

Wichtigste Schlussfolgerungen aus dem CRR-Experiment

Unter den durch den Versuchsaufbau des CRR gegebenen Randbedingungen:

- Bilden die tri- und tetravalenten Aktiniden (Am, Th und Pu) Radiokolloide im Grimsel-Grundwasser, selbst ohne vorhandene Bentonitkolloide.
- Reduziert sich die Retardation von Am und Pu im Gestein drastisch in Gegenwart von Bentonitkolloiden.
- Zeigten die Cäsium-(Cs)-Daten, dass Cäsium teilweise an Kolloiden transportiert und teilweise im Gestein retardiert wurde (durch Sorption und Matrixdiffusion).
- Migrierten mehr als 80 % der injizierten Bentonitkolloide ohne Retardierung oder Filtration von grösseren Kolloiden durch das Fließfeld.

Kolloide, die nächsten Schritte...

Bislang konnten Bentonitkolloide zusammen mit Aktiniden in einem In-situ-Dipol-Experiment unter den experimentellen Randbedingungen erfolgreich gehandhabt werden. Obwohl dieses Experiment in-situ im FLG durchgeführt wurde, entsprachen gewisse Versuchsbedingungen jedoch nicht den in einem Tiefenlager zu erwartenden Verhältnissen.

- Der Zeitplan des Projekts führte dazu, dass die bei den Experimenten angewandten Fließraten etwa eine Million Mal schneller als die in einem Tiefenlager erwarteten Fließraten waren.
- Bei der hydrochemischen Zusammensetzung der Scherzone handelte es sich um ein viel verdünnteres System als das in einem Tiefenlager erwartete, und folglich war die Kolloidstabilität erhöht.
- Die mit den gegenwärtigen Messtechniken weltweit durchgeführten Studien dieser Art erfolgten allesamt unter ähnlichen Experimentbedingungen aufgrund des Zeitfaktors, den Einschränkungen bei den derzeitigen Technologien und finanziellen Ursachen. Jedoch ist jetzt ein Stadium erreicht, bei dem weitere solche Experimente keine neuen Informationen mehr liefern würden.

Daher umfassen die nächsten Schritte Experimente, die das Verhalten der Bentonitkolloide unter eher Tiefenlager-relevanten Bedingungen untersuchen. Ein neues Experiment, das auf den aus dem CRR-Versuch erlangten Erkenntnissen aufbaut, ist für die nächste Phase im FLG geplant. Dieses über mehrere Dekaden dauernde Experiment verfolgt hauptsächlich das Ziel, die In-situ-Bildung und Fernfeld-Migration von aus der Bentonitverfüllung des Barrierensystems entstehenden Bentonitkolloiden und daran adsorbierten Radionukliden unter Tiefenlager-relevanten Bedingungen zu untersuchen.

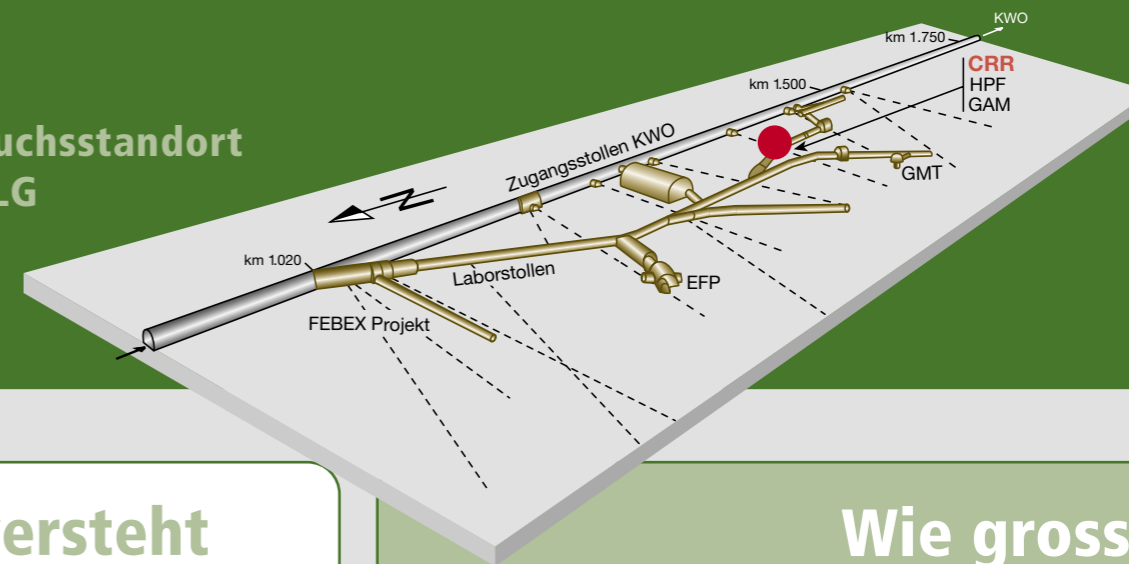
FELSLABOR GRIMSEL

Retardation von Kolloiden und Radionukliden (CRR)

