



22. November 2017

## Sachplan geologische Tiefenlager

# Zusammenfassender Bericht über die Auswirkungen geologischer Tiefenlager auf Mensch und Umwelt

basierend auf dem Kenntnisstand in Etappe 2  
des Sachplanverfahrens



***Auftraggeber***

Bundesamt für Energie

***Autorinnen und Autoren***

Niklaus Schranz, BFE

Christoph Erdin, Ecosens

Philippe Schaub, BFE

Monika Stauffer BFE

Daniel Sabathy, Ecosens

Lars Schudel, Ecosens

Samuel Pfyffer, BFE

Pascale Künzi, BFE

Stefan Jordi, BFE

Bern, 22. November 2017

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen – Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11

[contact@bfe.admin.ch](mailto:contact@bfe.admin.ch)

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Vorgeschichte .....	1
1.2	Ziel, Stellenwert, Gegenstand und Inhalte dieses Berichts .....	1
1.3	Die Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz.....	2
1.4	Das Konzept der geologischen Tiefenlagerung .....	4
1.5	Planungs- Prüfungs- und Bewilligungsverfahren .....	9
<b>2</b>	<b>Vergleich der vorgeschlagenen Tiefenlagerprojekte mit möglichen Alternativen</b> .....	<b>20</b>
2.1	Konzepte für die Entsorgung – Vergleich der geologischen Tiefenlagerung mit alternativen Lösungsansätzen.....	20
2.2	Auslagerung der Entsorgung (ganz oder teilweise) ins Ausland.....	23
2.3	Oberflächenlagerung von schwachaktiven Abfällen bis sie genügend abgeklungen sind (Abklinglagerung).....	24
2.4	Standortwahl und alternative Ansätze innerhalb des Konzeptes «geologische Tiefenlagerung»	25
2.5	Auswahl der Standortareale für die Oberflächenanlagen (OFA).....	32
<b>3</b>	<b>Beschreibung der geologischen Tiefenlager</b> .....	<b>37</b>
3.1	Überblick.....	37
3.2	Anlagen unter Tage (Hauptlager, Pilotlager, Testbereich) .....	40
3.3	Zugänge nach unter Tage .....	41
3.4	Oberflächenanlage (OFA) .....	42
3.5	Nebenzugangsanlagen, Erschliessung und weitere beanspruchte Flächen.....	52
3.6	Abläufe und Dauer von Realisierung, Betrieb und Verschluss .....	56
3.7	Verkehr und Transporte.....	60
<b>4</b>	<b>Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers auf Mensch und Umwelt</b> .....	<b>64</b>
4.1	Rahmenbedingungen für die Darstellung der Auswirkungen .....	64
4.2	Vorläufige Einordnung der Auswirkungen .....	68
4.3	Auswirkungen durch ionisierende Strahlung .....	69
4.4	Konventionelle Auswirkungen auf Mensch und Umwelt.....	90
4.5	Überblick über die voraussichtlich erheblichen Auswirkungen .....	188
4.6	Mögliche Wechselwirkungen zwischen radiologischen und konventionellen Auswirkungen.....	190
4.7	Auswirkungen auf Gebiete in Deutschland .....	191
4.8	Überwachung der Auswirkungen (Monitoring) .....	193
	<b>Quellen und Literatur</b> .....	<b>197</b>

# Abkürzungsverzeichnis

Agneb	Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung	MIF	Medizin, Industrie und Forschung
AdK	Ausschuss der Kantone	mSv	Millisievert
AltIV	Altlastenverordnung	NADAM	Netz für automatische Dosisalarmierung und -messung
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung	Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
ATA	Alphatoxische Abfälle	NAB	Arbeitsbericht der Nagra
BAFU	Bundesamt für Umwelt	NIS	nichtionisierende Strahlung
BAG	Bundesamt für Gesundheit	NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
BE	Brennelemente	NL	Nördlich Lägern
BFE	Bundesamt für Energie	NTB	Technischer Bericht der Nagra
BLN	Bundesinventar der Landschaften von nationaler Bedeutung	NZA	Nebenzuganganlage
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (D)	OFA	Oberflächenanlage
BV	Bundesverfassung	PSI	Paul Scherrer Institut
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr	RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
EKRA	Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle	RK	Regionalkonferenz
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat	RPG	Raumplanungsgesetz
ESchT	Expertengruppe Schweizer Tiefenlager (D)	RPV	Raumplanungsverordnung
EUU	Erdwissenschaftliche Untersuchungen unter Tage	SGT	Sachplan geologische Tiefenlager
FG OFA	Fachgruppe Oberflächenanlagen	SKA	Schachtkopfanlage
FG SÖW	Fachgruppe Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie	SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle
FFF	Fruchtfolgeflächen	SÖW	Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie
FKS	Fachkoordination Standortkantone	SR	Systematische Rechtssammlung
GSchG	Gewässerschutzgesetz	SR	Südranden
GTL	geologisches Tiefenlager	StFV	Störfallverordnung
HAA	hochaktive Abfälle	StSG	Strahlenschutzgesetz
HSK	Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (heute: ENSI)	StSV	Strahlenschutzverordnung
IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation	TFS	Technisches Forum Sicherheit
IGW	Immissionsgrenzwert	USG	Umweltschutzgesetz
JO	Jura Ost	UVEK	Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
JS	Jura-Südfuss	UVB	Umweltverträglichkeitsbericht
KEG	Kernenergiegesetz	UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
KEV	Kernenergieverordnung	UVPV	Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung
KES	Kantonale Expertengruppe Sicherheit	UVP-VU	UVP-Voruntersuchung
KKW	Kernkraftwerk	VBBo	Verordnung über Belastungen des Bodens
KNS	Kommission für nukleare Sicherheit	WLB	Wellenberg
LMA	langlebige mittelaktive Abfälle	ZNO	Zürich Nordost
MADUK	Messnetz zur automatischen Dosisleistungsüberwachung in der Umgebung der Kernkraftwerke	Zwilag	Zwischenlager Würenlingen AG

# 1 Einleitung

## 1.1 Vorgeschichte

Verschiedene deutsche Behörden und die vom deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) eingesetzte Expertengruppe Schweizer Tiefenlager (ESchT) haben von der Schweiz wiederholt gewünscht, für die Anhörung der Ergebnisse der Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) eine zusammenfassende Gesamtdarstellung der Tiefenlager-Projekte und aller davon ausgehender Auswirkungen auf Mensch und Umwelt vorzulegen.<sup>1</sup> Eine solche Übersicht halten sie für notwendig, weil das schweizerische Recht<sup>2</sup> die getrennte Behandlung der radiologischen und der konventionellen Auswirkungen vorsieht. Damit sind die für die Einschätzung der gesamten Auswirkungen nötigen Informationen zwar vorhanden, sie sind aber über zahlreiche, teilweise sehr verschiedenartige Dokumente verteilt.

In Anlehnung an die Vorgaben der Espoo-Konvention<sup>3</sup> wurde in den Stellungnahmen aus Deutschland auch verlangt, die geprüften Alternativen zu den vorliegenden Vorschlägen aufzuzeigen.

Das BFE hat deshalb beschlossen, einen *zusammenfassenden Bericht über die Auswirkungen geologischer Tiefenlager auf Mensch und Umwelt* zu erarbeiten, welcher eine Synthese der bekannten Informationen gemäss heutigem Kenntnis- und Verfahrensstand in Etappe 2 des Sachplanverfahrens bieten soll. Dieser Bericht soll einerseits den Forderungen aus Deutschland so weit als möglich und verhältnismässig entgegenkommen, andererseits aber auch den Teilnehmenden an der Vernehmlassung aus der Schweiz einen besseren Überblick über die vorliegenden Erkenntnisse ermöglichen.

## 1.2 Ziel, Stellenwert, Gegenstand und Inhalte dieses Berichts

### *Ziel und Stellenwert*

Der vorliegende Bericht soll der interessierten Öffentlichkeit in der Schweiz und Deutschland ermöglichen, sich einen Überblick über die möglichen konventionellen und radiologischen Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers (GTL) auf Mensch und Umwelt zu machen. Er dient als zusätzliche Lese- und Orientierungshilfe zu den Dokumenten, welche Gegenstand der Vernehmlassung der Ergebnisse von Etappe 2 SGT sind,<sup>4</sup> er kann und soll diese aber nicht ersetzen.

### *Gegenstand*

Gegenstand dieses Berichts sind die Auswirkungen von Bau und Betrieb eines GTL und aller dazu gehörenden Oberflächeninfrastrukturen und Erschliessungsanlagen. Nicht Gegenstand sind die Auswirkungen der Behandlung und Verpackung der radioaktiven Abfälle bei den Erzeugern und im den Zwischenlagern, der Abkling- und Zwischenlagerung sowie der Stilllegung der Kernkraftwerke (Abb. 1).

<sup>1</sup> Namentlich in der Stellungnahme der ESchT zu den Planungsstudien der Nagra für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers vom 22. Juli 2014 ([www.escht.de/downloads/escht-stellungnahme-planungsstudien-140722.pdf](http://www.escht.de/downloads/escht-stellungnahme-planungsstudien-140722.pdf)) und in einem Schreiben des BMUB vom 27. April 2015.

<sup>2</sup> Umweltschutzgesetz (USG, SR 814.01) bzw. Kernenergiegesetz (KEG, SR 732.1)

<sup>3</sup> Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen (Übereinkommen von Espoo). SR 0.814.06. Das Übereinkommen ist für den derzeitigen Verfahrensstand nicht anwendbar. Es gilt erst für die UVP-Hauptuntersuchung in Etappe 3.

<sup>4</sup> Der «Erläuterungsbericht für die Vernehmlassung zu Etappe 2» (BFE, 2017) enthält eine vollständige kommentierte Liste der Hauptdokumente, welche Gegenstand der Vernehmlassung sind, und der weiteren im Rahmen der Vernehmlassung aufgelegten Dokumente. Sämtliche Dokumente können von [www.bfe.admin.ch/vernehmlassung/etappe2](http://www.bfe.admin.ch/vernehmlassung/etappe2) heruntergeladen werden.

Nicht Gegenstand des Berichts sind auch die möglichen Auswirkungen eines GTL auf Wirtschaft und Gesellschaft der Standortregion – diese wurden und werden in anderen Studien und Berichten untersucht.<sup>5</sup>

### **Inhalte des Berichts**

Der Bericht besteht vorwiegend aus Inhalten, welche bereits in anderen Grundlagen und Dokumenten enthalten sind. Er fasst diese Inhalte zusammen und verweist auf die entsprechenden Quellen: Dies sind namentlich die einschlägigen Rechtsgrundlagen, die Dokumente des Sachplanverfahrens, Richtlinien und weitere Dokumente des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI), Berichte und Broschüren der Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle)<sup>6</sup> und des BFE. Die vorliegende Zusammenfassung wurde mit grosser Sorgfalt verfasst, bei Unklarheiten gelten im Zweifelsfall jedoch die Originaldokumente.

Auswirkungen, für welche voraussichtliche keine grösseren Unterschiede zwischen den verschiedenen Standorten oder Lagertypen zu erwarten sind, werden generisch (also nicht spezifisch pro Standort) dargestellt. Grundsätzlich werden die Auswirkungen des grösstmöglichen Tiefenlagers (Kombilager für alle Abfallkategorien) beschrieben; falls die Auswirkungen eines kleineren Lagertyps wesentlich davon abweichen würden, ist dies jeweils vermerkt.

Die konkreten Auswirkungen auf die zur weiteren Untersuchung in Etappe 3 vorgesehenen Standortregionen werden nur dort aufgezeigt, wo dies aufgrund des Kenntnisstandes in dieser frühen Projektphase sinnvoll und möglich ist.

Der Bericht ist wie folgt strukturiert:

- In Kapitel 2 werden alternative Lösungsansätze und Standorte, welche auf dem Weg zu den heute vorliegenden Vorschlägen geprüft wurden oder noch werden, aufgezeigt.
- Kapitel 3 beschreibt Bau und Betrieb der Anlagen eines GTL in genereller Form und konkret für die Standortregionen Jura Ost (JO), Nördlich Lägern (NL) und Zürich Nordost (ZNO).
- Den Schwerpunkt des Berichts bildet das Kapitel 4, in welchem die möglichen Auswirkungen der vorgeschlagenen GTL generell sowie – so weit möglich – konkret in den Standortregionen JO, NL und ZNO dargestellt und eingeordnet werden. Zusätzlich werden die möglichen Auswirkungen auf deutschem Gebiet in einem eigenen Kapitel zusammengefasst und es werden mögliche Wechselwirkungen zwischen den radiologischen und den konventionellen Auswirkungen erwogen.
- Um zu überprüfen, ob und in welchem Umfang die im Rahmen der Bewilligungsverfahren prognostizierten Auswirkungen effektiv eintreten, ist ein Monitoring vorgesehen. Kapitel 4.8 enthält einen kurzen Ausblick dazu.

## **1.3 Die Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz**

Radioaktive Abfälle entstehen grösstenteils aus der Stromproduktion in den fünf schweizerischen Kernkraftwerken. Daneben fallen sie aus Anwendungen in Medizin, Industrie und Forschung (sog. MIF-Abfälle) an. Jährlich werden in der Schweiz wenige 100 m<sup>3</sup> radioaktive Abfälle verursacht. Hinzu kommen nach Ende der Betriebszeit Abfälle aus dem Rückbau der Kernkraftwerke und der Forschungsanlagen. Das gesamte Volumen der in Endlagerbehälter verpackten Abfälle wird sich gemäss Entsorgungsprogramm 2016 je nach Szenario<sup>7</sup> auf ca. 81 000 bis 92 000 m<sup>3</sup> belaufen (ca. 72 000–

---

<sup>5</sup> Namentlich in der Sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudie SÖW, welche 2014 veröffentlicht wurde. Für die Etappe 3 des Sachplanverfahrens sind ein Monitoring und vertiefte Untersuchungen von Wirtschaft und Gesellschaft vorgesehen.

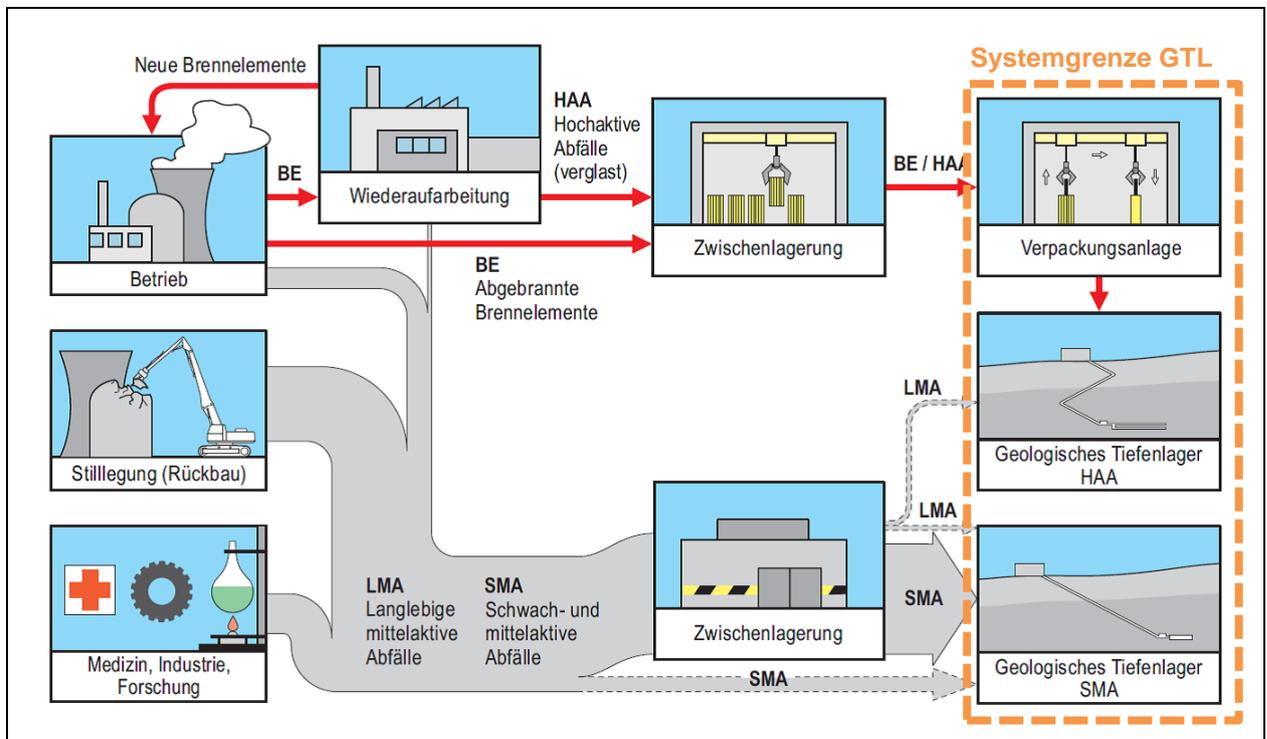
<sup>6</sup> Einige der verwendeten Nagra-Dokumente sind noch nicht oder noch nicht abschliessend durch das ENSI geprüft

<sup>7</sup> NAGRA NTB 16-01, Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Alle Werte sind gerundet. Das Szenario mit der kleinsten Abfallmenge ist jenes für 50 Jahre Betrieb der KKW (47 Jahre für Mühleberg) und den Freigrenzen gemäss aktueller Strahlenschutzverordnung (StSV).

82 000 m<sup>3</sup> schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA), ca. 1050 m<sup>3</sup> alphanotoxische Abfälle (ATA)<sup>8</sup> sowie ca. 7500–9400 m<sup>3</sup> hochaktive Abfälle (HAA)<sup>9</sup>.

Nicht abgeschirmte und geschützte Radioaktive Abfälle sind für Mensch und Umwelt eine grosse Gefahr (vgl. Kap. 4.3.1 und 4.3.4). Deshalb müssen sie so entsorgt werden, dass der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist; beginnend mit der Entstehung der radioaktiven Abfälle über ihre Behandlung (Verfestigung, Verpackung) und Zwischenlagerung bis zur Entsorgung in einem geologischen Tiefenlager. Um dies sicherzustellen, muss die von den radioaktiven Abfällen ausgehende Strahlung abgeschirmt werden. Die Abfälle müssen dauerhaft vom Lebensraum ferngehalten werden, damit die radioaktiven Stoffe nicht über die Nahrungskette in den menschlichen Körper gelangen können.

Radioaktive Stoffe zerfallen im Laufe der Zeit. Die Radioaktivität der HAA nimmt in den ersten hundert Jahren nach der Einlagerung in einem Tiefenlager auf etwa einen Zehntel und nach rund tausend Jahren auf etwa einen Hundertstel ab. Die Abfälle beinhalten auch sehr langlebige Radionuklide, daher müssen sie für sehr lange Zeiträume (SMA: 100 000 Jahre, HAA: 1 Mio. Jahre) vom menschlichen Lebensraum ferngehalten werden, bis die Radioaktivität durch Zerfall genügend abgeklungen ist.



**Abb. 1** Modellhaftes Mengenflussdiagramm aller in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle, deren Behandlung, Zwischenlagerung und geologische Tiefenlagerung: Ein SMA-Lager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) und ein HAA-Lager (inkl. Verpackungsanlage) für die abgebrannten Brennelemente (BE) und die hochaktiven Abfälle (HAA). Die langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA)<sup>10</sup>, werden entweder im HAA- oder im SMA-Lager eingelagert (Abbildung angepasst aus NAGRA NTB 16-01).

Das Szenario mit der grössten Abfallmenge ist jenes für 60 Jahre Betrieb der KKW (47 Jahre für Mühleberg) und den absehbaren neuen Freigrenzen nach der Revision der StSV.

<sup>8</sup> Abfälle mit einem hohen Anteil an Alphastrahlern (mehr als 20 000 Becquerel/g konditionierter Abfall); Diese können je nach Lagerkonzept sowohl mit den SMA als auch mit den HAA eingelagert werden.

<sup>9</sup> Abgebrannte Brennelemente (BE) aus Kernkraftwerken und verglaste hochaktive Abfälle (HAA) aus der BE-Wiederaufbereitung.

<sup>10</sup> Als LMA wird derjenige Anteil von ATA und SMA bezeichnet, der im Vergleich zu den übrigen ATA und SMA erhöhte sicherheitstechnische Anforderungen an die geologischen Barrieren stellt.

## 1.4 Das Konzept der geologischen Tiefenlagerung<sup>11</sup>

Das in der Schweiz verfolgte Konzept der geologischen Tiefenlagerung geht auf eine Empfehlung der Expertengruppe Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle (EKRA) zurück. Diese Expertengruppe wurde 1999 vom Vorsteher des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Energie, Verkehr und Kommunikation (UVEK) eingesetzt.

Nach einem Vergleich verschiedener Lagerkonzepte und der Prüfung von weiteren Alternativen kam die EKRA zum Schluss, dass einzig die physische Trennung der radioaktiven Abfälle vom menschlichen Lebensraum durch deren Einschluss in tiefen geologischen Formationen den erforderlichen langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten kann. Sie schlug deshalb das Konzept einer «kontrollierten geologischen Langzeitlagerung» vor. Im Gegensatz zur herkömmlichen geologischen Endlagerung beinhaltet dieses Konzept ein Pilotlager, in welchem zuerst ein repräsentativer Teil der Abfälle eingelagert und überwacht wird (Prinzip der Überwachbarkeit), und eine längere Beobachtungsphase vor dem endgültigen Verschluss, während der die Abfälle ohne grösseren Aufwand zurückgeholt werden können (Prinzip der Rückholbarkeit). Das EKRA-Konzept wurde 2003 vom Parlament als «geologische Tiefenlagerung» in das neue Kernenergiegesetz (KEG) aufgenommen.

Der Bundesrat hat das Konzept der geologischen Tiefenlagerung in der Kernenergieverordnung (KEV)<sup>12</sup> weiter präzisiert. Demnach bestehen GTL aus dem Hauptlager zur Aufnahme der radioaktiven Abfälle, aus dem Pilotlager und aus Testbereichen.

In den Testbereichen sind die sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises standortspezifisch vertieft abzuklären. Vor Inbetriebnahme des Tiefenlagers sind die sicherheitsrelevanten Techniken (z. B. die Technik zur Rückholung von Abfallgebänden) zu erproben und deren Funktionstüchtigkeit nachzuweisen.

Das Pilotlager dient der Langzeitüberwachung. Im Pilotlager wird das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase überwacht. Bei der Überwachung sind im Hinblick auf den Verschluss Daten zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises zu ermitteln. Ziel ist es, dass allfällige ungünstige Entwicklungen frühzeitig erkannt und die notwendigen Massnahmen ergriffen werden können.

Wegen der Verschiedenartigkeit der Abfälle und ihrer spezifischen Eigenschaften geht das schweizerische Entsorgungskonzept in Übereinstimmung mit der internationalen Praxis von zwei GTL aus: eines für schwach- und mittelaktive Abfälle (*SMA-Lager*) und eines für abgebrannte Brennelemente sowie verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (*HAA-Lager*). SMA- und HAA Lager unterscheiden sich hinsichtlich den sicherheitstechnischen Anforderungen an die Geologie möglicher Tiefenlager-Standorte sowie hinsichtlich der Auslegung des Lagers (Auslegungskonzepte für den Bau, den Betrieb und den Verschluss der benötigten Anlagen).

