



ERLÄUTERUNGSBERICHT ZU DEN RAHMEN- BEWILLIGUNGSGESUCHEN

nagra ●

ISSN 1015-2636, NTB 24-12 Rev. 1

Dieser Bericht wurde im Mai 2025 revidiert. In die Einleitung wurde der Hinweis auf den Dokumentenstrukturplan aufgenommen und in Kapitel 7 die Aussagen zur Projektentwicklung konkretisiert. Schliesslich wurden wenige numerische Angaben und die Abbildungen auf den Seiten 20-21 sowie 25 im Abgleich mit Referenzberichten korrigiert.

Copyright © 2025 by Nagra, Wettingen (Schweiz) / Alle Rechte vorbehalten. Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Nagra unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen und Programmen, für Mikroverfilmungen, Vervielfältigungen usw.

ERLÄUTERUNGSBERICHT ZU DEN RAHMEN- BEWILLIGUNGSGESUCHEN



VORWORT

Bevor die radioaktiven Abfälle der Schweiz sicher entsorgt werden können, muss die Schweiz die Standorte für das geologische Tiefenlager und die Verpackungsanlage festlegen. Diese Festlegungen erfolgen im Bewilligungsverfahren nach Kernenergiegesetz mit einer Rahmenbewilligung.

Die Nagra plant das geologische Tiefenlager am Standort Haberstal in der Gemeinde Stadel im Kanton Zürich. Die Standortwahl basiert auf umfangreichen erdwissenschaftlichen Untersuchungen, welche eindeutige geologische Unterschiede bzw. für diesen Standort die grössten Sicherheitsmargen ergeben haben. Die Anlage für die endlagergerechte Verpackung ist neben dem bestehenden Zwischenlager in der Gemeinde Würenlingen im Kanton Aargau vorgesehen. Am 19. November 2024 wurden die Gesuche für die Erteilung der Rahmenbewilligung beim Bundesamt für Energie eingereicht.

Eine Rahmenbewilligung kann erteilt werden, wenn der Schutz von Mensch und Umwelt am Standort sichergestellt werden kann. Der Nachweis der Machbarkeit einer sicheren Entsorgung in der Schweiz wurde bereits vor einigen Jahren erbracht und nach behördlicher Begutachtung vom Bundesrat bestätigt. Im Sachplanverfahren hat sich «Nördlich Lägern» als bestes Standortgebiet erwiesen. Mit den Gesuchen wird nachgewiesen, dass das Tiefenlager und die Verpackungsanlage an ihren Standorten sicher und in Übereinstimmung mit den Anliegen der Raumplanung und der Umweltgesetzgebung realisiert werden können.

Der Erläuterungsbericht fasst die wesentlichen **Gründe für die Standortwahl und die Sicherheit des Tiefenlagers** zusammen (Argumentenbericht gemäss ENSI 33/649). Die Schlussfolgerungen in den Gesuchsunterlagen stützen sich auf umfangreiche wissenschaftliche Daten, Analysen und Erkenntnisse, welche in zahlreichen Referenzberichten dokumentiert sind. Über eine **webbasierte Plattform** sind die Gesuchsunterlagen und diese Referenzberichte digital und öffentlich zugänglich. Dort wird die Herleitung der Argumente für die Sicherheit und die Standortwahl von den Referenzberichten bis zu den Gesuchsunterlagen dargestellt.

Der Erläuterungsbericht erklärt zudem die wichtigsten Aspekte der Rahmenbewilligungsgesuche und deren Bedeutung im Bewilligungsverfahren bis zur Realisierung des Tiefenlagers. Er stellt eine **Einstiegs- und Lesehilfe für die Lektüre und Begutachtung der Gesuchsunterlagen** dar.

Mit den Rahmenbewilligungen werden die Grundzüge der Projekte, das heisst die ungefähre Lage und Grösse der wichtigsten Bauten, festgelegt. Der Gesetzgeber hat darauf geachtet, dass ausreichend Handlungsspielraum für die weitere Projektentwicklung bestehen bleibt.

INHALT

- 3 **Vorwort**
- KAPITEL 1**
- 6 **Wie will die Schweiz ihre radioaktiven Abfälle entsorgen?**
- KAPITEL 2**
- 8 **Wie wird der Standort festgelegt?**
- KAPITEL 3**
- 10 **Was ist eine Rahmenbewilligung?**
- KAPITEL 4**
- 12 **Warum ist der Standort der Verpackungsanlage geeignet?**
- KAPITEL 5**
- 14 **Warum ist das Tiefenlager langfristig sicher?**
- KAPITEL 6**
- 18 **Warum ist Nördlich Lägern das beste Standortgebiet?**
- KAPITEL 7**
- 22 **Wie wird das Tiefenlager gebaut und betrieben?**
- KAPITEL 8**
- 24 **Wieviel Abfall wird im Tiefenlager entsorgt?**
- KAPITEL 9**
- 28 **Was steht in den Rahmenbewilligungsgesuchen?**
- KAPITEL 10**
- 30 **Wie sind die Informationen öffentlich zugänglich?**
- 32 **Abkürzungsverzeichnis**

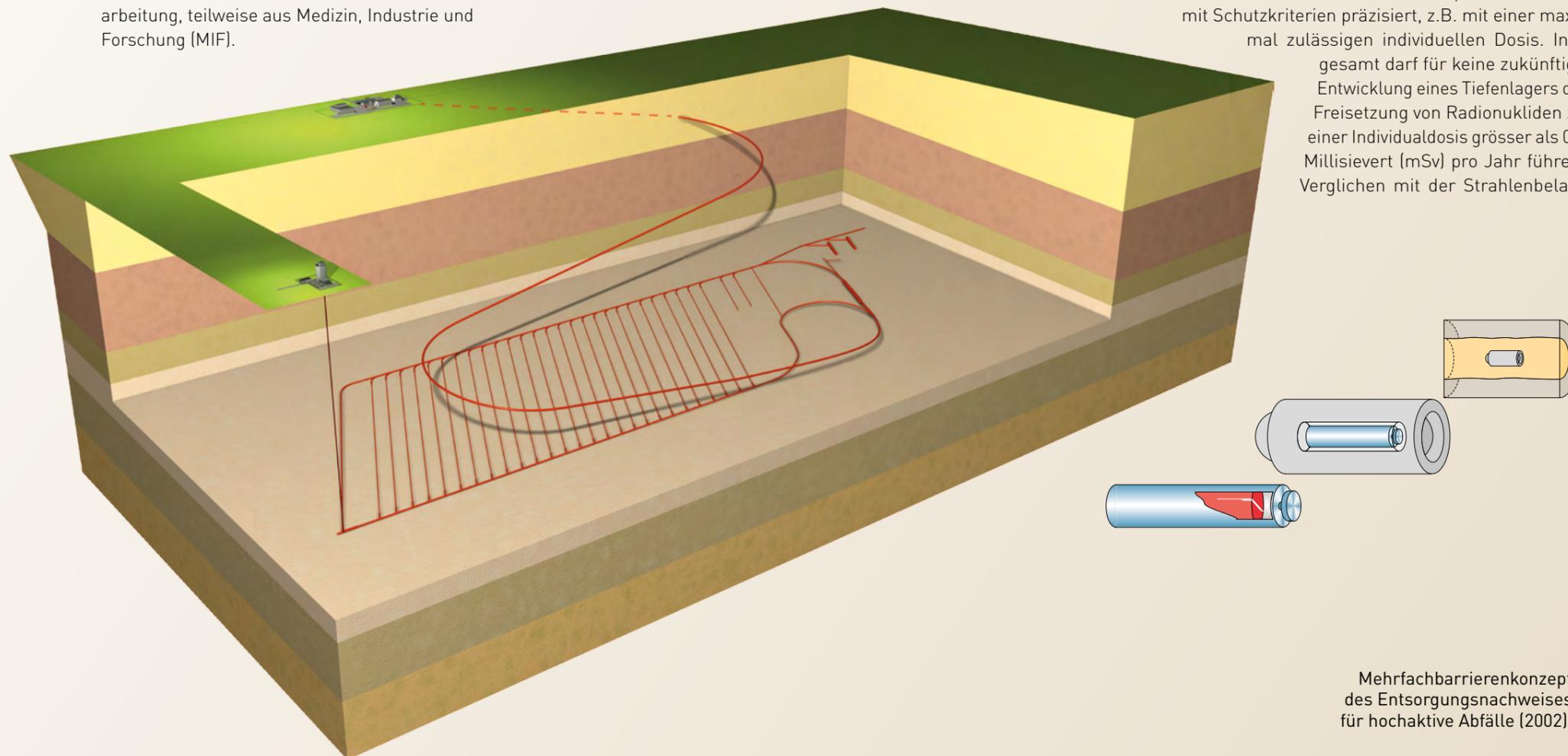
1 WIE WILL DIE SCHWEIZ IHRE RADIOAKTIVEN ABFÄLLE ENTSORGEN?

Seit über 50 Jahren nutzt die Schweiz die Kernenergie zur Stromerzeugung und erzeugt damit auch radioaktive Abfälle. Die Kernenergieverordnung (KEV) definiert in Art. 51 drei Abfallkategorien: Hochaktive Abfälle (HAA), alphanotoxische Abfälle (ATA) sowie schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA).

- Die HAA bestehen aus abgebrannten Brennelementen von Kernkraftwerken (KKW) sowie aus verglasten Abfällen aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente.
- Die ATA stammen teilweise aus der Wiederaufarbeitung, teilweise aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF).

- Die SMA stammen hauptsächlich aus dem Betrieb und Rückbau von Kernanlagen, wobei nur ein kleiner Teil dieser Betriebsabfälle und Rückbaumaterialien radioaktiv ist.

Aktuell werden die radioaktiven Abfälle aus den Kernkraftwerken in den kernkraftwerkeigenen Lagern und im Zwischenlager Würenlingen, der Zwilag, zwischengelagert. Der Bund lagert die MIF-Abfälle im Bundeszwischenlager auf dem benachbarten Gelände des Paul Scherrer Instituts (PSI).



Mehrfachbarrierenkonzept des Entsorgungsnachweises für hochaktive Abfälle (2002).

In der Schweiz ist die Entsorgung aller radioaktiven Abfälle in einem geologischen Tiefenlager im Kernenergiegesetz (KEG) vorgeschrieben. Mit der Lagerung im geologischen Untergrund weicht man zivilisatorischen Einflüssen an der Erdoberfläche aus, eine Voraussetzung für die Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit über lange Zeiträume. Der Nachweiszeitraum ist abgeleitet vom zeitlichen Verlauf des radiologischen Gefährdungspotenzials und beträgt für HAA eine Million Jahre. Ein geologisches Tiefenlager wird nicht alle Radionuklide zurückhalten können. Eine Freisetzung ist Teil des Tiefenlagerkonzepts, da ein kompletter Einschluss über sehr lange Zeiträume nicht möglich ist. Weil das Gefährdungspotenzial langfristig abnimmt, ist das aber auch nicht nötig.

DIE EINHALTUNG DES SCHUTZZIELS

Für den Nachweis der Langzeitsicherheit ist plausibel zu belegen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden kann (Art. 13, KEG). Dieses Schutzziel wird in einer Richtlinie des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) mit Schutzkriterien präzisiert, z.B. mit einer maximal zulässigen individuellen Dosis. Insgesamt darf für keine zukünftige Entwicklung eines Tiefenlagers die Freisetzung von Radionukliden zu einer Individualdosis grösser als 0.1 Millisievert (mSv) pro Jahr führen. Verglichen mit der Strahlenbelas-

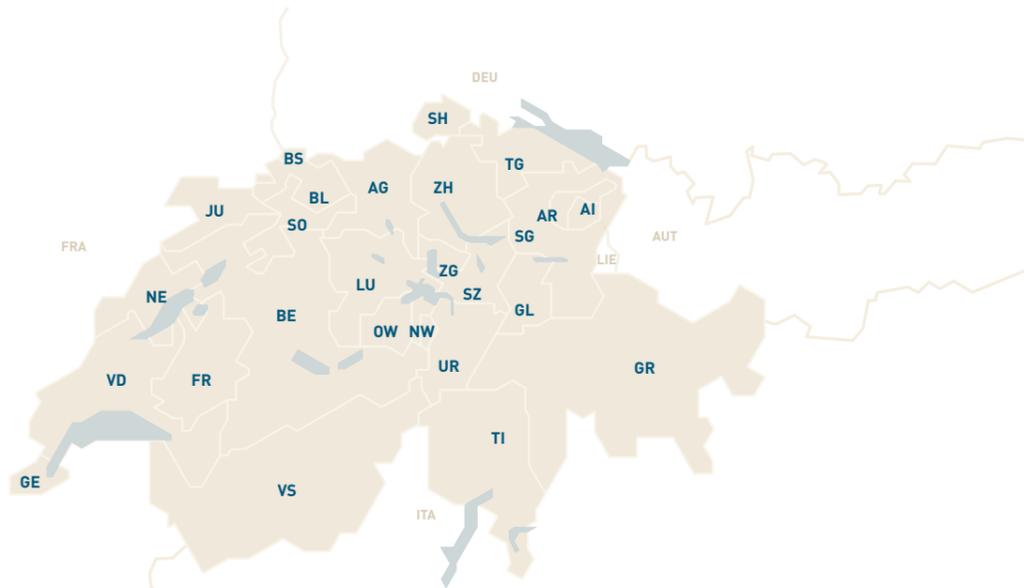
tung, der die Bevölkerung der Schweiz jährlich ausgesetzt ist, sind 0,1 Millisievert ein kleiner Wert, zwei Transatlantikflüge führen zu einer ähnlichen Strahlenbelastung. Die aktuelle durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung beträgt etwa 6 Millisievert pro Jahr. Bei den Sicherheitsanalysen für Kernanlagen sind nicht reduzierbare Ungewissheiten durch konservative Betrachtungen abzudecken. Diese konservativen Annahmen führen dazu, dass die radiologischen Auswirkungen für Mensch und Umwelt eher überschätzt werden.