Überblick CRR

Der Versuch zur Retardation von Kolloiden und Radionukliden (CRR) untersucht die Auswirkung der Bentonitkolloide auf die Retardations- bzw. Rückhalteeigenschaften von Radionukliden im Wirtgestein eines potenziellen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle.

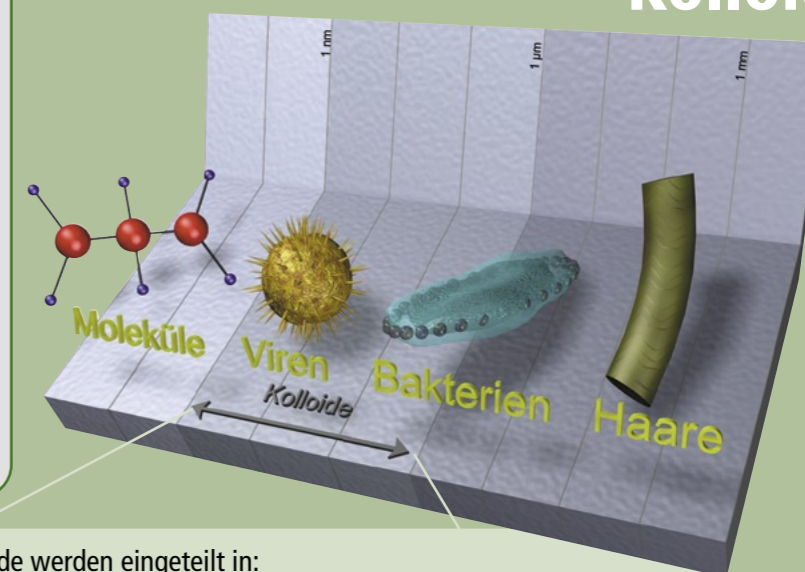
Versuchsstandort im FLG



Was versteht man unter einem Kolloid?

Kolloide sind sehr kleine Partikel, deren Durchmesser zwischen 1 nm und 1 µm schwankt. In natürlichen Grundwässern sind organische und anorganische Kolloide allgegenwärtig, Kolloide können jedoch auch bei der Zersetzung von Materialien des technischen Barrierensystems (EBS), wie z.B. Stahlbehälter, Glasmatrix oder Bentonitverfüllung, entstehen.

Wie gross sind Kolloide?



Kolloide werden eingeteilt in:

Natürliche Kolloide (z.B. aus Kluffüllungen)	Bentonitkolloide (z.B. aus der Bentonitverfüllung entstanden)	Homogene Radiokolloide (z.B. PuO ₂)	Heterogene Radiokolloide (z.B. an Bentonitkolloiden fixierte Radionuklide)
---	--	--	---

Nähere Details finden Sie auf unserer Website: www.grimsel.com

Nagra, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Hardstrasse 73, CH 5430 Wettingen.
Tel. +41 56 437 11 11 Fax: +41 56 437 12 96 Email: info@nagra.ch Internet: www.nagra.ch

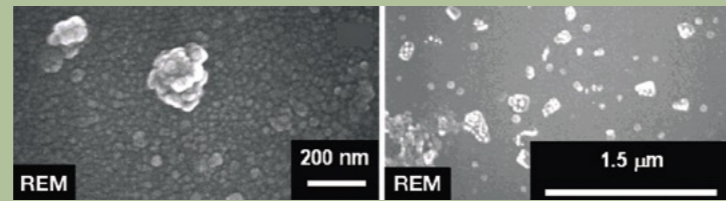
CRR-PARTNERORGANISATIONEN



Die CRR-Partnerorganisationen trugen weltweit zum In-situ-Versuch mit umfassenden Laborstudien und numerischen Modellierungen bei.
Partnerorganisationen: Nagra (CH), ENRESA (ES), FZK (DE), JNC (JP), USDOE (US), ANDRA (FR).

