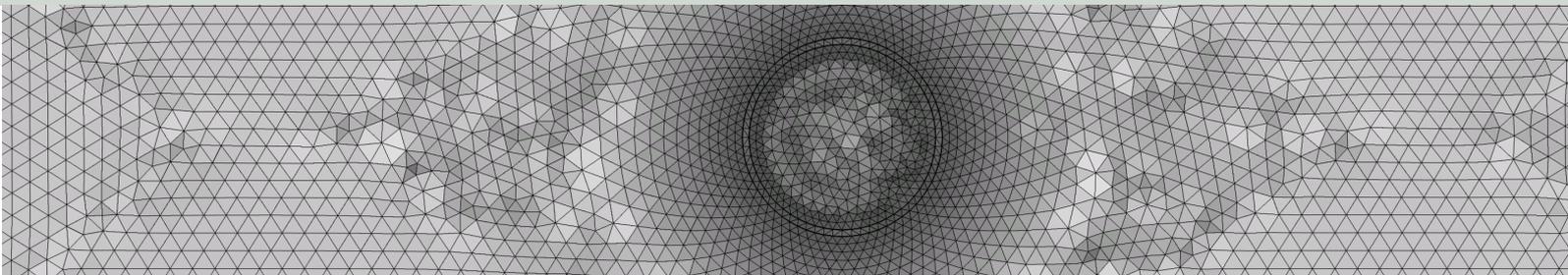




Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN  
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN  
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



# Bautechnische Beurteilung der Standortareale für Oberflächenanlagen

Expertenbericht

im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags von mindestens zwei geologischen Standortgebieten pro Lagertyp, Etappe 2, Sachplan geologische Tiefenlager

B. Rick

Dr. von Moos AG

März 2017

*Disclaimer:*

*Die im Bericht dokumentierten Ansichten und Schlussfolgerungen sind diejenigen der Autoren und stimmen nicht notwendigerweise mit denen des ENSI überein.*

**Auftraggeber: Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat  
5200 Brugg**

## **Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) Etappe 2**

# **Bautechnische Beurteilung der Standortareale für Oberflächenanlagen**

**Expertenbericht zuhanden des  
Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI**



**Dr. von Moos AG**

Geotechnisches Büro  
Bachofnerstrasse 5, CH - 8037 Zürich

**Beratende Geologen und Ingenieure**

www.geovm.ch info@geovm.ch  
Telefon +41 44 363 31 55 Fax +41 44 363 97 44

Filialen Mäderstrasse 8, CH - 5401 Baden  
Dorfstrasse 40, CH - 8214 Gächlingen

Telefon +41 56 222 09 45 Fax +41 56 221 50 45  
Telefon +41 52 681 43 27 Fax +41 52 681 43 25

**Bericht Nr. 8600-37b**

**2. März 2017**

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Zusammenfassung	3
1. Einleitung	7
2. Verwendete Unterlagen	8
2.1 Berichte der Nagra	8
2.2 Weitere Unterlagen	9
3. Vorgehen der Nagra	9
4. Vorgehen im Rahmen der Überprüfung	11
5. Bautechnische Einschätzung der Standortareale	13
5.1 Standortareal ZNO-6b-Kombi	13
5.2 Standortareal JO-3+-Kombi	14
5.3 Standortareale NL-2-Kombi und NL-6-Kombi	16
5.4 Vergleich aller Standortareale der Etappe 2	21
6. Beantwortung der Leitfragen	22
6.1 Leitfrage 1	22
6.2 Leitfrage 2	23
7. Bemerkungen zu weiterführenden Untersuchungen für SGT Etappe 3	23
<b>Anhang</b>	
A1 Situation der Standortareale	
A2 Faktenblatt Standortareal ZNO-6b-Kombi	
A3 Faktenblatt Standortareal JO-3+-Kombi	
A4 Faktenblatt Standortareal NL-2-Kombi	
A5 Faktenblatt Standortareal NL-6-Kombi	

## Zusammenfassung

Mit dem vom Bundesrat im Jahr 2008 genehmigten Konzept "Sachplan geologische Tiefenlager" (SGT; Bundesamt für Energie 2008) wurde das Standortwahlverfahren für die Tiefenlager festgelegt und dessen Umsetzung in Angriff genommen. Gemäss diesem Sachplanverfahren erfolgt die Auswahl von Standorten für geologische Tiefenlager in drei Etappen.

Ende 2008 hat die Nagra für Etappe 1 sechs Standortgebiete für das geologische Tiefenlager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) und drei für das geologische Tiefenlager für die hochaktiven Abfälle (HAA) vorgeschlagen. In Etappe 2 ist basierend auf einem sicherheitstechnischen Vergleich eine Einengung auf mindestens zwei geologische Standortgebiete pro Lagertyp für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 vorzunehmen.

Anfangs 2015 hat die Nagra für Etappe 2 zwei geologische Standortgebiete vorgeschlagen, in welchen jeweils sowohl das SMA- als auch das HAA-Lager angeordnet werden können. Auch eine Kombination beider Lagertypen, ein sogenanntes Kombilager, ist jeweils möglich. Es handelt sich dabei um die Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost. Neben den vorgeschlagenen Standortgebieten hat die Nagra für alle Standortgebiete zugehörige Standortareale für die Oberflächenanlage bezeichnet.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI überprüft die von der Nagra eingereichten Unterlagen und die Vorschläge für die in Etappe 3 weiter zu untersuchenden Standortgebiete (inkl. Standortareale).

Im Auftrag des ENSI wurden durch die Experten der Dr. von Moos AG bei allen Standortarealen für Oberflächenanlagen der Baugrund und die Standortrisiken gemäss den Leitfragen des ENSI überprüft. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Prüfung zusammengefasst.

Die Oberflächenanlage umfasst die Anlagen und Gebäude, die in der Betriebsphase am Standort des Lagerzugangs (i.d.R. das Portal des Zugangstunnels) zum geologischen Tiefenlager angeordnet sind. Die Oberflächenanlage für das Kombilager ist vergleichbar mit derjenigen des HAA-Lagers. Vom Verkehrsnetz (Schiene, Strasse) aus wird die Oberflächenanlage mit einer Strasse und – wo möglich – einem Schienenanschluss erschlossen.

Der Zweck der Oberflächenanlage ist hauptsächlich

- a) die Annahme der radioaktiven Abfälle und deren Vorbereitung zur Einlagerung;
- b) der Verlad und der Transport der mit den Abfällen beladenen Endlagerbehälter sowie der Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien über das Zugangsbauwerk in die Lagerzone;
- c) die Abwicklung der erforderlichen Nebenprozesse für den sicheren und zuverlässigen Betrieb der Oberflächenanlage sowie des Tiefenlagers (Eingangskontrolle, Administration, Ver- und Entsorgung, Unterhalt, Überwachung etc.).

Eine wichtige Bedingung bei der Platzierung des Standortareals ist ein geeigneter Zugang von der Oberflächenanlage in das Tiefenlager mittels Zugangstunnel oder mit Schacht. Dieser Zugang erfolgt unter Terrain von den entsprechenden Gebäudeuntergeschossen der Oberflächenanlage aus. Der Zugang kann den standortspezifischen Bedingungen angepasst werden. Von Vorteil ist ein tragfähiger Untergrund und rasch anstehender Fels ohne Grundwasser.

Zusammen mit den zur Weiterbearbeitung vorgeschlagenen Standortgebieten Zürich Nordost und Jura Ost hat die Nagra auch die zwei Standortareale ZNO-6b-Kombi und JO-3+-Kombi vorgeschlagen. Ein Vergleich aller Standortareale durch die Experten zeigt, dass die vorgeschlagenen Standortareale ZNO-6b und JO-3+ betreffend Bautechnik keine wesentlichen Nachteile gegenüber den übrigen Standortarealen aufweisen. Für den Fall, dass der Bundesrat am Ende der Etappe 2 zum Schluss kommt, das Standortgebiet Nördlich Lägern solle ebenfalls weiter untersucht werden, wurden die mit diesem Standortgebiet verknüpften Standortareale NL-2-Kombi und NL-6-Kombi durch die Experten ebenfalls überprüft.

Das Gelände beim **Standortareal ZNO-6b-Kombi** liegt zwischen 410 und 432 m ü.M. im Bereich eines flachen Sattels zwischen den kleinen Moränenhügeln Isenbuck und Bergholz. Der Untergrund im Bereich des Standortareals besteht aus Moräne, der Fels der Unteren Süsswassermolasse wird in 20 - 40 m Tiefe erwartet. Innerhalb des Standortareals fliessen keine Oberflächengewässer.

Die Gebäude der Oberflächenanlage kommen voraussichtlich in die Moräne, im westlichen Arealteil eventuell auch in den Molassefels zu liegen. Am Osthang des Bergholz ist auf rund 300 m Länge ein Hangeinschnitt von bis zu 21 m Tiefe nötig. Vom Standortareal aus kann in einem Zugangstunnel bereits nach einer kurzen Lockergesteinsstrecke von ca. 40 - 80 m Länge der Fels der Unteren Süsswassermolasse erreicht werden

Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Massenbewegungen, Überschwemmungen oder Bodenverflüssigung vorhanden. Es handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und wenig setzungsfähigen Baugrund. Die Datenqualität ist relativ gut, jedoch sind im Standortareal selbst noch keine Sondierungen vorhanden. Aus Sicht der Experten ist dies stufengerecht. Die Überprüfung der Unsicherheiten (im Vordergrund steht die genaue Felslage) kann im Rahmen der in Etappe 3 SGT vorgesehenen Baugrunduntersuchung erfolgen.

Das Gelände beim **Standortareal JO-3+-Kombi** liegt auf einer gegenüber der Aare um ca. 20 m erhöhten Terrassenschulter am Osthang des Geissbergs. Der östliche Teil des Standortareals liegt hauptsächlich auf nur wenige Meter mächtigen Niederterrassenschottern. Diese fehlen im westlichen, hangseitigen Teil. Hier liegen heterogen zusammengesetzte Gehängeablagerungen vor, welche Kriech- und Rutsch Tendenzen aufweisen. Westlich des Standortareals in den oberen Hanglagen steht direkt Fels an

oder ist nur noch von geringmächtigen Gehängeablagerungen bedeckt. Unter dem Niederterrassenschotter bzw. den Gehängeablagerungen folgt der Fels der Wildegg-Formation bzw. des Doggers.

Die Gebäude der Oberflächenanlage kommen mit ihrer Foundation voraussichtlich grösstenteils in den Fels der Wildegg-Formation resp. des Doggers zu liegen. Im südöstlichsten Bereich wird möglicherweise ein Teil der Gebäude in den Niederterrassenschottern fundiert. Vom Standortareal aus kann ein Zugangstunnel bereits ab Portalbereich im Fels des Doggers erstellt werden.

Hangseits des Standortareals ist über eine Länge von 400 m ein Hanganschnitt von bis zu 28 m Höhe vorgesehen; hier stehen im unteren Bereich grösstenteils Fels und darüber die Gehängeablagerungen und Rutschmassen an. Es ist ein vertikaler Baugrubenabschluss vorgesehen.