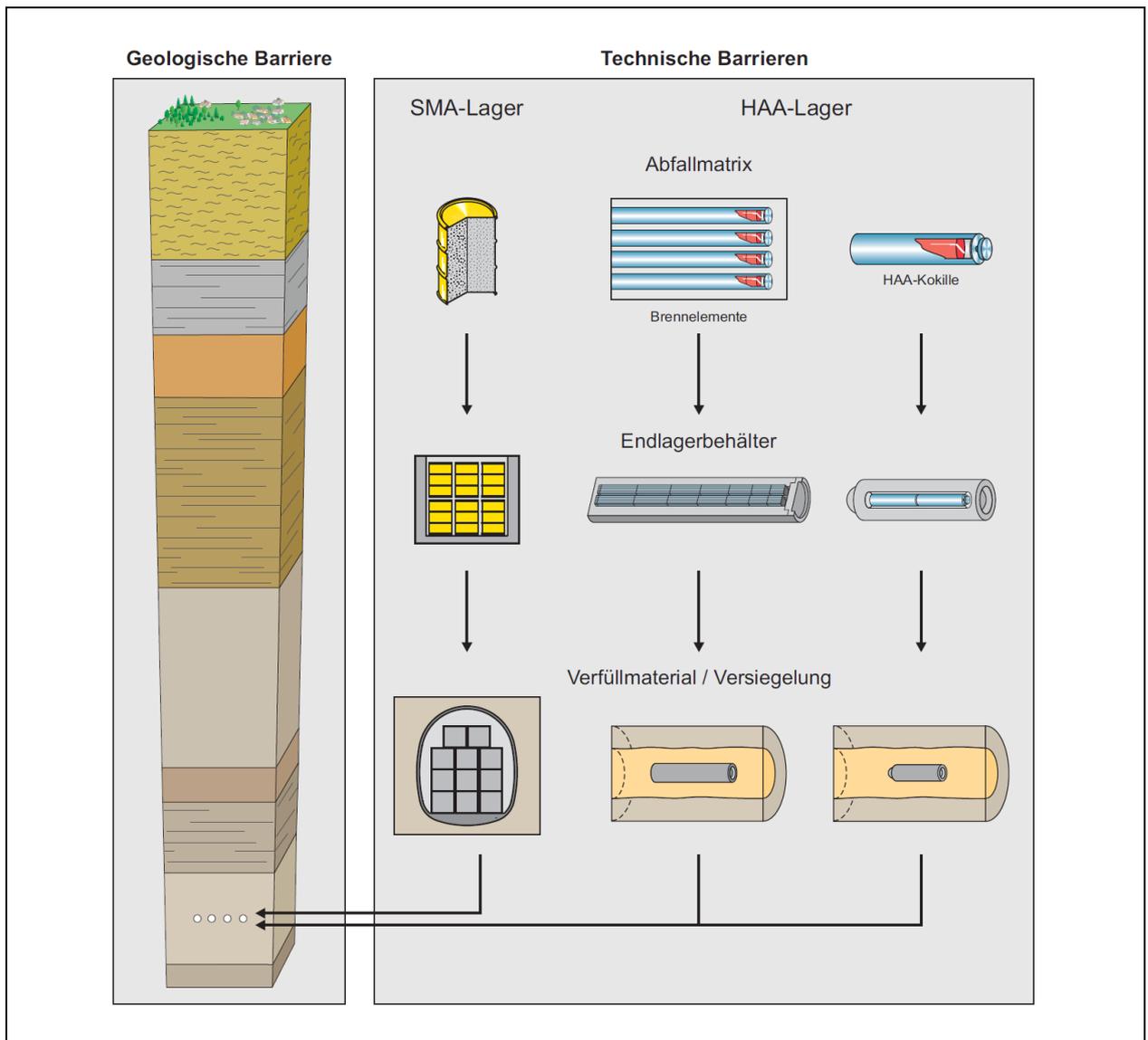
Es ist möglich, dass sowohl das HAA-Lager als auch das SMA-Lager im gleichen Standortgebiet zu liegen kommen. Für diese Möglichkeit wird in der Schweiz der Begriff *Kombilager* verwendet.

---

<sup>11</sup> Wesentliche Teile dieses Kapitels stammen aus dem Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen (NTB 16-01).

<sup>12</sup> Kernenergieverordnung (KEV); SR 732.11; Art. 64 ff

## Sicherheitskonzept



**Abb. 2** Sicherheitskonzept mit gestaffelten passiven Sicherheitsbarrieren (aus: NTB 11-01).

Langfristig muss ein GTL passiv, d. h. ohne weiteres menschliches Zutun sicher sein. Die schweizerische Gesetzgebung verlangt für geologische Tiefenlager deshalb ein Sicherheitskonzept, welches den dauernden Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren gewährleistet (KEG Art. 3c). Passive Barrieren sind solche, für die keine Überwachung und Instandhaltung notwendig ist.

Dementsprechend wird ein Sicherheitskonzept mit mehreren verschiedenartigen, passiven und zeitlich sich ergänzenden Sicherheitsbarrieren verfolgt. Das schweizerische Multibarrierenkonzept enthält die Elemente Abfallmatrix/Hüllrohre, Abfallbehälter und Endlagerbehälter, Verfüllung/Versiegelung und geologische Barrieren. Der Geologie kommt eine wichtige Bedeutung zu; neben der Isolation der Abfälle vom menschlichen Lebensraum und der Gewährleistung der langfristigen Stabilität muss sie auch einen erheblichen Beitrag zur Barrierenwirkung (Radionuklidrückhaltung) erbringen. In Abb. 2 wird das Multibarrierenkonzept illustrativ dargestellt.

Die Funktionsweise der einzelnen Elemente des Barrierensystems beschreibt die Nagra im NTB 11-01:<sup>13</sup>

- Die BE und HAA sind langzeitbeständig, d. h. sie weisen kleine Korrosions- bzw. Auflösungsraten auf und tragen dadurch zur Radionuklid-Rückhaltung resp. zur langsamen Freisetzung bei.
- Die Endlagerbehälter stellen bei den BE und HAA den vollständigen Einschluss der Abfälle für mehrere tausend Jahre sicher.
- Das Verfüllmaterial zwischen den Endlagerbehältern und dem Wirtgestein verfügt über günstige Eigenschaften zur Radionuklid-Rückhaltung und stellt für die Langzeitstabilität der Endlagerbehälter ein günstiges chemisches Umfeld her.
- Die Verfüllung und Versiegelung der Bauwerke unter Tage erschweren den menschlichen Zutritt zu den Abfällen und stellen sicher, dass die Stollen mechanisch stabil bleiben. Sie unterbinden eine direkte hydraulische Verbindung zur Erdoberfläche und weisen günstige geochemische Eigenschaften auf, um Radionuklide zurückzuhalten.
- Geeignete Wirtgesteine tragen durch geringe Wasserführung, eine günstige Ausbildung des Porenraums und geeignete geochemische Bedingungen dazu bei, dass ein allfälliger Radionuklidtransport nur sehr langsam erfolgt.
- Ein geeignetes geologisches Umfeld zeichnet sich durch eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit von geologischen Ereignissen und Prozessen aus, welche die Langzeitstabilität des Barrierensystems innerhalb des zu betrachtenden Zeitraums beeinträchtigen können (z. B. Erdbeben, glaziale Tiefenerosion etc.). Günstig ist zudem, wenn keine Rohstoffe, deren Nutzung die Barrierenwirkung des Wirtgesteins signifikant beeinträchtigen würde, in besonderem Masse vorkommen. Damit verringert sich die Wahrscheinlichkeit für ein unbeabsichtigtes menschliches Eindringen.

### *Schrittweises Vorgehen*

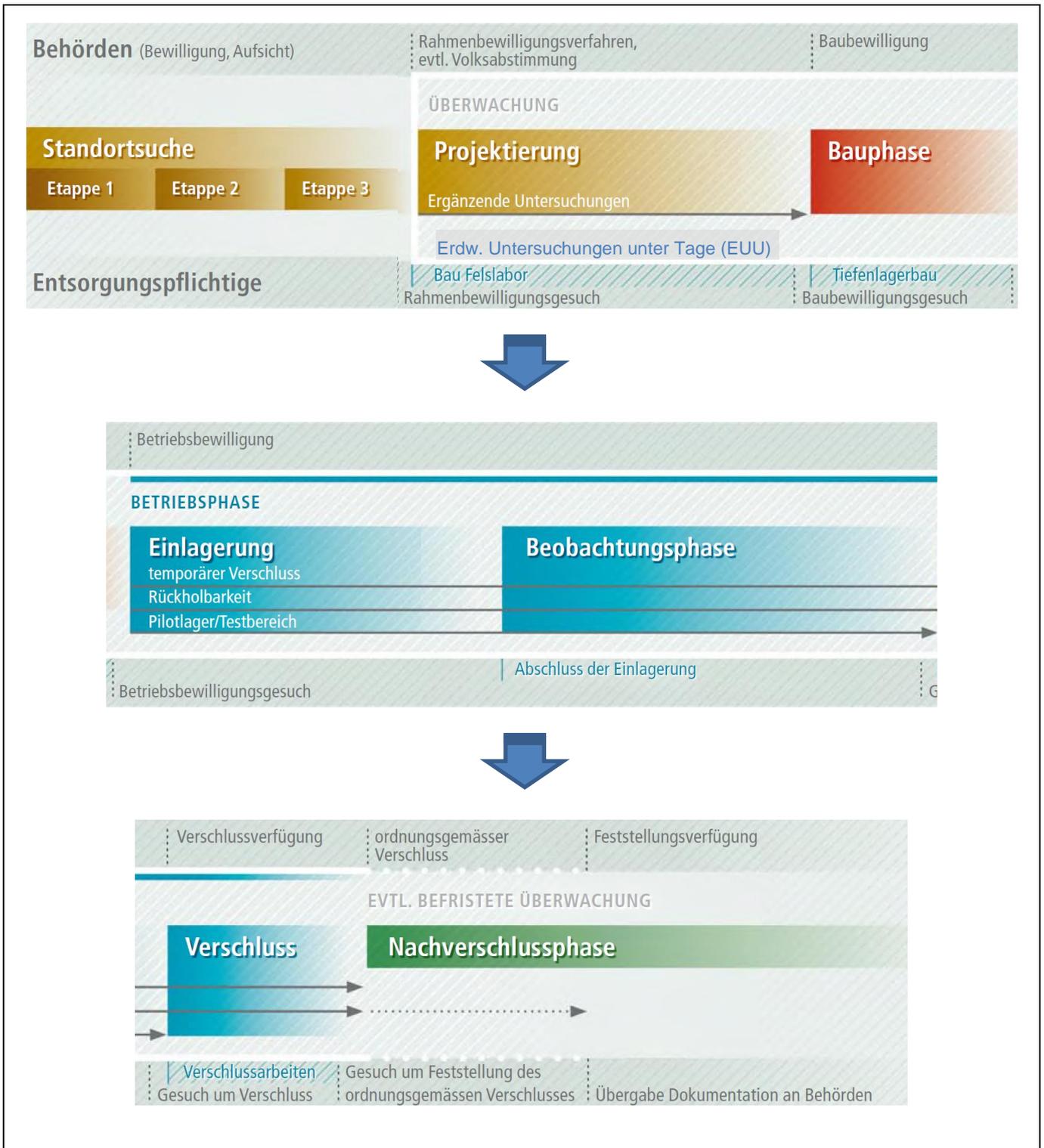
Abb. 3 zeigt die grobe zeitliche Gliederung der Abläufe bei Standortsuche, Planung, Bau, Betrieb und Verschluss eines GTL in der Schweiz.

International besteht Konsens, dass für die Realisierung von GTL ein schrittweises Vorgehen erforderlich ist. Die Erkenntnisse jedes einzelnen dieser Schritte sollen in die Planung und Umsetzung der nächsten Schritte einfließen. Gleichzeitig soll dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik Rechnung getragen werden.

In der Schweiz erfolgt bereits die Standortauswahl im Rahmen des Sachplans in drei Etappen, welche jeweils mit einem Beschluss des Bundesrates abgeschlossen werden. Zusammen mit der Standortfestsetzung am Ende von Etappe 3 wird eine Rahmenbewilligung erteilt. Falls die Eignung des vorgesehenen Standorts durch Erdwissenschaftliche Untersuchungen unter Tage (EUU; früher als «Felslabor» bezeichnet) bestätigt werden können, folgen schrittweise die nukleare Baubewilligung, später die Betriebsbewilligung und der Betrieb (vgl. nächstes Kapitel). Für jede Bewilligung muss ein umfangreiches Gesuch eingereicht werden, welches von den Bundesbehörden eingehend geprüft wird.

---

<sup>13</sup> Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung; Genereller Bericht. Nagra Technischer Bericht 11-01.

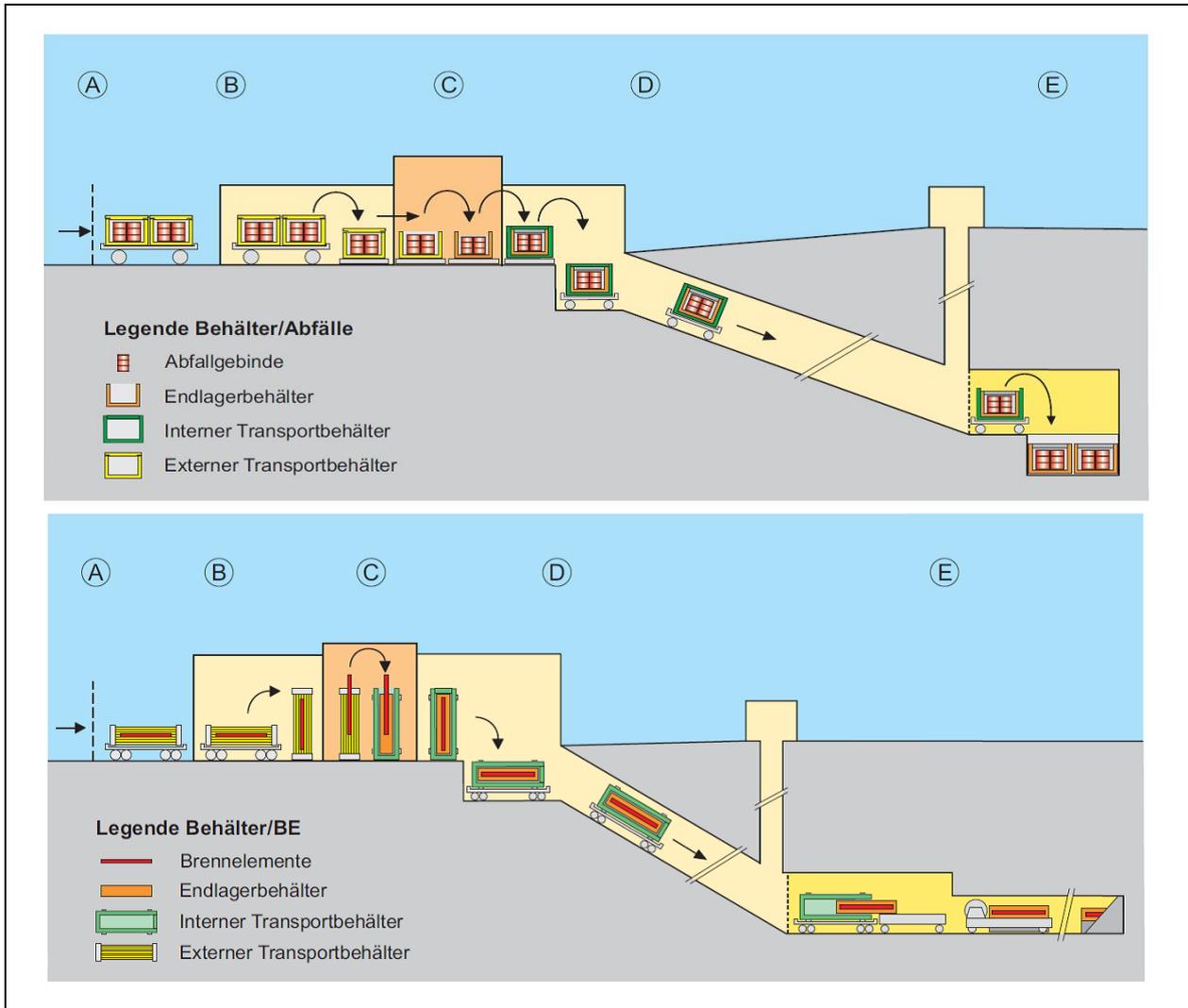


**Abb. 3** Vereinfachte schematische Darstellung der Abläufe bei Planung, Bau, Betrieb und Verschluss eines GTL (aus: Geologische Tiefenlager; Radioaktive Abfälle sicher entsorgen, ENSI, 2012).

Auch der Verschluss soll schrittweise erfolgen: Nach Abschluss des Einlagerungsbetriebs wird das Hauptlager verschlossen, und es folgt eine Beobachtungsphase – ein Zeitraum von derzeit noch nicht festgelegter Dauer, während dessen ein GTL überwacht wird. Während der ganzen Beobachtungsphase muss die Überwachung des verschlossenen Pilotlagers sichergestellt und die Rückholung der Abfälle ohne grossen Aufwand möglich sein. Erst danach kann die Gesamtanlage verschlossen werden – wenn aufgrund aller bis dahin gewonnenen Resultate und Erkenntnisse davon ausgegangen

werden kann, dass der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Beim Verschluss werden alle Tunnel und Schächte vollständig verfüllt und versiegelt, so dass die Abfälle nicht mehr zugänglich sind. Danach sorgen die passiven Barrieren für den Schutz von Mensch und Umwelt.

### Betriebsabläufe während der Einlagerungsphase



**Abb. 4** Schematische Darstellung des Betriebsablaufs im SMA- (oben) und im HAA-Lager (unten).<sup>14</sup>  
Aus NTB 11-01.

Der Betrieb eines GTL während der Einlagerungsphase umfasst im Wesentlichen folgende Funktionen, welche in Abb. 4 schematisch dargestellt sind:

(A) Anlieferung der endlagerfähigen Abfälle in Transportbehältern über das Verkehrsnetz und die lokale Erschliessungsinfrastruktur (Schiene, evtl. Strasse) zur Oberflächenanlage (OFA).

(B) Eingangskontrolle der angelieferten Abfälle.

<sup>14</sup> Die in Abb. 4 dargestellten Funktionen entsprechen einer Möglichkeit, wie die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben an die Tiefenlagerung umgesetzt werden können. Um die erforderliche Flexibilität zur Berücksichtigung möglicher zukünftiger Entwicklungen im Rahmen des Realisierungsplans für die Optimierung der Anlagen und Betriebsabläufe zu erhalten, werden bei der Projektierung verschiedene Varianten betrachtet (Optimierungsgebot).

(C) In der Verpackungsanlage: Umladen der Abfälle aus den externen Transportbehältern in Endlagerbehälter und deren Verschluss. Beladung in interne Transportbehälter

(D) Beladung des internen Transportfahrzeugs und Transport der internen Transportbehälter von der OFA über das Zugangsbauwerk zum Eingangsbereich der Lagerkammer. Dort Entnahme der Endlagerbehälter aus dem internen Transportbehälter und Umlad auf Einlagerungsgerät.

(E) Einlagerung der Endlagerbehälter und anschliessend Verfüllung des verbleibenden Hohlraums in der Lagerkammer mit Bentonit (HAA) oder Zement-basiertem Material (SMA).

Zuerst wird bei Betriebsaufnahme des Tiefenlagers eine repräsentative Auswahl von Abfällen in den Lagerkammern des Pilotlagers eingelagert und dieses verschlossen. Anschliessend folgt die Einlagerung in die Lagerkammern im Hauptlager. Sobald eine einzelne Lagerkammer vollständig befüllt ist, wird sie versiegelt. Das Pilotlager wird bis zum Verschluss der Gesamtanlage überwacht.

Der hier beschriebene beispielhafte Ablauf entspricht einer Variante, welche die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben erfüllt. Um auf mögliche künftige Entwicklungen und daraus entstehendem Optimierungsmöglichkeiten vorbereitet zu sein, werden für die Projektierung auch abweichende Varianten und Betriebsabläufe betrachtet.

## 1.5 Planungs- Prüfungs- und Bewilligungsverfahren

### 1.5.1 Rechtsgrundlagen

Im Bereich der Kernenergie verfügt der Bund aufgrund Artikel 91 der Bundesverfassung umfassende Gesetzgebungskompetenz. Er hat deshalb die friedliche Nutzung der Kernenergie im Kernenergiegesetz (KEG) geregelt. Artikel 4 Absatz 1 KEG legt als Grundsatz für die Nutzung der Kernenergie fest, dass Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen zu schützen sind.

Artikel 30 Absatz 3 KEG nimmt diesen Grundsatz für die radioaktiven Abfälle auf und legt fest, dass diese so entsorgt werden müssen, dass der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) – die Aufsichtsbehörde über die nukleare Sicherheit und Sicherung der Kernanlagen in der Schweiz – hat in der Richtlinie ENSI-G03 dieses Schutzziel konkretisiert und die Anforderungen und Schutzkriterien, welche ein GTL erfüllen muss, festgelegt.

Zuständig für die sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle sind die Betreiber der Kernanlagen (Art. 31 KEG). Sie werden deshalb als «die Entsorgungspflichtigen» bezeichnet. Um diese Aufgabe wahrnehmen zu können, haben die Betreiber der Kernkraftwerke (KKW) die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet.<sup>15</sup>

Planung, Bau, Betrieb, Stilllegung und Verschluss eines GTL müssen vom Bundesrat bzw. vom UVEK bewilligt werden (5. und 6. Kapitel KEG).

Mit dem KEG und mit dem Strahlenschutzgesetz (StSG)<sup>16</sup> liegen für die radiologischen Auswirkungen eines Tiefenlagers Spezialgesetze vor, welche einzuhalten sind. Es müssen aber auch die übrigen Bundesgesetze (u. a. zum Umweltschutz, Natur- und Heimatschutz und zur Raumplanung) befolgt werden.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> Auch der Bund, vertreten durch das Eidg. Departement des Innern, ist Genossenschafter der Nagra, weil er für alle Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung zuständig ist.

<sup>16</sup> Strahlenschutzgesetz (SR 814.50)

<sup>17</sup> Art. 13 Abs. 1 Bst. b und Art. 16 Abs. 1 Bst. c KEG

## 1.5.2 Sachplan geologische Tiefenlager (SGT)

Raumplanung ist grundsätzlich Sache der Kantone. Der Bund besitzt allerdings die Kompetenz, Sachpläne zu erlassen, um die ihm gemäss Bundesverfassung übertragen raumwirksamen Aufgaben wie z. B. im Bereich der Kernenergie erfüllen zu können. Gestützt auf Artikel 5 der Kernenergieverordnung (KEV)<sup>18</sup> legt der Bundesrat deshalb Ziele und Vorgaben für die Lagerung der radioaktiven Abfälle in geologischen Tiefenlagern im entsprechenden Sachplan geologische Tiefenlager (SGT) für die Behörden verbindlich fest.

Der SGT beschreibt in einem Konzeptteil die Verfahrensschritte (Etappen), die Kriterien und die Beteiligten mit ihren jeweiligen Aufgaben im Standortauswahlverfahren (Abb. 5). Der Konzeptteil wurde am 2. April 2008 vom Bundesrat verabschiedet.

Alle drei Etappen des SGT werden jeweils mit einem Bundesratsbeschluss und einem zugehörigem Ergebnisbericht abgeschlossen, welcher Objektblätter mit räumlich konkreten Festlegungen enthält.

