

Freitag 21. Oktober 2011

11:30-12:00

Probleme mit Uranvererzungen beim Tunnelbau in den Alpen

Heinz Surbeck

Nucfilm GmbH, Fineta 46, CH-1792 Cordast, Schweiz

Abstract

Actually there are several large underground construction works going on in the Swiss Alps, e.g. a new railway tunnel (55 km) through the Gotthard massif or the underground hydroelectric pumped-storage power plant (900 MW) at Emosson in the lower Valais. Some will pass through known uranium mineralizations. These mineralizations are not economically recoverable but important enough to lead to serious radiological protection problems. Workers are exposed to radon in the tunnel air, to external gamma irradiation in the tunnel and on the dumped excavation material. Groundwater and surface waters may be contaminated by water drained from the construction sites. Fortunately most of the Swiss companies digging in the Alps are now aware of these problems and take measures to minimize the impact on workers and on the environment. It is shown what measures can be taken and how to deal with naturally radioactive waste.

Zusammenfassung

Gegenwärtig sind in den Alpen zahlreiche größere Untertagearbeiten für Pumpspeicherwerke und für Bahn-Basistunnels im Gange oder geplant. Einige queren dabei Gebiete, die für erhöhte Urankonzentrationen bekannt sind. Abbauwürdige Vererzungen sind selten, aber selbst kleinräumige Uranvorkommen können zu erheblichen Strahlenschutz-Problemen führen. Zumindest in der Schweiz konnten zum Glück immer mehr Bauherren dazu gebracht werden, diese Probleme so ernst wie zum Beispiel Asbestbelastungen zu nehmen. Dabei hilft, dass es in der Schweiz verbindliche Limiten und nicht nur Empfehlungen für die Strahlungsbelastung am Arbeitsplatz durch natürliche und nicht nur durch künstliche Radionuklide gibt. Die Überwachung der Dosisleistung und der Radonkonzentration am Arbeitsplatz beim Vortrieb ist daher gut etabliert. Weniger ernst genommen wird, dass vererzte Chargen nicht auf der allgemeinen Ausbruchdeponie, sondern auf einer "heißen" Deponie landen sollten und dass Schlämme aus der Abwasseraufbereitung sehr stark kontaminiert sein können. Das wird auch daher gerne vergessen, weil in den meisten Ländern niemand eine Lösung dafür hat, wie mit diesen "radioaktiven Abfällen" natürlichen Ursprungs umzugehen ist. Die Schweizer Strahlenschutzverordnung hält dafür einen "Ausnahmeartikel" bereit, der auch für andere Länder von Interesse sein könnte.

Die Uranvorkommen in den Schweizer Alpen

Schon in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts begann in der Schweiz die Suche nach Uranvorkommen. Es war die Zeit, als die Schweiz noch glaubte, sich mit selbstentwickelten Reaktoren und einheimischem Uran von den Großmächten unabhängig machen zu können. Die Kernschmelze 1969 im Versuchsreaktor in Lucens war zwar das Ende der Entwicklung eines eigenen Reaktors, aber

die Suche nach einheimischem Uran ging weiter. Eine ganze Generation von Geologiestudenten wurde mit Szintillometern in die zahlreichen neuen Kraftwerksstollen geschickt, kurz bevor diese geflutet wurden. Eine Zusammenfassung der Resultate dieser Prospektion findet sich bei Gillieron 1995. Die Vorkommen erwiesen sich als sehr zahlreich, aber zu klein für eine kommerzielle Nutzung. Wieder einmal zeigte sich, dass die Schweiz reich an armen Vorkommen ist. Die alpine Orogenese hat vorher größerflächige Vererzungen zerstückelt und mit taubem Gestein vermengt. Typische Uranvererzungen in den Schweizer Alpen bestehen aus einigen Metern breiten dünnen Schlieren im Abstand von 50 bis 100 m.

Die Vererzungen finden sich vor allem in den Randzonen der herzynischen Massive wie dem Mont-Blanc Massiv und dem Aguille-Rouge Massiv im Unterwallis, dem Aare- und Gotthard-Massiv im Oberwallis, Uri und Graubünden und im Peninnikum der südlichen Walliser Alpen (Gebiet zwischen dem Val de Bagnes und Haute Nendaz). Hohe Urankonzentrationen sind auch in den klastischen permokarbonischen Sedimenten (Verrucano) häufig anzutreffen (Wallis, Bündner Oberland, Glarus und Unterengadin).

Seit 2010 wird im Wallis erneut nach Uran gesucht (Urania Resources Ltd., Bermuda).