Im Norden des Standortareals bildet das Gelände eine Nase, die vom Krebsbach umflossen wird. Von diesem Bach geht im nördlichen Teil des Standortareals eine mittlere Hochwassergefährdung aus. Er muss deshalb aufgrund des Hochwasserschutzes verlegt werden. Die Aare verläuft ca. 200 m östlich des Standortareals. Die Aare stellt gemäss Gefahrenkarte Hochwasser keine Gefahr für das Standortareal dar.

Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Bodenverflüssigung vorhanden. Es handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und wenig setzungsfähigen Baugrund. Die Datenqualität ist gut, im Standortareal und im westlichen Hangbereich sind bereits einige Sondierungen vorhanden. Jedoch erfolgt der Hanganschnitt in einer tiefgründig rutschanfälligen Lockergesteinsbedeckung über dem Fels. Dies ist geotechnisch anspruchsvoll. Die Hochwassergefährdung vom Krebsbach im nördlichen Teil des Standortareals kann mit technischen Mitteln (Verlegung etc.) auf ein tolerierbares Mass reduziert werden.

Das **Standortareal NL-2-Kombi** kommt in ein Kiesabbaugebiet auf der Niederterrasse des Rheins zu liegen. Das gewachsene Terrain wies hier ursprünglich ein leichtes Gefälle zum Rhein auf. Mit dem Kiesabbau und der Wiederauffüllung auf das ursprüngliche Geländeniveau (ca. 367 m ü.M.) wandelt sich das Terrain ständig. Die Gebäude der Oberflächenanlage kommen voraussichtlich grösstenteils in die mächtigen, locker gelagerten Kiesgrubenauffüllungen und deutlich über dem Grundwasserspiegel zu liegen.

Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Massenbewegungen, Überschwemmungen oder Bodenverflüssigung (strukturempfindliche Ablagerungen, wassergesättigte und wenig konsolidierte Sande bzw. seismische Baugrundklassen D, E oder F) vorhanden. Beim gewachsenen natürlichen Untergrund der Niederterrassenschotter handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und kaum setzungsfähigen Baugrund. Hingegen ist eine Foundation in der künstlichen Auffüllung (aufgefüllte Kiesgrube, Qualität unbekannt aber sicher hetero-

gen) mit grossen bautechnischen Unsicherheiten behaftet und geotechnisch problematisch. Die Experten teilen die Einschätzung der Nagra, dass auch Jahre nach Abschluss der Auffüllungsarbeiten mit Setzungen zu rechnen ist. Eine allfällige Tiefenfundation in die Niederterrassenschotter unter die ehemalige Abbaukote würde Einbauten ins Grundwasser erfordern. Unter der Voraussetzung, dass nicht wieder aufgefüllt wird und die Fundation auf dem gewachsenen Niederterrassenschotter erfolgen kann, wäre das Standortareal geotechnisch geeignet.

Das **Standortareal NL-6-Kombi** liegt in einem in den Fels auf der Ostseite des "Ämpbergs" eingeschnittenen Seitentälchen, genannt "Haberstal". Der Fels der Oberen Meeresmolasse ist hier bedeckt mit vermutlich geringmächtigen Lockergesteinen (genauer Felsverlauf muss in der nächsten Projektphase erkundet werden) bestehend aus Gehängeablagerungen und evtl. Bachschuttablagerungen. Das Standortareal wird von West nach Ost durch den "Graben im Haberstal" durchflossen. Dieses grösstenteils eingedolte Gewässer leitet zudem das Drainagewasser aus dem Standortareal ab.

Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Massenbewegungen oder Bodenverflüssigung (strukturempfindliche Ablagerungen, wassergesättigte und wenig konsolidierte Sande bzw. seismische Baugrundklassen D, E oder F) vorhanden. Beim gewachsenen natürlichen Untergrund des Molassefels handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und kaum setzungsfähigen Baugrund. Das potentielle Überschwemmungsrisiko durch den Habertalgraben (z.B. infolge Verstopfung der Eindolung etc.) kann mit technischen Mitteln auf ein tolerierbares Mass reduziert werden.

Die standortspezifischen Baugrundmodelle für die Standortareale beruhen auf der Auswertung vorhandener geologisch-hydrogeologischer Grundlagen und einem Katalog der Gefährdungshinweise aus kantonalen Quellen. Die Baugrundmodelle sind nach Ansicht der Experten nachvollziehbar hergeleitet und stufengerecht ausreichend dokumentiert.

Die Standortareale ZNO-6b-Kombi, JO-3+-Kombi und NL-6-Kombi sind nach Ansicht der Experten aus aktueller Sicht bautechnisch vernünftig gewählt. Die erkannten standortspezifischen Naturgefahren-Risiken sind aus geotechnischer Sicht beherrschbar. Dies wird zwar stufengerecht vorerst nur pauschal beurteilt, im Rahmen der weiteren Projektierung müssen die Massnahmen zur Beherrschung der bautechnischen Standortrisiken aber vertieft bearbeitet und detailliert aufgezeigt werden.

Die Standortareale JO-3+-Kombi (mit Hanganschnitt in instabilen Lockergesteinen und einem durch Gewässerumleitung lösbaren Konflikt des Überflutungsrisikos) und NL-6-Kombi (mit lösbarem Konflikt des Überflutungsrisikos) sind diesbezüglich anspruchsvoller als das Standortareal ZNO-6b-Kombi (keine diesbezüglichen Gefährdungen erkennbar).

## 1. Einleitung

Mit dem vom Bundesrat im Jahr 2008 genehmigten Konzept "Sachplan geologische Tiefenlager" wurde das Standortwahlverfahren für die Tiefenlager festgelegt und dessen Umsetzung in Angriff genommen. Gemäss diesem Sachplanverfahren erfolgt die Auswahl von Standorten für geologische Tiefenlager in drei Etappen.

Ende 2008 hat die Nagra für Etappe 1 sechs geologische Standortgebiete für das geologische Tiefenlager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) und drei für das geologische Tiefenlager für die hochaktiven Abfälle (HAA) vorgeschlagen. In Etappe 2 ist basierend auf einem sicherheitstechnischen Vergleich eine Einengung auf mindestens zwei geologische Standortgebiete pro Lagertyp für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 vorzunehmen. Dabei hat die Sicherheit des geologischen Tiefenlagers oberste Priorität. Ein geologisches Standortgebiet kann nur dann zurückgestellt werden, wenn es eindeutige sicherheitstechnische Nachteile im Vergleich mit den übrigen Standortgebieten aufweist.

Anfangs 2015 hat die Nagra für Etappe 2 zwei geologische Standortgebiete vorgeschlagen, in welchen jeweils sowohl das SMA- als auch das HAA-Lager angeordnet werden können. Auch eine Kombination beider Lagertypen, ein sogenanntes Kombilager, ist jeweils möglich. Es handelt sich dabei um die Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost. Neben den vorgeschlagenen Standortgebieten hat die Nagra für alle Standortgebiete zugehörige Standortareale für die Oberflächenanlagen bezeichnet.

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI überprüft die von der Nagra eingereichten Unterlagen und die Vorschläge für die in Etappe 3 weiter zu untersuchenden Standortgebiete (inkl. Standortareale).

Im Auftrag des ENSI wurden durch die Experten der Dr. von Moos AG bei allen Standortarealen für Oberflächenanlagen der Baugrund und die Standortrisiken gemäss den Leitfragen des ENSI überprüft. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Prüfung zusammengefasst.

Die Experten haben ausschliesslich die geologischen Grundlagen, die Grundwassersituation und die bautechnische Beurteilung (Stufe Vorstudie gemäss SIA 112) überprüft. Weitere umweltspezifische, raumplanerische oder sozioökonomische Aspekte der Standortareale sind nicht Gegenstand dieser Expertise.

## **2. Verwendete Unterlagen**

### **2.1 Berichte der Nagra**

NTB 11-01 Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung - Nagra Technischer Bericht, Dezember 2011

NTB 14-01 Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete - Nagra Technischer Bericht, Dezember 2014

NAB 13-61 Standortareal WLB-1-SMA im Planungserimeter Wellenberg für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, September 2013

NAB 13-64 Standortareal JS-1-SMA im Planungserimeter Jura-Südfuss für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, September 2013

NAB 13-68 Standortareal JO-3+-Kombi im Planungserimeter Jura Ost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, September 2013

NAB 13-81 Standortareal SR-4-SMA im Planungserimeter Südranden für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, September 2013

NAB 14-02 Digitales Höhenmodell Basis Quartär der Nordschweiz - Version 2014 und ausgewählte Auswertungen; Pietsch, J., Jordan, P. - Nagra Arbeitsbericht, 2014

NAB 14-05 Standortareal NL-2-Kombi im Planungserimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, Mai 2014

NAB 14-08 Standortareal NL-6-Kombi im Planungserimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, Mai 2014

NAB 14-29 Standortareal ZNO-6b-Kombi im Planungserimeter Zürich Nordost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi, Planungsstudie - Nagra Arbeitsbericht, Mai 2014

NAB 14-50 Bautechnische Risikoanalyse zur Realisierung der Zugangsbauwerke - Nagra Arbeitsbericht, Dezember 2014

NAB 14-100 Geotechnische Beschreibung der oberflächennahen Zugangstunnelabschnitte basierend auf den Planungsstudien der Oberflächenanlagen; T. Eisenlohr, P. Müller & S. Laws - Nagra Arbeitsbericht, Dezember 2014

## 2.2 Weitere Unterlagen

Dr. von Moos AG (1959): Suisatom AG, Versuchskraftwerk Aare, Geologische Voruntersuchung, unpubl. Bericht, März 1959

SIA (2001): Leistungsmodell. Schweizer Norm SN 508 112. SIA 112:2001. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

SIA (2003): Einwirkungen auf Tragwerke. Schweizer Norm SN 505 261. SIA 261:2003. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.

Internetquellen (Stand März 2015):

Diverse web-GIS Applikationen des Bundes (swisstopo, Bundesamt für Gesundheit) und der Standortkantone (AG, NW, SH, SO, ZH) zu geologischen Karten, Grundwasser- und Gewässerschutzkarten, Gefahrenkarten, Kataster der belasteten Standorte, Radonrisiko

## 3. Vorgehen der Nagra

Die Nagra hat im Dezember 2011 für alle Standortgebiete Standortareale für die Oberflächenanlagen zur Diskussion vorgeschlagen (NTB 11-01). Diese wurden in Zusammenarbeit mit den Standortregionen und Kantonen diskutiert und bewertet. Basierend auf den Stellungnahmen der Regionalkonferenzen hat die Nagra Ende Mai 2014 in jeder der sechs Standortregionen mindestens ein Standortareal für die Oberflächenanlage eines allfälligen Tiefenlagers bezeichnet und diese in die Gesuchsunterlagen zur Etappe 2 SGT übernommen (NTB 14-01). Ziel ist - neben dem sicheren Bau und Betrieb - eine gute Einbettung der Anlage in die Standortregion. Im Gegensatz zu den Untertagebauten, die an eine geeignete Geologie gebunden sind, besteht bei der Platzierung und Gestaltung der Oberflächenanlage grössere Flexibilität. Unabhängig davon ist die Anlage so auszulegen, dass die Anforderungen bezüglich Sicherheit und Schutz von Mensch und Umwelt erfüllt werden.

