

# standort- gebiete für geologische tiefenlager

erdwissenschaftliche  
untersuchungen  
für etappe 3

nagra ● aus verantwortung



# Ziel der Untersuchungen

## Priorität der Sicherheit bei der Standortwahl

Die Rahmenbewilligung legt den Standort fest. Gemäss Kernenergieverordnung Art. 62 gehört zu den Unterlagen für ein Rahmenbewilligungsgesuch für ein geologisches Tiefenlager auch ein Bericht mit Angaben zum «Vergleich der zur Auswahl stehenden Optionen hinsichtlich Sicherheit» und zur «Bewertung der für die Auswahl des Standorts ausschlaggebenden Eigenschaften».

Die Standortuntersuchungen für Etappe 3 sollen belastbare Daten für folgende Aufgaben liefern:

Die verbleibenden Standortgebiete sind für die **abschliessende Standortwahl** sicherheitstechnisch zu vergleichen. Die entsprechende Berichterstattung ist ein Bestandteil der Unterlagen zum Rahmenbewilligungsgesuch (vgl. Kasten links).

Die **Eignung der gewählten Standortgebiete** ist für die Rahmenbewilligungsgesuche zu überprüfen, gemäss den Kriterien der Langzeitsicherheit sowie der technischen Machbarkeit und Betriebssicherheit.

Weitere Aufgaben sind die **Abgrenzung der Lagerbereiche** Untertag und die **Anordnung und Auslegung der Anlage in ihren Grundzügen**. Darunter fällt die Planung einer möglichen Streckenführung für die Zugangsbauwerke (Schacht, Rampe oder Kombination von beidem) nach Untertag.

Für diese Aufgaben sind Daten für folgende Themen zu erheben:

- Anordnung der Untertagebauten, geeigneter Lagerbereiche und Strukturen innerhalb und in direkter Umgebung der Lagerbereiche
- Eigenschaften und Parameter des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs für die Analyse der Barrierenwirkung und für die Anlagenplanung
- Langzeitentwicklung (z.B. Erosionsszenarien, tektonische Elemente)
- Mögliche Nutzungskonflikte (z.B. Kohlenwasserstoffe, Geothermie)
- Unterlagen für die Anlagenplanung (z.B. geomechanische Bedingungen für die Untertagebauten, geotechnische Informationen für den Bau der Zugänge nach Untertag, Baugrunduntersuchungen)

## Eingesetzte Untersuchungsmethoden (Auswahl)

**3D-Seismik** gehört zur Geophysik und umfasst Methoden, welche die obere Erdkruste dreidimensional darstellen können.

**Sondierbohrungen** sind Bohrungen, die zur Erkundung der tieferen Gesteinsschichten eingesetzt werden.

**Untiefe Bohrungen** werden zum besseren Verständnis der lokalen Erosionsbasis während der letzten 2,5 Millionen Jahre und für Baugrunduntersuchungen eingesetzt.

**Feldstudien** fassen eine Reihe von Untersuchungsmethoden zusammen. Darunter fallen zum Beispiel geologische Kartierungen.

**Gravimetrie** ist die Methode mithilfe des Schwerfeldes der Erde die Gesteine im Untergrund zu erforschen.

**Geoelektrik** gehört zu Geophysik und umfasst Verfahren zur Erforschung des Bodens durch elektrische Spannung und Stromstärke.

## 3D-Seismik

Für Etappe 3 werden die vorgeschlagenen Standortgebiete mittels 3D-Seismik und Sondierbohrungen vertieft untersucht.

Die Nagra gewinnt damit zusätzliche Kenntnisse über den Untergrund und kann so die Gesteinsschichten und -strukturen vertieft beurteilen.

### Was ist Seismik?

Mit seismischen Messmethoden wird der geologische Untergrund mittels künstlich angeregter Schwingungen abgebildet. Erzeugt werden diese von Vibrationsfahrzeugen oder kleinen Sprengladungen (in Bohrlöchern von wenigen Metern Tiefe). Die Wellen breiten sich im Untergrund aus und werden von den verschiedenen Gesteinsschichten reflektiert. An der Erdoberfläche zeichnen spezielle Sensoren (Geofone) die zurückgeworfenen seismischen Wellen auf. Wissenschaftler werten die Daten aus, stellen die geologischen Schichten in Karten dar und erstellen Profilschnitte. Diese geben Aufschluss über Lage und Struktur der Gesteinsschichten im Untergrund, insbesondere über Mächtigkeit und Störungs-

zonen. Moderne Seismikmethoden erlauben auch Aussagen über gewisse Gesteinseigenschaften und können selbst kleine strukturelle Unregelmässigkeiten sichtbar machen.