Strahlenschutz-Probleme durch die Uranvererzungen

a) Arbeitsplätze

In der Zerfallsreihe des ^{238}U sind es vor allem die Zerfallsprodukte des ^{226}Ra , die zu einer Strahlungsbelastung am Arbeitsplatz führen. Die Gammastrahler unter diesen Zerfallsprodukten sind für die externe Bestrahlung, sowohl im Tunnel als auch auf der Deponie des Ausbruchsmaterials verantwortlich, das Radon in der Atemluft im Tunnel für die Strahlenbelastung der Atemwege. Eine weitere, häufig vernachlässigte Quelle sowohl für externe Bestrahlung, als auch für Kontaminationen sind die Schlämme, die bei der Aufbereitung des Bergwassers und des Sickerwassers aus der Deponie anfallen. Sie sind häufig reich an Eisen- und Mangan-Oxyhydroxiden, die Radium und die Zerfallsprodukte des Radons sehr gut adsorbieren. Diese Schlämme adsorbieren auch Arsen. Das ist kein Strahlenschutz-Problem, stellt aber ein zusätzliches Risiko beim Umgang mit diesen Schlämmen dar, sie sind zusätzlich noch chemisch toxisch.

b) Umwelt

Durch den Untertagebau werden die Fließwege des Grundwassers massiv gestört. Das kann dazu führen, dass als Trinkwasser genutzte Quellen durch Uran- oder Radium-haltige Wässer kontaminiert werden. In Gebieten mit Uranvererzungen sind die Konzentrationen natürlicher Radionuklide in Quellwässern sowieso schon erhöht, es braucht wenig mehr um sie als Trinkwasser unbrauchbar zu machen.

Die im Tunnel anfallenden Wässer und die Sickerwässer der Deponien werden zwar meist einer Behandlung unterzogen bevor sie in Oberflächengewässer abgeleitet werden. Die Behandlung ist aber nicht für die Rückhaltung natürlicher Radionuklide optimiert und nicht für einen massiven Anfall

von Bergwasser ausgelegt. Uran- oder Radium-haltige Wässer können daher in die Oberflächenwässer gelangen und Uferfiltrat-Brunnen kontaminieren.

Da es aus Gründen des Umweltschutzes immer schwieriger geworden ist Kies abzubauen, ist Ausbruchsmaterial aus Tunnelbauten ein begehrter Beton-Zuschlagsstoff geworden. Ohne Kontrolle könnte so stark uranhaltiges Material den Weg in Wohnbauten finden.

Konzept für die Minimierung der Risiken

Es war nicht einfach und hat auch nicht auf Anhieb geklappt die Bauherren davon zu überzeugen, dass sie neben Asbest, Nitrit etc. nun auch die Gefährdung durch natürliche Radioaktivität berücksichtigen sollten. Ein erster Test waren die Auflagen zur Baubewilligung für den 35 km Lötschberg-Basistunnel der Neat, die in letzter Minute noch ohne Protest angehängt werden konnten.

Das Konzept stützt sich auf einen Ausnahmeantrag der Schweizer Strahlenschutzverordnung, der besagt, dass der Umgang mit radioaktivem Material natürlichen Ursprungs nicht der Verordnung untersteht, wenn gezeigt werden kann, dass keine Person der Bevölkerung dadurch einer Strahlendosis von mehr als 1 mSv pro Jahr ausgesetzt wird (Art.2, StrVO). Zum Vergleich beträgt die jährliche, natürliche und unvermeidliche Strahlendosis in der Schweiz etwa 3 mSv.

Zusätzlich gibt es in der Strahlenschutzverordnung noch eine Limite für das Radon am Arbeitsplatz, gegenwärtig liegt sie bei 3000 Bq/m³ im Monatsmittel. Gemäß der Schweizer Berufsorganisation der Ingenieure und Architekten (SIA) gilt aber schon eine Überschreitung von 1000 Bq/m³ als "Verletzung der Baukunst". Rechtlich verbindlich sind aber immer noch die 3000 Bq/m³.

Das Konzept zur Minimierung der Risiken sollte daher die Einhaltung dieser Limiten als Richtschnur nehmen, 1 mSv durch den Umgang mit dem natürlich radioaktiven Material und beim Radon 3000 Bq/m³. Die Einhaltung dieser Limiten erlaubt auch, dass keine am Bau beteiligte Person als beruflich strahlenexponiert betrachtet werden muss. Das spart erheblich Kosten und ist immer wieder ein gutes Argument um Bauherren dazu zu bringen, das Konzept zur Minimierung der Risiken umzusetzen.