### Zweck und Raumbedarf der Oberflächenanlage

Der Betrieb des geologischen Tiefenlagers erfordert verschiedene Anlagen und Einrichtungen an der Oberfläche (Oberflächenanlagen, Schachtkopfanlagen, Erschliessungen). Die generelle Ausgestaltung und die räumlichen Randbedingungen hat die Nagra in NTB 11-01 dargestellt. Die Oberflächenanlage umfasst die Anlagen und Gebäude, die in der Betriebsphase am Standort des Lagerzugangs (i.d.R. das Portal des Zugangstunnels) zum geologischen Tiefenlager angeordnet sind. Die Oberflächenanlage für das Kombilager ist vergleichbar mit derjenigen des HAA-Lagers (NTB 11-01, S.24).

Der Zweck der Oberflächenanlage ist hauptsächlich

- a) die Annahme der radioaktiven Abfälle und deren Vorbereitung zur Einlagerung;
- b) der Verlad und der Transport der mit den Abfällen beladenen Endlagerbehälter sowie der Transport von Verfüll- und Versiegelungsmaterialien über das Zugangsbauwerk in die Lagerzone;
- c) die Abwicklung der erforderlichen Nebenprozesse für den sicheren und zuverlässigen Betrieb der Oberflächenanlage sowie des Tiefenlagers (Eingangskontrolle, Administration, Ver- und Entsorgung, Unterhalt, Überwachung etc.).

### **Bedingungen für die Platzierung**

Vom Verkehrsnetz (Schiene, Strasse) aus wird die Oberflächenanlage mit einer Strasse und – wo möglich – einem Schienenanschluss erschlossen. Das eigentliche Standortareal sollte eine ausreichende Fläche (HAA- und Kombilager Richtgrösse von 8 ha, SMA-Lager Richtgrösse von 5 ha) und eine genügende Breite (HAA- und Kombilager Richtgrösse von 150 m, SMA-Lager Richtgrösse von 130 m) aufweisen.

Eine wichtige Bedingung bei der Platzierung des Standortareals ist ein geeigneter Zugang von der Oberflächenanlage in das Tiefenlager mittels Zugangstunnel oder evtl. mittels Schacht (NTB 11-01, S.35). Dieser Zugang erfolgt unter Terrain von den entsprechenden Gebäudeuntergeschossen der Oberflächenanlage aus. Der Zugang kann den standortspezifischen Bedingungen angepasst werden. Von Vorteil ist ein tragfähiger Untergrund und rasch anstehender Fels ohne Grundwasser sowie ein ausreichender Abstand zu bestehenden Bauten an der Oberfläche.

In den sicherheitstechnischen Vergleich der Standortgebiete in Etappe 2 fliesst auch die bautechnische Risikoanalyse der Zugangskonfigurationen ein. Die Schachtkopfstandorte sind zum heutigen Zeitpunkt noch nicht festgelegt. Durch die Bezeichnung der Standortareale für die Oberflächenanlage sind die Startpunkte der potenziellen Hauptzugangsbauwerke zwar weitgehend festgelegt; die bautechnische Beurteilung des Standortareals und der oberflächennahen Lockergesteinsstrecke von Zugangsbauwerken findet aber nicht direkt Eingang in die standortspezifische Beurteilung der bautechnischen Eignung (NAB 14-50, S.4).

Die Festlegung der Standortareale für Oberflächenanlagen erfolgte in einem Einengungsprozess, dem bereits Optimierungen zugrunde lagen, um Risiken auszuschliessen (NAB 14-50, S.2). Bei der Evaluation möglicher Standortareale hat die Nagra verschiedene Kriterien und Indikatoren bewertet (vgl. NTB 11-01, Anhang A4). Hinsichtlich Sicherheit und bautechnischer Eignung sind u.a. berücksichtigt worden (NTB 11-01, Tab. 6.2-1):

- Topografie, Baugrund
- Flurabstand zu Grundwasserspiegel
- natürliche Gefahrenquellen mit dem Potential, die Sicherheit der Oberflächenanlage zu beeinträchtigen: Überflutung, Hangrutschung
- Tragfähigkeit im Portalbereich der Zugangsbauwerke
- Beeinflussung Quartärgrundwasser durch Zugangsbauwerke untertags

Die Beurteilung erfolgt auf Stufe Vorstudie gemäss SIA 112 (SIA 2001):

- Vom Standortareal der Oberflächenanlage aus dürfen von Hauptzugangsbauwerken keine übertieften Täler (Lockergesteine) durchörtert werden.
- Nutzbares Grundwasser darf durch die Zugangsbauwerke nicht gequert werden.
- Portale der Zugangsbauwerke dürfen nicht überschwemmt werden.

Für die Ausarbeitung der Planungsstudie wurden von der Nagra öffentlich zugängliche und von den Kantonen im Rahmen der Zusammenarbeit zur Verfügung gestellte Grundlagen ausgewertet.

#### **4. Vorgehen im Rahmen der Überprüfung**

Die von der Nagra in der Etappe 2 SGT bezeichneten Standortareale für Oberflächenanlagen sind in den Berichten NAB 13-61, NAB 13-64, NAB 13-68, NAB 13-81, NAB 14-05, NAB 14-08 und NAB 14-29 dokumentiert. Sofern von der Nagra für ein Standortareal die Möglichkeit einer Kombianlage ausgewiesen wurde, wird nur diese Variante beurteilt, da die Oberflächenanlage eines Kombilagers die eines SMA- als auch eines HAA-Lagers abdeckt. Einen Überblick aller Standortareale für Oberflächenanlagen gibt Anhang A1.

Bei der vorliegenden bautechnischen Beurteilung der Standortareale für Oberflächenanlagen fokussierten die Experten ihre Prüfung der Grundlagen-Berichte auf die vorgeschlagenen Standortareale:

- ZNO-6b-Kombi im Standortgebiet Zürich Nordost (NAB 14-29)
- JO-3+-Kombi im Standortgebiet Jura Ost (NAB 13-68)
- NL-2-Kombi im Standortgebiet Nördlich Lägern (NAB 14-05)
- NL-6-Kombi im Standortgebiet Nördlich Lägern (NAB 14-08)

In NTB 11-01 wurden von der Nagra die generellen Grundlagen zur Auscheidung von Standortarealen beschrieben und Standortinformationen zu den damals vorgeschlagenen Standortarealen zusammengestellt (NTB 11-01, Anhang). Die nun von der Nagra zur Weiterbearbeitung vorgeschlagenen Standortareale sind, mit Ausnahme von NL-2-Kombi, dort noch nicht enthalten. Für die oben aufgelisteten Standortareale wurden deshalb von den Experten aufgrund von eigenen Erhebungen und Auswertungen der öffentlich verfügbaren Grundlagen eigene Faktenblätter erstellt (Anhang A2 bis A5); dabei wurde auch die morphologische Situation in der Umgebung der beiden Standortareale (auf der Basis von LIDAR-Daten) dargestellt.

Bezüglich Lage der Felsoberfläche wurden die Angaben mit dem Felsisohypsenlayer im geologischen Schichtmodell (digitales Höhenmodell der Felsoberfläche, NAB 14-02) überprüft. Parallel dazu wurden auch von den übrigen Standortarealen die Grundlagen stichprobenartig überprüft und ein Quervergleich der Standortareale erstellt (vgl. Tabelle in Kapitel 5.3).

Für die bautechnische Beurteilung, ob am vorgeschlagenen Standort eine Oberflächenanlage technisch machbar und sicher realisierbar ist, wurden folgende Faktoren speziell geprüft:

- Ist der natürliche Baugrund tragfähig und deformationsarm (keine Bodenabsenkung, Hebungen zu erwarten)?
- Können standortspezifische Risiken durch geologische Naturgefahren ausgeschlossen oder mit technischen Massnahmen beherrscht werden (z.B. Hangrutsch, Felssturz, Murgang)?
- Sind die seismischen Risiken akzeptierbar (keine Bodenverflüssigung)?
- Können Einbauten in Grundwasservorkommen vermieden werden?
- Ist eine Überflutung (steigender Grundwasserspiegel oder Oberflächengewässer) auszuschliessen oder mit technischen Massnahmen beherrschbar?

Auch wenn im vorliegenden Expertenbericht - wie eingangs in der Einleitung erwähnt - keine Beurteilung der umweltspezifischen Aspekte (z.B. gewässerschutzrechtliche Randbedingungen am Standort) erfolgt, wurden trotzdem die Einstufungen in den Grund- und Gewässerschutzkarten überprüft: Daraus lassen sich Risiken durch Überflutung bei aufsteigendem Grundwasserspiegel (Flurabstand bei Hochwassersituationen) abschätzen.

## 5 Bautechnische Einschätzung der Standortareale

### 5.1 Standortareal ZNO-6b-Kombi

#### *Darstellung der Nagra*

Die Entscheidungsgrundlagen und die Resultate der Zusammenarbeit mit den Akteuren der Standortregion sind in NAB 14-29 zusammengefasst. Nach Einschätzung der Nagra ist im Standortareal ZNO-6b-Kombi gemäss heutigem Kenntnisstand der Bau und Betrieb sowie der Rückbau einer Oberflächenanlage technisch machbar und sicher realisierbar.

Das Gelände beim Standortareal liegt zwischen 410 und 432 m ü.M. im Bereich eines flachen Sattels zwischen den kleinen Moränenhügeln Isenbuck (419 m ü.M.) und Bergholz (444 m ü.M.). Der Untergrund im Bereich des Standortareals besteht aus Moräne (oberflächennah vermutlich kiesig ausgebildet); der Fels der Unteren Süsswassermolasse wird in 20 - 40 m Tiefe erwartet. Die tieferen Lagen der "Usgäntswis", direkt östlich an das Standortareal angrenzend, sind drainiert. Hier werden über der Moräne auch Seeablagerungen, lokal allenfalls torfige Verlandungsablagerungen vermutet. Die Baugrundverhältnisse sind im Detail noch ungewiss und müssen in der nächsten Projektierungsphase erkundet werden.

Die Gebäude der Oberflächenanlage kommen voraussichtlich in die Moräne, im westlichen Arealteil eventuell auch in den Molassefels zu liegen. Der Untergrund ist gut tragfähig und wenig setzungsempfindlich. Die Bauten befinden sich gemäss SIA 261 in der Erdbeben-Gefährdungszone 1.

