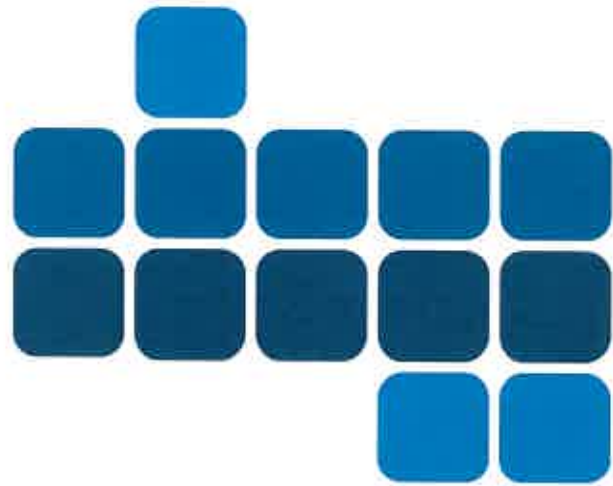




ENTRIA

ENTSORGUNGSOPTIONEN FÜR RADIOAKTIVE RESTSTOFFE:
INTERDISZIPLINÄRE ANALYSEN UND
ENTWICKLUNG VON BEWERTUNGSGRUNDLAGEN

Vorstellung des interdisziplinären Projekts ENTRIA

K.-J. Röhlig, TU Clausthal, Institut für Endlagerforschung

Berlin, 22. September 2014

Themen

- Überblick ENTRIA
- Rückholbarkeit

Warum ENTRIA?

- Entsorgung (insbes. wärmeentwickelnder) radioaktiver Abfälle
 - Gesamtgesellschaftliches Problem, das über naturwissenschaftlich-technische Fragestellungen hinausreicht
 - Bedarf an Fachpersonal nicht gedeckt
 - Konzentration auf Niedersachsen (Endlagerprojekte, Zwischenlager)
- BMBF-Förderung u.a. von ENTRIA:
 - Förderung interdisziplinärer Forschung
 - Förderung von Kompetenzentwicklung und -erhalt
 - Schwerpunkt (aber NICHT Beschränkung auf) Niedersachsen



ENTRIA-Partner

- **Niedersächsische Technische Hochschule (NTH)**
 - Institut für Endlagerforschung (TUC)
 - Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik (TUC)
 - Unterbeauftragungen, u.a. risicare GmbH (Schweiz)
 - Institut für Rechtswissenschaften (TUB)
 - Institut für Grundbau und Bodenmechanik (TUB)
 - Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (TUB)
 - Institut für Radioökologie und Strahlenschutz (LUH)
 - Institut für Werkstoffkunde (LUH)
- **Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**
 - Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
 - Institut für Nukleare Entsorgung
- **Freie Universität Berlin**
 - Forschungszentrum für Umweltpolitik
- **Christian-Albrechts-Universität Kiel**
Philosophisches Seminar
 - Lehrstuhl für Philosophie und Ethik der Umwelt

Ziele und Arbeitsgebiete (1/2)

- Disziplinäre und interdisziplinäre Forschung zu Aspekten der Schlüsseloptionen
 - Endlagerung in tiefen geologischen Formationen ohne Vorkehrungen zur Rückholbarkeit
 - Einlagerung in tiefe geologische Formationen mit Vorkehrungen zur Überwachung und Rückholbarkeit
 - Oberflächenlagerung

Ziele und Arbeitsgebiete (2/2)

- Bewertungskriterien und Analyse von Kontextbedingungen (Disziplin-übergreifend) im Hinblick auf:
 - Ethik und Moral
 - Technik, Sicherheit, Umweltauswirkungen
 - Recht
 - Entsorgung radioaktiver Reststoffe als „wicked problem“, Akzeptanz, Entscheidungsfindung, New Governance
- Disziplinäre und interdisziplinäre Aus- und Weiterbildung
- Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit



Drei Optionen: Warum diese Betrachtung?