### *Etappe 1*

Am 30. November 2011 hat der Bundesrat die erste Etappe des Sachplanverfahrens abgeschlossen. Er beschloss, die folgenden sechs von der Nagra vorgeschlagenen geologischen Standortgebiete in den Sachplan aufzunehmen:

- Jura Ost (JO; SMA- und HAA-Lager)
- Jura Südfuss (JS; SMA-Lager)
- Nördlich Lägern (NL; SMA- und HAA-Lager)
- Südranden (SR; SMA-Lager)
- Wellenberg (WLB; SMA-Lager)
- Zürich Nordost (ZNO; SMA- und HAA-Lager)

### *Etappe 2*

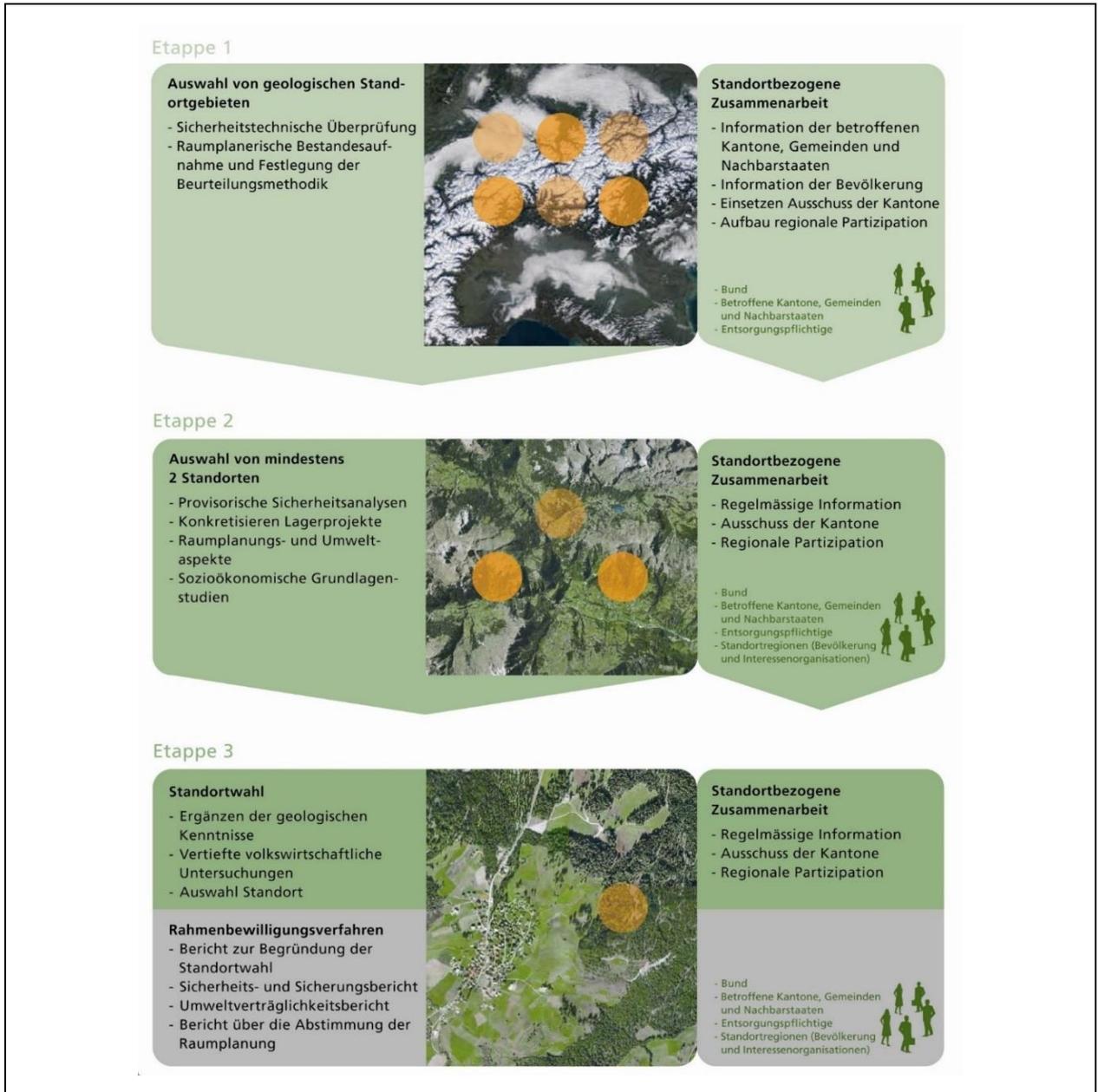
In der zweiten, derzeit laufenden Etappe, sind gemäss Vorgabe des Konzeptteils SGT die Lagerprojekte an allen sechs Standorten konkretisiert worden. Unter massgeblichem Einbezug der Kantone und Standortregionen wurden insbesondere Standortareale für Oberflächenanlagen gesucht und bezeichnet, und diese anschliessend einer umfassenden sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsanalyse (SÖW) unterzogen.

Gleichzeitig hat die Nagra die vom Konzeptteil SGT vorgegebenen provisorischen Sicherheitsanalysen für alle Standortgebiete sowie einen sicherheitstechnischen Vergleich und eine Gesamtbewertung durchgeführt, um mindestens je 2 Standortgebiete für ein SMA- bzw. ein HAA-Lager vorschlagen zu können («2x2-Vorschlag»). Die Nagra kam dabei zum Schluss, dass alle sechs Gebiete die vom Sachplan geforderten hohen geologischen und sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen, dass aber die Standortgebiete JO und ZNO günstigere Bedingungen aufweisen als die vier übrigen (vgl. Kap. 2.4.1). Sie schlug deshalb im Januar 2015 diese beiden Gebiete für weitere Untersuchungen in Etappe 3 vor. In beiden Fällen besteht auch das Potenzial, das SMA- und das HAA-Lager im selben Standortgebiet anzuordnen und damit ein Kombilager zu erstellen.

Das ENSI hat die von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebiete für Etappe 3 hinsichtlich ihrer Sicherheit und bautechnischen Machbarkeit überprüft (vgl. Kap. 2.4.1). In seinem Gutachten vom April 2017 bescheinigt es der Nagra grundsätzlich eine fachlich fundierte, umfassende und nachvollziehbare Analyse der geologischen Grundlagen, beurteilt aber die Zurückstellung des Standortgebiets NL als nicht robust genug begründet. Deshalb schlägt das ENSI dieses Standortgebiet zusätzlich für die weitere Untersuchung in Etappe 3 vor. Die Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) hat im Juni 2017 in zustimmendem Sinn zum Gutachten des ENSI Stellung genommen.

---

<sup>18</sup> Kernenergieverordnung (SR 732.11)

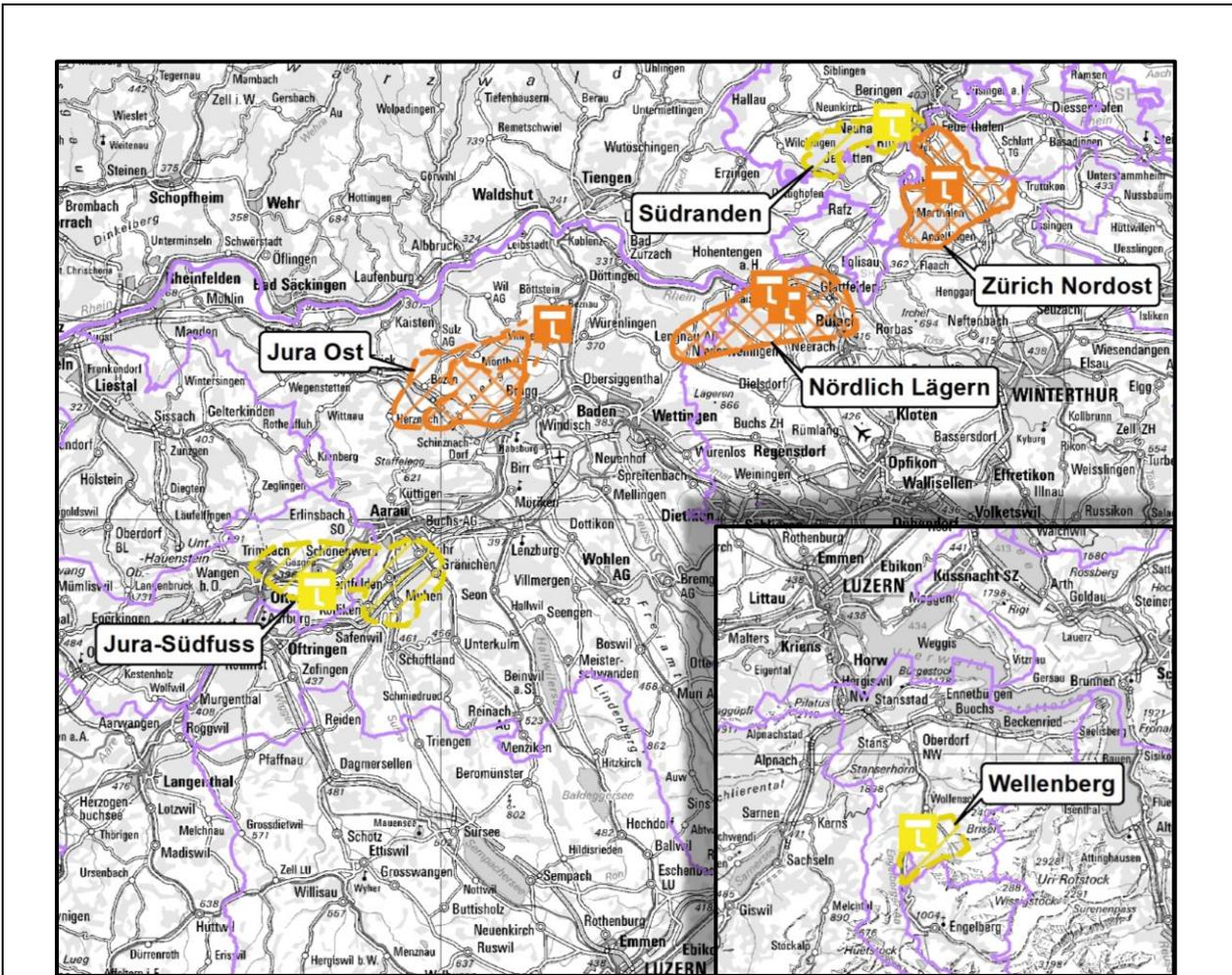


**Abb. 5** Auswahl von Standorten in 3 Etappen; Ablauf des Standortauswahlverfahrens (aus Konzeptteil SGT).

Basierend auf der behördlichen Überprüfung sowie den Stellungnahmen des Ausschusses der Kantone und der Regionalkonferenzen hat das BFE eine Gesamtbeurteilung der Vorschläge vorgenommen. Das Resultat dieser Gesamtbeurteilung ist im Entwurf des Ergebnisberichts<sup>19</sup> zu Etappe 2 festgehalten, welchen der Bundesrat am 22. November 2017 in die Vernehmlassung gegeben hat: In Etappe 3 sollen die geologischen Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost im Hinblick auf ein Tiefenlager sowohl für HAA als auch für SMA weiter untersucht werden.

Nach der Vernehmlassung und der allfälligen Überarbeitung des Ergebnisberichts zu Etappe 2 soll dieser durch den Bundesrat genehmigt und damit die Etappe 2 abgeschlossen werden.

<sup>19</sup> BFE, 2017,,: Sachplan geologische Tiefenlager, Ergebnisbericht zu Etappe 2: Festlegungen und Objektblätter, Entwurf vom 22. November 2017.



**Abb. 6** Übersichtskarte der drei zur weiteren Untersuchung in Etappe 3 vorgesehenen geologischen Standortgebiete (orange) und der drei zurückgestellten Reserveoptionen (gelb). Die quadratischen Symbole markieren die Lage der Standortareale für eine Oberflächenanlage (aus: BFE 2017, Ergebnisbericht zu Etappe 2).

### Etappe 3

In Etappe 3 wird die Nagra die geologischen Kenntnisse über die verbleibenden Standortgebiete, insbesondere mit 3D-Seismik-Messungen und Sondierbohrungen ergänzen, damit sie einen sicherheitstechnischen Vergleich aufgrund verifizierter standortbezogener Daten durchführen kann. Rund 3 Jahre nach Beginn der Etappe 3 wird sie ihre Auswahl des Standortes, für den sie ein Rahmenbewilligungsgesuch<sup>20</sup> erarbeiten will, bekannt geben. Für den vorgeschlagenen Standort erarbeitet die Nagra sodann ein Rahmenbewilligungsgesuch gemäss KEG. Das Rahmenbewilligungsverfahren (vgl. Kap. 1.5.3) wird parallel zu und koordiniert mit den Arbeiten im Rahmen des Sachplans durchgeführt. Zum Abschluss der Etappe 3 wird der Bundesrat über den Ergebnisbericht und über das Rahmenbewilligungsgesuch entscheiden.

<sup>20</sup> Im vorliegenden Bericht wird der Begriff des Rahmenbewilligungsgesuchs in der Einzahl verwendet. Entsprechend wird in diesem Zusammenhang auch nur von einem Standort gesprochen. Dies hat jedoch rein sprachliche Gründe und bedeutet keine Vorfestlegung auf ein Kombi-Lager, für welches nur ein Rahmenbewilligungsgesuch einzureichen wäre. Bei Lagern an zwei Standorten müsste pro Lagertyp (SMA und HAA) je ein Rahmenbewilligungsgesuch ausgearbeitet werden.

### ***Mitwirkung der Gemeinden und der Bevölkerung der Standortregionen (Regionale Partizipation)***

Die Gemeinden der Standortregionen befassen sich im Rahmen der regionalen Partizipation mit raumplanerischen und sozioökonomischen Belangen und vertreten die regionalen Interessen im Sachplanverfahren. Im Weiteren können die interessierte Bevölkerung sowie Interessenorganisationen, politische Parteien, Verbände usw. in jeder Etappe im Rahmen der Vernehmlassung zu den Vorschlägen, Gutachten und Schlussfolgerungen Stellung nehmen und sich im Rahmen der regionalen Partizipation einbringen.

Um die regionale Partizipation zu organisieren, haben die Gemeinden der Standortregionen zusammen mit dem BFE und mit Unterstützung der Standortkantone entsprechende Strukturen zur Integration der Anliegen der interessierten Bevölkerung, der Interessenorganisationen, politischen Parteien und Verbände aufgebaut. In fünf der sechs Standortregionen wurden bis im November 2011 sogenannte Regionalkonferenzen (RK) aufgebaut. In den vier grenznahen Regionen umfassen diese auch eine deutsche Beteiligung. In der Standortregion Wellenberg wurde im August 2012 die etwas kleiner dimensionierte «Plattform Wellenberg» gegründet. Die Vollversammlungen der RK wählten jeweils drei Fachgruppen für die Themen OFA, Sicherheit und SÖW, eine Leitungsgruppe sowie ein Präsidium. Insgesamt sind so ca. 550 Mitglieder in partizipativen Gremien beteiligt.

Die RK befassen sich mit folgenden Aspekten:

- Interessen und Bedürfnisse: Wie steht die Region zu einem Tiefenlager? Welche Anliegen und Fragen hat sie?
- Oberflächeninfrastruktur: Wohin sollen die Anlagen in der Region zu stehen kommen?
- Auswirkungen: Welche Projekte und Massnahmen können im Falle eines Tiefenlagers die nachhaltige Entwicklung der Region fördern?

Eine zentrale Aufgabe der RK in Etappe 2 waren die Diskussionen über die Standorte für die OFA. Die RK nahmen Abwägungen vor, wo eine solche Anlage für die Region am wenigsten Nachteile bzw. am meisten Vorteile mit sich brächte, falls ein Tiefenlager in ihrer Region zu stehen käme. Zu den ursprünglich 20 von der Nagra vorgeschlagenen Standortarealen kamen so durch intensive Diskussionen 14 weitere mögliche Areale hinzu. Nach rund zwei Jahren verabschiedeten alle sechs Standortregionen eine Empfehlung zur Wahl des Standortareals (vgl. Kap. 2.5), welche die Nagra dann als Grundlage für die Ausarbeitung ihrer Planungsstudien verwendet hat.

Die RK haben anschliessend die sozioökonomisch-ökologischen Untersuchungen dieser OFA-Standortvorschläge eng begleitet und die UVP-Voruntersuchungen dazu auf ihre Vollständigkeit überprüft. Zum Schluss erarbeitete und verabschiedete jede RK eine Gesamtstellungnahme zum Verfahren und den Ergebnissen von Etappe 2.

In Etappe 3 werden sich die RK der verbleibenden drei Standortregionen mit Massnahmen und Projekten für die regionale Entwicklung befassen, bei der Platzierung der Nebenzuganganlagen und der Konkretisierung/Ausgestaltung der OFA mitwirken und zum Schluss wiederum eine Gesamtstellungnahme zur Etappe 3 abgeben.

### ***Aufgaben, Rolle und Mitwirkungsmöglichkeiten der Kantone***

Die Standortkantone arbeiten mit dem Bund zusammen, unterstützen ihn bei der Durchführung des Auswahlverfahrens und koordinieren die Verfahren für die nötigen Anpassungen der kantonalen Richtpläne sowie die Zusammenarbeit mit den Gemeinden.

Der Ausschuss der Kantone (AdK) stellt die Zusammenarbeit zwischen den Regierungsvertretenden der Standortkantone sowie der betroffenen Nachbarkantone und Nachbarstaaten sicher, begleitet den Bund bei der Durchführung des Auswahlverfahrens und gibt zuhanden des Bundes Empfehlungen ab. Ein unabhängiges, von den Kantonen selbst bestimmtes Expertengremium (Kantonale Expertengruppe Sicherheit, KES) unterstützt und berät die Kantone zusätzlich bei der Beurteilung der sicherheitstechnischen Unterlagen und sicherheitsbezogener Fragen.

Die operativen Tätigkeiten der Standortkantone bezüglich Sicherheit, Raumplanung, Kommunikation und regionaler Partizipation werden in der Fachkoordination Standortkantone (FKS) besprochen und koordiniert. Die FKS bereitet auch die Sitzungen des AdK vor.

### **Rolle und Mitwirkungsmöglichkeiten betroffener Nachbarstaaten**

Die grenzüberschreitenden Mitwirkungsrechte beruhen auf Art. 18 der RPV, auf dem Gemeinsamen Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Joint Convention, SR 0.732.11), den bilateralen Vereinbarungen mit den Nachbarstaaten sowie auf der Espoo-Konvention.<sup>21</sup>

Die betroffenen Nachbarstaaten (nationale Ebene) wurden in Etappe 1 vom BFE über den Vorschlag der geologischen Standortgebiete informiert und zum Entwurf des Ergebnisberichts und der Objektblätter angehört.

In der laufenden zweiten Etappe erhalten sie im Rahmen der Vernehmlassung wiederum Gelegenheit zur Stellungnahme zum Entwurf des Ergebnisberichts und der aktualisierten Objektblätter. Sie wurden weiter eingeladen, zu den UVP-Voruntersuchungen Stellung zu nehmen.

Im Verlaufe der kommenden Etappe 3 werden die betroffenen Nachbarstaaten vom BFE erneut über den Standortvorschlag der Nagra informiert werden. Die Nachbarstaaten erhalten ferner im Rahmen der Vernehmlassung der Ergebnisse von Etappe 3 Gelegenheit, zu den Entwürfen von Ergebnisbericht und überarbeiteten Objektblättern des Sachplans Stellung zu nehmen.

Zusätzlich zur nationalen Ebene sind betroffene Gebietskörperschaften der Nachbarländer im AdK (betroffene Bundesländer resp. Landkreise) und in den Regionalkonferenzen (betroffene Gemeinden) vertreten und können so im Sachplanverfahren mitwirken.

### **1.5.3 Rahmenbewilligungsverfahren**

Für den Bau eines geologischen Tiefenlagers braucht es eine Rahmenbewilligung<sup>22</sup> des Bundesrates (Art. 12 ff und 42 ff KEG). Die Rahmenbewilligung legt grundlegende Aspekte fest, wie Standort und Zweck der Anlage, die Grundzüge des Projekts, die Kategorien des Lagerguts, die maximale Lagerkapazität sowie die maximal zulässige Strahlenexposition für Personen in der Umgebung der Anlage. Die Gesuchsunterlagen umfassen u. a. einen Sicherheits- und Sicherungsbericht, einen Umweltverträglichkeitsbericht (1. Stufe) und das Konzept für die Beobachtungsphase und den Verschluss.

Mit der Rahmenbewilligung legt der Bundesrat auch einen vorläufigen Schutzbereich fest. Dieser umfasst den Raum im Untergrund, in welchem Eingriffe die Sicherheit des GTL beeinträchtigen könnten. Solche Eingriffe benötigen eine Bewilligung des UVEK, welche nur dann erteilt wird, wenn das Vorhaben die langfristige Sicherheit des GTL nicht beeinträchtigen kann. Der vorläufige Schutzbereich muss von den Kantonen im Richt- und im Nutzungsplan sowie im Grundbuch eingetragen werden.<sup>23</sup>

Die vom Bundesrat erteilte Rahmenbewilligung muss vom Parlament genehmigt werden. Dieser Parlamentsbeschluss untersteht dem fakultativen Referendum. D. h., auf Verlangen von mindestens 50 000 Stimmbürgerinnen und -bürger, kann eine gesamtschweizerische Volksabstimmung über den Parlamentsentscheid erwirkt werden. Die Erteilung der Rahmenbewilligung ist ein grundsätzlicher und politischer Entscheid. Sie kann deshalb – anders als eine nachfolgende Baubewilligung für ein konkretes Tiefenlagerprojekt – nicht auf dem Rechtsweg angefochten werden.

---

<sup>21</sup> Vgl. die ausführliche Darstellung im Konzeptteil SGT, Anhang VI.

<sup>22</sup> Der Einfachheit halber sprechen wir in diesem Bericht von *einem* GTL, *einer* Bewilligung und *einem* Standort. Selbstverständlich braucht es für separate SMA- und HAA-Lager an zwei Standorten auch zwei Rahmenbewilligungen.

<sup>23</sup> Art. 14 Abs. 2 und Art. 40 KEG

Das KEG sieht in Artikel 44 ein Mitwirkungsrecht der Standortkantone vor: «Die Anliegen des Standortkantons und der in unmittelbarer Nähe liegenden Nachbarkantone und Nachbarländer sind zu berücksichtigen, soweit dies das Projekt nicht unverhältnismässig einschränkt.»

Die betroffenen Nachbarstaaten werden eingeladen, zum Rahmenbewilligungsgesuch und zu den dazu eingeholten Gutachten Stellung zu nehmen.

Nach heutigem Zeitplan wird eine rechtskräftige Rahmenbewilligung um das Jahr 2030 vorliegen.

#### 1.5.4 Baubewilligungsverfahren

Die Baubewilligung für ein GTL wird durch das UVEK erteilt.<sup>24</sup> Eine kantonale Bewilligung ist nicht nötig. Kantonales Recht ist jedoch zu berücksichtigen, soweit es das Projekt nicht unverhältnismässig einschränkt.

Die Baubewilligung erfordert detaillierte Angaben zur Auslegung der Anlagen und Beurteilung der Sicherheit des GTL. Zudem muss u. a. ein Programm für qualitätssichernde Massnahmen für sämtliche Bauarbeiten sowie ein Notfallschutzkonzept, ein Umweltverträglichkeitsbericht (2. Stufe) und ein Plan für den Verschluss vorgelegt werden. Das ENSI erstellt dazu Richtlinien, welche Art, Inhalt, Darstellung und Anzahl der Gesuchsunterlagen regeln.

Das Baubewilligungsgesuch wird öffentlich aufgelegt und die betroffenen Kantone und Nachbarstaaten werden darüber informiert und dazu angehört. Gegen Baubewilligungen kann Einsprache erheben, wer im Sinne des Verwaltungsverfahrensgesetzes (VwVG)<sup>25</sup> betroffen ist, d. h. genügende Nähe zum Projekt hat. Eine betroffene Person kann Einsprache und Beschwerde einreichen, unabhängig von ihrem Wohnsitz (In- oder Ausland). Eine Baubewilligung kann vor Bundesverwaltungsgericht und Bundesgericht angefochten werden.

#### 1.5.5 Umweltverträglichkeitsprüfungen

Das Umweltschutzgesetz (USG)<sup>26</sup> fordert in Artikel 10a, dass bei Projekten, die die Umwelt erheblich belasten können, eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden muss. Gemäss der UVP-Verordnung (UVPV)<sup>27</sup> sind GTL einer zweistufigen UVP zu unterziehen. Die UVP 1. Stufe wird im Rahmenbewilligungsverfahren und die UVP 2. Stufe im Baubewilligungsverfahren durchgeführt.

Im Rahmen dieser UVP hat der Gesuchsteller jeweils stufengerecht nachzuweisen, dass das Vorhaben im Sinne der geltenden Gesetzgebung umweltverträglich realisiert werden kann. Dabei sind insbesondere das USG, das Gewässerschutzgesetz (GSchG)<sup>28</sup> sowie das Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG)<sup>29</sup> von Belang. Zu diesem Zweck muss der Gesuchsteller einen Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) vorlegen, welcher den Ausgangszustand, das Vorhaben einschliesslich vorgesehener Massnahmen zum Schutz der Umwelt sowie die voraussichtlich verbleibende Belastung der Umwelt darstellt.

