

**nagra** ● aus verantwortung

**geschäftsbericht  
2016**

<b>Vorwort</b>	
Corina Eichenberger, Präsidentin der Verwaltung	2
Thomas Ernst, Vorsitzender der Geschäftsleitung	3
<b>Was uns wichtig war</b>	6
<b>Unser Auftrag</b>	9
<b>Entwicklung der Arbeiten</b>	11
Inventar der radioaktiven Materialien	13
Sachplanverfahren	14
<b>Technisch-wissenschaftliche Grundlagen</b>	23
<b>Felslabors</b>	29
<b>Internationale Dienstleistungen und Projekte</b>	37
Internationale Zusammenarbeit	38
<b>Öffentlichkeitsarbeiten</b>	41
<b>Organisation und Trägerschaft 2016</b>	46
Genossenschafter, Verwaltung, Kommissionen, Revisionsstelle	48
Organigramm der Geschäftsstelle 2016	49
<b>Jahresrechnung 2016</b>	51
Kommentar zur Jahresrechnung 2016	52
Bilanz	53
Erfolgsrechnung	54
Geldflussrechnung	55
Anhang	56
Kumulierte Rechnung	61
Erläuterungen zur kumulierten Rechnung	63
Bericht der Revisionsstelle	64
<b>Ergänzungen</b>	67
Abfallinventare und Mengen	68
Publikationen 2016	70
Glossar / Abkürzungen	71

# Vorwort



## Corina Eichenberger, Präsidentin der Verwaltung

Bei der Entsorgung der radioaktiven Abfälle spielt die Wissenschaft eine wesentliche Rolle. Sie muss auf einem ausserordentlich hohen Niveau aktiv ihren Beitrag leisten. Und das tut sie dank der grossen nationalen und internationalen Vernetzung sowie der intensiven Zusammenarbeit mit der Nagra zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. Wissenschaft allein reicht aber nicht: Es freut mich, dass in der Schweiz neben dem wissenschaftlichen auch der gesellschaftliche Prozess auf einem guten Weg ist. Der wichtigste Konsens besteht darin, dass die Aufgabe der Entsorgung gelöst werden muss und dass Sicherheit die oberste Priorität hat.

Auf den ersten Blick erscheint das Jahr 2016 als ein schwieriges Jahr. Manche meinen sogar, ein Jahr mit einem Rückschlag. Ich beurteile jedoch 2016 anders: Es war ein wichtiges und erfolgreiches Jahr.

Die Mitarbeitenden der Nagra haben viel Wissen, Ausdauer und Zeit investiert, um die Nachdokumentation fürs Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat zu erstellen. Dabei ging es vor allem um die Fragestellung, ob Nördlich Lägern in Etappe 3 vertieft untersucht werden soll. In einem Mediengespräch hat das ENSI im Dezember das Hauptergebnis seiner Analyse zum 2x2-Vorschlag veröffentlicht und empfiehlt, Nördlich Lägern weiter zu untersuchen. Die Argumentation der Nagra habe auf zu wenigen Daten beruht, argumentiert das ENSI, betont aber auch die grosse Übereinstimmung mit der Nagra in sechs der insgesamt sieben Vorschläge. Man kann davon ausgehen, dass der Bundesrat Ende 2018 der Einschätzung des ENSI folgen wird. Dank der vorausschauenden Planung der Nagra wurde mit den Felduntersuchungen in Nördlich Lägern begonnen, so können weitere Verzögerungen vermieden werden.

Mein herzlicher Dank gilt den Mitgliedern des Verwaltungsrats für die kollegiale und konstruktive Zusammenarbeit sowie der Geschäftsleitung und allen Mitarbeitenden der Nagra für ihren verantwortungsvollen, kompetenten und engagierten Einsatz für eine sichere Entsorgung.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'C. Eichenberger'.

Corina Eichenberger

### Thomas Ernst, Vorsitzender der Geschäftsleitung



2016 war das wohl ereignisreichste Jahr, seit ich die Führung der Nagra vor zehn Jahren übernommen habe. In der ersten Jahreshälfte stand die Berichterstattung zu den Nachforderungen des ENSI zur Etappe 2 des Sachplanverfahrens im Zentrum. Zentrale Frage war die Bewertung der Tiefenlage, was für Nördlich Lägern relevant ist. Ein Tiefenlager kann dort zwar sicher gebaut werden, eine Realisierung im Opalinuston in so grosser Tiefe ist aber sehr anspruchsvoll. Die Nagra wertete dies als eindeutigen, sicherheitstechnischen Nachteil. Ende Jahr gab das ENSI seine Schlussfolgerungen zur Überprüfung der Nagra-Vorschläge bekannt. Nördlich Lägern soll weiter untersucht werden, weil die von der Nagra ins Feld geführten Nachteile als nicht genügend belastbar beurteilt wurden. Gleichzeitig stützte das ENSI die Beurteilung der anderen fünf Standortgebiete und die Fokussierung auf den Opalinuston.

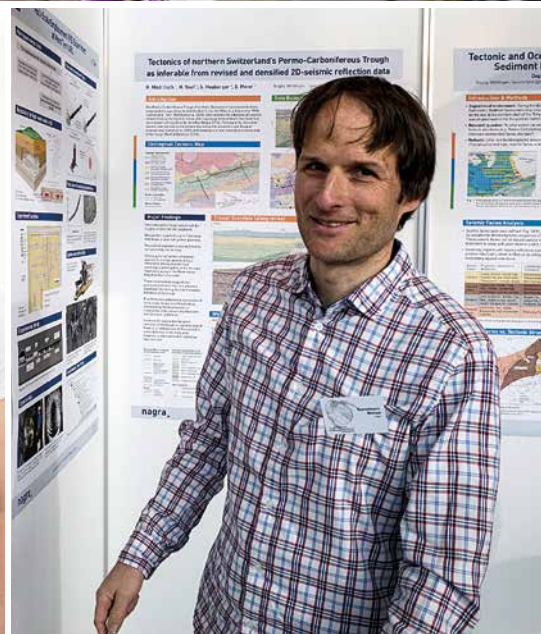
Bereits im November 2015 hatte die Nagra angekündigt, auch in Nördlich Lägern mit Arbeiten zu beginnen, um für alle Fälle gerüstet zu sein. Alle 3D-seismischen Untersuchungen in den drei weiter zu untersuchenden Gebieten sind in der Zwischenzeit erfolgreich abgeschlossen und Gesuche für Sondierbohrungen wurden eingereicht. Im Auftrag der Entsorgungspflichtigen wurde Ende Jahr das Entsorgungsprogramm 2016 eingereicht. Es dokumentiert das Vorgehen bei Planung, Bau und Betrieb eines Tiefenlagers bis zum Verschluss und schliesst neu ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm mit ein. Im Rahmen der Kostenstudie 16 hat die Nagra die Kosten der Tiefenlager aktualisiert. Berichte zu den Schachtkopfanlagen und den Auswirkungen der Gasentwicklung in einem Tiefenlager runden die Berichterstattung ab.

2016 hat sich die Nagra organisatorisch neu aufgestellt, um sich optimal nach den Bedürfnissen der letzten Etappe des Sachplanverfahrens und dem Rahmenbewilligungsverfahren auszurichten. Die verbreiterte Geschäftsleitung konnte kompetent besetzt und verjüngt werden.

All dies haben unsere Mitarbeitenden möglich gemacht. Ihnen gilt Anerkennung und grosser Dank.

Dr. Thomas Ernst









#### MITARBEITENDE DER NAGRA

110 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter setzen sich täglich für die wichtige Aufgabe der Entsorgung radioaktiver Abfälle ein: Sie kommen aus über zehn Ländern; neben der Schweiz, Deutschland und Österreich, aus Italien, Tschechien, aus Belgien, Holland, Schottland, Spanien, Finnland, England, Griechenland, Japan und Schweden. Der jüngste Mitarbeiter ist 18 Jahre alt und wird seine Lehre als Kaufmann 2017 abschliessen. Die dienstälteste Mitarbeiterin arbeitet seit Juni 1982 bei der Nagra.

# Was uns wichtig war



**28. April:** Die Nagra wird mit dem Prädikat «Familie UND Beruf» ausgezeichnet.



**11. August:** Die Nagra reicht die vom ENSI geforderte Nachdokumentation zum Indikator «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» beim ENSI ein.

**FEBRUAR** Ende Februar werden die 3D-seismischen Messungen im Gebiet Zürich Nordost abgeschlossen. Es handelt sich um ergänzende Untersuchungen zu den bereits vorliegenden Daten aus der Messkampagne im Jahr 1997.

**FEBRUAR** Seit dem 29. Februar bietet ein neuer Blog ([www.nagra-blog.ch](http://www.nagra-blog.ch)) Einblicke in die Arbeitswelt der Nagra. Mitarbeitende schreiben selbst die Beiträge zu Themen wie Feldarbeiten, Forschung, Ausstellungen, Schul- und Jugendarbeit.

**APRIL** Im Zuge der Organisationsentwicklung für die dritte und letzte Etappe des Standortauswahlverfahrens werden drei neue Mitglieder in die Geschäftsleitung der Nagra gewählt: Maurus Alig, Gesamtprojektleiter Sachplan Etappe 3 & Rahmenbewilligung, Patrick Senn, Bereichsleiter Projektierung & Bau geologische Tiefenlager, und Tim Vietor, Bereichsleiter Sicherheit, Geologie & Radioaktive Materialien.

**APRIL** Die Nagra erhält von der Fachstelle UND das Prädikat «Familie UND Beruf». Das Qualitätslabel steht für familienfreundliche Arbeitsbedingungen sowie Gleichstellung von Mann und Frau.

**MAI** An der Frühjahrstagung der internationalen Vereinigung EDRAM in Idaho Falls, USA, wird Thomas Ernst, Vorsitzender der Geschäftsleitung der Nagra, für zwei Jahre zum neuen Präsidenten gewählt.

**AUGUST** Die Nagra reicht eine Zusatzdokumentation ein, die das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) im September 2015 verlangt und im November genauer spezifiziert hat. Aus Sicht der Nagra konnte die im Januar 2015 eingereichte Bewertung bestätigt werden: Eine grössere Tiefenlage als 600 Meter stellt für schwach- und mittelaktive Abfälle und 700 Meter für hochaktive Abfälle einen sicherheitstechnischen Nachteil dar. Auch das bisher verwendete Lagerkonzept hat sich gegenüber anderen Konzepten durchgesetzt.





**27. September:** Die Nagra reicht 16 Gesuche für Sondierbohrungen in den Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost ein.



**24. Oktober:** Die 3D-seismischen Untersuchungen starten im Standortgebiet Nördlich Lägern. Das Messgebiet umfasst insgesamt 91 Quadratkilometer.



**20. Dezember:** Erstmals reicht die Nagra zusammen mit dem Entsorgungsprogramm 2016 ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm beim BFE ein.

**SEPTEMBER** Die Nagra reicht 16 Gesuche für Sondierbohrungen ein, je acht im Standortgebiet Jura Ost und im Standortgebiet Zürich Nordost. Die Sondierbohrungen benötigen gemäss Kernenergiegesetz eine Bewilligung des UVEK (Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation). Zweck der Sondierbohrungen ist vor allem die geologisch-hydrogeologische Erkundung der Gesteinsschichten im Untergrund.

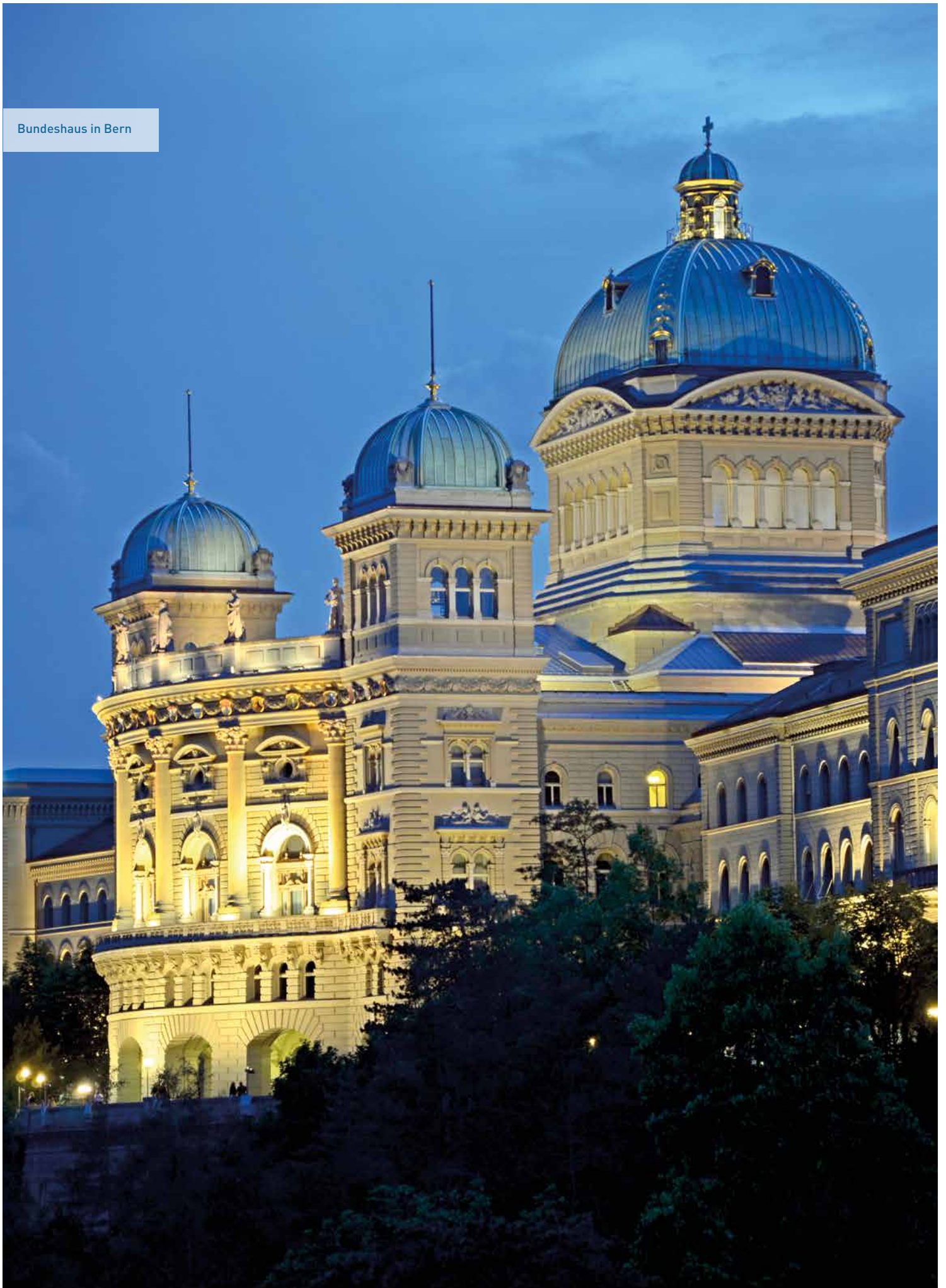
**OKTOBER** Nach Zürich Nordost und Jura Ost wird ab dem 24. Oktober nun auch der Untergrund im Gebiet Nördlich Lägern 3D-seismisch untersucht. Gemessen wird bis Februar 2017.

**NOVEMBER** Die Nagra veröffentlicht am 15. November einen technischen Bericht zu den Schachtkopfanlagen respektive Nebenzuganganlagen eines geologischen Tiefenlagers. Nebenzugänge und ihre Anlagen an der Oberfläche werden im Bericht standortunabhängig beschrieben.

**DEZEMBER** Am 14. Dezember empfiehlt das ENSI an einem Mediengespräch des Bundesamts für Energie (BFE) in Brugg, dass auch Nördlich Lägern in Etappe 3 des Sachplanverfahrens weiter untersucht werden soll. Dies entgegen den Vorschlägen der Nagra vom Januar 2015. Gleichzeitig stützt das ENSI die weiteren Vorschläge der Nagra. Es stimmt zu, dass die Standortgebiete Südranden, Jura-Südfuss und Wellenberg, die für ein Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle untersucht wurden, zurückgestellt werden. Ebenso stimmt das ENSI der Fokussierung auf das Wirtgestein Opalinuston zu. Der Bundesrat wird voraussichtlich Ende 2018 entscheiden.

**DEZEMBER** Die Nagra reicht das Entsorgungsprogramm 2016 beim BFE ein. Das Programm ist alle fünf Jahre zu aktualisieren. Darin wird das grundsätzliche Vorgehen bei Planung, Bau und Betrieb eines geologischen Tiefenlagers bis zu dessen Verschluss dokumentiert. Neu gehört dazu auch ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm (RD&D-Bericht).





# Unser Auftrag

Die Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle ist eine technisch und gesellschaftlich anspruchsvolle Aufgabe. Die Nagra nimmt diese mit dem nötigen Respekt und Verantwortungsbewusstsein wahr, zum generationenübergreifenden Schutz von Mensch und Umwelt.

Für die Entsorgung radioaktiver Abfälle gilt nach Kernenergiegesetz das Verursacherprinzip. Die Kantone sind Hauptaktionäre der Elektrizitätsversorger, welche die Kernkraftwerke betreiben. Darum stehen nicht nur die Kernkraftwerke, die Nagra und der Bund, sondern auch die Kantone in der Verantwortung.

Radioaktive Abfälle entstehen beim Betrieb und bei der späteren Stilllegung der Kernkraftwerke sowie in verschiedenen Bereichen von Medizin, Industrie und Forschung (MIF-Abfälle).

Die Nagra wurde 1972 von den Verursachern radioaktiver Abfälle in der Schweiz gegründet und damit beauftragt, sichere und umweltverträgliche Lösungen zur Entsorgung dieser Abfälle zu entwickeln und zu realisieren. Ihre Genossenschafter sind die Betreiber der Kernkraftwerke, die Zwiilag sowie die Schweizerische Eidgenossenschaft (zuständig für MIF-Abfälle).

Im gesetzlichen Rahmen obliegt es der Nagra, geologische Tiefenlager zu planen, zu errichten und zu betreiben. Die national bedeutende Aufgabe umfasst auch die Suche nach geeigneten Standorten gemäss dem «Sachplan geologische Tiefenlager» (SGT) unter Leitung des BFE. Die Nagra erarbeitet dabei Vorschläge, die von den zuständigen Behörden und Kommissionen geprüft werden, bevor der Bundesrat nach einer breiten Anhörung entscheidet. Zudem erstellt die Nagra die Rahmenbewilligungsgesuche für die geplanten Lager: eines für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und eines für verbrauchte Brennelemente, hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle (BE/HAA/LMA) oder eines für ein Kombilager für beide Abfalltypen.

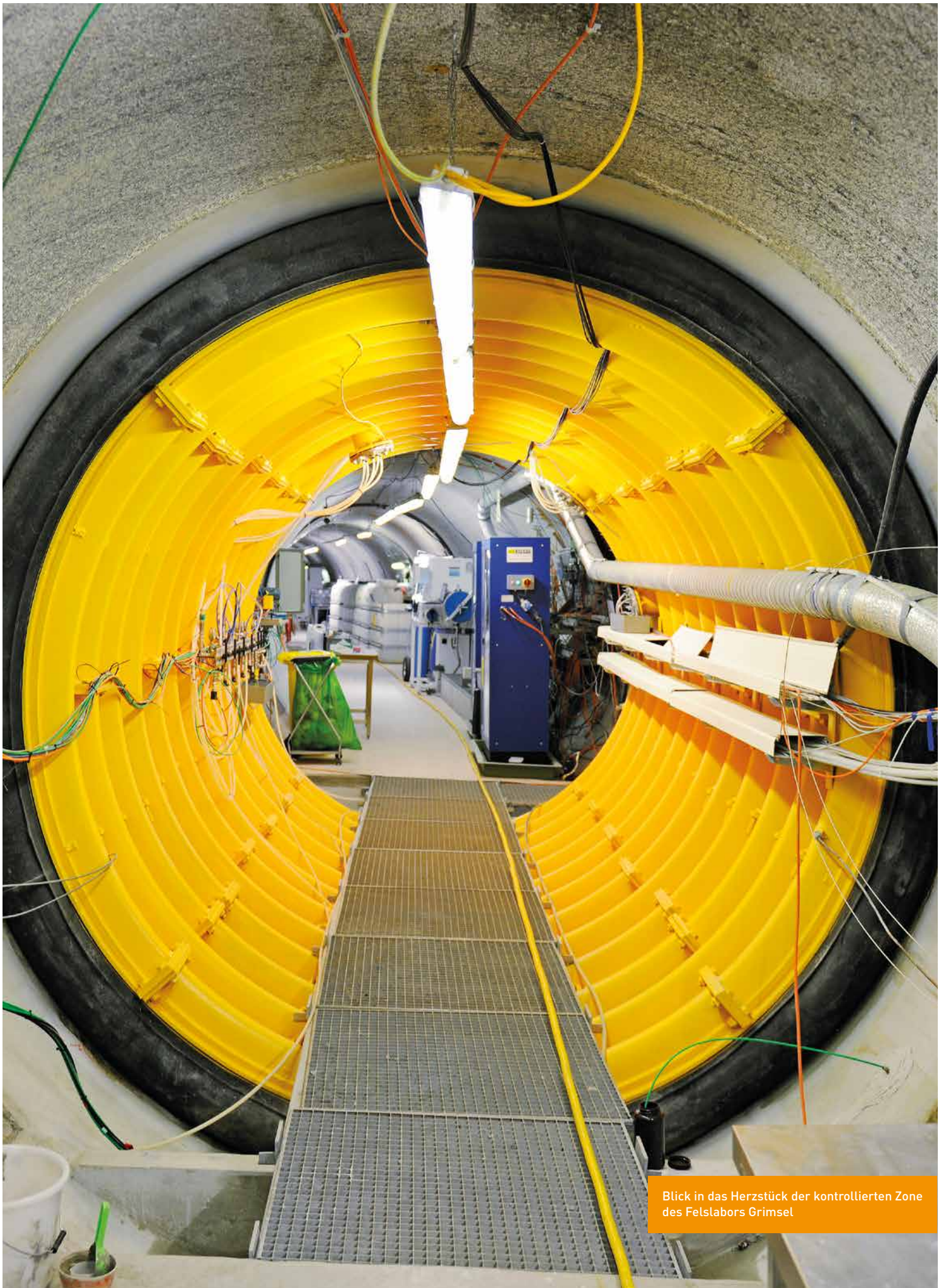
Die Nagra sorgt ausserdem für die laufende Inventarisierung der radioaktiven Materialien und

berät die Abfallverursacher bei der endlagergerechten Konditionierung der Abfälle. Sie führt seit Mitte der Siebzigerjahre ein breit angelegtes Forschungs- und Entwicklungsprogramm durch. Dabei arbeitet die Nagra eng mit dem Paul Scherrer Institut (PSI, Villigen) sowie verschiedenen Hochschulen und Fachinstitutionen im In- und Ausland zusammen.

## UNSERE TÄTIGKEITEN

- Zusammenarbeit mit den Behörden und Standortregionen im Sachplanverfahren
- Charakterisierung und Inventarisierung radioaktiver Materialien als Grundlage für die Lagerprojekte; Beurteilung der Abfallspezifikationen für behördliche Freigabeverfahren und als Dienstleistung für die Genossenschafter
- Erhebung und Auswertung von Felddaten für Sicherheitsanalysen und Lagerprojekte
- Auslegung der Lageranlagen, der technischen Barrieren und Planung der Betriebsabläufe
- Laufende Beurteilung der Erkenntnisse für Sicherheitsanalysen im Hinblick auf Bewilligungsverfahren
- Ergänzung der Datenbasis sowie Verfeinerung, Verifizierung und Validierung von Daten und Modellen der Sicherheitsanalyse
- Internationale Zusammenarbeit zur Optimierung der Projektierungs- und Entwicklungsarbeiten
- Information der Öffentlichkeit
- Dienstleistungen für Dritte





Blick in das Herzstück der kontrollierten Zone  
des Felslabors Grimsel



# Entwicklung der Arbeiten

## Gesetzgebung und Behörden

Das Bundesamt für Energie leitet und koordiniert das Sachplanverfahren. Das ENSI ist die Aufsichtsbehörde für nukleare Sicherheit und die Sicherung der schweizerischen Kernanlagen. In dieser Funktion kontrolliert es die Standortabklärungen der Nagra für geologische Tiefenlager und deren späteren Bau und Betrieb. Die Expertengruppe geologische Tiefenlagerung (EGT) wird vom ENSI eingesetzt und unterstützt dieses bei erdwissenschaftlichen und bautechnischen Fragen zur geologischen Tiefenlagerung. Zudem übernimmt die EGT Aufgaben im Sachplan geologische Tiefenlager.

