

Reise in die Unterwelt

Im Felslabor Mont Terri prüfen Geologen, ob man den Schweizer Atommüll in Tongesteinen endlagern kann.

Auch nach 20 Jahren Forschung erleben sie immer wieder Überraschungen. **Von Andreas Hirstein**

Paul Bossart liest die Gesteine wie andere Menschen eine Zeitung. Mit dem Zeigefinger fährt er über einen hellen Streifen im dunkelgrauen Tongestein: «Das sind 174 Millionen Jahre alte Sedimente, die sich an der Küste eines flachen Meeres gebildet haben», sagt der Geologe vom Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).

Heute liegen die Sedimente unter Tage, zugänglich nur in einem Stollen des Felslabors Mont Terri im Jura. Seit genau 20 Jahren erforschen Geologen hier die Eigenschaften und die Geschichte einer Gesteinschicht, die einmal den Abfall der Schweizer Kernkraftwerke aufnehmen und für eine Million Jahre von unserem Lebensraum isolieren soll: der Opalinuston, eine Tonschicht, die man vom Genfersee bis zum Bodensee und in Süddeutschland findet.

Millionen Jahre Erdgeschichte

Im Jura allerdings wird das atomare Tiefenlager nicht gebaut werden. [Das hat sich der Kanton noch vor der Eröffnung des Felslabors vertraglich zusichern lassen.] Die Geologen sind nur deshalb vor Ort, weil sie das Gestein hier besonders gut erreichen können. Denn die ursprünglich horizontal ausgerichteten Sedimente wurden bei der Jura-Gebirgsbildung vor 4 bis 10 Millionen Jahren bis auf 40 Grad aufgerichtet und beim Bau eines vier Kilometer langen Autobahntunnels zwischen St-Ursanne und Courgenay durchstossen. Wer heute den Tunnel befährt, reist durch mehrere Millionen Jahre der Erdgeschichte, deren steinerne Zeugen sich hinter der Betonverschalung des Tunnels verstecken.

Im parallel zur Autobahn verlaufenden Sicherheitsstollen ist die Geologie noch zu erkennen. Die Luft ist feucht, Wasser tropft von den Wänden auf den holprigen Fahrweg. Je weiter man von St-Ursanne aus in den Berg vordringt, desto trockener wird es. «An dieser Stelle befindet sich der Übergang vom

wasserführenden Kalkstein zum Opalinuston», sagt Bossart. In der rund 130 Meter dicken Tonschicht haben die Geologen ihr Felslabor gebaut – ein rund 700 Meter langes Tunnelsystem, das in westlicher Richtung vom Sicherheitsstollen abzweigt.

Die beste Option

Gemessen haben die Forscher unter anderem, wie schnell der Ton Wasser und die darin gelösten Stoffe transportiert und wie das Gestein auf den Bau eines Lagerstollens reagiert: ob es seine natürlichen Eigenschaften behält oder ob Klüfte in den Tunnelwänden entstehen, die einen Transport radioaktiver Stoffe ins Grundwasser ermöglichen. «Es gibt kein ideales Wirtgestein für Atommüll. Alle Varianten haben Vor- und Nachteile», sagt Bossart. «Aber wir konnten zeigen, dass Opalinuston die beste in der Schweiz verfügbare Option ist», sagt der Geologe. «Der Ton bindet Radionuklide, er ist extrem wasserundurchlässig, und er verfügt über selbstheilende Eigenschaften: Durch den Stollenbau oder Erdbeben verursachte Klüfte verschliessen sich im Verlauf von Jahrhunderten von selbst», sagt Bossart.

Um die Erdbebensicherheit zu erhöhen, müssen die Stollen mit einer möglichst dichten Füllung aus einem Bentonit-Granulat gefüllt werden. Dieses Tonmineral nimmt Wasser auf, dehnt sich aus und stellt dadurch eine feste Verbindung zwischen den Abfallbehältern und dem umgebenden Gestein her. Erdbebenwellen, die an der Erdoberfläche grosse Schäden anrichten würden, verlieren dadurch ihre Zerstörungskraft.

In einem Demonstrator im Massstab 1:1 untersuchen die Geologen seit knapp zwei Jahren, wie sich Abfallbehälter und Bentonit im Stollen verhalten. Die drei zylinderförmigen Stahlkanister sind nicht mit abgebrannten Brennstäben beladen. Stattdessen werden sie durch elektrische Heizungen auf die zu erwartenden Temperaturen von rund 130 Grad erhitzt. Über 1500 Sensoren messen, wie sich die Temperatur in der

Umgebung der Behälter entwickelt, wie der Wasserdruck in den Gesteinsporen steigt, wie sich Spannungen aufbauen und wie viel Sauerstoff und Wasserstoff verbraucht werden oder entstehen. Aus diesen Messwerten lässt sich ablesen, ob und wann die Stahlbehälter zu korrodieren beginnen.