Vor der Erarbeitung des UVB für die 1. Stufe wird in einer UVP-Voruntersuchung (UVP-VU) abgeklärt, welche Umweltbereiche vom GTL an diesen Standort überhaupt betroffen sein könnten (Relevanzmatrix), eine erste Abschätzung der möglichen Umweltauswirkungen vorgenommen und ein Pflichtenheft (PH) für den UVB der 1. Stufe festgelegt. Der UVB der 1. Stufe definiert dann seinerseits das PH für den UVB der 2. Stufe. Aufgrund der langen Zeiträume des Bewilligungsverfahrens erfolgt vor jeder

---

<sup>24</sup> Art. 15 ff und 49 ff KEG

<sup>25</sup> Bundesgesetz über das Verwaltungsverfahren (Verwaltungsverfahrensgesetz, VwVG, SR 172.021)

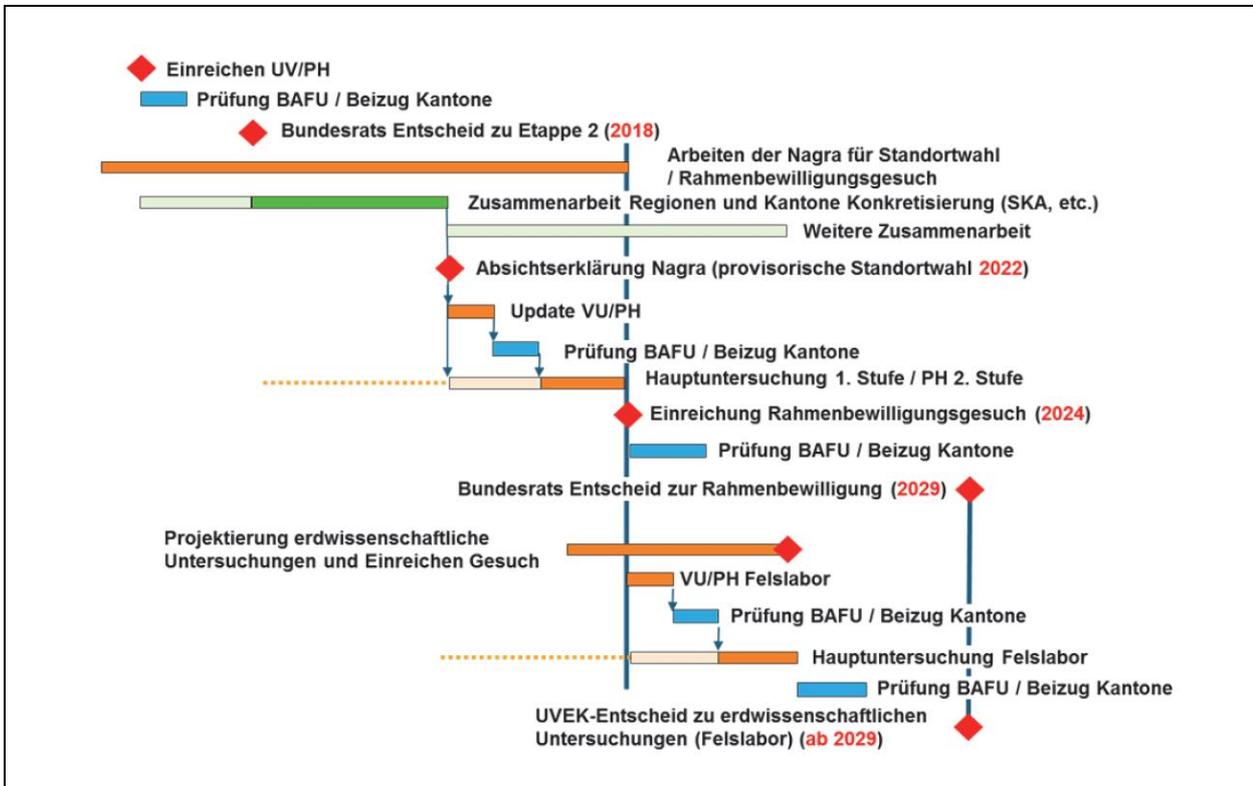
<sup>26</sup> Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG, SR 814.1)

<sup>27</sup> Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV, SR 814.011)

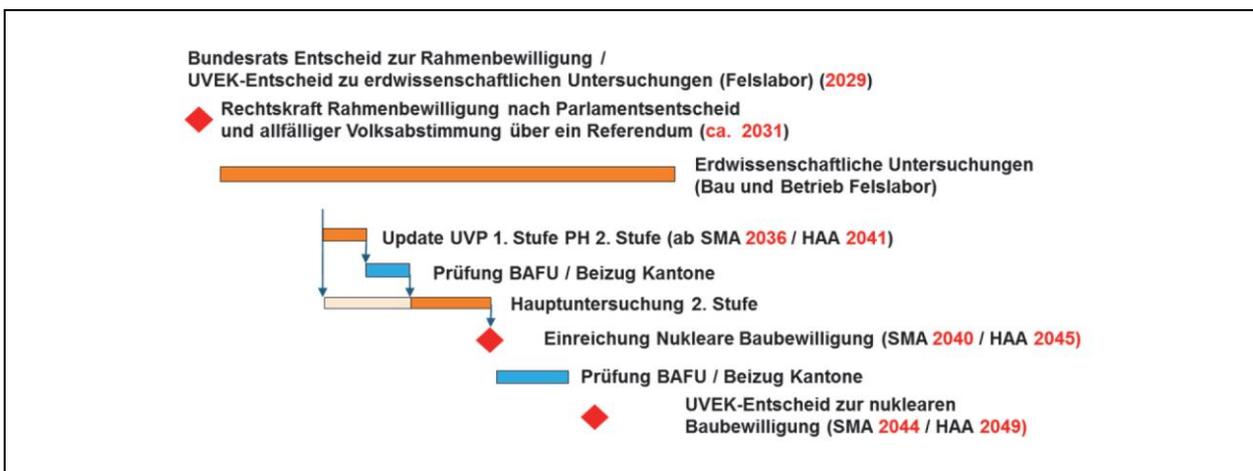
<sup>28</sup> Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG, SR 814.20)

<sup>29</sup> Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG, SR 451)

Stufe der UVP-Bearbeitung eine Aktualisierung des PH (Update), unter Berücksichtigung des neuesten Projektstandes und der allenfalls geänderten Gesetzeslage. So ist vorgesehen, dass die Nagra in Etappe 3 bei der Bekanntgabe des Standortes, für den sie eine Rahmenbewilligungsgesuch erarbeiten will, auch ein Update der entsprechenden UVP-Voruntersuchung einreichen wird. Eine Übersicht über das Zusammenspiel zwischen den verschiedenen Stufen der UVP mit dem Sachplan- und mit den Bewilligungsverfahren gemäss KEG ist in Abb. 7 und Abb. 8 dargestellt.



**Abb. 7** Übersicht über die Darstellung und Beurteilung der Umweltaspekte im Sachplan- und Rahmenbewilligungsverfahren, sowie Gesuch um untertägige erdwissenschaftliche Untersuchungen (Felslabor) mit groben Zeitangaben (Nagra, 2016: Übersichtsdokument zur UVP-Voruntersuchung in Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager).



**Abb. 8** Übersicht über die Darstellung und Beurteilung der Umweltaspekte im Baubewilligungsverfahren mit groben Zeitangaben (Nagra, 2016: Übersichtsdokument zur UVP-Voruntersuchung in Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager).

Wie vom Sachplan vorgegeben, hat die Nagra im Dezember 2014 zusammen mit dem 2x2-Vorschlag die UVP-VU für Jura Ost und Zürich Nordost beim BFE eingereicht. Im April 2016 hat die Nagra nachträglich auch noch die UVP-VU für Nördlich Lägern eingereicht.

Das BFE hat die UVP-VU den Standortkantonen, den angrenzenden Kantonen und den deutschen Behörden zur Stellungnahme unterbreitet. Die Darstellung des Ist-, bzw. des Ausgangszustandes in den UVP-VU liess es von den Standortregionen auf Vollständigkeit prüfen. Das BAFU hat in Kenntnis dieser Stellungnahmen eine Beurteilung der UVP-VU vorgenommen und verschiedene Anpassungen und Ergänzungen für die in Etappe 3 vorgesehene Aktualisierung der UVP-VU und der Pflichtenhefte für den UVB 1. Stufe beantragt.<sup>30</sup>

Aufgrund der langen Zeiträume des Bewilligungsverfahrens erfolgt vor jeder Stufe der UVP eine Aktualisierung des Pflichtenheftes (Update), unter Berücksichtigung des neuesten Projektstandes und allenfalls geänderter Gesetzeslage. Dieses Update wird jeweils beim BFE eingereicht und vom BAFU unter Einbezug der Kantone beurteilt.

Für den Schutz vor negativen Auswirkungen radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlen gelten die Strahlenschutz- und die Kernenergiegesetzgebung. Die nötigen Sicherheitsnachweise müssen mit jedem Gesuch erbracht werden und werden von den Behörden geprüft.

#### ***UVP im grenzüberschreitenden Rahmen (Espoo-Konvention)***

Die von der Schweiz ratifizierte Espoo-Konvention<sup>31</sup> verpflichtet ihre Mitgliedstaaten, die Nachbarländer und deren Bevölkerung bei Projekten, welche wahrscheinlich erhebliche grenzüberschreitende Umweltauswirkungen verursachen, gemäss einem klar definierten Mechanismus zu konsultieren. Sie gilt u. a. für alle Kernanlagen und damit auch für ein GTL.

Gemäss Espoo-Konvention muss jede Wirkung eines Vorhabens auf die Umwelt in der UVP behandelt werden. Explizit genannt werden dabei u. a. Auswirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit des Menschen – also z. B. auch die Auswirkungen radioaktiver Strahlung.

In den Schweizer Bewilligungsverfahren werden die radiologischen Auswirkungen eines GTL nicht in der UVP behandelt, sondern in den von der Kernenergiegesetzgebung verlangten Dokumenten (insbesondere im Sicherheitsbericht). Deshalb ist vorgesehen, für die Espoo-Anhörung der Nachbarländer jeweils einen Zusatzbericht zu verfassen, welcher die konventionellen und die radiologischen Umweltauswirkungen auf das Ausland darstellt.

Die laufende zweite Etappe des Sachplanverfahrens untersteht formell nicht der Espoo-Konvention – die gilt erst ab dem Rahmenbewilligungsverfahren, bzw. der UVP 1. Stufe. Trotzdem will das BFE mit der Veröffentlichung des vorliegenden Berichts, welcher sämtliche Auswirkungen eines GTL auf Mensch und Umwelt darstellen soll, bereits jetzt dem Geist des Übereinkommens Rechnung tragen.

### **1.5.6 Betriebsbewilligung**

Die Voraussetzungen für die Erteilung einer Betriebsbewilligung, deren Inhalt und die Pflichten eines Bewilligungsinhabers sind im KEG<sup>32</sup> festgehalten. Sie werden in der KEV präzisiert und im Detail in Richtlinien des ENSI geregelt.

Die Betriebsbewilligung kann erteilt werden, falls die während des Baus des GTL gewonnenen Erkenntnisse die Eignung eines Standortes bestätigen und aufgezeigt wurde, dass die Rückholung der

<sup>30</sup> Die Beurteilungen des BAFU zu den UVP-VU JO und ZNO sind auf der BFE-Webseite zugänglich: [www.radioaktiveabfalle.ch](http://www.radioaktiveabfalle.ch) » Medien » Medienmitteilungen » 22.3.2016. Die Stellungnahme des BAFU zu den UVP-VU für NL ist Teil der Vernehmlassungsunterlagen.

<sup>31</sup> Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung im grenzüberschreitenden Rahmen (Übereinkommen von Espoo, SR 0.814.06).

<sup>32</sup> Art. 19 ff, 37 und 61 KEG

radioaktiven Abfälle bis zu einem allfälligen Verschluss ohne grossen Aufwand möglich ist. Der Gesuchsteller muss zudem nachweisen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden kann, die Anlage und der vorgesehene Betrieb den Anforderungen der nuklearen Sicherheit und Sicherung entsprechen und die notwendigen Notfallschutzmassnahmen vorbereitet sind.<sup>33</sup>

Mit der Betriebsbewilligung wird auch der definitive Schutzbereich festgelegt. Er umfasst alle unter Tage gelegenen Teile des GTL inklusive der Zugänge, und insbesondere auch jene Gesteinsbereiche, welche für den Einschluss der radioaktiven Stoffe wirksam sind (Abb. 9). Die Vorschriften über die Bewilligung von Eingriffen durch das UVEK sowie entsprechenden Einträgen im Richt- und Nutzungsplan sowie im Grundbuch sind dieselben wie für den vorläufigen Schutzbereich (vgl. Kap. 1.5.3).<sup>34</sup>

Wie die Baubewilligung wird auch die Betriebsbewilligung durch das UVEK erteilt. Es ist keine kantonale Bewilligung nötig. Die Gesuchsunterlagen werden öffentlich aufgelegt und die Nachbarstaaten konsultiert. Gegen die Betriebsbewilligung kann Einsprache erhoben werden, wobei ein Weiterzug der Entscheide bis vor das Bundesgericht als oberstes Schweizer Gericht möglich ist.

### 1.5.7 Bewilligungsverfahren für Verfüllung, Beobachtungsphase und Verschluss

Verfüllung, Beobachtungsphase und Verschluss des GTL sind in Art. 39 KEG und Art. 67–71 KEV geregelt. Die Beobachtungsphase wird voraussichtlich erst in 60 Jahren beginnen. Der Entscheid über den Verschluss (und damit auch über die Dauer der Beobachtungsphase) soll künftigen Generationen überlassen werden. Damit besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass sich die Rechtslage in der Zwischenzeit noch ändern wird.

Ist die Einlagerung der radioaktiven Abfälle abgeschlossen, müssen die Lagerkammern so verfüllt werden, dass die Langzeitsicherheit gewährleistet und eine Rückholung der Abfälle ohne grossen Aufwand möglich ist. Spätestens auf diesen Zeitpunkt hin muss der Betreiber des GTL ein aktualisiertes Projekt für die Beobachtungsphase und ein Projekt für den allfälligen Verschluss vorlegen. Das UVEK legt daraufhin die Dauer der Beobachtungsphase fest und ordnet die Massnahmen für die Überwachung des GTL während dieser Zeit an. Der Zeitpunkt für den Gesamtverschluss des Tiefenlagers ist noch nicht festgelegt. Diese Entscheidung soll gestützt auf eine lange Beobachtungsphase künftigen Generationen überlassen werden. Für die vorliegende Betrachtung wurde angenommen, dass der Gesamtverschluss 50 Jahre nach dem Abschluss der Einlagerung erfolgt.

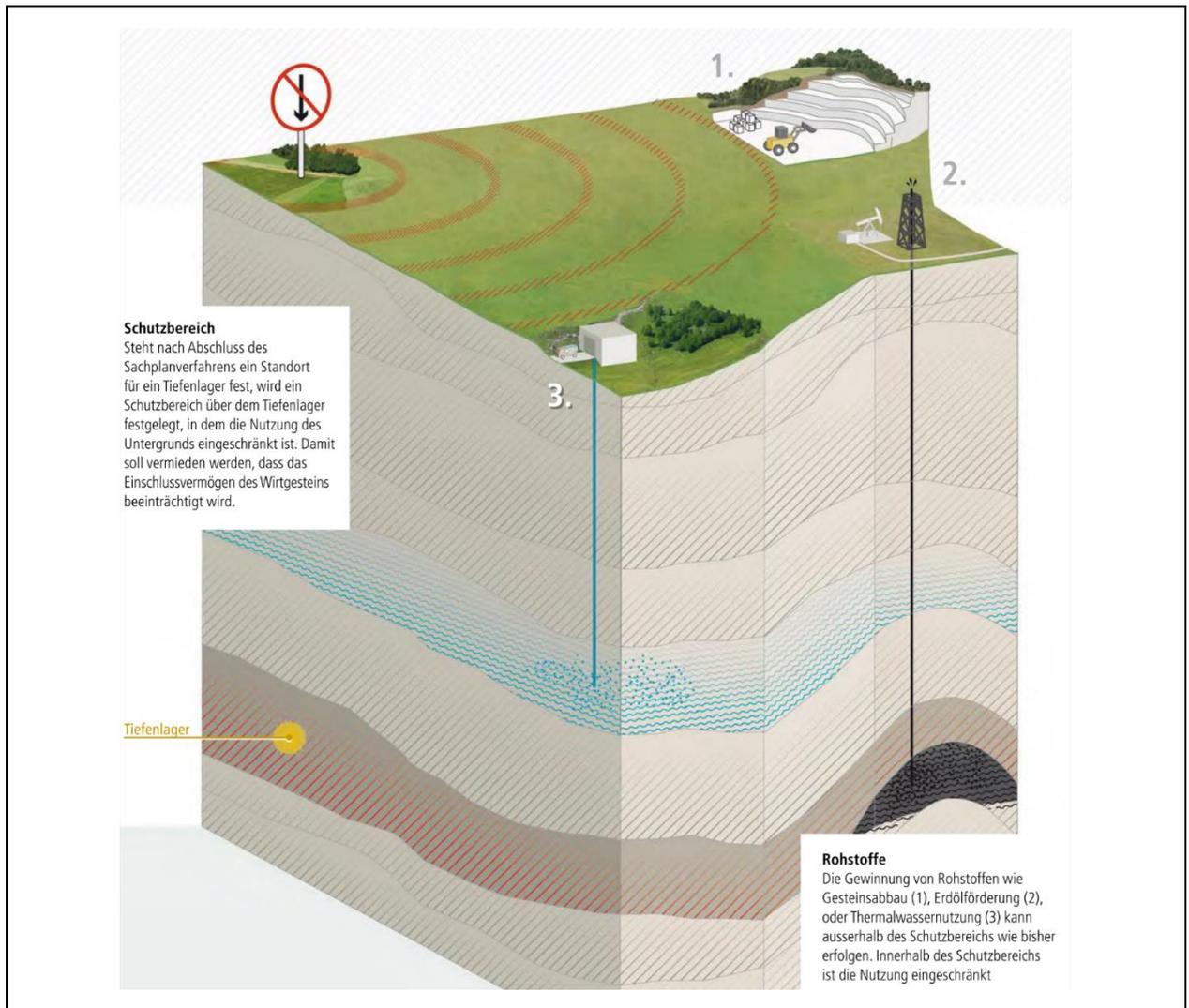
Nach Ablauf der Beobachtungsphase ordnet der Bundesrat die Verschlussarbeiten an, falls der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Dabei müssen alle noch offenen Teile des GTL verfüllt, die für die Langzeitsicherheit und die Sicherung massgebenden Teile versiegelt und das Lager mit einer dauerhaften Markierung gekennzeichnet werden. Nach dem Verschluss muss der Betreiber des GTL dem UVEK eine umfassende Dokumentation übergeben, welche den langfristigen Erhalt der Kenntnisse über das GTL sicherstellt.

Anschliessend stellt der Bundesrat fest, dass das Lager keine Kernanlage mehr ist. Der Bund kann weiter gehende Massnahmen wie etwa eine Fortsetzung der Umweltüberwachung nach diesem Zeitpunkt anordnen.

---

<sup>33</sup> Art. 20 KEG

<sup>34</sup> Art. 37 und 40 KEG; Art. 70 KEV



**Abb. 9** Schutzbereich eines geologischen Tiefenlagers  
Aus: Geologische Tiefenlager; Radioaktive Abfälle sicher entsorgen, ENSI, 2012.

## 2 Vergleich der vorgeschlagenen Tiefenlagerprojekte mit möglichen Alternativen

Weltweit ist anerkannt, dass für HAA und LMA nur die Lagerung in tiefen, geologisch stabilen Schichten die Sicherheit über die notwendigen langen Zeiträumen gewährleisten kann. Die Entsorgung dieser Abfälle soll deshalb in praktisch allen Ländern in geologischen Tiefenlagern erfolgen.<sup>35</sup> Das Schweizer Konzept der geologischen Tiefenlagerung wurde in Kapitel 1.4 bereits beschrieben. Nachfolgend werden konzeptionelle, zeitliche und politische Alternativen für die Entsorgung radioaktiver Abfälle kurz vorgestellt und ihre möglichen Umweltauswirkungen grob umrissen.

Auch innerhalb der Suche nach einem Standort für ein geologisches Tiefenlager in der Schweiz wurden verschiedene Alternativen und Optionen für Wirtgesteine, Standortgebiete sowie Standortareale für die OFA evaluiert. Ein Abriss der geprüften Alternativen ist in den Kapiteln 2.4 und 2.5 wiedergegeben.

### 2.1 Konzepte für die Entsorgung – Vergleich der geologischen Tiefenlagerung mit alternativen Lösungsansätzen

Das Konzept der geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz basiert auf dem Prinzip der Rückholbarkeit aus dem Konzept der EKRA (vgl. Kap.1.4). Zwei von der EKRA geprüfte, aber verworfene alternative Konzepte werden folgend ausgeführt und weitere solche konzeptuell angetönt.

#### 2.1.1 Oberflächennahe Endlagerung

Bei der oberflächennahen Endlagerung werden radioaktive Abfälle in im Tagebau errichtete Gruben von einigen Metern Tiefe eingebracht, welche optional mit künstlich errichteten Barrieren im Untergrund versehen sein können. Über die Abfälle wird eine mehrere Meter mächtige Abdeckung aus dem abgetragenen natürlichen Umgebungsmaterial und/oder anderen geeigneten Materialien aufgebracht. Weitere Systeme zur Abdichtung wie beispielsweise Kunststofffolien sind denkbar. Die Abdeckung soll einerseits die radioaktive Strahlung abschirmen, dient umgekehrt aber auch dem Schutz der Abfälle vor der Witterung sowie vor Eingriffen und Einflüssen durch Mensch und Natur. Ferner ist zu beachten, dass oberflächennahe Lager aufgrund ihrer Auslegung eine relative grosse Landfläche für sich in Anspruch nehmen. Auch nach der Einlagerung ist über eine lange Zeit eine Überwachung notwendig und die durch das Lager beanspruchte Fläche kann während dieser Zeit von einigen hundert Jahren nur eingeschränkt genutzt werden.

Alternativ zur dieser Lagerauslegung mit von der Erdoberfläche aus angelegten Gruben sind auch Lagerräume in oberflächennah ausgebrochenen Kavernen denkbar. Diese haben typischerweise eine Tiefenlage von einigen Zehnermetern unter Terrain. In Abgrenzung zu einem geologischen Tiefenlager kommt bei einem oberflächennahen Lager dem umschliessenden Gestein resp. der Überdeckung keine über sehr lange Zeiträume wirksame Barrieren- und Erosionsschutzwirkung zu.

Aufgrund der oben genannten technischen Rahmenbedingungen und dem Umstand, dass ein oberflächennahes Lager auch bei sorgfältiger Wahl seines Standorts immer dem Risiko von Naturkatastrophen und menschlichen Eingriffen ausgesetzt ist, bietet sich dieses Lagerkonzept vorwiegend für SMA mit kurzen Halbwertszeiten an. Solche Lager sind in verschiedenen Ländern in Betrieb, u. a. in England, in Spanien, Frankreich, Japan und den USA; oberflächennahe Kavernen in Finnland und Schweden. In den beiden letztgenannten werden auch kurzlebig mittelaktive Abfälle eingelagert. Die EKRA

---

<sup>35</sup> Ein Überblick über die in anderen Ländern verfolgten Lagerkonzepte bietet beispielsweise Kapitel 3.1.1 im Entsorgungskonzept 2016 (NTB-01).

sprach sich in ihrem Schlussbericht gegen die oberflächennahe Lagerung aus, da sie die Langzeitsicherheit nicht gewährleistet sah. In der Schweizer Gesetzgebung wurden an der Erdoberfläche gelegene langfristige Abfalllager bewusst nicht vorgesehen, da diese eine Überwachung durch den Menschen bedingen.