Die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) berät den Bundesrat, das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) sowie das ENSI in Fragen der nuklearen Sicherheit von Kernanlagen. Der Beirat Entsorgung wurde durch das UVEK eingesetzt und berät dieses bei der Durchführung des Sachplans. Durch seine Unabhängigkeit und seine Stellung auf nationaler Ebene bringt er eine Aussensicht in das Auswahlverfahren ein.

## Entsorgungs- und Stilllegungsfonds

Der Entsorgungsfonds stellt die Finanzierung der Entsorgung der Betriebsabfälle und der verbrauchten Brennelemente nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke sowie der Wiederaufbereitungsabfälle sicher. Der Stilllegungsfonds finanziert die Stilllegung und den Rückbau von ausgedienten Kernanlagen sowie die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle. Die Eigentümer von Kernanlagen leisten Beiträge an den Stilllegungs- und an den Entsorgungsfonds. Beide Fonds stehen unter Aufsicht des Bundes. Ende 2016 belief sich das angesammelte Kapital im Entsorgungsfonds auf rund 4,7 Milliarden Franken, dasjenige im Stilllegungsfonds auf rund 2,2 Milliarden Franken. Detailliertere Angaben sind auf der Website [www.stenfo.ch](http://www.stenfo.ch) (Dokumentation > Suche > Thema Finanzergebnisse) zu finden.

## Neue Kostenstudie eingereicht

Die dem Stilllegungs- und dem Entsorgungsfonds zugrunde liegenden Kostenschätzungen wurden

von swissnuclear im Auftrag der Kommission für den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds im Jahr 2016 aktualisiert. Die voraussichtlichen Kosten für die Stilllegung der Kernanlagen und die Entsorgung der radioaktiven Abfälle betragen gemäss Kostenstudie 2016 neu 22,8 Milliarden Franken. Sie steigen somit um insgesamt zehn Prozent gegenüber der Kostenschätzung aus dem Jahr 2011; dies aufgrund geänderter Zeitpläne, Anlagen-Anpassungen, Teuerung und neuer Bewertungsmethodik. Auf Grundlage dieser Kostenberechnungen und nach deren Überprüfung durch unabhängige Experten legt das UVEK die endgültigen Beiträge fest, welche die Betreiber der Kernanlagen jährlich an die Fonds zu bezahlen haben.

## GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Die gesetzlichen Grundlagen für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle sind im Kernenergiegesetz und in der zugehörigen Kernenergieverordnung festgeschrieben.

### Es gelten folgende Grundsätze:

- Im Umgang mit radioaktiven Stoffen sollen möglichst wenig radioaktive Abfälle entstehen.
- Radioaktive Abfälle müssen so entsorgt werden, dass der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist.
- Radioaktive Abfälle müssen grundsätzlich in der Schweiz entsorgt werden.
- Die Entsorgungspflicht liegt bei den Abfallverursachern.
- Die Entsorgung hat durch kontrollierte geologische Tiefenlagerung zu erfolgen.
- Die Entsorgungspflichtigen haben ein Entsorgungsprogramm zu erstellen, das dem Bundesrat zur Prüfung und Genehmigung zu unterbreiten ist.
- Die Bewilligungsverfahren sind beim Bund konzentriert. Die Rahmenbewilligung unterliegt dem fakultativen Referendum. Die Mitwirkung des Standortkantons, der Nachbarkantone und Nachbarländer ist vorgeschrieben.
- Verfahren zur Standortwahl: Der Bund legt in einem Sachplan seine Ziele und Vorgaben fest.
- Die Finanzierung der Stilllegungs- und Entsorgungsarbeiten wird durch Fonds unter Aufsicht des Bundes sichergestellt.

## Entsorgungsprogramm – Rahmen für die langfristige Planung

Kernenergiegesetz und -verordnung verlangen von den Entsorgungspflichtigen, den zuständigen Behörden ein Entsorgungsprogramm für radioaktive Abfälle vorzulegen und dieses alle fünf Jahre anzupassen. Im Entsorgungsprogramm wird das grundsätzliche Vorgehen zur Realisierung sicherer Tiefenlager bis zum Verschluss der Lager dokumentiert. Es wird aufgezeigt, welche Entscheide wann erfolgen sollen, auf welchen Grundlagen sie beruhen und wie diese erarbeitet werden. Diese Entscheide werden dann im Rahmen der laufenden Standortsuche gemäss Sachplan geologische Tiefenlager oder in den späteren Bewilligungsverfahren getroffen. Ende 2016 wurden – gemäss Auflage des Bundesrats – neben der Kostenstudie gleichzeitig das aktualisierte Entsorgungsprogramm (vgl. Textbox unten) sowie ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm eingereicht.

### ENTSORGUNGSPROGRAMM 2016 EINGEREICHT

Das Entsorgungsprogramm 2016 wurde wiederum durch die Nagra im Auftrag der Abfallverursacher erstellt und aktualisiert das erste Entsorgungsprogramm aus dem Jahr 2008. Es wird vom BFE, vom ENSI und von der KNS überprüft. Nach einer Vernehmlassung (etwa Mitte 2018) entscheidet der Bundesrat voraussichtlich Anfang 2019 über das Entsorgungsprogramm. Der Bundesrat erstattet der Bundesversammlung regelmässig Bericht über das Programm.

Das Entsorgungsprogramm 2016 gibt den Rahmen für die langfristige Planung von geologischen Tiefenlagern vor. Es enthält Angaben über Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle sowie deren Zuteilung zu den geologischen Tiefenlagern und die Auslegung der Tiefenlager. Das Entsorgungsprogramm enthält ausserdem einen Realisierungs- und einen Finanzierungsplan sowie Informationen zu Dauer und Kapazität der Zwischenlagerung. Ferner legt die Nagra ihr Informationskonzept dar.

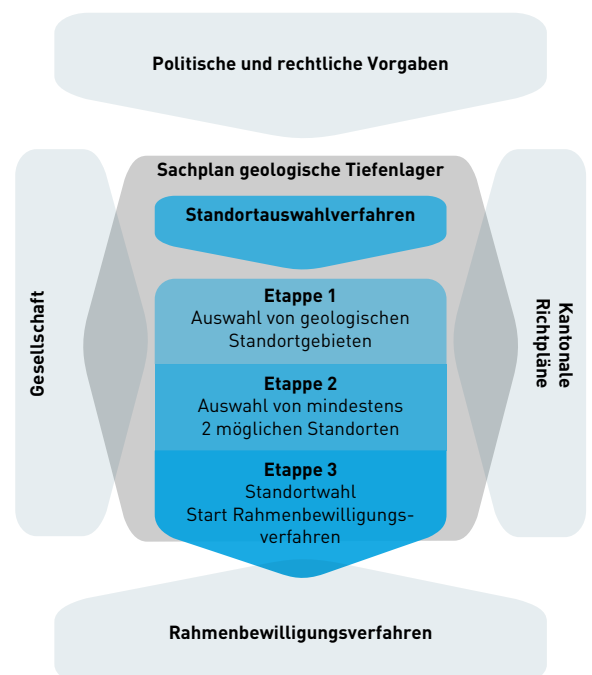
Zeitgleich mit dem Entsorgungsprogramm hat die Nagra auch ihr Forschungs- und Entwicklungsprogramm (RD&D-Bericht) aktualisiert und beim BFE eingereicht (vgl. Textbox Seite 23).

## Sachplan geologische Tiefenlager

Gemäss Kernenergieverordnung (Art. 5) muss der Bund in einem Sachplan Ziele und Vorgaben für die Tiefenlagerung festlegen. Am 2. April 2008 hat der Bundesrat den Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager genehmigt. Dieser regelt das Standortwahlverfahren. Bereits im Juni 2006 hatte der Bundesrat auch den Entsorgungsnachweis für hochaktive Abfälle anerkannt und somit die technische Machbarkeit von sicheren Tiefenlagern in der Schweiz bestätigt.

Das Sachplanverfahren (vgl. Abb. unten) trägt dem Anliegen der transparenten Information und Partizipation der Betroffenen Rechnung. Bevölkerung und Behörden in den Standortregionen und im benachbarten Ausland sowie interessierte in- und ausländische Organisationen können sich am Prozess beteiligen. Am Ende des Verfahrens befinden Bundesrat und Parlament über die Rahmenbewilligungen für Tiefenlager. Der Entscheid untersteht dem fakultativen Referendum auf nationaler Ebene.

## Etappen, Stellung und Abhängigkeiten nach Sachplan geologische Tiefenlager (Abb. gemäss BFE):



## Inventar der radioaktiven Materialien

Das von der Nagra geführte zentrale Inventar der vorhandenen radioaktiven Abfälle wurde um die im Jahr 2016 produzierten Gebinde mit konditionierten Abfällen ergänzt. Zusätzlich wurden Module implementiert, mit denen auch Rohabfälle verwaltet und speziell hinsichtlich einer potenziellen Freimessung – nach einer optionalen Abklinglagerung – beurteilt werden können. Im Berichtsjahr erfolgte die letzte Rückführung von Wiederaufarbeitungsabfällen in die Schweiz. Dafür hat die Nagra wiederum die Qualitätssicherung und Konsistenzprüfung der gelieferten Begleitdokumente durchgeführt. Mit der Übernahme der Daten in das zentrale Inventar ist dieses für die Wiederaufarbeitungsabfälle nun vollständig und abgeschlossen. Das «Modellhafte Inventar für radioaktive Materialien, MIRAM» wurde in verschiedenen Bereichen erweitert und aufgrund neuer Erkenntnisse angepasst. Dies umfasste massgeblich die Eigenschaften endlagergerecht verpackter Abfälle sowie die Überprüfung der Abfallvolumen für die Arbeiten zur Kostenstudie und zum Entsorgungsprogramm 2016.

Aus dem 2015 im Zwiilag gestarteten Langzeitversuch zur Gasbildung aus organischen Abfällen lassen sich bereits erste Trends erkennen und vorläufige Gasbildungsraten ableiten. Für die hochaktiven Abfälle wurde eine Studie zum Nachweis der Kritikalitätssicherheit verbrauchter Brennelemente in Endlagerbehältern abgeschlossen. Diese umfasste sowohl die Handhabung der Brennelemente als auch das Langzeitverhalten in einem geologischen Tiefenlager. Weiter wurde ein experimentelles Programm mit internationaler Beteiligung gestartet, mit dem das Verhalten von Brennelementen unter Zwischenlager- und Transportbedingungen untersucht wird. Erste Versuche mit noch inaktiven Brennstäben wurden abgeschlossen und damit der Versuchsaufbau für verbrauchte Brennstäbe konzipiert.

In Zusammenarbeit mit den Kernkraftwerken, der Zwiilag und unterstützt durch externe Firmen erfolgten Entwicklungsarbeiten für zukünftige Zwischen- und Endlagerbehälter für die Entsorgung von Abfällen aus der Stilllegung von Kernkraftwerken. Dazu wurde eine Vorstudie abge-

schlossen, deren Resultate für die Entwicklung erster Prototypen im nächsten Jahr dienen. Zwei weitere Studien befassten sich mit der Optimierung von Dekontaminationstechnologien und der Behandlung von Material und Abfällen aus der Stilllegung. Für die geplante Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg wurden Arbeiten für ein Verpackungskonzept für den Reaktordruckbehälter, die Kerneinbauten sowie den biologischen Schild gestartet. Dazu werden die von der Nagra entwickelten Werkzeuge für Aktivierungsrechnungen angewendet, die bereits für die Kostenstudie 2016 eingesetzt wurden.

In Endlagerfähigkeits-Bescheinigungsverfahren hat die Nagra Abfälle der Kernkraftwerke und des PSI hinsichtlich ihrer Eignung für eine spätere Tiefenlagerung geprüft. Die den Beurteilungen zugrunde liegenden Anforderungen der ENSI-Richtlinie B05 wurden durchgängig eingehalten und führten somit zu Verfahrensfreigaben durch das ENSI.

### RADIOAKTIVEN ABFALL CHARAKTERISIEREN – IST DOCH SPANNEND!

Ben Volmert, Ressortleiter Inventar & Logistik



«Auch wenn es schwer zu glauben ist, mein Job ist abwechslungsreich und spannend», sagt der Physiker Ben Volmert, der seit 14 Jahren für die Nagra arbeitet. Davor stellte er in Deutschland radiologische Berechnungen für Castorbehälter und Zwischenlager an. Auch jetzt hat er täglich mit vielen Zahlen, nuklearen Programmen und Datenbanken zu tun. «Im Inventar der radioaktiven Abfälle erfassen wir existierende und prognostizierte Abfälle getrennt nach Abfalltypen», erläutert Volmert. Bevor die Behörden einen neuen

Abfalltyp genehmigen, braucht es eine so genannte Endlagerfähigkeitsbescheinigung. «Je früher wir von den Kernkraftwerksbetreibern und dem PSI in die Gestaltung eines neuen Abfalltyps einbezogen werden, desto einfacher ist es für uns zu bestimmen, was genau im Abfall drin ist», erklärt er. Er arbeitet auch an Projekten zur Stilllegung des Kernkraftwerks Mühleberg mit. Zum Beispiel wird ein Computermodell des ganzen Kernkraftwerks erstellt, um die verbleibende Restaktivität in den Gebäudestrukturen und Maschinenkomponenten zu bestimmen. Bei der Logistik geht es um das Planen und Optimieren künftiger Transporte radioaktiver Abfälle von den Kernkraftwerken und Zwischenlagern zum Tiefenlager. Gern diskutiert er auch am Nagra-Stand mit Besuchern über die Entsorgung der radioaktiven Abfälle. «Ich kann verstehen, wenn jemand Angst vor den Abfällen hat», sagt Ben Volmert, der die Strahlung der verschiedenen Abfalltypen selbst berechnet. Umso mehr müsse man die Abfälle sicher unter der Erde lagern, wo sie vor möglichen schädlichen Einwirkungen von aussen geschützt sind. «Wir arbeiten zurzeit an der bestmöglichen Lösung hierfür.»



# Sachplanverfahren

## KLARE REGELN FÜR DIE STANDORTWAHL

Der Bundesrat hat am 2. April 2008 den Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager genehmigt. Damit sind Kriterien und Vorgehen für die Standortwahl der Tiefenlager festgelegt. Auch die Rolle der Beteiligten im Verfahren ist klar definiert. Die Standortfrage soll in drei Etappen in Zusammenarbeit mit den Kantonen und Gemeinden geklärt werden. Bei der Auswahl hat die Sicherheit oberste Priorität. Raumplanerische und sozioökonomische Aspekte werden nachgeordnet berücksichtigt.

## Vom «Wie» zum «Wo»

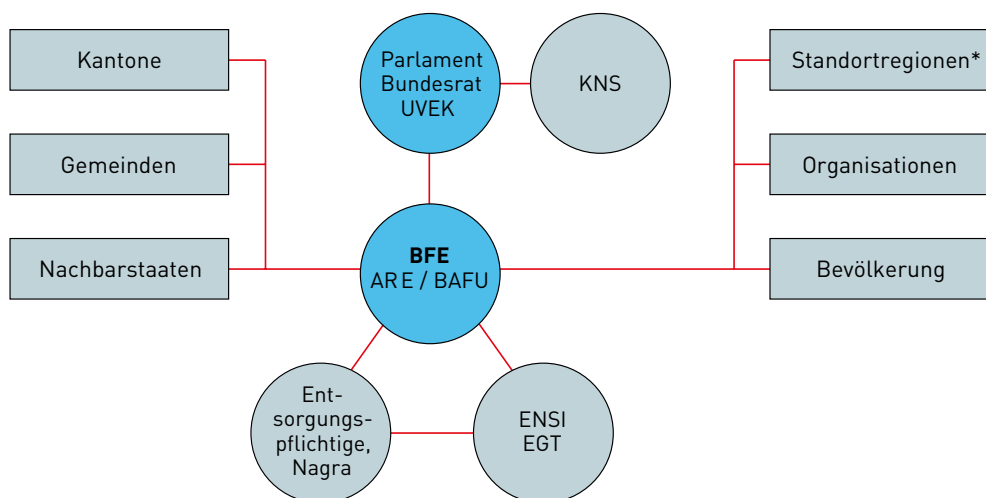
Die Grundsatzfrage, wie die radioaktiven Abfälle der Schweiz entsorgt werden können, ist beantwortet: Der Bundesrat hat 1988 den Entsorgungsnachweis für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und 2006 für hochaktive Abfälle (HAA) genehmigt. Im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager wird nun geklärt, wo die beiden benötigten Lager für SMA und HAA realisiert werden können. Die Sicherheit hat dabei erste Priorität. Das Schweizer Vorgehen gilt auch im Ausland als vorbildlich, besonders aufgrund des transparenten, systematischen Verfahrens sowie der breiten Beteiligung verschiedener Anspruchsgruppen.

## Leitung Bund – Vorschläge durch die Nagra – unabhängige Aufsicht

Das Sachplanverfahren beinhaltet drei Etappen. Geleitet wird es vom BFE. Das Verfahren wird von zahlreichen Gremien begleitet und bezieht Kantone und Gemeinden ebenso ein wie Nachbarstaaten, interessierte Organisationen, Verbände, Parteien und die Öffentlichkeit (vgl. Abb. unten). Die Nagra erarbeitet technische und wissenschaftliche Grundlagen, schlägt Standortgebiete und Standorte vor und reicht in Etappe 3 die Rahmenbewilligungsgesuche für die Tiefenlager ein. Das ENSI prüft die Vorschläge der Nagra in Bezug auf Sicherheit und technische Machbarkeit. Dabei greift es auf externe Spezialisten zurück. Im Anschluss an die Anhörungs- und Mitwirkungsverfahren nehmen Behörden und Bundesrat am Ende jeder Etappe eine Gesamtbeurteilung vor.

## Etappe 1 abgeschlossen

Die erste Verfahrensetappe dauerte von 2008 bis 2011. Ausgehend vom ganzen Gebiet der Schweiz schlug die Nagra – basierend auf den vorgeschriebenen Sicherheitskriterien und den festgelegten Einengungsschritten – systematisch drei mögliche geologische Standortgebiete für das HAA-Tiefenlager und sechs für das SMA-Tiefenlager vor. Nach



\* Die Regionalkonferenzen vertreten die Standortregionen.

Beteiligte im Standortwahlverfahren

einer tiefgehenden sicherheitstechnischen Prüfung und einer breiten Anhörung aller Interessierten entschied der Bundesrat Ende 2011, alle sechs möglichen Standortgebiete in das weitere Verfahren aufzunehmen und die Etappe 2 zu starten.

### Zwei Aufgaben der Nagra in Etappe 2

Zum einen bezeichnete die Nagra in Etappe 2 – gestützt auf die Zusammenarbeit mit den Regionen – in jeder der sechs Standortregionen mindestens ein Standortareal für die Oberflächenanlage eines allfälligen Tiefenlagers. Zum anderen musste sie für das HAA-Lager und das SMA-Lager mindestens je zwei Gebiete vorschlagen, die in Etappe 3 vertieft untersucht werden sollen.

### Oberflächenanlagen – intensive Partizipation in den Regionen

Im Gegensatz zu den Untertageanlagen hängt die Sicherheit einer Oberflächenanlage vor allem von der Anlagenauslegung und nicht primär vom Standort ab. Dies erlaubt eine entsprechende Flexibilität bei der Wahl des Standortareals, um regionale Bedürfnisse zu berücksichtigen.

Anfang 2012 unterbreitete die Nagra Vorschläge für Standortareale, auf denen die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers gebaut werden könnte. Ausgehend von diesen Vorschlägen, teilweise ergänzt mit eigenen Vorschlägen, diskutierten die Regionalkonferenzen die Optionen. Auch die Standortkantone schalteten sich in die Diskussionen ein. Die Nagra hat, basierend auf einem mit den kantonalen Fachstellen harmonisierten Kriterienkatalog, weitere mögliche Potenzialräume bestimmt. Die Regionalkonferenzen entschieden fallweise, ob für diese Räume weitere Vorschläge für Standortareale auszuarbeiten und zu diskutieren waren.

Alle Regionalkonferenzen haben Stellungnahmen zu den Vorschlägen für Standortareale erarbeitet. In Berücksichtigung dieser Stellungnahmen bezeichnete die Nagra die weiterzuverfolgenden Standortareale und dokumentierte diese zwischen September 2013 und Mai 2014 in Planungsstudien. Sie sind Bestandteil der Vorschläge der Nagra in Etappe 2. Im Hinblick auf ein allfälliges Rahmen-

bewilligungsgesuch in Etappe 3 liefern diese Studien sowohl Angaben zu sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudien als auch für eine Voruntersuchung zur Umweltverträglichkeitsprüfung (inkl. Pflichtenheft), die als Bestandteil der Dokumentation zu den Vorschlägen der Etappe 2 eingereicht wurde.

#### «DAS KOORDINIEREN LIEGT MIR»

Hannes Hänggi, Projektleiter SGT Etappe 3



«Am Anfang habe ich eine Liste der Abkürzungen für Projekte und Fachbegriffe immer bei mir getragen», sagt Hannes Hänggi, der seit Juli letzten Jahres bei der Nagra arbeitet. «Und ich habe die Liste in den ersten Wochen auch oft benützt», fügt er lachend an. Der Geologe und ehemalige Journalist Hänggi ist unter anderem für die Planung aller Meilensteine im Gesamtprojekt Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 3 zuständig. Eine sehr komplexe und detaillierte Aufgabe: Aufgeteilt nach Hauptprojekten, sind die wichtigen Arbeitsschritte samt Terminen in umfangreiche Pläne eingefügt. «Natürlich mache ich auch das Controlling», ergänzt er. Projektmanagement interessiert ihn sehr. «Das Koordinieren liegt mir, das habe ich schon früher gemerkt», sagt Hannes Hänggi. Und es spornt ihn an, mit seinen Kollegen Wege zu finden, dass die Arbeiten nicht nur gemäss den Vorgaben des Bundes ablaufen, sondern auch möglichst effizient.

Bis Hannes Hänggi letztes Jahr zur Nagra wechselte, war er beim ENSI in unterschiedlichen Positionen tätig gewesen. Er arbeitete zuerst im Stab, wo er zum Beispiel Anfragen aus der Bevölkerung oder von Parlamentariern beantwortete, und er bewirtschaftete die Website des ENSI. Später war Hänggi ENSI-interner Projektleiter für die Stilllegung von Kernanlagen und half mit, die Stilllegungssektion aufzubauen, deren stellvertretende Leitung er übernahm.

Bei der Nagra koordiniert er nun auch die Zusammenarbeit mit den Behörden wie dem ENSI oder dem Bundesamt für Energie. Auch das Schreiben von Berichten gehört zu seinem Job. Für seine Arbeit brauche es schon ein breites Verständnis für die technisch-wissenschaftlichen Themen der Nagra, so Hänggi. «Es war natürlich hilfreich, dass mir das Thema Entsorgung bereits bekannt war», betont er. Die Berichterstattung der Nagra sei sehr detailliert, oft sogar detaillierter als vom Gesetzgeber gefordert. «Wir könnten deshalb Prozesse optimieren, wenn wir da und dort Möglichkeiten zur Vereinfachung nutzen würden», führt Hannes Hänggi aus.

