

---

**Anhörung der Kommission vom 2. Oktober 2015**  
**„Rückholung / Rückholbarkeit hoch radioaktiver Abfälle**  
**aus einem Endlager, Reversibilität von Entscheidungen“**  
Zusammenfassung der mündlichen Anhörung \*)

---

**Sachverständige**

- 1. Prof. Jean-Claude Duplessy,**  
Präsident der französischen Evaluierungskommission „Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs“, Paris, Frankreich,
- 2. Dr. Stanislas Pommeret,**  
Wissenschaftlicher Berater der französischen Evaluierungskommission „Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs“, Paris, Frankreich
- 3. MSc Erik Setzman,**  
Direktor und Leiter der Abteilung Qualität und Umwelt bei der schwedischen Gesellschaft für Nuklearbrennstoff und Abfallmanagement (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB)), Stockholm, Schweden  
Präsident der schwedischen Gesellschaft für Nuklearbrennstoff und Abfallmanagement Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), Stockholm, Schweden
- 4. Prof. Dr. Simon Löw,**  
Präsident der Expertengruppe Geologische Tiefenlager (EGT) des ENSI (Eidgenössische Nuklearinspektorat), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich, Schweiz
- 5. Dr. Jörg Tietze,**  
Leiter des Fachbereiches Sicherheit nuklearer Entsorgung, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter
- 6. Dipl.-Ing. Wilhelm Bollingerfehr,**  
Fachbereichsleiter Forschung und Entwicklung, DBE Technology GmbH (DBETec), Peine
- 7. Prof. Dr. Jürgen Manemann,**  
Forschungsinstitut für Philosophie, Hannover

---

\*) Wegen des Wortlautes der Beiträge wird auf das Sitzungsprotokoll der 16. Sitzung Bezug genommen

---

---

### Kurzzusammenfassung der wesentlichen Inhalte

In **Frankreich** wurde ein Standort im Callov-Oxford Tonstein ausgewählt (Cigéo). Reversibilität / Rückholbarkeit spielte hier keine Rolle. Die abgebrannten Brennelemente, auch die verglasten Abfälle, sind zwar hochaktiv, aber nicht wiederverwertbar. Bezüglich der Rückholbarkeit / Reversibilität wird auf die Skalierung der Nuclear Energy Agency (NEA) verwiesen, die zeigt, dass die Möglichkeit der Rückholung mit der Anzahl der Verschlusssysteme und mit dem Grad der Sicherheit des Verschlusses schlechter wird. Die Reversibilitätsfrage sei eine Sicherheitsfrage. Technisch ist in Frankreich eine Verrohrung im Gebirge zur Gewährleistung der Rückholung der Abfallbehälter vorgesehen. Aus soziologischer Sicht sieht man die Frage der Etablierung eines Managements, zukünftigen Generationen eine Möglichkeit der Flexibilität zu bieten. Allerdings habe die Sicherheit Priorität. Gemäß den gesetzlichen Vorgaben soll eine Rückholbarkeit über 100 Jahre gewährleistet sein. Ein Gesetz zur Reversibilität wird vor Ende des Jahres 2016 verabschiedet werden. Die Andra wird die Umsetzung bis zum Jahr 2017 begleiten.

In **Schweden** hat man das sogenannte KBS 3-System für eine sichere Entsorgung für abgebrannte Brennelemente entwickelt, der ausgewählte Standort Forsmark liegt nördlich von Stockholm. Die Planung sieht eine Endlagerung im stabilen, kristallinen Felsgrund vor. Die Sicherheit nach Verschluss basiert auf einem System passiver Barrieren ohne Überwachung oder Beobachtung (Monitoring). Es werden keine Anforderungen an eine Rückholbarkeit oder eine Werthaltigkeit nach dem Verschluss gestellt. Das KBS 3-System sieht einen Kupferbehälter mit einer Bentonitummantelung als technische Barrieren im Kristallin vor. In Schweden gibt es keine Anforderungen für Rückholbarkeit oder Bergbarkeit nach dem Verschluss. Es bestehen Bedenken im Hinblick auf die Auswirkungen der Sicherheit bei Berücksichtigung der Rückholbarkeit. Eine Rückholung der Behälter ist während der 40 bis 50 Jahre Betriebsdauer möglich. Auch ein späteres Zurückholen nach der Verfüllung ist möglich, allerdings sind dafür mehr Ressourcen nötig und der Schwierigkeitsgrad ist zunehmend. Die schwedische Rückholbarkeitsskalierung auf Basis des KBS 3-Systems zeigt eine Steigerung der Kosten für die Rückholung mit zunehmendem Fortschritt in der Betriebsphase und eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen aktiver und passiver Sicherheit. Eine Fehlerkorrektur während der Einlagerung ist möglich. Aus der gesellschaftlichen Perspektive ist Bürgerbeteiligung und Transparenz im schwedischen Projekt wesentlich.

In der **Schweiz** fordert das Gesetz eine Rückholbarkeit ohne großen Aufwand bis zum Verschluss. Das Lagerkonzept für Standortsuche und Planung für hochradioaktive Abfälle sieht ein tonreiches Wirtsgestein (wahrscheinlich Opalinuston) in 500 bis 700 m Tiefe vor mit einem Zugang über Schächte und Rampen und einem Hauptlager mit horizontalen Lagerstollen. Im Konzept ist vorgesehen, in den Lagerstollen horizontal liegende Lagerbehälter auf Blöcken bestehend aus Bentonit zu positionieren und die Hohlräume um den Lagerbehälter herum mit Bentonitgranulat zu verfüllen. Die Dauer der Beobachtungsphase bis zum Verschluss, korrespondierend mit der geforderten Rückholbarkeit „ohne grossen Aufwand“, ist zeitlich im Gesetz nicht fixiert. Die Anforderungen an die Beobachtungsphase und den Verschluss müssen noch konkretisiert werden. Die in der Schweiz geforderte Rückholung „ohne grossen Aufwand“ ist insbesondere von der Art der Verfüllmaterialien und der Hohlraumstabilität abhängig.