### 2.1.2 Einlagerung in tiefen Bohrlöchern

Ein anderes, alternatives Lagerkonzept ist die Einlagerung der Abfälle in tiefen Bohrlöchern. Wie das in der Schweiz verfolgte Konzept der geologischen Tiefenlagerung beruht die Bohrlocheinlagerung auf dem dauerhaften Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Gesteinskörper in grosser Tiefe unter der Erdoberfläche, wo die eingelagerten radioaktiven Abfälle sich im Sinne einer passiven Sicherheit selber überlassen werden können. Aktuell wird das Konzept z. B. in den USA für die Entsorgung von HAA evaluiert. Ein Referenzkonzept<sup>36</sup> sieht dort beispielsweise ca. 5000 m tiefe Bohrlöcher vor, in deren unteren Abschnitt Abfälle über eine Strecke von ca. 2000 m eingebracht werden könnten. Darüber folgt eine ca. 3000 m umfassende versiegelte und verfüllte Strecke. In einem solchen Bohrloch mit einem Durchmesser von ca. 34 cm könnten somit gemäss den Autoren der Studie bis zu 400 mit hochaktiven radioaktiven Abfällen gefüllte Endlagerbehälter mit je einer Länge von knapp 5 m eingelagert werden.

Als Wirtgestein böte sich in der Schweiz aufgrund seiner Tiefenlage primär das kristalline Grundgebirge an. Dessen Lage in 3 bis 5 km Tiefe birgt aber grosse Ungewissheiten bzgl. Exploration und damit auch bzgl. der Voraussagbarkeit, wie sich ein solches Endlagersystem verhalten würde.

Auch Tongesteine könnten, wie im Schweizer Tiefenlagerkonzept, als Wirtgestein dienen. Letztere haben aber naturgemäss meist nur eine geringe vertikale Ausdehnung, sodass die Einlagerungsstrecke pro Bohrloch sehr kurz würde.

Das Gefährdungsbild für die Umwelt ist nach erfolgter Einlagerung vergleichbar mit jenem des Schweizer Tiefenlagerkonzepts, denn auch hier wird die Strahlenbelastung an der Oberfläche aufgrund der grossen Tiefe und der langen Ausbreitungswege vernachlässigbar gering und in ihrem Maximum zeitlich stark verzögert. Die Auslegung und die resultierende Rückhaltewirkung der technischen Barrieren ist jedoch von höherer Ungewissheit begleitet: So können die Behälter aufgrund des beschränkten Bohrlochdurchmessers weniger massiv gebaut werden und eine allfällige Verfüllung mit einer Bentonitlage kann vergleichsweise nur dünn ausgebildet werden.

Das ENSI hält fest, dass die Nachteile des Konzeptes der Einlagerung in tiefen Bohrlöchern die Vorteile überwiegen und dass z. B. das von der Schweizer Gesetzgebung geforderte Konzept der gestaffelten technischen Mehrfachbarrieren bei der Bohrlochversenkung nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik nicht erfüllt ist.<sup>37</sup> Eine Intervention bei Störungen während der Einlagerung der Behälter in grösserer Tiefe ist schwierig bis unmöglich. Ebenso ist die in der Schweiz gesetzlich geforderte Rückholbarkeit der Abfälle fraglich und zum aktuellen Zeitpunkt technisch nicht nachgewiesen.

Die Bohrlochversenkung wurde von der EKRA nicht vertieft diskutiert, ebenso geht das KEG explizit vom Verbringen der radioaktiven Abfälle in Stollen oder Kavernen aus.<sup>38</sup>

Da für das Schweizer Abfallinventar von einer grösseren Anzahl an Bohrlöchern ausgegangen werden muss, ist von einer lang anhaltenden und flächenintensiven Beeinträchtigung auszugehen. Die Eigenschaft der Methode für den dicht besiedelten Raum der Schweiz erscheint somit fraglich.<sup>39</sup> Durch die

---

<sup>36</sup> Arnold, B. W. et al., Reference Design and Operations for Deep Borehole Disposal of High-Level Radioactive Waste, Sandia Report SAND2011-6749, Sandia National Laboratories, Albuquerque, 2011.

<sup>37</sup> Antwort des ENSI zur Frage 123 im Technischen Forum Sicherheit (TFS).

<sup>38</sup> Botschaft zu einem Kernenergiegesetz, Bundesblatt Band 1, Heft 26, 2001, S. 2775.

<sup>39</sup> Alternativ könnte auch eine Anordnung der Ausgangspunkte der Tiefbohrungen unter Tage in Betracht gezogen werden, deren Umsetzung wäre aber technisch sehr anspruchsvoll.

grosse Anzahl von Bohrlöchern steigt überdies das Risiko des Schaffens vertikaler, hydraulischer Kurzschlüsse zwischen verschiedenen hydrologischen Niveaus im geologischen Untergrund. Ebenso könnte die künftige, anderweitige Nutzung des Untergrundes grossflächig eingeschränkt werden. Zusätzlich zu den Bohrstellen wäre bei jedem Bohrstandort auch eine Logistik-Infrastruktur – ähnlich einer Oberflächenanlage zu einem bergmännisch gebauten Tiefenlager – nötig, welche allen Sicherheitsansprüchen genügen müsste, wie etwa die sichere Handhabung der Behälter an der Oberfläche oder die Sicherheit bei Einwirkungen von aussen (z. B. ein Flugzeugabsturz).

### 2.1.3 Weitere Konzepte zur Entsorgung radioaktiver Abfälle

In der Geschichte der nuklearen Entsorgung wurden in der Schweiz und international verschiedene Konzepte der Entsorgung geprüft oder umgesetzt. Nachfolgend wird eine Zusammenstellung solcher aktuell nicht mehr verfolgten Entsorgungskonzepte wiedergegeben:

- i. Endlagerung in Oberflächenlagern
- ii. Entsorgung im Weltraum
- iii. Meeresversenkung (Meeresboden)
- iv. Versenkung in Subduktionszonen
- v. Geologische Tiefenlagerung im Meeresgrund
- vi. Versenkung in Eisschilden
- vii. Selbstverschmelzung in Tiefengesteinen
- viii. Injektion in geologische Schichten (flüssige Abfälle)<sup>40</sup>

Diese Methoden wurden aus technischen, Sicherheits- oder Kostengründen nicht umgesetzt (i, ii, vii) oder weil sie aufgrund internationaler Übereinkommen nicht zulässig sind (iii–vi). Die Injektion von flüssigen Abfällen (viii) wurde früher von Russland und den USA betrieben. Die Meeresversenkung von schwach- und mittelaktiven Abfällen wurde von einer Reihe von Ländern praktiziert, darunter auch von der Schweiz. So wurden zwischen 1969 und 1982 5341 Tonnen radioaktive Abfälle (SMA) aus der Schweiz an drei Standorten im Atlantik versenkt. 1985 wurde diese Methode durch ein internationales Moratorium<sup>41</sup> untersagt. Der Bundesrat beschloss 1992 definitiv, keine radioaktiven Abfälle mehr im Meer zu entsorgen.

In verschiedenen internationalen Forschungsprojekten wird zurzeit untersucht, inwiefern die Methode der Partitionierung und Transmutation zur Reduktion von radioaktiven Abfällen beitragen kann. Dabei sollen langlebige Radionuklide in kurzlebige Nuklide mit kürzerer Halbwertszeit umgewandelt werden, womit letztendlich der Platzbedarf für ein geologisches Tiefenlager (oder eine andere Lagerform) reduziert werden könnte. Das ENSI weist in einem Faktenblatt<sup>42</sup> darauf hin, dass die grosstechnische Machbarkeit des Verfahrens noch nicht demonstriert wurde und dass die Methode zudem nicht für alle Radionuklide anwendbar ist. In jedem Fall verbleiben hochaktive sowie schwach- und mittelaktive Abfälle, welche in geologischen Tiefenlagern entsorgt werden müssten. Weiter müsste ein geschlossener Brennstoffkreislauf mit entsprechenden Reaktortypen und weitere grosse kerntechnische Anlagen eingerichtet werden. Insofern stellt die Transmutation eine Weiterführung der Nutzung der Kernenergie mit neuen Technologien und Anlagen dar.

---

<sup>40</sup> Basis: Radioactive Waste Management – Appendix 2: Storage and Disposal Options, World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/appendices/radioactive-waste-management-appendix-2-storage-an.aspx](http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/appendices/radioactive-waste-management-appendix-2-storage-an.aspx); Stand Januar 2016.

<sup>41</sup> Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Versenken von Abfällen und anderen Stoffe vom 29. Dezember 1972; SR 0.814.287.

<sup>42</sup> Ersetzt Transmutation die Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle? ([static.ensi.ch/1364463179/ensi\\_faktenblatt\\_transmutation\\_final.pdf](http://static.ensi.ch/1364463179/ensi_faktenblatt_transmutation_final.pdf))

## 2.2 Auslagerung der Entsorgung (ganz oder teilweise) ins Ausland

Mit dem Beitritt zur *Joint Convention*<sup>43</sup> der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) hat die Schweiz den Grundsatz anerkannt, dass «radioaktive Abfälle in dem Staat endgelagert werden sollen, in dem sie erzeugt wurden, soweit dies mit der Sicherheit der Behandlung dieses Materials vereinbar ist». Dieser Grundsatz wurde im KEG in Art. 30 Abs. 2 festgehalten, indem die Entsorgung der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle grundsätzlich im Inland zu erfolgen hat.

Die Ausfuhr von radioaktiven Abfällen bleibt lediglich in Ausnahmefällen und unter strengen Bedingungen möglich. Nämlich nur dann, wenn im Empfängerstaat internationale Sicherheitsanforderungen eingehalten werden, ein dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechender Entsorgungsweg zur Verfügung steht und die Einfuhr in den Empfängerstaat völkerrechtlich vereinbart wurde.<sup>44</sup>

2015 wurde eine parlamentarische Initiative, welche eine Entsorgungslösung auch im Ausland ermöglichen wollte, von der zuständigen Kommission des Nationalrates sehr deutlich mit nachfolgender Begründung abgelehnt:<sup>45</sup>

*«Diese Regelung entspricht dem internationalen Standard. So anerkennt die Joint Convention das Recht jeden Staates, die Einfuhr von radioaktiven Abfällen zu untersagen. Auch die EU-Richtlinie 2011/70/EURATOM schreibt für die EU-Mitgliedstaaten grundsätzlich eine Inlandentsorgung vor – sofern kein Abkommen für eine internationale Entsorgungslösung vorliegt. Ein solches Abkommen wurde zwar in der Vergangenheit immer wieder angedacht, aber auf offizieller Ebene nicht weiterverfolgt. Eine europäische Initiative (European Repository Development Organisation) ist nicht über den Status einer Arbeitsgruppe hinausgewachsen. Staaten, die wie Finnland beim Bau eines Endlagers für radioaktive Abfälle bereits weit fortgeschritten sind, haben Importverbote für radioaktive Abfälle erlassen. Politisch ist eine internationale Lösung für die Lagerung radioaktiver Abfälle damit zum jetzigen Zeitpunkt nicht denkbar.*

*Vor diesem Hintergrund spricht sich die Kommissionsmehrheit gegen eine Aufwertung der Auslandsentsorgung im Schweizerischen Kernenergiegesetz aus. Angesichts des Fehlens jeglicher Bestrebungen für eine internationale Lösung wäre eine derartige Gesetzesanpassung de facto ohne jede Folgen, würde jedoch Hoffnungen wecken, die sie nicht decken könnte, befürchtet die Kommission. Auch unterstreicht sie, dass die Anstrengungen für ein Tiefenlager im Inland nicht durch die zweifelhafte Aussicht auf eine internationale Lösung gelockert werden dürfen. Weiter weist die Kommission darauf hin, dass man im Fall internationaler Verhandlungen keinesfalls davon ausgehen könnte, dass der sicherste Standort für ein Tiefenlager in jedem Fall im Ausland zu liegen käme. Die Schweiz könnte unter Druck geraten, selbst die Einfuhr und Lagerung ausländischer radioaktiver Abfälle in der Schweiz zuzulassen. Die Kommissionsmehrheit ist der Ansicht, dass ein solcher Druck unbedingt vermieden werden sollte.»*

---

<sup>43</sup> Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle vom 5. September 1997; SR 0.732.11

<sup>44</sup> KEG Art. 34 Abs. 4

<sup>45</sup> 15.411 n Pa. Iv. Reimann Maximilian. Entsorgung radioaktiver Abfälle sowohl in der Schweiz als auch im Ausland. Bericht der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie vom 22. Juni 2015.

## 2.3 Oberflächenlagerung von schwachaktiven Abfällen bis sie genügend abgeklungen sind (Abklinglagerung)

Die Strahlenschutzverordnung (StSV)<sup>46</sup> legt im Anhang 3 für alle Radionuklide sogenannte Freigrenzen fest. Da die Radioaktivität eines Stoffes mit der Zeit abnimmt, können somit einige schwachaktive Abfälle an der Oberfläche gelagert werden, bis sie die jeweilige Freigrenze erreicht haben. Stoffe mit einer Aktivität unterhalb der Freigrenze gelten rechtlich nicht als radioaktiv und müssen deshalb auch nicht als radioaktive Abfälle entsorgt werden.

KEG und StSG enthalten den Grundsatz, wonach mit radioaktiven Stoffen so umzugehen ist, dass möglichst wenig radioaktive Abfälle entstehen (Minimierungsgebot).<sup>47</sup> Entsprechend sollen Abfälle, welche spätestens 30 Jahre nach ihrer Entstehung aufgrund des radioaktiven Zerfalls die Freigrenze unterschreiten, von den radioaktiven Abfällen getrennt werden, wenn keine gesamthaft günstigere Alternative für Mensch und Umwelt zur Verfügung steht. Dabei sind sie so zu verpacken und aufzubewahren, dass ein unkontrollierter Austritt radioaktiver Stoffe verhindert und eine Brandgefahr vermieden wird.<sup>48</sup> Dieser Vorgang wird als Abklinglagerung bezeichnet.

Im September 2012 hat die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb) eine Arbeitsgruppe mit dem Mandat eingesetzt, eine Erweiterung des Zeitraumes der Abklinglagerung auf bis zu hundert Jahre zu überprüfen. Dies geschah vor dem Hintergrund der laufenden Revision der StSV, in welcher die international harmonisierten Freigrenzen der IAEA übernommen werden sollen. Diese sind teilweise tiefer als die bisherigen Freigrenzen, und es könnten somit zusätzliche Volumina an schwachaktiven und überwiegend kurzlebigen radioaktiven Abfällen entstehen. Eine breitere Anwendung der Abklinglagerung könnte dem Volumenzuwachs, welcher mehr Lagerkapazitäten in einem GTL erfordern würde, entgegenwirken. Ebenso könnte über das volumenbezogene Reduktionspotenzial hinaus mit der Abklinglagerung eine Reduktion des Anteils an organischen Stoffen und metallischen Komponenten im Tiefenlager, und somit eine Verminderung der Gasproduktion erzielt werden.<sup>49</sup>

Die Arbeitsgruppe «Abklinglager» kam im April 2015 zum Schluss, dass «für die Stilllegungsabfälle der Kernkraftwerke (KKW) [...] die infolge der neuen Freigrenzen entstehende Volumenzunahme durch eine Abklinglagerung von bis zu 30 Jahren praktisch vollständig kompensiert werden» kann. Ebenso tragen «Abklingzeiten von mehr als 30 Jahren [...] zur Reduktion der Abfallvolumina nicht mehr wesentlich bei. Mit einer Abklinglagerung von 30 Jahren werden die Metallmassen sowohl der KKW- wie der PSI-Abfälle<sup>50</sup> um etwa ein Drittel bis die Hälfte reduziert. Längere Abklingzeiten tragen zur Reduktion der Metallmassen nicht wesentlich bei.» Jedoch führt «die konsequente Abklinglagerung über 30 Jahre [...] zu einer massgeblichen Reduktion potenziell gasbildender Materialien in den zu entsorgenden Abfällen.» Ebenso steht die Arbeitsgruppe kritisch der Frage gegenüber, ob über Zeiträume, welche deutlich länger als 30 Jahre sind, sichergestellt werden kann, dass die Abklinglager technisch und finanziell sicher betrieben werden können.<sup>51</sup>

Die von der StSV vorgeschriebene Abklinglagerung über 30 Jahre ist unter Berücksichtigung der erwarteten neuen Freigrenzen also ein wirksames Mittel, um das Volumen der zu entsorgenden SMA zu reduzieren. Eine deutlich längere Abklinglagerung würde aber keine signifikante weitere Reduktion des SMA-Volumens bewirken.

---

<sup>46</sup> Strahlenschutzverordnung (StSV); SR 814.501

<sup>47</sup> Art. 30 Abs. 1 KEG und Art. 25 Abs. 2 StSG

<sup>48</sup> Artikel 85, Absatz 2 StSV.

<sup>49</sup> Für eine umfassende Diskussion der Aspekte der organischen und metallischen Abfälle sei auf den Projektbericht «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» (ENSI 33/188; ENSI, Brugg; Februar 2015) verwiesen.

<sup>50</sup> Paul Scherrer Institut PSI

<sup>51</sup> Auswirkungen einer verlängerten Abklinglagerung auf radioaktive Abfälle, Bericht der Untergruppe «Abklinglager»; Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb), 10. April 2015.

## 2.4 Standortwahl und alternative Ansätze innerhalb des Konzeptes «geologische Tiefenlagerung»

Die Betrachtung der geologischen Standorte erfolgte aufgrund der jeweils aktuellen Konzeptionen für geologische Tiefenlager, den dazu in Erwägung gezogenen Wirtgesteinen bzw. dem Stand der Einlagerungstechniken sowie aufgrund der Prognose der Abfallvolumina. Die Suche nach Alternativen und Optimierungen der Oberflächenanlagen und der Transport- und Verpackungsabläufe waren innerhalb der rechtlichen Vorgaben stark vom partizipativen Prozess der betroffenen Regionen beeinflusst.

### 2.4.1 Andere mögliche geologische Standortgebiete in der Schweiz

Im Jahr 1979 wurde der Bundesbeschluss zum Atomgesetz<sup>52</sup> vom Schweizer Stimmvolk gutgeheissen. Die Erteilung einer Rahmenbewilligung für ein KKW war fortan an die Gewährleistung der dauernden, sicheren Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle gebunden. Für die Betriebsbewilligungen der bereits existierenden KKW wurde von den Betreibern ein Entsorgungsnachweis<sup>53</sup> verlangt. In der Folge hat die Nagra im Rahmen des «Projekt Gewähr» mögliche Standorte für Endlager evaluiert.

#### *Vor dem Sachplanverfahren in Betracht gezogene Standortgebiete<sup>54</sup>*

##### *SMA-Lager*

Ausgehend vom Konzept einer Erschliessung der Lagerzone durch einen horizontalen Zugangstollen<sup>55</sup> wurden in den Jahren 1978 bis 1981 von der Nagra hundert potenzielle Standorte in den Alpen, Voralpen und dem Jura bewertet. Kriterien waren räumliche Ausdehnung, Wasserdurchlässigkeit des Gesteins, Grundwasserverhältnisse, Eignung für den Stollenbau, Vorhersagbarkeit künftiger geologischer Entwicklungen und bereits vorhandene Kenntnisse aus Tunnel- und Stollenbau sowie aus Bohrungen. In den aus dem Vergleich resultierenden zwanzig weiterzuverfolgenden Standorten wurden in den Jahren 1981/82 Abklärungen vorgenommen. Aufgrund dieser 1983 veröffentlichten Ergebnisse wurden drei Standorte bezeichnet, die in erster Priorität mit bewilligungspflichtigen Sondierungen weiter untersucht werden sollten. Dies waren die Standorte Bois de la Glaive (VD; Wirtgestein Anhydrit), Oberbauenstock (UR; Mergel) und Piz Pian Grand (GR; Kristallin).

1988 hat der Bundesrat den Entsorgungsnachweis für SMA basierend auf den Untersuchungen der Nagra im Gebiet Oberbauenstock gutgeheissen.

1986 wurde der Wellenberg (NW; Mergel) als zusätzlicher Standort in die Evaluation aufgenommen. Gegenüber den anderen drei Standorten war er einfacher von der Oberfläche aus zu erkunden, und aufgrund der vorhandenen Kenntnisse erwartete man eine gute geologische Situation. 1987 beantragte die Nagra bewilligungspflichtige Untersuchungen. Das Gesuch wurde 1988 vom Bundesrat bewilligt. Nach Durchführung und vergleichender Auswertung der Sondierungen an allen vier potenziellen Standorten schlug die Nagra 1993 den Wellenberg als Standort vor. Im Juni 1994 wurde ein Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) für die Erstellung eines Tiefenlagers eingereicht. Im April 1996 veröffentlichte die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK; die Vorgängerorganisation des

<sup>52</sup> Bundesbeschluss vom 6. Oktober 1978 zum Atomgesetz (SR 732.01).

<sup>53</sup> Unter dem Entsorgungsnachweis wird der Nachweis verstanden, dass die Entsorgung radioaktiver Abfälle in einer bestimmten geologischen Schicht grundsätzlich machbar ist. Ein vom Bundesrat gutgeheissener Entsorgungsnachweis stellt weder eine atomrechtliche Bewilligung noch eine konkrete Standortwahl dar. Er soll aber aufzeigen, dass ein genügend grosser Gesteinskörper mit den erforderlichen Eigenschaften für die Lagerung von radioaktiven Abfällen existiert, und dass nach der Durchführung weiterer Erkundungsarbeiten der Bau eines geologischen Tiefenlagers in Angriff genommen werden könnte. ([www.ensi.ch/de/aufsicht/entsorgung/geologische-tiefenlager/entsorgungsnachweis/](http://www.ensi.ch/de/aufsicht/entsorgung/geologische-tiefenlager/entsorgungsnachweis/))

<sup>54</sup> Dieses Kapitel basiert weitgehend auf dem Dokument «Rückschau und Ausblick zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz» der Nagra von 2008, [www.nagra.ch/display.cfm/id/100399](http://www.nagra.ch/display.cfm/id/100399).

<sup>55</sup> Zu dieser Zeit waren horizontale Zugangstollen die einzige Möglichkeit für den Transport der sehr schweren SMA-Endlagerbehälter nach unter Tage; damit kamen nur Standorte in den Alpen, Voralpen oder im Jura in Frage.

ENSI) ein zustimmendes Gutachten. Die Nidwaldner Bevölkerung lehnte jedoch die nach kantonalem Recht erforderliche Konzession ab; das RBG-Verfahren wurde sistiert. In der Folge wurde das Projekt etappiert: Zunächst sollte mit einem Sondierstollen die Eignung des Standorts geprüft werden. Das entsprechende Konzessionsgesuch wurde zwar im September 2001 vom Nidwaldner Regierungsrat gutgeheissen, ein Jahr später aber von den kantonalen Stimmberechtigten verworfen. Daraufhin wurde das RBG zurückgezogen.

#### *HAA-Lager*

Ausgehend von einem breiten Kenntnisstand zur Geologie der Schweiz hat die Nagra Ende der Siebziger Jahre eine Evaluation der in Frage kommenden Wirtgesteine (Kristallin, Steinsalz, Anhydrit, Mergel und Ton) vorgenommen. Basierend darauf wurde zunächst das kristalline Grundgebirge der Nordschweiz untersucht. Dabei wurden auch die potenziell geeigneten Sedimentschichten im Deckgebirge charakterisiert, welche den kristallinen Sockel überlagern. Die Feldarbeiten umfassten sieben Tiefbohrungen und ein Netz regionaler 2D-Seismiklinien. Diese Resultate bildeten zusammen mit ersten Erkenntnissen aus dem ab 1984 gebauten und seither betriebenen Felslabor Grimsel sowie Erfahrungen aus ausländischen Entsorgungsprogrammen für HAA die Grundlage des Projekts Gewähr 1985, mit dem der Entsorgungsnachweis für radioaktive Abfälle erbracht werden sollte.