### **Vorschläge für Etappe 3**

Welche geologischen Standortgebiete für Etappe 3 vorgeschlagen werden, ist eine technisch-wissenschaftliche Frage: Die Langzeitsicherheit eines Tiefenlagers ist durch die Geologie des Standorts gegeben. Der sicherheitstechnische Vergleich der untersuchten Gebiete wird durch eine bautechnische Risikoanalyse der Zugangsbauwerke ins Tiefenlager ergänzt.

### **Vertiefte Untersuchungen für den sicherheitstechnischen Vergleich in Etappe 2**

Für den sicherheitstechnischen Vergleich hatte die Nagra bereits während Etappe 1 damit begonnen, den Kenntnisstand über die Eigenschaften der Wirtgesteine und die geologische Situation in den Standortgebieten zu vertiefen. Das entsprechende Untersuchungsprogramm wurde vom ENSI geprüft und mit Ergänzungen als geeignet beurteilt, den notwendigen Kenntnisstand zu erreichen. Auf Wunsch der Standortkantone und der KNS entschied die Nagra darüber hinaus, bereits 2011/12 2D-seismische Messungen in den Standortregionen Südranden, Nördlich Lägern, Jura Ost und Jura-Südfuss auszuführen.

In elf Fachsitzungen unter der Leitung des ENSI beurteilten die Expertengruppe geologische Tiefenlager, die Kommission für nukleare Sicherheit, die Arbeitsgruppe Sicherheit der Kantone (AG SiKa), die Kantonale Expertengruppe Sicherheit (KES), das BFE, ein Vertreter des Bundesumwelt- und -bauministeriums (BMUB), die Nagra und verschiedene Fachspezialisten den Kenntnisfortschritt. Das ENSI bestätigte im August 2014, dass der geologische Kenntnisstand für den sicherheitstechnischen Vergleich ausreichend ist.

### **Vorgängig festgelegte Vergleichsmethodik**

Das ENSI gibt die Vergleichsmethodik vor, welche die Nagra anwenden muss. Diese wurde 2012 unter Einbezug der KNS und kantonaler Experten definiert und im Januar 2013 in einer ENSI-Aktennotiz festgehalten. Ein Gebiet wird gemäss dieser Methodik nur dann zurückgestellt, wenn es gegenüber den anderen Gebieten eindeutige sicherheitstechnische Nachteile aufweist. Ist dies nicht der Fall, wird das Gebiet in Etappe 3 weiter untersucht.

Zusätzlich hat das ENSI vorgängig Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke festgelegt.

### **Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschläge der Nagra**

Alle sechs geologischen Standortgebiete erfüllen die hohen Sicherheitsanforderungen des Bundes und sind für den Bau von Tiefenlagern geeignet. Im detaillierten sicherheitstechnischen Vergleich zeigen sich allerdings entscheidende Unterschiede in Bezug auf die Langzeitsicherheit. Im Vergleich zu Zürich Nordost und Jura Ost weisen die anderen Gebiete nach Ansicht der Nagra eindeutige sicherheitstechnische Nachteile auf, auch wenn sie grundsätzlich sicherheitstechnisch geeignet sind. Deshalb hat die Nagra vorgeschlagen, die Standortgebiete Zürich Nordost und Jura Ost in Etappe 3 weiter zu untersuchen und die Gebiete Südranden, Nördlich Lägern, Jura-Südfuss und Wellenberg im Verfahren zurückzustellen. Die beiden Gebiete eignen sich für ein SMA- oder HAA-Lager und auch für ein Kombilager. Die entsprechende Dokumentation hat die Nagra am 30. Dezember 2014 beim BFE eingereicht.

### **Breit angelegte, tiefgreifende Prüfung der Vorschläge**

Das ENSI, die KNS sowie weitere Bundesstellen überprüfen nun die Vorschläge der Nagra. Das ENSI zieht dazu externe Fachexperten bei. Insbesondere die EGT unterstützt das ENSI. Die im Ausschuss der Kantone (AdK) vertretenen Kantone setzen sich ebenfalls vertieft mit den Unterlagen der Nagra auseinander. Die kantonale Arbeitsgruppe Sicherheit wird dabei durch eine kantonale Expertengruppe mit externen Fachexperten unterstützt.

Im September 2015 hat das BFE bekanntgegeben, dass die Nagra zum Indikator «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» zusätzliche technisch-wissenschaftliche Unterlagen nachliefern müsse. Diese Nachforderungen, die insbesondere für das Standortgebiet Nördlich Lägern relevant sind, hat das ENSI im November 2015 konkretisiert. In der Folge erarbeitete die Nagra

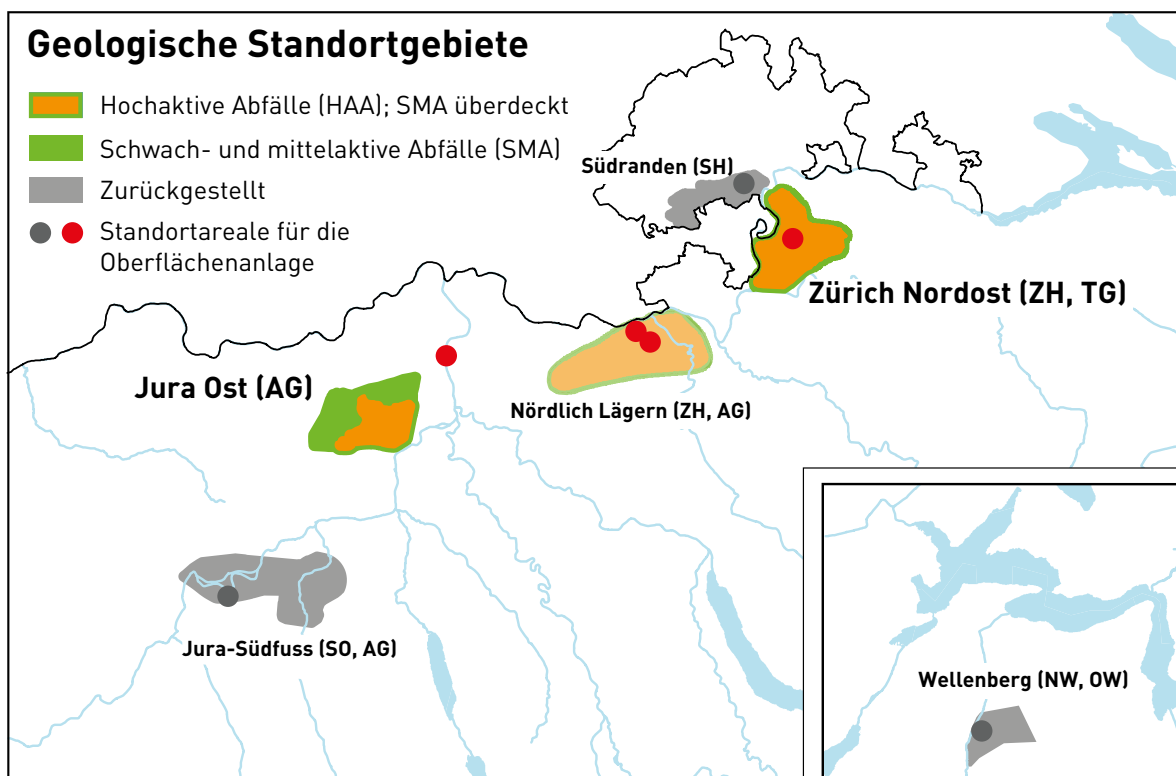


dazu einen Hauptbericht und mehrere Referenzberichte. Diese wurden im August 2016 beim BFE eingereicht. Neben geomechanischen und bautechnischen Aspekten beim Bau der Lagerstollen und -kavernen im Opalinuston in verschiedenen Tiefenbereichen wurden auch alternative Lager- und Barrierenkonzepte analysiert, die Abgrenzung der Lagerperimeter überprüft sowie ergänzende Dosisberechnungen durchgeführt.

Die Nagra hielt an ihrer Schlussfolgerung fest: Ein Tiefenlager in Nördlich Lägern kann sicher gebaut werden, dies ist im Opalinuston in grosser Tiefe aber sehr anspruchsvoll, was einen sicherheitstechnischen Nachteil darstellt.

### Schlussfolgerungen der Überprüfung bereits veröffentlicht

Mitte Dezember 2016 hat das ENSI die Schlussfolgerungen aus seiner Begutachtung der Nagra-Vorschläge vorgestellt. Das ENSI stimmt zu, dass die Standortgebiete Südranden, Jura-Südfuss und Wellenberg, die für ein Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle untersucht wurden, zurückgestellt werden. Ebenso stimmt es der Fokussierung auf das Wirtgestein Opalinuston zu. Zürich Nordost und Jura Ost sollen weiter für SGT Etappe 3 untersucht werden. Beide eignen sich sowohl für ein Tiefenlager für HAA als auch SMA oder aber für ein Kombilager. Gemäss ENSI soll aber auch das Standortgebiet Nördlich Lägern weiter untersucht werden, da die Gründe für dessen Zurückstellung nicht genügend belastbar seien. Eine ausführliche Begründung und das endgültige Gutachten folgen im Frühjahr 2017.



Die Nagra hat im Januar 2015 basierend auf ihren Untersuchungen und den Ergebnissen des sicherheitstechnischen Vergleichs die Standortgebiete Zürich Nordost und Jura Ost für die weiteren Untersuchungen für Etappe 3 vorgeschlagen. Im Dezember 2016 hat das ENSI an einem Mediengespräch des BFE empfohlen, auch Nördlich Lägern in Etappe 3 des Sachplanverfahrens weiter zu untersuchen. Der Bundesrat entscheidet voraussichtlich Ende 2018.

Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung gelangten bereits die AG SiKa/KES in ihrem Fachbericht, der im Januar 2016 veröffentlicht wurde. Neben der Zustimmung zu den anderen Nagra-Vorschlägen empfahlen sie ebenfalls, Nördlich Lägern nicht zurückzustellen.

### **Regionalkonferenzen bewerten Nachvollziehbarkeit**

Die Regionalkonferenzen nahmen ebenfalls Stellung zu den Vorschlägen der Nagra. Die Regionalkonferenzen sollen insbesondere die Nachvollziehbarkeit der Vorschläge sowie den bisherigen Verlauf des Standortauswahlverfahrens bewerten. Mit der Verabschiedung des Berichts der Regionalkonferenz Zürich Nordost im März 2016 liegen nun alle Stellungnahmen der Standortregionen zu Etappe 2 vor. Vorgängig hatten sich die Regionalkonferenzen wiederum engagiert und kritisch mit den Arbeiten zu Etappe 2 auseinandergesetzt.

### **Vor dem Bundesratsentscheid zu Etappe 2 – wieder breite Anhörung aller Interessierter**

Basierend auf der behördlichen Überprüfung sowie den Stellungnahmen des Ausschusses der Kantone und der Regionalkonferenzen nimmt das BFE eine Gesamtbeurteilung der Vorschläge der Nagra vor. Im Jahr 2017 werden sämtliche Berichte, Gutachten und Stellungnahmen in eine dreimonatige öffentliche Anhörung geschickt. Der Bundesrat wird in Kenntnis aller relevanten Fakten voraussichtlich 2018 über den Vorschlag der Nagra und den Abschluss von Etappe 2 des Verfahrens entscheiden.

### **Vorbereitung für dritte und letzte Etappe**

Für die letzte Etappe des Sachplanverfahrens liegt heute eine konsolidierte Planung vor. Aufgaben der Nagra sind erdwissenschaftliche Untersuchungen in den verbleibenden geologischen Standortgebieten und ein weiterer sicherheitstechnischer Vergleich. Gestützt darauf erfolgt die Auswahl der Standorte zur Vorbereitung der Rahmenbewilligungsgesuche bis 2022. Die Projekte sollen in Zusammenarbeit mit den Regionen und Kantonen vor Einreichung der Rahmenbewilligungsgesuche circa 2024 weiter konkretisiert werden.

## **REGIONALKONFERENZEN**

Die Regionalkonferenzen vertreten die Interessen der Standortregionen in der Partizipation. Sie setzen sich zusammen aus je etwa 85 bis 110 Mitgliedern. Vertreten sind Gemeinden, regionale Organisationen (z.B. Vereine oder politische Parteien) sowie Einzelpersonen aus der Bevölkerung.

In jeder Konferenz haben sich Fachgruppen gebildet, die sich vertieft in verschiedene Fragestellungen einarbeiten und Stellungnahmen abgeben. Alle Regionen haben je eine Fachgruppe «Oberflächenanlagen», «Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie» und «Sicherheit» konstituiert. Die begleitende Verfahrensleitung der Konferenzen liegt beim BFE.

### **Aktuelle Informationen der Regionalkonferenzen:**

Südranden\*

[www.plattform-suedranden.ch](http://www.plattform-suedranden.ch)

Zürich Nordost

[www.zuerichnordost.ch](http://www.zuerichnordost.ch)

Nördlich Lägern

[www.regionalkonferenz-laegern.ch](http://www.regionalkonferenz-laegern.ch)

Jura Ost

[www.jura-ost.ch](http://www.jura-ost.ch)

Jura-Südfuss

[www.jura-suedfuss.ch](http://www.jura-suedfuss.ch)

Wellenberg

[www.plattform-wellenberg.ch](http://www.plattform-wellenberg.ch)

\* Arbeit im Herbst 2015 vorderhand eingestellt

Für die Nagra hat in den geologischen Standortgebieten für Etappe 3 wiederum eine Phase erdwissenschaftlicher Untersuchungen und Feldarbeiten begonnen.

### **3D-seismische Messungen abgeschlossen**

In einem ersten Schritt wurden 3D-seismische Messungen durchgeführt. Diese Messungen dauerten für die Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost von Oktober 2015 bis Februar 2016. Die Messung in Zürich Nordost ergänzte die bereits bestehende 3D-Seismik. Im Oktober 2016 wurde mit der 3D-Seismik in Nördlich Lägern begonnen und im Februar 2017 abgeschlossen. Von den persönlich kontaktierten Grundeigentümern und Bewirtschaftern erteilten gesamthaft

rund 98% die Zustimmung zum Betreten ihrer Grundstücke. Unabhängig von ihrer persönlichen Haltung zu einem Tiefenlager bekundeten sie damit Verständnis für diese im Interesse der Sicherheit nötigen Arbeiten und so konnte ein flächendeckender Datensatz in allen drei Gebieten gewonnen werden. Datenverarbeitung, Auswertung und Interpretation sind angelaufen.

### Gesuche für Sondierbohrungen

Als weitere wichtige Untersuchungsmethode sind in den drei Gebieten Sondierbohrungen («Tiefbohrungen») geplant. Diese Bohrungen benötigen eine Bewilligung durch das UVEK. Die Nagra hat mit den Kantonen, Gemeinden und Grundeigentümern Gespräche geführt, um die benötigten Bohrplätze entsprechend den geologischen sowie raum- und umweltplanerischen Rahmenbedingungen anzuordnen. Für die Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost hat die Nagra Ende September die Sondiergesuche für je acht Sondierbohrungen beim BFE eingereicht. Die Gesuche für Nördlich Lägern werden voraussichtlich im Sommer 2017 eingereicht. Die Bohrungen sind nach dem Bundesratsentscheid zu Etappe 2 vorgesehen.

### Quartäruntersuchungen und weitere Arbeiten

Die Entwicklung der Geländeoberfläche während der letzten rund zwei Millionen Jahre wird anhand von Lockergesteinsschichten untersucht. Ziel ist, daraus Aussagen zur künftigen Langzeitentwicklung – insbesondere der Geländeerosion über einige 100 000 Jahre – abzuleiten. Dabei werden auch von Gletschern übertiefte und wieder aufgefüllte Täler mit 2D-seismischen Querprofilen und Bohrungen untersucht. Diese so genannten Quartärbohrungen reichen nur wenige Meter ins Festgestein und sind vergleichbar mit Bohrungen für Erdwärmesonden. Weitere erdwissenschaftliche Untersuchungen und Studien ergänzen die Datensätze für die Standortwahl und die Rahmenbewilligungsgesuche.

### Konkretisierung der Projekte – Nebenzugangsanlagen zur Diskussion

Für den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers werden verschiedene Anlagen an der Erdoberfläche und im Untergrund benötigt: Neben der Oberflächenanlage und dem Hauptzugang für den Transport der radioaktiven Abfälle von der Erdoberfläche ins Tiefenlager sind weitere Zugänge erforderlich. Bei Schächten spricht man von Schachtkopfanlagen, bei Tunnel (Rampen) von einem Portal. Die Nagra hat im November 2016 einen Bericht publiziert, in dem diese Nebenzugänge und ihre Anlagen an der Oberfläche standortunabhängig beschrieben werden.

#### «ICH BIN EIN GENERALIST, DER GERNE MIT VERSCHIEDENEN FACHSPEZIALISTEN ZUSAMMENARBEITET»

Marc Croket, Projektleiter Anlagen und Betrieb bei der Nagra

Der Chemieingenieur Marc Croket beschäftigt sich unter anderem mit der Dimensionierung und der Auslegung von Anlagen. Weiter definiert er Systeme und Betriebsabläufe in einem künftigen geologischen Tiefenlager für radioaktive Abfälle. 2016 hat Marc Croket zusammen mit verschiedenen Co-Autoren einen Bericht zu den Schachtkopfanlagen eines geologischen Tiefenlagers verfasst. Im Bericht werden alle oberirdischen Anlagen für Nebenzugänge zum Tiefenlager, so genannte Nebenzugangsanlagen, näher beschrieben sowie Betrieb und Abläufe erläutert. Es gibt auch Visualisierungen, die den Lesern einen ersten Eindruck davon vermitteln, wie diese Anlagen aussehen und welche Auswirkungen sie haben könnten.



Für Marc Croket war das Schreiben des Berichts eine spannende Sache: «Die Themen sind sehr vielschichtig und multidisziplinär von der Bautechnik bis hin zu Sicherheitsbetrachtungen. Ich bin eher ein Generalist, der gerne mit verschiedenen Fachspezialisten zusammenarbeitet und deren Inputs dann zu einem Ganzen zusammenfügt.»

Und wie geht es weiter? Die Nebenzugangsanlagen werden nun Schritt für Schritt genauer definiert. In den kommenden Jahren ist vorgesehen, in den Regionen mögliche Standorte für die Anlagen festzulegen. «Ich finde es wichtig, dass man sich profunde Gedanken macht beziehungsweise intensiv darüber diskutiert, wie die Anlagen zum Beispiel verträglich in die Landschaft eingegliedert werden können. Die Bauwerke bleiben schliesslich für eine gewisse Zeit stehen», meint Marc Croket. «Leider ist es aber im Fall der Tiefenlager nicht klar, ob ich die Bauten je sehen werde. Die Bäume wachsen halt nicht so schnell in den Himmel.»

Gleichzeitig mit dem technischen Bericht ist auch eine Broschüre «Schachtkopfanlagen geologischer Tiefenlager: Beschreibung und Funktion» erschienen.

In Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager werden in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Regionen und Kantonen mögliche Standorte für die Nebenzugangsanlagen festgelegt. Ziel des Berichts ist es, Grundlagen für die Standortregionen und -kantone für die Anordnung dieser Anlagen zu schaffen.

### **Zum Schluss: Voraussichtlich Entscheid an der Urne**

Gestützt auf die Untersuchungsergebnisse von Etappe 3 trifft die Nagra die Auswahl der Tiefenlagerstandorte für ein SMA- und ein HAA-Lager oder ein Kombilager und arbeitet die Rahmenbewilligungsgesuche aus. Nach der Prüfung durch die Sicherheitsbehörden befinden Bundesrat und Parlament darüber. Der Parlamentsentscheid untersteht zudem dem nationalen fakultativen Referendum. Wird dieses ergriffen, entscheiden also die Schweizer Stimmberechtigten über die Rahmenbewilligungsgesuche.

Im November 2016 fand in Weiach für die Bevölkerung eine Informationsveranstaltung zu den seismischen Messungen im Standortgebiet Nördlich Lägern statt.





### WO STEHEN WIR HEUTE?

- Sechs geologische Standortgebiete in Etappe 1 bestimmt: drei für das HAA- und das SMA-Lager, drei weitere für das SMA-Lager
- Standortareale für die Oberflächenanlage in Zusammenarbeit mit den Regionen in Etappe 2 bezeichnet
- Alle sechs Standortgebiete sind sicherheitstechnisch geeignet, weisen im detaillierten Vergleich aber entscheidende Unterschiede auf
- Standortgebiete Zürich Nordost und Jura Ost von der Nagra für die weiteren Untersuchungen für Etappe 3 vorgeschlagen
- Vorschläge werden von den Behörden geprüft
- Im Dezember 2016 gibt das ENSI das Resultat seiner Prüfung bekannt: Auch Nördlich Lägern soll weiter untersucht werden
- Der Bundesrat entscheidet zu Etappe 2 ca. Ende 2018







Wo Vibrationsfahrzeuge nicht hinfahren konnten, kam bei den 3D-seismischen Messungen Schusseismik zum Einsatz. Im Bild ein mobiles Bohrgerät, das die notwendigen Löcher erstellt.



# Technisch-wissenschaftliche Grundlagen

Die im Jahr 2016 laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dienten dazu, bestehende Kenntnisse zur Beurteilung der Sicherheit von Tiefenlagern zu vertiefen. Sie trugen auch dazu bei, die Anlagenkonzepte zu optimieren. Mittelfristig erarbeitet die Nagra die Grundlagen für die Rahmenbewilligungsgesuche in Etappe 3 des Sachplanverfahrens. Art und Umfang der Arbeiten basieren einerseits auf den Anforderungen der Nagra an diese Grundlagen. Andererseits beruhen sie auf den Resultaten einer Überprüfung des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik sowie der daraus abgeleiteten Planung gemäss aktualisiertem RD&D-Bericht der Nagra, der im Dezember 2016 veröffentlicht wurde (vgl. Textbox unten rechts).

## Geologische Feldarbeiten

Die Feldarbeiten für die Etappe 3, insbesondere die 3D-Seismik-Messungen, wurden plangemäss weitergeführt. Die im Oktober 2015 begonnenen Messungen auf einer Fläche von gut 90 Quadratkilometern im Standortgebiet Jura Ost wurden im Januar 2016 abgeschlossen. Anschliessend wurde bis Ende Februar 2016 auf circa 20 Quadratkilometern eine ergänzende Kampagne in Zürich Nordost durchgeführt.

Im Oktober 2016 wurde mit 3D-Seismik-Messungen in Nördlich Lägern begonnen. Die Messfläche war hier rund 90 Quadratkilometer gross. Nach der Auswertung dieser Messungen liegt für alle möglichen Standortgebiete der Etappe 3 eine wichtige Beurteilungsgrundlage für den Aufbau der geologischen Barrieren vor. Für die Eichung der Messungen sind Sondierbohrungen («Tiefbohrungen») erforderlich.

Diese Bohrungen in den Standortgebieten erfordern behördliche Bewilligungen gemäss Kernenergiegesetz. In Zusammenarbeit mit Kantonen, Gemeinden und Grundeigentümern wurden in den Standortgebieten Zürich Nordost und Jura Ost geeignete Bohrplätze festgelegt und die entsprechenden Gesuche ausgearbeitet. Jeweils acht

Gesuche für beide Standortgebiete wurden im September 2016 bei den Bundesbehörden eingereicht. Die Sondiergesuche für das Standortgebiet Nördlich Lägern werden zurzeit vorbereitet und im Verlauf des Jahres 2017 eingereicht.

Weitere Feldarbeiten dienen der Erkundung der oberflächennahen Lockergesteine, die Informationen zur Landschaftsentwicklung in der Nordschweiz enthalten. Im Herbst wurde eine 2D-Seismik-Kampagne begonnen, die den Aufbau und die Verteilung der Lockergesteine vertieft untersuchen soll. Darauf basierend werden ebenfalls Sondiergesuche für Quartärbohrungen vorbereitet, die im Verlauf des Jahres 2017 eingereicht werden.