In **Deutschland** sind für das Bundesamt für Strahlenschutz die Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministeriums aus dem Jahr 2010 maßgebend, in denen die Rückholbarkeit definiert ist in der Betriebsphase ab dem Beginn der Einlagerung. Neben der Rückholung muss die

---

Handhabbarkeit der Behälter gewährleistet sein. Zusätzlich ist eine Bergbarkeit nach der Verschlussphase für Notfallsituationen festgeschrieben, verbunden mit der Zusatzanforderung einer Behälterintegrität von bis zu 500 Jahren.

Bei der Rückholbarkeit gibt es einen Rechtfertigungsgrundsatz (Schadensvorsorge), der zu prüfen ist, aber sie steht nicht im Widerspruch zum Sicherheitskonzept eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle (Salz). Die Rückholbarkeit ändert die Randbedingungen für die Optimierung des Endlagerkonzeptes (Langzeitsicherheit) und ist auslegungsbestimmend für das Endlagerkonzept, damit entscheidungsrelevant für Sicherheitsbetrachtungen im Rahmen des Standortauswahlverfahrens.

---

**(1) Prof. Jean-Claude Duplessy,**

Präsident der französischen Evaluierungskommission „Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs“, Paris, Frankreich,

und

**(2) Dr. Stanislas Pommeret,**

Wissenschaftlicher Berater der französischen Evaluierungskommission „Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs“, Paris, Frankreich

***„Die zweite, französische wissenschaftliche Evaluationskommission über die Forschung der Radioaktivität und der Abfallentsorgung (CNE2)“***

***K-Drs. 130 c***

Mündlicher Vortrag

- Zum Aufgabenbereich des Gremiums: In Frankreich wurde am 28. Juni 2006 ein Gesetz geschaffen, dass ein Management des Umgangs mit allen Arten radioaktiver Substanzen und radioaktiven Abfalls in Frankreich vorsieht. Die französische Evaluierungskommission CNE2 bewertet das Vorgehen. Die Mitglieder wurden von Parlament und Regierung bestimmt.
- 6 Mitglieder inklusive mindestens eines internationalen Experten werden vom Parlament gewählt gemäß Vorschlag des Parlamentarischen Büros „Evaluierung von Wissenschaftlichen und Technischen Optionen“; Der Vorsitzende des Senats und der Vorsitzende der Nationalen Vereinigung bestimmen jeweils 3 Mitglieder.
- 2 Mitglieder werden von der Regierung gewählt gemäß Vorschlag der Akademie der Moralischen und Politischen Wissenschaften.
- 4 Mitglieder werden gewählt von der Regierung gemäß Vorschlag der Akademie der Wissenschaften.
- Die Kommissionsmitglieder werden für 6 Jahre gewählt und können nur einmal wiedergewählt werden. Ein Wissenschaftlicher Berater assistiert der Kommission.
- Die Aufgabe des Gremiums ist, jährlich dem Parlament einen Bericht vorzulegen.
- Die Wahl des geologischen Standortes in Frankreich :
  - Die französischen potentiellen Standorte sind vorselektiert worden gemäß:
    - Sozialer Akzeptanz (insbesondere haben lokale Behörden die Standorte vorgeschlagen) und
    - Geologie (Stabilität, Hydrologie, ...)

---

Drei potentielle Standorte sind vorselektiert worden und weiter getestet worden auf:

- Gesteinsqualität
- Rückhaltevermögen gegenüber Radionukliden und Langzeitsicherheit

Ein Standort wurde ausgewählt: Cigéo im Callov-Oxford Tonstein

- Der granitische Standort bot keine ausreichende Garantie für eine Langzeitsicherheit.
- Der beste Tonstein-Standort wurde ausgewählt.

Reversibilität / Rückholbarkeit spielte keine Rolle. Die abgebrannten Brennelemente, auch die verglasten Abfälle, sind zwar hochaktiv, aber nicht wiederverwertbar.

- Abfallarten: Frankreich übt eine Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennstoffe in einem geschlossenen Kreislauf aus. Der Standort Cigéo ist für die Aufnahme von folgenden Abfallstoffen vorgesehen:
  - high-level long-lived waste (HLLLW) – hauptsächlich Glas, das Minor Aktinide und Spaltprodukte enthält.
  - intermediate-level long-lived waste (ILLW) welcher als ultimativer Abfallstoff ohne jegliches potentielles Interesse.
- Die Wiederaufarbeitung der HLLLW and ILLW ist kaum vorstellbar:
  - HLLLW Wiederaufarbeitung wäre extrem schwierig aus chemischer Perspektive
  - ILLW ist ultimativer Abfallstoff
- Zur Reversibilität: Die Skalierung der Rückholbarkeit / Reversibilität der Nuclear Energy Agency (NEA) zeigt, dass die Möglichkeit der Rückholung mit der Anzahl der Verschlusssysteme und mit dem Grad der Sicherheit des Verschlusses schlechter wird. Die Reversibilitätsfrage ist eine Sicherheitsfrage.
- Die soziologische Fragestellung hierbei lautet, dass ein Management vorhanden sein muss, das den zukünftigen Generationen eine Möglichkeit der Flexibilität bietet. Allerdings habe die Sicherheit Priorität.
- Gemäß dem französischen Gesetz soll eine Rückholbarkeit über 100 Jahre gewährleistet sein. Ein Gesetz zur Reversibilität wird vor Ende des Jahres 2016 verabschiedet werden. Die Andra wird die Umsetzung bis zum Jahr 2017 begleiten.