DER NACHWEIS DER MACHBARKEIT

Der Nachweis der Machbarkeit von langfristig sicheren geologischen Tiefenlagern in der Schweiz wurde für SMA und HAA erbracht. Diese Entsorgungsnachweise bestehen aus einem Standortnachweis, einem Machbarkeitsnachweis und einem Sicherheitsnachweis. Der Entsorgungsnachweis für SMA in einer Mergelformation am Standort «Oberbauenstock» wurde 1988 vom Bundesrat bestätigt. Der 2002 eingereichte Nachweis für HAA wurde am Beispiel eines Lagers im Opalinuston im Zürcher Weinland erbracht und nach der Begutachtung durch die zuständigen Behörden und zahlreiche nationale und internationale Experten vom Bundesrat anerkannt.

Der Entsorgungsnachweis für HAA basiert auf einem System aus geologischen und technischen Sicherheitsbarrieren (**Mehrfachbarrierenkonzept**). Die Endlagerbehälter stellen den Einschluss der radioaktiven Abfälle während einer langen Zeit sicher, so dass ein grosser Teil der radioaktiven Nuklide bereits in den Behältern zerfällt (ca. 90% über 1'000 Jahre). Danach werden die restlichen Nuklide durch das Verfüllmaterial (Bentonit) zwischen Behältern und Wirtgestein (Opalinuston) zurückgehalten. Das Standortgebiet gewährleistet, dass die für die Rückhaltung der Nuklide günstigen Bedingungen auch mit konservativen Annahmen im Nachweiszeitraum erhalten bleiben.

Mit den Entsorgungsnachweisen sind neben der etablierten Behandlung und Verpackung der radioaktiven Abfälle für die Zwischenlagerung, ihrer Charakterisierung und Inventarisierung sowie der Zwischenlagerung und der dazu gehörenden Transporte wichtige Schritte zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle der Schweiz realisiert. Noch nicht rechtskräftig festgesetzt ist der Standort des geologischen Tiefenlagers, welcher gemäss Art. 5 der KEV durch ein Sachplanverfahren zu bestimmen ist.



2 WIE WIRD DER STANDORT FESTGELEGT?

Sachpläne sind Planungsinstrumente des Bundes zur Realisierung von Infrastrukturprojekten von nationaler Bedeutung wie z.B. für einen Flughafen, eine Hochspannungsleitung, einen Waffenplatz oder ein geologisches Tiefenlager. Mit dem vom Bundesrat im Jahr 2008 genehmigten Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) wurde das Standortwahlverfahren für die geologische Tiefenlagerung, ausgehend von der gesamten Schweiz, festgelegt und dessen Umsetzung begonnen. Federführende Behörde ist das Bundesamt für Energie (BFE). Die Langzeitsicherheit hat bei der Standortwahl im SGT oberste Priorität: Für HAA und SMA muss das geologische Tiefenlager (gTL) nicht nur an einem sicheren und geeigneten, sondern am bestmöglichen Standort

der Schweiz realisiert werden. Für die Standort-suche wurden deshalb 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit definiert. Diese Kriterien sind, ausgehend von der gesamten Schweiz, systematisch in drei Etappen anzuwenden. Die Sicherheit der Oberflächenanlage kann am Standort mit der Auslegung gewährleistet werden. Bei der Platzierung der Oberflächenanlagen konnten deshalb auch die Anliegen der Regionen, Kantone und des benachbarten Deutschlands berücksichtigt werden.

ETAPPE 1

Etappe 1 endete mit der Festlegung von geologisch geeigneten Standortgebieten. Die Nagra hatte 2008 sechs geologische Standortgebiete für das geologische Tiefenlager für SMA und drei für HAA vorgeschlagen. In Standortgebieten, welche sich sowohl für das HAA- als auch für das SMA-Lager eignen, wurde auch die Möglichkeit der Realisierung beider Lagertypen an einem Standort als sogenanntes Kombilager festgehalten. Mit dem Entscheid des Bundesrats wurden die von der Nagra vorgeschlagenen geologischen Standortgebiete 2011 in den Sachplan geologische Tiefenlager aufgenommen.

ETAPPE 2

Am Ende von Etappe 2 wurde die Auswahl nach behördlicher Begutachtung vom Bundesrat auf drei geeignete Standortgebiete in der Nordschweiz (Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost) und damit das Wirtgestein Opalinuston reduziert. Damit wurde bestätigt, dass sich der Opalinuston aufgrund seiner Gesteinseigenschaften und die Region der



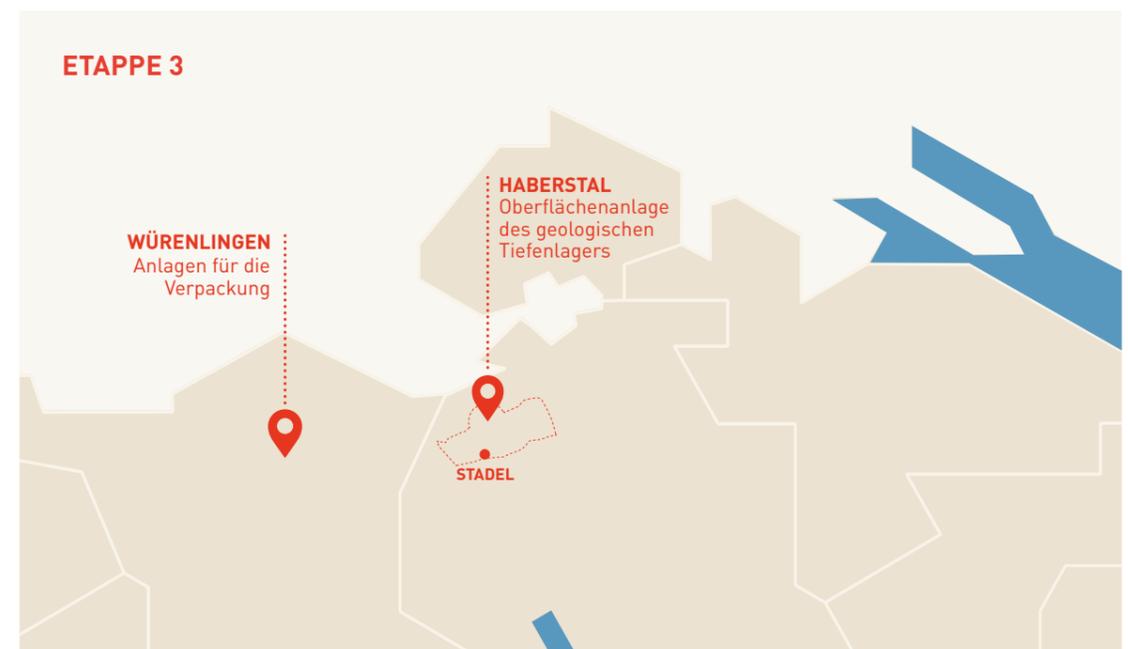
Nordschweiz aufgrund der tektonischen Stabilität und der geringen seismischen Aktivität in der Schweiz am besten für ein geologisches Tiefenlager eignet. Zudem wurden in Zusammenarbeit mit den Standortregionen und Kantonen Vorschläge für die Platzierung der Oberflächenanlage erarbeitet und mögliche Standortareale bezeichnet. Diese Vorschläge wurden von den Regionen und Kantonen diskutiert, geprüft und auf deren Wunsch fallweise mit zusätzlichen Vorschlägen ergänzt. Auf Basis der Stellungnahmen wurde von der Nagra für jedes Standortgebiet mindestens ein Standortareal für die Oberflächenanlage vorgeschlagen und nach der behördlichen Begutachtung vom Bundesrat festgesetzt.

ETAPPE 3

In Etappe 3 wurden die verbleibenden Gebiete mit einem zusätzlichen erdwissenschaftlichen Untersuchungsprogramm vertieft untersucht. Nach systematischer Bewertung der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit und Anwendung der ENSI-Vorgaben erweist sich Nördlich Lägern (NL) für beide Lagertypen als bestes Standortgebiet. Die Anordnung der Oberflächenanlagen wurde in Zusammenarbeit mit den Standortregionen und Kantonen erneut beurteilt und konkretisiert. Mit dem Standortvorschlag «Haberstal» in der Gemeinde Stadel folgt die Nagra der Empfehlung der Region und berücksichtigt die Stellungnahme des Kantons.

Für die Platzierung der Verpackungsanlagen wurden verschiedene Varianten verglichen. Die Auswahl reduzierte sich auf einen Standort beim Tiefenlager oder im Raum Zwilag. Die Begründung zur Platzierung beim Zwilag erfolgte insbesondere aufgrund von Vorteilen durch die dort bestehenden Nuklearanlagen. Es können Synergien für sicherheitstechnische Betriebsabläufe genutzt werden. Zudem wird weniger Fläche beansprucht, was zu einem geringeren Eingriff in Landschaft und Umwelt führt.

Die Standorte werden mit der Rahmenbewilligung festgelegt. Die Rahmenbewilligung entspricht dem ersten Schritt im Bewilligungsverfahren nach KEG und dem Abschluss des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager.



3

WAS IST EINE RAHMENBEWILLIGUNG?

Mit einer Rahmenbewilligung werden politische Entscheide zu grundsätzlichen Fragen in Zusammenhang mit Kernanlagen getroffen. **Wer eine Kernanlage bauen und betreiben will, braucht eine Rahmenbewilligung des Bundesrats** (Art. 12, KEG). Als Kernanlagen werden im Gesetz auch Einrichtungen zur Bearbeitung und Lagerung von Kernmaterialien oder zur Entsorgung radioaktiver Abfälle bezeichnet (Art. 3, KEG).

Die Rahmenbewilligung legt insbesondere den Zweck und den Standort der Anlage fest (Art. 14, KEG). Weil die Anlage für die endlagergerechte Verpackung an einem anderen Standort geplant ist und einen anderen Zweck verfolgt als die Entsorgung im

geologischen Tiefenlager, braucht es zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle der Schweiz gemäss BFE zwei Rahmenbewilligungen. Die Verpackung der SMA ist in der Zwiilag bereits bewilligt, weshalb sich das Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) auf die Brennelementverpackungsanlage (BEVA) beschränkt. Für die Erteilung der Rahmenbewilligung ist ein Sicherheitsnachweis zu erbringen (Art. 13, KEG). Grundlage dafür ist ein beispielhaftes Projekt, welches für das Tiefenlager im Detaillierungsgrad der technischen Barrieren über ein Projekt in Grundzügen hinausgeht.

Neben dem Standort und dem Zweck werden mit der Rahmenbewilligung auch die Grundzüge des Pro-

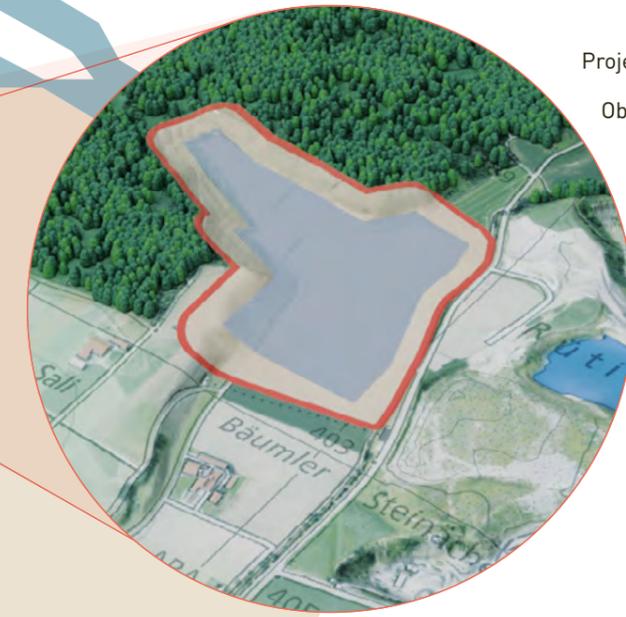
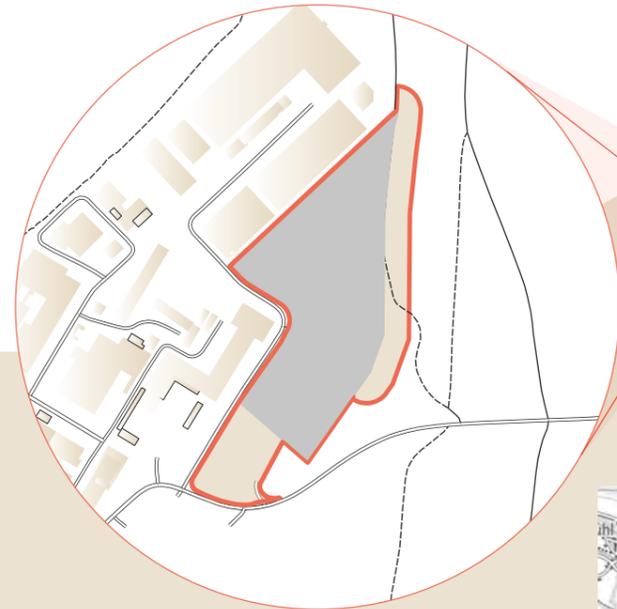
jekts festgelegt. Als Grundzüge des Projekts definiert das KEG die ungefähre Grösse und Lage der wichtigsten Bauten. An der Oberfläche wird dazu ein Projektperimeter festgelegt. Im darin enthaltenen Anlagenperimeter liegen die wichtigsten Bauten, von denen die ungefähre Grundfläche und die maximale Höhe über dem gewachsenen Terrain festgelegt werden. Anhand der beispielhaften Anlagen werden der Platzbedarf sowie die Abläufe und Prozesse beim Bau und Betrieb über die gesamte Projektdauer analysiert und sichergestellt, dass im Anlagenperimeter ausreichend Platz für alle notwendigen Anlagen vorhanden ist. Der Projektperimeter dient dazu, den Anlagenperimeter vor Auswirkungen aus der Umgebung zu sichern und im Falle des Tiefenlagers allenfalls besser in die Landschaft einzugliedern. Zum Schutz des Tiefenlagers vor menschlichen Eingriffen wird mit der Rahmenbewilligung ein vorläufiger Schutzbereich für den Untergrund festgelegt (Art. 14, KEG). In diesem wer-

den später die Zugänge und die untertägigen Elemente des Tiefenlagers (Testbereiche, Pilot- und Hauptlager) erstellt. **Die Rahmenbewilligung definiert mit dem Projektperimeter und dem vorläufigen Schutzbereich den raumplanerisch festgelegten Rahmen, welcher mit den späteren Verfahrensschritten eingehalten werden muss.**

