



## Gas-Dynamik in Lagern von radioaktiven Abfällen

31. Januar 2019 | Mirella Wepf

Themen: Schadstoffe | Gesellschaft | Klimawandel & Energie

**In Zusammenarbeit mit der Nagra und der Universität Bern hat ein Team der Eawag die Gasdynamik in einem simulierten Endlager für verbrauchte Brennstoffelemente untersucht. Die Resultate sind zwar teilweise überraschend, in Bezug auf die Sicherheit fällt die Bewertung jedoch positiv aus.**

Das Felslabor Mont Terri, nördlich von Saint-Ursanne im Kanton Jura, liegt rund 300 Meter unter der Erdoberfläche. Dort laufen derzeit verschiedene Langzeitexperimente, um ein sicheres Betriebskonzept für die Lagerung radioaktiver Abfälle zu entwickeln.

Bereits im Februar 2015 startete ein Versuch der [Nagra](#) (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle), der aufzeigen soll, wie sich die Zerfallswärme von radioaktiven Abfällen in einem geologischen Tiefenlager auswirkt. Zu diesem Zweck haben Wissenschaftler der Nagra in einem Stollen drei Endlagerbehälter mit integrierten Heizelementen installiert, welche die Wärmeentwicklung von verbrauchten Brennelementen simulieren. Anschliessend wurde der Tunnel lückenlos mit Bentonit-Granulat aufgefüllt und mit einem fünf Meter dicken Betonpfropfen verschlossen. Während über 10 Jahren wird nun beobachtet, wie sich das Umgebungsgestein des Tunnels (Opalinuston) und das Verfüllmaterial verhalten.

### Experiment zur Gasdynamik

Im August 2016 haben sich die Universität Bern und die Eawag diesem Versuch mit einem ergänzenden und völlig neuartigen Forschungsvorhaben angeschlossen. Dabei gehen die Forscherinnen und Forscher der Frage nach, wie sich die in den Zwischenräumen des Bentonit-

Granulats gespeicherte Restluft verhält, wenn im Verlauf der nächsten Jahrzehnte oder gar Jahrtausende langsam Wasser in den Tunnel einsickert.

«An der Eawag hatten wir kurz davor ein mobiles Massenspektrometer entwickelt, das vor Ort die verschiedensten Gase messen kann», erklärt Rolf Kipfer, Leiter der Eawag-Gruppe für Umweltsotope. Dank «Mini-Ruedi» – so heisst das Gerät – lassen sich Gasanalysen, die früher monatelange Laborarbeiten erforderten heute in kurzer Zeit direkt an Ort erledigen.

Yama Tomonaga, Eawag-Experte für Edelgasdynamik in Sedimenten, hat einen solchen Mini-Ruedi im Felslabor installiert und damit in den vergangenen zwei Jahren kontinuierlich die Konzentrationen von neun verschiedenen Gasen aufgezeichnet ( $N_2$ ,  $O_2$ , Ar, He, Kr, Xe,  $H_2$ ,  $CH_4$  und  $CO_2$ ). All diese Gase sind auch in Luft enthalten – teilweise jedoch nur in sehr geringen Konzentrationen. Ergänzt wurden diese Messungen unter anderem durch konventionelle Edelgasmessungen und durch Sauerstoffsensoren, die von der Nagra im Tunnel installiert wurden.

Die Resultate haben das Forschungsteam teilweise erstaunt: Wie prognostiziert zeigten die Messergebnisse, dass zwischen dem kompakten Bentonit-Granulat und dem Porenwasser des Opalinustons ein Gasaustausch stattfindet. Diese Prozesse vollziehen sich teilweise jedoch anders als erwartet, und vor allem deutlich schneller. Das Porenwasser des Opalinustons wirkt dabei sowohl als Senke für Gase (z.B. für Sauerstoff), wie auch als Quelle (z.B. für Helium, Argon, Methan, Kohlendioxid).