## Auswertungen, Modellierungen, Synthesen

Im Rahmen der Prüfung des Vorschlags der Nagra bezüglich der in SGT Etappe 3 weiter zu untersuchenden Standortgebiete ist das ENSI zum Schluss gekommen, dass die von der Nagra eingereichten Unterlagen zur maximalen Tiefenlage zu wenig aussagekräftig sind, um insbesondere für das Standortgebiet Nördlich Lägern einen eindeutigen

### FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSPROGRAMM (RD&D-BERICHT) BEIM BFE EINGEREICHT

Dieses Programm bildet die Planungsgrundlage für eine sukzessive Optimierung des bestehenden Lagerkonzepts, wobei vorhandene Ungewissheiten eingegrenzt werden und dem wissenschaftlichen Fortschritt Rechnung getragen werden soll. Die geplanten Forschungstätigkeiten decken ein breites Spektrum an Themen ab: von Gastransport und -ableitung in einem Tiefenlager über das Verhalten der technischen Barrieren bis zur Überwachung eines Tiefenlagers. Ausserdem wird die Nagra weitere geologische Untersuchungen zur Charakterisierung des geologischen Untergrunds in den Standortgebieten durchführen und die Kenntnisse zu sicherheitsrelevanten Prozessen im Wirtgestein verfeinern. Auch die geologische Langzeitentwicklung inklusive Erosion und Klimaentwicklungen werden weiter untersucht.



Nachteil aufzuzeigen. Dies hat zu einer Nachforderung des ENSI geführt, die im November 2015 publiziert wurde. Als Basis für die Berichterstattung zur Nachforderung wurden unter anderem vereinfachte Freisetzungs- und Dosisberechnungen durchgeführt, für welche die Erosion von Teilen des Lagers angenommen wurde. Dies geschah in Zusammenhang mit dem unwahrscheinlichen Extremfall der glazialen Übertiefung einer Rinne bis auf die Lagerebene des HAA-Lagers. Damit kann die Bedeutung der glazialen Übertiefung abgeschätzt und in einen Rahmen gestellt werden. Für diese Berechnungen wurde angenommen, dass die übertiefte Rinne einen Teil des Lagers tangiert und dass radioaktives Material aus dem Lager an die Oberfläche transportiert würde, das dann stromabwärts im Vorfeld der Rinne abgelagert würde. Die resultierenden Dosen hängen von den mit der Erosion verbundenen

#### «DASS ICH AN SO EINEM BEDEUTENDEN BOHRPROJEKT MITARBEITEN KANN, IST WIRKLICH TOLL»

Michael Gysi, Projektleiter Bohrstellengeologie



«Der Mix zwischen Planung im Büro und Feldarbeit gefällt mir», sagt der Geologe Michael Gysi. Bei den kommenden Sondierbohrungen der Nagra oder «Tiefbohrungen» – wie es im Fachjargon heisst – wird er für die Entnahme und Charakterisierung von Bohrproben verantwortlich sein. Die Planung dazu läuft auf Hochtouren. «Praktische Arbeiten auf Bohrstellen sind da eine willkommene Abwechslung», bemerkt er. Momentan betreut er die laufenden Aufzeitbohrungen und -messungen in Nördlich Lägern. Die daraus gewonnenen Daten dienen zur Tiefenkalibrierung der 3D-seismischen Messungen.

Gysi war nach dem Studium als Explorationsgeologe im Ausland tätig. Er war unter anderem in Afrika im Feld unterwegs zur geologischen Kartierung und Erzerkundung. Danach arbeitete er einige Jahre als Geo-Modellierer und Geologe für Erdölfirmen. Er erstellte anhand geologischer Daten 3D-Modelle vom Untergrund. Solche Modelle werden zu einem späteren Zeitpunkt auch für die Nagra erstellt. «Anhand von Messdaten versuchen wir Ablagerungsprozesse der Vergangenheit zu rekonstruieren und diese in den Modellen umzusetzen wie etwa: Da hat es eine Flussrinne oder der Sand wurde aus dieser Richtung geschüttet». Die Bohrkerne aus den Tiefbohrungen sind für solche Modelle sehr wichtig, da man die Gesteine von Auge, aber auch im Labor genau charakterisieren kann und sich so nicht nur auf geophysikalische Messwerte verlassen muss.

Michael Gysi wird bei den kommenden Bohrungen, die ab 2019 geplant sind, die Abläufe bezüglich Bohrkerne koordinieren und überwachen. «Heutzutage kann sehr viel via Online-Monitoring gemacht werden, aber nur im Büro sitzen werde ich bestimmt nicht», kündigt er an. Dazu sei er viel zu gern draussen auf einem Bohrplatz, betont Gysi, der sein Wissen aus der Rohstofferkundung nun praktisch anwenden kann. «Als Student träumte ich davon, beim Gotthardtunnelbau dabei zu sein. Dass ich jetzt an so einem bedeutenden Bohrprojekt mitarbeiten kann, ist wirklich toll», fügt er an.

Stoffflüssen und der Art der Landwirtschaft im Ablagerungsgebiet ab. Die Berechnungen zeigen, dass die Dosen selbst für dieses extrem unwahrscheinliche Szenario im Bereich der natürlichen Strahlung oder deutlich darunter liegen würden und dass sie im Zeitraum von zwischen 100 000 Jahren und einer Million Jahre bei gleichen Bedingungen nur wenig abnehmen. Ein verlängerter Schutz vor Erosion ist also bezüglich einer Reduktion der Dosen wenig bedeutend.

#### Geochemische Rückhalteprozesse und Transportmechanismen

Industriell hergestellte Zemente, die als Verfüllmaterial in einem Tiefenlager für schwach- und mittelaktive oder langlebige mittelaktive Abfälle vorgesehen sind, haben bestimmte Mengen von Aluminiumverbindungen in den Zuschlagstoffen. Aluminium ist zum Teil aber auch in den Abfällen enthalten. Für die Sicherheitsanalyse ist es wichtig, den Einfluss des Aluminiums auf die Langzeitentwicklung der Zementverfüllung zu verstehen, da diese einen wichtigen Beitrag zur Radionuklid-Rückhaltung leistet («Zementbarriere»). Frühere Studien zu Zusammensetzung und Struktur eines wichtigen Zementbestandteils (so genannte «CASH-Phasen», Calcium-Aluminium-Silikat-Hydrat-Phasen) wurden mittels Modellierung der Wechselwirkungen auf molekularer Ebene erweitert. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einbau von Aluminium die Vernetzung der Silikatstruktur begünstigt, was in Einklang mit den Ergebnissen experimenteller Kernspinresonanzmessungen steht. Diese Vernetzung erhöht die Langzeitstabilität der CASH-Phasen und damit der Zementbarriere.

#### Abklärungen zu Gasdruckaufbau und Gastransport

In einem Synthesebericht zu Bildung, Transport und Abbau von gasförmigen Stoffen in verschlossenen geologischen Tiefenlagern wurde der aktuelle Kenntnisstand dargelegt. Die begleitenden Referenzberichte behandeln unter anderem Themen wie das Abfallinventar oder mögliche Abfallbehandlungsmethoden sowie weitere Aspekte von Gasbildung, -abbau und -transport.

Für den Synthesebericht und die Referenzberichte wurde der Einfluss der verschiedenen Prozesse im Zusammenhang mit Gas auf die Sicherheit eines HAA- und eines SMA-Lagers im Opalinuston evaluiert. Dies mit Hilfe von Modellierungen und dafür abgeleiteter Sicherheitskriterien hinsichtlich in-

takter technischer und natürlicher Barrieren. Die relevanten Ungewissheiten und Auslegungsvarianten wurden in spezifischen Rechenfällen abgebildet. Beispiele für solche Ungewissheiten und Varianten sind mögliche Abfallbehandlungsoptionen (z.B. Einschmelzen), Ungewissheiten bezüglich wärme- und gasproduzierender Prozesse und ihrer Wechselwirkungen, Auslegungsmöglichkeiten von Abschluss- und Versiegelungsbauwerken sowie Ungewissheiten bezüglich der Gas- und Wärmetransporteigenschaften der einzelnen Lagerkomponenten und Gesteine. Die Rechenergebnisse zeigen den zu erwartenden Wertebereich von sicherheitsrelevanten Kerngrößen wie Gasdruck, Gassättigung und Temperatur sowie die potenziellen Auswirkungen von Massnahmen zur Verringerung der Gasbildung auf. Zudem ergaben sich Hinweise, welche Forschungsarbeiten in Bezug auf die Verringerung der bestehenden Ungewissheiten den grössten Nutzen erwarten lassen.

Das Hauptergebnis des Berichts ist, dass selbst in einem sehr ungünstigen Fall die Gasbildung weder im HAA-Lager noch im SMA-Lager die Sicherheitsfunktionen des Wirtgesteins und der technischen Barrieren gefährdet. Für alle untersuchten Fälle besteht eine ausreichende Sicherheitsmarge zu den vorgängig abgeleiteten Sicherheitskriterien. Ausserdem bestünden mehrere Möglichkeiten, die Gasbildung noch weiter zu verringern.

#### **Erkenntnisse bezüglich SMA-Tiefenlager**

Im SMA-Lager dominiert der Wasserstoff, der durch Korrosion von Kohlenstoffstahl entsteht, die Gasbildung. Wesentliche Einflussgrößen sind die im Tiefenlager enthaltenen Mengen an Stahlteilen und deren Geometrie, die Korrosionsmechanismen und -raten sowie die geochemischen und hydraulischen Bedingungen während des Betrachtungszeitraums. Alternative Verpackungstechnologien und das Einschmelzen von Metallen könnten die Gasbildung merklich verringern. Der Aufbau eines Gasüberdrucks und eine resultierende Verdrängung von Porenwasser können durch geeignet ausgelegte Untertage- und Zugangsbauwerke auf ein unbedenkliches Ausmass beschränkt werden.

#### **Erkenntnisse bezüglich HAA-Tiefenlager**

Auch im HAA-Lager entsteht am meisten Gas bei der Korrosion von Metallen. Die aktuell vorgesehenen Endlagerbehälter aus Kohlenstoffstahl sind für circa 80% der Menge an gebildetem Gas ver-

antwortlich. Falls nötig, könnte die Gasbildung durch alternative Behältermaterialien, die kein oder nur sehr wenig Gas produzieren, deutlich reduziert werden. Eine weitere Verringerung der Gasbildung könnte durch alternative Einlagerungs- und Verfülltechnologien erzielt werden. Neben der Gasbildung kann auch die thermische Ausdehnung von Porenwasser – als Folge der Wärmeabgabe der hochaktiven Abfälle – einen merklichen Druckaufbau im Tiefenlager bewirken. Die berechneten maximalen Drücke sind vergleichbar oder sogar höher als jene, die durch Gasbildung verursacht werden. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer ausreichend langen Zwischenlagerung, einer optimierten Behälterbeladung sowie einer optimierten Anordnung der Lagerkammern und der Endlagerbehälter. Der gas- und wärmeinduzierte Druckaufbau überlagert sich zeitlich nicht.

#### **Alternative Behälterausslegungen und -materialien**

Das Konzept eines kupferbeschichteten BE/HAA-Behälters wurde in Zusammenarbeit mit der kanadischen Schwesterorganisation NWMO weiterentwickelt. Es konnten weitere Prototypen eines solchen Behälters im Massstab 1:1 hergestellt werden, wobei die so genannte «Cold Spray»-Methode – im Bereich der Schweißnaht – und die Methode des elektrolytischen Auftragens der Kupferschicht für die restliche Behälteroberfläche angewendet wurden. Weitere Optimierungen sind vorgesehen. Die Auslegung des Nagra-spezifischen kupferbeschichteten BE/HAA-Behälters wurde ebenfalls weiter verfeinert. Dazu wurde eine Anzahl alternativer Auslegungskonzepte erarbeitet; unter anderem eine neue Variante, die Platz bietet für zwölf anstelle von neun Brennelementen aus Siedewasserreaktoren. Zur möglichen Verwendung von Gusseisen als Behältermaterial, um die strukturelle Stabilität zu gewährleisten, laufen weitere Untersuchungen. Eine Studie in Zusammenarbeit mit dem britischen The Welding Institute evaluiert für einen Gusseisenbehälter mit einem Stahldeckel, verschiedene Schweiß- und Verschlussmethoden, die mit den vorgesehenen Kupferbeschichtungsmethoden kompatibel sind.



## EIN JAHR INTENSIVER FELDARBEITEN

Im Februar gingen die ergänzenden 3D-seismischen Messungen in Zürich Nordost zu Ende. Ende Oktober begann die 3D-Seismik-Kampagne im Standortgebiet Nördlich Lägern. Mit der 3D-Seismik erhält man ein dreidimensionales Bild des geologischen Untergrunds bis in mehrere Kilometer Tiefe. Ausserdem starteten im Standortgebiet Zürich Nordost die 2D-seismischen Messungen, die der Untersuchung der Lockergesteinsablagerungen aus dem Quartär dienen. Sie geben Hinweise zu vergangenen Erosionsprozessen und tektonischen Aktivitäten. Die Nagra führte in den Standortgebieten auch 17 Aufzeitbohrungen und -messungen durch. Die Messdaten daraus werden zur oberflächennahen Kalibrierung der seismischen Messungen benutzt.









Im Felslabor Grimsel forschen Wissenschaftler aus aller Welt.





# Felslabors

## Felslabor Grimsel (FLG)

Seit Mitte der Achtzigerjahre forscht die Nagra gemeinsam mit den aktuell mehr als 20 Partnerorganisationen aus aller Welt im Felslabor Grimsel: 450 Meter unter der Oberfläche in den kristallinen Gesteinsformationen des Aarmassivs im Berner Oberland. Das Felslabor Grimsel nimmt vielfältige Forschungsaufgaben rund um die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle wahr und hat sich auch zu einem international anerkannten Untertagelabor zur Bewertung verschiedener geowissenschaftlicher und geotechnischer Fragen entwickelt.

### Ideale Rahmenbedingungen

Die günstigen geologischen Voraussetzungen, der enorme Erfahrungsschatz und die ausgezeichnete Infrastruktur bieten Forschern verschiedenster Fachrichtungen ideale Rahmenbedingungen. Dies widerspiegelt sich auch im grossen Interesse nationaler und internationaler Forschungseinrichtungen, die sich an Partnerprojekten (z.B. Universität Bern, Projekt LASMO) beteiligen oder ihre eigenen Projekte durchführen (z.B. ETH Zürich, Projekt ISC). Zudem werden für verschiedene Universitäten (z.B. University of Birmingham) auch «Summer Schools» im Felslabor organisiert und durchgeführt.

Einmal im Jahr treffen sich die Felslabor-Partner zum International Steering Committee Meeting (ISCO) in der Grimselregion. Sie diskutieren die aktuellen Forschungsergebnisse, die finanziellen Aspekte und entscheiden über die zukünftige strategische Ausrichtung des Labors.

### Gut in der Region verankert

Das Felslabor Grimsel ist in den lokalen Gemeinden Guttannen, Innertkirchen und Meiringen sehr gut verankert und arbeitet eng mit lokalen Firmen zusammen. Im September besuchte der Dorf- und Gemeinderat Meiringen das Felslabor. Gleichzeitig war es auch wieder Magnet für viele Besuchergruppen und Journalisten aus aller Welt. Mit den Kraftwerken Oberhasli (KWO) fanden diverse Informationssitzungen statt. Vom partnerschaftlichen Verhältnis konnten 2016 beide

Seiten profitieren. So besteht eine ausgezeichnete Zusammenarbeit mit dem Betriebspersonal der Kraftwerke Grimsel I und II, dem KWO-Besucherdienst und den Grimsel-Hotels.

### GASTFREUNDSCHAFT TRIFFT AUF HANDWERKLICHES GESCHICK

Ann-Sofi & René Dorrer, Betriebsdienste Felslabor Grimsel



«Das internationale Umfeld finde ich sehr interessant», betont Ann-Sofi Dorrer, die seit 2010 im Felslabor Grimsel dafür sorgt, dass Forscher und Mitarbeitende beste Arbeitsbedingungen haben. Sie pflegt die Räumlichkeiten und kümmert sich um die Gäste. Wenn Besucher aus Japan, Spanien oder Korea kommen, sei das immer sehr spannend, so Ann-Sofi Dorrer. Sie betreut bei Führungen auch die Besucher und Besucherinnen, holt diese am Parkplatz ab, organisiert die Verpflegung und schaut insbesondere, dass

der Zeitplan für die Besichtigung des Felslabors eingehalten wird. «Meine Arbeit ist sehr abwechslungsreich», fasst die gebürtige Schwedin zusammen, die seit vielen Jahren im Haslital lebt. «Und mein Arbeitsplatz ist schon ungewöhnlich.» Das Felslabor Grimsel liegt auf 1738 Meter über Meer. Tageslicht gibt es im Stollen und in den Räumen nicht. Aber damit hat Ann-Sofi Dorrer keine Mühe. Ihr Arbeitsweg hat es hingegen manchmal in sich: «Gerade in den Wintermonaten können die Strassenverhältnisse an der Grimsel aufgrund von Schneefall und Lawinengefahr schon mal schwierig sein», erläutert sie.

Ihr Mann René Dorrer ist seit 2015 für den zuverlässigen Betrieb und die Wartung der Anlagen zuständig. Er koordiniert die verschiedenen Arbeiten wie Bohrungen und sorgt dafür, dass alles einwandfrei klappt. «Ich schaue auch, dass die Sicherheitsbestimmungen eingehalten werden», ergänzt er. Bevor René Dorrer ins Felslabor Grimsel wechselte, war er bei den Kraftwerken Oberhasli als Montageleiter angestellt. «Zusammen mit Lernenden habe ich zum Beispiel eine Drosselklappe bei einem Speichersee eingebaut», führt Dorrer aus. Die Tunnel der Kraftwerke Oberhasli liegen direkt neben dem Felslabor Grimsel. «Mein Arbeitsplatz war mir schon vorher ziemlich bekannt, nicht zuletzt, weil mich meine Frau jeweils zum Tag der offenen Tür ins Felslabor mitgenommen hat», sagt er und lacht.

René Dorrer arbeitet gern bei den Versuchen mit. Auch wenn es mal hektisch ist oder der Arbeitstag sehr lange wird. «Es läuft nicht immer alles bis ins kleinste Detail wie geplant», erläutert er. Manchmal seien kleinere Anpassungen nötig. Und dann müsse man schnell handeln, damit es keine zeitliche Verzögerung gibt, so Dorrer. «Zum Glück haben wir im Felslabor Grimsel eine kleine Werkstatt mit Werkzeugen und verschiedenem Material», fügt René Dorrer an, der eine klare Meinung zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle vertritt. «Jetzt lagern die Abfälle an der Erdoberfläche und das ist langfristig keine Lösung», sagt er. Und in den nächsten Jahren bis zur Einlagerung werde man die wissenschaftlichen Erkenntnisse noch weiter verfeinern. Seine Frau Ann-Sofi Dorrer ergänzt: «Ich finde es insbesondere für die nachkommenden Generationen wichtig, dass die radioaktiven Abfälle auf lange Zeit sicher entsorgt werden.»



## HAUPTPROJEKTE IM FELSLABOR GRIMSEL

**CFM (Colloid Formation and Migration) Grundlagen der Radionuklidmigration in Kristallingestein**  
Bildung und Transport von Kolloiden und deren Einfluss auf die Radionuklidmobilität

**EBS Lab (Engineered Barrier Laboratory)**  
Klein- bis mittelmassstäblicher Versuch mit Komponenten der technischen Barrieren sowie Parameterbestimmung

**FEBEXe/DP (Full-scale HLW Engineered Barriers Experiment Extension/Dismantling Project)**  
1:1-Demonstrationsversuch des Einlagerungskonzepts für hochaktive Abfälle

**FORGE<sup>1</sup> (Fate of Repository Gases)**  
Experimente zur Gasmigration in technischen Barrieren (Bentonit/Sand)

**GAST (Gas Permeable Seal Test)**  
Gasversiegelungsexperiment: kontrollierter Gastransport durch die technische Barriere (gasdurchlässige Stollenversiegelungen für das SMA-Lager unter realistischen Bedingungen und in realistischem Massstab)

**ISC (In-situ Stimulation and Circulation Test)**  
Kontrollierte hydraulische Stimulation bestehender Störungszonen  
Teilprojekt des ETHZ-DUG-Lab-Projekts (SCCER-SoE, Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity)

**LASMO (Large Scale Monitoring)**  
Überwachung und Charakterisierung der Geosphäre

**LCS (Long-term Cement Studies)**  
Langzeitwechselwirkungen zwischen Zementlösungen, Porenwässern und Gestein; Zementinjektionsexperiment

**LTD (Long-term Diffusion)**  
Langzeitdiffusion von Radionukliden

**MaCoTe (Material Corrosion Test)**  
Korrosionsexperimente (Komponenten der technischen Barrieren)

**MoDeRn (Monitoring Developments for Safe Repository Operation and Staged Closure)**  
Workpackage im EU-Projekt zum Test kabelloser Überwachungssysteme (TEM)

**Plugexperiment (Engineering Studies and Demonstration of Repository Designs, früher ESDRED-Teilprojekt)**

<sup>1</sup> Teilprojekt von EU-Projekt

In Planung:

**HotBENT (High-Temperature Bentonite Project)**  
Untersuchungen zur Sicherheitsfunktion von Bentonitbarrieren unter erhöhten Temperaturen

**CIM (C-14/I-129 Migration through aged cement)**  
Testen der Transporteigenschaften von C-14 und I-129 durch Zementbarrieren

## Hohe Sicherheitsstandards

Während der jährlichen Inspektion des strahlenschutzkontrollierten Bereichs im Felslabor durch die zuständige Aufsichtsbehörde, das Bundesamt für Gesundheit (BAG), konnte der qualitativ hohe Standard beim Arbeiten mit radioaktiven Elementen demonstriert werden. Weiter wurden mit dem Amt zukünftige Konzepte für Experimente mit radioaktiven Markierstoffen besprochen und offene Fragen diskutiert.

## Aktuelle Projekte im Felslabor Grimsel

Für das ISC-Projekt wurden zu Jahresbeginn zehn Bohrungen abgeteuft, die geophysikalisch und teils hydrogeologisch untersucht wurden. Das ISC-Projekt wird durch die ETH Zürich geleitet und ist ein Projekt des Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity (vgl. Textbox links). Es liefert grundlegende Forschungsdaten zur Entwicklung von Konzepten für die Nutzung von Tiefen-Geothermie und ihrer zukünftigen industriellen Anwendung. Je drei der Bohrungen wurden mit faseroptischen Systemen für die Deformationsmessung beziehungsweise mit Systemen für die Überwachung von Druck und Temperatur ausgerüstet. Dies war ein wichtiger Schritt zur Vorbereitung der für 2017 geplanten Stimulationsexperimente.



Besucherführung im Felslabor Grimsel durch den Laborleiter Ingo Blechschmidt

Die In-situ-Radionuklid-Experimente der Projekte CFM und LTD in der strahlenschutzkontrollierten Zone des Felslabors befinden sich aktuell in der Langzeitphase für Beobachtung und Probenahme. Im Rahmen des CFM-Projekts wurden für das geplante Experiment i-BET (In-situ Bentonite Erosion Test, vgl. Abb. Seite 28) erste Charakterisierungen durchgeführt, um den Standort des Experiments festzulegen. Im Experiment wird das Erosionsverhalten von Bentonitmaterial unter realistischen In-situ-Bedingungen untersucht. Es soll Hinweise auf die Langzeitstabilität einzelner Komponenten der technischen Barrieren liefern. Der Schwerpunkt der Arbeiten im FEBEX-Experiment, dessen Ausbau bereits 2015 abgeschlossen wurde, lag bei der Berichterstattung über die Feldaktivitäten und Laborarbeiten. Diverse Projektberichte und Publikationen wurden erstellt oder sind noch in Bearbeitung. Gleichzeitig wurden im FEBEX-Stollen weitere Rückbau- beziehungsweise Reinigungsarbeiten vorgenommen, um den Stollen für Folgeprojekte vorzubereiten. Beim LASMO-Projekt wurden weitere geochemische Messkampagnen und Analysen durchgeführt; gleichzeitig wurde die ADUS-Bohrung (Bohrung der französische Andra aus dem Jahr 1996) mit hydraulischen Intervalltests und hydrogeochemischen Analysen charakterisiert. Beim Kor-

rosionsexperiment MaCoTe-Projekt wurden die Analysen der Proben fortgeführt. Das LCS-Experiment wurde 2016 planmässig beendet. Es folgen Dokumentation und Publikation der Ergebnisse. Beim GAST-Projekt wurden die geplanten Anpassungen in der Instrumentierung vorgenommen. Im Juni wurde wieder mit der kontinuierlichen Aufsättigung begonnen.

