit Kupfer-Titan Hülle



Quelle: <https://www.surao.cz/hlubinne-uloziste/projektoverezeni>

# Überblick

**1** Hintergrund

**2** Meilensteine der Standortauswahl in Tschechien

**3** Kriterien-Leitfaden

**4** Bewertung des Kriterien-Leitfadens im internationalen Kontext

**5** Fazit

# Meilensteine und Stand 2018

- 1992-1998: 27 Standortgebiete (verschiedene geologische Formationen) -> Reduktion auf 8 (Priorisierung Kristallin); 2003: Revision - 11 Gebiete (3 Gesteinstypen), SÚRAO empfiehlt 6 Optionen im Granit
- 2015: 6 Optionen + Kraví hora (ehem. Uranmine) + 2 Kernkraftwerkstandorte + Prüfung weiterer in der Vergangenheit identifizierter Standorte
- In 2018 Reduzierung auf 4 Standorte, weitere Eingrenzung auf 2 Standorte laut Entsorgungskonzept bis 2022
- Nach vertiefter Untersuchung 1 Standort und 1 Ersatzstandort in 2025



Standortauswahl bis jetzt:  
weitgehend aus Interpretation oberflächennaher Geodaten, Analogieschlüssen über zentrale Wirtsgesteinsmerkmale oder als opportune Lösungen

# Überblick

**1** Anlass

**2** Meilesteine der Standortauswahl in Tschechien

**3** Kriterien-Leitfaden

**4** Bewertung des Kriterien-Leitfadens im internationalen Kontext

**5** Fazit

# Der Kriterien-Leitfaden und das zentrale Dokument für die Standortauswahl

- *Entsorgungskonzept für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente* definiert das Entsorgungsziel, nennt u.a. Meilensteine der Endlagersuche bis zum Jahr 2025 und gibt einen Ausblick bis zum Ende des 21. Jahrhunderts
- *Kriterien-Leitfaden* (Anforderungen, Eignungsindikatoren und Kriterien für die Auswahl potenzieller geologischer Endlagerstandorte:  
Autor Správa úložišť radioaktivních odpadů  
SÚRAO, 2015)
  - Begleitdokument des mittelfristigen Forschungs- und Entwicklungsplans für die Zeitperiode 2015 – 2025
  - knüpft an die frühere Auswahl von zuletzt sieben (+2) Standortgebiete an und dient der Eingrenzung auf 2
  - Keine endgültige sondern weiter zu entwickelte Unterlage, zunächst für SÚRAO verbindlich



# Zweck des Kriterien-Leitfadens und Aufbau

- Entwicklung eines für alle Beteiligten akzeptablen Bewertungsverfahrens
  - Zur schrittweise Eingrenzung der bereits vorausgewählten Optionen auf 2
  - Die Anforderungen, Indikatoren und Kriterien sollen parallel mit dem Fortschritt des Verfahrens und neu gewonnenen Kenntnissen angepasst werden.
- 3 Themenbereiche der Kriterien und Indikatoren:
  - Design (19 Indikatoren),
  - Betriebs- und Langzeitsicherheit (17 + 24 Indikatoren),
  - Auswirkungen auf die Umwelt (26 Indikatoren)
- Drei Typen Indikatoren: Ausschluss (*exclusion*: nicht Erfüllung führt zum Ausschluss), Bedingtheit (*conditional*: zusätzliche technische Maßnahmen erforderlich), Vergleich (*comparison*: Standortvergleich aber kein Ausschluss)
- Kombination der Indikatoren: z.B. Vergleich mit Ausschluss

# Überblick

- 1** Hintergrund
- 2** Meilensteine der Standortauswahl in Tschechien
- 3** Kriterien-Leitfaden
- 4** Bewertung des Kriterien-Leitfadens im internationalen Kontext
- 5** Fazit