- Diskurse und Entscheidungen im Ausland: Optionenbetrachtung durch Gremien und Organisationen unterschiedlichen Typs, z.B. ...
 - Schweiz:
Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA)
 - Großbritannien:
Committee on Radioactive Waste Management (CoRWM)
 - Kanada: Nuclear Waste Management Organization (NWMO)
- “weitgehend anerkannt, dass die Endlagerung in geologischen Tiefenformationen derzeit die sicherste und ökologisch tragfähigste Option als Endpunkt der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle ...darstellt“
 - Mehrheitsmeinung / weitgehender Konsens unter Entsorgungsspezialisten
 - Rechtslage (Zitat stammt aus EU-Richtlinie)

Aber:

- Spezialisten anderer Fachgebiete (z.B. Abtrennung & Transmutation) offenbar weniger überzeugt
- Politik und Medien: immer wieder auch prominent andere Meinungen und Argumente

Daher ...

- Waren die Argumente (zumindest in Deutschland) nicht hinreichend robust / überzeugend / nicht ausreichend erläutert?
- Wurden sie hinreichend gut ...
 - zusammengestellt,
 - systematisiert,
 - kommuniziert?
- Schlussfolgerung: Es besteht der Bedarf, **über Disziplingrenzen hinweg** Hauptmerkmale von Entsorgungsoptionen systematisch zusammenzustellen, zu strukturieren, in Kontexte (technisch und sozial) einzubetten, zu bewerten und zu kommunizieren.

Warum ausgerechnet diese Optionen und keine anderen?

- Nur für diese Optionen existieren technische Konzepte.
- Alle anderen „Lösungen“ (Abtrennung und Transmutation ... Subduktionszonen ... Weltraum ...):
 - Einige entfallen aus Gründen der Sicherheit oder aufgrund der Rechtslage.
 - Andere würden umfangreiche Forschung und Entwicklung über lange Zeiträume erfordern.
- Mindestens wären bei diesen anderen Lösungen langfristig(er)e Zwischenlagerung erforderlich.
- Also beschreiben diese Optionen den gegenwärtigen Handlungsspielraum.

Sind das tatsächlich „Optionen“ (im Sinne alternativer „Endpunkte“ von Entsorgungsstrategien)?

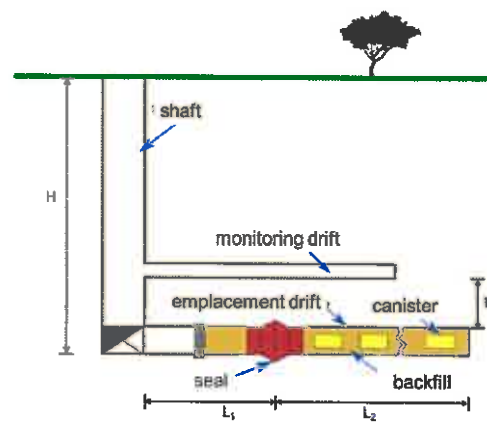
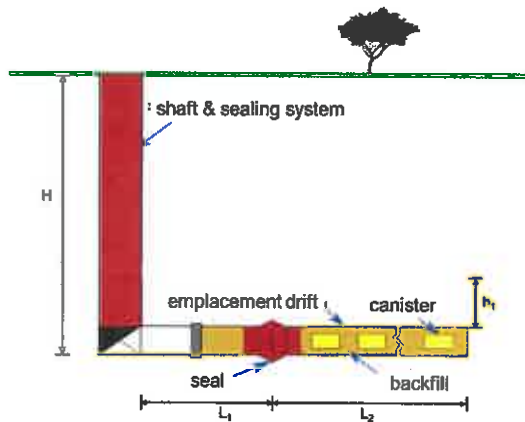
Endlagerung ohne Vorkehrung zur Rückholbarkeit = „Endpunkt“

Einlagerung in tiefe geologische Formationen mit Rückholbarkeit



Längerfristige Oberflächenlagerung

???