### Neue Projekte vorbereitet

2016 begannen zudem die Planung und die Vorbereitung der neuen Projekte CIM und HotBENT (vgl. Textbox links), die 2017 starten sollen. Die Konzepte für die Experimente wurden entworfen und die Standorte für die geplanten In-situ-Tests ausgewählt.

#### FORSCHUNGSARBEIT GEWINNT DURCH AUSTAUSCH

Niels Giroud, Projektleiter Geowissenschaften



«Ich berate gern andere Forscher in Fachfragen», sagt Niels Giroud. «Und die internationale Zusammenarbeit finde ich spannend.» Er berät zurzeit eine ausländische Entsorgungsorganisation, ob Daten früherer Versuche sich für ein geologisches Modell eignen würden. «Der Kontakt zu externen Partnern aus aller Welt macht mir viel Spass», betont Giroud, der seit August 2013 bei der Nagra an verschiedenen Projekten in beiden Schweizer Felslabors arbeitet. Zuvor beschäftigte er sich mit der Geochemie von geothermalen Systemen, unter anderem auf Island. «Ich habe mein Fachgebiet eigentlich nicht stark gewechselt, als ich zur Nagra kam», bemerkt Giroud. Er erforscht weiterhin die Interaktionen zwischen Fels, Wasser und Gas. «Nur Temperatur und Durchlässigkeiten sind nun anders», ergänzt er.

Im LCS-Experiment (siehe Textbox Seite 30) hat Giroud die Langzeitwechselwirkungen zwischen Zementlösungen, Porenwässern und Gestein untersucht. Zement soll als Verfüllmaterial in einem künftigen Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle dienen. Nach sechs Jahren im Fels wurden nun die Zementproben entnommen, das umliegende Gestein überbohrt und beides analysiert. «Mit diesem Experiment haben wir das Verständnis über die Wechselwirkungen entscheidend erhöht», führt er aus. «Wir wissen nun viel mehr darüber, wie sich Zement in einem natürlichen Umfeld mittelfristig verhält, wie sich zum Beispiel der pH-Wert verändert oder welche chemischen Reaktionen mit dem Gestein stattfinden.» Zum Beispiel kann der hohe pH-Wert der Zementwässer die Wasser- und Gasdurchlässigkeiten des Opalinustons innerhalb der ersten paar Zentimeter im Gestein beeinflussen. Das dazugewonnene Wissen kann nun für künftige Modellierungen eingesetzt werden.

«Für mich ist es auch wichtig, unsere Erkenntnisse mit anderen Forschern zu diskutieren», sagt Niels Giroud. Die Nagra arbeitet mit Instituten wie der Empa, dem Eawag, der Universität Bern oder dem Paul Scherrer Institut zusammen. «Der Austausch mit anderen Forschern inspiriert mich in meiner Arbeit und dient letztlich auch als eine Art Standortbestimmung», fügt er hinzu.



## Beteiligung der Nagra an Experimenten im Felslabor Mont Terri (FMT)

Seit 1996 werden im internationalen Felslabor Mont Terri im Kanton Jura Experimente zur Charakterisierung von Opalinuston durchgeführt. Das Felslabor erlaubt es der Nagra, die Eigenschaften des Opalinustons in Bezug auf die Lagerung radioaktiver Abfälle vertieft zu untersuchen. Derzeit beteiligen sich 16 Partnerorganisationen aus acht Ländern an den Forschungsprojekten. Im Berichtsjahr hat zudem ein zusätzlicher Partner ein Gesuch zur Aufnahme ins Mont-Terri-Konsortium eingereicht. Das Untersuchungsprogramm wird durch ein Komitee ausgearbeitet, in dem jeder Partner vertreten ist. Das Projekt Mont Terri steht unter der Leitung des Bundesamts für Landestopografie (swisstopo) und wird durch eine Commission stratégique begleitet. Die Interessen des Kantons Jura werden durch die Commission de suivi vertreten.

## 20 Jahre Felslabor Mont Terri

Die Feierlichkeiten zum 20-Jahr-Jubiläum des Felslabors im Mai haben dessen Bedeutung als Zentrum der internationalen Tiefenlagerforschung zur Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen für die Realisierung von geologischen Tiefenlagern eindrücklich untermauert. Anwesend waren Bundesrat Guy Parmelin, zahlreiche National-, Regierungs- und Kantonsräte sowie Gäste aus dem Ausland. Die nationale Presse hat ausführlich berichtet. Eine Spezialausgabe des Swiss Journal of Geosciences dokumentiert in einer Serie von Übersichtsartikeln die in den letzten 20 Jahren im Felslabor erzielten Fortschritte in Wissenschaft und Technik.

## Schwerpunkt der Arbeiten

Basierend auf dem Mehrjahres-Forschungsplan der Nagra sowie den behördlichen Empfehlungen liegt das Schwergewicht der Arbeiten auf der vertieften Untersuchung der Eigenschaften des Wirtgesteins (Experimente FS-A, GC, HA-A, LT-A, RA), der Diffusion von Radionukliden im Opalinuston (Experiment DR-B), der Gasentwicklung (FE-G), der Korrosion von Bau- und Behältermaterialien (IC-A) sowie auf der Weiterführung eines Langzeitexperiments zur Wechselwirkung zwischen Opalinuston und Zement (Experiment CI).

### «ICH HABE IN MEINEM JOB DREI HÜTE AUF»

Olivier Leupin, Projektleiter Materialverhalten und Nagra-Delegierter Felslabor Mont Terri



«Ich habe in meinem Job drei Hüte auf», sagt der Geochemiker Olivier Leupin, der einerseits stellvertretender Gesamtprojektleiter Forschung und Entwicklung bei der Nagra ist. Andererseits vertritt er die Interessen der Nagra im wissenschaftlichen Konsortium des Felslabors Mont Terri. Das Konsortium umfasst zurzeit 16 Partner aus acht Nationen.

Olivier Leupin koordiniert und plant das Forschungsprogramm im Felslabor mit. «Ich stelle sicher, dass die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten den übergeordneten

Fragestellungen der Nagra entsprechen», führt er aus. Es sind dies Fragestellungen, die im neuen Forschungs- und Entwicklungsprogramm (vgl. Seite 23) dokumentiert sind. «Da die Themen vielschichtig und komplex sind, arbeiten wir mit unterschiedlichen Forschungsinstituten wie dem Paul Scherrer Institut zusammen.»

Zum Dritten leitet Olivier Leupin das Hauptprojekt «Lagerbedingte Einflüsse». Dieses umfasst alle Prozesse, welche die verschiedenen Sicherheitsbarrieren eines geologischen Tiefenlagers beeinflussen können. Dafür werden unter anderem geochemische und mikrobielle Wechselwirkungen zwischen Zement, Bentonit oder Behältermaterialien im Nahfeld eines künftigen Lagers untersucht. «Diese Untersuchungen liefern Grundlagen für den Nachweis der Langzeitsicherheit», erläutert Olivier Leupin. Aber nicht nur diese komplexen Abläufe faszinieren ihn. «Es ist spannend, für eine wissenschaftliche Frage eine kreative und praxismässige Lösung zu finden. Wie die XRF-Messsonde, mit deren Hilfe wir nun zerstörungsfrei die Diffusion von Radionukliden verfolgen können.»





Das Einlagerungs- und Heizexperiment (FE-M) liefert zuverlässig eine grosse Menge an qualitativ hochstehenden Daten zur Entwicklung des Nahfelds in einem geologischen Tiefenlager.

Da der Platz im Felslabor aufgrund der regen Forschungsaktivitäten für die geplanten Arbeiten nicht mehr ausreicht, wurde die Erweiterung des Labors bis 2019 beschlossen. Die neue Galerie wird das Platzangebot fast verdoppeln.

### Radionuklide einfach nachweisen

Im Langzeitdiffusionsexperiment DR-B wird die Migrationsgeschwindigkeit von Iodid als Modellnuklid für anionische Radionuklide gemessen. Erstmals wird dazu eine mobile, hochsensible Röntgenfluoreszenz-Messsonde (XRF) eingesetzt, die ursprünglich für das Mars-Untersuchungsprogramm entwickelt wurde. Mit dieser lassen sich geringste Konzentrationen bestimmter Elemente wie Iod ermitteln. Durch diese Sonde kann zerstörungsfrei und mit einer höheren räumlichen Auflösung gemessen werden. Die Migrationsgeschwindigkeiten aller relevanten Radionuklide werden für Dosisberechnungen in den Sicherheitsanalysen benötigt.



Am 19. Mai feierte das Felslabor Mont Terri sein 20-jähriges Bestehen.

### SCHLÜSSELEXPERIMENTE IM FELSLABOR MONT TERRI

#### CI (Cement-Clay Interaction)

Mineralogische Wechselwirkung zwischen Tongestein und Zement

#### DB (Deep inclined borehole through OPA)

Tiefe Bohrung durch den Opalinuston

#### DR-A (Diffusion and Retention)

Diffusion und Rückhaltung von Radionukliden

#### DR-B (Long-term Diffusion Experiment)

Langzeitdiffusionsexperiment

#### FE (Full-Scale Emplacement Demonstration)

1:1-Einlagerungsversuch zur Untersuchung des Stollenumfelds mit den Teilprojekten:

FE-G (Gas evolution in the FE experiment)

FE-M (Monitoring of the FE experiment)

#### FS-A (Friction properties of Opalinus Clay)

Laboruntersuchungen zu hydromechanischen Eigenschaften von tektonisch reaktiviertem Opalinuston

#### GC (Geomechanical in-situ Characterization)

Untersuchungen und Konzeptualisierung von tektonischen Bruchmustern

#### GD (Geochemical Data)

Analysen von geochemischen Daten

#### HA-A (Hydraulic & Geophysical Parameter Variability)

Variabilität hydraulischer und geophysikalischer Eigenschaften von Opalinuston

#### HE-E (Heater Experiment)

Verhalten der technischen Barrieren unter Wärmeeinfluss

#### IC-A (Corrosion in Bentonite)

Korrosionsverhalten verschiedener Metallsorten in Bentonit

#### LP-A (Long term monitoring of pore pressures)

Untersuchungen von Fließvorgängen entlang wasserführender Systeme

#### LT-A (Properties Analyses Labtesting)

Laboruntersuche zu den Eigenschaften von Opalinuston

#### MA (Microbial Analyses)

Untersuchung von mikrobiellen Reaktionen

#### MA-A (Modular Platform for Microbial Studies)

Mikrobielle Prozesse in der Bentonitbarriere

#### RA (Petrofabric and Strain Determination)

Gefügeanalysen von Opalinuston

#### WS-I (Investigation of wet spots)

Verständnis der Selbstabdichtung von EDZ

(Auflockerungszone) und tektonischen Störungen









### FORSCHUNG IN DEN FELSLABORS

Das internationale Forschungsprojekt im Mont Terri im Kanton Jura wird unter der Leitung des Bundesamts für Landestopografie, swisstopo, durchgeführt. Die Nagra ist seit Beginn im Jahr 1996 beteiligt.

Die Nagra betreibt das Felslabor am Grimselpass seit 1984. Hier forschen Wissenschaftler aus aller Welt in den kristallinen Gesteinen des zentralen Aarmassivs. Das Labor ist für die Wissenschaftler ganzjährig zugänglich.







«ISCO-Meeting» 2016: Die Vertreter der Grimsel-Partnerorganisationen treffen sich alljährlich und tauschen sich über ihre Projekte aus.



# Internationale Dienstleistungen und Projekte

Mit ihrem stetig wachsenden Know-how ist die Nagra gut positioniert, um ihre Partnerorganisationen wirkungsvoll zu unterstützen. Im Jahr 2016 haben wir unsere Leistungsfähigkeit weiter ausgebaut, indem wir den Pool an erfahrenen Mitarbeitenden vergrössert und unser Portfolio an Dienstleistungen für den Nuklearbereich ausgeweitet haben.

## Projekte in Japan und Südkorea

In Japan standen zwei Projekte im Fokus der Zusammenarbeit mit unserer Schwesterorganisation NUMO: die Vorbereitung der ersten Phase des Standortwahlverfahrens und das Yokosuka-Demonstrationsprojekt. Mit der japanischen Atomenergieagentur JAEA wurden Studien in den Felslabors und solche zur Neotektonik fortgesetzt. Mit RWMC fand ein Informationsaustausch zu den neuesten Fortschritten der nuklearen Entsorgung in der Schweiz statt. Mit der Obayashi Corporation wurden Instrumentierungs- und Datenauswertungstechniken weiterentwickelt. In Südkorea deckte die Zusammenarbeit mit KIGAM und KORAD verschiedene Aspekte der Standorterkundung und Standortwahl sowie der Projektierung von Felslabors ab.

## Innereuropäische Zusammenarbeit

Innereuropäisch wurden für RWM (UK) verschiedene Beratungsaufträge durchgeführt sowie die Arbeiten zur Versiegelung tiefer Sondierbohrungen fortgesetzt, mit Schwerpunkt auf der Weiterentwicklung von Methoden zur Qualitätssicherung und -kontrolle. Mit der belgischen ONDRAF/NIRAS konnte ein neuer, langfristiger Rahmenvertrag unterzeichnet werden. Darauf basierend leistete die Nagra Unterstützung bei Arbeiten zum Sicherheits- und Machbarkeitsnachweis eines geologischen Tiefenlagers, zur Ausgestaltung der technischen Sicherheitsbarrieren sowie zum Standortwahlverfahren. Zusammen mit der tschechischen SURAO wurden die experimentellen Arbeiten im Felslabor am Standort Bukov geplant.

## Arbeiten in der Schweiz

In der Schweiz startete die Unterstützung für ein Projekt zum Rückbau des Forschungsreaktors der Universität Basel. Im Rahmen der laufenden 3D-Seismikkampagne wurde für unsere Partner ein massgeschneiderter und praxisorientierter Trainingskurs zur seismischen Exploration durchgeführt.

## Beratende Tätigkeit fortgeführt

Unsere Experten waren zudem an einer Reihe hochrangiger Beratungs- und Lenkungsgruppen beteiligt, unter anderem der «Geoscience Review Group» der kanadischen NWMO (Standortwahl für das HAA-Lager), dem «Steering Committee» für den Sicherheitsnachweis für eine Betriebsbewilligung (Posiva, Finnland) sowie dem internationalen «Technical Advisory Committee» (NUMO, Japan).

## INTERNATIONALE DIENSTLEISTUNGEN UND PROJEKTE (IDP)

Der Bereich IDP der Nagra ist sowohl für Projekte, die nicht durch das Schweizerische Nationalprogramm finanziert werden, als auch für das Felslabor Grimsel verantwortlich. Die Dienstleistungen umfassen ein breites Spektrum der nuklearen Entsorgung: strategische Programmplanung, Spezifikation von Abfallinventaren, Standortwahl, Standortcharakterisierung und -evaluation, Lagerkonzepte, Entwicklung von Sicherheitsnachweisen und Sicherheitsanalysen, Öffentlichkeitsarbeit, fokussierte Ausbildung und Wissensaufbau sowie Projekte in anderen wissenschaftlichen und technischen Bereichen wie zum Beispiel Geothermie-Erkundungen.

# Internationale Zusammenarbeit

Im Rahmen der verschiedenen bilateralen Abkommen zwischen der Nagra und rund 15 ausländischen Partnerorganisationen findet ein regelmässiger Informationsaustausch statt. Zudem führt die Nagra mit mehreren Partnern gemeinsame Projekte durch, die teilweise multilateral abgewickelt werden (z.B. bei Projekten in Felslabors in der Schweiz und im Ausland), teilweise zusammen mit internationalen Organisationen. Daneben gibt es gemeinsame Projekte in Labors von Forschungsinstituten sowie zur Modellentwicklung und zur Evaluation von Datenbanken. Neben der formellen Zusammenarbeit führen die internationalen Verbindungen zu vielen persönlichen Kontakten, die es der Nagra ermöglichen, auch informell Fachfragen zu diskutieren.

Die Beteiligung an den EU-Forschungsprogrammen bildet einen wichtigen Teil der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Nagra. Ihre Mitwirkung bei der «Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform» (IGD-TP) fördert die Zusammenarbeit mit EU-Partnern. Zu mehreren Themen sind technisch-wissenschaftliche Projekte angelaufen oder werden in Arbeitsgruppen bearbeitet.

## **In Beratungsgremien vertreten**

Mitarbeitende der Nagra sind in Beratungsgremien und Arbeitsgruppen vertreten – unter anderem in Frankreich, Japan, Kanada und Schweden. Sie erhalten dadurch Einblick in die Erfahrungen anderer Entsorgungsorganisationen. Über die gemeinsamen Arbeiten hinaus ist die Nagra in über zehn Arbeitsgruppen und Projekten der OECD/NEA vertreten, die wichtige Diskussions- und Austauschplattformen darstellen sowohl für technisch-wissenschaftliche als auch für gesellschaftliche Aspekte der Entsorgung. Sie wirkt zudem regelmässig in Expertengruppen der IAEA mit. Thomas Ernst wurde 2016 zum Präsidenten des EDRAM, eines Interessensverbands der führenden Entsorgungsorganisationen, gewählt.

Die Nagra hat 2016 auch an internationalen Tagungen zu vielen Themen rund um die Tiefenlagerung teilgenommen. Sie wurde für zahlreiche Vorträge eingeladen und hat im Programmkomitee der

«International Conference on Geological Repositories ICGR 2016», mitgewirkt. Die Nagra organisiert die siebte Clay Conference im September 2017 in Davos.

## **Forschungsrahmenprogramme der EU**

Die Forschungsrahmenprogramme der EU dienen gezielt der Förderung eines europäischen Forschungsraums und sind ein wichtiges Instrument für die Zusammenarbeit bei Forschungsvorhaben in Europa. Herausforderungen für Industrie und Gesellschaft sollen gemeinsam und nicht nur auf einzelstaatlicher Ebene gelöst werden.

Seit Januar 2014 läuft das achte Forschungsrahmenprogramm «Horizon 2020 – Forschung und Innovation» der EU. Das früher parallel laufende «Euratom-Programm» für Forschungs- und Ausbildungsmassnahmen im Nuklearbereich wurde in «Horizon 2020» integriert.

Auf der Grundlage des Forschungsabkommens zwischen der Schweiz und der EU können sich Schweizer Wissenschaftler seit 2004 an den Forschungsrahmenprogrammen der EU beteiligen. Im Gegenzug leistet die Schweiz einen direkten Beitrag an das Gesamtbudget.

Die Forschungsprojekte zur Lagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen ermöglichen es der Nagra, das notwendige Fachwissen effizient und kontinuierlich auszubauen und wichtige Entwicklungen in Europa mitzugestalten. 2016 hat die Nagra an verschiedenen Projekten mitgewirkt (vgl. Textbox rechts).

Im Rahmen des «Horizon 2020»-Programms nimmt die Nagra an den Projekten «MoDeRn 2020» und «CAST» teil. Sie ist zudem Nutzniesserin der Projekte «MIND» (Mikrobiologie) und «CEBAMA» (Zementinteraktionen).

## **Ergebnisse des Projekts «DOPAS»**

Die Teilnahme am Forschungsprojekt «DOPAS» ermöglichte der Nagra den Zugang zu ausgereiften Versiegelungs- und Verschlussystemen für geologische Tiefenlager, welche von Entsorgungsorganisationen entwickelt wurden, die sich in



einem fortgeschrittenen Stadium des Bewilligungsverfahrens befinden. Gemeinsam wurden Lösungen für die Versiegelung und den Verschluss erarbeitet. Beim «Full Scale Seal»-Experiment (FSS-Experiment) wurde ein Verschlussystem im Massstab 1:1 in einer Montagehalle unter der Leitung der französischen Entsorgungsorganisation Andra eingerichtet. Hierbei hat die Nagra wichtige Erfahrungen über das Einbringen von Bentonitgranulat gesammelt, das im Schweizer Entsorgungskonzept für hochaktive Abfälle eine wichtige Rolle spielt.

## 7. FORSCHUNGSRAHMENPROGRAMM DER EU

### CAST (Carbon14 Source Term)

Untersuchung der Freisetzungsrates und Speziation von  $^{14}\text{C}$  bei Freisetzung durch Korrosion aktivierter Stähle und Zirkalloy sowie durch Auslaugung von Austauscherharzen und Graphit unter tiefenlagerrelevanten Bedingungen;  
Koordination: NDA (Grossbritannien)  
Beteiligung: 33 Organisationen aus 15 Ländern;  
Laufzeit: 2013 – 2018

### DOPAS (Full-Scale Demonstration of Plugs and Seals)

Untersuchung der Versiegelungskonzepte für die Zugangsbauwerke eines geologischen Tiefenlagers für die Wirtgesteine Tonstein, Steinsalz und Kristallin  
Koordination: Posiva (Finnland).  
Beteiligung: 14 Organisationen aus 8 Ländern;  
Laufzeit: 2012 – 2016

### MoDeRn 2020 (Monitoring development for safe repository operation and staged closure 2020)

Bereitstellung von Grundlagen zur Entwicklung und Umsetzung eines effizienten Überwachungsprogramms für geologische Tiefenlager unter Berücksichtigung des Sicherheitsnachweises und der spezifischen Anforderungen der nationalen Programme sowie der lokalen Stakeholder  
Koordination: Andra (Frankreich)  
Beteiligung: 28 Organisationen aus 13 Ländern;  
Laufzeit: 2014 – 2018



Die Praktikanten Carlos Soares aus dem Tessin und Berrak Firat Lüthi aus der Türkei arbeiteten 2016 im Felslabor Grimsel am EU-Projekt «MoDeRn 2020».



Texten, koordinieren, gestalten, übersetzen, redigieren, bloggen, filmen und fotografieren: Patrick Burgert, Benedikt Galliker, Linda McKinley und Alice Hellenbrandt vom Team Publizistik (von links oben nach rechts unten), fotografiert von Anita Kendzia.



# Öffentlichkeitsarbeiten

## Kommunikation und Dialog

Sachliche, kompetente und zeitnahe Information sowie ein Dialog auf Augenhöhe sind die Voraussetzungen für Vertrauen. Die Öffentlichkeitsarbeit der Nagra hat die Aufgabe, verständlich, transparent und zielgruppengerecht zu informieren und den Kontakt mit der Öffentlichkeit zu pflegen. Dabei bedient sie sich einer Vielzahl von Kommunikationsmitteln und Kontaktmöglichkeiten: Internet-Auftritt, Broschüren, Filme, Medienmitteilungen, Führungen in Felslabors, Vorträge, Teilnahme an regionalen Gewerbesessen und Diskussionsplattformen.

## Ausstellung «Zeitreise zum Tiefenlager»

Die Ausstellung «Zeitreise zum Tiefenlager» ist besonders beim jüngeren Publikum beliebt. Mittels Virtual-Reality-Brille reist der Besucher auf einem Zeitreisestuhl in die Zukunft und kann erleben, wie ein Tiefenlager gebaut und befüllt wird und wie es sich in eine Region einfügt. Als Ergänzung zu dieser modular aufgebauten Ausstellung wurde im zweiten Halbjahr eine mobile Lösung mit vier Stühlen auf einem Anhänger geschaffen. Die mobile Ausstellung kann drinnen und draussen bei eintägigen Veranstaltungen wie TecNights oder Weiterbildungen eingesetzt werden.