DIE TOCHTERGESELLSCHAFTEN

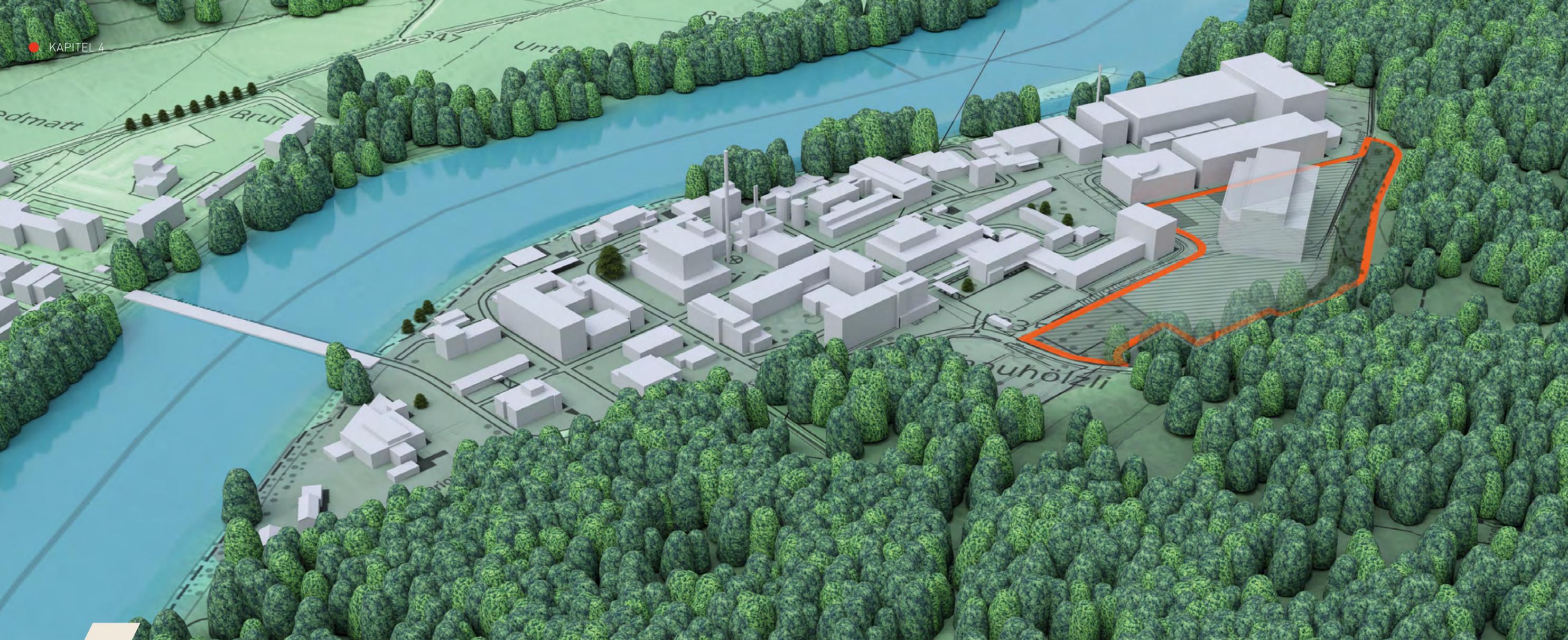
Weil auch der Bewilligungsinhaber festgelegt wird, hat die Nagra für die weitere Planung und den Bau und Betrieb der beiden Anlagen zwei Tochtergesellschaften gegründet. Die Rahmenbewilligung für das geologische Tiefenlager (RBG gTL) wird von der **Nagra gTL AG** beantragt, die für die BEVA (RBG BEVA) von der **Nagra BEVA AG**. In den Gesuchsunterlagen bezieht sich die Angabe der «Nagra» je nach Gesuch entweder auf die Nagra gTL AG oder auf die Nagra BEVA AG. Diese Organisationen beantragen beim Bundesrat die Erteilung der Rahmenbewilligung.

Projekt- und Anlagenperimeter (graue Fläche) für die Verpackungsanlage.



Projekt- und Anlagenperimeter für die Oberflächenanlagen des geologischen Tiefenlagers.

Vorläufiger Schutzbereich für das geologische Tiefenlager.



Projektperimeter mit beispielhafter Darstellung der BEVA.

WARUM IST DER STANDORT DER VERPACKUNGSANLAGE GEEIGNET?

Die Sicherheit und Eignung des Standorts, an welchem die BEVA gebaut und betrieben werden soll, wurde mit den Bewilligungen nach KEG für die Zwiilag und die Kernanlagen des PSI bereits mehrfach geprüft. Der Standort und seine Umgebung haben sich mit ihrem sehr niedrigen externen Gefährdungspotenzial seit Jahrzehnten für den kerntechnischen Betrieb bewährt. Für das RBG der BEVA wurde die Eignung des Standorts und damit die Sicherheit für die Betriebsphase gemäss den Vorgaben von KEG, KEV und des ENSI erneut nach etabliertem Stand von Wissenschaft und Technik überprüft und bestätigt. Das untersuchte Gefahrenspektrum beinhaltet dabei u.a. Ereignisse wie

Hochwasser, Extremwetter oder Erdbeben. Die systematische Bewertung zeigt und bestätigt ein sehr geringes Gefährdungspotenzial für den Standort und die Anlage durch äussere natürliche und zivilisatorische Ereignispotenziale. Der Standort weist insbesondere keine für kerntechnische Anlagen ungewöhnliche Bedingungen auf. Die BEVA kann auf die entsprechenden standortspezifischen Gefahren ausgelegt werden, so dass eine unzulässige Strahlenexposition der Bevölkerung infolge dieser Gefahren ausgeschlossen werden kann. Dies beinhaltet – wie bei anderen Kernanlagen bereits umgesetzt, nachgewiesen und behördlich geprüft – auch die Auslegung gegen seltene Auslegungs-

störfälle wie Erdbeben oder Flugzeugabsturz. Als abdeckender Störfall gilt in Analogie zur Heissen Zelle der Zwiilag der Absturz eines Brennelements in der Umladezelle der BEVA während der Umladung. Für dieses Ereignis wird bereits heute durch die Zwiilag nachgewiesen, dass die radiologischen Konsequenzen für die Bevölkerung deutlich unter dem zulässigen Grenzwert zu erwarten sind. Die Umgebung, die Bevölkerung und das Personal können daher auch im Fall einer BEVA durch bewährte kerntechnische Vorkehrungen während des Normalbetriebs, Betriebsstörungen und bei Störfällen vor unzulässiger radioaktiver Bestrahlung geschützt werden. **Die sicherheitstechnische Eignung des Standorts wird somit bestätigt.**

Am Standort hat es ausreichend Platz für die Realisierung der BEVA. Grundlage für den Nachweis der Machbarkeit im RBG ist ein konzeptioneller Be-

schrieb der Abläufe bei der Verpackung der HAA von den Transport- und Lagerbehältern in die Endlagerbehälter. Die exemplarischen Bemessungen der BEVA und weiterer funktionaler Bauten und Flächen ergeben sich aus Sicherungsmassnahmen und logistischen Abläufen. Für die BEVA stützen sich die Abläufe und Anlagen auf eine langjährige Erfahrung aus dem Bau und Betrieb der Zwiilag sowie anderer vergleichbarer Kernanlagen ab. Daraus leitet sich der Vorschlag zur ungefähren Grösse und Lage der Anlage ab, welche mit der Rahmenbewilligung festzulegen ist. Der Vorschlag ist abdeckend und ermöglicht wie im Bewilligungsverfahren (KEG) vorgesehene zukünftige Projektentwicklungen, beispielsweise technische Entwicklungen oder sich verändernde Gegebenheiten.

5

WARUM IST DAS TIEFENLAGER LANGFRISTIG SICHER?

Für die Erteilung der Rahmenbewilligung ist ein Sicherheitsnachweis für die Betriebs- und Nachverschlussphase zu erbringen. Zur Bestätigung der Entsorgungsnachweise sind die seither erfolgten Veränderungen des Projekts zu berücksichtigen. So hat sich das erwartete Abfallvolumen aufgrund der veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen und der Entwicklungen bei der Abfallkonditionierung verkleinert. Für die Etappe 3 des Sachplans wurde der Opalinuston für alle Abfallkategorien als bestes Wirtgestein der Schweiz festgelegt. Mit Etappe 3 hat sich NL für beide Lagertypen als das qualitativ beste Standortgebiet mit einem mehr als ausreichenden Platzangebot erwiesen, weshalb die Nagra ein Kombilager plant. Weitgehend unverändert ist das Lagerkonzept mit dem Mehrfachbarrierensystem und den Eigenschaften der technischen Barrieren, des Opalinustons und des Standorts als zentrale **Argumente für den Nachweis der Langzeitsicherheit** (Argumentenbericht gemäss ENSI 33/649).

DIE TECHNISCHEN BARRIEREN

Die **Eigenschaften der technischen Barrieren** des Tiefenlagers verzögern die Freisetzung der Radionuklide und begrenzen deren Transport in das umgebende Gestein. Abfälle dürfen nur in fester, stabilisierter und verpackter Form in ein Tiefenlager gebracht werden. Sowohl Brennstoff als auch Glas zersetzen sich im Tiefenlager sehr langsam. Auch SMA werden in einer festen Matrix fixiert, meist handelt es sich dabei um Glas, Zement oder Bitumen.

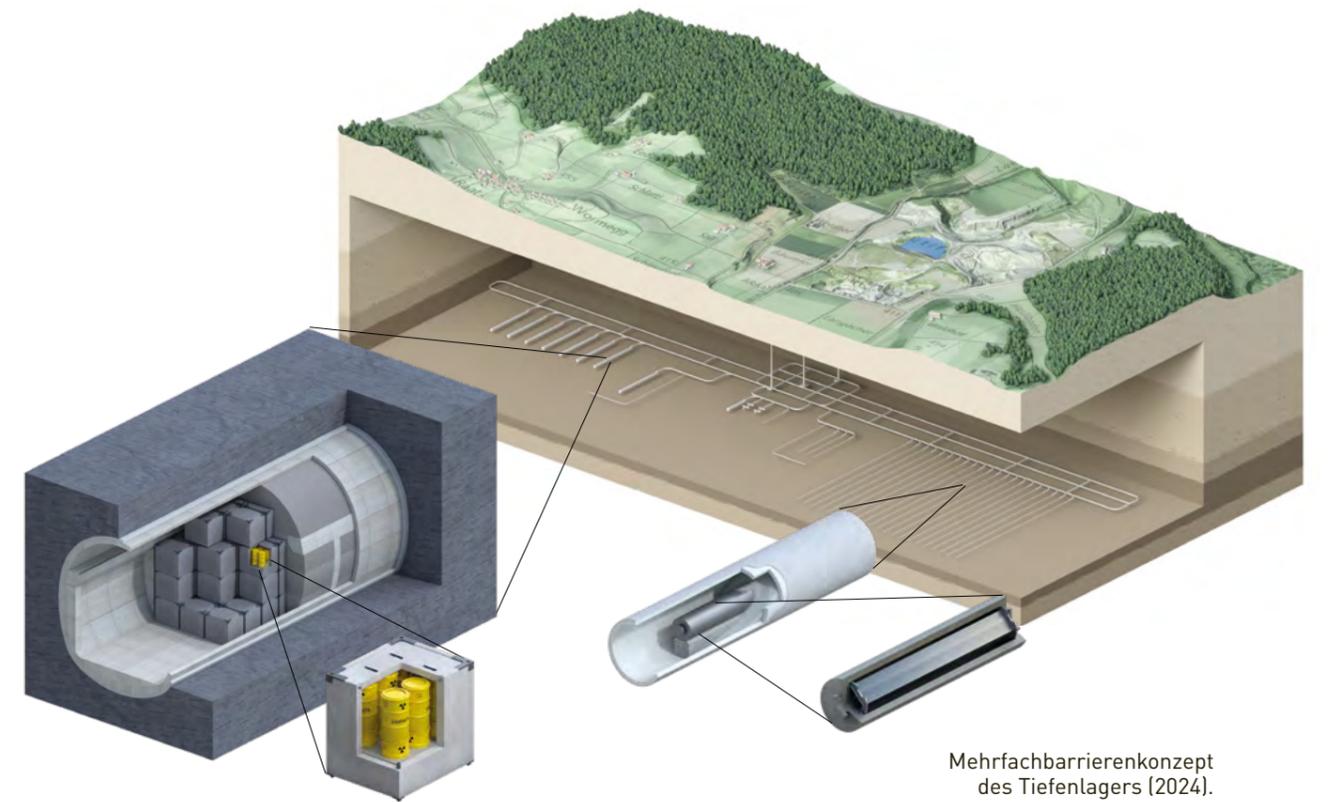
Im HAA-Lager sorgen die Endlagerbehälter dafür, dass die Radionuklide signifikant länger als die vom ENSI vorgeschriebenen 1000 Jahre eingeschlossen bleiben. Dadurch zerfällt ein grosser Teil der radioaktiven Stoffe bereits innerhalb der Zeit, während der die Abfallbehälter noch intakt sind und somit einen vollständigen Einschluss gewährleisten. Im SMA-Lager werden die Abfälle in dickwandige

Betoncontainer verpackt und die verbleibenden Hohlräume mit Mörtel vergossen. Der im aktuellen Konzept für die Verfüllung der HAA-Lagerstollen vorgesehene Bentonit, welcher die Lagerstollen komplett ausfüllt, hat ähnliche Eigenschaften wie der Opalinuston. Er wirkt bei entstehenden Rissen selbstabdichtend und besitzt eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit. Die meisten Radionuklide sorbieren sehr gut an Bentonit. Dadurch zerfällt ein weiterer Teil der Radionuklide, bevor diese den Bentonit durchquert haben. Schliesslich sorgen die Versiegelung und Verfüllung der Zugänge zum Tiefenlager für eine weitere Rückhaltung der Radionuklide.