Entsprechend dem aktuellen Planungsstand (Vorstudie gemäss SIA 112) zeigt die Nagra in NAB 14-29 (S.44 ff) eine mögliche Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlage auf dem Standortareal ZNO-6b-Kombi auf. Bei einem Erschliessungsniveau der Oberflächenanlage auf Kote 410 m ü.M. ist am Osthang des Bergholz auf rund 300 m Länge ein Hangeinschnitt von bis zu 21 m Tiefe nötig. Vom Standortareal aus kann in einem Zugangstunnel bereits nach einer kurzen Lockergesteinsstrecke von ca. 40 - 80 m Länge der Fels der Unteren Süsswassermolasse erreicht werden (NAB 14-100, S.14).

Innerhalb des Standortareals fliessen keine Oberflächengewässer. Gemäss Grundwasserkarte des Kantons Zürich liegt das Areal ausserhalb von nutzbaren Grundwasservorkommen. In den Moränen- und Seeablagerungen ist nur mit geringen Mengen an Hangsickerwasser zu rechnen. Der Hangsickerwasserspiegel wird wenige Meter unter Terrain erwartet. Im Standortareal sind keine Quellen vorhanden; die nächsten Quelfassungen (Distanz >500 m) liegen am Südhang bzw. der Nordwestflanke des Hügels Bergholz.

Direkt an der nordöstlichen Ecke des Standortareals befindet sich ein kleiner Ablagerungsstandort (KbS-Einstufung: Ablagerungsstandort ohne schädliche oder lästige Einwirkungen, ohne Untersuchungsbedarf). Es handelt sich um eine teilverfüllte, ehemalige Kiesgrube.

Im Standortareal werden keine Gefährdungen durch Massenbewegungen oder Überschwemmungen erwartet.

### *Stellungnahme der Experten*

Die wichtigsten Grundlagen sind im Faktenblatt (Anhang A2) zusammengestellt. Die Datenqualität der verfügbaren Grundlagen ist gut, jedoch sind im Standortareal selbst noch keine Sondierungen vorhanden. Aus Sicht der Experten ist dies stufengerecht. Die Überprüfung der Unsicherheiten kann im Rahmen der in Etappe 3 SGT vorgesehenen Baugrunduntersuchung erfolgen.

Die bautechnische Einschätzung der Nagra ist stufengerecht (Vorstudie) und nachvollziehbar dokumentiert. Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Massenbewegungen, Überschwemmungen oder Bodenverflüssigung (strukturempfindliche Ablagerungen, wassergesättigte und wenig konsolidierte Sande bzw. seismische Baugrundklassen D, E oder F) vorhanden. Es handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und kaum setzungsfähigen Baugrund.

Die erforderlichen, tiefen Einschnitte im Lockergestein sind zwar geotechnisch anspruchsvoll, aber im Vergleich mit realisierten Bauten und dem Stand der Technik wird die technische Machbarkeit als gegeben beurteilt.

Eingriffe in Grundwasservorkommen können vermieden werden. Dies betrifft sowohl die Oberflächenanlage wie auch mögliche Zugangsbauwerke bis in den Fels.

## **5.2 Standortareal JO-3+-Kombi**

### *Darstellung der Nagra*

Die Entscheidungsgrundlagen und die Resultate der Zusammenarbeit mit den Akteuren der Standortregion sind in NAB 13-68 zusammengefasst. Nach Einschätzung der Nagra ist im Standortareal JO-3+-Kombi gemäss heutigem Kenntnisstand der Bau und Betrieb sowie der Rückbau einer Oberflächenanlage technisch machbar und sicher realisierbar. Bei der weiteren Projektierung ist aber insbesondere der Aspekt Hangstabilität zu berücksichtigen.

Das Gelände beim Standortareal liegt auf rund 346 m ü.M., auf einer gegenüber der Aare um ca. 20 m erhöhten Terrassenschulter am Osthang des Geissbergs. Der östli-

che Teil des Standortareals liegt hauptsächlich auf nur wenige Meter mächtigen Niederterrassenschottern. Diese fehlen im westlichen, hangseitigen Teil. Hier liegen heterogen zusammengesetzte Gehängeablagerungen vor, welche Kriech- und Rutsch-tendenzen aufweisen. Westlich des Standortareals in den oberen Hanglagen steht direkt Fels an oder ist nur noch von geringmächtigen Gehängeablagerungen bedeckt. Unter dem Niederterrassenschotter bzw. den Gehängeablagerungen folgt der Fels der Wildegg-Formation bzw. des Doggers. In der nordwestlich des Standortareals liegenden Geländekammer befindet sich der "Nassberg", ein gut untersuchter Kriech- und Rutschhang. Er tangiert das Standortareal nicht.

Entsprechend dem aktuellen Planungsstand (Vorstudie gemäss SIA 112) zeigt die Nagra in NAB 13-68 (S.36 ff) eine mögliche Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlage auf dem Standortareal JO-3+-Kombi auf. Vom Standortareal aus kann ein Zugangstunnel bereits ab Portalbereich im Fels des Doggers erstellt werden.

Die Gebäude der Oberflächenanlage kommen mit ihrer Foundation voraussichtlich grösstenteils in den Fels der Wildegg-Formation resp. des Doggers zu liegen. Im südöstlichsten Bereich wird möglicherweise ein Teil der Gebäude in den Niederterrassenschottern fundiert. Der Untergrund ist gut tragfähig und wenig setzungsempfindlich, weshalb eine Flachfundation im Vordergrund steht. Die Bauten befinden sich gemäss SIA 261 in der Erdbeben-Gefährdungszone 1.

Hangseits des Standortareals ist über eine Länge von 400 m ein Hanganschnitt von 17-28 m Höhe vorgesehen; hier stehen im unteren Bereich grösstenteils Fels und darüber die Gehängeablagerungen und Rutschmassen an. Es ist ein vertikaler Baugrubenabschluss mit einer mehrfach verankerten Pfahlwand vorgesehen.

Im Norden des Standortareals bildet das Gelände eine Nase, die vom Krebsbach umflossen wird. Dieser tangiert das Areal. Die Aare verläuft ca. 200 m östlich des Standortareals.

Gemäss Grundwasserkarte des Kantons Aargau liegt das Standortareal im Randbereich des Aaretal-Grundwasserstroms (der mittlere Grundwasserspiegel liegt mind. 10 m tiefer als die Felsoberfläche im Standortareal). In älteren Bohrungen (Dr. von Moos AG, 1959) wurde bis auf den Fels (in 3 bzw. 12 m Tiefe) kein Schottergrundwasser angetroffen. Es ist mit Hangsickerwasser zu rechnen, das im nordwestlichen Bereich innerhalb der Gehängeablagerungen und Rutschmassen bzw. im südöstlichen Bereich stellenweise auf der Felsoberfläche zirkuliert. Im Fels ist mit Bergwasser zu rechnen (geringe Mengen). Hangsicker- und Bergwasser fliessen gegen Nordosten und exfiltrieren vollständig in die Aare. In älteren Kartierungen (Dr. von Moos AG, 1959) sind im Areal zwei Quelfassungen verzeichnet, deren Wasser in Drainagen abgeleitet wird.

Gemäss Kataster der belasteten Standorte des Kantons Aargau sind auf dem Standortareal keine belasteten Standorte verzeichnet.

Für den Osthang des Geissbergs wurde ein geringe bis mittlere Rutschanfälligkeit in der Gefahrenhinweiskarte des Kantons Aargau ausgewiesen. Die Aare stellt gemäss Gefahrenkarte Hochwasser keine Gefahr für das Standortareal dar. Vom Krebsbach im nördlichen Teil des Standortareals geht eine mittlere Hochwassergefährdung aus. Er muss deshalb aufgrund des Hochwasserschutzes verlegt werden.

### *Stellungnahme der Experten*

Die wichtigsten Grundlagen sind im Faktenblatt (Anhang A3) zusammengestellt. Die Datenqualität ist gut, im Standortareal und im westlichen Hangbereich sind bereits einige Sondierungen vorhanden.

Die bautechnische Einschätzung der Nagra ist stufengerecht und nachvollziehbar dokumentiert. Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Bodenverflüssigung (strukturempfindliche Ablagerungen, wassergesättigte und wenig konsolidierte Sande bzw. seismische Baugrundklassen D, E oder F) vorhanden. Es handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und kaum setzungsfähigen Baugrund.

Jedoch erfolgt der Hanganschnitt in einer tiefgründig rutschanfälligen Lockergesteinsbedeckung über dem Fels. Dies ist zwar geotechnisch anspruchsvoll, die bautechnische Machbarkeit kann im Quervergleich mit realisierten Bauten aber als gegeben beurteilt werden. Die Hochwassergefährdung vom Krebsbach im nördlichen Teil des Standortareals kann mit technischen Mitteln (Verlegung etc.) auf ein tolerierbares Mass reduziert werden. Die beiden gefassten Quellen im Standortareal (vgl. Dr. von Moos AG, 1959; in der geol. Karte gemäss geocover ist nur noch eine Quelfassung dargestellt) sind vermutlich als Überlaufquellen aus dem Fels in die Lockergesteine zu taxieren. Ihre Fassung und Ableitung in Drainagen erfolgte zur Entwässerung bzw. besseren Bewirtschaftung der Wiesen Riedmatt und Brunnenmatt.

Eingriffe in Grundwasservorkommen können vermieden werden. Dies trifft für die Oberflächenanlage zu wie auch für ein ab Standortareal im Fels verlaufendes Zugangsbauwerk. Ein Überflutungsrisiko kann mit technischen Massnahmen (Verlegung Bach) beherrscht werden.

## **5.3 Standortareale NL-2-Kombi und NL-6-Kombi**

Im Standortgebiet Nördlich Lägern hat die Nagra zwei Standortareale bezeichnet, nämlich NL-2-Kombi und NL-6-Kombi. Sie werden deshalb in diesem Kapitel gemeinsam behandelt. Dadurch soll der direkte Vergleich zwischen diesen beiden Standortarealen erleichtert werden.

### *Darstellung der Nagra*

Die Entscheidungsgrundlagen und die Resultate der Zusammenarbeit mit den Akteuren der Standortregion sind in NAB 14-05 (NL-2-Kombi) und NAB 14-08 (NL-6-Kombi) zusammengefasst. Nach Einschätzung der Nagra sind an beiden Standortarealen gemäss heutigem Kenntnisstand der Bau und Betrieb sowie der Rückbau einer Oberflächenanlage technisch machbar und sicher realisierbar.

Das **Standortareal NL-2-Kombi** kommt in einem Kiesabbaugebiet auf der Niederterrasse des Rheins zu liegen. Das gewachsene Terrain wies hier ursprünglich ein leichtes Gefälle zum Rhein auf. Mit dem Kiesabbau und der Wiederauffüllung auf das ursprüngliche Geländeniveau (ca. 367 m ü.M.) wandelt sich das Terrain ständig und ist entsprechend uneben. Aktuell erfolgt der Kiesabbau bis auf Kote +2 m über dem höchsten Grundwasserstand (bei Hochwasser liegt der Grundwasserspiegel auf ca. 334 m ü.M.). Unter dem Niederterrassenschotter folgt der Fels der Unteren Süsswassermolasse (USM), welcher stellenweise mit gering-mächtiger Grundmoräne bedeckt ist. Der Fels wird in rund 40 m Tiefe erwartet. Im Bereich des Talrands sind lokal Gängeablagerungen vorhanden. Der Niederterrassenschotter weist eine gute Tragfähigkeit auf. Die Kiesgruben sind bzw. werden mit Aushubmaterial aufgefüllt. Das Auffüllmaterial ist setzungsempfindlich und wird auch Jahre nach Abschluss der Auffüllung noch Setzungen aufweisen.