Der Bundesrat kam 1988 zum Schluss, dass damit für die geologische Tiefenlagerung der HAA sowohl der Machbarkeits- als auch der Sicherheitsnachweis erbracht wurden. Der Nachweis eines genügend grossen Gesteinsvorkommens mit geeigneten Eigenschaften (Standortnachweis) sei indes noch nicht überzeugend geführt worden.<sup>56</sup> Er forderte die Nagra dazu auf, neben dem bis dahin prioritär untersuchten Kristallin auch Sedimentgesteine in die Abklärungen einzubeziehen.

1988 veröffentlichte die Nagra eine breit angelegte Studie über die Eignung von Sedimentgesteinen sowie über mögliche Standortregionen. Grundlagen waren sowohl die vorhandenen umfangreichen Kenntnisse zu den Sedimentgesteinen im Falten- und Tafeljura sowie im Molassebecken als auch die im Rahmen der Kristallin-Untersuchungen erworbenen Kenntnisse zu den Sedimentgesteinen und Ergebnisse von Untersuchungen Dritter (insbesondere aus der Suche nach Erdöl und Erdgas). Diese Auslegeordnung und die nachfolgende Beurteilung durch die Behörden führten von 1990 bis 1993 zu einer regionalen Untersuchungsphase.

1994 hat die Nagra mit Zustimmung der Bundesbehörden entschieden, in erster Priorität den Opalinuston als Wirtgestein und dazu das Zürcher Weinland im Hinblick auf die Erbringung des HAA-Entsorgungsnachweises als potenzielles Standortgebiet vertieft zu untersuchen. Es folgten umfangreiche Feldarbeiten und Studien (3D-Seismik, Bohrung Benken) ergänzt durch Untersuchungen im internationalen Felslabor Mont Terri (JU). Die Berichte zum Entsorgungsnachweis wurden 2002 dem Bund eingereicht. Als Wirtgestein wurde der Opalinuston im Zürcher Weinland zugrunde gelegt. Dabei beantragte die Nagra, die zukünftigen Untersuchungen in Hinblick auf die Realisierung eines HAA-Lagers auf dieses Gebiet fokussieren zu können. Auf Veranlassung des UVEK hat die Nagra einen zusätzlichen Bericht über die vorhandenen Optionen für ein HAA-Lager erstellt.<sup>57</sup> Nach Prüfung durch die Aufsichtsbehörden und beigezogene ausländische Experten bestätigte der Bundesrat im Sommer 2006 die grundsätzliche Machbarkeit der sicheren Tiefenlagerung von HAA im Inland. Der Entsorgungsnachweis für HAA war damit erbracht.

---

<sup>56</sup> Die HSK bestätigte im Jahr 2004 die Möglichkeit eines sicheren Lagers im Kristallin im Grundsatz. Sie hatte aber Vorbehalte zum Auffinden eines genügend grossen ungestörten Gesteinsbereiches.  
[www.ensi.ch/de/2004/09/28/stellungnahme-der-hsk-zur-sicherheitsanalyse-kristallin-i-der-nagra/](http://www.ensi.ch/de/2004/09/28/stellungnahme-der-hsk-zur-sicherheitsanalyse-kristallin-i-der-nagra/)

<sup>57</sup> Nagra NTB 05-02, Darstellung und Beurteilung der aus sicherheitstechnisch-geologischer Sicht möglichen Wirtgesteine und Gebiete

### *Im Sachplanverfahren geprüfte Standortgebiete*

2008 hat der Bundesrat das Konzept zum Sachplan geologische Tiefenlager beschlossen, und damit das Auswahlverfahren für die Standorte von geologischen Tiefenlagern unter Federführung des BFE mit einer «weissen Landkarte» neu gestartet.

#### *Etappe 1*

Die Nagra musste bei der Standortsuche auch beachten, dass sich die Anforderungen bezüglich der Platzverhältnisse und des zu betrachtenden grösseren Lagerinventars (längere Betriebsdauer der bestehenden KKW und möglicher neuer KKW) inzwischen geändert hatten. Die Überprüfung der geometrischen Verhältnisse bei den früher in Betracht gezogenen Standorten für SMA-Abfälle zeigte dann, dass die Ausdehnung der meisten Vorkommen insbesondere in den Helvetischen Decken den neuen Anforderungen nicht mehr genügte.<sup>58</sup>

Mit dem Konzept der horizontalen Zugangsstollen aus den 80er Jahren kamen für das SMA-Lager nur Standorte in den Alpen, Voralpen oder im Jura in Frage. Als Folge der Weiterentwicklung der Zerlegetechniken wurden die nach der Stilllegung zu entsorgenden Komponenten und somit auch die Behälter kleiner und leichter. Weiter existierten inzwischen auch technische Lösungen, welche den Transport der schweren SMA-Lagerbehälter nach Untertage durch Schächte oder Rampen ermöglichten. Damit kamen nun auch für das SMA-Lager die geologisch einfacher aufgebauten Gebiete des Mittellandes und der Nordschweiz in Frage.

Bei der Evaluation der geologischen Möglichkeiten hat die Nagra zuerst die grossräumige geologisch-tektonische Situation evaluiert und die weiter zu betrachtenden Grossräume festgelegt: Bezüglich Langzeitstabilität und räumlicher Verhältnisse und deren Explorierbarkeit können für das SMA-Lager prinzipiell alle geologisch-tektonischen Grossräume der Schweiz in Betracht gezogen werden. Für das HAA-Lager werden jedoch die Alpen, der Faltenjura, der westliche Tafeljura und ein kleiner Teil des Molassebeckens (westliche Subjurassische Zone) ausgeschlossen.<sup>59</sup>

Innerhalb der weiter betrachteten Grossräume hat die Nagra dann die bevorzugten Wirtgesteine ermittelt:

- für das SMA-Lager den Opalinuston mit seinen Rahmengesteinen, die Tongesteinsabfolge «Brauner Dogger» mit ihren Rahmengesteinen, die Effinger Schichten und die Mergel-Formationen des Helvetikums;
- für das HAA-Lager den Opalinuston mit seinen Rahmengesteinen.

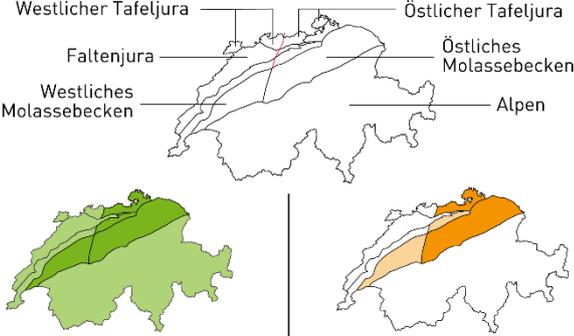
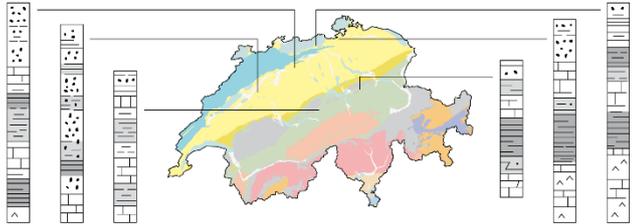
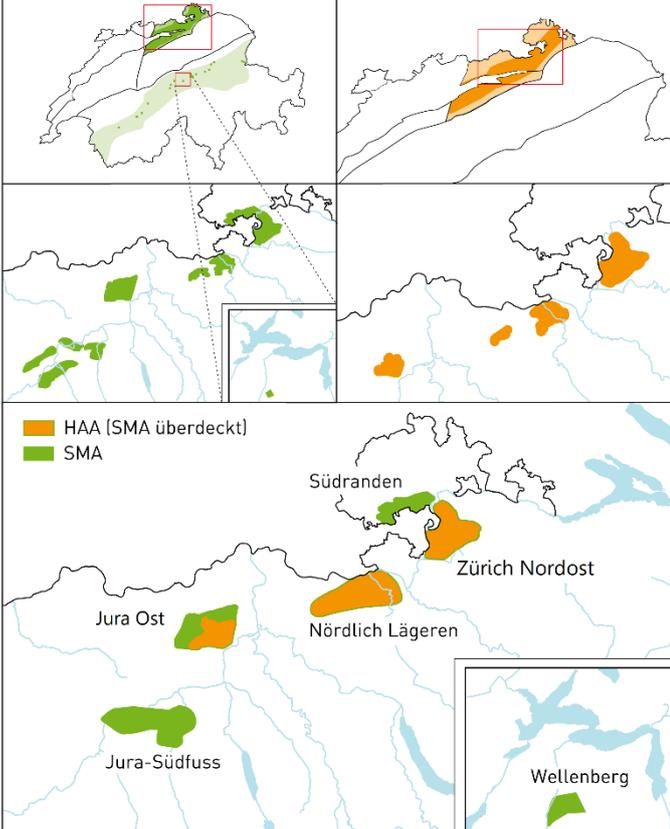
Als letzter Schritt erfolgte die Evaluation der Konfigurationen, d. h. der räumlichen Anordnung der bevorzugten Wirtgesteine innerhalb der weiter betrachteten Grossräume: Unter Berücksichtigung regionaler geologischer Elemente (regionale Störungszonen, übertiefte Felsrinnen als Folge der glazialen Tiefenerosion, Zonen mit Anzeichen kleinräumiger tektonischer Zergliederung, Neotektonik) wurden bevorzugte Bereiche abgegrenzt, innerhalb derer die bevorzugten Wirtgesteine in geeigneter Tiefe und Mächtigkeit und in genügender lateraler Ausdehnung vorliegen. Die bevorzugten Bereiche wurden verwendet, um geologische Standortgebiete abzugrenzen. Gewisse Standortgebiete umfassen mehrere bevorzugte Bereiche und teilweise auch mehr als einen Wirtgesteinstyp.

Am Schluss der ersten Etappe des Sachplanverfahrens hat der Bundesrat auf Vorschlag der Nagra sechs geologische Standortgebiete festgelegt. Drei davon eignen sich für ein SMA-Lager: Jura-Südfuss (JS), Südranden (SR) und Wellenberg (WLB); weitere drei sind sowohl für ein SMA- als auch für ein HAA- oder ein Kombi-Lager geeignet: Jura Ost (JO) Nördlich Lägern (NL) und Zürich Nordost (ZNO).

---

<sup>58</sup> Nagra NTB 08-03, Seiten 219/220

<sup>59</sup> Vgl. Nagra NTB 08-03.

Schritte gemäss Sachplan	Lager SMA	Lager HAA
<p><b>Schritte 1 und 2: Abfallzuteilung, Barrieren-/Sicherheitskonzept, Anforderungen und Vorgaben</b></p>	<p>Festlegung der Abfallzuteilung, des Barrierenkonzepts sowie der Anforderungen beziehungsweise Bewertungsskalen bezüglich Betrachtungszeiträume, Platzbedarf, Tiefenlage, Wirtgesteineigenschaften, Hebung/Erosion etc.</p>	
<p><b>Schritt 3: Identifikation und Bewertung der weiter zu betrachtenden geologisch-tektonischen Grossräume</b></p> <p>Evaluation der grossräumigen Verhältnisse bezüglich Hebung/Erosion, Geodynamik, geologischer Komplexität und räumlicher Verhältnisse. Die Evaluation ergibt «günstig bis sehr günstig» (dunkelgrün/dunkelorange), «ungünstig bis bedingt günstig» (hellgrün/hellorange) oder «ungenügend» (weiss) bewertete geologisch-tektonische Grossräume.</p>		
<p><b>Schritt 4: Auswahl bevorzugter Wirtgesteine</b></p> <p>Auswahl potenzieller Wirtgesteine anhand des Gesteinsinventars (dargestellt als 27 repräsentative stratigrafische Sammelpunkte). Die Bewertung der potenziellen Wirtgesteine führt schrittweise zur Auswahl von bevorzugten Wirtgesteinen und deren Verbreitungsräumen.</p>		
<p><b>Schritt 5: Festlegung der geologischen Standortgebiete</b></p> <p>Zuerst werden innerhalb der weiter betrachteten Verbreitungsräume Karten erstellt für die bevorzugten Wirtgesteine in geeigneter Tiefenlage und mit genügender Mächtigkeit. Dann werden bevorzugte Bereiche abgegrenzt durch Berücksichtigung der Berandung durch regionale Störungszonen, übertiefte Felsrinnen, Zonen mit Anzeichen kleinräumiger Zergliederung (diffus gestörte Zonen) und konzeptionell zu meidenden Zonen mit ungünstigem tektonischem Regime (Neotektonik). Die Bewertung dieser bevorzugten Bereiche führt weiter zu prioritären Bereichen. Diese prioritären Bereiche wiederum ergeben, zusammen mit den überlappenden beziehungsweise in der Nähe liegenden bevorzugten Bereichen, schliesslich die geologischen Standortgebiete. Die Festlegung der Grenzen der geologischen Standortgebiete berücksichtigt die Ungewissheiten in den räumlichen Daten. Die Bewertung der Bereiche bildet die Basis für die Bewertung der geologischen Standortgebiete.</p>		

**Abb. 10** Auswahl der geologischen Standortgebiete in Etappe 1. Aus: Entsorgungsprogramm und Standortgebiete für geologische Tiefenlager, Nagra 2008.

## Etappe 2

Ziel von Etappe 2 ist es, die Auswahl der Standortgebiete einzuengen, d. h. jedes Standortgebiet daraufhin zu prüfen, ob es eindeutige Nachteile bezüglich Sicherheit oder technischer Machbarkeit relativ zu den anderen Standortgebieten aufweist und somit in Etappe 3 nicht weiter untersucht werden soll.

Als Vorgabe für den Standortvergleich hat das ENSI unter anderem im Dokument ENSI 33/154 folgende vier Fragenformuliert:

1. Erfüllen Standortgebiete das Dosis-Schutzkriterium nicht?
2. Sind Standortgebiete aufgrund der Ergebnisse der Dosis-Berechnungen eindeutig weniger geeignet?
3. Sind die Gesamtbewertungen der Standortgebiete schlechter als «geeignet»?
4. Können bei Standortgebieten anhand der Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit belastbare eindeutige Nachteile gegenüber anderen Standortgebieten festgestellt werden?

Standortgebiete können in Etappe 2 nur zurückgestellt werden, falls mindestens eine der Fragen mit «ja» beantwortet wird. Andernfalls wird es für weitere Untersuchungen für Etappe 3 vorgeschlagen.

Die Nagra hat den Standortvergleich aufgrund einer vom Konzeptteil SGT vorgegebenen und vom ENSI in mehreren Dokumenten<sup>60</sup> weiter präzisierten Methodik durchgeführt. Sie hat ausserdem mögliche Lagerkonzepte als Basis für die Einengung evaluiert und dokumentiert.

Die Nagra kam aufgrund ihrer Untersuchungen zum Schluss, dass die Fragen 1 bis 3 für alle untersuchten geologischen Standortgebiete mit «nein» zu beantworten sind, d. h. die Resultate der Dosisberechnungen und der qualitativen Bewertung ergaben, dass alle in Etappe 1 vorgeschlagenen Standortgebiete für die Realisierung eines sicheren geologischen Tiefenlagers grundsätzlich «geeignet» oder «sehr geeignet» sind. Bei den Standortgebieten SR, NL, JS und WLB für ein SMA-Lager sowie NL für ein HAA-Lager hat die Nagra aber «eindeutigen Nachteile» bei den nachfolgend genannten Indikatoren festgestellt (Frage 4):

- JS: geringe Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, Platzangebot unter Tage (infolge grosser tektonischer Überprägung);
- NL: bautechnische Machbarkeit, grosse Tiefenlage, Platzangebot unter Tage;
- SR: Langzeitstabilität der geologischen Barriere, geringe Tiefenlage, Platzangebot unter Tage;
- WLB: Wirksamkeit der geologischen Barriere, Langzeitstabilität der geologischen Barriere, Explorier- und Charakterisierbarkeit.

Die Nagra hat deshalb vorgeschlagen, diese vier Standortgebiete als Reserveoptionen zurückzustellen, und die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 in den beiden geologischen Standortgebieten JO und ZNO durchzuführen.<sup>61</sup>

Der von der Nagra eingereichte Einengungsvorschlag wurde vom ENSI als zuständige Aufsichtsbehörde des Bundes überprüft. Es hat dazu ein sicherheitstechnisches Gutachten<sup>62</sup> erstellt, das am 18. April 2017 veröffentlicht wurde und welches eine wichtige Grundlage für den Entscheid des Bundesrats zur Etappe 2 der Sachplans geologische Tiefenlager darstellt.

<sup>60</sup> Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich, ENSI 33/075, 2010  
Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT, ENSI 33/154, 2013;  
Ablauf der Überprüfung des geologischen Kenntnisstands vor Einreichen der sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT, ENSI 33/155, 2013;  
Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT, ENSI 33/170, 2013.

<sup>61</sup> Nagra Technischer Bericht NTB 14-01, Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete, 2014; sowie die zugehörigen vertiefenden Berichte.

<sup>62</sup> ENSI 33/540: Sicherheitstechnisches Gutachten zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete, 2017.

Das ENSI kam zum Schluss, dass die Nagra die vorgegebenen Kriterien hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit bei der Erarbeitung ihres Vorschlags adäquat und stufengerecht berücksichtigt hat und dass die Erarbeitung des Vorschlags transparent und grösstenteils nachvollziehbar dargelegt wurde. Die von der Nagra durchgeführten Dosisberechnungen hat das ENSI durch eigene Berechnungen überprüft. Das ENSI konnte die Resultate der Nagra nachvollziehen, obwohl das ENSI in seinen eigenen Berechnungen teilweise ungünstigere Werte verwendet hat als die Nagra. Die qualitative Beurteilung der Sicherheit und der bautechnischen Machbarkeit führte das ENSI zu einer Beurteilung aller Standortgebiete mit der Gesamtbewertung «geeignet». Dies stellt eine Abweichung zur Beurteilung der Nagra dar, welche einige Standortgebiete als «sehr geeignet» beurteilt hatte. Das ENSI kam jedoch wie die Nagra zum Schluss, dass die oben genannten Fragen 1 bis 3 mit «nein» beantwortet werden können, und dass damit kein Standortgebiet aufgrund der Dosisberechnungen oder ihrer Gesamtbewertung zurückzustellen ist.

Hingegen kam das ENSI bei der Feststellung eindeutiger Nachteile basierend auf den Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit zu einer von der Nagra abweichenden Beurteilung, insbesondere bei der Beurteilung der maximalen Tiefenlage und des Platzangebotes:

- Für die Standortgebiete JO und ZNO identifizierte das ENSI gleich wie die Nagra sowohl für die Eignung für ein SMA- als auch für ein HAA-Lager keine eindeutigen Nachteile, welche zu einer Rückstellung dieser Standortgebiete führen würden.
- Die vorgeschlagene Rückstellung der SMA-Standortgebiete SR, JS und WLB erachtete das ENSI als nachvollziehbar und belastbar, wenngleich es bei seiner Beurteilung der eindeutigen Nachteile teilweise von der Beurteilung der Nagra abwich:
  - JS: hier beurteilte das ENSI das Kriterium «Platzangebot unter Tage» nicht als eindeutigen Nachteil;
  - SR: hier stellte das ENSI einen zusätzlichen eindeutigen Nachteil beim Kriterium «geringe Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs» (infolge Gesteinsdekompression aufgrund der geringen Tiefenlage) fest.
- Beim Standortgebiet NL kam das ENSI zum Schluss, dass die derzeit vorliegenden geomechanischen Grundlagen nicht genug robust sind und dass es keine bautechnischen Gründe gibt, welche die von der Nagra vorgenommene Einschränkung der Tiefenlage in Etappe 2 stützen würden. Ebenso sei die von der Nagra im Norden des Standortgebiets angenommene zu meidende tektonische Störzone aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten nicht belastbar nachgewiesen. Somit ging das ENSI von einem ausreichenden Platzangebot im Gebiet NL aus.

Das ENSI beurteilte deshalb die von der Nagra vorgeschlagene Zurückstellung des Standortgebiets NL sowohl als Lagerstandort für SMA als auch für HAA aufgrund der zum derzeitigen Zeitpunkt vorliegenden Daten und Kenntnisse als nicht belastbar. Es geht davon aus, dass mit den erdwissenschaftlichen Untersuchungen in Etappe 3 die für eine robuste Beurteilung nötigen standortspezifischen Daten beigebracht werden können.

Aufgrund der Ergebnisse des ENSI-Gutachtens hat der Bundesrat am 22. November 2017 den Entwurf des Ergebnisberichts zu Etappe 2 in die Vernehmlassung gegeben, in dem er vorschlägt, in Etappe 3 die Standortregionen JO, NL und ZNO weiter sowohl für ein SMA- als auch für ein HAA-Lager weiter zu untersuchen.

### 2.4.2 Trennung der Verpackungsanlagen von den Zugangsbauwerken

Im bestehenden Betriebskonzept für Oberflächenanlagen (OFA) ist vorgesehen, dass die einzulagernden abgebrannten Brennelemente (BE) aus ihren Transport- und Lagerbehältern in für die Tiefenlagerung geeignete Endlagerbehälter umgepackt werden.<sup>63</sup> Dazu ist auf dem OFA-Areal des HAA-Lagers eine Brennelement-Verpackungsanlage (BEVA) mit einer sogenannten heissen Zelle<sup>64</sup> notwendig. Um die Auswirkungen der OFA auf Umwelt und Landschaft zu minimieren wurde von der RK ZNO im Rahmen ihrer Stellungnahme zu Etappe 2 des Sachplans verlangt, die Option einer Auslagerung der BEVA an einen anderen Standort zu überprüfen.

Am 28. Oktober 2015 wurde dieser Aspekt im Rahmen einer gemeinsamen Sitzung der Fachgruppen OFA der Regionen JO und ZNO, mit Vertretenden der Nagra sowie der französischen und schwedischen Entsorgungsorganisationen Andra<sup>65</sup> und SKB<sup>66</sup> thematisiert. Es zeigte sich, dass verschiedene Konzepte zu Transport und Verpackung von abgebrannten BE denkbar sind, und diese international nach den jeweiligen Rahmenbedingungen verschieden gehandhabt werden. In Schweden beispielsweise sollen die BE bereits beim Zwischenlager in die Endlagerbehälter verpackt, und dann in zusätzlichen Transportbehältern per Schiff zum Endlager transportiert werden.

Auch in der Schweiz wäre es grundsätzlich denkbar, die Verpackung an einem beliebigen Ort vorzunehmen. Aus Gründen der Logistik und des Umweltschutzes erscheint dies aber ungünstig: Die Abfälle stehen im Zwischenlager schon in transportfähiger Form bereit, und für den Transport von der BEVA zur OFA müssten die Endlagerbehälter in einen zusätzlichen schützenden Transportbehälter verpackt werden. Damit könnte pro Fahrt weniger Abfall transportiert werden, was die Anzahl Transporte erhöhen würde.<sup>67</sup>

Durch die örtliche Trennung von BEVA und OFA würde die Empfangsanlage bei der Oberflächenanlage zwar kleiner (vergleichbar mit einer SMA-Anlage) und deren Sichtbarkeit wäre somit geringer. Die entsprechenden Auswirkungen treten dann allerdings in einer anderen Region auf und der Landbedarf wäre insgesamt grösser.

### 2.4.3 Anordnung von Modulen der Oberflächenanlage im Untergrund

Ein teilweises oder möglichst vollständiges Errichten von Modulen der Oberflächenanlage im Untergrund könnte den Flächenverbrauch an der Oberfläche und somit auch die Umweltauswirkungen eines GTL verringern. Dies betrifft insbesondere Lärm- und Lichtemissionen oder die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes. Dem stehen grössere und länger andauernde Beeinträchtigungen und Auswirkungen während des Baus gegenüber. Auch muss das zusätzlich anfallende Aushub- oder Ausbruchmaterial deponiert werden. Ebenso erhöhten sich so die Anforderungen an den Gesundheitsschutz der in unterirdischen Anlagen tätigen Mitarbeitenden. Die Realisierung von OFA-Modulen im Untergrund bedingt deshalb im einzelnen Projekt ein Abwägen der individuellen Vor- und Nachteile.

Die Nagra hat sich zur Anordnung von Anlagemodulen im Untergrund wie folgt geäussert:<sup>68</sup>

<sup>63</sup> Zum Beispiel dargestellt in Nagra Technischer Bericht NTB 11-01, Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung – genereller Bericht, 2011 oder Nagra Technischer Bericht NTB 13-01, Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers, 2013.