Verschluss / Stilllegung

Rückholung

Beispiele für Arbeitsgegenstände (disziplinär)

- Radionuklidquellterme und Radionuklidmigration
→ Numerische Simulation sicherheitsrelevanter Prozesse
- Langfristige Überwachung von Behältern unter Tage
- Langfristige Sicherheitsnachweise zur Oberflächenlagerung
- Vergleich radiologischer Risiken / Belastungen
- Bürgerforum als Instrument
- Gegenwartsanalyse aus Sicht kommunaler Entscheidungsträger und lokaler Bevölkerung
- Formen und Dilemmata der Endlager-Governance
- Verfassungsrechtliche Anforderungen und verwaltungsrechtliche Implikationen

Interdisziplinäre Arbeit

- Zunächst:
 - Arbeit an der Terminologie
 - Arbeit an der Problembeschreibung
 - Gegenseitige Weiterbildung

 - Zunehmend: Arbeit am konkreten Objekt ...
 - Veranstaltungen (Vorträge, Sommerschulen, Podiumsdiskussionen) durch interdisziplinäre Teams
 - Ringvorlesung am IRS Hannover (auch online)
 - Veröffentlichungen
- ... mit dem Ziel der Synthese:
- Memorandum
 - Risikolandschaft
 - Kriterien

Memorandum (April 2014)

- „Was gibt es zu bedenken?“
- Themen:
 - Problemaufriss
 - Entsorgungsstrategie und Anlagentypen
 - Risiko und Sicherheit
 - Verfahrensgerechtigkeit im Standortauswahlprozess
 - Soziale Innovationen und Langzeit-Institutionen



ENTRIA
AN DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG
FÜR VERGLEICHENDE POLITIKWISSENSCHAFT UND
SYSTEMLEHRE

- „Was gibt es zu bedenken?“
- Spannungsfelder (Auswahl)
 - Belastungen künftiger Generationen – Flexibilität
 - Zugänglichkeit / Überwachung – sicherer Einschluss (Sicherheit, Proliferation)
 - Aufschieben – Vorantreiben
 - Sicherheit durch menschliches Handeln – inhärente Sicherheit
 - Vertrauen: geogene Barrieren – technogene Barrieren
 - Gesamtgesellschaftliche Interessen – Partikularinteressen.
 - Strikt repräsentative Demokratie – starke deliberative Elemente
 - Konstanter Kriterienkatalog – Fehlbarkeit und Revisionsbedarf



Was kann ENTRIA leisten? Was nicht?

- Themen der **Einzeldisziplinen**: Verfügbarmachen von Informationen und Ergebnissen (wie andere Forschungsvorhaben auch)
- Abhängig vom Bedarf: Informationen und Austausch zu Fortschritten im **interdisziplinären** Bereich
- ENTRIA ist keine Ressort- oder Auftragsforschung
- ENTRIA wird keinen Entscheidungsvorschlag erarbeiten

Material (Auswahl)

- EKRA-Bericht Entsorgungskonzepte 2000
http://static.ensi.ch/1336309693/ekra-bericht_entsorgungskonzeptschweiz.pdf
- CoRWM-Empfehlungen 2006
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/294118/700 -
_CoRWM_July_2006_Recommendations_to_Government_pdf.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/294118/700_-_CoRWM_July_2006_Recommendations_to_Government_pdf.pdf)
- NWMO-Studie 2005 <http://www.nwmo.ca/studyreport>
- EU-Richtlinie 2011 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:199:0048:0056:DE:PDF>
- ENTRIA-Memorandum
http://www.entria.de/fileadmin/entria/Dokumente/ENTRIA_Memorandum_140430.pdf

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

- www.entria.de
- info@entria.de

- 02S9082A
02S9082B
02S9082C
02S9082D
02S9082E

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



TU Clausthal

Rückholbarkeit

Klaus-Jürgen Röhlig, Institut für Endlagerforschung

Berlin, 22.09.2014

Was ist Rückholbarkeit?

