

felslabor mont terri

Besuchen Sie das
Felslabor Mont Terri

forschen für die
sichere tiefenlagerung
radioaktiver abfälle

nagra ● aus verantwortung



Ein Felslabor im Tongestein

In 300 Meter Tiefe

Das Felslabor Mont Terri liegt nördlich von St-Ursanne im Kanton Jura. Es befindet sich rund 300 Meter tief unter der Erdoberfläche und ist über den Sicherheitsstollen des Mont-Terri-Autobahntunnels der Transjurane erreichbar. Die Laborstollen in der Opalinustonschicht sind insgesamt zirka 600 Meter lang.

Nachdem die ersten Experimente im Jahr 1996 in acht kleinen Nischen entlang des Sicherheitsstollens durchgeführt worden waren, wurde 1998 ein separater Forschungsstollen ausgebrochen, der 2004, 2008 und 2012 erweitert wurde.

Das Felslabor dient ausschliesslich Forschungszwecken; die Lagerung von radioaktiven Abfällen kommt hier nicht in Frage.

Geologie – Gestein aus dem Meer

In der Jurazeit, vor rund 175 Millionen Jahren, entstand der Opalinuston durch Ablagerung von feinen Schlammteilchen auf dem Grund des Meeres. Vor etwa zehn Millionen Jahren entstand während der Bildung des Juragebirges eine Grossfalte (Antiklinale), die gegen Nordwesten über den Tafeljura der Ajoie aufgeschoben wurde. Im Bereich des Felslabors

sind deshalb die Schichten etwa 35-45 Grad nach Südosten geneigt und durch kleinere Störungen versetzt. Die Schichtmächtigkeit des Opalinustons beträgt am Mont Terri rund 150 Meter.

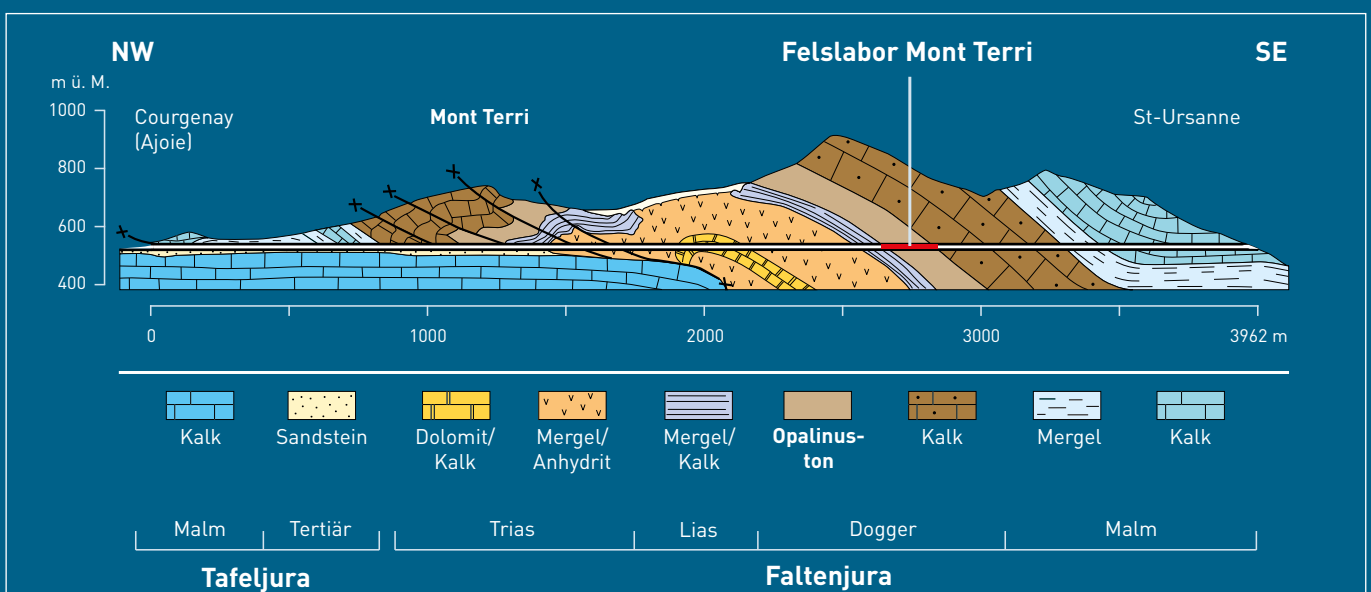
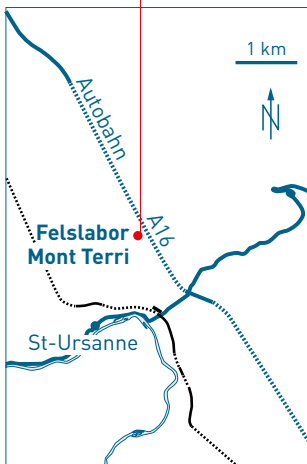
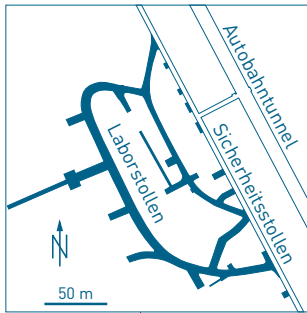
Der Opalinuston ist zwischen 40 und 80 Prozent aus Tonmineralen zusammengesetzt. Davon sind zehn Prozent quellfähig. Bei Wasserzutritt führt dies zu einer Volumenzunahme, was die Selbstabdichtung von kleinen Rissen begünstigt. Weitere Bestandteile sind Quarz, Kalzit, Feldspat, Siderit und Pyrit.