DER OPALINUSTON

Die wichtigste Barriere des Tiefenlagers ist die geologische Barriere. Deren Transport- und Rückhalte-mechanismen gewährleisten aufgrund des hohen Anteils an Tonmineralen die Rückhaltung und sehr langsame Freisetzung der Radionuklide. Die sicherheitsrelevanten **Eigenschaften des Opalinustons** sind insbesondere:

- die **geringe Durchlässigkeit** für Wasser und Gas, welche sicherstellt, dass der Radionuklidtransport hauptsächlich durch Diffusion, einen langsamen Ausgleich eines Konzentrationsgefälles ohne Mitwirkung von Wasserflüssen, stattfindet.
- die negative Ladung der Tonminerale und deren grosse Oberfläche, die dafür sorgen, dass positiv geladene Radionuklide an den Tonmineralen gebunden und zurückgehalten werden (**Sorption**).
- die Quellfähigkeit, die Risse im Gestein abdichtet (**Selbstabdichtung**), so dass die geringe Durchlässigkeit für Wasser und Gas langfristig gewährleistet bleibt.



Mehrfachbarrierenkonzept des Tiefenlagers (2024).

DER STANDORT

Schliesslich sind die **Eigenschaften des Standorts**, an dem sich der Opalinuston in geeigneter Tiefe befindet, von zentraler Bedeutung für die Langzeitsicherheit:

- Der Opalinuston ist in mehr als **ausreichender Ausdehnung** vorhanden.
- Die Langzeitstabilität der sicherheitsrelevanten Eigenschaften ist dank der **geologisch ruhigen Situation** gewährleistet.

Die umfangreichen Kenntnisse zur in der Vergangenheit eher ereignisarmen Geologie der Nordschweiz sind die Voraussetzung für zuverlässige Annahmen zur Wahrscheinlichkeit zukünftiger Veränderungen. Die in der Vergangenheit überblickbaren Zeiträume sind rund hundert Mal grösser als der Nachweiszeitraum des geologischen Tiefenlagers. Der rund 100 m mächtige Opalinuston ist vor rund 174 Millionen Jahren in einem weiträumigen und flachen Meer in der für geologische Verhältnisse kurzen Zeit von 1 - 2 Millionen Jahren abgelagert worden.

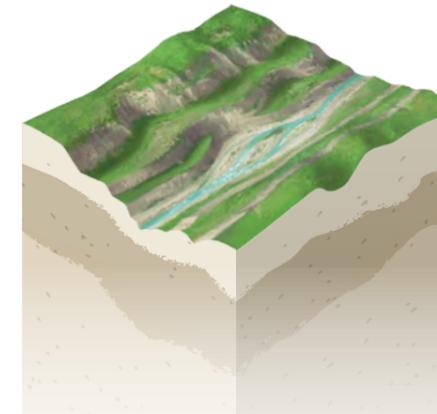
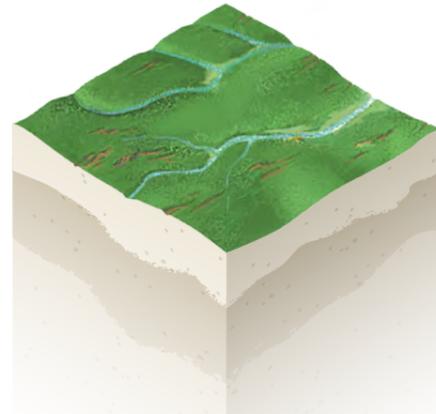
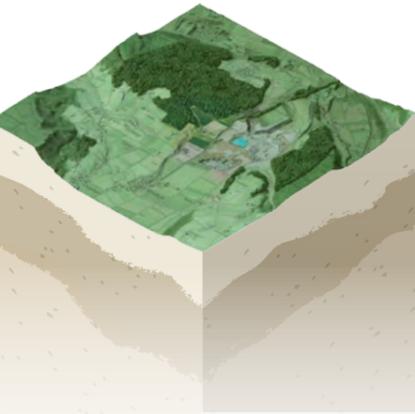
Das Verständnis der Erosionsprozesse ist wichtig, weil sich die Nordschweiz langfristig hebt und in der Folge darauf erodiert wird. Die Rückhalteeigenschaften der geologischen Barriere werden durch Auflockerung und Verwitterung nicht beeinträchtigt, solange die tonreichen Gesteine nicht zu nahe an die Oberfläche gelangen, d.h. in mehr als 200 m Tiefe verbleiben. Die Lagerebene liegt am Standort in einer

Tiefe von 800 bis 900 m. Die langfristig zu erwartende Hebungsrates, eine isostatische Ausgleichsbewegung verursacht durch die Alpenbildung, liegt bei weniger als 3 Zehntelmillimetern pro Jahr. Unter Annahme konstanter Hebungsrates ist in einer Million Jahren mit einer Hebung von weniger als 300 m zu rechnen. Bei den Sicherheitsanalysen zu möglichen Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen werden zusätzlich zur Hebung und Erosion durch Flüsse auch mögliche zukünftige Gletschervorstösse und der unterschiedliche Erosionswiderstand der verschiedenen Gesteinsschichten berücksichtigt. Da bei der Beurteilung der zukünftigen Barriereigenschaften stets abdeckende Varianten mit vorsichtigen (konservativen) Annahmen betrachtet werden, also auch mit ungünstigen Annahmen zu den zukünftigen Hebungs- und Erosionsraten, enthalten die Prognosen stets Sicherheitsmargen. Auch unter Berücksichtigung aller Aspekte bestehen grosse Sicherheitsmargen beim langfristigen Erhalt der Barriereigenschaften.

Die Analyse des Grund- und Porenwassers erlaubt Prognosen zu den Transportprozessen in der geologischen Barriere. Die entlang von Bohrungen analysierten Porenwasserzusammensetzungen in Kombination mit der Zusammensetzung der Tiefengrundwässer bestätigen die Rückhaltewirkung der Gesteine. Diese Austauschprozesse zwischen Grund- und Porenwassern erfolgten hauptsächlich per Diffusion und über sehr lange Zeiträume. Auch bei den hydrogeologischen Freisetzungspfaden werden bei den Sicherheitsanalysen konservative

UNGEWISSEITEN AN DER ERDOBERFLÄCHE WERDEN MIT

UNGÜNSTIGEN ANNAHMEN BERÜCKSICHTIGT



Annahmen gemacht. Über der Lagerebene befindet sich der nächste Aquifer in rund 400 m Tiefe und das an Grundwasserproben bestimmte Alter beträgt mehrere hunderttausend Jahre. Obwohl das Grundwasservorkommen seit vielen Jahren im Untergrund eingeschlossen ist, wird für die Sicherheitsanalysen angenommen, dass Radionuklide nach dem Erreichen dieses Aquifers ohne Verzögerung direkt an die Erdoberfläche gelangen. Auf diese Weise werden bei den potenziellen radiologischen Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers auch die unvermeidlichen, mit zunehmender Zeitspanne wachsenden Ungewissheiten berücksichtigt.

Die Entwicklung der technischen Barrieren, der geologischen Barrieren, der Biosphäre und der Lebensgewohnheiten der Menschen haben jeweils eine **unterschiedliche zeitliche Prognostizierbarkeit**. Das Langzeitverhalten auf Lagerebene ist

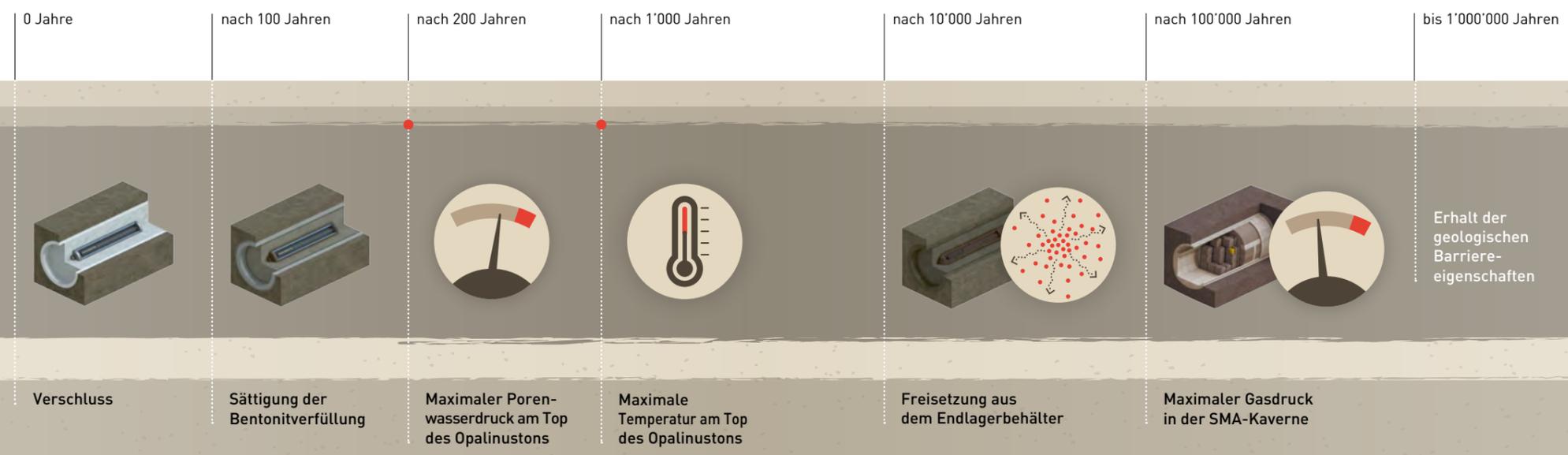
aufgrund langjähriger Forschungsarbeiten bekannt und anhand von Modellanalysen gut prognostizierbar. Zu Beginn der Nachverschlussphase, während der Einschluss der HAA in den Endlagerbehältern gewährleistet ist, entsteht durch den radioaktiven Zerfall der Abfälle Wärme. Bei der Lagerauslegung wird geprüft, dass die Barriereigenschaften durch den Temperaturanstieg nicht beeinträchtigt werden. Der Temperaturanstieg verursacht eine Veränderung der Druckverhältnisse, welche durch Gas, welches durch die Korrosion von Metallen entsteht, zusätzlich beeinflusst wird. Im SMA-Lager entsteht ebenfalls Gas durch die Korrosion von Metallen und den Abbau von organischen Abfällen. Dieses Gas verteilt sich über die verfüllten Bauwerke auf Lagerebene. Die Systemanalysen bestätigen, dass das Gasspeichervolumen der vorgesehenen Verfüllmaterialien so gross ist, dass der Gasdruck im Lager unterhalb der kritischen Werte bleibt und die

mechanische Integrität der geologischen Barriere mit einer ausreichenden Sicherheitsmarge gewährleistet bleibt.

Die Ungewissheiten an der Erdoberfläche bezüglich der Klimaentwicklung und des Verhaltens der Menschen werden bei den Sicherheitsanalysen mit Bandbreiten und ungünstigen Annahmen berücksichtigt. Die Ergebnisse werden an der Vorgabe der maximal zulässigen zusätzlichen individuellen Dosis von 0.1 mSv pro Jahr durch das Tiefenlager gemessen. Sie zeigen, dass die Sicherheit für das grosse Spektrum an möglichen Szenarien gegeben ist. **In allen Fällen bleibt die maximal resultierende individuelle Dosis unter dem Schutzkriterium**, in den meisten Fällen um mehrere Grössenordnungen. Um die Robustheit des Mehrfachbarrierensystems aufzuzeigen, werden auch Entwicklungen analysiert, die hypothetisch sind [«what if»-Fälle]. Dabei wird aufgezeigt, dass das System

auch unmöglichen Entwicklungen standhalten würde.