- ESK, angelehnt an OECD / NEA:
 - Reversibilität: „Möglichkeit der Umkehrung eines oder mehrerer Schritte in allen Phasen des Prozesses der Endlagerentwicklung: Endlagerplanung und –auslegung, Bau und Betrieb des Endlagers bis hin zur völligen Rückabwicklung“
 - Rückholbarkeit (engl. retrievability): „Im Endlagersystem implementierte konzeptionelle und technische Maßnahmen, die es ermöglichen oder erleichtern, den eingelagerten radioaktiven Abfall zurückzuholen.“
Also: Rückholbarkeit als „Spezialfall“ der Reversibilität
- StandAG: „die **geplante** technische Möglichkeit zum Entfernen der eingelagerten radioaktiven Abfallbehälter aus dem Endlager“
- Eine solche Rückholung unterscheidet sich deutlich von einer **Bergung**: „**ungeplante** Rückholung von radioaktiven Abfällen aus einem Endlager als Notfallmaßnahme“ (StandAG)



Mögliche Argumente (Auswahl, frei nach ESK)

Pro Rückholbarkeit	Contra Rückholbarkeit
Langzeitsicherheit	
Eingriffs- / Korrekturmöglichkeit	Langzeitsicherheit am besten durch Endlagerung ohne weitere Vorkehrungen zur Rückholbarkeit gewährleistet
Betriebliche und Umgebungssicherheit	
Radiologische Belastung bei Rückholung ist geringer zu bewerten als die Langzeitbelastung bei Versagen des Systems	Rückholung bedeutet zusätzliche radiologische Belastung
Generationengerechtigkeit	
Entscheidungsfreiheit in der Zukunft ermöglichen	Vermeidung von Belastung künftiger Generationen mit Verantwortung
Kernbrennstoff: Wertstoff oder Abfall? Rückholbarkeit <i>gefährdet</i> Angriffs- / Zugriffssicherheit	

Argumente ... (vgl. ESK-Papiere, ENTRIA-Memorandum):

- Zu jedem dieser Argumente lässt sich auch das „passende“ Gegenargument anführen
- Es können Zielkonflikte entstehen, und zwar ...
 - argumentativ (z.B.: Flexibilität bringt für künftige Generationen auch Belastungen mit sich, Rückholung bedeutet Strahlenbelastung für Personal, die zu rechtfertigen ist)
 - technisch (z.B.: robuster sicherer Einschluss könnte durch Maßnahmen zur Rückholbarkeit gefährdet werden)
- Technische Ansätze zur Rückholbarkeit reichen nicht unbegrenzt in die Zukunft (Betriebsphase, Jahrzehnte, wenige Jahrhunderte)



De facto ...

- ... gibt es keine „Tiefgarage“
- ... kann man das Tiefenlagerbergwerk (oder Teile davon)
 - über gewisse Zeiten offenhalten bzw.
 - in einer Form, verschließen die eine Rückholung erlaubt und planbar macht
- ... kann man das Verschließen schrittweise organisieren, so dass der Aufwand für eine Rückholung schrittweise steigt

Offenhalten

- Immer: Offenhalten heißt bergtechnischer Ausbau und Wartung.
 - Langzeitsicherheit erst mit Verschluss gewährleistet.
 - Überwachung erforderlich (Sicherung von waffenfähigem Material)
 - Zutritt von Sauerstoff, Feuchtigkeit, Mikroben: Korrosion, ...

 - Für verschiedene Wirtsgesteine unterschiedlich gut umsetzbar
 - Salz: Das Fließen, das eigentlich wesentlich für den Einschluss sein soll, stellt sich hier als Hindernis dar. Hohe Temperaturen (Wärmequelle Abfall), die dieses Fließen beschleunigen, würden eine Rückholung behindern.
 - Tonstein: Lang anhaltender Kontakt mit Grubenluft → Austrocknung, Versauerung. Stabilitätsprobleme
 - Kristallingestein (z.B. Granit): Mechanisch stabil, aber Einschluss nur durch aufwändige technische Barrieren erreichbar
- Also: Abwägung konkurrierender Ansprüche erforderlich!