# Für den Vergleich ausgewählte europäische Endlagerverfahren

- Finnland (Umsetzung Posiva Oy): Kernkraftwerkstandort Olkiluoto seit 1999 als Endlager für abgebrannte BE im Kristallin
  - Zur Kategorisierung und Vergleich der 5 finalen Standorte vertiefte geologische Untersuchungen und wechselweiser Einsatz geowissenschaftlicher sicherheitsorientierter Kriterien und planungsrechtlicher Kriterien/Akzeptanz
- Schweden (Umsetzung SKB): Kernkraftwerkstandort Forsmark seit 2009 als Endlager für abgebrannte BE im Kristallin
  - Geologische Kriterien und Eigenschaften (Ausschluss- und Eignungskriterien) systematisch zum Vergleich der Standorte engerer Wahl
  - bis dahin gleiche Eignung aus geologischer Sicht, Untersuchungen in Abstimmung mit betroffenen Gemeinden

# Für den Vergleich ausgewählte europäische Endlagerverfahren

- Schweiz (Umsetzung NAGRA): Dreistufig angelegtes Verfahren (Sachplan), Kombi-Endlager in Opalinuston
  - Etappe 1: 6 Standortgebiete aufgrund grundlegender sicherheitstechnischer + geologischer Kriterien
  - Aktuell Ende der Etappe 2: 3 Standorte im Vernehmlassungsverfahren, Standortvergleich mit weitgehend vertieften geologischen Untersuchungen und sicherheitsbezogenen Analysen, vor Abschluss Stellungnahme der Behörden und Öffentlichkeit
  - Etappe 3: vertiefte Untersuchung + Einbeziehung sozioökonomischer Auswirkungen

# Für den Vergleich ausgewählte europäische Endlagerverfahren

- Deutschland: Neubeginn der Standortsuche in 2013 für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle und abgebrannte BE
  - Salzstock Gorleben aufgegeben, neue Organisationsstruktur mit operativen Verantwortung in staatlicher Hand
  - Bildung pluralistisch besetzter „Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ (2014-2016): Aufgabe Gestaltung des Auswahlprozesses
  - Zentrale Säulen: Partizipation, Wissenschaftsbasiertheit, Transparenz, selbsthinterfragendes und lernendes mehrstufiges Verfahren mit Vorrang sicherheitsgerichteter geowissenschaftlicher Merkmale

# Vergleich in Bezug zum gewählten Dosiskriterium

- Gewählter Dosis-Richtwert 0,25 mSv/a Individualdosis und 1 mSv/a für den Fall menschlichen Eindringens beruht auf Empfehlungen (Minimalforderungen) der Internationalen Strahlenschutz-Kommission (ICRP)
  - alle Standorte unterliegen den Sicherheitsanforderungen
  - Standortauswahl ist von den Kosten abhängig: „*The costs of constructing the repository are not an issue of first priority but they are important when comparing site suitability where more than one site meets the safety requirements and the impact on the environment and on the living conditions is comparable.*“ (SÚRAO 2015: 22)
- Deutschland: Dosiskriterium von 10 µSv/a für die wahrscheinlichen und 0,1 mSv/a für die weniger wahrscheinlichen Entwicklungen
- Schweiz: für die wahrscheinlichen Entwicklungen ist nachzuweisen, dass eine Individualdosis von 0,1 mSv/a unterschritten wird. Erst unterhalb eines Schwellenwerts von 10 µSv gelten Standorte als gleichwertig

Die internationalen Standards deutlich ambitionierter und legen Wert auf die bestmögliche Sicherheit.



## Vergleich in Bezug zum Vorrang der Sicherheit

- Ausschluss durch Indikatoren die nicht unmittelbar relevant für Langzeitsicherheit
  - Kriterium Design der Übertageanlagen oder Nutzungskonflikte
  - Relevanz mancher Indikatoren für die Standortauswahl fraglich (z.B. betrieblicher Strahlenschutz, Umweltschutz, Raumplanung)

Presence of mineral resources	Exclusion	No mineral resources must be registered at a depth larger than a few tens of metres, in the isolating section of the repository or in its nearest surroundings.
Presence of groundwater or geothermal energy resources	Exclusion	The rock environment must not contain significant water or geothermal energy resources.