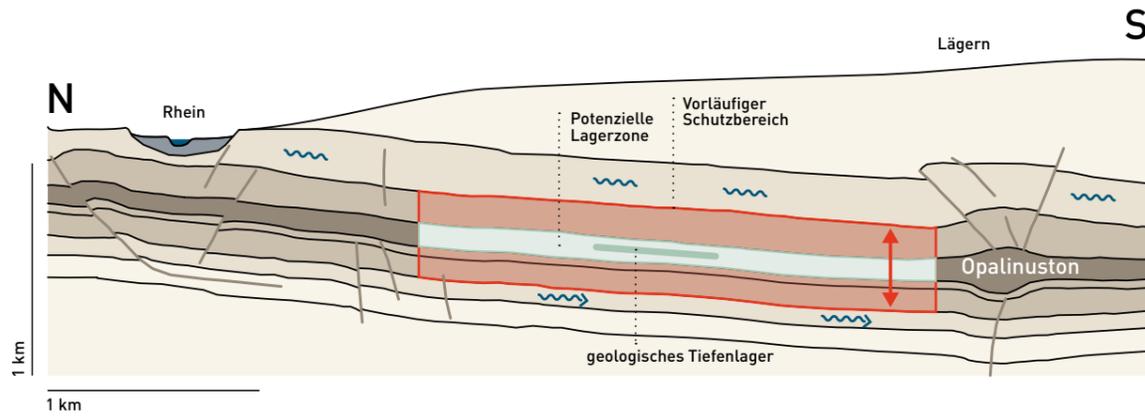
Die seit dem Entsorgungsnachweis gewonnenen Erkenntnisse zum Verhalten der technischen und geologischen Barrieren haben zu einem robusteren Sicherheitsnachweis geführt. **Die im Sachplanverfahren durchgeführten umfangreichen erdwissenschaftlichen Untersuchungen haben zu einer Erhärtung des Sicherheitsnachweises geführt.** So kann beispielsweise auch der Beitrag der gering durchlässigen Rahmengesteine ober- und unterhalb des Opalinustons zur Barrierewirkung berücksichtigt werden. Auch die Oberflächenanlagen können so ausgelegt werden, dass sie während der Betriebsphase allen Gefahren standhalten und die Umgebung, die Bevölkerung und das Personal vor unzulässiger radioaktiver Bestrahlung geschützt werden können.



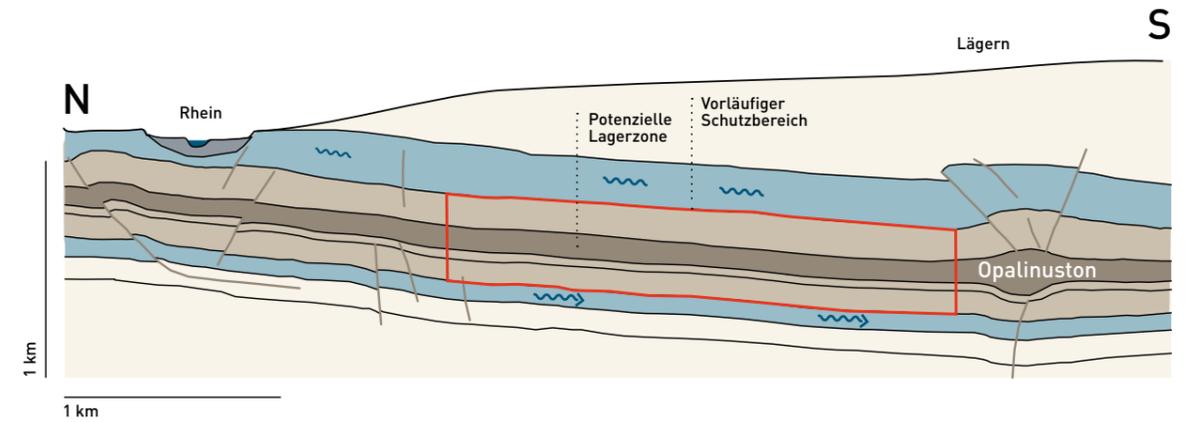
IM UNTERGRUND SIND AUSREICHEND ZUVERLÄSSIGE PROGNOSEN ZUR ENTWICKLUNG

DES LAGERS UND DER GEOLOGIE MÖGLICH.

DIE GRÖSSTE MÄCHTIGKEIT



DIE GÜNSTIGSTEN HYDROGEOLOGISCHEN BEDINGUNGEN



6 WARUM IST NÖRDLICH LÄGERN DAS BESTE STANDORTGEBIET?

Die Standortgebiete Jura Ost (JO), Nördlich Lägern (NL) und Zürich Nordost (ZNO) sind für den Bau eines langfristig sicheren Tiefenlagers geeignet. In Etappe 2 des Sachplanverfahrens wurde mit vorläufigen Sicherheitsanalysen nachgewiesen, dass in diesen Standortgebieten die Schutzkriterien eingehalten werden können. Grundlage sind die für den Nachweis der Langzeitsicherheit zentralen Eigenschaften der technischen und geologischen Barrieren, die in allen Standortgebieten gegeben sind.

Die für die Auswahl von NL ausschlaggebenden Eigenschaften ergaben sich aus den zu Beginn von Etappe 3 durchgeführten umfangreichen erdwissenschaftlichen Untersuchungen, welche im Herbst 2022 bei der Ankündigung der Standorte für die Ausarbeitung der Rahmenbewilligungsgesuche mit der besten Qualität, der grössten Stabilität und der grössten Flexibilität zusammengefasst wurden.

Die Standortgebiete wurden mittels 3D-Seismik, Tief- und Quartärbohrungen sowie begleitend dazu mit Feldaufnahmen vertieft untersucht. Für die Standortwahl ausschlaggebend sind folgende

Eigenschaften des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (EG) in NL (Argumentenbericht gemäss ENSI 33/649):

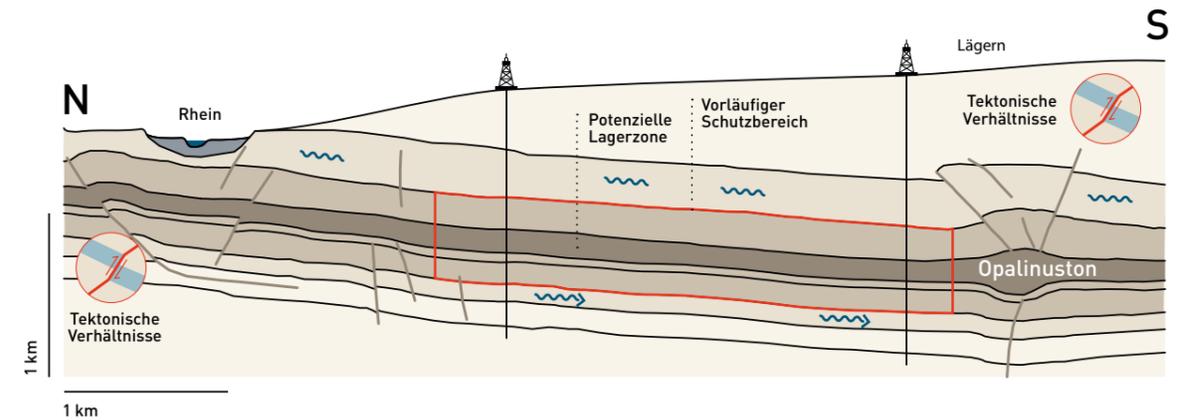
- die grösste Mächtigkeit
- die günstigsten hydrogeologischen Bedingungen
- die einfachste geologische Situation
- der beste Schutz vor Erosion

Der Sachplan definiert 13 Kriterien, welche für die Standortwahl hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit zu bewerten sind. Bei der Standortwahl muss das beste Standortgebiet für HAA und SMA im Rahmen einer Positivwahl ausgewählt werden. Da alle Gebiete geeignet sind, geht es um die **Wahl des Standortgebietes mit den grössten Sicherheitsmargen**. Die qualitativen Vorteile von NL bestätigen sich im Rahmen der Bewertung der Kriterien, welche vier Kriteriengruppen zugeordnet sind.

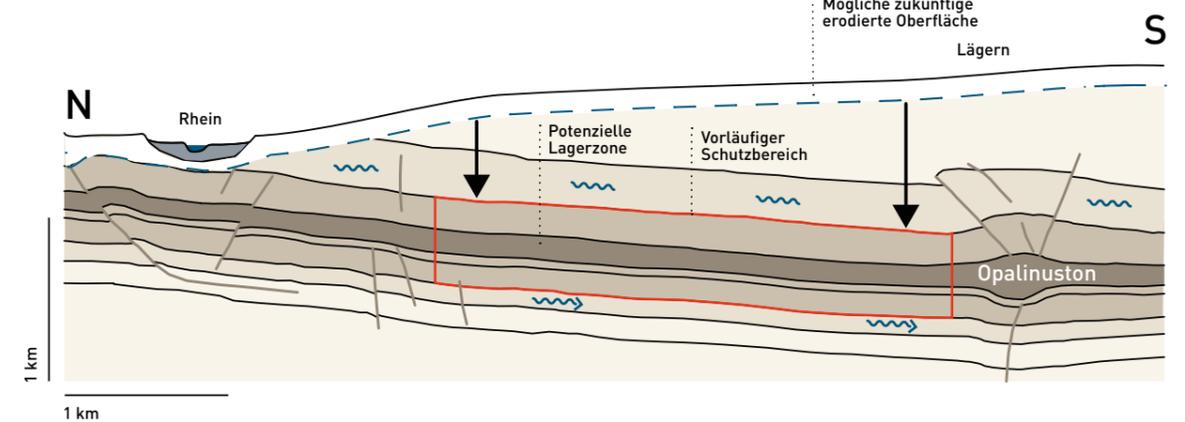
DIE KRITERIEN

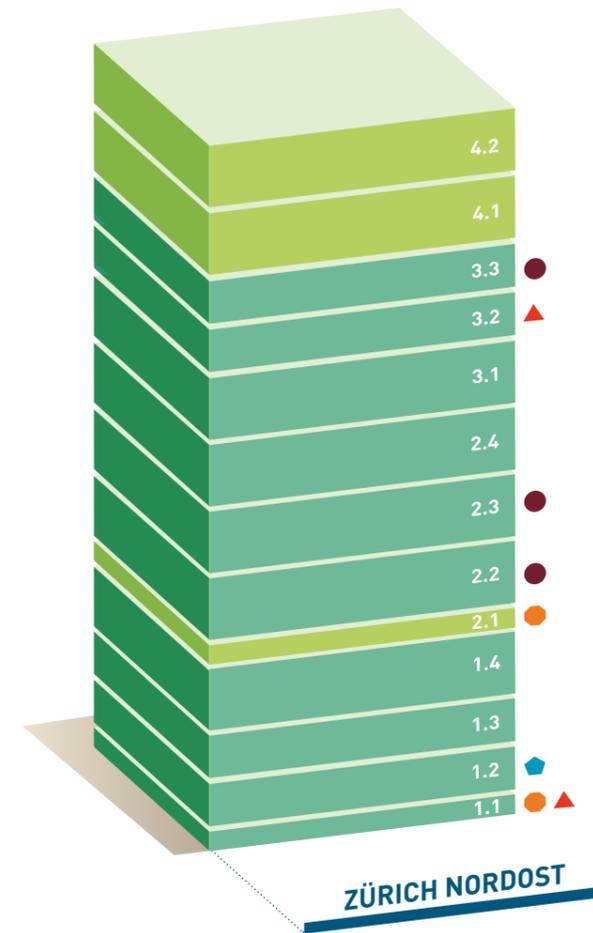
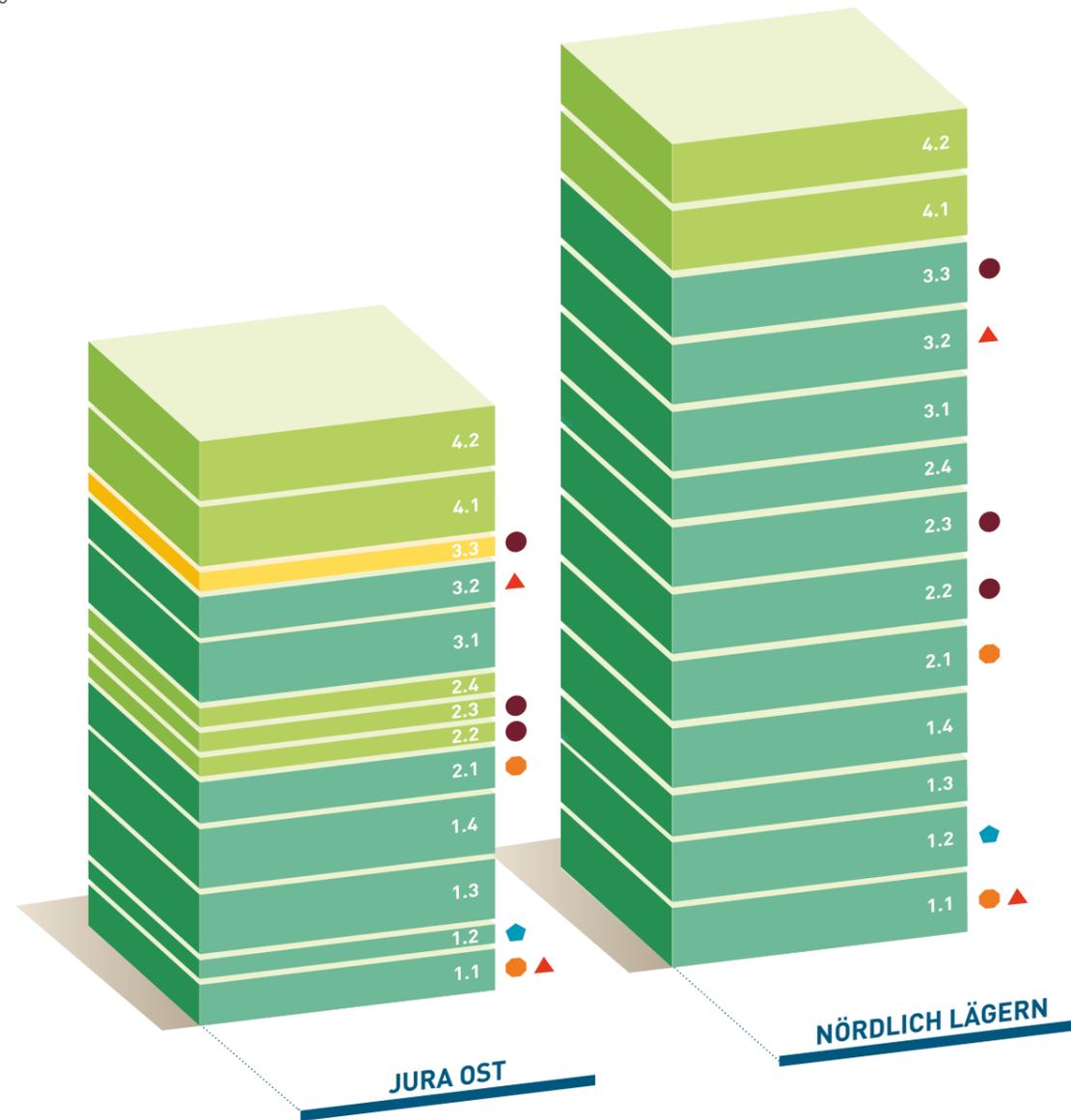
Die Kriterien der Gruppe 1 betreffen die Barrierewirkung des EG. Mit der Kriteriengruppe 2 wird beurteilt, wie diese Barrierewirkung über die