Wasser aus dem Meer

Der Opalinuston ist sehr gering durchlässig und das Porenwasser bewegt sich praktisch nicht. Untersuchungen zeigen, dass in jedem Liter Porenwasser bis zu 20 Gramm Salze gelöst sind. Das Wasser in den feinen Poren enthält noch immer Anteile von Meerwasser, das viele Millionen Jahre alt ist. Heutiges Meerwasser enthält zum Vergleich 37 Gramm Salze pro Liter.

Bautechnik

Weil Tongesteine beim Stollenbau oft nicht genügend standfest sind, werden die Stollenwände mit Felsankern und Spritzbeton gesichert.



Geologisches Profil entlang des zirka vier Kilometer langen Autobahntunnels Mont Terri

Projekte im Felslabor Mont Terri

Experimente

1 – Prozessverständnis in ungestörtem Opalinuston

DR-A/DR-B Diffusion und Rückhaltung von Radionukliden

DS Gebirgsspannungen

HT Diffusion von Wasserstoff im Ton

PC-C Gleichgewichtszustände von Porenwasser und gelösten Gasen

SM-C Seismische Überwachung unter Tage

SO/VA Sedimentologie Opalinuston, Variabilität von Sedimentstrukturen

2 – Experimente in gestörtem Tongestein

CD Zyklische Deformationen, Selbstabdichtung von Rissen

DM-A, DM-B Langzeit-Deformationsmessungen um Bohrungen

EZ-B Kluftbildung in der Auflockerungszone

HG-A, HG-D Gasfliesswege durch Gestein und längs Abdichtungen, Gastransport

MA Mikrobiologische Experimente

SE-H/TIMODAZ

Selbstabdichtung von Rissen in der Auflockerungszone

3 – Experimente, die sich auf den Betrieb oder die Zeit nach dem Verschluss eines Tiefenlagers beziehen

CI, BN Wechselwirkung Zement-Ton, Wechselwirkung von Bitumen-Nitrat-Ton

FE 1:1-Einlagerungsversuch mit drei Heizelementen, Langzeitmessung des Wärmeeintrags ins Gebirge und Aufsättigung

HE-E In-situ-Heizversuch in verschiedenen Sand-Ton-Gemischen

IC, IC-A Korrosionsexperimente

MO Entwicklung der Messtechnik zur Langzeitüberwachung eines Tiefenlagers

Internationale Forschungsplattform

Im Felslabor Mont Terri wird seit 1996 international geforscht. Das Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) ist Betreiberin des Felslabors und leitet das Mont Terri Projekt.

An den unterirdischen Forschungsvorhaben beteiligen sich zahlreiche Organisationen aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Japan, Kanada, Spanien, der Schweiz und den USA. Verschiedene weitere Länder ziehen Tongesteine ebenfalls als mögliche Wirtgesteine für geologische Tiefenlager in Betracht. Ein Wirtgestein ist das geologische Medium, in welchem die Lagerstollen für radioaktive Abfälle gebaut werden.

Bei regelmässigen Treffen tauschen sich die Projektpartner über die Resultate laufender Experimente aus. Jedes Jahr kann jeder Partner von neuem entscheiden, an welchen Experimenten er sich beteiligt.

Know-how für alle

Das Know-how aus dem Felslabor Mont Terri kann in Zukunft auch mit anderen Forschungszweigen ausgetauscht werden, zum Beispiel im Zusammenhang mit der Geothermie oder Gasspeicherung.