Details des Konzeptes

Umgerechnet auf die Dosisleistung ergeben die 1 mSv/Jahr 0.5 µSv/h bei dauernd besetzten Arbeitsplätzen (2000 h/Jahr) und 2.5 µSv/h bei temporär besetzten Arbeitsplätzen (max. 400 h/Jahr). Die Dosisleistung im Tunnel wird vom Geologen vor Ort gemessen. Bei Überschreitung der 0.5 µSv wird das der Bauleitung mitgeteilt, die dann wenn nötig Beschränkungen der Aufenthaltszeit verfügt, z.B. häufigere Schichtwechsel.

Da die Arbeitsplätze auf der Halde nur temporär besetzt sind, genügt es die Einhaltung der 2.5 microSv/h garantieren zu können. Das wird mit einer kontinuierlichen Messung des über das Förderband abtransportierten Ausbruchmaterials überprüft. Die Messung erfolgt über einen in der

Nähe des Förderbandes installierten Szintillationsdetektor. Die $2.5 \mu\text{Sv/h}$ werden auf der Halde überschritten, wenn das Gestein mehr als 5000 Bq/kg an Uran und Thorium enthält ($300 \text{ ppm U} + 300 \text{ ppm Th}$). Für eine mindestens 100 kg große Probe ergeben diese 5000 Bq/kg eine Dosisleistung von $1 \mu\text{Sv/h}$ in 30 cm Abstand. Der Detektor liefert bei Überschreiten der $1 \mu\text{Sv/h}$ ein Warnsignal, das die Umleitung des Ausbruchmaterials auf eine "heiße Halde" bewirkt.

Falls das Ausbruchmaterial als Betonzuschlagstoff (50% Zuschlag) für Wohnbauten weiter verwendet werden soll, dann muss garantiert werden können, dass das ausgelieferte Material nicht mehr als 500 Bq/kg an U und Th enthält. Was ausgeliefert werden kann, lässt sich durch eine Dosisleistungsmessung auf der Halde feststellen. 500 Bq/kg führen zu $0.3 \mu\text{Sv/h}$ in 1 m Abstand über der Halde.

Für die "heiße Halde" werden Zugangsbeschränkungen festgelegt, die garantieren, dass die Limite von 1 mSv/Jahr nicht überschritten wird. Das Material dieser Halde wird ausschließlich zur Verfüllung von nicht mehr benötigten Hohlräumen, z.B. Teststollen oder Vortunnels verwendet. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass so das gesamte Volumen der "heißen Halde" problemlos entsorgt werden kann.

Die im Tunnel anfallenden Wässer (Bergwasser und Prozesswasser) und die gefassten Sickerwässer der Deponien werden aufbereitet oder zumindest durch ein Absetzbecken geleitet bevor sie in öffentlich zugängliche Oberflächengewässer eingeleitet werden. Dabei fallen oft stark Eisen- und Manganoxyhydroxid-haltige Schlämme an. Diese Oxyhydroxide adsorbieren Radium und Radonfolgeprodukte aber auch Arsen außerordentlich gut. Das führt nicht nur zu chemisch toxischen, sondern auch radiotoxischen Abfällen die in den meisten Ländern als radioaktiver Abfall betrachtet und entsprechend kostspielig entsorgt werden müssen. In der Schweiz hilft hier der oben erwähnte Ausnahmeartikel für "radioaktiven Abfall" der ausschließlich natürliche Radionuklide enthält. Falls gezeigt werden kann, dass durch den Umgang mit diesem Material niemand einer Jahresdosis von mehr als 1 mSv/Jahr ausgesetzt wird, so fällt das Material nicht unter die Strahlenschutzverordnung. Es kann auf einer normalen Deponie entsorgt werden. Daher ist auch der Umgang mit diesem Abfall Teil des Konzeptes. Dosisleistungsmessungen und spezielle Arbeitsvorschriften, die die Gefahr einer Kontamination minimieren, sollen garantieren, dass die 1 mSv/Jahr Limite eingehalten wird. Insbesondere dürfen diese Schlämme nicht getrocknet werden, da Inhalation des Staubes zu sehr hohen Strahlendosen führen kann.

Vor der Einleitung der Abwässer aus der Baustelle (Bergwasser, Prozesswasser, Sickerwasser) in öffentlich zugängliche Oberflächenwässer werden als Teil dieses Konzeptes regelmäßig Wasserproben auf den Gehalt an Radium und Uran überprüft. Die 1 mSv/Jahr Limite wird eingehalten, falls die mittleren Aktivitätskonzentrationen beim Uran unter 8 Bq/l und beim Radium unter 0.8 Bq/l liegen.