Die Forschenden untersuchten auch die Konzentration von potentiell entzündlichen Gasen im Tunnel. Tomonaga zieht ein positives Fazit: «Die Akkumulation von Wasserstoff ( $H_2$ ) und Methan ( $CH_4$ ) ist derart klein, dass sie im Moment kein Risiko birgt.»

### **Überraschender Befund im Bereich Sauerstoff**

Aufgrund der bisher vorhandenen Modellvorstellungen ging man davon aus, dass es Jahrzehnte oder noch länger dauern würde, bis der Sauerstoff im Tunnel vollständig verschwunden wäre. Sauerstoff – so viel ist bekannt – wird beispielsweise durch Reaktionen mit Pyrit im Bentonit und im Opalinuston oder durch Bakterien abgebaut.

Die Messreihen im Felslabor Mont Terri zeigten jedoch etwas anderes: Schon nach wenigen Monaten war der Versuchsstollen weitgehend sauerstofffrei. Gleichzeitig nahmen die Konzentrationen von Stickstoff, Argon und Krypton zu. In Bezug auf die Sicherheit eines Tiefenlagers ist der rasche Sauerstoffrückgang eine gute Nachricht, denn ohne Sauerstoff korrodieren die Behälter, in denen die Brennstoffabfälle aufbewahrt werden, deutlich langsamer.

Nach ersten ergänzenden Untersuchungen im Eawag-Labor in Dübendorf geht das Forschungsteam mittlerweile davon aus, dass der rasche Abbau unter anderem auf das Füllmaterial im Tunnel zurückzuführen ist. Yama Tomonaga: «Bentonit funktioniert offenbar ähnlich wie Aktivkohle. Das quellfähige Tonmaterial sorbiert Gase und reichert sie in seiner Struktur an.» Dieser Prozess soll nun – gemeinsam mit zahlreichen weiteren noch offenen Fragestellungen – vertieft untersucht werden. «Im Moment wissen wir beispielsweise noch sehr wenig darüber, inwiefern die zahlreichen baulichen Installationen im Tunnel – Sensoren, Kabel, metallische Bauteile etc. – die Dynamik des Gashaushalts beeinflussen», erklärt Tomonaga.

Ein weiteres Phänomen, das selbst die erfahrensten Gas-Spezialisten in der Forschungsgruppe fasziniert hat, war folgende Beobachtung: Gase aus dem Porenwasser des Opalinustons interagieren mit der im Bentonit der Tunnelverfüllung eingeschlossenen Luft, und zwar auch ohne dass Wasser in den Tunnel sickert. «Wir sehen, dass Gase austauscht werden, wenn das Wasser noch gar nicht da ist!» erklärt Rolf Kipfer. «Diesem Prozess müssen wir auf den Grund gehen.»

Die Eawag hat deshalb beschlossen, die Versuche mit Mini-Ruedi fortzusetzen. Niels Giroud, Projektleiter bei der Nagra, begrüsst diesen Entscheid: «Die Untersuchungen der Gasdynamik sind für uns extrem wertvoll. Zudem sind wir froh, dass die bisherigen Befunde in Bezug auf die Langzeitsicherheit eines künftigen Lagers positiv zu werten sind.»

### Eawag wird Mitglied im Konsortium Mont Terri

Im Sommer 2019 wird die Eawag gemeinsam mit dem Paul Scherrer Institut und der ETH Zürich dem Mont Terri-Projekt als Partner beitreten. Das wird den Forscherinnen und Forschern der Eawag den Zugang zu diesem einzigartigen Felslabor vereinfachen und es ihnen erleichtern, dort eigenständige Experimente durchzuführen.