Forschung und Entwicklung

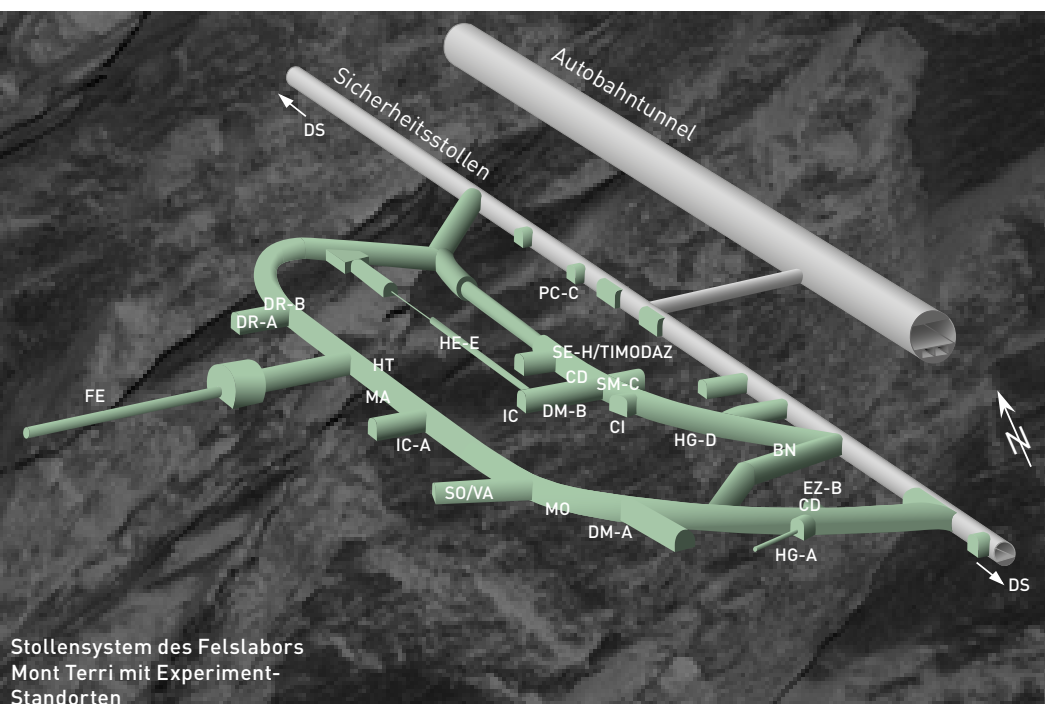
Die Experimente im Felslabor Mont Terri konzentrieren sich auf drei Schwerpunkte und Zielsetzungen:

1) Entwicklung von Methoden

Weil in Tongestein so gut wie kein Wasser fliesst, müssen spezielle hydrogeologische Testmethoden und Programme zur Auswertung der Messdaten entwickelt werden. Dies betrifft zum Beispiel die Messung von Porenwasserdrücken, die Ermittlung der Durchlässigkeit und die Entnahme von Wasserproben.

Damit in Tongesteinen stabile Bohrungen ausgeführt und ungestörte Bohrkerne entnommen werden können, müssen die Bohr- und Kernentnahmetechniken angepasst und verbessert werden.

Die heute im Kristallin gängigen Methoden zur Ermittlung des Spannungsfeldes im Gestein und rund um die Stollen funktionieren in Tongesteinen nur bedingt und müssen deshalb weiter entwickelt werden. Die gekoppelten Prozesse (gegenseitige Beeinflussung von z. B. Temperatur, Wassergehalt und Druckverhältnissen) stellen neuartige Anforderungen an die Methoden zur Untersuchung von Prozessen, die im Felslabor studiert werden.



2) Charakterisierung des Opalinustons

Das Einschlussvermögen des Opalinustons wird durch seine physikalischen und chemischen Eigenschaften charakterisiert. Dabei gilt das Hauptinteresse der Durchlässigkeit und der Fähigkeit zur Selbstabdichtung sowie dem Diffusionsverhalten von Radionukliden.

Wenn Feuchtigkeit in offene Entlastungsklüfte eindringt, quillt der Opalinuston. Offene Risse, die während des Stollenbaus entstanden sind, werden dabei geschlossen. Durch diese Selbstabdichtung vermindert sich die Durchlässigkeit, die wieder Werte des ungestörten Gesteins erreichen kann. In verschiedenen Experimenten werden diese Zusammenhänge untersucht.

Das Diffusionsverhalten von Radionukliden und das Rückhaltevermögen wurde zum Beispiel im Experiment DR untersucht. In einem kleinen Bohrloch wurde ein abgetrenntes Testintervall mit Wasser aufgesättigt und anschliessend eine kontrollierte Menge Markierstoffe (z. B. Tritium) zugegeben. Nach frühestens einem Jahr wurde das kleine Loch überbohrt. Am neuen und grösseren Bohrkern wurde nun untersucht, wie weit der Markierstoff ins Gestein eingedrungen ist.