DIE EINFACHSTE GEOLOGIE



DER BESTE SCHUTZ VOR EROSION





- ### Kriterien des Sachplans
- 4.2 Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung
 - 4.1 Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen
 - 3.3 Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen
 - 3.2 Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse
 - 3.1 Charakterisierbarkeit der Gesteine
 - 2.4 Nutzungskonflikte
 - 2.3 Lagerbedingte Einflüsse
 - 2.2 Erosion
 - 2.1 Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften
 - 1.4 Freisetzungspfade
 - 1.3 Geochemische Bedingungen
 - 1.2 Hydraulische Barrierewirkung
 - 1.1 Räumliche Ausdehnung
- Grösste Sicherheitsmarge (Rang 1)
 - Mittlere Sicherheitsmarge (Rang 2)
 - Kleinste Sicherheitsmarge (Rang 3)
- Sehr günstig
 - Günstig
 - Bedingt günstig
- ▲ Mächtigkeit einschlusswirksamer Gebirgsbereich
 - Hydrogeologische Bedingungen
 - Geologische Situation
 - Erosion/Tiefenlage

Bewertung der 13 Kriterien des Sachplans für ein HAA-Lager in den drei Standortgebieten.

erforderlichen Zeiträume gewährleistet bleibt und mit der Kriteriengruppe 3 wird die Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen und Prognosen beurteilt. Die Kriteriengruppen 1 bis 3 bewerten die Wirkung der natürlichen Barriere im Standortgebiet hinsichtlich der Langzeitsicherheit, sie können durch technische Massnahmen nur beschränkt beeinflusst werden. Eine Ausnahme stellen die lagerbedingten Einflüsse dar (Kriterium 2.3), welche von der Lagerauslegung abhängen.

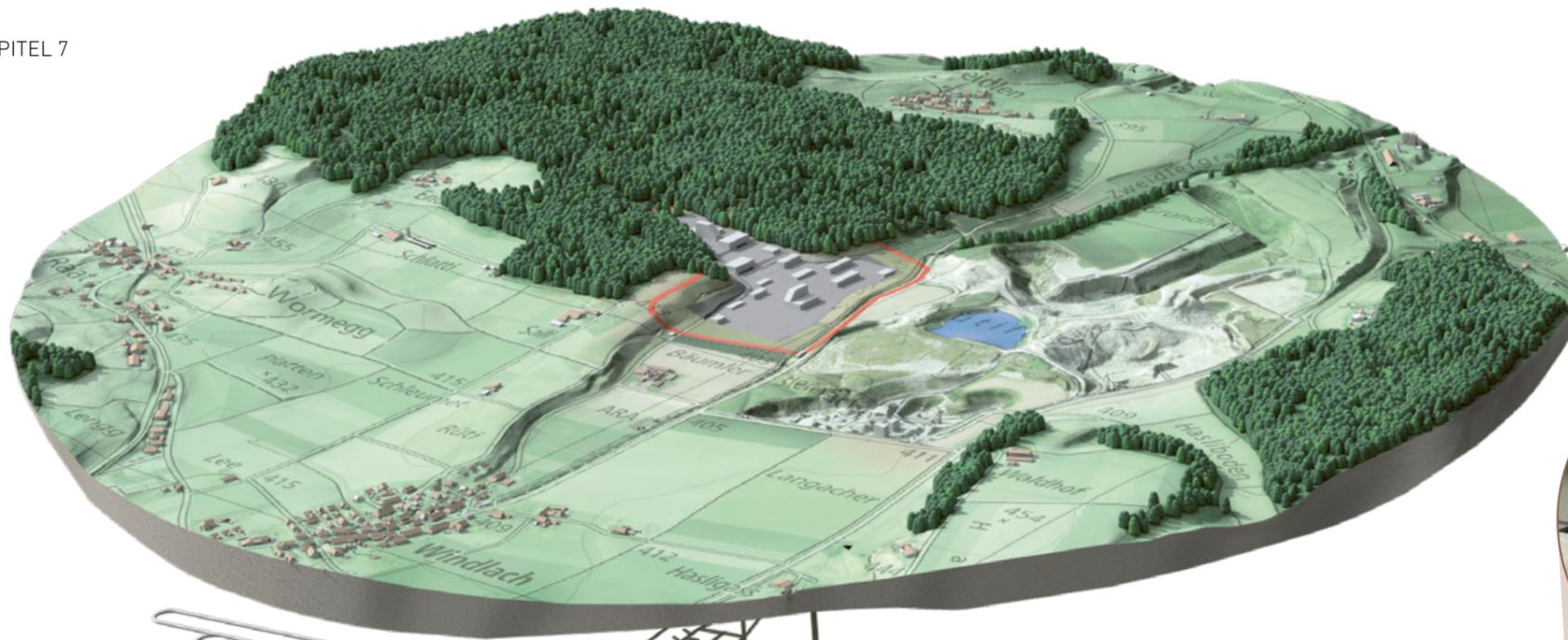
Die Kriteriengruppe 4 bewertet die bautechnische Eignung und damit die technische Machbarkeit. Zur Bewertung der technischen Machbarkeit wurden für jeden Lagertyp und jedes Standortgebiet beispielhafte Lagerprojekte erarbeitet und eine integrale Beurteilung der bautechnischen Eignung des Bauwerks mittels bautechnischer Risikoanalysen durchgeführt. Diese bestätigen, dass für alle Lagerprojekte bautechnisch beherrschbare Verhältnisse vorliegen und die bautechnischen Risiken auch bei

abweichenden Gebirgsverhältnissen mit im Untertagebau bekannten und erprobten Massnahmen beherrscht werden können. Der dazu erforderliche Aufwand wird in Einklang mit dem Primat der Sicherheit des Sachplanverfahrens nicht bewertet.

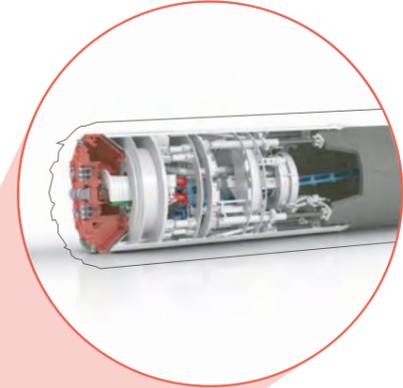
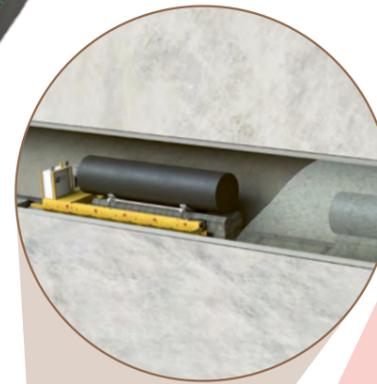
Da der Abstand zu den Aquiferen in NL insgesamt am grössten bzw. der EG am mächtigsten ist, ergibt sich ein qualitativer Vorteil bei der räumlichen Ausdehnung (Kriterium 1.1). Die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung der Porenwässer und des Grundwassers in den Aquiferen zeigen, dass im und um den EG in NL die geringste Grundwasserzirkulation stattfindet. Daraus ergibt sich ein qualitativer Vorteil bei der Bewertung der hydraulischen Barrierewirkung (Kriterium 1.2). Die geologische Situation ist in der potenziellen Lagerzone von NL am einfachsten. Die Gesteine sind beispielsweise am ruhigsten gelagert. Sie weisen bis auf eine allfällige Ausnahme unterhalb des Stadlerbergs keine mit der 3D-Seismik kartier-

baren Störungen auf, weshalb die räumliche Ausdehnung (Kriterium 1.1) am besten bewertet wird. Da Veränderungen im geologischen Untergrund in der Regel dort stattfinden, wo bereits Schwachstellen vorhanden sind, ergibt sich daraus ein Vorteil bei der Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften (Kriterium 2.1). Die einfache Geologie ist auch ein Vorteil für die erdwissenschaftliche Erkundung und die Realisierung des Tiefenlagers insbesondere aufgrund geringerer Ungewissheiten für langfristige Prognosen und Sicherheitsanalysen. So besteht in NL auch die Chance auf zusätzliche Rahmengesteine bzw. eine grössere Sicherheitsmarge bei den unteren Rahmengesteinen (Kriterium 3.2). Die Sicherheitsmargen in Bezug auf zukünftige Veränderungen sind in NL am grössten. Dies gilt beispielsweise für die lagerbedingten Einflüsse (Kriterium 2.3). Beim Schutz vor Erosion gilt das sowohl bei der erwarteten zukünftigen Entwicklung (Kriterium 2.2) als auch bei ungünstigeren Annahmen (Kriterium 3.3).

DIE AUSSCHLAGGEBENDEN EIGENSCHAFTEN DER BARRIERE
 Die für die Standortwahl ausschlaggebenden Eigenschaften der geologischen Barriere ergeben unabhängig vom Lagertyp klare Vorteile für NL. Aufgrund des zehnmal kürzeren Nachweiszeitraums haben für das SMA-Lager nicht alle Kriterien die gleiche Relevanz. Der grössere Schutz vor künftiger Erosion ist deshalb nicht relevant, der Erhalt der langfristigen Barriereintegrität bei steigendem Gasdruck ist dagegen von grösserer Bedeutung als beim HAA-Lager. Bei gleicher Lagerauslegung führt die grössere Tiefenlage zu einer grösseren Sicherheitsmarge bei lagerbedingten Einflüssen (Kriterium 2.3). Negative Wechselwirkungen zwischen den beiden Lagerfeldern für HAA und SMA im Kombilager können aufgrund der grosszügigen Platzverhältnisse ausgeschlossen werden. Unabhängig vom Lagertyp weist das Standortgebiet NL aufgrund der geologischen Eigenschaften eindeutige sicherheitstechnische Vorteile für die Langzeitsicherheit auf.



Beispielhaftes Lagerprojekt am Standort Haberstal mit Details zum Bau (rechts) und Betrieb (links) im HAA-Lagerfeld.



WIE WIRD DAS TIEFENLAGER GEBAUT UND BETRIEBEN?

Als Grundlage für die Standortwahl und das RBG wurde ein beispielhaftes, anschauliches Lagerprojekt gemäss den behördlichen Vorgaben erarbeitet. Dieses Projekt kann unter Anwendung bewährter baulicher, technischer und organisatorischer Vorsorgemassnahmen so umgesetzt werden, dass während des Betriebs und nach dem Verschluss keine unzulässige radiologische Gefährdung für Mensch und Umwelt entsteht.

ANLAGE IN GRUNDZÜGEN

Für die Standortwahl waren ausschliesslich geologische Kriterien entscheidend. Deshalb wurde die Lagerauslegung aus früheren Projektphasen im Wesentlichen übernommen; nur die Erschliessung wurde standortspezifisch ergänzt. Mit der durch die erdwissenschaftlichen Untersuchungen erweiterten, robusten Datengrundlage wurden Ungewissheiten der Gebirgsverhältnisse reduziert und die Machbarkeit der untertägigen Anlagen plausibel aufgezeigt. Selbst unter Bedingungen, die vom erwarteten Gebirgsverhalten abweichen, könnten die bautechnischen Risiken mit bekannten und

erprobten Bauverfahren und Massnahmen beherrscht werden.

Für die Verbesserung der betrieblichen und bautechnischen Machbarkeit besteht in erster Linie mit der Weiterentwicklung der Lagerauslegung noch grosses Potenzial. Die Rahmenbewilligung legt lediglich die Grundzüge des Projekts fest (Art. 14, KEG). Als Grundlage dafür dient das beispielhafte Lagerprojekt, das die Anforderungen an die generelle Auslegung eines geologischen Tiefenlagers erfüllt (KEV Art. 11 und Art. 64 bis 69). Der Platzbedarf für die Lagerfelder ergibt sich aus dem Lagerkonzept und dem Abfallvolumen.