Wegen Rechten Dritter nicht veröffentlicht.



Das Schweizer Konzept:

- Dem französischen ähnlich (schrittweises Verschließen)
- Aber mit einer Besonderheit: Pilotlager

Wegen Rechten Dritter nicht veröffentlicht.

Deutschland: Die Sicherheitsanforderungen des BMU erheben Forderungen zur Rückholbarkeit und Bergbarkeit

„8.6 Abfallbehälter müssen unter Berücksichtigung der darin verpackten Abfallprodukte und des sie umgebenden Versatzes folgende Sicherheitsfunktionen erfüllen:

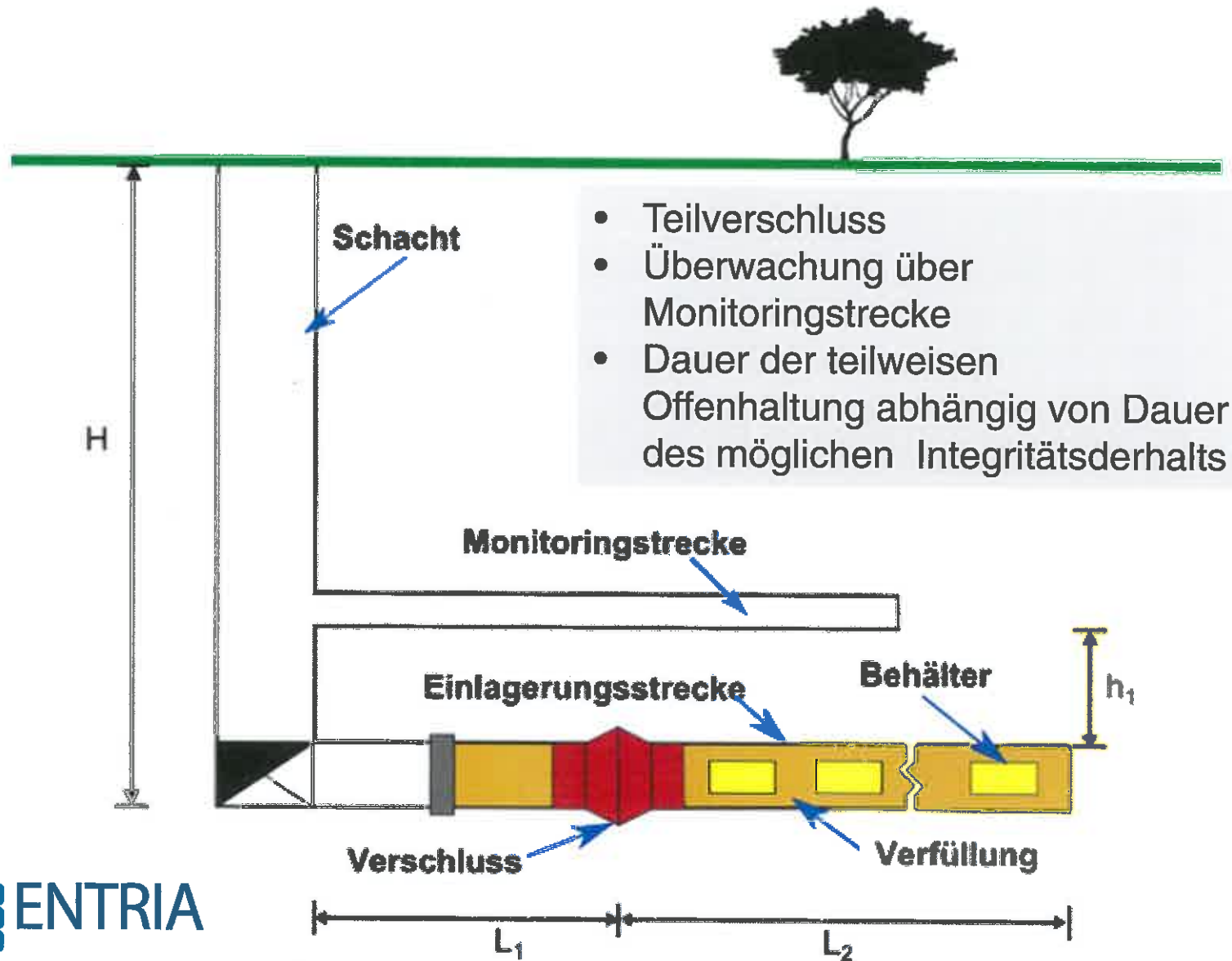
- Für die wahrscheinlichen Entwicklungen muss eine Handhabbarkeit der Abfallbehälter bei einer eventuellen Bergung aus dem stillgelegten und verschlossenen Endlager für einen Zeitraum von 500 Jahren gegeben sein. Dabei ist die Vermeidung von Freisetzungen radioaktiver Aerosole zu beachten.
- In der Betriebsphase bis zum Verschluss der Schächte oder Rampen muss eine Rückholung der Abfallbehälter möglich sein.“