Dabei breiteten sich «nichthaftende» Radionuklide (z. B. Tritium) schneller aus als stark «haftende» Radionuklide (z. B. Caesium, Kobalt), wie sie in einem Tiefenlager für hochaktive Abfälle vorhanden sein werden. Die Aktivität der eingesetzten Radionuklide lag dabei weit unter der Freigrenze.

3) Demonstrationsexperimente

Mit Demonstrationsexperimenten werden Verfahren zur Einlagerung von Abfallbehältern erprobt. Diese Experimente dienen dem Nachweis der Machbarkeit eines geologischen Tiefenlagers. Das Experiment FE stellt eine Weiterentwicklung dar (siehe Bilder unten). Im Massstab 1:1 wird das Einlagerungskonzept für verbrauchte Brennelemente überprüft. Dabei werden die durch radioaktiven Zerfall entstehende Abwärme der Abfallbehälter mit Heizelementen simuliert. Über mehrere Jahre wird beobachtet, wie sich die Verfüllmaterialien und das Gestein unter Temperatureinwirkung verhalten.

Solche Demonstrationsexperimente sind zudem geeignet, den Besuchern das Konzept der Tiefenlagerung anschaulich zu erklären.

Diffusion

Den passiven Konzentrationsausgleich von gasförmigen oder gelösten Stoffen zwischen Bereichen höherer und niedrigerer Konzentration nennt man Diffusion.

Radionuklide

Von jedem chemischen Element gibt es stabile und spontan zerfallende (=radioaktive) Atomarten. Radioaktive Atomarten nennt man auch Radionuklide.

Freigrenze

Die Freigrenze bezeichnet einen gesetzlich festgelegten Aktivitätswert, bis zu welchem der Einsatz von radioaktiven Stoffen ohne Genehmigung erlaubt ist.

Forschung aktuell

Eine Darstellung der aktuellen Untersuchungen im Felslabor Mont Terri findet sich auf der Website www.mont-terri.ch.



Im Felslabor Mont Terri werden ganzjährig kostenlose Führungen angeboten.



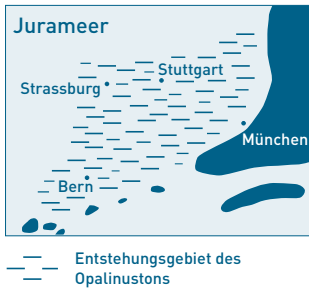
Aufbau des Demonstrationsexperimentes FE im Felslabor Mont Terri:
Oben: Bentonitblöcke werden als Sockel für die Testbehälter verwendet.
Unten: Die Verfüllmaschine des Experiments im FE-Stollen



Fragen und Antworten

Was ist Opalinuston?

Opalinuston ist ein Tongestein, das vor rund 175 Millionen Jahren in einem Flachmeer der Jurazeit entstanden ist. Im Opalinuston sind fossile Schalen des Ammoniten «Leioceras opalinum» weit verbreitet. Der Name ist auf den schillernden (opalisierenden) Glanz der Schalen zurückzuführen.



Wieso braucht es ein Felslabor?

Ein Felslabor bietet realistischere Versuchsbedingungen als dies bei herkömmlichen Laborstudien der Fall ist. Experimente können hier im Massstab 1:1 durchgeführt werden. Die Experimente im Felslabor liefern wesentliche Erkenntnisse über die Machbarkeit und Sicherheit von Tiefenlagern. Felslabore allein genügen aber nicht. Zur Beurteilung der Langzeitsicherheit eines Tiefenlagers (Sicherheitsanalyse) braucht es auch Beobachtungen an Naturanaloge, Modellierungen und Standortuntersuchungen.

Wie verläuft ein Experiment?