Innerhalb des Standortareals fliessen keine Oberflächengewässer. Der Rhein verläuft in einer Entfernung von ca. 600 m nördlich des Standortareals. Gemäss Grundwasserkarte des Kantons Zürich liegt das Areal über dem Grundwasserstrom des Rheintals. Die Grundwassermächtigkeit beträgt im Bereich des Standortareals ca. 8 bis 12 m. Der natürliche Flurabstand zwischen der Terrainoberfläche (Talebene vor dem Kiesabbau) und dem Grundwasserspiegel liegt bei ca. 30 m. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt gemäss Grundwasserkarte bei Hochwasser auf ca. 334 m ü.M. und damit rund 10 m unter den tiefsten Einbauten der Oberflächenanlage.

Im Standortareal sind keine Quellen vorhanden. Der Grundwasserstrom des Rheintals wird genutzt. Die nächstgelegene Brauch- und Trinkwasserfassung "Griesgraben" ist für die Wasserversorgung der Gemeinde Weiach bedeutend. Sie liegt am Westrand des Grundwasservorkommens stromabwärts in ca. 1.3 km Entfernung zum Standortareal. Im Gebiet "Weiacher Hard" ist östlich an das Standortareal angrenzend ein Schutzareal für künftige Grundwasserfassungen bzw. für künftige Grundwasseranreicherungen ausgeschieden. Das Standortareal liegt im Abstrombereich dieses Schutzareals.

Die Gebäude der Oberflächenanlage kommen voraussichtlich grösstenteils in die mächtigen, locker gelagerten Kiesgrubenauffüllungen und deutlich über den Grundwasserspiegel zu liegen. Der gut tragfähige Niederterrassenschotter wird nur randlich tangiert. In den Kiesgrubenauffüllungen erachtet die Nagra zur Verhinderung von

Setzungsdifferenzen zusätzliche Massnahmen für erforderlich. Für die Fundation von Gebäuden steht im Bereich von Kiesgrubenauffüllungen eine Pfahlfundation oder eine Bodenverbesserung (z.B. Materialersatz oder Rüttelstopf-Säulen) im Vordergrund. Pfahlfundationen dürften stellenweise in das Grundwasser hinunterreichen, Massnahmen zur Bodenverbesserung, wie Materialersatz, hingegen kaum. Die genaue laterale und vertikale Begrenzung der künstlichen Auffüllungen ist im Bereich des Standortareals nur näherungsweise bekannt und muss mittels Sondierungen in einer späteren Phase noch erkundet werden. Die Bauten befinden sich gemäss SIA 261 in der Erdbeben-Gefährdungszone 1.

Entsprechend dem aktuellen Planungsstand (Vorstudie gemäss SIA 112) zeigt die Nagra in NAB 14-05 (S.42 ff) eine mögliche Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlage auf dem Standortareal NL-2-Kombi auf. Vom Standortareal aus kann in einem Zugangstunnel bereits nach einer kurzen Lockergesteinsstrecke von ca. 230 m Länge der Fels der Unteren Süsswassermolasse erreicht werden (NAB 14-05, S.58).

Im Kataster der belasteten Standorte des Kantons Zürich (KbS) sind im Standortareal keine Einträge vorhanden.

Im Standortareal werden keine Gefährdungen durch Massenbewegungen oder Überschwemmungen erwartet.

Das **Standortareal NL-6-Kombi** liegt in einem in den Fels auf der Ostseite des "Ämpbergs" eingeschnittenen Seitentälchen, genannt "Haberstal". Der Fels der Oberen Meeresmolasse ist hier bedeckt mit Lockergesteinen bestehend aus Gehängeablagerungen und evtl. Bachschuttablagerungen. Der genaue Felsverlauf und die Lockergesteinsmächtigkeit können derzeit lediglich abgeschätzt und müssten in der nächsten Projektphase erkundet werden. Die Lockergesteinsmächtigkeit dürfte an den Flanken und im hintersten Bereich des Tälchens nur sehr gering sein (NAB 14-08, S.17). Zur Talmitte hin und entlang der Talachse gegen Osten dürfte diese auf schätzungsweise 10 m zunehmen. Im östlichsten Bereich des Standortareals sind die Gehängeablagerungen vermutlich mit dem Niederterrassenschotter des "Windlacherfelds" seitlich verzahnt.

Das Standortareal wird von West nach Ost durch den eingedolten "Graben im Haberstal" durchflossen. Dieses grösstenteils eingedolte Gewässer leitet zudem das Drainagewasser aus dem Standortareal ab. Die Leitung mündet ca. 200 m östlich des Standortareals in den von Süden nach Norden verlaufenden "Dorfbach" resp. den "Zweidler Graben", welche via Glatt in den Rhein entwässern.

Das Standortareal liegt am westlichen Rand des von Süden nach Norden in der Talsohle innerhalb der Niederterrassenschotter des "Windlacherfelds" verlaufenden Grundwasserstroms. Für den westlichen Bereich des Standortareals wird kein nutz-

bares Grundwasser ausgewiesen. Hier ist mit vergleichsweise geringen Mengen an Hangsickerwasser in den Gehängeablagerungen und an Felswasser in der Oberen Meeresmolasse zu rechnen. Besser durchlässige Bachschuttablagerungen sowie Ausläufer des gut durchlässigen Niederterrassenschotter sind insbesondere im östlichsten Bereich des Standortareals nicht ganz auszuschliessen. Es ist davon auszugehen, dass nur geringe Grundwassermengen aus dem "Haberstal" in den Grundwasserstrom fliessen.

Die Lage des Hangsicker- resp. Felswasserspiegels im Standortareal ist noch nicht bekannt. Die vorhandenen Drainagen deuten auf einen hoch liegenden Hangwasserspiegel innerhalb der Gehängeablagerungen hin.

Die Gebäude der Oberflächenanlage werden voraussichtlich im Fels fundiert. Die mehrheitlich locker gelagerten Gehängeablagerungen und allfällige Bachschuttablagerungen eignen sich nicht für die Fundation von grösseren Gebäudelasten. Der darunter liegende Fels der Oberen Meeresmolasse ist hingegen sehr gut tragfähig und wenig setzungsempfindlich. Die genauen Fundationsverhältnisse sind im Bereich des Standortareals nur näherungsweise bekannt und müssen mittels Sondierungen noch erkundet werden. Es ist davon auszugehen, dass der Hangsickerwasser- oder Felswasserspiegel über den geplanten Fundationen der Untergeschosse der Oberflächenanlage zu liegen kommt (NAB 14-08, S.47). Zur Gewährleistung einer einwandfreien Umsickerung sind geeignete Massnahmen (z.B. Sickerbahnen) vorzusehen. Die Untergeschosse sind wasserdicht auszubilden. Die Bauten befinden sich gemäss SIA 261 in der Erdbeben-Gefährdungszone 1.

Entsprechend dem aktuellen Planungsstand (Vorstudie gemäss SIA 112) zeigt die Nagra in NAB 14-08 (S.40 ff) eine mögliche Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlage auf dem Standortareal NL-6-Kombi auf. Dreiseitig um das Standortareal (westlich sowie auf den beiden Talflanken) sind Geländeanschnitte bzw. ein vertikaler oder fast vertikaler Baugrubenabschluss von bis zu maximal 21 m erforderlich. Die Art des Baugrubenabschlusses ist von den effektiv angetroffenen Verhältnissen wie z.B. Lockergesteinsmächtigkeit, Wasserverhältnisse und Felsqualität abhängig. Vom Standortareal aus setzt der Zugangstunnel voraussichtlich direkt im Fels der Oberen Meeresmolasse am Übergang zur Unteren Süsswassermolasse an oder erreicht diesen nach einer Lockergesteinsstrecke von wenigen Metern (NAB 14-08, S.60).

Im Kataster der belasteten Standorte des Kantons Zürich (KbS) sind im Standortareal keine Einträge vorhanden.

Im Standortareal werden keine Gefährdungen durch Massenbewegungen oder Überschwemmungen erwartet.

### *Stellungnahme der Experten*

Die wichtigsten Grundlagen zum **Standortareal NL2-Kombi** sind im Faktenblatt (Anhang A4) zusammengestellt. Die Datenqualität ist gut, im Standortareal und in der Umgebung sind bereits einige Sondierungen vorhanden.

Die bautechnische Einschätzung der Nagra ist stufengerecht und nachvollziehbar dokumentiert. Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Massenbewegungen, Überschwemmungen oder Bodenverflüssigung (strukturempfindliche Ablagerungen, wassergesättigte und wenig konsolidierte Sande bzw. seismische Baugrundklassen D, E oder F) vorhanden. Beim gewachsenen natürlichen Untergrund der Niederterrassenschotter handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und kaum setzungsfähigen Baugrund. Hingegen ist eine Foundation in der künstlichen Auffüllung (aufgefüllte Kiesgrube, Qualität unbekannt aber sicher heterogen) mit grossen bautechnischen Unsicherheiten behaftet und geotechnisch problematisch. Die Experten teilen die Einschätzung der Nagra, dass auch Jahre nach Abschluss der Auffüllungsarbeiten mit weiteren Konsolidationsvorgängen (fortschreitende Setzungen) zu rechnen ist. Eine allfällige Tiefenfoundation in die Niederterrassenschotter unter die ehemalige Abbaukote würde Einbauten ins Grundwasser erfordern. Unter der Voraussetzung, dass nicht wieder aufgefüllt würde und die Foundation auf dem gewachsenen Niederterrassenschotter sowie deutlich über dem Grundwasserspiegel erfolgen kann, sodass ein Zugangstollen keine wassergesättigten Lockergesteine durchfahren wird, wäre das Standortareal geotechnisch geeignet.

Bei möglichen Zugangsbauwerken bis in den Fels können Eingriffe in Grundwasservorkommen vermieden werden.

Die wichtigsten Grundlagen zum **Standortareal NL6-Kombi** sind im Faktenblatt (Anhang A5) zusammengestellt. Die Datenqualität ist der Planungsstufe entsprechend gut, in der Umgebung sind einige Sondierungen vorhanden.

Die bautechnische Einschätzung der Nagra ist stufengerecht und nachvollziehbar dokumentiert. Im Standortareal sind aus Sicht der Experten keine Gefährdungen durch Massenbewegungen oder Bodenverflüssigung (strukturempfindliche Ablagerungen, wassergesättigte und wenig konsolidierte Sande bzw. seismische Baugrundklassen D, E oder F) vorhanden. Beim gewachsenen natürlichen Untergrund des Molassefels handelt sich um einen im Allgemeinen gut tragfähigen und kaum setzungsfähigen Baugrund. Im Rahmen der weiteren Abklärungen in Etappe 3 müssen Mächtigkeit und Qualität einer allfälligen Muldenfüllung aus Lockergesteinen im Habertal noch eruiert werden. Beim heutigen Kenntnisstand gehen die Experten aber davon aus, dass die Lockergesteinsbedeckung über dem Fels im Habertal nur geringmächtig ist und im Rahmen der Erstellung der Bauten unter den Foundationen vollständig entfernt wird.