Anmerkung: Betriebsphase = einige Jahrzehnte



Deutschland: Rückholbarkeit (Betriebsphase!) im Steinsalz (Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben VSG)

- Streckenlagerung: Weitestgehende Umkehrung des Einlagerungsprozesses
 - Wiederauffahren von Richtstrecken und Querschlägen entsprechend eines vorgegebenen Arbeitsschemas
 - Auffahren von durchschlägigen Rückholstrecken
 - Kühlung der aufgefahrenen Rückholfelder
 - Freilegen der Endlagerbehälter
 - Ziehen der Endlagerbehälter auf eine Rückholstrecke
 - Transport der Endlagerbehälter unter und über Tage
- Bohrlochlagerung: Technische Änderungen (Verrohrung, nichtkompaktierender Versatz)
 - Verlust an Robustheit bzgl. des sicheren Einschlusses???
- Problemkreise:
 - Bewetterung (Temperatur!): Rückholung aus wettertechnischer Sicht innerhalb von 40 Jahren möglich
 - Gebirgsmechanik (Temperatur!)
 - Radiologie / Überwachung



Zusammenfassung: Rückholbarkeit als relativer Begriff

- Es gibt kein „Ja / Nein“ sondern unterschiedliche Grade der Rückholbarkeit
 - d.h. eine evtl. Rückholung kann je nach Konzept mit unterschiedlichem Aufwand verbunden sein (keine „Tiefgarage“)
 - Rückholung aber als planbare technische Maßnahme unter Einhaltung der bergtechnischen Sicherheit, des Strahlenschutzes usw.
- Zeit:
 - Einlagerung, Offenhaltung oder Abwerfen Lagerbereichen, Verschluss
 - **Aber:** langes Offenhalten beeinträchtigt Sicherheit! Zeitliche Änderung des Zustands des Endlagersystems
 - Wir sprechen von Jahrzehnten, vielleicht wenigen 100 Jahren, aber nicht von Jahrtausenden!
- In jedem Fall geht es um **Abwägung:**
 - Argumentativ
 - Technisch: Rückholbarkeit konkurriert ggf. mit Sicherheitsanforderungen!
 - Zielkonflikt mit Zugriffsschutz!
- Rolle der Überwachung (Monitoring): Was? Von wo?
- Auch verschlossenes Endlager wird überwacht und **nicht „aufgegeben“!**



Material: Wie zum ENTRIA-Vortrag, außerdem:

- ESK-Papiere (2011)
<http://www.entsorgungskommission.de/diskussionspapiere-zur-rueckholbarkeit-esk-ausschus/index.htm>
- OECD / NEA-Projekt (2007-2011): <http://www.nea.fr/rwm/rr>
- Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben VSG (2010-2013):
<http://www.grs.de/vorlaeufige-sicherheitsanalyse-gorleben-vsg>,
<http://www.grs.de/endlagersicherheit/gorleben/ergebnisse>