Ein Versuchs-konzept wird durch Prognose-rechnungen auf seine Machbarkeit überprüft. Wenn klar ist, dass dieses Ziel mit herkömmlichen Laborversuchen nicht zu erreichen ist, wird ein Testort im Felsla-

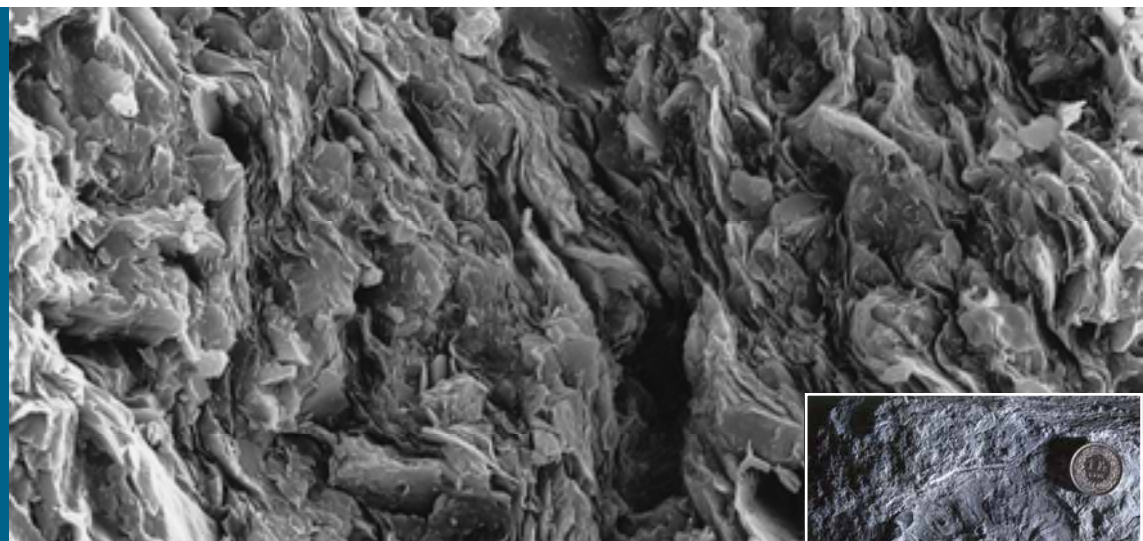
bor bestimmt. Vor der Durchführung des Tests werden die Anfangs- und Randbedingungen direkt am Testort ermittelt. Erst dann wird mit Tätigkeiten wie Bohren, Instrumentieren und Messen begonnen. Nach Monaten oder Jahren werden die Resultate ausgewertet, interpretiert und mit der Prognoserechnung verglichen.

Wieso wird Opalinuston untersucht?

Der Opalinuston weist mehrere Eigenschaften auf, die sich auf die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers günstig auswirken. Dazu gehören ein gutes Einschlussvermögen, die sehr geringe Wasserdurchlässigkeit und der vorwiegend diffusive Transport gelöster Stoffe. Weitere Vorteile sind auch eine homogene Struktur, die Rückhaltung von Radionukliden an den Tonmineraloberflächen sowie die Fähigkeit, Risse und Klüfte durch Quellung selbst zu verschliessen.

Kann man das Felslabor besuchen?

Für Besuchergruppen (ab ca. 10 Personen) werden ganzjährig Führungen im Felslabor Mont Terri organisiert. Auskunft erhalten Sie bei:
Frau Renate Spitznagel
Telefon 056 437 12 82
renate.spitznagel@nagra.ch



Grosses Bild: Opalinuston unter dem Rasterelektronenmikroskop: Die plättchenförmigen Tonmineralien sind oberflächenaktive Teilchen und können Wassermoleküle und Schadstoffteilchen fixieren (Bildbreite ca. 0,07 mm).
Kleines Bild: Abdruck des Opalinuston-Leitfossils «Leioceras opalinum»

Projektdirektion

Bundesamt für Landestopografie (swisstopo)



Projektpartner



SWISSTOPO Bundesamt für Landestopografie
ENSI Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
NAGRA Nationale Genossenschaft für die Lagerung
radioaktiver Abfälle



SCK•CEN Studiecentrum voor Kernenergie • Centre
d'Etude de l'Energie Nucléaire
FANC Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle



BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
GRS Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH



ANDRA Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs
IRSN Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire



OBAYASHI Obayashi Corporation
JAEA Japan Atomic Energy Agency
CRIEPI Central Research Institute of Electric Power Industry



NWMO Nuclear Waste Management Organisation



ENRESA Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.



US DOE U.S. Department of Energy
CHEVRON Chevron Energy Technology Company

Mitfinanzierung ausgewählter Experimente



EU Europäische Union

Unterstützende Forschungsorganisation



PSI Paul Scherrer Institut

Eigentümer des Gesteins, Bewilligungen



RCJU République et Canton du Jura
DEE Département de l'Environnement et de l'Équipement

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
Postfach 280
CH-5430 Wettingen

Tel 056 437 11 11
Fax 056 437 12 07

info@nagra.ch
www.nagra.ch
www.mont-terri.ch

nagra ● **aus verantwortung**

Nachdruck April 2017
Fotos: © Comet Photoshopping Dieter Enz, Nagra (Wettingen),
Maria Schmid

