

## Endlagersuche

# Viele 100'000 Jahre sicher im Ton

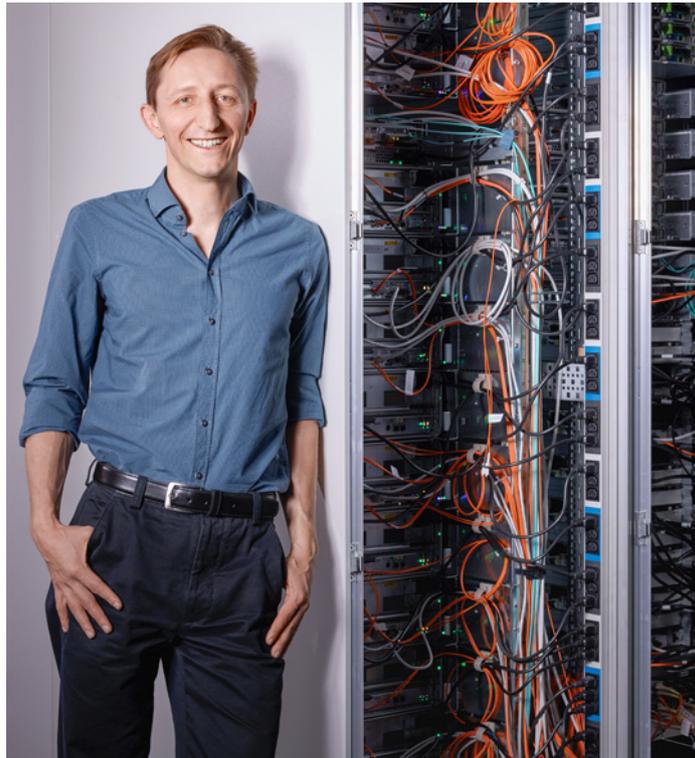
Obwohl die Schweiz aus der Kernenergie aussteigt, muss sie eine Lösung für das in den Kernkraftwerken, aber auch in Medizin, Industrie und Forschung entstandene, radioaktive Material finden. Daher stellt sie sich einer aussergewöhnlichen, verantwortungsvollen Aufgabe: Sie sucht einen Ort, an dem sie ihre radioaktiven Abfälle mehrere hunderttausend Jahre lang sicher lagern kann. So lange, bis sie von selbst die Radioaktivität natürlicher Gesteine erreicht haben. Die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) ist durch den «Sachplan Geologische Tiefenlager» verpflichtet, einen Ort zu finden, der alle Sicherheitskriterien erfüllt. Zusammen mit zahlreichen anderen Forschungsinstituten unterstützt das PSI die Nagra mit seiner wissenschaftlichen Kompetenz bei der Suche nach dem geeignetsten Ort für dieses geologische Tiefenlager.

### Falle im Ton

Mittlerweile ist klar, dass sich Opalinuston, der sich als rund hundert Meter mächtige Schicht unter weiten Teilen der Schweiz

hinzieht, besonders gut eignen würde. Sergey Churakov, der als Laborleiter die Verantwortung für das Projekt am PSI innehat, erklärt das so: «Opalinuston ist eine Art Falle für die radioaktiven Stoffe.» Der Ton ist aus sehr eng gepackten, sehr feinen Meeressedimenten entstanden und daher besonders undurchlässig. Das in den Erdschichten vorhandene Wasser kann sich zwischen den winzigen Poren des Tons nur sehr langsam bewegen. Wasser wäre aber das Haupttransportmittel, das die radioaktiven Elemente, die die Wissenschaftler Radionuklide nennen, nutzen könnten, um eines Tages wieder freigesetzt zu werden. Sitzt das Wasser in der Falle, sitzen auch die Radionuklide fest.

Churakov erläutert einen weiteren Grund, warum Opalinuston als besonders sicher angesehen wird: «Wir wissen aus Experimenten,