#### Auf Nachfrage

- Die Rückholbarkeit bzw. Bergbarkeit soll in Frankreich für mindestens 100 Jahre gewährleistet sein.
- Dabei wird eine Anwendung der Bergbautechnik berücksichtigt. Allerdings sind die hochradioaktiven Abfallstoffe nicht weiter verwertbar; es soll eine definitive Isolierung gewährleistet werden.
- Die Abfallstoffe werden in eine Zelle eingeschlossen. Nach Verschluss der Zelle ist ein Beleg erforderlich für ein sicheres Öffnen der Zelle. Hierbei soll Bergbautechnologie zur

---

Anwendung kommen. Das gemeinsame Erlangen von Sicherheit und Reversibilität ist möglich. Die Andra beschreibt ein System der Möglichkeit der Reversibilität ausschließlich für den Fall der Notwendigkeit.

### Aus der Diskussion

- Frankreich sieht eine Verrohrung zur Gewährleistung der Rückholbarkeit vor. Das Schweizer Konzept sieht dagegen keine Verrohrung vor. In Frankreich ist ein 100 m langer Tunnel zur Lagerung der Container vorgesehen. Es handelt sich hier um ein die Sicherheit reduzierendes Element, da es sich um Stahlcontainer aus Eisen handelt und eine Wasserstoffbildung bedingt durch Korrosion nicht auszuschließen ist.
- Zur Frage, inwieweit Soziologen zur Frage der Reversibilität in Frankreich bei der Diskussion mit einbezogen werden und ob ein interdisziplinärer Kontakt mit Sozialwissenschaftlern existiere, bevor man technisch die Rückholung einplant, antwortet Duplessy wie folgt: „Beispielsweise wird Abfall in Bitumen gefasst und es besteht die Frage eines Brandrisikos. In diesem Fall wird der Abfallverursacher nach der Behälterstabilität gefragt. Auch andere Probleme seien vorstellbar. Bei der Durchführung einer Sicherheitsanalyse wird die Folgewirkung von solchen Problemen behandelt. Die Möglichkeit der Rückholung ist nicht nur ein technisches Problem. Unsere Generation hat Vorteile genossen aus der Nutzung der Kernenergie und trägt eine Verantwortung für ein sicheres Endlager gegenüber unseren Kindern.“

**(3) MSc Erik Setzman,**

Direktor und Leiter der Abteilung Qualität und Umwelt bei der schwedischen Gesellschaft für Nuklearbrennstoff und Abfallmanagement (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co, Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB)), Stockholm, Schweden

**„Endlagerung von abgebrannten, nuklearen Brennstoffen“  
K-Drs. 130 d**

Mündlicher Vortrag

- Gesetzgebung und Anforderung in Schweden:
  - Die Nuklearindustrie ist verantwortlich über die Lizenzinhaber
  - Sicherheit hat höchste Priorität: Menschen und Umwelt müssen vor Strahlenschäden jetzt und in Zukunft geschützt werden
  - Das System muss verlässlich und widerstandsfähig gegenüber Funktionsstörungen sein
  - Sicherheit nach Verschluss basiert auf einem System passiver Barrieren ohne Überwachung oder Beobachtung (Monitoring)
  - Keine Anforderungen an Rückholbarkeit oder Werthaltigkeit nach Verschluss
  
- Das schwedische Management Programm für die Abfallstoffe:
  - Klare Rollenverteilung und Verantwortlichkeiten, SKB wurde durch die Reaktoreigentümer gegründet und ist in deren Besitz, SKB soll die Mission erfüllen.
  - Das KBS-3 System zur Endlagerung von abgebrannten, nuklearen Brennstoffen ist ein Ergebnis von mehr als 30 Jahren Forschung und Entwicklung (RD&D).
  - Das KBS 3-System ist eine sichere Entsorgung für abgebrannte Brennelemente, der Standort Forsmark liegt nördlich von Stockholm.
  - Die Planung sieht eine Endlagerung im stabilen, kristallinen Felsgrund vor, es ist keine Anlage für eine Langzeitlagerung.
  - Transparentes und geduldiges, schrittweises Vorgehen unter Einbeziehung anderer Stakeholder in frühen Studien, Konsultationen, EIA; Standorterkundung und Standortauswahl hat das notwendige Vertrauen in der Bevölkerung aufgebaut.
  - Genehmigungsanträge wurden 2011 vorgelegt, die Lizenzierungsvorgänge laufen für ein Endlager in Forsmark.
  - Schrittweise Entscheidungen auf Basis 3-jähriger Forschungsvorhaben (RD&D programmes) und Finanzierungsplan, Lizenzierung und Akzeptanz erlaubt eine Reversibilität der Entscheidungen, falls notwendig.