## Ausstellungen und Führungen – Nagra vor Ort

Die Nagra war im Jahr 2016 an 24 Gewerbeausstellungen, -märkten und anderen Events vertreten: Frauenfeld, Lausanne, Aarau, Bad Zurzach, Remigen, Luzern, Wohlen (zweimal), Rickenbach (ZH), Böttstein, Herznach, Vogelsang-Turgi, Grandson, Rafz, Zürich, Waldshut (DE), Laufenburg, Leibstadt, Schaffhausen, Bülach, Däniken, Ittigen, Winterthur und Bern. Diese Veranstaltungen boten Gelegenheit zum direkten Meinungsaustausch mit den Besuchenden. Begleitend zu den seismischen Messungen in Zürich Nordost und Nördlich Lägern stellte die Nagra in Laufenuhwiesen beziehungsweise in Glattfelden einen Informationscontainer auf.

Insgesamt besichtigten 4893 Besucherinnen und Besucher die beiden Felslabors Grimsel und Mont Terri. Ins Felslabor Grimsel kamen 1115 Perso-

nen. Das Felslabor Mont Terri, das am 19. Mai 2016 sein 20-Jahr-Jubiläum feierte, besuchten 3778 Personen. Die Nagra organisierte für die Bevölkerung aus den möglichen Tiefenlager-Standortregionen Südranden, Zürich Nordost, Nördlich Lägern, Jura Ost und Jura-Südfuss vier Besuchstage im Felslabor Mont Terri und drei im Felslabor Grimsel.

## Nagra in der Schule

Die Nagra verschickte vier Newsletter für Lehrpersonen. Sie beteiligte sich an den TecDays der Bündner Kantonsschule Chur, der Kantonsschule Zürcher Unterland in Bülach und der Kantonsschule Trogen, der Kantonsschule Stadelhofen Zürich, des Freien Gymnasiums Zürich und der Kantonsschule Wohlen (mit TecNight). Weiter stellte die Nagra ihr Schulprogramm an der Schule Feuerthalen vor. Um Schulen ansprechend über die Entsorgung zu informieren, wurde ein Arbeits-

### «MAN KÖNNTE FAST SAGEN, ICH WERDE FÜRS ZEITUNGEN LESEN BEZAHLT» Franziska Stalder, Assistentin Medienstelle



«Als ich 2005 bei der Nagra anfang, klebten wir den Pressepiegel mit den Zeitungsartikeln noch von Hand», erzählt Franziska Stalder, die damals nach der Familienpause wieder ins Berufsleben einstieg. Geschickt wurde die Artikelauswahl dann per Fax an die Abonnenten. Bald darauf kamen der elektronische Pressepiegel und der Versand per E-Mail. Heute kontrolliert Franziska Stalder täglich die Artikelauswahl, die von einer externen Monitoringfirma gemacht wird. «Man könnte fast sagen, ich werde fürs

Zeitungen Lesen bezahlt», sagt sie und lacht. Mit E-Mails hat Franziska Stalder jeden Tag zu tun. Sie betreut die info@nagra.ch-Adresse und macht die Triage der eingehenden E-Mails. Fachliche Fragen oder sonstige Anfragen zur Nagra leitet sie weiter. Bestellungen von Infomaterial wie Schulordner, Broschüren, Flyer oder DVD bearbeitet sie hingegen selbst. «Ich habe einen wirklich vielseitigen Job, in dem ich sehr selbstständig agieren kann», betont sie.

Franziska Stalder hat viele Backoffice-Aufgaben wie unter anderem die Pflege von Datenbanken zum Beispiel für den Geschäftsbericht. Daneben ist sie für die Lager-Bewirtschaftung aller Drucksachen im Bereich Öffentlichkeitsarbeiten zuständig. Auch organisatorische Aufgaben erledigt Franziska Stalder gern: zum Beispiel für Medienanlässe, für den Zukunftstag bei der Nagra sowie für die Besuchstage in den beiden Felslabors. «Da bin ich je nach Anlass zuständig für Einladung, Anmeldung, Transportorganisation, Auswahl Räumlichkeiten bis hin zum Catering», erläutert sie. «Das macht mir viel Spass.» Nicht nur das, Franziska Stalder schätzt das tolle Arbeitsklima bei der Nagra, wie sie selbst sagt.



konzept erstellt. Darauf basierend wurden ein Modell eines Tiefenlagers für hochaktive Abfälle geschaffen und die Landing Page «Schule & Jugend» um ein interaktives Tool erweitert.

#### **Die Arbeit der Nagra im Fokus der Medien**

Tele Top machte im März eine vierteilige Fokus-Serie zum Thema «Kernanlagen und wie geht eine Region damit um?». Am Medienanlass zum Auftakt der 3D-Seismik in Zürich Nordost vom 8. Februar nahmen 17 Journalisten aus Print, TV und Radio teil. Am 14. April führte die Nagra ihr drittes Jahres-Mediengespräch durch. Deutschlandradio berichtete am 21. Juni in einer ausführlichen Reportage, wie die deutschen Grenzgemeinden mit einem Schweizer Tiefenlager umgehen würden. 2016 wurden fünf Medienmitteilungen publiziert; eine davon zu den Nachforderungen des ENSI.

Ausserdem besuchten im Juli Medienschaffende die geoelektrischen Untersuchungen in Isenbuck/Berg im Standortgebiet Zürich Nordost. Der Walliser Bote lud am 20. August zu einer Leserreise ins FLG ein. Begleitend zur Einreichung der Gesuche für Sondierbohrungen wurden am 27. September in Jura Ost (Remigen) und Zürich Nordost (Marthalen) Mediengespräche durchgeführt. Am 24. Oktober fand der Medienanlass zum Auftakt der 3D-Seismik in Nördlich Lägern (Kaiserstuhl) statt.

#### **Social Media verstärkt, Internetauftritt überarbeitet**

Der neue Blog [www.nagra-blog.ch](http://www.nagra-blog.ch) bietet seit Ende Februar 2016 Einblicke in die Tätigkeit der Nagra. Mitarbeitende schreiben selbst die Beiträge zu Themen wie Feldarbeiten, Forschung, Ausstellungen, Schul- und Jugendarbeit. Einzelne Blogbeiträge werden mit dem Facebook-Konto Erdwissen der Nagra verknüpft und erreichen so eine erweiterte Leserschaft; auch über Online-Plattformen von Zeitungen verbreiten sich die Beiträge des Blogs zunehmend.

Die Suchfunktion und die Navigation auf der Nagra-Website – unter anderem die Info-Leiste – wurden effizienter respektive benutzerfreundlicher gestaltet. Weiter wurden der Medien- und Newsbereich sowie der Eventkalender neu strukturiert, um die Orientierung auf der Homepage weiter zu optimieren.

#### **Feldarbeiten in Wort, Foto und Film**

2016 hat die Nagra für die laufenden Feldarbeiten verschiedene Drucksachen erstellt: Das Faltblatt «Erdwissenschaftliche Untersuchungen für Etappe 3 – Update Nördlich Lägern» wurde produziert. Weiter wurde für das Standortgebiet Nördlich Lägern ein Flyer mit den wichtigsten Informationen zu den seismischen Messungen veröffentlicht. Ende September publizierte die Nagra begleitend zur Einreichung der Sondiergesuche eine Broschüre zum Thema Sondierbohrungen. Zu jedem





Reges Medieninteresse zum Auftakt der seismischen Messungen in Nördlich Lägern

Bohrplatz in Zürich Nordost beziehungsweise Jura Ost wurde ein Einlageblatt mit näheren Informationen erstellt. Zu den 2D-Seismik-Messungen wurde für jedes Standortgebiet ein Info-Flyer verfasst. Auch fotografisch und filmisch wurden die seismischen Messungen begleitet: Neben einer umfassenden Fotodokumentation wurde ein Kurzfilm mit Impressionen von der Seismik in den Standortgebieten Zürich Nordost und Jura Ost fertiggestellt und auf dem youtube-Kanal der Nagra publiziert. Die 3D-Seismik-Kampagne und weitere Feldarbeiten wie Aufzeitbohrungen oder die 2D-seismischen Messungen wurden in zahlreichen Blogbeiträgen thematisiert.

#### **Taschenbuch Stein: neue Auflage**

Das beliebte Taschenbuch «Stein» wurde aktualisiert und im April neu gedruckt. Ein Faltblatt zum Standortgebiet Jura Ost erschien im August und fasst das Wichtigste rund um Geologie und Grundwasser in diesem Gebiet zusammen. Darüber hinaus hat die Nagra Mitte November die Broschüre «Schachtkopfanlagen – Beschreibung und Funktion» publiziert. Begleitend dazu wurde unter [www.nagra.ch](http://www.nagra.ch) eine neue Seite mit interaktiven Systemskizzen erstellt. Mitte Dezember hat die Nagra zeitgleich zur Veröffentlichung des Entsorgungsprogramms und des Forschungs- und Entwicklungsprogramms das Themenheft «Entsorgungsprogramm – daran arbeiten wir» veröffentlicht. Das Heft wurde an rund 13 000 deutschsprachige Abonnenten verschickt. Im Jahr 2016

wurden wiederum zwei «nagra info» publiziert und an die Abonnenten versendet; Ende Juni mit dem Schwerpunkt 20 Jahre Felslabor Mont Terri. Entsprechend wurden zwei Newsletter «e-info» verschickt.

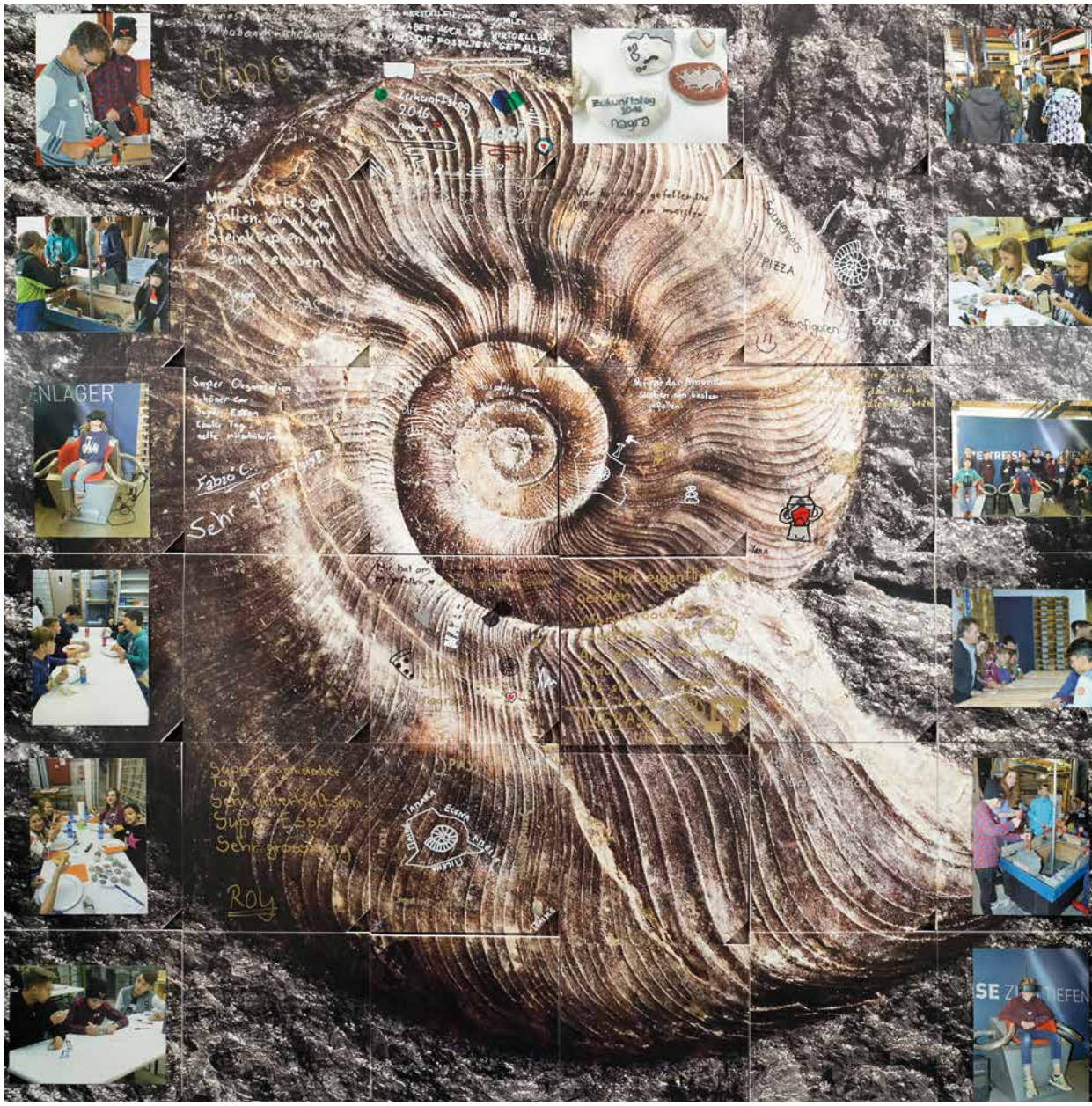
#### **Die «Zeitreise zum Tiefenlager» zu Hause erleben**

Der Film «Zeitreise zum Tiefenlager» ist nun in seiner gesamten Länge auf dem youtube-Kanal der Nagra abrufbar. Ausgestattet mit einem Smartphone und der YouTube App kann man sich den Film als 360°-Video ansehen. Eine spezielle Halterung mit Optik wie die Google Cardboard macht aus einem modernen Smartphone eine Virtual-Reality-Brille.

#### **Besuchen Sie uns im Internet:**

- [www.nagra.ch](http://www.nagra.ch)  
Breites Informationsangebot für die Öffentlichkeit
- [www.nagra-blog.ch](http://www.nagra-blog.ch)  
Erfahren Sie, woran wir arbeiten
- [www.erdwissen.ch](http://www.erdwissen.ch)  
Erdwissenschaftlicher Blog









### VERANSTALTUNGEN FÜR DIE ÖFFENTLICHKEIT

2016 gab es zahlreiche Anlässe, bei denen Interessierte der Nagra über die Schultern schauen konnten. Die Ausstellung «Zeitreise zum Tiefenlager» mit den Virtual-Reality-Brillen stiess bei Jung und Alt wiederum auf grosses Interesse. Sie wurde um eine mobile Ausstellung auf einem Anhänger ergänzt. Die Nagra stand für Fragen aus der Bevölkerung zur Verfügung, auch im Seismik-Informationscontainer bei den Messungen in Zürich Nordost und Nördlich Lägern. Ein weiteres Highlight war der Zukunftstag, an dem Kinder einen spannenden Einblick ins Thema Entsorgung erhielten.





# Organisation und Trägerschaft 2016



**Corina Eichenberger**  
**Präsidentin der Verwaltung**

«Die Sicherheit von Mensch und Umwelt muss bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle prioritär sein. Die Entsorgung darf auch keine negativen Auswirkungen auf die Menschen haben und muss verträglich sein mit den Bedürfnissen der Region. Es liegt mir persönlich am Herzen, dass wir diese Herausforderung auch in Zukunft meistern und mit höchstem Verantwortungsbewusstsein angehen.»

## **Geschäftsleitung der Nagra**

Von oben links nach rechts: Dr. Tim Vietor, Bereichsleiter Sicherheit, Geologie & Radioaktive Materialien; Maurus Alig, Gesamtprojektleiter SGT Etappe 3 / Rahmenbewilligungen; Reto Beutler, Bereichsleiter Finanzen, Controlling & Personal; Patrick Senn, Bereichsleiter Projektierung & Bau geologische Tiefenlager

Von unten links nach rechts: Dr. Markus Fritschi, Stv. Vorsitzender der Geschäftsleitung, Bereichsleiter Zusammenarbeit Sachplan & Öffentlichkeitsarbeit; Dr. Thomas Ernst, Vorsitzender der Geschäftsleitung; Dr. Piet Zuidema, Gesamtprojektleiter Sachplan Etappe 2





### Geschäftsstelle

Ende 2016 waren bei der Geschäftsstelle 109 Personen angestellt (105 Festangestellte und vier Teilzeit-mitarbeitende/Aushilfen). Zusammen belegten sie 97,6 Vollzeitpensen.

### Verwaltung und Generalversammlung

Die Verwaltung hielt vier Sitzungen zur Behandlung der laufenden Geschäfte ab. Wichtiger Themenschwerpunkt war in allen Sitzungen die Begleitung des Sachplanverfahrens. Die Verwaltung nahm zudem Kenntnis von den geplanten Forschungs- und Projektierungsarbeiten für das Jahr 2017 und genehmigte einen entsprechenden Rahmenkredit. Weiter wurden drei Klausuren zur Kostenstudie 2016 abgehalten. Der Technische Ausschuss traf sich zu vier Sitzungen und die Kommission für Kommunikation und Information hielt zwei Sitzungen ab. Die Finanzkommission tagte zwei Mal. Sie nahm Stellung zum Jahresabschluss 2015, zum Budget 2017 sowie zur kumulierten Rechnung. Die ordentliche Generalversammlung der Nagra fand am 20. Juni in Bern statt. Die Genossenschafter genehmigten den Geschäftsbericht und die Jahresrechnung 2015. Ronald Rieck wurde an der Generalversammlung als Vertreter des Zwilag in den Verwaltungsrat gewählt; er ersetzt Walter Heep. Am 28. November fand eine ausserordentliche Generalversammlung zur Übertragung der Genossenschaftsanteile der Nagra von der Alpiq Suisse SA auf die Alpiq AG statt.

### Weitere Mitglieder des Kaders der Nagra

Von links nach rechts: Dr. Andreas Gautschi, Geowissenschaftlicher Berater der Geschäftsleitung; Dr. André M. Scheidegger, Stv. Gesamtprojektleiter Sachplan Etappe 3; Armin Murer, Stv. Bereichsleiter Zusammenarbeit Sachplan & Öffentlichkeitsarbeit; Dr. Irina Gaus, Gesamtprojektleiterin Forschung & Entwicklung; Dr. Stratis Vomvoris, Bereichsleiter Internationale Dienstleistungen und Projekte; Dr. Harald Maxeiner, Stv. Bereichsleiter Sicherheit, Geologie & Radioaktive Materialien



# Genossenschafter, Verwaltung, Kommissionen und Revisionsstelle

## **Genossenschafter**

Schweizerische  
Eidgenossenschaft  
Bern

Alpiq AG  
Olten

Axpo Power AG  
Baden

BKW Energie AG  
Bern

Kernkraftwerk Gösgen-  
Däniken AG  
Däniken

Kernkraftwerk Leibstadt AG  
Leibstadt

Zwilag Zwischenlager  
Würenlingen AG

## **Verwaltung**

Corina Eichenberger  
Kölliken (AG)  
Präsidentin Nagra

Dr. Stephan W. Döhler  
Vizepräsident  
Axpo Power AG

Dr. Philipp Hänggi  
BKW Energie AG

Dr. Thomas Kohler  
Alpiq AG

Dr. Andreas Pfeiffer  
Kernkraftwerk Leibstadt AG

Dr. Michaël Plaschy  
Kernkraftwerk Gösgen-  
Däniken AG

Ronald Rieck  
Zwilag Zwischenlager  
Würenlingen AG

Dr. Thierry Strässle  
Schweizerische Eidgenossenschaft

Peter Zbinden  
Erlenbach (ZH)  
ehem. Vorsitzender der  
GL AlpTransit Gotthard AG

## **Technischer Ausschuss**

Dr. Thomas Kohler  
Vorsitz  
Alpiq AG

## **Finanzkommission**

Urs Helfer  
Vorsitz  
Axpo Power AG

## **Kommission für Kommunikation und Information**

Dr. Philipp Hänggi  
Vorsitz  
BKW Energie AG

## **Kommission für Rechtsfragen**

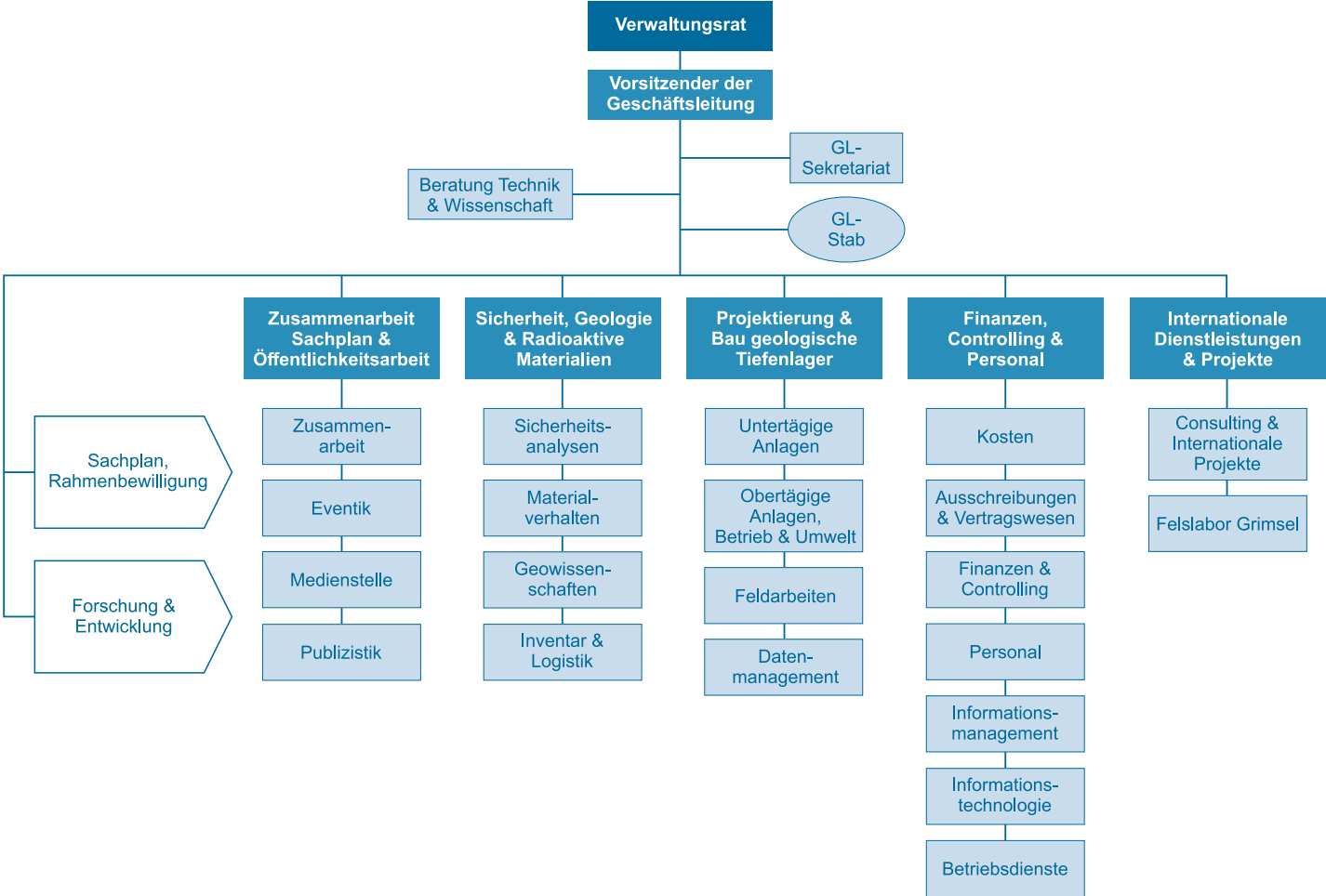
Hansueli Sallenbach  
Vorsitz  
Axpo Holding AG

## **Revisionsstelle**

PricewaterhouseCoopers AG  
Zürich



# Organigramm der Geschäftsstelle bis 31. Dezember 2016







# Jahresrechnung 2016

# Kommentar zur Jahresrechnung 2016

Die vorliegende Jahresrechnung 2016 wurde gemäss den Vorschriften des schweizerischen Gesetzes, insbesondere der Artikel über die kaufmännische Buchführung und Rechnungslegung des Obligationenrechts für Einzelabschlüsse (Art. 957 bis 962), erstellt.