- Deutschland und Schweiz: klarer Vorrang sicherheitsbezogener Merkmale gegenüber raumplanerischen oder umweltbezogenen Faktoren. Letztere fließen in ersten Etappen der Auswahlverfahren noch nicht in die Bewertung ein und führen im Folgenden nicht zum Ausschluss eines Standorts.



Es ist kein klarer Vorrang der Sicherheit identifizierbar.

## Vergleich im Bezug zu Endlagerkonzept

- Aufgrund von Klüften kann im Kristallingestein Wasserzutritt zu den Behältern langfristig nicht ausgeschlossen werden -> dem Behälter kommt eine zentrale Bedeutung zum Einschluss der Abfälle zu
- In Skandinavien (Schweden, Finnland) etabliert der Kupferbehälter aufgrund hoher Korrosionsresistenz (innen Gusseisen-Einsatz mit Kugelgraphit, außen 5 cm Kupfer; soll vor Korrosion und mechanischen Belastungen schützen)
- Schweiz: Stahlbehälter mit Bentonitummantelung sind für Konzepte in Tonstein geplant



Die Eignung des Behälterkonzepts und welche Konstruktion geeignet ist muss nachgewiesen werden.

# Vergleich im Bezug zu Stabilität der geologischen Verhältnisse

- Seismische Stabilität - Ausschluss großräumiger Vertikalbewegungen und (post)vulkanischer Aktivität: aus regional-geologischen Informationen gut ableitbar, (für 6 Standorte bereits erfolgt)
- Deutschland: Ausschlusskriterium - großräumige Vertikalbewegungen, aktive Störungszonen, örtliche seismische Gefährdung und Vulkanismus
- Finnland: Vermeidung aktiver Störungszonen, der baltische Schild gilt als geotektonische Einheit des finnischen Grundgebirges tektonisch stabil, insbesondere seismische Aktivitäten sind vernachlässigbar. Wichtiger Faktor Art und Häufigkeit bruchhafter Verformung des Grundgebirges
- Schweiz: Tektonische/seismische Komplexität als Ausschlusskriterium



Die Kriterien der „Stabilität der geologischen Verhältnisse“ stimmen gut mit internationalen Standards überein.

# Vergleich im Bezug zu Konkretisierung der Indikatoren

- Abzuprüfende Indikatoren vielfach (noch) nicht ausreichend konkret
  - Größe des nutzbaren Wirtsgesteinsvorkommens: keine Mindestgröße (Fläche oder Volumen des Gesteinskörpers) angegeben, obwohl das Abfallinventar ziemlich genau beschrieben
  - Keine Abstände von Grundwasser führenden Strukturen oder erforderliche mechanische, thermische und chemische Eigenschaften des Wirtsgesteins
- Deutschland nennt in seinem Konzept z.B.:
  - Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mindesten 100m, in Kristallin ersetzbar durch Zusammenwirken von Gestein und technischen-/geotechnischen Barrieren,
  - Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs < 300m u. Gelände



Die zuständigen Indikatoren müssen mit Werten untermauert werden

# Vergleich im Bezug zum Vorhandensein standortspezifischer Daten

- Standortvergleich setzt voraus, dass zentrale Sicherheitsmerkmale auf Basis standortbezogener Daten bewertet werden können
  - Zur Zeit liegen hauptsächlich generische und aus Analogieschlüssen abgeleiteten Daten vor -> sicherheitsbezogene Unterschiede beim Standortvergleich können nicht erwartet werden (Unsicherheiten und Bandbreiten von Abschätzungen, Annahmen und Analogieschlüssen)
  - Finnland
    - Für die 5 noch in der Auswahl vorhanden Untersuchungsgebiete auf Basis aller bis dato vorhandenen Untersuchungsergebnisse vergleichende Sicherheitsuntersuchungen durchgeführt
    - Basierend auf den jeweiligen Modellvorstellungen der Standortgeologie Erstellung generischer Endlagerkonzepte und geologische Erkundungsarbeiten an den 5 Standorten inkl. Tiefbohrungen bis 1000 m Tiefe
-  Sicherheitsgerichtete Priorisierung der Standorte auf Basis bestehender Datenlage fraglich