Im Gegensatz zur 2D-Seismik wird bei der 3D-Seismik nicht nur entlang einzelner Messlinien, sondern flächendeckend gearbeitet. Durch das gleichzeitige Abtasten der Gesteinsschichten bis in grosse Tiefen entsteht ein dreidimensionales Bild des Untergrunds.

### Seismikperimeter

Die Seismikperimeter (räumliche Ausdehnung der 3D-Seismik) umfassen die Lagerperimeter und begrenzende geologische Elemente. Sie berücksichtigen auch die möglichen Verläufe von Zugangsbauwerken und die geplanten Sondierbohrungen.

### Bewilligungen

Je nach Messgebiet sind kantonale und kommunale Bewilligungen für die Durchführung der Messungen selbst, für begleitende Bohrungen und für die Befahrung von Strassen einzuholen.

Beat Müller



**Abbildung:**  
Der Untergrund wird bei der 3D-Seismik mithilfe von Vibrationsfahrzeugen abgetastet.

# Ablauf seismischer Messungen

Für eine 3D-Seismik werden – je nach Tiefe der abzubildenden Horizonte alle 20 bis 40 Meter Geofone entlang von Linien ausgelegt, die einen seitlichen Abstand von 100 bis 200 Meter haben. Geofone sind vergleichbar mit Mikrofonen, die seismische Wellen aufzeichnen. Sie werden durch Verbindungskabel an den Messwagen angeschlossen.

## Vorgehen im Feld

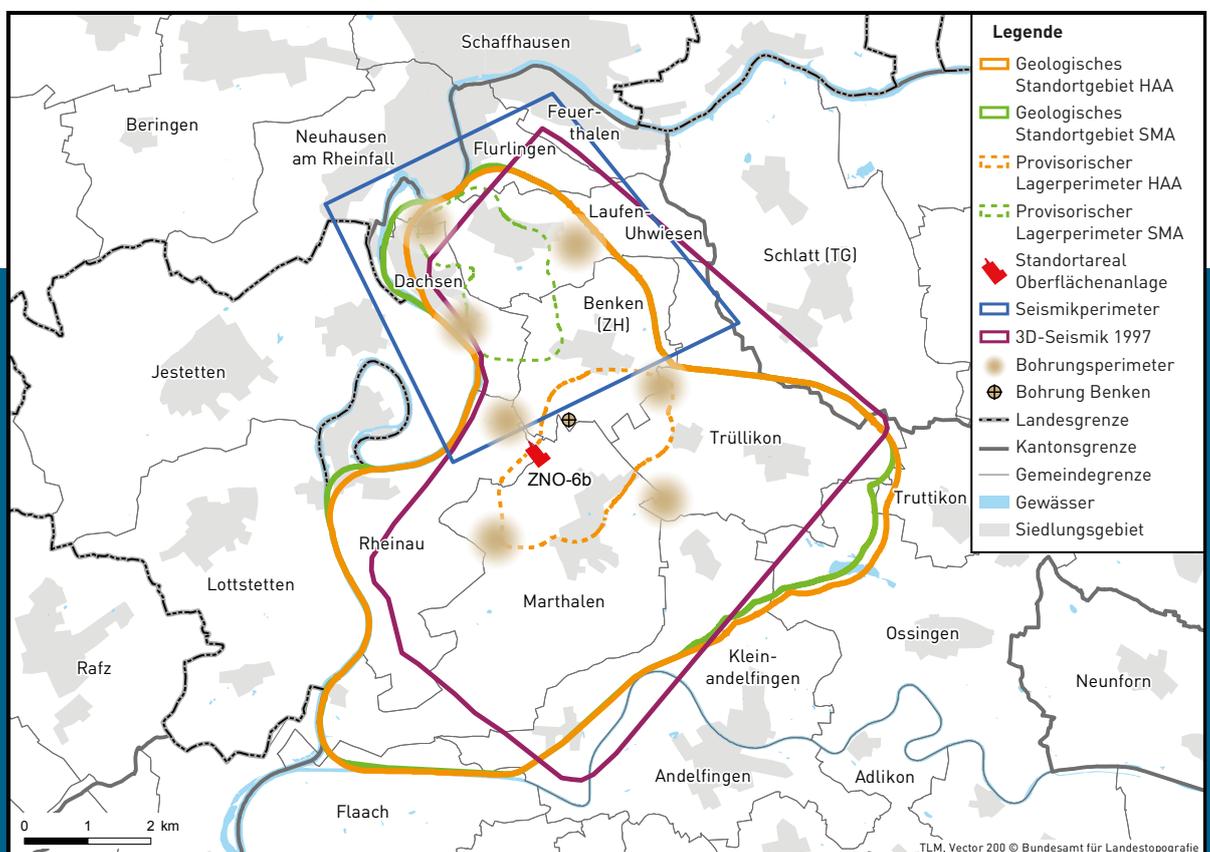
Zur Anregung der seismischen Wellen kommen vorzugsweise Vibratorfahrzeuge zum Einsatz. In schlecht zugänglichen Gebieten wie zum Beispiel in Wäldern oder in steilen Hanglagen wird auf Schusseismik ausgewichen. Hierbei wird eine geringe Menge Sprengstoff in einem 2 bis 10 Meter tiefen Bohrloch platziert und zur Detonation gebracht. Erfahrungswerte zeigen, dass mit einem Anteil von