Ein gutes Jahr nach dem Einschalten der Heizung deuten Sauerstoffkonzentrationen darauf hin, dass die Korrosion des Stahls bereits begonnen hat - früher als zuvor vermutet. «Wir kennen die chemischen Reaktionen», sagt Bossart. «Aber wir wissen noch nicht, wie schnell sie ablaufen.» Das jedoch wäre wichtig, um die Lebensdauer der Behälter vorhersagen zu können.

Nach dem gegenwärtigen Lagerkonzept müssen die Behälter rund 10 000 Jahre dicht halten. Bis zu diesem Zeitpunkt sollen sich Klüfte, die beim Bau des Lagers entstanden sein könnten, wieder geschlossen haben, so dass der atomare Abfall für Hunderttausende Jahre vom Opalinuston zurückgehalten werden kann - bis er die Radioaktivität natürlichen Gesteins erreicht hat. Der Ton ist daher der zentrale Baustein für die Sicherheit des Lagers.

Tone sind die mit Abstand häufigsten Sedimentgesteine der Erde. Der Opalinuston ist eine Hinterlassenschaft des Jurameers, eines Flachmeers, das vor 174 Millionen Jahren grosse Teile Mitteleuropas bedeckte. Über dem Wasserspiegel lagen im Norden das Rheinische Schiefergebirge und im Osten das Böhmisches Massiv, aus denen grosse Mengen Erosionsmaterial in das Meer gespült wurden. «Innerhalb von nur 400 000 Jahren konnte sich so eine 100 Meter dicke Sedimentschicht absetzen, aus der sich der heute vorliegende Opalinuston bildete», sagt Bossart. Das Material besitzt eine sehr grosse innere Oberfläche. Diese Grenzflächen binden metallische Ionen und können auch radioaktives Uran und Plutonium zurückhalten.

Die grösste Überraschung erlebten die Geologen bei der Analyse des im Ton gebundenen Wassers. Es ist marinen Ursprungs, aber es stammt nicht wie lange vermutet aus dem Jurameer. Vielmehr zeigen neue Studien, dass es aus einem Meeresarm stammt, der vor 36 bis 38 Millionen Jahren den Rheingraben füllte. Das Juragebirge gab es zu dieser Zeit noch nicht. Es entstand erst 25 Millionen Jahre später.

Ein kleinerer Teil des Wassers befindetet sich in Poren des Gesteins. In diesen Einschlüssen haben die Wissenschaftler Bakterien gefunden, die offenbar seit Millionen Jahren ohne Kontakt zur übrigen biologischen Umwelt überlebt haben - eine Fähigkeit, die für Biologen noch rätselhaft ist.

Auf die Sicherheit des Tiefenlagers könnten die Bakterien durchaus einen Einfluss haben. Denn sie verwerten den bei der Korrosion der Stahlbehälter frei werdenden Wasserstoff, wodurch der möglicherweise zerstörerische Gasdruck sinken würde. Andererseits produzieren die Bakterien aggressiven Schwefelwasserstoff, der die Korrosion der Stahlbehälter beschleunigen könnte. Wie werden sich diese Effekte auswirken? «Insgesamt hat die bakterielle Aktivität vermutlich einen positiven Effekt auf

die Sicherheit eines Endlagers», glaubt Alexandre Bagnoud von der ETH Lausanne, der den Stoffwechsel der Bakterien in seiner Dissertation untersucht hat.

«Die Eignung des Opalinustons steht nicht infrage», sagt Paul Bossart. «Was sich durch weitere Studien aber noch ändern könnte, ist das technische Design des Lagers. Falls die Korrosion des Stahls zu schnell fortschreiten sollte, müsste man auf weniger anfällige Metalle und Werkstoffe ausweichen.»

Nach 20 Jahren Forschung hält er die Fortführung des Labors für notwendig. In den kommenden Jahren sollen weitere Stollen gebaut werden, in denen auch ganz andere Fragen jenseits der nuklearen Endlagerung behandelt werden können. So will Bossart untersuchen, ob man das Treibhausgas CO₂ aus der Atmosphäre unterhalb der Opalinuschicht lagern könnte. Der Ton würde dann verhindern, dass das klimaschädliche Gas zurück an die Oberfläche gelangt. «Interessant wäre auch das Studium von tieferliegenden wasserführenden Schichten, die geothermisch genutzt werden könnten», sagt Bossart. Und schliesslich bleibt noch das grösste Rätsel der Schweizer Geologie überhaupt: Unterhalb des Juras liegt vermutlich eine bis zu 3 Kilometer mächtige Sedimentschicht, die grössere Mengen Kohle enthalten könnte. Dieser sogenannte Permokarbondrog ist für die kommerzielle Nutzung zumindest derzeit allerdings nicht geeignet.

«Die Nuklearforschung wird unser Fokus bleiben», sagt Bossart. «Das sind wir der Bevölkerung bis zu einem Entscheid über ein Tiefenlager schuldig.» Und vielleicht wird auch das Interesse aus dem Ausland steigen. Auch dort gibt es Tonvorkommen, die sich als Standorte für Atommüll eignen könnten.