Auch wenn das Standortareal gemäss der Karte der Überschwemmungsgebiete des BAFU (NAB 14-08, S. 47) ausserhalb von hochwassergefährdeten Gebieten liegt, besteht nach Ansicht der Experten ein potentiell Überschwemmungsrisiko durch den Habertalgraben (z.B. infolge Verstopfung der Eindolung etc.) aufgrund der Anordnungssituation. Dies ist zu überprüfen und mit technischen Mitteln (Verlegung z.B. seitlich entlang des Hangeinschnitts und genügend grosse Dimensionierung der Eindolung) auf ein tolerierbares Mass zu reduzieren.

Die Hanganschnitte erfolgen vermutlich zur Hauptsache im Fels der Oberen Meeresmolasse. Die Mächtigkeit der Verwitterungsschicht an den Talflanken könnte aber unterschiedlich sein. Die über 20 m hohen Felsanschnitte sind zwar geotechnisch anspruchsvoll, die bautechnische Machbarkeit ist aber nicht infrage gestellt.

Eingriffe in Grundwasservorkommen können vermieden werden (das Standortareal liegt in einem seitlichen Randbereich mit Zufluss zum Hauptgrundwasserstrom "Windlach", ein nutzbares Grundwasservorkommen wird im Habertal nach heutigem Kenntnisstand jedoch nicht erwartet). Dies trifft für die Oberflächenanlage zu wie auch für ein ab Standortareal im Fels verlaufendes Zugangsbauwerk.

## 5.4 Vergleich aller Standortareale der Etappe 2

### *Stellungnahme der Experten*

Gemäss Aufgabenstellung des ENSI an die Experten war prioritär die Situation bei den durch die Nagra zur Weiterbearbeitung vorgeschlagenen Standortarealen sowie den Standortarealen im Standortgebiet Nördlich Lägern zu prüfen. Im Sinne eines Quervergleichs über alle Standortareale werden in nachstehender Tabelle bautechnische Charakteristika aufgelistet.

Die Merkmale stützen sich auf die Angaben in NAB 14-100 und in den Planungsstudien der Standortareale (NAB 13-61, NAB 13-64, NAB 13-68, NAB 13-81, NAB 14-05, NAB 14-08, NAB 14-29) sowie eigene Auswertungen öffentlich verfügbarer Unterlagen durch die Experten (auf den GIS-Portalen der Kantone abrufbare Informationen zum Untergrund, Grundwasser- und Gefahrensituation; Stand März 2015).

Der Vergleich zeigt, dass die Standortareale ZNO-6b-Kombi und JO-3+-Kombi und NL-6-Kombi keine wesentlichen Nachteile gegenüber den meisten übrigen Standortarealen aufweisen. Standortareale über künstlichen Auffüllungen (bzw. über belasteten Standorten gemäss kantonalen Katastern) wie NL-2-Kombi oder JS-1 taxieren die Experten aus bautechnischer (Setzungs- und Fundationsrisiko) sowie sicherheitsbezogener Sichtweise (seismisches Baugrundrisiko) als ungünstig.

Tabelle 1: Hydrogeologisch-geotechnische Merkmale der Standortareale								
Standort-Areal	Gewässer-schutz-Bereich	Oberflä-chenge-wässer	Gefah-renhin-weise	Künstliche Auffüllung im Areal	Generelle Geologie	Felslage unter Stand-ort	Radon-ri-siko	Datenqualität durch Bohrungen
SR-4	üb	--	--	--	Schotter über Fels	>70 m	gering	keine Bohrungen im Areal und im Umfeld
ZNO-6b-Kombi	üb	--	--	angrenzend an KbS-Standort	Moräne über Fels (USM)	20 - 40 m	gering-mittel	keine Bohrungen im Areal, aber in der Umgebung
NL-2-Kombi	Au	--	--	Kiesgrube / Auffüllung im Standortareal	Niederterras-schotter über Fels (USM)	>40 m	gering	Bohrungen im Areal und in der Umgebung
NL-6-Kombi	Au	eingedolter Bach	evtl. Hang-muren	--	Hangschutt /Bachabla-gerungen über Fels (OMM, USM)	ca. 5 m	gering	keine Bohrungen im Areal, aber in der Umgebung
JO-3+-Kombi	Au	Krebs-bach im Areal	Rutsch-massen, Hoch-wasser	angrenzend an KbS-Standort	Schotter/ Hangschutt über Fels	3-12 m	mittel	Bohrungen im Areal vorhanden
JS-1	Au	Bach westlich des Are-als	Hoch-wasser-Hinweis	Auffüllung im Stand-ortareal	künstliche Auffüllung und Nie-derterras-senschot-ter über Fels	>10 m	gering	keine Bohrungen im Areal, aber in der Umgebung
WLB-1	Au	im Ein-flussbe-reich der En-gelber-ger Aa	Hoch-wasser-Hinweis	--	Alluvionen über Morä-ne/Schot-ter	5 - >50 m	gering	Bohrungen im Areal vorhanden

## 6. Beantwortung der Leitfragen

### 6.1 Leitfrage 1

*Sind die schematischen baugrundgeologischen Beschreibungen der Standortareale nachvollziehbar hergeleitet und kann diesen zugestimmt werden (NAB 13-68, NAB 14-29)?*

Die standortspezifischen Baugrundmodelle für die weiter zu untersuchenden Standortareale beruhen auf der Auswertung vorhandener geologisch-hydrogeologischer Grundlagen und einem Katalog der Gefährdungshinweise aus kantonalen Quellen. Die Baugrundmodelle sind nachvollziehbar hergeleitet und ausreichend dokumentiert. Die Beschreibungen sind stufengerecht (Phase Vorstudie) und plausibel. Den Beurteilungen der Nagra für die gemäss Nagra weiter zu untersuchenden Standortareale kann aus Sicht der Experten zugestimmt werden.

## 6.2 Leitfrage 2

*Sind die Standortareale aus geologischer/bautechnischer Sicht vernünftig gewählt oder gibt es Hinweise auf allfällige standortspezifische Risiken (z.B. Hangrutsch, Felssturz, Murgang, Bodenabsenkung, Hebung, Bodenverflüssigung), welche grundsätzlich gegen die Platzierung einer Oberflächenanlage am vorgeschlagenen Standort sprechen?*

Die Standortareale der gemäss Nagra weiter zu untersuchenden Standortgebiete (ZNO und JO) sind aus aktueller Sicht bautechnisch vernünftig gewählt. Die erkannten standortspezifischen Naturgefahren-Risiken sind aus technischer Sicht beherrschbar. Dies wird zwar stufengerecht vorerst nur pauschal beurteilt, im Rahmen der weiteren Projektierung müssen die Massnahmen zur Beherrschung der bautechnischen Standortrisiken aber vertieft bearbeitet und detailliert aufgezeigt werden. Das Standortareal JO-3+-Kombi (mit Hanganschnitt in instabilen Lockergesteinen und einem durch Gewässerumleitung lösbaaren Konflikt des Überflutungsrisikos) ist diesbezüglich anspruchsvoller als das Standortareal ZNO-6b-Kombi (keine diesbezüglichen Gefährdungen erkennbar).

Von den beiden Standortarealen im Standortgebiet Nördlich Lägern ist aus geologisch/bautechnischer Sicht das Standortareal NL-6-Kombi fundationstechnisch vorteilhafter; die Experten erachten das Standortareal NL-2-Kombi über dem Grundwasser mit einer Fundation in setzungsempfindlicher künstlicher Auffüllung (eine Tiefenfundation würde Einbauten ins Grundwasser erfordern) für bautechnisch heikel. Unter der Voraussetzung, dass nicht wieder aufgefüllt würde und deshalb die Fundation auf dem gewachsenen Niederterrassenschotter erfolgen kann (sowie auf einem Niveau deutlich über dem Grundwasserspiegel, sodass ein Zugangsstollen keine wassergesättigten Lockergesteine durchfahren wird), wäre das Standortareal geotechnisch geeignet.

## 7. Bemerkungen zu weiterführenden Untersuchungen für Etappe 3 SGT

Das Prozessverständnis für die bautechnischen Anforderungen an die Standortareale für Oberflächenanlagen ist aus Sicht der Experten für SGT Etappe 2 auf einem stufengerechten Niveau (Planungsstudie).

Im Rahmen der weiteren Abklärungen in Etappe 3 SGT können und müssen die Erkenntnisse aber vertieft werden. Dazu sind stufengerechte Baugrunduntersuchungen (inkl. Sondierungen) notwendig, welche die Planungs- und Beurteilungsgrundlagen

liefern u.a. für folgende Fragestellungen:

- Fundationsverhältnisse der Oberflächenanlagen (Sicherheitsaspekte).
- Geotechnische Beurteilung und Planung von Hanganschnitten, die über die Betriebsdauer der Oberflächenanlagen einen sicheren und störungsfreien Betrieb der Anlage gewährleisten.
- Beherrschung von standortspezifischen Naturgefahren-Risiken.