etwa 6 bis 10 Prozent Schusseismik in den Gebieten der Nordschweiz zu rechnen ist.

Beide Anregungsarten haben einen geringen Einfluss auf die Umgebung und sind bei früheren seismischen Arbeiten der Nagra mit gutem Erfolg eingesetzt worden. Von empfindlichen Gebäuden und Quellen wird vorbeugend ein Sicherheitsabstand eingehalten. Während der Anregungen werden die an der Erdoberfläche ausgelösten Vibrationen fortlaufend überwacht.

## Dauer der Messungen

Die Messkampagnen werden einige Wochen bis wenige Monate dauern. Da die Messanordnung sich kontinuierlich durch das Gebiet bewegt, werden einzelne Gebietsteile lediglich während einiger Tage betroffen sein.



## Abbildung:

Standortgebiet Zürich Nordost mit modellhaften Lagerperimetern für SMA und HAA (nach NTB 14-01). Auf der Karte sind die Bohrungsperimeter und der Seismikperimeter eingezeichnet.

# Sondierbohrungen

Die Sondierbohrungen und begleitenden Untersuchungen in Etappe 3 dienen dazu, den Untergrund in den verbliebenen Gebieten weiter zu erkunden. Die Nagra benötigt diese vertieften Informationen über die Gesteinsschichten im Bereich der möglichen Lagerperimeter, um die geologische Situation im Hinblick auf alle im Standortgebiet möglichen Lagertypen (SMA-, HAA-Lager und Kombilager) zu charakterisieren. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fliessen in die Standortwahl in Etappe 3 ein.

## Was sind Sondierbohrungen?

Geologische Bohrungen erlauben einen direkten Einblick in den geologischen Untergrund und dessen Aufbau. Es gibt zwei verbreitete Bohrverfahren: Bei Meisselbohrungen wird das Gestein unten im Bohrloch zerkleinert. Man pumpt eine Flüssigkeit durchs Bohrgestänge, welche Gesteinstücke (Bohrklein) an die Erdoberfläche spült. Diese Bohrspülung wird in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert. Bei den aufwändigeren Kernbohrungen zermahlen Hohlkronen nur das Gestein am Rande des Bohrlochs. In der Mitte der Bohrkronen bleibt ein so genannter Bohrkern stehen. Der Bohrkern wird gelöst und an die Erdoberfläche

hochgezogen, wo das Gestein genau untersucht werden kann. Ergänzend dazu werden verschiedene Bohrlochmessungen, so genannte Logs, sowie weitere hydrogeologische und felsmechanische Tests ausgeführt.

## Festlegen der Bohrplätze

Die Bohrungsperimeter geben die ungefähre Lage der Bohrplätze gemäss Untersuchungskonzept an. Die genaue Festlegung der Bohrplätze erfordert eine detaillierte Analyse der Situation an der Oberfläche und die Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen, Gemeinden und Grundeigentümern. Eine definitive Festlegung der Bohrplätze erfolgt daher im Rahmen der Ausarbeitung der Sondiergesuche. Sollte es die Situation an der Oberfläche erfordern, kann ein Bohrplatz auch ausserhalb der abgebildeten Bohrungsperimeter gewählt werden.

## Sondiergesuche

Nach heutiger Einschätzung sind zirka vier Sondierbohrungen pro Standortgebiet durchzuführen. Um flexibel auf neue Erkenntnisse im Verlauf der Untersuchungen der Standortgebiete reagieren zu können, werden mehr Sondiergesuche eingereicht, als voraussichtlich nötig sind.

Bohrungen erlauben präzise Aussagen über den Aufbau und die Eigenschaften der durchfahrenen Gesteinsschichten. Mit 3D-Seismik werden die geometrischen Verhältnisse bestimmt. Bohrungen und 3D-Seismik ergänzen sich somit optimal.

TimeLine Film



**Abbildung:**  
Geothermiebohrung in  
Schlattingen (2011)





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  
www.nagra.ch

**nagra** ● aus verantwortung

Fotos v.L.:  
Beat Müller, Comet Photoshopping, Ernst Müller, Beat Müller, Beat Müller, Beat Müller