- 
- KBS 3-System:
    - Das KBS 3-System sieht einen Kupferbehälter mit einer Bentonitummantelung als technische Barrieren im Kristallin vor.
    - In Schweden gibt es keine Anforderungen für Rückholbarkeit oder Bergbarkeit nach dem Verschluss. Es bestehen Auswirkungen auf die Sicherheit bei Berücksichtigung der Rückholbarkeit.
    - Die Betriebsdauer ab dem Jahr 2030 beträgt 40 bis 50 Jahre, in dieser Zeit ist eine Rückholung der Behälter möglich; die Behälter sind aus dem Einschusstunnel oder aus dem Bohrloch wieder herausholbar. Auch ein späteres Rausholen nach der Verfüllung ist möglich. Es ist immer möglich, die Abfallstoffe zurückzuholen, es sind dafür allerdings mehr Ressourcen möglich. Außerdem besteht ein zunehmender Schwierigkeitsgrad.
    - Die schwedische Rückholbarkeitsskalierung justiert auf den Plan der SKB, KBS 3-Kanister endzulagern, zeigt eine Steigerung der Kosten für die Rückholung mit zunehmendem Fortschritt im Vorhaben und eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen aktiver und passiver Sicherheit.
    - Eine Fehlerkorrektur während der Einlagerung ist möglich. SKB hat im Felslabor die Möglichkeit der Rückholung des KBS 3-Kanisters demonstriert. Dies ist auch Teil der Genehmigung im Lizenzverfahren.

#### Auf Nachfrage

- Zur Behälterstabilität: Im Jahr 2030 ist Baubeginn, ungefähr im Jahr 2100 liegt die Genehmigung für den Verschluss vor. Die passive Phase nach dem Verschluss sieht 100.000 Jahre Haltbarkeit für die Barriere Behälter vor.
- Die Anforderungen an die anderen Barrieren sieht ebenfalls eine Sicherheit von 100.000 Jahren vor. Das Konzept basiert auf allen 3 Barrieren, die alle 100.000 Jahre halten sollen.
- Im Hinblick auf zukünftige Generationen sind Zeiträume für die Vorsorge der Informationen für tausende von Jahren, solange wie möglich, vorgesehen. Die Datensätze müssen für die Zukunft aufbewahrt werden. Die internationalen Projekte tragen zu dieser Sicherheit bei. Die Gefahr der Abfälle reduziert sich mit der Zeit.

#### Aus der Diskussion

- Katastrophen- und Havarien- bzw. Risikoszenarien wie Erdbeben, Eiszeiten / Gletscherentwicklung und ein Havarieszenario „Abrutschen der Kupferbehälter“ wurde in den Sicherheitsanforderungen betrachtet. Für unser Endlagerkonzept liegt in dieser Hinsicht keine Gefährdung vor.
- Gesellschaftlich ist Bürgerbeteiligung und Transparenz im schwedischen Endlagerprojekt wesentlich.

---

**(4) Prof. Dr. Simon Löw,**

Präsident der Expertengruppe Geologische Tiefenlager (EGT) des ENSI (Eidgenössische Nuklearinspektorat), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich, Schweiz

***„Das Konzept der Rückholbarkeit von radioaktiven Abfällen in der Schweiz“  
K-Drs. 130 e***

Mündlicher Vortrag

- Lagerkonzept für Standortsuche und Planung für hochradioaktive Abfälle:
  - Tonreiches Wirtsgestein (wahrscheinlich Opalinuston) in 500 bis 700 m Tiefe.
  - Zugang über Schächte und Rampen, Hauptlager mit horizontalen Lagerstollen; in der Lagerebene gibt es auch ein Pilotlager mit Abfällen zur Beobachtung und auch einen Testbereich zur Beobachtung des Gebirges.
  - Im Konzept ist vorgesehen, in den Lagerstollen horizontale Lagerbehälter auf Bentonitblöcken liegend zu positionieren, die Hohlräume um den Lagerbehälter herum werden verfüllt mit Bentonitgranulat
  - Es existieren gesetzliche Vorgaben zur Überwachung und Rückholung.
- Zusammenfassung der gesetzlichen Vorgaben:
  - Das Gesetz fordert eine Rückholbarkeit ohne großen Aufwand bis zum Verschluss (KEG, Art. 37)
  - Die Techniken zur Entfernung des Verfüllmaterials und der Rückholung der Abfallgebinden sind in Testbereichen zu erproben und nachzuweisen. (KEV, Art. 65).
  - Die Vorkehrungen zur begrenzten Rückholbarkeit dürfen die passiven Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen (KEV, Art 11).
  - Das geologische Tiefenlager (Verhalten der Abfälle, Verfüllung und Wirtsgestein) ist bis zum Verschluss zu überwachen; ein wichtiges Element dieser zeitlich beschränkten Beobachtungsphase ist das Pilotlager (KEV, Art. 66).
  - Nach dem Verschluss kann der Bundesrat eine befristete, zusätzliche Überwachung anordnen. (KEG, Art. 39).
- Das Präsentationsbild „Nukleare Baubewilligung und Betriebsbewilligung“ zeigt die vertikale Projektion eines geologischen Tiefenlagers zu verschiedenen Zeiträumen:
  - Bei Betriebsbewilligung werden die Zugangsbauwerke zu den Lagern aufgefahren (bis zu diesem Zeitpunkt ist noch kein Abfall gelagert worden).
  - Mit Beginn der Abfalleinlagerung sind das Pilotlager und das Hauptlager zum Teil befüllt und verfüllt (erste Beobachtungsphase = 10 Jahre), mit der zweiten Beobachtungsphase größer 50 Jahre sind die Zugangsstollen zum Hauptlager bereits verfüllt. Anschließend erfolgt der Verschluss der Zugangsbauwerke und der Rampen.
  - Rückholbarkeit «ohne grossen Aufwand» erfolgt durch Entfernen des Verfüllmaterials und Auslagerung der Endlagerbehälter (der quellfähige Bentonit ist aufgrund der wenigen Wasseraufnahme noch von weicher Konsistenz).