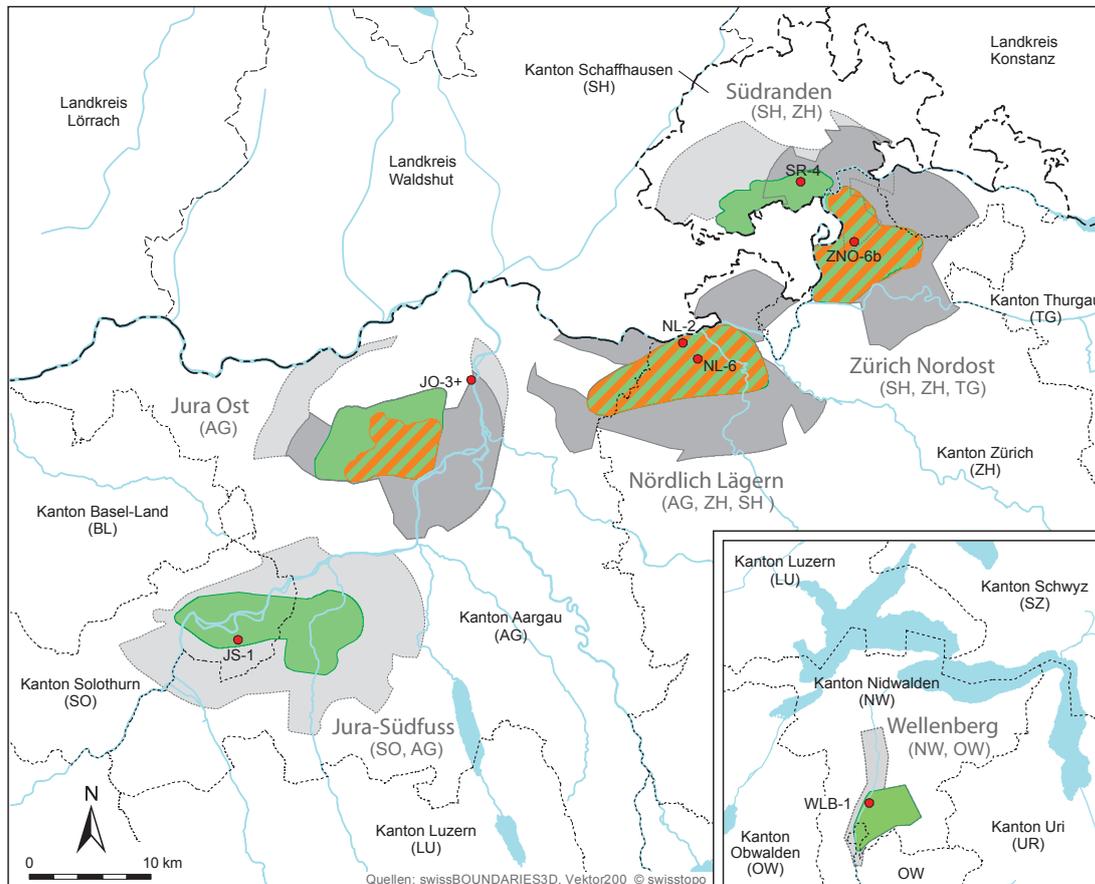
Selbstverständlich müssen im Rahmen der Baugrunduntersuchungen auch Fragen der Umweltverträglichkeit bzw. Bewilligungsfähigkeit von Bauten im Untergrund beantwortet werden. Deren Beurteilung erfolgt aber durch das BAFU, d.h. nicht durch das ENSI und ist deshalb nicht Bestandteil des vorliegenden Expertenberichts.

Expertenbericht zuhanden des ENSI

bearbeitet von  
Beat Rick

8600/37b  
Ri/UJ/MM

### Situation Geologische Standortgebiete und Standortareale



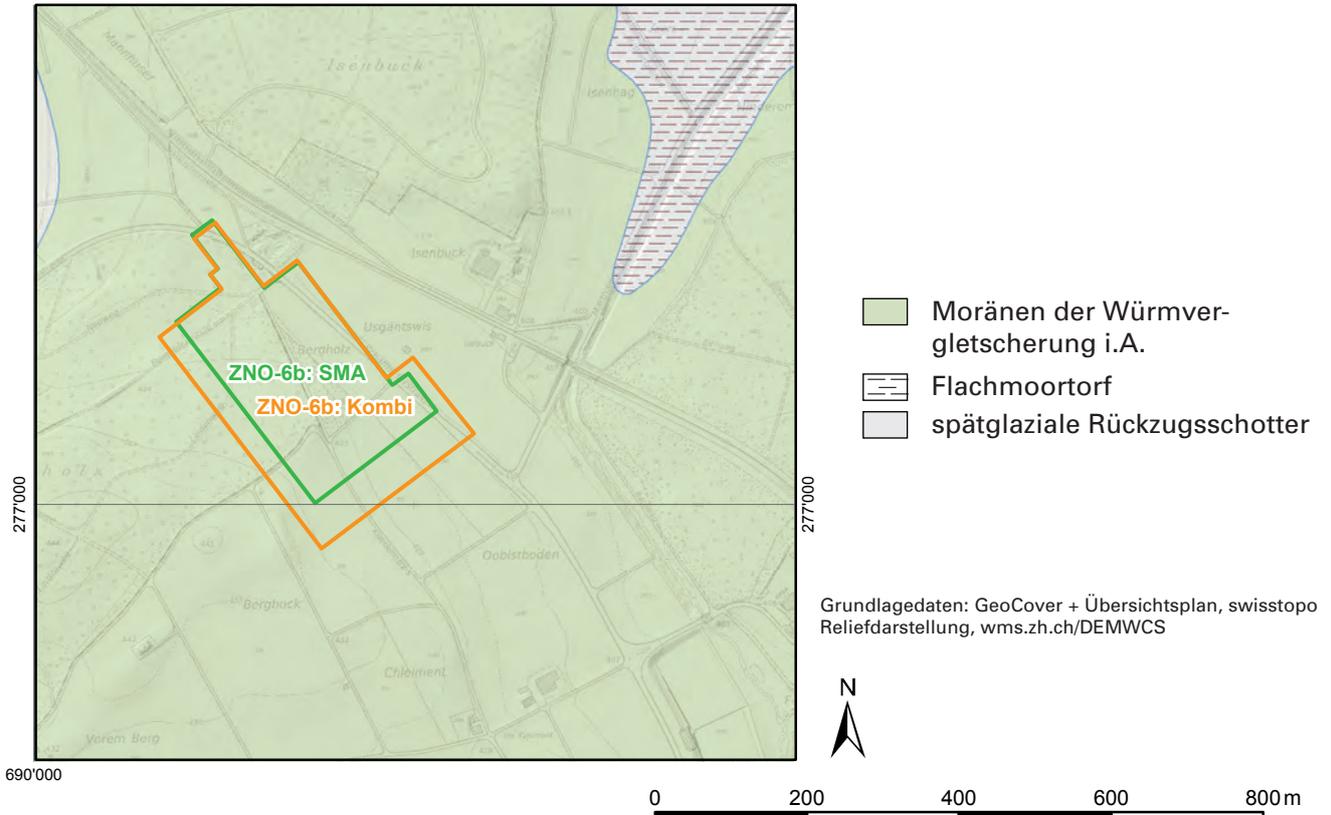
- Geologisches Standortgebiet für HAA-Lager
- Geologisches Standortgebiet für SMA-Lager
- Planungsperimeter HAA und SMA
- Planungsperimeter SMA
- bezeichnete Standortareale
- Landesgrenze
- Kantonsgrenze
- Landkreisgrenze (Deutschland)

Quelle: Nagra NTB 14-01, Dez. 2014, S. 363

## Faktenblatt Standortareal ZNO-6b

Situation 1:10'000

690'000



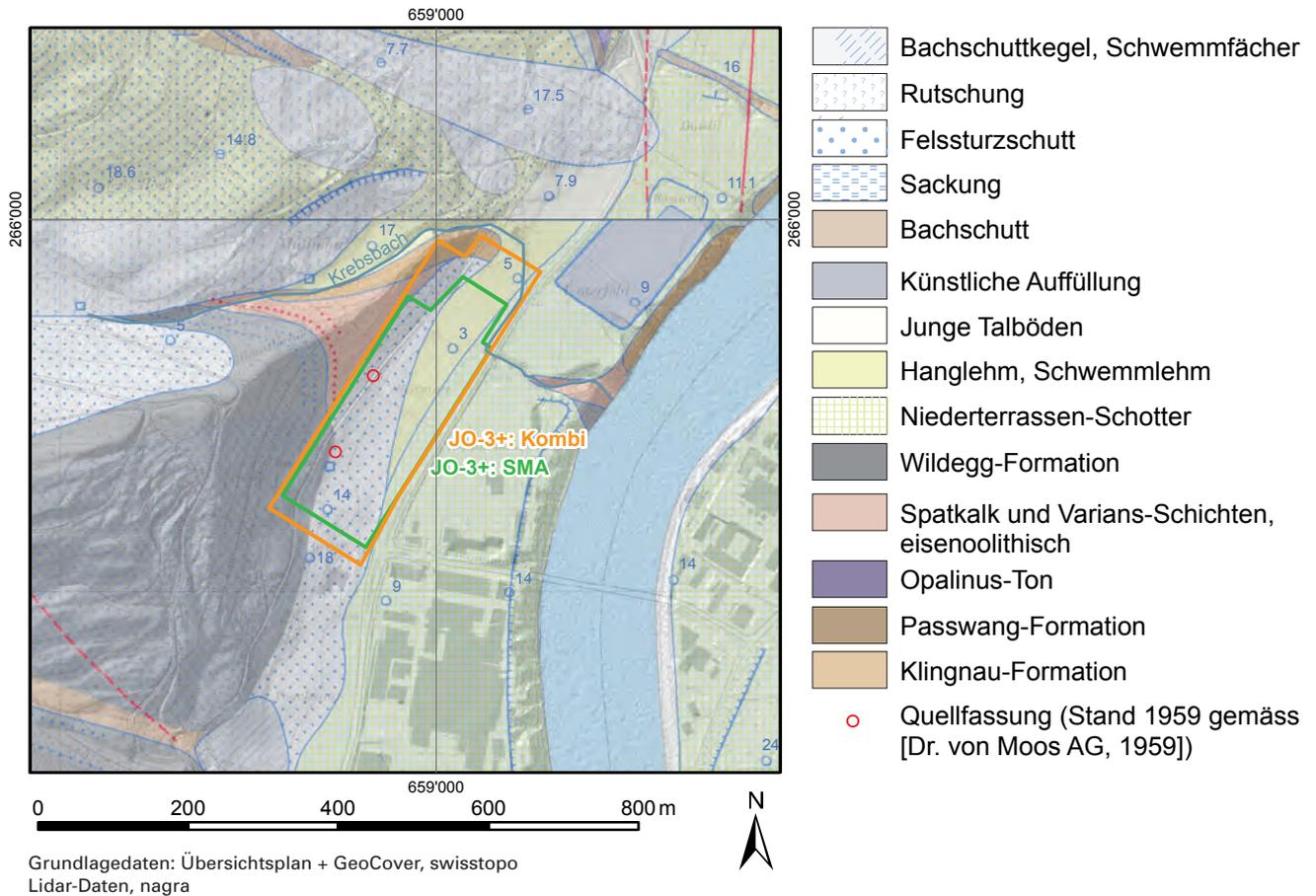
### Angaben zum Standortareal:

Gemeinde:	Marthalen ZH, Rheinau ZH
Koordinatenschwerpunkt:	690'362 / 277'146
OKT (Schwerpunkt):	420 m ü.M.
Relief:	leichte Hanglage, NE-ausgerichtet
Grundwassergebiet:	kein Grundwasser, Rhein-Grundwasser-Strom 800 m westlich
Gewässerschutzbereich:	übriger Bereich (üB)
Oberflächengeologie:	Moräne über Fels (Untere Meeresmolasse)
Felstiefe:	ca. 20 m (400 m ü.M.)
Gefährdungen:	keine Kartierung
Natur- & Landschaftsschutz:	1 km westlich Kiesbiotope mit Amphibienlaichgebiete
Erdbebenzone nach SIA 261:	Gefährdungszone 1
seismische Baugrundklasse SIA 261:	Baugrundklasse E oder B
Radonrisiko:	Marthalen: gering, Rheinau: mittel
Kataster der belasteten Standorte:	unmittelbar nördlich des Standortareals, Deponie 0035/D.0024, belastet ohne schädliche oder lästige Einwirkungen