<sup>64</sup> Die Umladezelle – auch «heisse Zelle» genannt – ist ein Teil der BEVA. Es handelt sich um einen stark abgeschirmten, geschlossenen Raum zur Handhabung und kurzfristigen Lagerung von hochradioaktiven Substanzen. An diesen werden Transportbehälter und Endlagerbehälter angedockt und die stark strahlenden Brennelemente aus den Transportbehältern entnommen und in die Endlagerbehälter eingefüllt.

<sup>65</sup> Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.

<sup>66</sup> Svensk Kärnbränslehantering Aktiebolag.

<sup>67</sup> Antwort auf die Zusatzfrage c-ZNO5: Sachplan geologische Tiefenlager – Zusatzfragen zur sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudie SÖW – Kategorie c: «Über anderen Kanal zu beantworten», BFE, Mai 2014

<sup>68</sup> Antwort der Nagra zur TFS-Frage 99; [www.ensi.ch/de/technisches-forum/oberflaechenanlagen-im-berg-hang](http://www.ensi.ch/de/technisches-forum/oberflaechenanlagen-im-berg-hang).

Die (teilweise) untertägige Anordnung von Anlagenmodulen kann eine mögliche Gestaltung sein, die raumplanerische Eingliederung zu optimieren. Voraussetzung dazu sind geeignete standortspezifische Bedingungen (Felskörper, Topografie, Erschliessung) und die Verhältnismässigkeit (Kosten, Bauzeit, Ausbruchmaterialmenge, etc.). Auch bei untertägiger Anordnung von Anlagenteilen muss genügend Platz für Bauinstallationen an der Oberfläche bereitgestellt werden. Die OFA muss gewisse Funktionen erfüllen [...]. Diese Aufgaben [...] stellen gewisse Anforderungen an Mindestabmessungen und Verbindungen zu anderen Räumen, deren Ver- und Entsorgung sowie deren Zugänglichkeit, die bei einer untertägigen Anordnung auch zu beachten sind. Die Umsetzung dieser Anforderungen in notwendige Felskavernen zeigt, dass

- bei genügend grossem und kompakten Felskörper mit guten bautechnischen Eigenschaften eine untertägige Anordnung im Berginnern der Funktionsbereiche Service (Ver- und Entsorgung des Tiefenlagers) und SMA/LMA-Verpackung technisch machbar und verhältnismässig ist, hingegen
- dass eine untertägige Anordnung der BE/HAA-Verpackungsanlage in den anstehenden Sedimentschichten nicht vernünftig technisch machbar ist. Insbesondere wären dazu mehrere übergrosse Felskavernen notwendig, für welche in den Standortgebieten ausreichend standfeste und grosse Felskörper fehlen und der Aufwand in Bezug auf Kosten, Bauzeit und Ausbruchmaterialmengen in keinem Verhältnis stehen. Diese Option schliesst die Nagra deshalb aus.»

Anlässlich der Konkretisierung der Oberflächenstandorte im Rahmen der Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager hat die Nagra für die Standortgebiete WLB und JO mögliche Anordnungen mit unterirdischen Anlagenteilen beschrieben.<sup>69</sup> Ferner hat sie an diversen zur Diskussion stehenden Oberflächenstandorten das Einbetten der OFA in einen Hangeinschnitt (auch mit einer Tieferlegung der BE/HAA-VA verbunden) sowie die Möglichkeit der (teilweisen) Einschüttung von Anlagemodulen dargestellt.<sup>70</sup> Möglichkeiten einer möglichst unauffälligen Einbettung der OFA in die Landschaft bestehen also durchaus und sollen in Etappe 3 bei der weiteren Konkretisierung der OFA weiter verfolgt werden.

## 2.5 Auswahl der Standortareale für die Oberflächenanlagen (OFA)

Die Lage der OFA ist ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf das Ausmass und die örtliche Verteilung der Auswirkungen eines GTL. Im Folgenden werden das Vorgehen bei der Standortwahl, die Gründe für die Wahl der Standortareale für eine OFA und ebenfalls geprüfte Alternativstandorte dargestellt.

### 2.5.1 Ablauf der Wahl von Standortarealen für die Oberflächenanlage

Die Nagra hatte zu Beginn der Etappe 2 in jeder Standortregion mehrere konkrete Standortareale für die Platzierung der OFA innerhalb der in Etappe 1 definierten Planungserimeter vorzuschlagen. Sie erarbeitete daher pro Region einen bis vier Standortvorschläge (insgesamt 20 Vorschläge).<sup>71</sup> Die Vorschläge basierten auf der Berücksichtigung von 14 Kriterien (vgl. NTB 11-01, Anhang 4). Diese Vorschläge bildeten Anfang 2012 die Grundlage für die Auseinandersetzung der Regionalkonferenzen

---

<sup>69</sup> Antwort auf die Zusatzfrage c-ZNO5: Sachplan geologische Tiefenlager – Zusatzfragen zur sozioökonomisch-ökologischen Wirkungsstudie SÖW – Kategorie c: «Über anderen Kanal zu beantworten», BFE, Mai 2014.

<sup>69</sup> Nagra Arbeitsbericht NAB 13-61, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Standortareal WLB-1-SMA im Planungserimeter Wellenberg für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA: Planungsstudie, 2013  
Nagra Arbeitsbericht NAB 13-17, Jura Ost: Zusätzliche Variante zur Platzierung eines Standortareals für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung. Dokumentation Standortareal JO-2a, 2013.

<sup>70</sup> In den Planungsstudien NAB 13-64, NAB 13-66 bis 13-68, NAB 13-81, NAB 14-03 bis 14-08 sowie NAB 14-27 bis 14-29. Zugänglich unter [www.nagra.ch/de/cat/publikationen/arbeitsberichte-nabs/downloadcenter.htm](http://www.nagra.ch/de/cat/publikationen/arbeitsberichte-nabs/downloadcenter.htm).

<sup>71</sup> Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung. Beilagenband (NTB 11-01), Nagra (Dezember 2011).

(RK) respektive der Plattform Wellenberg mit der Frage, wo eine OFA realisiert werden sollte, falls in ihrem Gebiet ein Tiefenlager gebaut würde.

Diese Auswahl der Nagra wurde von verschiedenen Beteiligten indes als zu wenig nachvollziehbar kritisiert. Die Nagra reichte daraufhin einen Bericht nach, in welchem das Vorgehen und die GIS-Analyse dokumentiert wurden.<sup>72</sup> Die Fachkoordination Standortkantone (FKS) entwickelte im 2. Semester 2012 ein dazu alternatives Vorgehen für eine GIS-Analyse, welches auf einer eigenen Reihenfolge und Gewichtung von insgesamt sehr ähnlichen Kriterien bzw. Indikatoren beruhte.<sup>73</sup> Die Gewichtung der FKS wurde allerdings durch das BAFU kritisiert – insbesondere die Bedeutung des gewässerschutzrechtlich nicht verbindlichen *Strategischen Interessengebiets für die Trinkwasserversorgung*, welche die FKS sehr hoch einschätzte, wohingegen Rebbergen, Fruchtfolgefleichen und Wald die Bedeutung «mittel» zugewiesen wurde.<sup>74</sup>

Auf Grundlage der Evaluationskriterien der FKS wurden in sechs Planungssperimetern sogenannte Potenzialräume ausgeschieden. Die Nagra erarbeitete darin in Zusammenarbeit mit den RK und den Standortkantonen 14 weitere Vorschläge für die Platzierung von OFA. Zusätzlich beauftragten drei Regionen und zwei Kantone die Nagra, Varianten zu bestehenden Vorschlägen zu prüfen und auszuarbeiten. Schlussendlich wurden in den Fachgruppen Oberflächenanlagen der RK (siehe unten) jeweils zwischen einem und zehn Standortareale bewertet.

Jede RK verfasste nach intensiven Diskussionen über die Vorschläge oder Varianten zum Standort der OFA zuhanden des BFE eine Stellungnahme. Während diesem fast zwei Jahre dauernden Prozess haben sich die Kantone und die Regionalkonferenzen – insbesondere die FG OFA – intensiv mit den Standortarealvorschlägen auseinandergesetzt und ihre raumplanerischen Anliegen eingebracht. Die Mitglieder der RK haben sich dabei mit zahlreichen Aspekten rund um eine solche Infrastrukturanlage beschäftigt und raumplanerische Abwägungen vorgenommen oder mögliche Auswirkungen auf Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft analysiert.

Basierend auf diesen Stellungnahmen erstellte die Nagra pro Region für das bevorzugte Standortareal eine Planungsstudie pro Lagertyp (in der Region NL für zwei Standortareale). Im Kapitel 2 der einzelnen Planungsstudien sind verschiedene Aspekte des Evaluations- bzw. Einengungsprozesses dokumentiert. Neben sicherheitstechnischen Fragen haben zahlreiche raumplanerische Aspekte wie Erschliessung, Verhältnis und Sichtbeziehungen zu Wohngebieten, Landschaftsbild, Naherholung, Freizeit und Tourismus sowie die Berücksichtigung von Schutzgebieten eine wichtige Rolle gespielt.

### 2.5.2 Die Arbeit der Fachgruppen Oberflächenanlagen (FG OFA)

Alle sechs Standortregionen haben als vorberatendes Gremium für die Auswahl der OFA-Standortareale eine FG OFA ins Leben gerufen. Die FG OFA erarbeiteten Bewertungsinstrumente,<sup>75</sup> diskutierten die Vorschläge der Nagra (teilweise mit Unterstützung der Standortkantone), besichtigten mögliche Standortareale, konsultierten Fachpersonen, baten die Nagra um die Prüfung und Ausarbeitung von Varianten und neuen Standortvorschlägen und stellten Forderungen, welche anschliessend in die Stellungnahmen der RK zum Standort der OFA resp. in den die Gesamtstehungen der RK zu Etappe 2 einfließen.

---

<sup>72</sup> Arbeitsbericht NAB 12-07, Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung; Vorgehen und Informationen zur Erarbeitung der Vorschläge. Nagra 2012

<sup>73</sup> Vgl. Evaluationskriterien für Potenzialräume bzw. mögliche Standorte von Oberflächenanlagen, FKS (Januar 2013).

<sup>74</sup> Das Thema Oberflächenanlage und Grundwasserschutz wurde im TFS ausführlich behandelt: Frage 88: Standortareale und Zugangstunnel – Beurteilung des Kriteriums Grundwasserschutz; [www.ensi.ch/de/technisches-forum/standortareale-und-zugangstunnel-beurteilung-des-kriteriums-grundwasserschutz-2/](http://www.ensi.ch/de/technisches-forum/standortareale-und-zugangstunnel-beurteilung-des-kriteriums-grundwasserschutz-2/)

<sup>75</sup> Das BFE stellte den FG OFA zu diesem Zweck das Dokument «Raumplanungsanforderungen für die Diskussion der Vorschläge für Empfangsanlagen» als Bewertungsinstrument zur Verfügung. Sie hatten jedoch auch die Möglichkeit, mit oder ohne externe Unterstützung eigene Instrumente auszuarbeiten.

Die erste FG OFA-Sitzung fand im Dezember 2011 und die letzte im November 2013 statt. Insgesamt wurden 96 Sitzungen und acht Begehungen durchgeführt. Die FG OFA hielten die Ergebnisse ihrer Arbeit je in einem Bericht fest, welcher von den RK respektive der Plattform Wellenberg diskutiert und verabschiedet wurde. Diese Schlussberichte haben einen Umfang von 7 bis 628 Seiten.

### *Jura Ost (JO-3+ in Villigen)*

Die FG OFA Jura Ost erarbeitete bewusst vor der Einreichung der Vorschläge durch die Nagra mit externer Fachunterstützung ein Bewertungsinstrument im Sinne einer Nutzwertanalyse mit Zielen und Indikatoren aus den Bereichen Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft, Technik, Logistik, Sicherheit und politisch-rechtlichen Anforderungen inkl. Gewichtung bis auf die Ebene der Teilziele. Darin überwiegen die raumplanerischen und umweltrelevanten Kriterien. Das Instrument beinhaltet keine Ausschlusskriterien, da die FG OFA davon ausging, dass die Vorschläge der Nagra die gesetzlichen Mindestanforderungen bereits erfüllen. Das Bewertungsinstrument wurde von der FG OFA getestet, danach angepasst, der RK vorgestellt und nochmals angepasst. Die individuelle Anwendung des Bewertungsinstruments durch alle elf Mitglieder der FG OFA erfolgte online. Grössere Abweichungen wurden danach im Rahmen der darauffolgenden Sitzungen der FG OFA diskutiert und bereinigt.

Die FG OFA JO nahm am 13. Dezember 2012 Kenntnis vom Ansatz mit den Potenzialräumen, kam jedoch zusammen mit den zuständigen Vertretern des Kantons Aargau und dem Leitungsteam zum Schluss, «dass sich die Potenzialräume in der Region Jura Ost nicht für weitere Standortareale eignen und deshalb nicht weiter untersucht werden». Die Nagra erhielt jedoch zwei separate Aufträge zur Prüfung und Ausarbeitung von Varianten: Vom Kanton Aargau zu JO-2 und von der FG OFA zu JO-3. Daraus entstanden die Vorschläge JO-2a und JO-3+, welche von der FG OFA nach der gleichen Methodik wie die ersten vier Vorschläge (JO-1, JO-2, JO-3 und JO-4) bewertet wurden. Die Resultate der Diskussionen und Bewertungen wurden in einem Bericht zusammengefasst, welcher von der Vollversammlung diskutiert und am 21. Juni 2013 verabschiedet wurde. Die RK Jura Ost kommt darin zum Schluss, dass JO-3+ «am meisten Vorteile beziehungsweise am wenigsten Nachteile aufweist». Diese Empfehlung wurde an die Bedingung geknüpft, dass der «Bau und Betrieb der Oberflächenanlage beim Standort JO-3+ die Forschungstätigkeit des Paul Scherrer Instituts (PSI) nicht in unzumutbarer Weise einschränkt».<sup>76</sup>

### *Nördlich Lägern (NL- 2 in Weiach und NL-6 in Stadel)*

Die FG OFA Nördlich Lägern erarbeitete mit der gleichen externen Fachunterstützung wie die FG OFA JO zuerst ein Bewertungsinstrument für Standortvorschläge im Sinne einer Nutzwertanalyse mit Zielen und Indikatoren aus den Bereichen Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft, Sicherheit. Dieses umfasste auch eine Gewichtung bis auf die Ebene von Teilzielen. Das Instrument beinhaltet jedoch keine Ausschlusskriterien, da die FG OFA davon ausging, dass die Vorschläge der Nagra die gesetzlichen Mindestanforderungen bereits erfüllen. Das Bewertungsinstrument wurde von der FG OFA getestet, nachbearbeitet, der RK vorgestellt und nochmals angepasst.

Am 11. Dezember 2012 präsentierte die Nagra ihre zehn Potenzialräume mit den jeweiligen Vorschlägen für ein Standortareal. Mithilfe eines Online-Fragebogens ermittelte die FG OFA die drei Potenzialräume mit dem kleinsten Konfliktpotenzial. Diese prüfte die Nagra näher und erarbeitete darin fünf weitere Standortarealvorschläge (NL-5 in Mellikon, NL-6 in Stadel Haberstal, NL-7 in Stadel Schlatti, NL-8 in Schneisingen und NL-9 in Sanzenberg) sowie eine Optimierung von NL-2 in Weiach (NL-2a). Die FG OFA-Mitglieder bewerteten daraufhin sämtliche Standortareale online mit ihrem Bewertungsinstrument. Abweichungen wurden diskutiert und am Schluss einem Quervergleich unterzogen. NL-2 erreichte dabei die beste Bewertung. Der Abstand zu anderen Vorschlägen war indes teilweise nur sehr gering. Aufgrund grosser Sorge um das Grundwasser schlug die FG OFA daher zusätzlich mit

---

<sup>76</sup> Der Prozess ist im Bericht «Bewertung der Standortarealvorschläge durch die Regionalkonferenz Jura Ost» (6. Juni 2013) dokumentiert.

NL-6 in Stadel Haberstal einen zweiten Standort vor, welcher zwar nicht die beste Bewertung erreichte, jedoch nicht im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> liegt, und eine grosse Distanz zu Siedlungen aufweist. Die FG OFA kam zum Schluss, dass diese beiden Standortareale insgesamt am meisten Vorteile beziehungsweise am wenigsten Nachteile haben.

Kurz bevor dieser Vorschlag an der Vollversammlung vom 28. August 2013 präsentiert wurde, veröffentlichte die deutsche «Expertengruppe Schweizer-Tiefenlager» (ESchT) ein kritisches Gutachten zum Bewertungsverfahren der FG OFA. Ein Antrag zur Sistierung der Verabschiedung der Schlussempfehlung wurde an der Vollversammlung gutgeheissen. An einem Expertenworkshop vom 21. September 2013 wurden die Kritikpunkte der ESchT diskutiert und die FG OFA damit beauftragt, die Bewertungsarbeiten umfassend zu dokumentieren und in den Schlussbericht aufzunehmen. In einem umfangreichen Anhang wurde so die von der ESchT geforderte Nachvollziehbarkeit erbracht. Zudem wurden darin auch Anliegen aus weiteren Dokumenten, wie der Kritikschrift des Vereins «LoTi – Nördlich Lägern ohne Tiefenlager» aufgenommen.

Die Regionalkonferenz verabschiedete schliesslich am 14. Dezember 2013 ihre Stellungnahme zu den zwei Standortarealen NL-2 und NL-6, die Nagra müsse jedoch das Optimierungspotential der beiden Standortareale in intensiver Zusammenarbeit mit der Regionalkonferenz prüfen. Dabei muss die RK konsultiert werden, sollten sich diese optimierten Varianten aus sicherheits- und bautechnischen Gründen als ungeeignet erweisen.

#### *Zürich Nordost (ZNO-6b in Marthalen)*

Die FG OFA Zürich Nordost entwickelte mit externer Fachunterstützung ein Bewertungsinstrument mit Ausschluss-, Negativ- und Toleranzkriterien. Ausschlusskriterien sind zwingende Aspekte, die zur Ablehnung eines Areals führen würden, wie z. B. eine Platzierung im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> oder eine Distanz zum nächsten Wohngebiet von unter 500 m. Als Negativ-Kriterien werden unerwünschte Aspekte aufgeführt, die zwar differenziert betrachtet werden müssen, aber nicht zwingend zu einem Ausschluss führen. Toleranzkriterien sind Punkte, welche ein allfälliger OFA-Standort idealerweise erfüllt. Sämtliche Kriterien beziehen sich auf Raumplanungs- und Umweltaspekte. Zudem wurden das kantonale Raumordnungskonzept des Kantons Zürich sowie das regionale Raumordnungskonzept Weinland als weitere Beurteilungsgrundlagen hinzugezogen.

Bei der Bewertung der ersten vier Vorschläge (ZNO-1 bis ZNO-4) waren die beiden Kriterien «Lage zu Wohngebiet» und «Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>» ausschlaggebend für die Ablehnung durch die FG OFA und die RK ZNO. Die Bewertung erfolgte zuerst individuell durch die Mitglieder der FG OFA. Der Rücklauf war jedoch teilweise gering. Danach wurden die Bewertungen im Rahmen von regulären Sitzungen der FG OFA besprochen und bereinigt.

Im November 2012 forderte die FG OFA die Nagra auf, Positivflächen aufgrund der Ausschlusskriterien der FG auszuscheiden. Von den daraus resultierenden acht Positivflächen<sup>77</sup> legte die FG OFA an einer weiteren Sitzung vier als Potenzialräume zur Weiterverfolgung fest. Die Nagra erhielt im Februar 2013 den Auftrag, innerhalb dieser vier Potenzialräume je mindestens einen Standortvorschlag für die Platzierung einer Oberflächenanlage zu erarbeiten. Dabei sollten die Negativkriterien der FG OFA auch bei diesem Schritt nicht als harte Ausschlusskriterien wirken. Die Nagra stellte im Mai 2013 die neuen Vorschläge (ZNO-5 bis ZNO-8) vor und die neu vorgeschlagenen Standorte wurden vor Ort besichtigt. Die FG OFA bat die Nagra um Optimierungen bei ZNO-1 und ZNO-5 bis ZNO-7 gemäss der Vorgaben der Fachgruppe. Nicht zuletzt setzte sich die FG OFA vertieft mit dem Thema «Emissionen in der Bau- und Betriebsphase» auseinander.

---

<sup>77</sup> Aufgrund der Evaluationsliste der FKS ergaben sich zwölf Positivflächen. Der Unterschied zu den acht Positivflächen der Nagra ergibt sich durch die Unterscheidung der Kantone innerhalb des Gewässerschutzbereiches A<sub>u</sub> in strategisches Interessensgebiete Grundwasser und übrige Grundwasserschutzgebiete. Die FG OFA wollte den Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> ganz ausklammern.

Schlussendlich erarbeitete die FG OFA einen Zwischenbericht, welcher von der Vollversammlung der RK am 25. Januar 2014 verabschiedet wurde. Gemäss diesem ist die ganze Standortregion für eine Anlage dieser Grösse ungeeignet, und alle von der Nagra vorgeschlagenen Standortareale sind in unterschiedlichem Masse ungeeignet und. Falls trotzdem eine OFA realisiert werden müsse, sei diese im Perimeter *Isenbuck/Berg* (d. h. im Gebiet der optimierten Standortvorschläge ZNO-5 und ZNO-6) anzuordnen.<sup>78</sup>

---

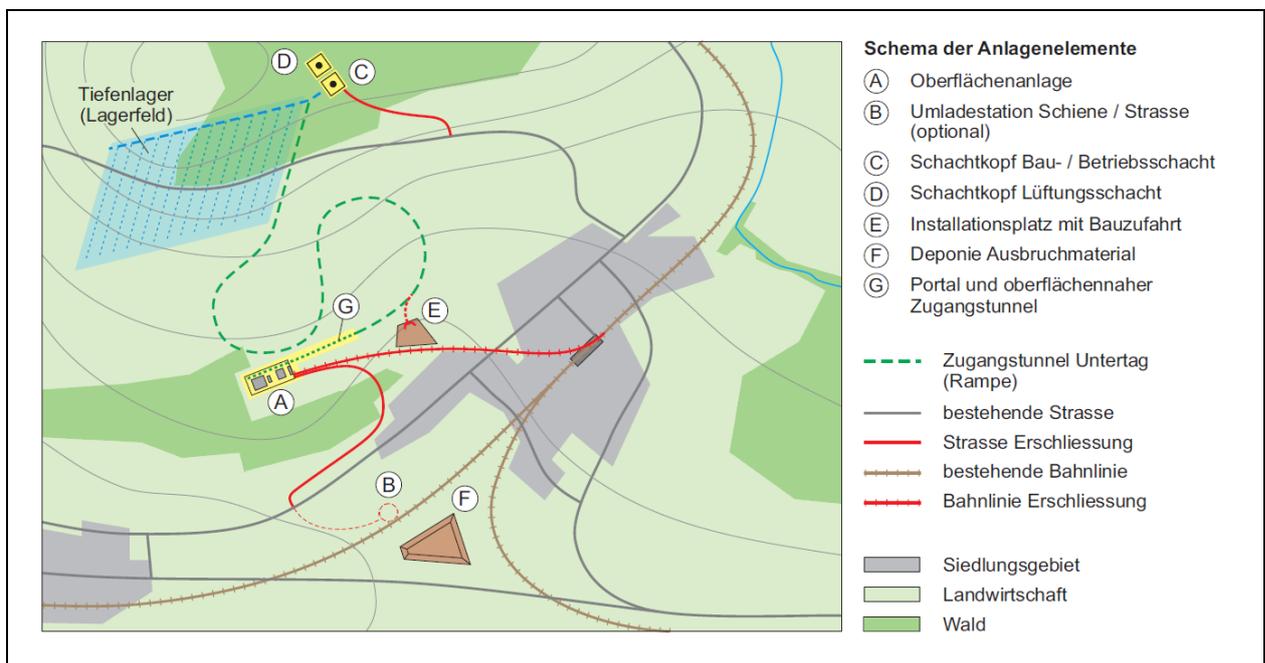
<sup>78</sup> Vgl. Seite 40, Zwischenbericht der Regionalkonferenz Zürich Nordost «Evaluation Standorte Oberflächenanlagen» (25. Januar 2014).