- 
- Abfallgebinde und Endlagerbehälter in der Schweiz:
    - Brennelemente-Behälter ca. mit 25 Tonnen Gewicht (< 30 Tonnen) und 25 cm Stahlwandung; die Stahlwandung soll einen Korrosionsschutz für 1000 Jahre resp. 10000 Jahre garantieren; die Behälter für verglaste Abfälle besitzen eine etwas leichtere Ummantelung.
  
  - Experimente zur Rückholbarkeit im Felslabor Mont Terri:
    - Experiment in einem Stollen in Mont Terri von 3 m Durchmesser: Einbau eines Heizelements auf verdichteten Bentonitblöcken, teilweise verfüllt mit Bentonitgranulat; Experiment Rückbau (nach 15 Jahren) : Heizelement umgeben von gequollenem Bentonitgranulat
    - Wichtig für die Rückholbarkeit ist die Festigkeit des Verfüllmaterials (Bentonit), dieses muß bei Rückholung leicht herausnehmbar sein; wichtig auch ist die Größe des Stollens, um die Arbeitsfähigkeit sicherzustellen
  
  - Technisches Konzept und Rückholungsschritte:
    - Ausgangslage: ca. 100 Endlagerbehälter pro Lagerstollen eingelagert und verfüllt, Lagerstollen versiegelt, Zugänge evtl. verfüllt und versiegelt.
    - 1. Entfernen der Versiegelung, 2. Bentonitverfüllung entfernen und Aufladen der Bentonitverfüllung, 3. Lösen und Aufladen der BE/HAA-Endlagerbehälter, 4. Entfernen und Aufladen der Bentonitauflager, 5. Felssicherung.
  
  - Persönliche Kommentare zum Konzept der „kontrollierten geologischen Langzeitlagerung“
    - Das Konzept der Beobachtungsphase ergänzt wichtige Langzeitexperimente, welche vor der Betriebsbewilligung ausgeführt werden müssen.
    - Ein Abbau von Ungewissheiten für den Nachweis der Langzeitsicherheit ist mit der Überwachung während einer Beobachtungsphase nur begrenzt möglich.
    - In der Schweiz muß die Langzeitsicherheit für einen Zeitraum von 1 Million Jahre nachgewiesen werden.
    - Die Dauer der Beobachtungsphase bis zum Verschluss, korrespondierend mit der geforderten Rückholbarkeit „ohne grossen Aufwand“, ist zeitlich im Gesetz nicht fixiert.
    - Die Anforderungen an die Beobachtungsphase und den Verschluss müssen konkretisiert werden.
    - Die in der Schweiz geforderte Rückholung „ohne grossen Aufwand“ ist insbesondere von der Art der Verfüllmaterialien (Bentonitgranulat) und der Hohlraumstabilität (gering, flächenhafte Stützmittel erforderlich) abhängig.
    - Nach dem ordnungsgemässen Verschluss oder nach Ablauf der Überwachungsfrist untersteht das Tiefenlager nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung.

---

### Auf Nachfrage

- Die Behälterstabilitäten von 1000 Jahren und 10000 Jahren sind eine Vorgabe der nuklearen Aufsichtsbehörde. Es existieren Untersuchungen der NAGRA über die Stabilität der Behälter unter hydrochemischen Bedingungen. Eine Integrität von 1000 Jahren der Stahlbehälter ist eine plausible Annahme.
- Erkenntnisgrundlage für die Zeitdauer der Beobachtungsphasen 10 Jahre und 50 Jahre ist die Tatsache, dass diese Periode des Offenhaltungsbetriebes so kurzzeitig wie möglich zu halten ist. Dies ist das Ergebnis einer Beobachtung von sicherheitsrelevanten Gefährdungsbildern der nicht verfüllten Hauptstollen zu den Lagerstollen.

### Aus der Diskussion

- Unterschiedliche Lagerkonzepte in Frankreich (Verrohrung im Tonstein) und in der Schweiz (Bentonitummantelung): Frage: Wie wird die Stabilität in dem schweizerischen Konzept gewährleistet? Welches ist das bessere Konzept?
- Antwort: Auswirkungen des Lagerkonzeptes und der Rückholbarkeit auf die Standortsuche in der Schweiz: In der jetzigen Phase des schweizerischen Sachplanverfahrens ist eine Auswahl von Standorten zu treffen. Das Wirtsgestein befindet sich bei den verschiedenen Standorten in unterschiedlichen Tiefenlagen zwischen 900 m und 300 bis 400 m in der Nordschweiz. Es gilt zu klären, Standorte zurückzustellen aufgrund zu hoher Tiefenlage für das Lagerkonzept. Eine zu hohe Tiefenlage kann Risse im Gebirge oder sogar Verbrüche an Störungszonen hervorrufen und damit eine Gefährdung der Langzeitsicherheit haben.
- Also: In großen Tiefen entstehen größere Schädigungen des Gebirges und damit einhergehend eine Gefährdung der Langzeitsicherheit.
- Nachteil des französischen Konzeptes ist die Korrosionsgefahr bei Einführung eines Stahlbehälters in ein Stahlrohr. Gefahr der Bildung von Korrosionsgasen und damit Einfluß auf das geologische Umfeld
- Hinsichtlich der Betrachtung von Katastrophen- und Havarieszenarien existieren bei der NEA Kataloge von Ereignissen, die für die Langzeitsicherheit betrachtet werden. Für kurze Zeiträume gibt es in der Schweiz Forderungen der Prüfbehörden nach bautechnischen und betrieblichen Risikobewertungen. Generell wird der Diskurs breit geführt (NAGRA-Prüfbehörde-Gremien-Kantone, deutsche Vertreter)