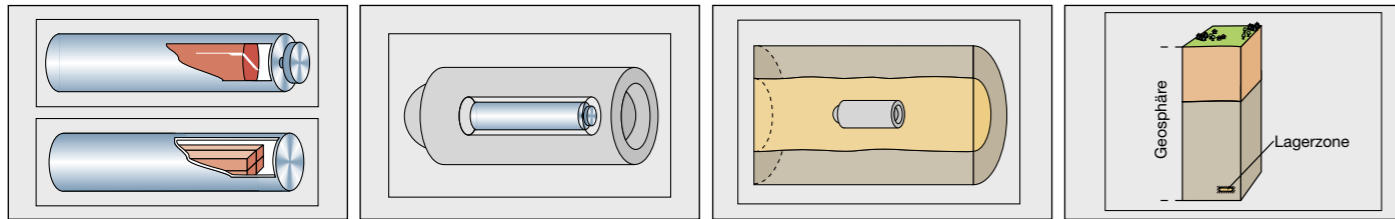
Wie sehen Kolloide in Grossaufnahme aus?

In den meisten Lagerkonzepten für HAA (hochaktive Abfälle) und BE (abgebrannte Brennelemente) wird vorgesehen, die Abfälle in massive Metallbehälter zu verpacken, die in ein grosses Bentonitfüllungsvolumen eingebettet werden (diese bilden zusammen das technische Barriersystem). Die Abfallgebinde werden in einem Tiefenlager (typischerweise zwischen 400 und 1000 Meter Tiefe) eingeschlossen, bis die Aktivität des Abfalls auf ein sicheres Mass abgeklungen ist.

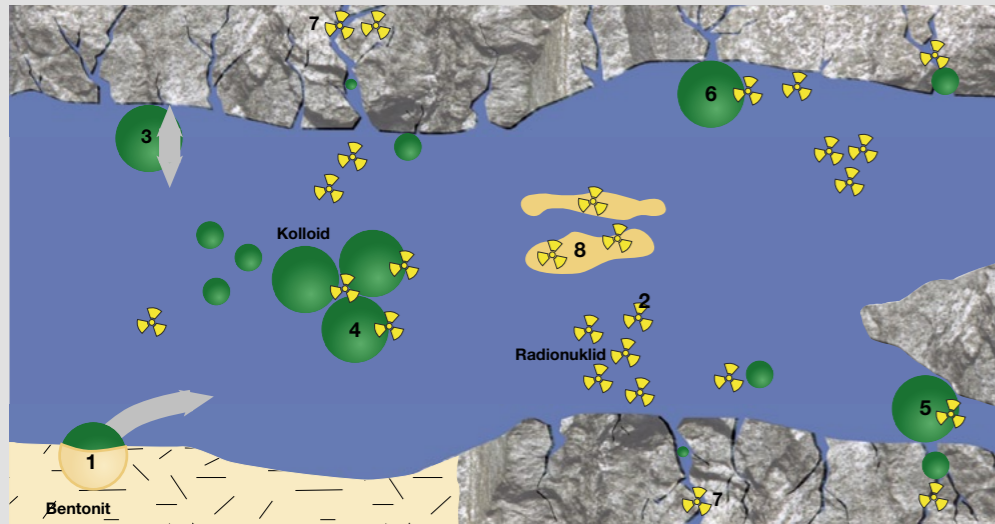


Diese Bilder von Bentonitkolloiden wurden mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) aufgenommen.

Das technische Barriersystem für hochaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente



Auf welche Weise können Kolloide die Migration der Radionuklide beeinflussen?



Schematische Darstellung der möglichen Migrationsmechanismen von Kolloiden und Radionukliden in einer wasserführenden Kluft.