Der Gesamtaufwand abzüglich Erträge aus Lieferungen und Leistungen und übrige Erträge wird von den Genossenschaf tern getragen, wodurch ein ausgeglichenes Jahresergebnis resultiert.

Der Betriebsertrag erhöhte sich gegenüber dem Vorjahr insgesamt um 3,4 Mio. CHF. Dazu beigetragen haben höhere Beiträge der Genossenschaf ter (5,4 Mio. CHF), während die Nettoerlöse aus Lieferungen und Leistungen (-1,9 Mio. CHF) und der übrige betriebliche Ertrag (-0,1 Mio. CHF) rückläufig waren.

Die Projektaufwendungen erhöhten sich um 1,1 Mio. CHF, primär verursacht durch die in den Standortgebieten Zürich Nordost und Nördlich Lägern durchgeführten seismischen Messungen.

Der Personalaufwand, der übrige betriebliche Aufwand sowie die Abschreibungen erhöhten sich im Zuge der Umsetzung der Organisationsentwicklung hinsichtlich Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager zusammen um 2,3 Mio. CHF.

Ausführlichere Informationen finden sich im Anhang zur Jahresrechnung.

Wettingen, 5. April 2017



Dr. Thomas Ernst, Vorsitzender der Geschäftsleitung



# Bilanz

Anhang <b>Aktiven</b>		31.12.2016	31.12.2015
		CHF	CHF
<b>Umlaufvermögen</b>			
	Flüssige Mittel	15 639 717	13 136 310
C1	Forderungen aus Lieferungen und Leistungen	268 573	1 477 417
	Gegenüber Dritten	216 305	1 332 091
	Gegenüber Beteiligten	52 268	145 326
C2	Übrige kurzfristige Forderungen	102 978	81 002
	Gegenüber Dritten	102 978	81 002
C3	Nicht fakturierte Dienstleistungen	1 671 265	1 399 725
C4	Aktive Rechnungsabgrenzungen	1 138 921	2 065 475
	<b>Total Umlaufvermögen</b>	<b>18 821 454</b>	<b>18 159 929</b>
<b>Anlagevermögen</b>			
C5	Sachanlagen	1 610 261	1 515 535
	<b>Total Anlagevermögen</b>	<b>1 610 261</b>	<b>1 515 535</b>
	<b>Total Aktiven</b>	<b>20 431 715</b>	<b>19 675 464</b>
<b>Passiven</b>			
<b>Kurzfristiges Fremdkapital</b>			
C6	Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	12 776 947	13 328 893
	Gegenüber Dritten	12 688 930	13 249 067
	Gegenüber Beteiligten	88 017	79 826
	Übrige kurzfristige Verbindlichkeiten	1 575 010	851 107
	Gegenüber Dritten	1 566 683	851 107
	Gegenüber Beteiligten	8 327	-
C7	Erhaltene Anzahlungen	1 521 686	2 015 793
C8	Passive Rechnungsabgrenzungen	4 418 072	3 339 671
	<b>Total kurzfristiges Fremdkapital</b>	<b>20 291 715</b>	<b>19 535 464</b>
	<b>Total Fremdkapital</b>	<b>20 291 715</b>	<b>19 535 464</b>
C9	<b>Eigenkapital</b>		
	Genossenschaftskapital	140 000	140 000
	Jahresergebnis	-	-
	<b>Total Eigenkapital</b>	<b>140 000</b>	<b>140 000</b>
	<b>Total Passiven</b>	<b>20 431 715</b>	<b>19 675 464</b>

Erläuterungen im Anhang Seite 56 ff.

# Erfolgsrechnung

Anhang		1.1. – 31.12.2016	1.1. – 31.12.2015
		CHF	CHF
<b>C10</b>	<b>Nettoerträge aus Lieferungen und Leistungen</b>		
	Leistungen für Dritte	2 704 634	3 608 327
	Forschungsbeiträge von Dritten	159 743	962 432
	Leistungen an Beteiligte	549 259	763 308
	<b>Total Nettoerträge aus Lieferungen und Leistungen</b>	<b>3 413 636</b>	<b>5 334 067</b>
<b>C11</b>	<b>Beiträge der Genossenschafter</b>		
	Verwaltungskostenbeiträge	700 000	700 000
	Beiträge für Projektaufwendungen	61 390 262	56 019 895
	<b>Total Beiträge der Genossenschafter</b>	<b>62 090 262</b>	<b>56 719 895</b>
	<b>Übriger betrieblicher Ertrag</b>	<b>56 555</b>	<b>106 716</b>
	<b>Betriebsertrag (Gesamtleistung)</b>	<b>65 560 453</b>	<b>62 160 678</b>
<b>C12</b>	Materialaufwand (Projektaufwendungen)	43 796 381	42 687 787
<b>C13</b>	Personalaufwand	18 190 207	16 562 673
<b>C14</b>	Übriger betrieblicher Aufwand	3 304 377	2 676 052
<b>C5</b>	Abschreibungen und Wertberichtigungen auf Sachanlagen	137 825	118 650
	<b>Betriebsergebnis</b>	<b>131 663</b>	<b>115 516</b>
	Finanzertrag	-153 498	-208 721
	Finanzaufwand	157 706	181 618
	<b>Jahresergebnis vor Steuern</b>	<b>127 455</b>	<b>142 619</b>
	<b>Direkte Steuern</b>	<b>127 455</b>	<b>142 619</b>
	<b>Jahresergebnis</b>	<b>-</b>	<b>-</b>



# Geldflussrechnung

Anhang	1.1. – 31.12.2016	1.1. – 31.12.2015
	CHF	CHF
Jahresergebnis	–	–
C5 Abschreibungen und Wertberichtigungen auf Sachanlagen	137 825	118 650
<b>Veränderung Nettoumlaufvermögen</b>		
C1 Abnahme (+) / Zunahme (–) Forderungen aus Lieferungen und Leistungen	1 208 844	–995 604
C2 Abnahme (+) / Zunahme (–) übrige kurzfristige Forderungen	–21 976	–59 426
C3 Abnahme (+) / Zunahme (–) nicht fakturierte Dienstleistungen	–271 540	–484 390
C4 Abnahme (+) / Zunahme (–) aktive Rechnungsabgrenzungen	926 554	–1 582 693
C6 Abnahme (–) / Zunahme (+) Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	–551 945	4 480 167
Abnahme (–) / Zunahme (+) übrige kurzfristige Verbindlichkeiten	723 903	–190 740
C7 Abnahme (–) / Zunahme (+) erhaltene Anzahlungen	–494 107	108 030
C8 Abnahme (–) / Zunahme (+) passive Rechnungsabgrenzungen	1 078 400	–1 415 634
<b>Geldfluss aus Geschäftstätigkeit</b>	<b>2 735 958</b>	<b>–21 640</b>
C5 Investitionen in Sachanlagen	–232 551	–49 923
<b>Geldfluss aus Investitionstätigkeit</b>	<b>–232 551</b>	<b>–49 923</b>
<b>Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>Veränderung flüssige Mittel</b>	<b>2 503 407</b>	<b>–71 563</b>
<b>Nachweis Veränderung Fonds flüssige Mittel</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>
Bestand Fonds flüssige Mittel am 1. Januar	13 136 310	13 207 873
Bestand Fonds flüssige Mittel am 31. Dezember	15 639 717	13 136 310
<b>Veränderung Fonds flüssige Mittel</b>	<b>2 503 407</b>	<b>–71 563</b>

# Anhang

## A) Allgemeine Angaben und Informationen

### Rechnungslegungsrecht

Die vorliegende Jahresrechnung wurde gemäss den Vorschriften des schweizerischen Gesetzes, insbesondere der Artikel über die kaufmännische Buchführung und Rechnungslegung des Obligationenrechts für Einzelabschlüsse (Art. 957 bis 962), erstellt. Diese Bestimmungen müssen für Jahresrechnungen angewendet werden, die am oder nach dem 1. Januar 2015 beginnen.

### Firma, Name, Rechtsform und Sitz des Unternehmens

Nagra, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle,  
Hardstrasse 73, Postfach 280, 5430 Wettingen

### Art der Revision

Gemäss gesetzlicher Vorgabe (Art. 727a des Obligationenrechts) ist die Jahresrechnung der Nagra eingeschränkt zu prüfen. Die Nagra hat ein Opting-up für eine ordentliche Prüfung gewählt.

### Für die Buchführung verwendete Währung

Die Buchführung erfolgt in der Landeswährung (Schweizer Franken; CHF).

### Geldflussrechnung

Der Fonds flüssige Mittel bildet die Grundlage für den Ausweis der Geldflussrechnung. Der Geldfluss aus Betriebstätigkeit wird mit der indirekten Methode berechnet.

### Genehmigung der Jahresrechnung

Der Verwaltungsrat hat die Jahresrechnung am 5. April 2017 zuhanden der Generalversammlung verabschiedet.

## B) Angaben über die in der Jahresrechnung angewandten Grundsätze

Die wesentlichen Positionen der Jahresrechnung sind wie folgt bewertet:

### Flüssige Mittel

Die flüssigen Mittel enthalten Kassenbestände und Bankguthaben. Die Bewertung erfolgt zu Nominalwerten. Fremdwährungspositionen werden zum Stichtagskurs bewertet.

### Forderungen aus Lieferungen und Leistungen (L&L)

Forderungen aus L&L werden zu dem in Rechnung gestellten Wert, abzüglich den für das Delkredere gebildeten Wertberichtigungen, bilanziert. Die Wertberichtigung wird aufgrund der Fälligkeitsstruktur und der erkennbaren Bonitätsrisiken gebildet.

### Forderungen und Verbindlichkeiten gegenüber Beteiligten

Bei diesen Positionen handelt es sich ausschliesslich um Forderungen und Verbindlichkeiten gegenüber Beteiligten (d.h. Genossenschafter).

### Nicht fakturierte Dienstleistungen

Die aktivierten Aufträge in Arbeit und die erhaltenen Anzahlungen resultieren ausschliesslich aus Aufträgen von Dritten. Aus den laufenden Projekten werden sämtliche Aufwendungen unter Aufträge in Arbeit aktiviert und sämtliche erhaltenen Anzahlungen passiviert.



**Sachanlagen**

Die Sachanlagen werden zu Anschaffungskosten abzüglich der kumulierten Abschreibungen bilanziert. Die Abschreibungen erfolgen planmässig über die erwartete Nutzungsdauer der Anlagen. Investitionen in Hardware unter 20 TCHF im Einzelfall und in Software unter 100 TCHF im Einzelfall werden direkt der Erfolgsrechnung belastet.

Die Abschreibungsdauern bewegen sich für die einzelnen relevanten Anlagekategorien innerhalb folgender Bandbreiten:

Grundstücke	Abschreibung nur bei Werteinbusse
Gebäude	20 bis 50 Jahre
Betriebs- und Geschäftsausstattungen	5 bis 10 Jahre
Informationstechnologie Hard- und Software	2 bis 3 Jahre

Mietereinbauten werden über die Laufzeit des Mietverhältnisses oder, wenn kürzer, über die Nutzungsdauer abgeschrieben oder direkt der Erfolgsrechnung belastet.

Reparatur- und Unterhaltsaufwendungen ohne wertvermehrenden Charakter werden direkt der Erfolgsrechnung belastet. Erneuerungsarbeiten zur Veränderung der Nutzungsdauer von Anlagen werden aktiviert.

Sachanlagen, die aus dem Betrieb ausgeschieden oder verkauft wurden, werden mit ihren Anschaffungswerten und den dazugehörigen aufgelaufenen Abschreibungen auf dem Anlagekonto ausgebucht. Daraus resultierende Gewinne oder Verluste werden in der Erfolgsrechnung verbucht.

**Verbindlichkeiten**

Alle Verbindlichkeiten werden zu Nominalwerten erfasst. Bei den passiven Rechnungsabgrenzungen handelt es sich um Periodenabgrenzungen für bezogene Leistungen und entstandene Verpflichtungen.

**Rückstellungen**

Rückstellungen werden gebildet, wenn die Gesellschaft aufgrund von in der Vergangenheit eingetretenen Ereignissen eine begründete Verpflichtung hat, deren Höhe und Fälligkeit ungewiss, aber schätzbar ist.

**C) Angaben, Aufschlüsselungen und Erläuterungen zur Jahresrechnung****C1) Forderungen aus Lieferungen und Leistungen**

Der Rückgang gegenüber Vorjahr (1 209 TCHF) beruht vor allem auf dem im Vorjahr aussergewöhnlich hohen Bestand (aus den Beiträgen an das Projekt MoDeRn 2020 (Monitoring Developments for Safe Repository Operation) und an ein laufendes Geothermieprojekt im Felslabor Grimsel, zusammen 1 032 TCHF).

Da per Ende 2016 keine Bonitätsrisiken erkennbar sind, wurde auf eine Wertberichtigung verzichtet.

## C2) Übrige kurzfristige Forderungen

In den übrigen kurzfristigen Forderungen sind Bareinlagen für die Sicherstellung des zentralisierten Abrechnungsverfahrens bei der Eidg. Oberzolldirektion (10 TCHF) und für die Sicherstellung der Auftragserfüllung eines Kundenauftrags (20 TEUR) enthalten. Verschiedene Abgrenzungen belaufen sich auf 72 TCHF.

## C3) Nicht fakturierte Dienstleistungen

Die nicht fakturierten Dienstleistungen bestehen aus aufgelaufenen Eigen- und Drittleistungen diverser Projekte. Der Nachweis ist projektweise vorhanden.

## C4) Aktive Rechnungsabgrenzungen

Die aktiven Rechnungsabgrenzungen beinhalten im Wesentlichen den Ausgleich der Jahresrechnung (755 TCHF) durch die Genossenschafter, die noch offene Weiterverrechnung PSI (97 TCHF), die Vorauszahlungen für Suva 2017 (144 TCHF) und für Mieten Januar 2017 (92 TCHF).

## C5) Sachanlagen

	Grundstücke und Gebäude	Büro und Werkstatt	Fahrzeuge	Total
	TCHF	TCHF	TCHF	TCHF
<b>Anschaffungswert per 01.01.2015</b>	<b>1 825</b>	<b>570</b>	<b>653</b>	<b>3 048</b>
Zugänge		50		50
Abgänge				
Umbuchungen				
<b>Anschaffungswert per 31.12.2015</b>	<b>1 825</b>	<b>620</b>	<b>653</b>	<b>3 098</b>
Zugänge		152	80	232
Abgänge			-87	-87
Umbuchungen				
<b>Anschaffungswert per 31.12.2016</b>	<b>1 825</b>	<b>772</b>	<b>646</b>	<b>3 243</b>
<b>Kum. Abschreibungen per 01.01.2015</b>	<b>375</b>	<b>525</b>	<b>564</b>	<b>1 464</b>
Zugänge	30	57	31	118
Abgänge				
Umbuchungen				
<b>Kum. Abschreibungen per 31.12.2015</b>	<b>405</b>	<b>582</b>	<b>595</b>	<b>1 582</b>
Zugänge	30	69	39	138
Abgänge			-87	-87
Umbuchungen				
<b>Kum. Abschreibungen per 31.12.2016</b>	<b>435</b>	<b>651</b>	<b>547</b>	<b>1 633</b>
<b>Bilanzwert 01.01.2015</b>	<b>1 450</b>	<b>45</b>	<b>89</b>	<b>1 584</b>
<b>Bilanzwert 31.12.2015</b>	<b>1 420</b>	<b>38</b>	<b>58</b>	<b>1 516</b>
<b>Bilanzwert 31.12.2016</b>	<b>1 390</b>	<b>121</b>	<b>99</b>	<b>1 610</b>

## C6) Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen

Die grösste Position bildet die über den Jahreswechsel durchgeführte 3D-Seismik in Nördlich Lägern.



**C7) Erhaltene Anzahlungen**

Die erhaltenen Anzahlungen sind für aufgelaufene Eigen- und Dritteleistungen diverser Projekte. Der Nachweis ist projektweise vorhanden. Aufgrund eines tieferen Drittauftragbestands sind die erhaltenen Anzahlungen per 31.12.2016 (1 522 TCHF) tiefer als im Vorjahr (2 016 TCHF).

**C8) Passive Rechnungsabgrenzungen**

Die passiven Rechnungsabgrenzungen liegen im Berichtsjahr mit 4 418 TCHF über Vorjahreshöhe (3 340 TCHF), was hauptsächlich auf ausstehende Verrechnungen von Leistungen zurückzuführen ist (BFE 1 177 TCHF). Die Abgrenzung für Verbindlichkeiten aus dem Sozialplan 2008 entfällt, da alle Verpflichtungen erfüllt sind.

**C9) Eigenkapital**

Das Genossenschaftskapital beträgt unverändert 140 TCHF und ist in 140 Anteilscheine von je 1 000 CHF eingeteilt, wofür 7 Zertifikate zu je 20 Anteilscheinen ausgegeben wurden.

**C10) Nettoerträge aus Lieferungen und Leistungen**

Bei den Nettoerträgen wurden sowohl bei Erträgen von Dritten als auch bei den Forschungsprojekten und den Erträgen von KKW-Betreibern Rückgänge verzeichnet.

**C11) Beiträge der Genossenschafter**

Die Beiträge der Genossenschafter werden jeweils gemäss dem von der Verwaltung genehmigten Budget quartalsweise in Rechnung gestellt. Eine Budgetabweichung führt zu einer Nachbelastung oder Gutschrift, die jeweils im Rechnungsjahr als aktive oder passive Rechnungsabgrenzung gebucht wird, was ein Jahresergebnis von 0 CHF zur Folge hat.

**C12) Materialaufwand (Projektaufwendungen)**

Die Projektaufwendungen setzen sich wie folgt zusammen:

<b>Fremdleistungen für:</b>	<b>2016</b>	<b>2015</b>
	TCHF	TCHF
Projekte	30 774	26 285
Kommunikation	2 124	3 401
Gebühren (ENSI, BFE)	10 265	12 344
Reisekosten	633	658
<b>Total</b>	<b>43 796</b>	<b>42 688</b>

**C13) Personalaufwand**

Der Personalaufwand inklusive Sozialleistungen erhöhte sich im Rahmen der von der Verwaltung genehmigten Ressourcenplanung gegenüber dem Vorjahr um 9,8 % auf 18 190 TCHF. Der durchschnittliche Personalbestand 2016 lag bei 96,3 Vollzeitstellen (ohne befristete Stellen und ohne Lernende) und hat gegenüber dem Vorjahr um 4,5 Vollzeitstellen zugenommen.

**C14) Übriger betrieblicher Aufwand**

Im übrigen Betriebsaufwand sind unter anderem Mieten und Liegenschaftsaufwand mit 1 132 TCHF, Aufwand für Informatik von 459 TCHF sowie Kosten für externe Managementkapazität im Bereich Projektierung & Bau geologische Tiefenlager von 425 TCHF enthalten.

## D) Weitere Angaben

### Verbindlichkeiten gegenüber Vorsorgeeinrichtungen

Per 31.12. bestanden folgende Verbindlichkeiten gegenüber Vorsorgeeinrichtungen:	<b>31.12.2016</b>	<b>31.12.2015</b>
	CHF	CHF
Beitragsrechnung Dezember	188 838	168 327

### Eventualverbindlichkeiten

Die Nagra ist in keine Klagen, Rechtsstreitigkeiten, behördliche und steuerbehördliche Prüfungen, Ermittlungen oder sonstige Rechtsangelegenheiten involviert, die finanzielle Folgen auf die Jahresrechnung 2016 haben können.

Es bestehen per Stichtag 31. Dezember 2016 keine Garantieverpflichtungen.

# Kumulierte Rechnung

	Zugang 2015	Stand 31.12.2015	Zugang 2016	Stand 31.12.2016
<b>Anhang Gesamtleistung</b>	CHF	CHF	CHF	CHF
Schweizerische Eidgenossenschaft	1 618 356	37 270 973	1 773 135	39 044 108
Axpo Power AG	12 345 009	281 689 190	13 528 940	295 218 130
BKW Energie AG	5 992 550	131 171 107	6 566 917	137 738 024
Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG	16 398 687	366 559 787	17 970 771	384 530 558
Kernkraftwerk Leibstadt AG	19 665 293	414 297 390	21 550 499	435 847 889
<b>Beiträge für Projektaufwendungen</b>	<b>56 019 895</b>	<b>1 230 988 447</b>	<b>61 390 262</b>	<b>1 292 378 709</b>
Verwaltungskostenbeiträge	700 000	88 870 000	700 000	89 570 000
<b>Beiträge der Genossenschafter an Nagra</b>	<b>56 719 895</b>	<b>1 319 858 447</b>	<b>62 090 262</b>	<b>1 381 948 709</b>
<b>Beiträge der GNW</b>	<b>-</b>	<b>65 265 331</b>	<b>-</b>	<b>65 265 331</b>
<b>E1 Beiträger total</b>	<b>56 719 895</b>	<b>1 385 123 778</b>	<b>62 090 262</b>	<b>1 447 214 040</b>



	Zugang 2015 CHF	Stand 31.12.2015 CHF	Zugang 2016 CHF	Stand 31.12.2016 CHF
<b>Anhang Gesamtaufwand</b>				
Erdwissenschaftliche Arbeiten	5 590 415	194 579 942	9 554 794	204 134 736
Nukleartechnik und Sicherheit	1 580 565	49 877 087	1 357 903	51 234 990
Radioaktive Materialien	2 159 461	43 627 304	1 970 314	45 597 618
Anlagenplanung	891 236	31 419 581	525 224	31 944 805
Standortunabhängige Arbeiten	3 586 406	105 747 452	3 223 571	108 971 023
Allgemeine Programmkosten	5 254 549	87 779 515	6 348 904	94 128 419
Gebühren und Abgeltungen	6 893 963	60 063 413	5 137 486	65 200 899
<b>Programm SMA</b>	<b>25 956 595</b>	<b>573 094 294</b>	<b>28 118 196</b>	<b>601 212 490</b>
Erdwissenschaftliche Arbeiten	9 981 889	341 762 631	13 553 919	355 316 550
Nukleartechnik und Sicherheit	2 868 158	72 217 165	2 138 820	74 355 985
Radioaktive Materialien	706 851	26 309 449	845 708	27 155 157
Anlagenplanung	844 756	26 202 829	561 741	26 764 570
Standortunabhängige Arbeiten	5 324 041	121 895 379	4 706 332	126 601 711
Allgemeine Programmkosten	4 887 636	72 928 064	6 338 239	79 266 303
Gebühren und Abgeltungen	5 449 969	61 843 967	5 127 307	66 971 274
<b>Programm HAA</b>	<b>30 063 300</b>	<b>723 159 484</b>	<b>33 272 066</b>	<b>756 431 550</b>
<b>E2 Projektaufwand für Lagerprogramme</b>	<b>56 019 895</b>	<b>1 296 253 778</b>	<b>61 390 262</b>	<b>1 357 644 040</b>
<b>Verwaltungs- und allgemeine Projektaufwendungen</b>	<b>700 000</b>	<b>88 870 000</b>	<b>700 000</b>	<b>89 570 000</b>
<b>Total Aufwendungen für Lagerprogramme SMA, HAA und Verwaltungs- und allgemeine Projektaufwendungen</b>	<b>56 719 895</b>	<b>1 385 123 778</b>	<b>62 090 262</b>	<b>1 447 214 040</b>

# Erläuterungen zur kumulierten Rechnung

Die kumulierte Betrachtung der Beiträge der Genossenschafter und der Beitragsverwendung bildet im Einlagerungszeitpunkt die Basis für allfällige Ausgleichszahlungen zwischen den Genossenschaf tern. Sie zeigt unter anderem auch auf, aus welchen Arbeiten die projektbezogenen Aufwände resultieren.

Die Struktur der Gesamtleistung orientiert sich weitgehend an der Betriebsrechnung.