**(5) Dr. Jörg Tietze,**

Leiter des Fachbereiches Sicherheit nuklearer Entsorgung, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS),  
Salzgitter

**„Rückholung / Bergbarkeit hoch radioaktiver Abfälle aus einem Endlager,  
Reversibilität von Entscheidungen“**

**K-Drs. 130 f**

Mündlicher Vortrag

- Keine Vorstellung eines Endlagerkonzeptes, da die Kriterien für die Standortauswahl von der Kommission definiert werden
- Vorbetriebsphase mit Auswahl- und Genehmigungsverfahren, Betriebsphase mit Errichtung und Einlagerung sowie Nachbetriebsphase mit dem Verschluss, einer anschließenden Beobachtungsphase und zeitlich danach soweit wie möglich keine Maßnahmen unter Zugrundelegung eines Prognosezeitraums bis zu 1 Million Jahre.
- Reversibilität bedeutet die Möglichkeit der Umkehrbarkeit in diesem Zeitstrang, verursacht beispielsweise durch einen veränderten Willen in der Gesellschaft, durch mögliche sicherheitsrelevante Erkenntnisprünge bei der Einlagerung, durch Fragen der Generationengerechtigkeit nach Lebenschancen und Lebensqualität.
- Das Bundesamt für Strahlenschutz unterliegt den Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministeriums von 2010. Dort ist die Rückholbarkeit definiert in der Betriebsphase ab dem Beginn der Einlagerung. Die Möglichkeit der technischen Rückholung muss gewährleistet sein mit der Zusatzanforderung der Handhabbarkeit der Behälter.
- Die Bergbarkeit nach der Verschlussphase, d. h. nach vollständiger Verfüllung des Bergwerkes impliziert das neue Anlegen eines Bergwerkes in Notfallsituationen, für die Behälterintegrität gibt es eine Anforderung bis zu 500 Jahren. Eine Rückgewinnung des Materials als potentiellen nutzbaren Rohstoff findet Berücksichtigung.
- Die Option der Rückholbarkeit erfordert eine frühe Festlegung, da sie Einfluss auf das Standortauswahlverfahren hat (erhöhter Flächen- und Volumenbedarf).
- Alternativen zur Option Rückholbarkeit sind die Einführung einer Demonstrationsphase (schwedisches Programm), die Einrichtung eines Pilotlagerabschnitts (Beispiel: Schweizer Konzept) und ein verstärktes Monitoring des gesamten Endlagers während der gesamten Betriebsdauer. Das Vorschalten eines Laborszenarios zum Erkenntnisgewinn ist zu überlegen.
- Zusammenfassend wird festgehalten, dass eine Gestaltung einer sicheren Endlagerung ohne Nachsorge etabliert werden sollte mit der Einplanung der Möglichkeit einer späteren Rückholung.

Auf Nachfrage

- 500 Jahre beziehen sich auf die Handhabbarkeit der Behälter im Zuge des Bergungsgeschehens.

- 
- Ein schnelles Verfüllen des Bergwerkes ist erforderlich aufgrund des herrschenden Gebirgsdruckes und der damit einhergehenden Konvergenz (Bildung einer Auflockerungszone mit potentiellen Wegsamkeiten). Der Wärmeeintrag der Abfallstoffe untertage (Arbeitsfähigkeit des Personals im untertägigen Betrieb) ist hierbei zu berücksichtigen. Der Zeitraum der Verfüllung ist hierbei abhängig vom Lager (siehe Endlager Konrad und Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben) und vom Wirtsgestein.
  - Die Anforderungen an die Rückholbarkeit oder Bergbarkeit führen nicht zum Ausschluss eines oder mehrerer Wirtsgesteine sondern stellen Herausforderungen an das Endlagerkonzept dar und sollten als Kriterien formuliert werden.

#### Aus der Diskussion

- Existenz einer Sicherheitsanalyse auf nationaler Ebene, ein internationaler Austausch hierüber findet statt.
- Das Forschungsvorhaben ENTRIA hat ein erstes deutliches Signal einer interdisziplinären Herangehensweise gesetzt.

**(6) Dipl.-Ing. Wilhelm Bollingerfehr,**

Fachbereichsleiter Forschung und Entwicklung, DBE Technology GmbH (DBETec),  
Peine