PROJEKTENTWICKLUNG

Die Projektentwicklung erfolgt nun im weiteren Bewilligungsverfahren innerhalb der Festlegungen der Rahmenbewilligung. Dabei werden – unter Berücksichtigung des technologischen und wissenschaftlichen Fortschritts – Optimierungen in Planung, Bau und Betrieb angestrebt. Dabei steht ein haushälterischer Umgang mit Ressourcen im

Vordergrund. Wenn die Festlegung des Projektperimeters dem Vorschlag der Nagra entspricht bzw. diesen nicht verkleinert, besteht dazu weiterhin ein grosser Handlungsspielraum. Die Sicherheit, die in erster Linie durch die geologischen Eigenschaften des Standortes gewährleistet wird, bleibt oberste Priorität.

Zur Sicherung der Finanzierung des Tiefenlagers hat der Bund die Stilllegungs- und Entsorgungsfonds (STENFO) eingerichtet. Im RBG werden Angaben zur Höhe der Kosten des Kombilagers gemacht (Art. 62, KEG). Grundlage sind die Ergebnisse der Kostenstudie 2021, welche im Basisprojekt die Kosten von zwei Einzellagern ermittelt hat. Mit der nächsten Kostenstudie 2026 (KS26) wird gemäss den Vorgaben des STENFO das Kombilager in NL als Basisprojekt verwendet. Es wird kompakter ausgelegt sein und sich unter anderem hinsichtlich der Lagerfeldplatzierung und der Linieneinführung der Zugänge vom RBG-Projekt unterscheiden. Die Ergebnisse der KS26 werden vor Abschluss der fachtechnischen Beurteilung der Rahmenbewilligungsgesuche (2027) vorliegen.

Der Bundesrat kann den Entscheid zu den Rahmenbewilligungen im Jahr 2029 fällen, nachdem Ende 2028 die Projektfinanzierung geprüft und der Entscheid des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) zur KS26 vorliegt.

Mit der Kostenstudie wird auch das Entsorgungsprogramm aktualisiert. Dieses informiert über den aktuellen Stand des Projekts und dessen Weiterentwicklung. Derzeit werden insbesondere Optimierungen im Einlagerungskonzept angestrebt – beispielsweise hinsichtlich der Beladung und Grösse der Endlagerbehälter sowie der Dimensionierung der Lagerstollen und -kavernen.

Der Sicherheitsnachweis im Baubewilligungsverfahren stützt sich auf das weiterentwickelte Lagerprojekt. Im Gegensatz zur Lagerauslegung wird bezüglich des geologischen Umfelds nicht mit neuen Erkenntnissen in Bezug auf die Langzeitsicherheit gerechnet. **Diese Standorteigenschaften wurden bereits im Rahmen des Sachplanverfahrens umfassend geprüft und bestätigt.**

WIEVIEL ABFALL WIRD IM TIEFENLAGER ENTSORGT?

Das RBG basiert gemäss den Vorgaben des ENSI auf dem modellhaften Inventar für radioaktive Abfälle (MIRAM). Das MIRAM umfasst den heute vorhandenen Abfall und eine Prognose des noch entstehenden Abfalls unter Annahme einer Betriebsdauer von 60 Jahren der aktuell betriebenen KKW. Auch die beispielhafte Grösse der Lagerfelder basiert auf dieser Annahme. Damit der Rahmen der Bewilligung, der mit späteren Verfahrensschritten eingehalten werden muss, die zeitlichen Ungewissheiten eines Jahrhundertprojekts abdeckt, wird mit der Rahmenbewilligung die «ungefähre» Grösse der wichtigsten Bauten und die «maximale Lagerkapazität» festgelegt.

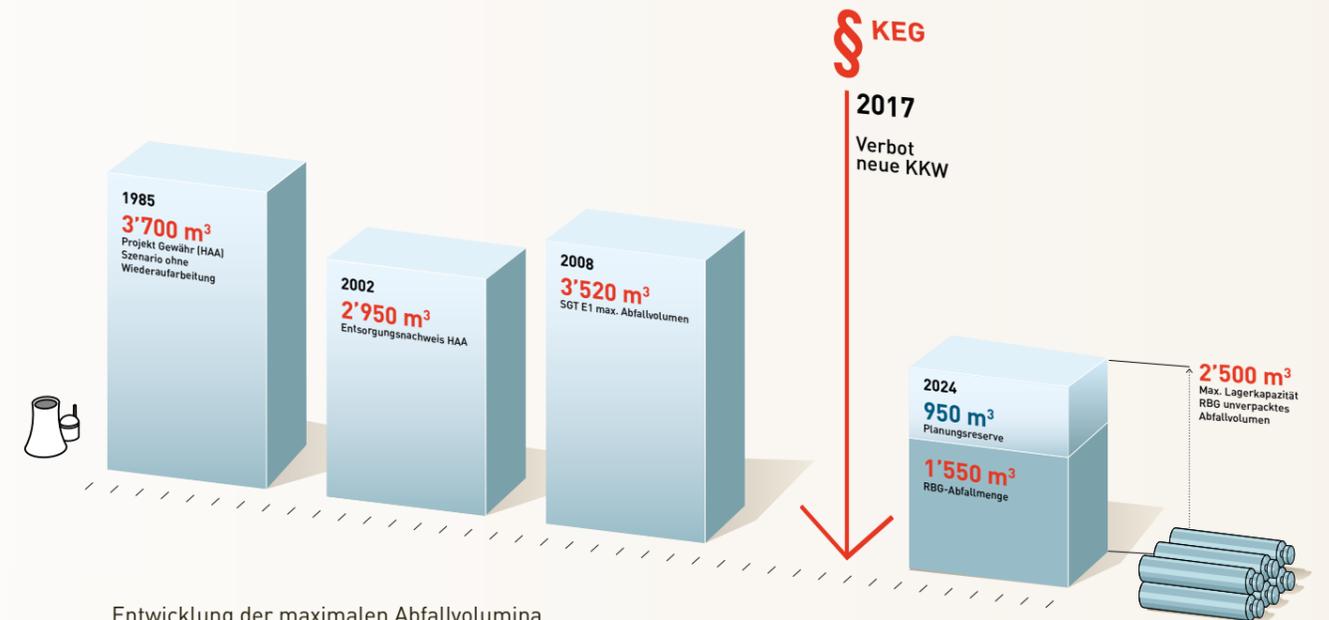
DIE MAXIMALE LAGERKAPAZITÄT

Die maximale Lagerkapazität legt fest, wie viel Abfall im geologischen Tiefenlager im Rahmen der Bewilligung maximal entsorgt werden darf. Dabei ist neben anderen zeitlichen Ungewissheiten auch zu berücksichtigen, dass die Kernkraftwerke in der Schweiz eine unbefristete Betriebsbewilligung haben und so lange Strom produzieren können, wie sie sicher sind. Eine vergleichbare Bewilligung für das Tiefenlager ist nicht möglich, weil die maximale Lagerkapazität gemäss BFE mit einer Volumenangabe festzulegen ist. Damit in dieses Volumen nicht weitere Variablen einfließen, schlägt die

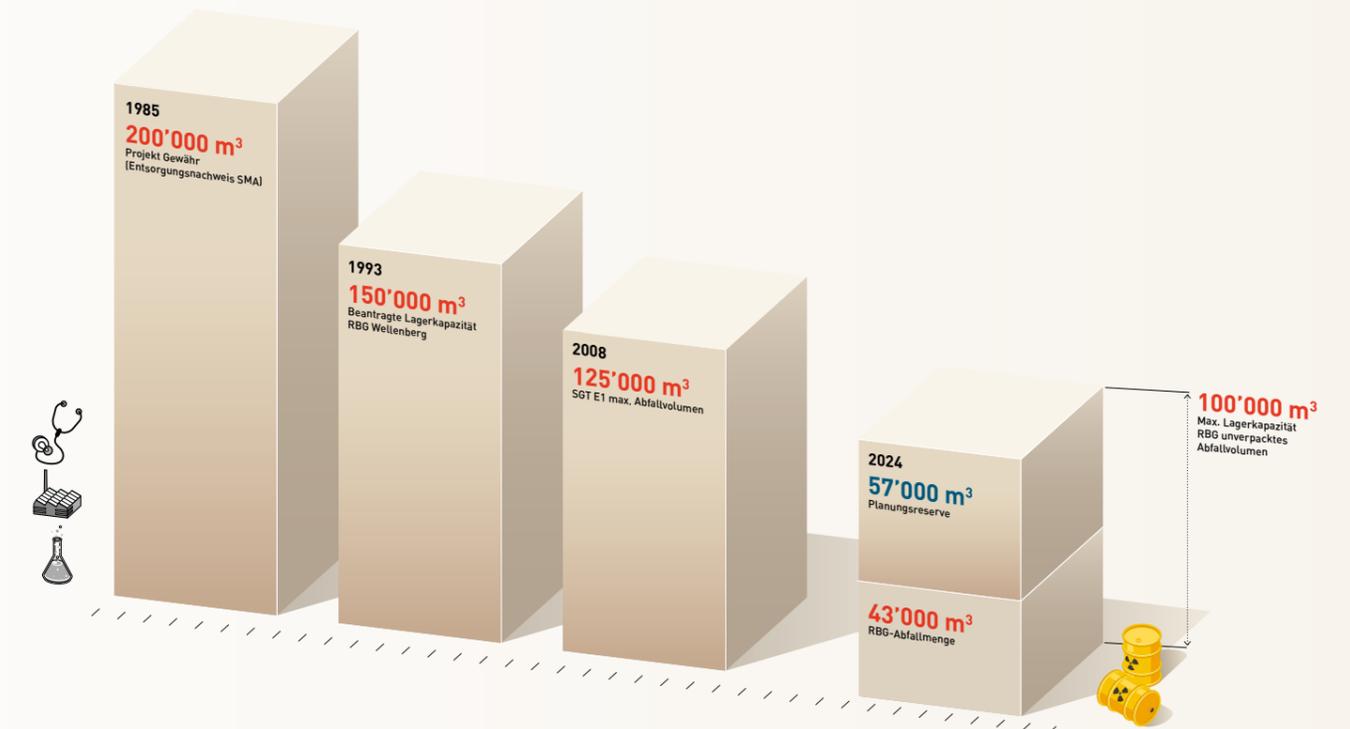
Nagra vor, die maximale Lagerkapazität als unverpacktes Volumen festzulegen:

- **Für HAA** wird eine maximale Lagerkapazität von 2'500 m³ unverpacktem Abfallvolumen vorgeschlagen. Dieses Volumen ist rund 1,5-mal grösser als das MIRAM und basiert auf einem verlängerten Betrieb der heute betriebenen Kernkraftwerke.
- **Für SMA** wird eine maximale Lagerkapazität von 100'000 m³ unverpacktem Abfallvolumen vorgeschlagen. Dieses Volumen ist rund doppelt so gross wie das MIRAM und berücksichtigt Ungewissheiten bezüglich des Abfallvolumens aus der Stilllegung, eine verlängerte Einlagerung von Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung sowie allfällige Veränderungen bei der Abfallbehandlung.

Die Begründung der maximalen Lagerkapazitäten ist in Einklang mit den gesetzlichen Vorgaben, insbesondere mit dem seit 2017 gültigen Verbot zur Erteilung von Rahmenbewilligungen für neue Kernkraftwerke (Art. 12, KEG) erarbeitet worden. Die vorgeschlagenen maximalen Lagerkapazitäten liegen deutlich unter den Volumina, welche dem Tiefenlager in früheren Projektphasen zugrunde gelegt wurden.



Entwicklung der maximalen Abfallvolumina für HAA bis zum Vorschlag für die Rahmenbewilligung.



Entwicklung der maximalen Abfallvolumina für SMA bis zum Vorschlag für die Rahmenbewilligung.

Ein zunehmendes Abfallvolumen erfordert mehr HAA-Lagerstollen bzw. SMA-Lagerkavernen. Das Platzangebot in der **potenziellen Lagerzone (ca. 22 km²)** entspricht einem Vielfachen des **aktuellen Platzbedarfs (ca. 2 km²)**. Somit sind selbst bei einer Vergrößerung des Platzbedarfs bei einer allfälligen Ausschöpfung der maximalen Lagerkapazität grosse Platzreserven zur Optimierung und Anpassung der Lagerauslegung vorhanden.

Den Auswirkungen des steigenden Gasdrucks kann unabhängig vom Abfallvolumen bzw. der Grösse des Lagers z.B. mit ausreichend Gasspeichervolumen begegnet werden. Generell steigt mit dem Abfallvolumen auch die Grösse des Lagers und damit auch das Gasspeichervolumen in etwa proportional. Der Einfluss der Wärme auf die Barriereigenschaften ist im Nahfeld zu betrachten, denn die Wärmeentwicklung wirkt in erster Linie auf die direkte Umgebung der Behälter. Der Erhalt der Barriereigenschaften kann somit mit der Beladung der Endlagerbehälter durch die Begrenzung der Wärmeleistung und durch den Abstand der Endlagerbehälter bzw. der Lagerstollen gesteuert werden.

Nicht alle Schlussfolgerungen zur Langzeitsicherheit sind exakt proportional zum Abfallvolumen, aber aufgrund der grossen Platzreserven für die Auslegung sind qualitative Aussagen mit proportionalen Annahmen vertretbar. Da die auf dem erwarteten Abfallvolumen basierenden radiologischen Konsequenzen um ein Vielfaches unter dem Schutzkriterium liegen, ist dies auch dann gewährleistet, wenn sich die maximale Individualdosis proportional zum Abfallvolumen vergrössern würde.