Datenqualität: gut, aber keine Sondierungen im Areal

## Faktenblatt Standortareal JO-3+

Situation 1:10'000

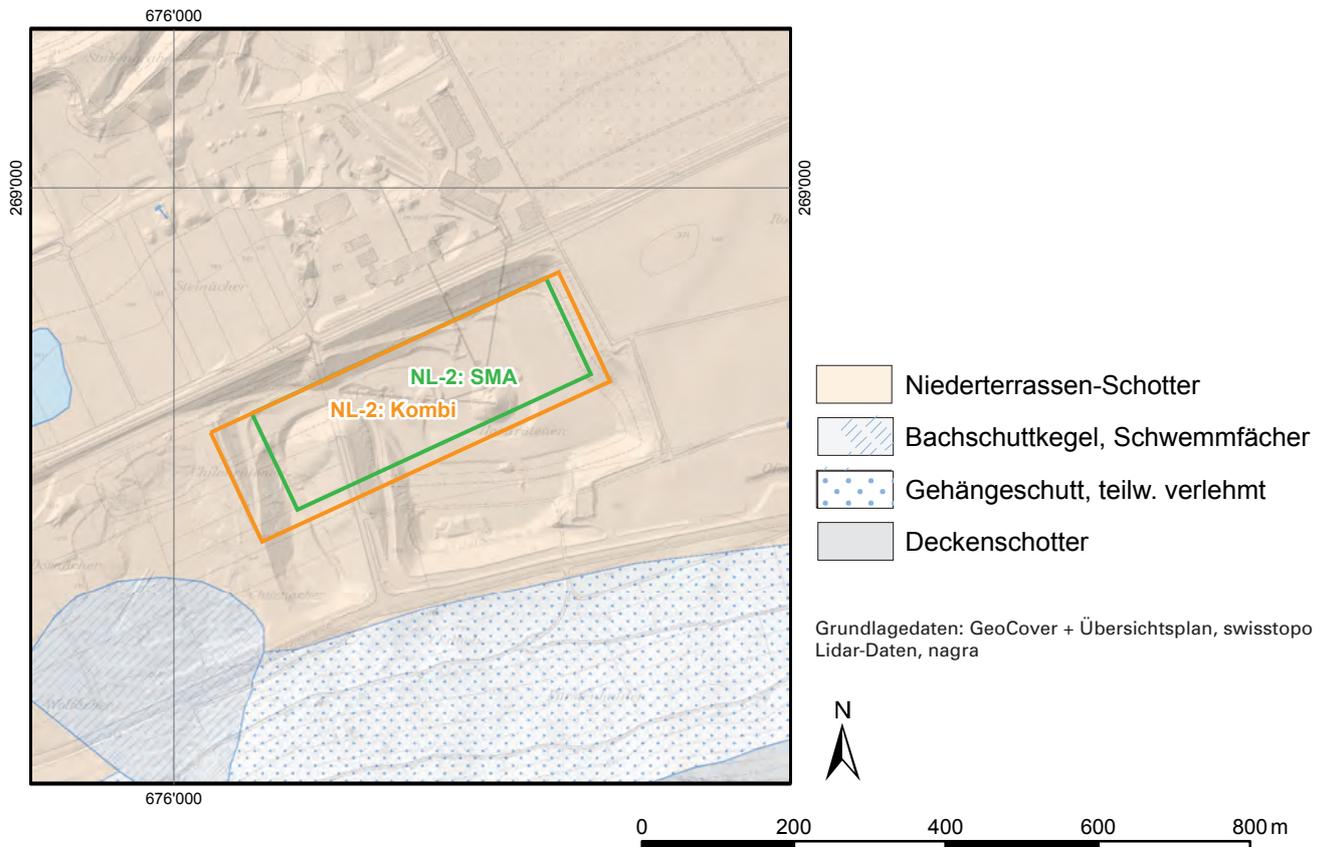


### Angaben zum Standortareal:

Gemeinde:	Villigen AG
Koordinatenschwerpunkt:	658'956 / 265'765
OKT (Schwerpunkt):	350 m ü.M.
Relief:	relativ eben, steiler Hanganschnitt
Grundwassergebiet:	im Randgebiet des Aare-Grundwasser-Stroms
Gewässerschutzbereich:	A <sub>u</sub>
Oberflächengeologie:	Hangschutt / Hanglehm über Fels
Felstiefe:	0 - 10 m (340 - 350 m ü.M.)
Gefährdungen:	Hochwassergefahrenzone gering - mittel
Natur- & Landschaftsschutz:	direkt westlich angrenzend Naturschutzgebiete
Erdbebenzone nach SIA 261:	Gefährdungszone 1
seismische Baugrundklasse SIA 261:	Baugrundklasse E
Radonrisiko:	mittel
Kataster der belasteten Standorte:	unmittelbar östlich des Standortareals, Betriebsstandort AA4121.0145
Datenqualität:	gut, Bohrungen im Areal vorhanden

## Faktenblatt Standortareal NL-2

Situation 1:10'000

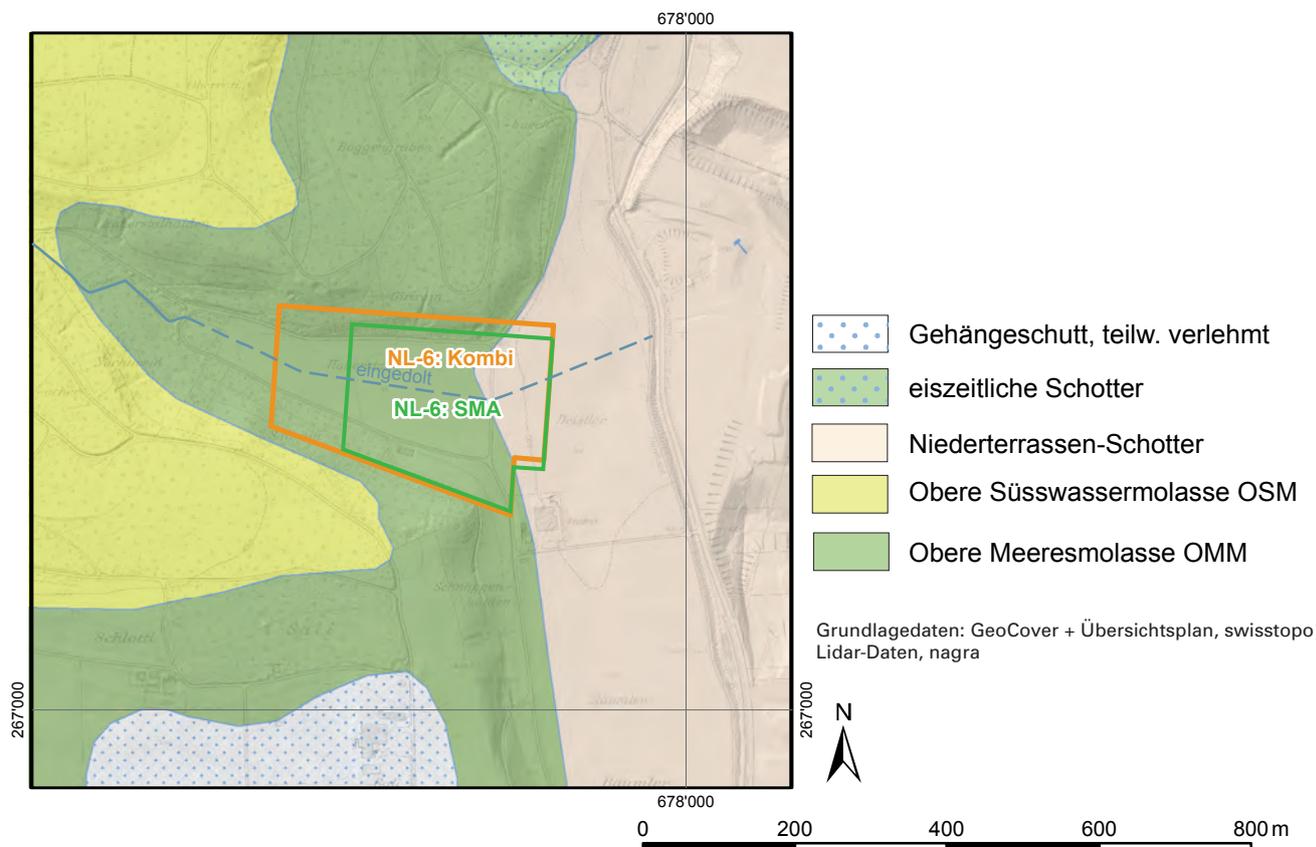


### Angaben zum Standortareal:

Gemeinde:	Weiach ZH
Koordinatenschwerpunkt:	676'311 / 268'710
OKT (Schwerpunkt):	366 m ü.M.
Relief:	eben, bzw. Abbaugelände, Kiesgrube
Grundwassergebiet:	im Rhein-GW-Strom, 12-20 m mächtig, GWSp. MW 332.5 m ü.M., HW ca. 334 m ü.M.
Gewässerschutzbereich:	Au, SZ-Areal östlich direkt angrenzend
Oberflächengeologie:	Niederterrassenschotter über Fels (Untere Süsswassermolasse)
Felstiefe:	39 - 49 m (317 - 327 m ü.M.)
Gefährdungen:	keine Kartierung
Natur- & Landschaftsschutz:	innerhalb Kiesbiotop
Erdbebenzone nach SIA 261:	Gefährdungszone 1
seismische Baugrundklasse SIA 261:	Baugrundklasse C
Radonrisiko:	gering
Kataster der belasteten Standorte:	unmittelbar nördlich des Standortareals, Deponiestandort Nr. 0102/D.0017
Datenqualität:	gut, Bohrungen im Areal und im Umkreis vorhanden

## Faktenblatt Standortareal NL-6

Situation 1:10'000



### Angaben zum Standortareal:

Gemeinde:	Stadel ZH
Koordinatenschwerpunkt:	677'647 / 267'418
OKT (Schwerpunkt):	405 m ü.M.
Relief:	im Hangeinschnitt mit eingedoltem Bach
Grundwassergebiet:	im Randgebiet des GW-Stroms
Gewässerschutzbereich:	Au
Oberflächengeologie:	Hangschutt / Bachablagerungen über Fels (OMM)
Felstiefe:	0 - 25 m (380 - 405 m ü.M.)
Gefährdungen:	keine Kartierung
Natur- & Landschaftsschutz:	Landschaftsschutzobjekt 1 km östlich
Erdbebenzone nach SIA 261:	Gefährdungszone 1
seismische Baugrundklasse SIA 261:	Baugrundklasse A; unter Annahme, dass Hangschutt <5 m
Radonrisiko:	gering
Kataster der belasteten Standorte:	mehrere aufgefüllte Kiesgruben 300 m östlich
Datenqualität:	gut, Bohrungen im Umkreis vorhanden

ENSI 33/456

ENSI, CH-5200 Brugg, Industriestrasse 19, Telefon +41 56 460 84 00, E-Mail [Info@ensi.ch](mailto:Info@ensi.ch), [www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)