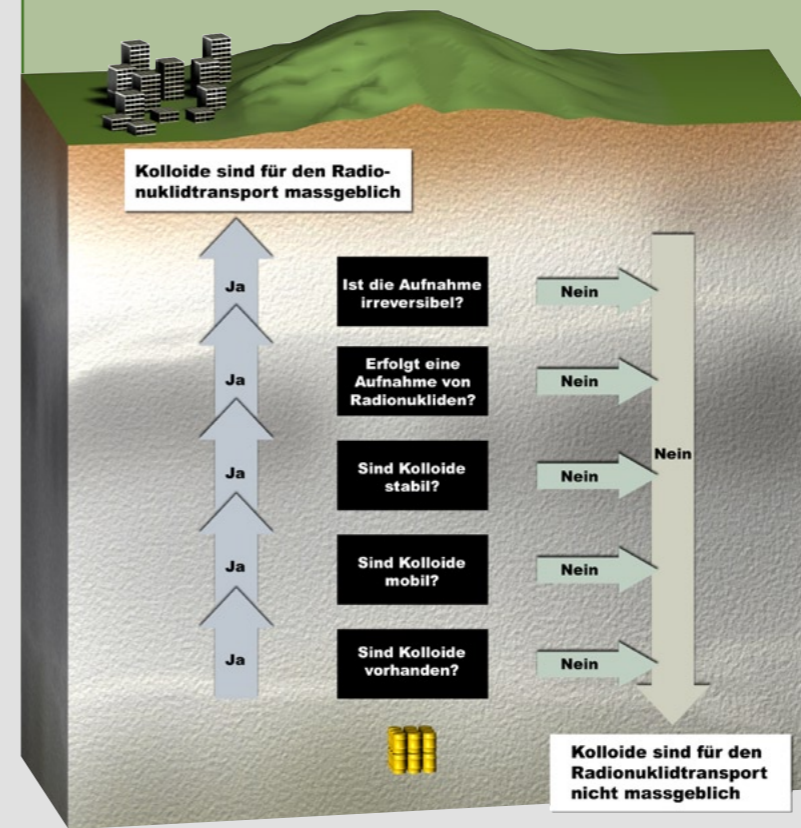
1. Entstehung von Bentonitkolloiden.
2. Im Grundwasser gelöste Radionuklide.
3. Adsorption/Desorption der Kolloide an/von der Gesteinsoberfläche.
4. Adsorption von Radionukliden an Bentonitkolloiden.

5. Filtration von Kolloiden.
6. Kolloidgrösse verhindert Eindringen in den Porenraum des Gesteins.
7. Diffusion von Radionukliden in den Porenraum des Gesteins.
8. Adsorption/Inkorporation von Radionukliden an/in organischen Kolloiden.

Sollten Radionuklide aus dem System der technischen Sicherheitsbarrieren freigesetzt werden, so gelangen sie in das Umgebungsgestein des Tiefenlagers. Erwartungsgemäss wird dieses Gestein einen Grossteil der Radionuklide durch im Gestein ablaufende Sorptions- und Diffusionsprozesse retardieren.

Das CRR-Experiment wurde projektiert zur Untersuchung, ob durch die Zersetzung der technischen Barrieren entstehende Bentonitkolloide den Radionuklidtransport durch das Gestein begünstigen und Sorptions- und Diffusionsprozesse behindern würden, die normalerweise solche Radionuklide retardieren.

Beeinflussen Kolloide massgeblich die Lagereigenschaften?



Erst wenn fünf Anforderungen erfüllt sind, hat der Radionuklidtransport an Kolloiden in einem potenziellen Wirtsgestein eine massgebliche Auswirkung auf die Langzeitsicherheit eines Tiefenlagers für radioaktive Abfälle: Wird nur eine dieser fünf Fragen mit «Nein» beantwortet, so kann der kolloidale Transport von Radionukliden als unbedeutender Prozess vernachlässigt werden. Demzufolge ist die Zielsetzung des CRR-Experiments direkt mit diesen fünf grundlegenden Fragen verknüpft.

In-situ-Experiment im FLG

Schwerpunkt des CRR-Experiments bildeten zwei Injektionen mit Tracermischungen verschiedener Radionuklide (einschliesslich Aktinide) in die Versuchsscherzone. Dabei wurde eine Injektion ohne und eine weitere mit Bentonitkolloiden im FLG durchgeführt. Sämtliche Injektionen erfolgten entsprechend den Auflagen der Schweizerischen Strahlenschutzverordnung.

Injektion #1:
ohne Kolloide
 ^{85}Sr , ^{131}I , ^{232}Th ,
 ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu ,
 ^{242}Pu , ^{243}Am

Injektion #2:
20 mg l⁻¹ Kolloide
 ^{85}Sr , ^{99}Tc , ^{131}I , ^{137}Cs ,
 ^{232}Th , ^{233}U , ^{237}Np ,
 ^{238}Pu , ^{244}Pu , ^{241}Am

An den extrahierten Lösungen wurden Radionuklid- und Kolloidmessungen mit auf dem neuesten Stand der Technik stehenden Messverfahren im FLG sowie externen Labors durchgeführt. Die In-situ-Experimente wurden durch Laborstudien und Computermodellierungen ergänzt, die von den weltweit beteiligten Projektpartnern durchgeführt wurden.