**„Rückholbarkeit hochradioaktiver Abfälle aus einem Endlager“  
K-Drs. 130 g**

Mündlicher Vortrag

- Begriffe und Definitionen:
  - Rückholbarkeit (retrievability): Im Endlagersystem implementierte konzeptionelle und technische Maßnahmen, die es ermöglichen oder erleichtern, den eingelagerten radioaktiven Abfall zurück zu holen.
  - Rückholung (retrieval): Die aktive Maßnahme der Rückholung von Abfallbehältern.
  - Bergung (recovery): Die aktive Maßnahme der Bergung des Abfalls bzw. der Abfallbehälter. Hiermit ist generell die Rückholung der Abfälle zu einem fortgeschrittenen Zeitpunkt gemeint, bei der die Integrität der Abfallbehälter nicht mehr notwendigerweise gewährleistet ist.
  - Für und Wider der Rückholbarkeit umfasst soziologisch-ethische, ökonomische, sicherheitstechnische und technische Aspekte. Die Debatte hierzu ist gegenwärtig nicht abgeschlossen.
  - Mögliche Vorteile, modifiziert nach IAEA 2009, sind das Schaffen öffentlicher Akzeptanz, die zukünftige Nutzung von Ressourcen, das Erhalten der Möglichkeit durch neue Verfahren und Technologien bessere Entsorgungswege zu finden, die Möglichkeit zu Korrekturmaßnahmen bei festgestellten Fehlern, zukünftigen Generationen die Entscheidungsfreiheit zu lassen, wie mit dem radioaktiven Abfall umgegangen werden soll und Flexibilität im Entscheidungsprozess bewahren.
  - Mögliche Nachteile, modifiziert nach IAEA 2009, sind ein Konflikt mit dem Rechtfertigungsgrundsatz (Schadensvorsorge), negative Auswirkungen auf die Betriebssicherheit (konventionell und radiologisch), ein Einfluss auf die Langzeitsicherheit, die Erschwernis bei der Entwicklung eines akzeptablen Safety Case, Erschwernisse bei der Sicherstellung von Safeguards und Zusatzkosten.
  - Die „Re-mining“ Strategie zur Rückholung unter der Prämisse der geltenden BMU-Sicherheitsanforderungen umfasst die Einlagerung der Endlagerbehälter, der Versatz der Hohlräume und Verschluss der Strecken wie geplant; möglichst wenige konzeptionelle oder technische Anpassungen zur Erleichterung der Rückholung zur Vermeidung negativer Einflüsse auf die Langzeitsicherheit.
  - Im Falle einer Entscheidung zur Rückholung ist der Zugang zu den Endlagerbehältern durch Wiederauffahrung verfallter Strecken herzustellen, das Freilegen der Endlagerbehälter sicherzustellen und die Aufnahme mit vorhandener ggf. angepasster Einlagerungstechnik vorzunehmen, den Transport nach über Tage und die Zwischenlagerung zu gewährleisten.

- 
- Bei einer Rückholung in einer Streckenlagerung in Salz erfolgt der Beginn der Rückholung im Teilschritt 1 durch die schrittweise Auffahrung von zwei Teilstrecken parallel zu den eingelagerten POLLUX®-Behältern, im Teilschritt 2 durch die durchschlägige Auffahrung zwischen zwei Querschlägen. In der endgültigen Rückholungsstrecke erfolgt in einem Teilschritt der Rückbau des verbleibenden Pfeilers und das Freilegen der eingelagerten POLLUX®-Behälter; es erfolgt die Aufnahme und der Abtransport der Behälter, dann werden die geräumten Strecken wieder versetzt.
  - Bei einer Rückholung in einer Streckenlagerung in Salz ist eine Anpassung der Einlagerungstechnik erforderlich: Entfernen der Schienen nach der Einlagerung, Erforderlichkeit eines selbstfahrenden Fahrwerkes, die Nutzung der Tragzapfen nach unbestimmter Einlagerungsdauer ist ggf. nicht gegeben, eine alternative Aufnahmevorrichtung für die Behälter ist erforderlich.
  - Für die Rückholung aus vertikalen Bohrlöchern existiert eine Demonstrationsanlage, die für die Bohrlochlagerung von Brennstabkokillen ausgelegt ist.
  - Bei einer Endlagerung in Ton ist Voraussetzung für Betrieb und Rückholung ein stützender Ausbau der Grubenbaue (Einlagerungsstrecken: Anker-Spritzbetonausbau, Transportstrecken: Anker-Spritzbetonausbau/Bentonhinterfüllung).
  - Zusammenfassung
    - Konflikt mit Rechtfertigungsgrundsatz (Schadensvorsorge) prüfen
    - Rückholbarkeit nicht im Widerspruch zum Sicherheitskonzept eines Endlagers für wärmeentwickelnde Abfälle (Salz)
    - Technische Machbarkeit der Rückholbarkeit von POLLUX-Behältern aus Endlager (Salz) planerisch gezeigt (u. a. DEAB 1995, VSG)
    - Technische Anpassungen bereits erprobter Technik zur Ermöglichung einer Rückholung von Endlagerbehältern erforderlich
    - Demonstrationsversuche zur Überprüfung der Sicherheit und Zuverlässigkeit erforderlich
    - Anforderung der Rückholbarkeit ändert die Randbedingungen für die Optimierung des Endlagerkonzeptes (Langzeitsicherheit)
    - Rückholbarkeit ist auslegungsbestimmend für Endlagerkonzept, damit entscheidungsrelevant für Sicherheitsbetrachtungen im Rahmen des Standortauswahlverfahrens

### Auf Nachfrage

- Die Frage der Rückholbarkeit ist auslegungsbestimmend für das Endlagerkonzept, da das kerntechnische Regelwerk und das Bergrecht berücksichtigt werden müssen. Der Stand der Technik muß Berücksichtigung finden, so dass im Vorfeld der Planungen Konsequenzen für die Auslegung aus dem Rückholbarkeitsprinzip zu ziehen sind.

---

### Aus der Diskussion

- Im Hinblick auf die Betrachtung von Katastrophen- und Havarieszenarien wurde ein Szenarien-katalog im Projekt mit dem Namen „Isibel“ erstellt.
- Frage: Ist das Prinzip der Rückholbarkeit auslegungsbestimmend auf Standort und Technologie? Was bedeutet das für den Start der Standortsuche? Gibt es Unterschiede im Endlagerkonzept zwischen der Vorsehung einer möglichen Rückholung nach 100 Jahren / 500 Jahren und für eine Nichtrückholung nach Verschluss des Endlagers?
- Antwort: Falls keine Forderung nach Rückholbarkeit gestellt würde, würden auch keine technischen Maßnahmen dafür erforderlich sein. Falls die Forderung nach Rückholbarkeit gestellt würde, hätte dies Einfluss auf das technische Endlagerkonzept. Für den Rückholungszeitpunkt sind untertägige, technische Vorrichtungen vorzusehen, die einen Zugang ermöglichen (z. B. Verrohrungen), Einfluss auf die Standortsuche hat das Wirtsgestein und das Endlagerkonzept und somit auch eine Forderung nach Rückholbarkeit. Auslegungsbestimmend z. B. für das Konzept ist die Wärmeausdehnung, die im Salzgestein nicht zu einer Temperatur größer 200° Celsius und im Tongestein nicht größer als 100° Celsius führen darf. Die Temperaturerhöhung ist ein Aspekt, der die Rückholbarkeit beeinflusst, auch insofern, als Mensch und Maschine untertage arbeitsfähig bleiben müssen.