### Publikationen

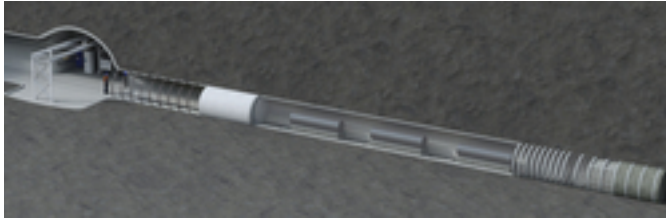
Tomonaga, Y.; Giroud, N.; Brennwald, M. S.; Horstmann, E.; Diomidis, N.; Kipfer, R.; Wersin, P. (2019) On-line monitoring of the gas composition in the Full-scale Emplacement experiment at Mont Terri (Switzerland), *Applied Geochemistry*, 100, 234-243, doi: [10.1016/j.apgeochem.2018.11.015](https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.11.015), [Institutional Repository](#)

Giroud, N., Tomonaga, Y., Wersin, P., Briggs, S., King, F., Vogt, T., & Diomidis, N. (2018). On the fate of oxygen in a spent fuel emplacement drift in Opalinus Clay. *Appl. Geochem.*, 97, 270-278, <http://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.08.011>.

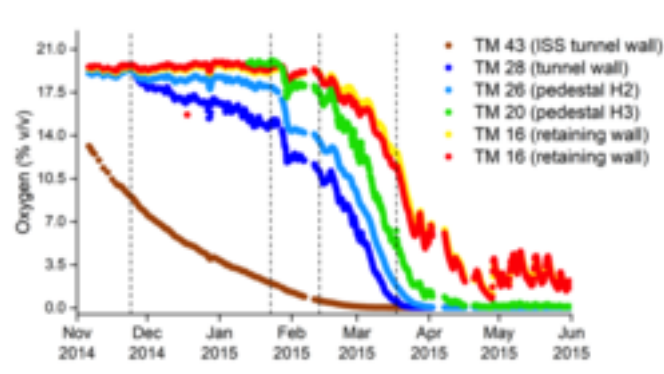
### Bilder



Blick in den FE-Versuchstunnel. Im Vordergrund sieht man einen Endlagerbehälter, der dank eines integrierten Heizelements wie ein echter künftiger Behälter von verbrauchten Brennelementen Wärme abstrahlt. Die zigarrettenförmigen Röhren sind Teil der Maschine, die zum Verfüllen des Tunnels benutzt wurde; durch sie fliesst der Bentonit an die richtige Stelle. (Foto: Nagra)



Aufbau des Heizelemente-Versuchs im Mont-Terri-Tunnel. Das Experiment soll aufzeigen, wie sich die Zerfallswärme von radioaktiven Abfällen in einem geologischen Tiefenlager längerfristig auf das Umgebungsgestein auswirkt. Zu diesem Zweck haben Wissenschaftler der Nagra in einem Stollen drei Endlagerbehälter mit integrierten Heizelementen installiert, welche die Wärmeentwicklung von verbrauchten Brennelementen simulieren. (Foto: Nagra)



Überraschender Befund: Der im Verfüllmaterial des Tunnels enthaltene Sauerstoff wurde nicht wie erwartet innerhalb von Jahren, sondern innert weniger Monate abgebaut. (Quelle: Giroud et al. 2018)



Yama Tomonaga an seinem Arbeitsplatz, 300 Meter unter der Erdoberfläche. Dieser befindet sich direkt neben dem Eingang des Versuchstunnels.  
(Foto: Swisstopo)

## Links

Broschüre der Nagra zum Felslabor Mont Terri

Ein Beschrieb des Heizelemente-Versuchs im Tunnel

Eawag Spin-off, zur Entwicklung und Bau des mobilen Massenspektrometers: Gasometrix

## Kontakt



**Rolf Kipfer**

Tel. +41 58 765 5530

[rolf.kipfer@eawag.ch](mailto:rolf.kipfer@eawag.ch)



**Yama Tomonaga**

Tel. +41 58 765 5365

[yama.tomonaga@eawag.ch](mailto:yama.tomonaga@eawag.ch)



**Andri Bryner**

Medienverantwortlicher

Tel. +41 58 765 5104

[andri.bryner@eawag.ch](mailto:andri.bryner@eawag.ch)

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/gas-dynamik-in-lagern-von-radioaktiven-abfaellen>