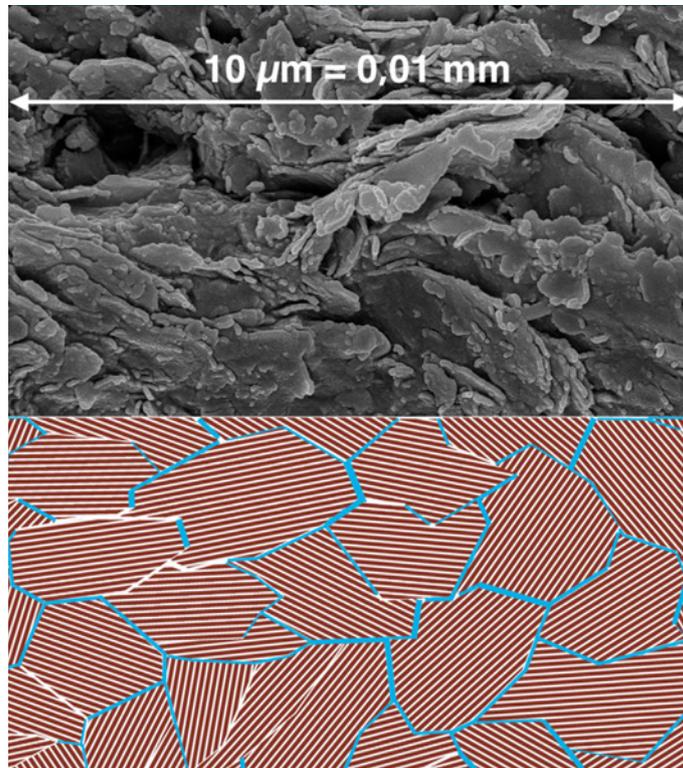
Sergey Churakov muss auf Grossrechner zurückgreifen, um die komplexen Wechselwirkungen von Opalinuston und darin eingeschlossenen Stoffen verstehen zu können.

dass dort molekulare Bewegungen extrem langsam vor sich gehen. Die Radionuklide heften sich bereitwillig an die Oberflächen des Tons an oder gehen chemische Bindungen ein. Opalinuston wirkt auf sie wie eine Art Magnet.» Das ist der Grund, warum nur sehr geringe Mengen im Wasser aufgelöst werden können.

### In jedem Fall dicht

Die radioaktiven Substanzen würden nach hohen Sicherheitsstandards in Spezialbehälter verpackt und mit tonreichem Material oder Beton ummantelt der Endlagerung zugeführt. Dennoch ist davon auszugehen, dass die Behälter nicht hunderttausend Jahre lang halten können. Irgendwann muss der Opalinuston dafür sorgen, dass die Radionuklide nicht an die Oberfläche gelangen. Was passiert, wenn die Verpackungen eines Tages Schäden aufweisen und die Radionuklide mit den Oberflächen von Beton, verrostetem Stahl oder eben Opalinuston in Kontakt kommen? – Das ist für Churakov ein spannendes und wichtiges Forschungsfeld.

Um möglichst präzise vorauszusagen, ob die Sicherheit über hunderttausende Jahre gewährleistet werden kann, stellt Churakov die Vorgänge in aufwendigen Computersimulationen nach.



Nach dem Vorbild der unter dem Elektronenmikroskop gewonnenen Bilder (Oberes Bild: L. Holzer, Empa) werden im Computer möglichst realitätsgetreue Abbilder entwickelt (Unteres Bild: S. Churakov, PSI). Sie dienen dazu, Vorgänge im Ton zu simulieren, etwa die Verteilung von Wasser und Ionen zwischen den Tonplättchen.

Diese Aufgabe ist alles andere als einfach. «Opalinuston besteht aus Plättchen, die tausendmal dünner sind als ein menschliches Haar. Kompliziert werden unsere Berechnungen zusätzlich dadurch, dass sich innerhalb dieser hauchfeinen Plättchen noch zahlreiche wassergefüllte Zwischenschichten befinden und wir tief in die Details gehen, also Atom für Atom beobachten, wie die Substanzen miteinander wechselwirken», erläutert der Forscher.

### Mit Computern Natur beschreiben

Wie diese Wechselwirkungen aber Molekül für Molekül aussehen, erfordert derart aufwendige Berechnungen, dass Churakov dafür auf das Hochleistungs-Rechenzentrum CSCS der ETH in Lugano zurückgreifen muss. Diese Prozesse in einem Computerprogramm abzubilden ist ähnlich aufwendig, wie realistisch wirkende, von zahllosen Figuren bevölkerte Landschaften für ein Videospiel zu programmieren. Nur müssen in diesem Fall Tonplättchen, die so willkürlich unregelmässig geformt sind wie in der Natur auch, dargestellt werden, dazu die Moleküle mit ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften.

Nur so kann man später beobachten, wie die Moleküle von Wasser und Radionukliden zwischen diesen Tonplättchen wandern und miteinander reagieren – oder auch nicht reagieren.

Die Ergebnisse ihrer Simulationen gleichen die Forscherinnen und Forscher immer wieder mit Laborexperimenten ab. Churakov: «Wir stehen immer vor der Frage: Stimmt unser Computermodell mit der Realität überein? Daher vergleichen wir ständig die Ergebnisse von Experimenten im Labor mit unseren Berechnungen. Wir alle wollen sicher sein, dass jeglicher Schaden für spätere Generationen verhindert wird.»