---

**(7) Prof. Dr. Jürgen Manemann,**  
Forschungsinstitut für Philosophie, Hannover

**„Frage: Welche Gründe sprechen aus Ihrer Sicht für Elemente der Rückholbarkeit und Reversibilität, welche sprechen dagegen? Wie sehen Sie die Priorisierung hinsichtlich Sicherheit bzw. Rückholbarkeit?“**

**K-Drs. 130 h**

Mündlicher Vortrag

- Das spezifische Problem der Endlagerfrage besteht in der Langfristigkeit der Zeithorizonte. Sie überfordert unser Vorstellungsvermögen. Mit dieser Langfristigkeit haben weder Politik noch Ethik bisher umgehen müssen.
- Auf der anderen Seite wissen wir von den Geologen, dass es Wirtsgesteine gibt, die Millionen Jahre älter sind als menschliche Bauwerke und eine ganz andere Stabilität aufweisen. Ohne das Vorhandensein dieser Gesteine ließe sich die Frage nach einer Endlagerung überhaupt nicht sinnvoll stellen.
- Des Weiteren wird die Fertigstellung eines Endlagers immer auch ein technisches Problem bleiben, da zusätzlich zu den natürlichen Barrieren künstliche geschaffen werden müssen.
- Wenn von Technologien und geologischen Formationen und deren Möglichkeiten gesprochen wird, dann dürfen diese Zukunftsmöglichkeiten nicht als Zukunftswirklichkeiten ausgegeben werden. Zukunftswirklichkeit lässt sich nicht einfach herstellen. Sie wird nicht nur durch geologische Kräfte beeinflusst, auch nicht nur durch die Anwendung von Technologien. Eine wichtige Rolle spielen politische, gesellschaftliche und kulturelle Entwicklungen, die wiederum ihrerseits Zukunftsvisionen erzeugen, welche die Vorstellungen von Technologieentwicklungsmöglichkeiten und Zukunftsmöglichkeiten maßgeblich beeinflussen.
- Gemeinwohlorientierung heißt zunächst: Die Endlagerproblematik ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe.
- Eine Langzeitlagerung mit der Möglichkeit der Rückholung ist die Voraussetzung dafür, Grundfähigkeiten zu entwickeln, mit dem Problem umzugehen. Mit der Rückholbarkeit bleibt auch Fachkenntnis erhalten. Rückholbarkeit verpflichtet auf eine Tradierung des Wissens über Orte, die Art der Abfälle und Überwachungstechniken. Damit ist Rückholbarkeit Garant gegen das Vergessen. Eine Endlagerung könnte demgegenüber früh dazu verleiten, dass der Ort des Endlagers in Vergessenheit gerät.
- Die Rückholbarkeit garantiert Kontroll- und Eingriffsmöglichkeiten. Rückholbarkeit ermöglicht es, auf klimatische oder tektonische Veränderungen zu reagieren.
- Mit der Rückholbarkeit, sei es in Form einer langfristigen Zwischenlagerung, einer rückholbaren Endlagerung oder einer möglichen Bergbarkeit nach einem Verschluss, bürden wir den nachfolgenden Generationen eine sehr große Last auf. Rückholbarkeit garantiert keine allumfassende Handlungsfreiheit künftiger Generationen, aber der endgültige Verschluss schließt diese von vornherein aus.

---

### Auf Nachfrage

- Rückholbarkeit fördert gesellschaftlich-politische Akzeptanz, weil es eine „vorläufige“ Lösung ist (Aspekt des Vertrauens).
- Vergangenheitsbewältigung ist nicht möglich, da es sich hier um eine Kultur handelt, die auf Machbarkeit beruht
- Votum für Rückholung ist ein anderes Konzept von Sicherheit, es birgt mehr Gefahren als die passive Sicherheit, das Konzept der passiven Sicherheit berücksichtigt nicht das Gemeinwohl und ist nicht zu priorisieren
- Für den Fall, dass in der Zukunft die Zivilisation in der jetzigen Form nicht mehr gegeben ist und Rückholung durch riskante Kräfte vorgenommen würde, sei angemerkt, dass die Gefahr von Zivilisationsbrüchen auch bei passiver Sicherheit gegeben ist.
- Die Berücksichtigung einer Verantwortung gegenüber der Biosphäre bei einem Nichtmehrvorhandensein der Menschheit wurde nicht in den Blick genommen

### Aus der Diskussion

- Risikoabwägungen sind vorhersehbare, einschätzbare Geschehnisse, Katastrophenabwägungen sind dagegen unvorhersehbare Ereignisse, die in der technisch-geowissenschaftlichen Debatte vernachlässigt werden. Wer bestimmt, über welches Risiko wir sprechen?
- Gemeinwohl bedarf der Freiheit der zukünftigen Generationen im Umgang mit dem, was sie in den Hinterlassenschaften der vorangegangenen Generationen vorfinden (Befähigungsansatz), z. B. Möglichkeit der Bergbarkeit bis 500 Jahre nach Verschluss.