## E1) Beiträge der Genossenschafter

Die Beiträge der Genossenschafter zur Deckung der Projektkosten werden aufgrund der thermischen Leistung der einzelnen Kernkraftwerke den Genossenschaf tern verrechnet.

Die Beiträge der Genossenschafter von 62,1 Mio. CHF (Vorjahr 56,7 Mio. CHF) entsprechen denjenigen der Betriebsrechnung. Darin eingeschlossen ist der Verwaltungskostenbeitrag von 0,7 Mio. CHF.

In den Beiträgen der «Genossenschaft für die nukleare Entsorgung Wellenberg» (GNW) sind die Zahlungen der GNW für Auftragsarbeiten zum Projekt Wellenberg enthalten. Das Projekt ist abgeschlossen.

## E2) Projektbezogene Aufwendungen für Lagerprogramme

Die beiden Lagerprogramme SMA und HAA sind in der Darstellung der kumulierten Rechnung grundsätzlich gleich strukturiert und orientieren sich dabei an den wichtigsten fachlichen Aufgaben, die bis zum Abschluss der Entsorgungstätigkeit zu erledigen sind. Wo nicht explizit auf ein bestimmtes Lagerprogramm verwiesen wird, gelten die nachstehenden Erläuterungen zu einzelnen Positionen daher für beide Lagerprojekte.

### a) Erdwissenschaftliche Untersuchungen

Die geologischen Untersuchungen zur Ausscheidung potentieller Standortgebiete umfassen geologische Studien im Untersuchungsgebiet der Nordschweiz zur geologischen Tiefenlagerung hochaktiver Abfälle sowie die Aufarbeitung geologischer Unterlagen zum Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle.

### b) Nukleartechnik und Sicherheit

Die Arbeiten umfassen die sicherheitstechnische Bewertung der potentiellen Standortgebiete und die Laboruntersuchungen zum Nahfeld sowie zu den verschiedenen Verfüllmaterialien.

### c) Radioaktive Materialien

Aufwendungen zur Beurteilung der Endlagerfähigkeit der Abfallgebinde sowie zur laufenden Dokumentation und Inventarisierung der radioaktiven Abfälle.

### d) Anlagenplanung

Unter dieser Position sind Aufwendungen zu den ober- und unterirdischen Anlagenkonzepten der geologischen Tiefenlager für hochaktive sowie schwach- und mittelaktive Abfälle enthalten.

### e) Standortunabhängige Arbeiten

Darunter fallen Arbeiten zu Methodenentwicklung, Modellierung und Validierung der Rechenmodelle für Sicherheitsanalysen, Laborarbeiten, Beteiligung an Forschungsarbeiten in Felslabors (Mont Terri und Grimsel), sowie an den Forschungsprogrammen der EU.

### f) Allgemeine Programmkosten

Diese Aufwendungen resultieren aus der Programmleitung, den Aufwendungen für die Kostenstudien und die Öffentlichkeitsarbeiten.

### g) Gebühren und Abgeltungen

Darunter fallen vor allem die an uns verrechneten Gebühren der Aufsichts- und Sicherheitsbehörden.

# Bericht der Revisionsstelle

## **Bericht der Revisionsstelle an die Generalversammlung zur Jahresrechnung 2016**

Als Revisionsstelle haben wir die beiliegende Jahresrechnung der Nagra, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, bestehend aus Bilanz, Erfolgsrechnung, Geldflussrechnung und Anhang für das am 31. Dezember 2016 abgeschlossene Geschäftsjahr geprüft.

### Verantwortung der Verwaltung

Die Verwaltung ist für die Aufstellung der Jahresrechnung in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Vorschriften und den Statuten verantwortlich. Diese Verantwortung beinhaltet die Ausgestaltung, Implementierung und Aufrechterhaltung eines internen Kontrollsystems mit Bezug auf die Aufstellung einer Jahresrechnung, die frei von wesentlichen falschen Angaben als Folge von Verstössen oder Irrtümern ist. Darüber hinaus ist die Verwaltung für die Auswahl und die Anwendung sachgemässer Rechnungslegungsmethoden sowie die Vornahme angemessener Schätzungen verantwortlich.

### Verantwortung der Revisionsstelle

Unsere Verantwortung ist es, aufgrund unserer Prüfung ein Prüfungsurteil über die Jahresrechnung abzugeben. Wir haben unsere Prüfung in Übereinstimmung mit dem schweizerischen Gesetz und den Schweizer Prüfungsstandards vorgenommen. Nach diesen Standards haben wir die Prüfung so zu planen und durchzuführen, dass wir hinreichende Sicherheit gewinnen, ob die Jahresrechnung frei von wesentlichen falschen Angaben ist.

Eine Prüfung beinhaltet die Durchführung von Prüfungshandlungen zur Erlangung von Prüfungsnachweisen für die in der Jahresrechnung enthaltenen Wertansätze und sonstigen Angaben. Die Auswahl der Prüfungshandlungen liegt im pflichtgemässen Ermessen des Prüfers. Dies schliesst eine Beurteilung der Risiken wesentlicher falscher Angaben in der Jahresrechnung als Folge von Verstössen oder Irrtümern ein. Bei der Beurteilung dieser Risiken berücksichtigt der Prüfer das interne Kontrollsystem, soweit es für die Aufstellung der Jahresrechnung von Bedeutung ist, um die den Umständen entsprechenden Prüfungshandlungen festzulegen, nicht aber um ein Prüfungsurteil über die Wirksamkeit des internen Kontrollsystems abzugeben. Die Prüfung umfasst zudem die Beurteilung der Angemessenheit der angewandten Rechnungslegungsmethoden, der Plausibilität der vorgenommenen Schätzungen sowie eine Würdigung der Gesamtdarstellung der Jahresrechnung. Wir sind der Auffassung, dass die von uns erlangten Prüfungsnachweise eine ausreichende und angemessene Grundlage für unser Prüfungsurteil bilden.

### Prüfungsurteil

Nach unserer Beurteilung entspricht die Jahresrechnung für das am 31. Dezember 2016 abgeschlossene Geschäftsjahr dem schweizerischen Gesetz und den Statuten.



Berichterstattung aufgrund weiterer gesetzlicher Vorschriften

Wir bestätigen, dass wir die gesetzlichen Anforderungen an die Zulassung gemäss Revisionsaufsichtsgesetz (RAG) und die Unabhängigkeit (Art. 906 OR in Verbindung mit Art. 728 OR) erfüllen und keine mit unserer Unabhängigkeit nicht vereinbaren Sachverhalte vorliegen.

In Übereinstimmung mit Art. 906 OR in Verbindung mit Art. 728a Abs. 1 Ziff. 3 OR und dem Schweizer Prüfungsstandard 890 bestätigen wir, dass ein gemäss den Vorgaben der Verwaltung ausgestaltetes internes Kontrollsystem für die Aufstellung der Jahresrechnung existiert.

Wir empfehlen, die vorliegende Jahresrechnung zu genehmigen.

**PricewaterhouseCoopers AG**



Thomas Wallmer  
Revisionsexperte  
Leitender Revisor



Jonas Schwegler

Zürich, 5. April 2017



# Ergänzungen



# Abfallinventare und Mengen

Radioaktive Abfälle entstehen grösstenteils bei der Stromproduktion in den fünf schweizerischen Kernkraftwerken. Daneben fallen sie bei Anwendungen in Medizin, Industrie und Forschung an (MIF-Abfälle).

## Abfallvolumen Ende 2016

Die Nagra führt im Auftrag der Abfallverursacher eine zentrale Datenbank der Abfallgebinde. Die folgende Tabelle zeigt die Volumen und Aktivitäten der Ende 2016 für die Tiefenlagerung vorbereiteten radioaktiven Abfälle. In der Tabelle nicht enthalten sind vorkonditionierte Rohabfälle und Abfallgebinde, die zum Beispiel für die Behandlung in der Zwiilag-Plasmaanlage verpackt wurden.

<b>Konditionierte Abfälle (31. Dezember 2016, gerundet)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aktivität (Bq)</b>
<b>Kernkraftwerke</b>	3 620	$3,0 \cdot 10^{15}$
<b>Zwiilag</b>	2 074	$7,9 \cdot 10^{18}$
<b>Bundeszwischenlager (MIF) (Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung)</b>	1 578	$1,2 \cdot 10^{16}$ <sup>(1)</sup>

Bei den «Zwiilag-Abfällen» handelt es sich um ans Zwiilag gelieferte Abfallgebinde der Kernkraftwerke, Abfallgebinde aus der Plasmaanlage und Kokillen mit hochaktiven verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung.

<sup>(1)</sup> Die deutliche Erhöhung der Aktivität im Bundeszwischenlager (BZL) gegenüber der letztjährigen Angabe resultiert aus Abfällen (Kleinzylindern), die bisher als Rohabfälle vorlagen und nicht in der Aufstellung von «endkonditionierten» Abfällen geführt wurden. Nach ihrer Beurteilung als endlagerfähig im Jahr 2016 werden diese nun als «endkonditioniert» im Inventar des BZL geführt.

### Prognose der Abfallvolumen und Inventare für die geologische Tiefenlagerung

Für die Planung der geologischen Tiefenlager müssen Angaben über die zu erwartenden Mengen zur Verfügung stehen. Für die in Lagerbehältern verpackten radioaktiven Abfälle wird ein Gesamtvolumen von rund 92 000 Kubikmeter erwartet (Details vgl. folgende Tabelle). Die Menge der Abfälle der KKW und des Zwiilag resultiert aus den angegebenen Betriebszeiten, die Menge aus Medizin, Industrie und Forschung orientiert sich am Ende der Betriebszeit des geologischen Tiefenlagers SMA.

Prognose Abfallvolumen (Betriebsdauer der KKW: 47/60 Jahre) <sup>1</sup>	SMA (m <sup>3</sup> )		ATA (m <sup>3</sup> )		HAA (m <sup>3</sup> )	
	Konditioniert	Verpackt	Konditioniert	Verpackt	Konditioniert	Verpackt
<b>BA-KKW</b> Betriebsabfälle der KKW (Abfälle aus Reinigungssystemen und Mischabfälle), inkl. Nachbetrieb	8 320	31 249				
<b>RA-KKW</b> Reaktorabfälle der KKW (aktivierte Komponenten)	478	1 811				
<b>SA-KKW</b> Stilllegungsabfälle der KKW	18 378	26 803				
<b>WA-KKW</b> Wiederaufarbeitungsabfälle der KKW			99	414	114	398
<b>BA-ZWI</b> Betriebsabfälle der Zwiilag	6	22				
<b>SA-ZWI</b> Stilllegungsabfälle der Zwiilag	461	563	24	24		
<b>BA-MIF</b> Sammelabfälle des BAG und Betriebsabfälle des PSI	3 645	8 432	168	634		
<b>SA-MIF</b> Stilllegungsabfälle des PSI und CERN	10 578	10 578				
<b>BEVA/OFA</b> Abfälle der späteren Verpackungs-/ Oberflächenanlagen für Lager HAA/SMA	651	2 302				
<b>BE</b> Verbrauchte Brennelemente					1 365	9 004
<b>Gesamtvolumen</b>	<b>42 517</b>	<b>81 760</b>	<b>291</b>	<b>1 072</b>	<b>1 479</b>	<b>9 402</b>
<b>Prozentualer Anteil</b> (gerundet)	96,0 %	88,6 %	0,7 %	1,2 %	3,3 %	10,2 %
<b>Aktivität [Bq]<sup>2</sup></b>	7,9 · 10 <sup>16</sup> Bq		2,2 · 10 <sup>16</sup> Bq		1,9 · 10 <sup>19</sup> Bq	
<b>Prozentualer Anteil</b>	0,4 %		0,1 %		99,5 %	

<sup>1</sup> Basis: Entsorgungsprogramm und Kostenstudie 2016 (EP 16 und KS 16)  
Betriebsjahre: KKM 47 Jahre (bis 2019), KKB/KKG/KKL 60 Jahre  
Berücksichtigung einer geplanten Revision der Strahlenschutzverordnung und maximal 30-jähriger Abklinglagerung radioaktiver Materialien mit anschliessender konventioneller Entsorgung  
Erläuterungen zu den aktuellen Abfallvolumen im Vergleich mit den bisherigen Modellannahmen (MIRAM) s. Nagra NTB 16-01

<sup>2</sup> Aktivitätsinventar für das Referenzjahr 2075

# Publikationen 2016

## **Nagra Technische Berichte (NTB) / Arbeitsberichte (NAB)**

Sämtliche NTB können von der Website der Nagra heruntergeladen werden oder sind zum Selbstkostenpreis gedruckt erhältlich. Zudem sind die NAB aus der Berichterstattung zu Etappe 2 als Download verfügbar.

Im Jahr 2016 erschienen folgende Arbeitsberichte und technische Berichte der Nagra:

ENSI-Nachforderung zum Indikator «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» in SGT Etappe 2: Zusammenfassende Darstellung der Zusatzdokumentation (Hauptbericht).  
NAB 16-41, Juli 2016

Prüfung der Lager- und Barrierenkonzepte.  
NAB 16-42, Juli 2016

Geomechanische Unterlagen: ENSI-Nachforderungen zum Indikator «Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit» in SGT Etappe 2.  
NAB 16-43, Juli 2016

Standortspezifische geologische Modelle und geologische Gefährdungsbilder.  
NAB 16-44, Juli 2016

Projektkonzepte für die Lagerkammern und Versiegelungstrecken und deren Bewertung.  
NAB 16-45, Juli 2016

Vortriebs- und Sicherungskonzepte für die Profile F, K09, K04, K04a und D [Ergänzende Unterlagen zu NAB 16-45].  
NAB 16-46, Juli 2016

High-level waste repository-induced effects.  
NTB 14-13, Oktober 2016

Low- and intermediate-level waste repository-induced effects.  
NTB 14-14, Oktober 2016

Generische Beschreibung von Schachtkopf-anlagen (Nebenzuganganlagen) geologischer Tiefenlager.  
NTB 16-08, Oktober 2016

Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen.  
NTB 16-01, Dezember 2016

The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland.  
NTB 16-02, Dezember 2016

Production, consumption and transport of gases in deep geological repositories according to the Swiss disposal concept.  
NTB 16-03, Dezember 2016

Modelling of Gas Generation in Deep Geological Repositories after Closure.  
NTB 16-04, Dezember 2016

An assessment of the possible fate of gas generated in a repository for low- and intermediate-level waste.  
NTB 16-05, Dezember 2016

Die Verzeichnisse der technischen Berichte und Arbeitsberichte stehen auf der Website zur Verfügung ([www.nagra.ch](http://www.nagra.ch) > Infocorner > Publikationen / Downloads > Technische Berichte > Gesamtlisten).

Darüber hinaus erschien 2016 eine Reihe von Printprodukten für die breite Öffentlichkeit. Sämtliche Broschüren, Themenhefte, Faltblätter und Geschäftsberichte stehen auch auf der Nagra-Website zum Download als PDF zur Verfügung.



# Glossar / Abkürzungen

<b>AdK</b> Ausschuss der Kantone (SGT)	<b>EDRAM</b> International Association for Environmentally Safe Disposal of Radioactive Materials <a href="http://www.edram.info">www.edram.info</a>	<b>HAA</b> Hochaktive Abfälle
<b>AG SiKa</b> Arbeitsgruppe Sicherheit Kantone	<b>EGT</b> Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung <a href="http://www.egt-schweiz.ch">www.egt-schweiz.ch</a>	<b>«Horizon 2020»</b> Horizont 2020 – das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation <a href="http://www.horizont2020.de">www.horizont2020.de</a>
<b>Alpiq AG</b> <a href="http://www.alpiq.ch">www.alpiq.ch</a>	<b>Empa</b> Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt <a href="http://www.empa.ch">www.empa.ch</a>	<b>IAEA</b> International Atomic Energy Agency <a href="http://www.iaea.org">www.iaea.org</a> , Wien
<b>Andra</b> Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs <a href="http://www.andra.fr">www.andra.fr</a>	<b>ENSI</b> Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat <a href="http://www.ensi.ch">www.ensi.ch</a>	<b>IGD-TP</b> Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform (European Commission, Research & Innovation) <a href="http://www.igdt.eu">www.igdt.eu</a>
<b>ATA</b> Alphatoxische Abfälle	<b>Entsorgungsfonds</b> <a href="http://www.stenfo.ch">www.stenfo.ch</a>	<b>ISCO</b> International Steering Committee des Felslabors Grimsel
<b>Axpo</b> <a href="http://www.axpo.com">www.axpo.com</a>	<b>EP</b> Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen	<b>JAEA</b> Japan Atomic Energy Agency <a href="http://www.jaea.go.jp">www.jaea.go.jp</a>
<b>BE</b> Verbrauchte Brennelemente	<b>«Euratom»</b> Forschungs- und Ausbildungsprogramm der Europäischen Atomgemeinschaft <a href="http://www.horizont2020.de/einstieg-euratom.htm">www.horizont2020.de/einstieg-euratom.htm</a>	<b>KES</b> Kantonale Expertengruppe Sicherheit
<b>BFE</b> Bundesamt für Energie <a href="http://www.bfe.admin.ch">www.bfe.admin.ch</a>	<b>FLG</b> Felslabor Grimsel – Felslabor der Nagra im Kristallingestein am Grimselpass (BE) <a href="http://www.grimsel.com">www.grimsel.com</a>	<b>KIGAM</b> Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources <a href="http://www.kigam.re.kr">www.kigam.re.kr</a>
<b>BGR</b> Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe <a href="http://www.bgr.bund.de">www.bgr.bund.de</a>	<b>FMT</b> Felslabor Mont Terri – Felslabor im Opalinuston bei Saint-Ursanne (JU) <a href="http://www.mont-terri.ch">www.mont-terri.ch</a>	<b>KNS</b> Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit <a href="http://www.bfe.admin.ch/kns">www.bfe.admin.ch/kns</a>
<b>BKW Energie AG</b> Ehem. Bernische Kraftwerke AG <a href="http://www.bkw.ch">www.bkw.ch</a>		<b>KORAD</b> Korea Radioactive Waste Agency <a href="http://www.korad.or.kr">www.korad.or.kr</a>
<b>BMUB</b> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit <a href="http://www.bmub.bund.de">www.bmub.bund.de</a>		<b>KS</b> Kostenstudie
<b>Eawag</b> Forschungsanstalt des ETH-Bereichs <a href="http://www.eawag.ch">www.eawag.ch</a>		

**KWO**

Kraftwerke Oberhasli AG  
[www.grimselstrom.ch](http://www.grimselstrom.ch)

**LMA**

Langlebige mittelaktive Abfälle

**MIF**

Radioaktive Abfälle aus Medizin,  
Industrie und Forschung

**MIRAM**

Modellhaftes Inventar für radioaktive  
Materialien

**NAB**

Nagra Arbeitsbericht

**NDA**

Nuclear Decommissioning Authority  
[www.nda.gov.uk](http://www.nda.gov.uk)

**NEA**

Nuclear Energy Agency, Paris  
[www.oecd-nea.org](http://www.oecd-nea.org)

**NTB**

Nagra Technischer Bericht; Reihe der  
fachwissenschaftlichen Publikationen

**NUMO**

Nuclear Waste Management  
Organization of Japan  
[www.numo.or.jp](http://www.numo.or.jp)

**NWMO**

Nuclear Waste Management  
Organization  
[www.nwmo.ca](http://www.nwmo.ca)

**Obayashi**

Obayashi Corporation  
[www.obayashi.co.jp](http://www.obayashi.co.jp)

**OECD**

Organisation for Economic Cooperation  
and Development, Paris  
[www.oecd.org](http://www.oecd.org)

**ONDRAF/NIRAS**

Organisme national des déchets  
radioactifs et des matières fissiles  
enrichies / Nationale instelling voor  
radioactief afval en verrijkte  
spleijstoffen  
[www.ondraf.be](http://www.ondraf.be) / [www.niras.be](http://www.niras.be)

**Posiva**

Posiva Oy  
[www.posiva.fi](http://www.posiva.fi)

**PSI**

Paul Scherrer Institut  
[www.psi.ch](http://www.psi.ch)

**RD&D**

Research, Development &  
Demonstration

**RWM**

Radioactive Waste Management  
[www.nda.gov.uk/rwm/organisation/rmb/](http://www.nda.gov.uk/rwm/organisation/rmb/)

**RWMC**

Radioactive Waste Management  
Funding and Research Center  
[www.rwmc.or.jp](http://www.rwmc.or.jp)

**SGT**

Sachplan geologische Tiefenlager

**SKB**

Svensk Kärnbränslehantering AB  
[www.skb.se](http://www.skb.se)

**SMA**

Schwach- und mittelaktive Abfälle

**SÖW**

Sozioökonomisch-ökologische  
Wirkungsstudie  
[www.bfe.admin.ch/soew](http://www.bfe.admin.ch/soew)

**Stilllegungsfonds**

[www.stenfo.ch](http://www.stenfo.ch)

**SÚRAO**

Radioactive Waste Repository Authority  
[www.surao.cz](http://www.surao.cz)

**Swissnuclear**

Fachgruppe Kernenergie der swisselectric  
[www.swissnuclear.ch](http://www.swissnuclear.ch)

**Swisstopo**

Bundesamt für Landestopografie  
swisstopo  
[www.swisstopo.admin.ch](http://www.swisstopo.admin.ch)

**TWI**

The Welding Institute  
Grossbritannien  
[www.twi-global.com](http://www.twi-global.com)

**UVEK**

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation  
[www.uvek.admin.ch](http://www.uvek.admin.ch)

**URL**

Underground Rock Laboratory/Felslabor

**Zwilag**

Zwischenlager Würenlingen AG  
[www.zwilag.ch](http://www.zwilag.ch)

Erläuterungen zu den Abkürzungen der  
Versuche in den Felslabors Grimsel und  
Mont Terri sind in den Textboxen auf den  
Seiten 30 und 33 zu finden.

**WEITERE INFORMATIONEN:**

**Kernenergie-Internetportal**  
[www.kernenergie.ch](http://www.kernenergie.ch)

**Nuklearforum Schweiz**  
[www.nuklearforum.ch](http://www.nuklearforum.ch)

**Radioaktive Abfälle (BFE)**  
[www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle/](http://www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle/)

**Technisches Forum Sicherheit**  
[www.ensi.ch/de/technisches-forum-sicherheit/](http://www.ensi.ch/de/technisches-forum-sicherheit/)

**Forum VERA**  
[www.forumvera.ch](http://www.forumvera.ch)

**Bildnachweise**

AMOI Sàrl  
Seiten 32, 33

Anita Kendzia  
Seiten 40, 44 (unten links)

Beat Müller  
Seiten 7 (Mitte), 22, 26 (unten),  
27 (oben; unten links)

Benedikt Galliker  
Seiten 4 (Mitte; unten links), 5 (Mitte links),  
6 (Mitte), 13, 19, 24, 26 (oben), 27 (unten rechts),  
32 links, 34 oben, 35 (oben; Mitte), 44 (oben links;  
unten rechts), 45 (unten rechts; oben rechts)

Christopher Gmuender  
Seiten 20, 21

© Comet Photoshopping, Dieter Enz  
Seiten 4 (oben rechts), 7 (unten), 10, 28, 29, 30, 31,  
34 (unten), 35 (unten), 36

Franziska Stalder / Marisa Brauchli  
Seiten 44 (oben rechts; Mitte rechts),  
45 (Mitte oben)

Hanspeter Weber  
Seite 7 (oben)

Hansruedi Fisch  
Seite 4 (unten rechts)

Jutta Lang  
Seite 43

Maria Schmid  
Seiten 2, 3, 4 (oben links), 5 (oben; unten),  
15, 31, 41, 42, 46, 47

Marisa Brauchli  
Seite 39

matho c/o Imagepoint  
Seite 8

Nagra  
Seiten 6 (oben; unten), 7 (unten)



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](mailto:info@nagra.ch)  
[www.nagra.ch](http://www.nagra.ch)  
[www.nagra-blog.ch](http://www.nagra-blog.ch)

**nagra** ● **aus verantwortung**