DIE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Schlussfolgerungen zur Sicherheit des Tiefenlagers bei einer allfälligen Beanspruchung der maximalen Lagerkapazität sind somit bereits heute möglich. **Aufgrund der grossen Platzreserven für die Lagerauslegung ist die Langzeitsicherheit auch bei einer vollumfänglichen Beanspruchung der maximalen Lagerkapazität gewährleistet.** Das Bewilligungsverfahren sieht aber für kommende Projektphasen ohnehin vor, dass der Sicherheitsnachweis unter Berücksichtigung der Projektentwicklungen mit zunehmendem Anteil vorhandener und abnehmendem Anteil prognostizierter Abfälle zu bestätigen ist.



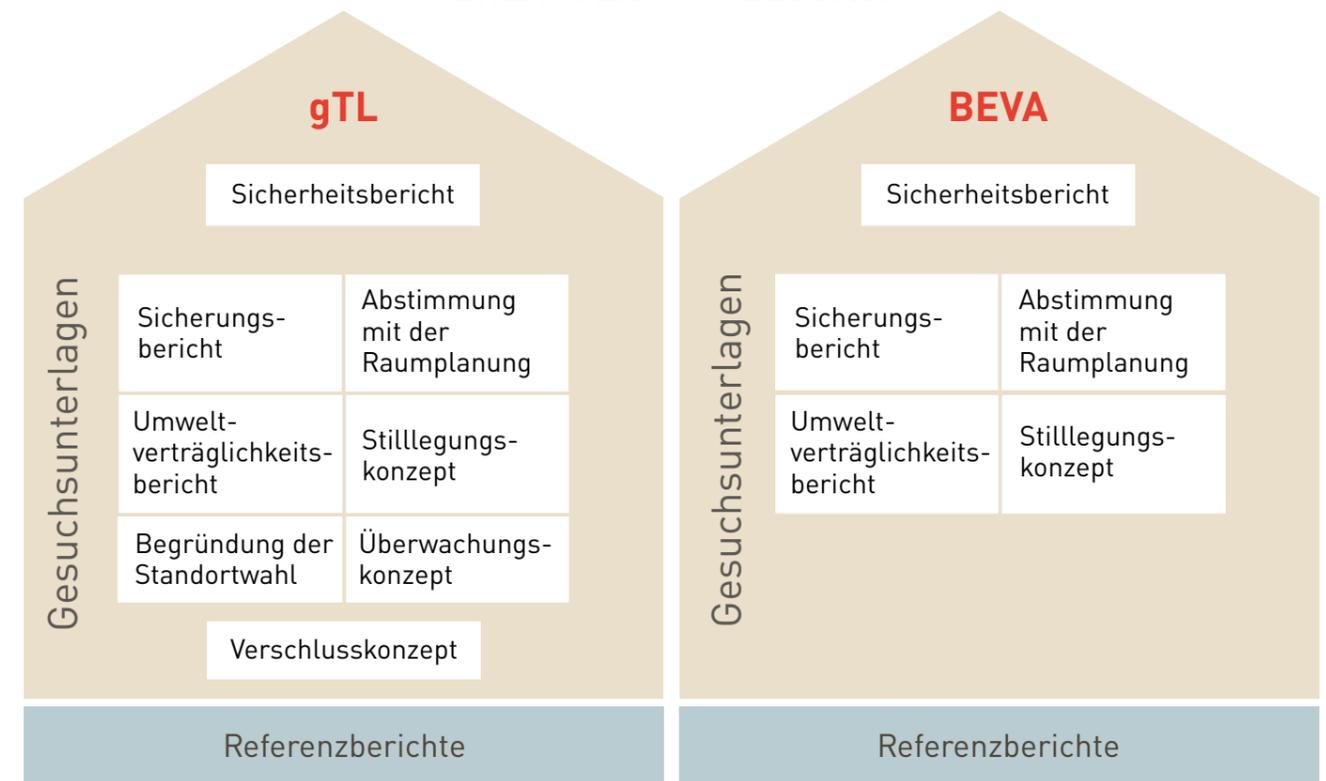
9 WAS STEHT IN DEN RAHMEN-BEWILLIGUNGSGESUCHEN?

Die für die RBGs notwendigen Gesuchsunterlagen sind in der Kernenergieverordnung (Art. 23 und 62 KEV) vorgegeben:

- Im **Sicherheitsbericht** wird gezeigt, weshalb die Standorte für den Zweck der Kernanlage sicher sind. Bei beiden Standorten ist die Sicherheit während der Betriebsphase zu beurteilen bzw. welche Standort- und Projekteigenschaften für die Auslegung und Bemessung der Anlagen zu berücksichtigen sind. Beim geologischen Tiefenlager wird anhand eines beispielhaften Lagerprojekts nachgewiesen, dass der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt am Standort sichergestellt werden kann. Für die Sicherheitsbeurteilung wird die Entwicklung des Lagers und der Barrieren unter Berücksichtigung aller denkbaren Ereignisse beurteilt.
- Die Umweltverträglichkeitsprüfung für Kernanlagen erfolgt in zwei Stufen. Für das RBG ist im **Umweltverträglichkeitsbericht** die 1. Stufe erforderlich. In diesem wird aufgezeigt, dass die Projekte in Einklang mit den Umweltgesetzen realisiert werden können. Dazu wird geprüft, ob und wie schützenswerte Güter vom Projekt betroffen sind. Zur Beurteilung der Auswirkungen werden den Projekten und Anlagen abdeckende Annahmen zugrunde gelegt und das weitere Vorgehen für spätere Verfahrensschritte in Form eines Pflichtenhefts definiert.

- Die zur Realisierung des Tiefenlagers und teilweise auch der BEVA benötigten Projektperimeter befinden sich ausserhalb der Bauzonen. Mit der Erteilung der Rahmenbewilligung durch den Bundesrat werden der raumplanerisch festgelegte Rahmen für die Oberflächenanlagen und die entsprechende Nutzung bestätigt. Im Bericht zur **Abstimmung mit der Raumplanung** wird erklärt, wie sich die geeigneten Standorte für die Oberflächenanlagen im Rahmen des Sachplanverfahrens in Zusammenarbeit mit Regionen, Kantonen und dem benachbarten Deutschland ergeben haben.
- Im **Sicherungsbericht** wird aufgezeigt, dass unbefugtes Betreten, Einwirken und die Entwendung von Kernmaterialien verhindert werden können. Da zur Sicherung für das RBG nur konzeptionelle Überlegungen erforderlich sind, sind diese Berichte im Gegensatz zu den Dokumenten der nachfolgenden Verfahrensschritte noch öffentlich.
- Im **Stilllegungskonzept** wird erläutert, wie die Anlagen nach der Betriebsphase stillgelegt und zurückgebaut werden.
- Das RBG des geologischen Tiefenlagers enthält gemäss Art. 62 KEV zudem einen Bericht zur **Begründung der Standortwahl** mit der Bewertung der für die Auswahl des Standorts ausschlaggebenden Eigenschaften und gemäss den Vorgaben des ENSI ein **Verschluss-** und ein integriertes **Überwachungskonzept**.

ERLÄUTERUNGSBERICHT



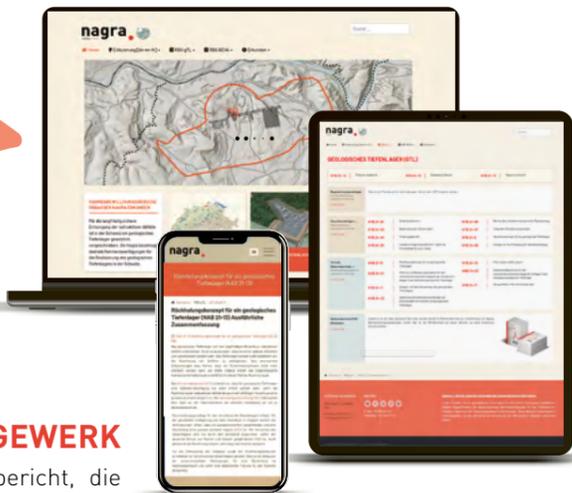
Gesuchsunterlagen für das geologische Tiefenlager (gTL) und die Brennelementverpackungsanlage (BEVA)

Beide Rahmenbewilligungsgesuche basieren zusätzlich auf verschiedenen Referenzberichten, welche über eine webbasierte Plattform öffentlich zugänglich sind. Die umfangreiche Dokumentation ist über einen längeren Zeitraum erarbeitet worden,

in denen sich das Projekt und die Interpretation von Sachverhalten weiterentwickelt haben. Bei allfälligen Widersprüchen stehen die Gesuchsunterlagen und chronologisch jüngere Berichte in der Rangfolge an erster Stelle.

10

WIE SIND DIE INFORMATIONEN ÖFFENTLICH ZUGÄNGLICH?



gTL



BEVA

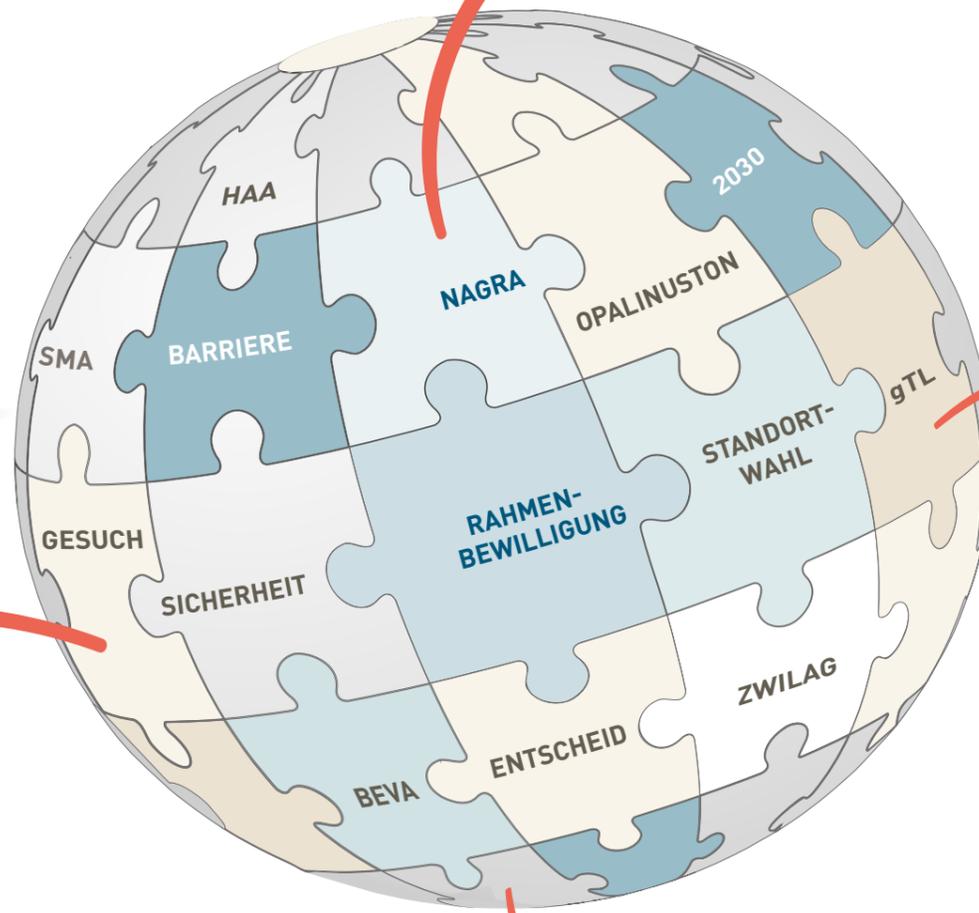
DIGITALES NACHSCHLAGEWERK

Der Erläuterungsbericht, die Gesuchsunterlagen des RBG gTL und RBG BEVA sowie die zentralen sechs Referenzberichte des RBG gTL sind auf Kapitelebene aufbereitet und mit Hyperlinks versehen. Nutzer können die Themen wie in einer Enzyklopädie erkunden und sich einen Überblick verschaffen.



RBG ARGUMENTE

Dieser Bereich bietet die Möglichkeit die Herleitung der Argumente (Dokumentenstrukturplan gemäss ENSI 33/649) nachzuvollziehen.



SUCHFUNKTION

Die Plattform ermöglicht die Suche nach Begriffen und liefert Treffer aus den Gesuchsunterlagen und Referenzberichten, die nach Relevanz gefiltert werden können.



PDF-BIBLIOTHEK

Referenzberichte der RBGs, zentrale Berichte der Nagra im Allgemeinen und relevante Dokumente der Behörden sind in digitalen PDF-Bibliotheken abrufbar. Nutzer können die Zusammenfassungen lesen, nach Stichworten suchen und relevante Dokumente herunterladen.



ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ATA	alphatoxische Abfälle
BEVA	Brennelementverpackungsanlage
BFE	Bundesamt für Energie
EG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
gTL	geologisches Tiefenlager
HAA	hochaktive Abfälle
JO	Jura Ost
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KKW	Kernkraftwerk
KS	Kostenstudie
MIF	Medizin, Industrie und Forschung
MIRAM	Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien
mSv	Millisievert
NL	Nördlich Lägern
PSI	Paul Scherrer Institut
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle
STENFO	Stilllegungs- und Entsorgungsfonds
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
ZNO	Zürich Nordost
Zwilag	Zwischenlager

IMPRESSUM

Herausgeberin:

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung radioaktiver Abfälle
Hardstrasse 73
5430 Wettingen

Weitere Informationen: nagra.ch



**Nagra | Nationale Genossenschaft
für die Lagerung radioaktiver Abfälle**

Hardstrasse 73 | 5430 Wettingen
T. 056 437 11 11 | info@nagra.ch | nagra.ch