# Überblick

- 1** Hintergrund
- 2** Meilensteine der Standortauswahl in Tschechien
- 3** Kriterien-Leitfaden
- 4** Bewertung des Kriterien-Leitfadens im internationalen Kontext
- 5** Fazit

# Fazit: Kriterien und deren Anwendung bei der Auswahl, Standortkenntnisse

- Der aktuelle Kriterien-Leitfaden Bezug auf die 6 im bisherigen Verfahren ausgewählten gleichwertigen Standortgebieten, es kann davon ausgegangen werden, dass er auf alle 9 Optionen (sowie andere) angewendet wird
- Die Standortauswahl und Kriterien voriger Jahre Grundlage des heutigen Leitfadens, in keinem der Standorte vertiefte geologische Untersuchungen
- Kriterien und Indikatoren inhaltlich umfassend aber durch die Anwendung und Gewichtung nicht sicherheitsbezogene Ausschluss-Kriterien unzulässig großen Einfluss
- Geringe standortspezifische Kenntnisse lassen Differenzierung sicherheitsbezogener Standortmerkmale kaum zu und deren wesentliche Vertiefung ist beim Zeitplan bis 2020 oder 2022 unrealistisch

# Fazit: Primat der Sicherheit im internationalen Vergleich

- Ohne ausreichende Kenntnis der geologischen Eigenschaften, die erst einen angemessenen Vergleich ermöglichen würden, kann keine sicherheitstechnische Gleichwertigkeit der Standorte postuliert werden
- Das Dosiskriterium, das als eine zentrale Sicherheitsanforderung formuliert ist, ist im internationalen Vergleich an den oberen Grenzen der Anforderungen ausgerichtet und keineswegs „best“ oder zumindest „good practice“
- Es ist kein klares Bekenntnis zu einer weiteren Optimierung unterhalb dieses Wertes erkennbar

 Aus dem bisherigen Verfahren und dem Kriterien-Leitfaden kann das Primat der Sicherheit nicht abgeleitet werden.

# Fazit: Anforderungen an den weiteren Verlauf der Standortauswahl

- Eignungsnachweis für das Endlagerkonzept:
  - Zusammenspiel der technischen Barrieren (Supercontainer und Bentonitbuffer) mit kristallinem Wirtgestein
  - Langzeitverhalten des „Supercontainers“ im Vergleich zum skandinavischen Konzept mit Kupferbehälter
- Durchführung standortbezogener Erkundungsprogramme vor weiterer Einengung der Standortoptionen → sicherheitlich begründete Differenzierung der Standortoptionen
- Bekenntnis zum Primat der Sicherheit, klare Regelung zum sicherheitsgerichteten Umgang mit Zielkonflikten
- Klare Regelung der nachrangigen Bedeutung und Anwendung nicht-sicherheitsbezogener Indikatoren und Kriterien

# Ihre Ansprechpartner

**Veronika Ustohalova**

**Öko-Institut e.V.**

Bereich Nukleartechnik &  
Anlagensicherheit  
Rheinstrasse 95  
D-64295 Darmstadt

v.ustohalova@oeko.de  
Tel.: +49 (0) 6151 8191-151  
Homepage: [www.oeko.de](http://www.oeko.de)

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**  
**Thank you for your attention!**

Haben Sie noch Fragen?  
Do you have any questions?