Auch eine eventuelle Erhöhung der Uran- und Radiumkonzentrationen in den Trinkwässern im Umkreis des Baus muss bei der 1 mSv/Jahr Limite berücksichtigt werden. In einem Gebiet mit Uranverzungen sind die U-Konzentrationen im Grundwasser sowieso schon erhöht (Surbeck et al 2006). Es braucht zwar schon sehr viel mehr Uran im Trinkwasser um die gegenwärtig gültigen Schweizer Limiten zu überschreiten, aber zu den von der WHO als unbedenklich angesehenen Werten ist der Abstand nicht so groß.

Zu einer möglichst vollständigen Überwachung der Strahlungsbelastung durch größere Untertagearbeiten gehört daher auch die regelmäßige Bestimmung der U- und Ra-Gehalte in als Trinkwasser genutzten Grundwässern.

Da die Summe aus allen möglichen Belastungspfaden unter 1 mSv/Jahr liegen muss, können nicht alle der oben erwähnten Limiten voll ausgeschöpft werden. Die tatsächlich zu beachtenden Limiten liegen daher zum Teil deutlich tiefer. Die bisherigen Erfahrungen haben aber gezeigt, dass mit einer flexiblen Planung der Materialbewirtschaftung die Limite von 1 mSv/Jahr eingehalten werden kann.

Die Strahlungsbelastung durch Radon am Arbeitsplatz wird in der Schweiz nicht für diese 1 mSv/Jahr Limite angerechnet. Es genügt, die 3000 Bq/m³, oder nach SIA 1000 Bq/m³ im Monatsmittel nicht zu überschreiten. Das ist in der Bauphase dank der intensiven Bewetterung zu schaffen, auch beim Einbruch größerer Mengen stark radonhaltigen Bergwassers. - Das Radon in den Stollen stammt vorwiegend aus dem aus dem Wasser ausgasenden Radon. Trockene Emanation aus dem Gestein ist von untergeordneter Bedeutung. Selbst Wässer mit einigen 100 Bq/l, das Maximum im Wallis lag bisher bei etwa 2000 Bq/l, führen bei nicht zu hoher Schüttung kaum zu Problemen.

Massive Überschreitungen der Limite sind aber beim Einbau der Infrastruktur und beim Unterhalt der installierten Anlagen möglich. Die Luftwechselrate ist da wesentlich kleiner als während der Ausbruchsarbeiten. Da das Radon in der Stollenluft vor allem aus dem eintretenden Bergwasser stammt, sollten möglichst alle Wassereintritte gefasst und in geschlossenen Leitungen abgeführt werden. Es sollte auch vermieden werden, Frischluft über feuchte, nicht verkleidete Stollen (z.B. Fluchtstollen) anzusaugen.

Schlussbemerkungen

Das hier vorgestellte Konzept wurde in den letzten 10 Jahren bei 3 Grossbaustellen in den Schweizer Alpen mehr oder weniger konsequent umgesetzt. Es gab unzählige Widerstände dagegen, auch aus den Reihen der Geologen, aber die Bauherren und die Baufirmen haben erkannt, dass der zusätzliche Aufwand wesentlich weniger kostet als die Reparatur eines Image-Schadens.

Weniger erfreulich ist der Blick über die Grenzen. In Frankreich, Italien und Österreich sind ähnlich große Bauten in wahrscheinlich uranhaltigen Gesteinen geplant oder im Gange, ohne dass Bedenken der lokalen Bevölkerung ernst genommen werden. Es scheint aber auch, dass die Gesetzgebung in diesen Ländern noch keine Notiz davon genommen hat, dass der Umgang mit natürlich radioaktivem

Material anders zu behandeln ist als der Umgang mit echtem, in voller Absicht produziertem radioaktivem Abfall.

Literatur

F. Gilliéron (1988): Zur Geologie der Uranmineralisationen in den Schweizer Alpen. Mit Karte 1:500'000 der Radioaktivitätsmessungen, radiometrischen Anomalien und Uranvorkommen der Schweizer Alpen von F. Gilliéron & T. P. Labhart. - Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 77.

H. Surbeck, O. Deflorin und O. Kloos (2006), Spatial and temporal variations in the uranium series background in Alpine groundwaters, In : Uranium in the Environment, Mining Impact and Consequences,

B.J.Merkel & A.Hasche-Berger (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006, p.831-839.