## 3 Beschreibung der geologischen Tiefenlager

### 3.1 Überblick

Geologische Tiefenlager sind komplexe und weitläufige Anlagen (Abb. 11). Sie bestehen aus

- Anlagen unter Tage (Hauptlager, Pilotlager, Testbereich sowie deren Zugangsbauwerke),
- Zugängen nach unter Tage (Tunnel bzw. Schächte),
- einer Oberflächenanlage (OFA), von der aus der Hauptzugang nach unter Tage erfolgt,
- einer oder mehreren Nebenzugangsanlagen (NZA) (Schachtkopfanlagen (SKA) bzw. Tunnelportale für Nebenzugänge),
- sowie weiteren oberirdischen Anlagen, Erschliessungswegen und temporär genutzten Flächen (z. B. Installationsplätze und Deponien).



**Abb. 11** Schematische und beispielhafte Übersicht über die Anlageelemente eines geologischen Tiefenlagers. (Nagra NTB 11-01)

#### *Kenntnisstand in Etappe 2*

Im vorliegenden Kapitel werden die GTL basierend auf dem Kenntnisstand in Etappe 2 beschrieben. Dieser Stand entspricht in etwa der Stufe einer Vorstudie.

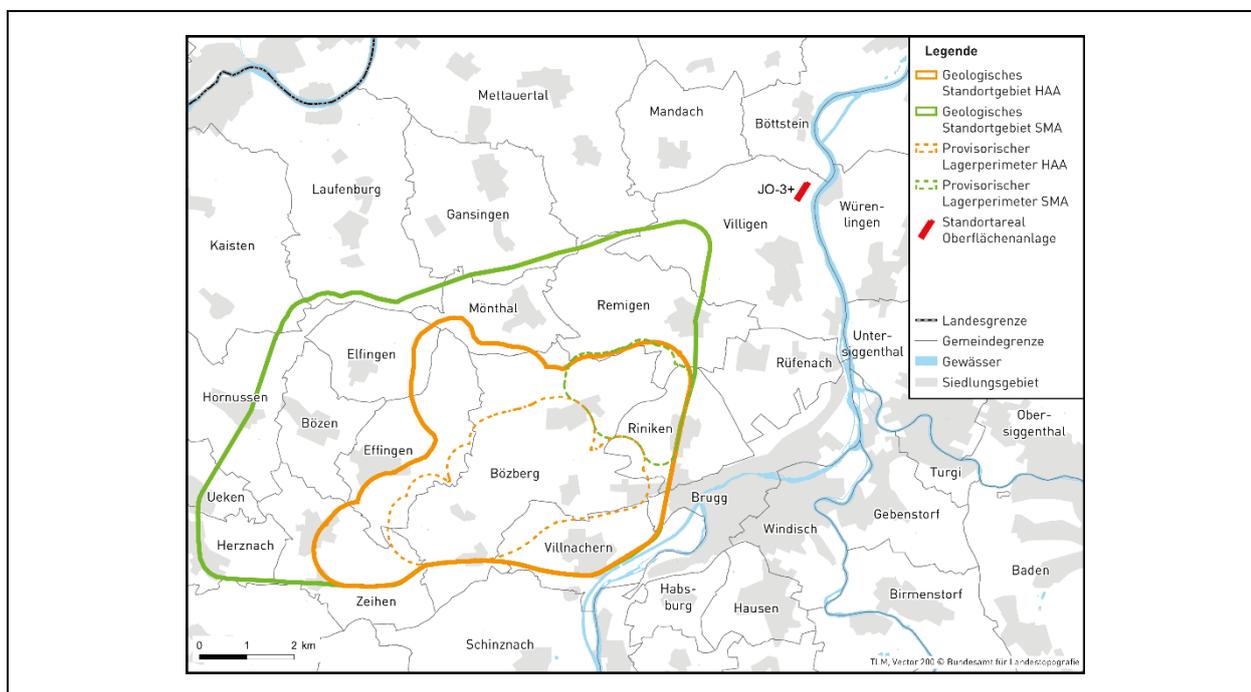
Für alle Anlageelemente bestehen grundsätzlich bereits generelle und plausible Planungen. Für die OFA und deren Erschliessung gibt es auch schon konkrete Platzierungsvorschläge in den Standortregionen. In Etappe 3 bzw. mit dem Rahmenbewilligungsgesuch werden dann auch die Lage, Grösse und Ausgestaltung der übrigen Anlageelemente konkretisiert und in den Grundzügen festgelegt. Sie können derzeit erst generisch beschrieben werden.

- Die Inhalte dieses Kapitels stammen insbesondere aus den folgenden Dokumenten der Nagra:
- NTB 11-01, Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung.
  - NTB 16-08, Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen) geologischer Tiefenlager.<sup>79</sup>
  - Planungsstudien für die OFA-Standortareale.<sup>80</sup>

### Standorte für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3

In Etappe 3 des Sachplanverfahrens sollen die Gebiete Jura Ost (JO), Nördlich Lägern (NL) und Zürich Nordost (ZNO) bezüglich ihrer Eignung für ein GTL weiter untersucht werden. Alle drei Gebiete kommen sowohl für ein SMA-, als auch für ein HAA- oder ein Kombilager in Frage.

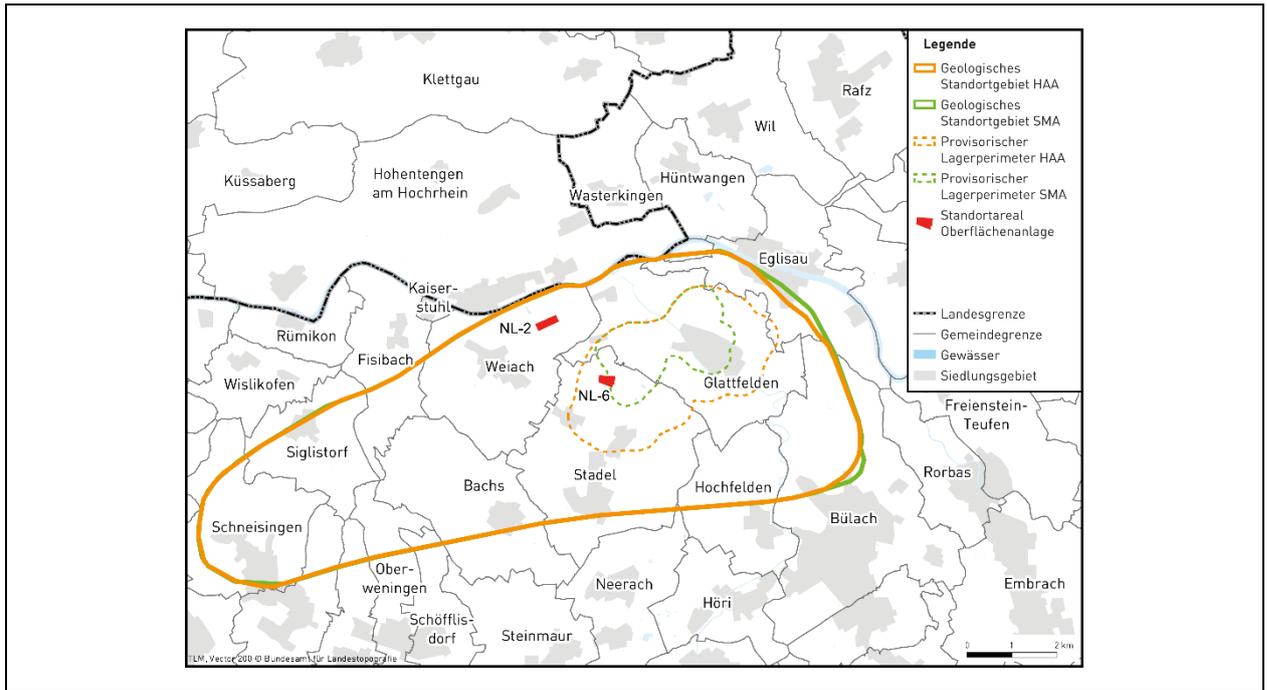
Die folgenden Abbildungen zeigen die Grenzen der geologischen Standortgebiete gemäss Sachplan, die provisorischen Lagerperimeter sowie die OFA-Standortareale dieser drei Gebiete.



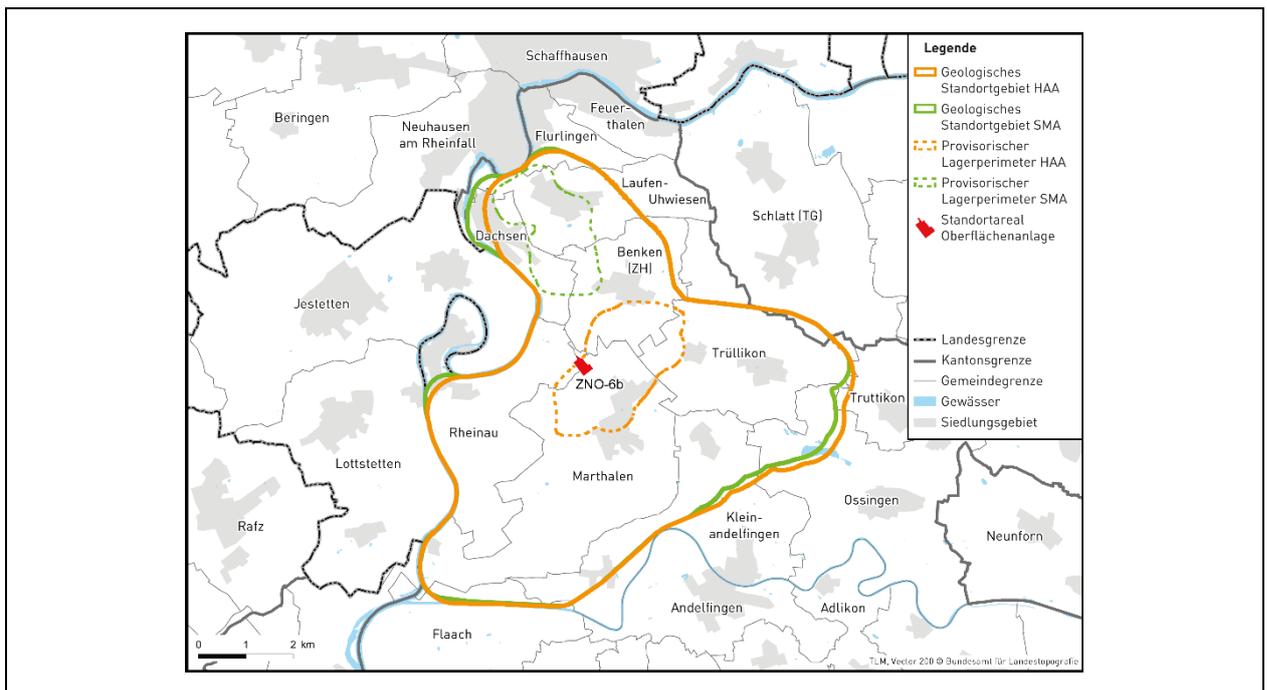
**Abb. 12** Geologische Standortgebiete, provisorische Lagerperimeter und OFA-Standortareal Jura Ost (angepasst aus Nagra-Faltblatt Erdwissenschaftliche Untersuchungen für Etappe 3).

<sup>79</sup> Dieser Bericht wurde im Hinblick auf die Vorbereitung der Arbeiten in Etappe 3 erstellt. Er ist nicht Bestandteil der Nagra-Dokumentation von Etappe 2 und damit auch nicht Gegenstand der Vernehmlassung.

<sup>80</sup> NAB 13-66 bis 13-68 für Jura Ost, NAB 14-03 bis 14-08 für Nördlich Lägern, NAB 14-27 bis 14-29 für Zürich Nordost



**Abb. 13** Geologische Standortgebiete, provisorische Lagerperimeter und OFA-Standortareale Nördlich Läger (angepasst aus Nagra-Faltblatt Erdwissenschaftliche Untersuchungen für Etappe 3, Aktualisierung NL).



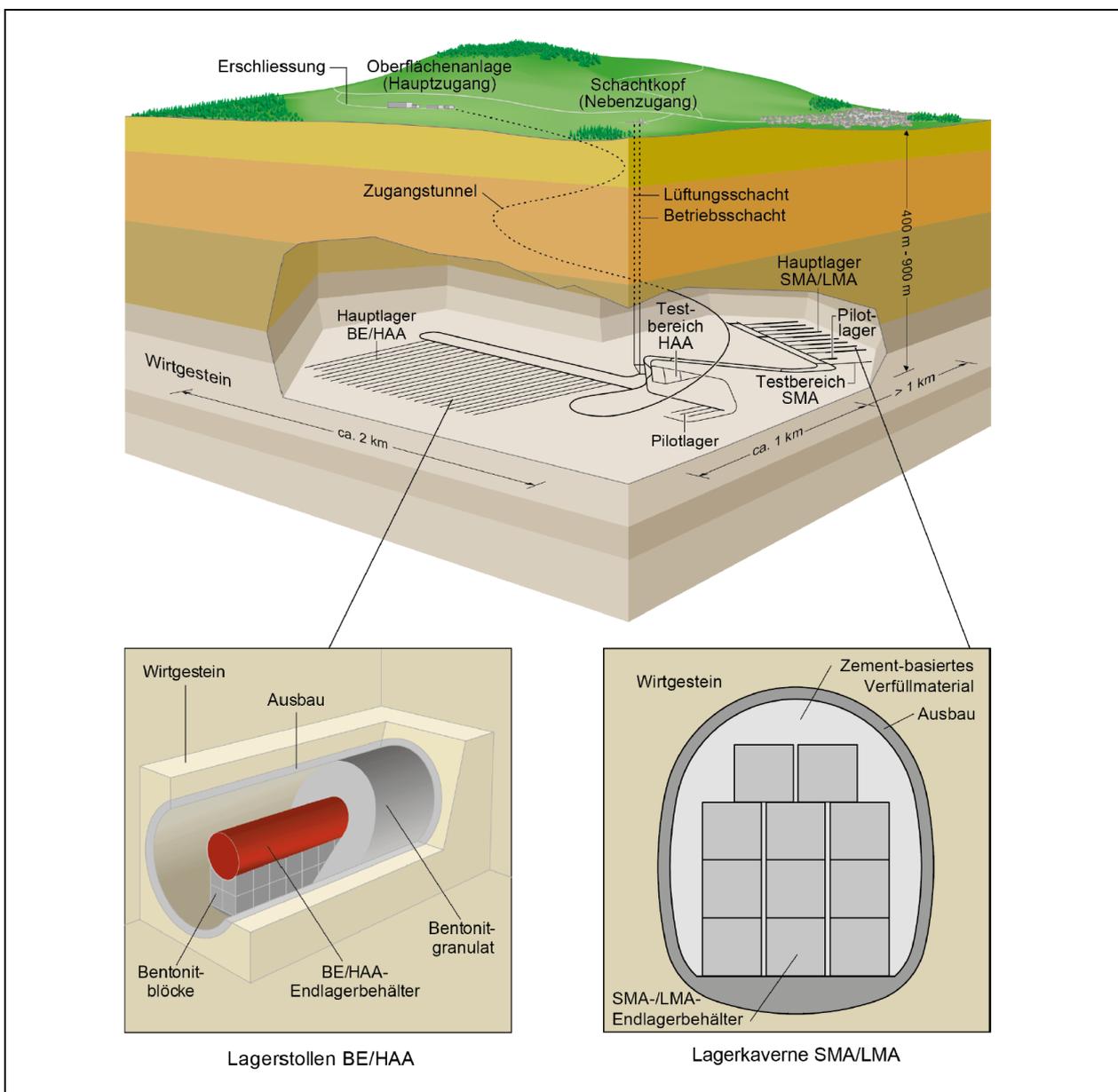
**Abb. 14** Geologische Standortgebiete, provisorische Lagerperimeter und OFA-Standortareal Zürich Nordost (angepasst aus Nagra-Faltblatt Erdwissenschaftliche Untersuchungen für Etappe 3).

### 3.2 Anlagen unter Tage (Hauptlager, Pilotlager, Testbereich)

Die Anlagen eines GTL unter Tage sind das Hauptlager mit den Lagerkammern (Stollen bzw. Kavernen) für die radioaktiven Abfälle, das Pilotlager und der Testbereich (vgl. Kap. 1.4). Abb. 15 zeigt die modellhafte Auslegung eines Kombilagers mit den wichtigsten Anlagemodulen.

Für die BE und die weiteren HAA ist die Einlagerung von Endlagerbehältern in Lagerstollen mit einem Durchmesser von mindestens 2.5 m und einer Länge zwischen 300 und 1000 m vorgesehen. Beim SMA-Lager wird der Querschnitt der Lagerkavernen an die standortspezifischen gebirgsmechanischen Bedingungen angepasst, was entsprechend unterschiedliche Längen ergibt. Typische Querschnitte haben eine Breite von 8–15 m und eine Höhe von ca. 10–20 m. Die Lagerkavernen zur Einlagerung von LMA sind jenen des SMA-Lagers ähnlich.

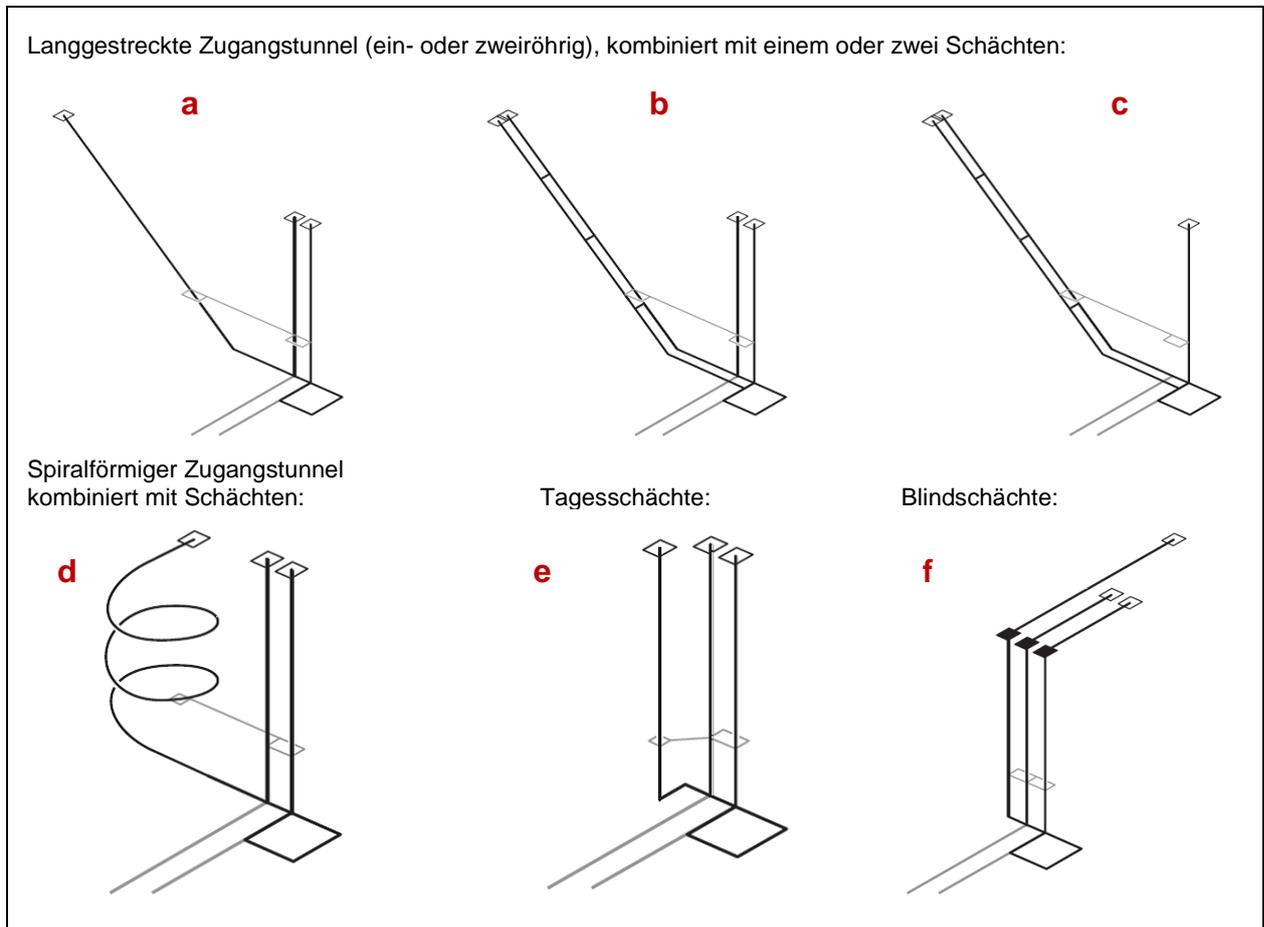
Die Lagerkammern des Hauptlagers können zu einem oder mehreren Lagerfeldern zusammengefasst werden. Weitere Infrastrukturanlagen werden in der Lagerzone für den zuverlässigen Betrieb und die Überwachung benötigt.



**Abb. 15** Schematische Übersicht über die unter Tage gelegenen Anlagen eines geologischen Tiefenlagers am Beispiel eines Kombilagers (Nagra NTB 16-01).

### 3.3 Zugänge nach unter Tage

Die Anlagen unter Tage werden durch Tunnel oder Schächte erschlossen, auch Kombinationen der beiden Erschließungsformen sind möglich. Tunnel können langgestreckt oder spiralförmig sein, Schächte entweder als Tages- oder als Blindschächte (mit Stichtunnel) ausgeführt werden. Im Einlagerungsbetrieb sind für jeden Lagertyp i.d.R. drei Zugänge notwendig. Die Art und die Anordnung der Zugangsbauwerke hängen von den standortspezifischen Randbedingungen ab. Mögliche Zugangs-konfigurationen sind in Abb. 16 schematisch dargestellt.



**Abb. 16** Schematische Skizzen möglicher Konfigurationen der Zugänge nach unter Tage (NTB 16-08).

#### Hauptzugang

Der Hauptzugang führt von der OFA zum Lagerbereich. Er dient dem Transport der Endlagerbehälter mit den radioaktiven Abfällen und der Verfüll- und Versiegelungsmaterialien, dem Zugang für das Betriebspersonal, der Entlüftung, der Energie- und Wasserversorgung sowie der Entwässerung.

#### Nebenzugänge

Die Nebenzugänge erschliessen den Lagerbereich von Standorten aus, die in der Regel ausserhalb des OFA-Areals liegen.<sup>81</sup> Dazu braucht es an der Oberfläche Nebenzugangsanlagen (NZA): im Fall von Tagesschächten sind das Schachtkopfanlagen (SKA), im Fall von Tunneln und Blindschächten sind es Portale.

<sup>81</sup> In einzelnen Fällen ist auch ein Standort innerhalb der OFA oder direkt angrenzend ans OFA-Areal denkbar.

Von den Nebenzugängen dient einer der Zufuhr von Frischluft. Der bzw. die andere(n) dienen als Zugang für Besucher (optional auch für das Betriebspersonal), der redundanten Energie- und Wasserversorgung, der Entlüftung sowie optional der Entwässerung. Über die Nebenzugänge werden keine radioaktiven Abfälle transportiert. Die Abluft und das Abwasser stammen nur aus dem nichtnuklearen Teil der Anlage.

Es ist möglich, dass die Nebenzugänge zeitlich vor dem Hauptzugang gebaut werden. In diesem Fall werden sie während der Projektierungs- und Bauphase als Zugang für die erdwissenschaftlichen Untersuchungen unter Tage (EUU) und für die für den Bau des Lagerbereiches nötigen Transporte benützt. Bei einem HAA- oder Kombilager werden über die NZA auch während dem Einlagerungsbetrieb Bautransporte für den Bau der Lagerstollen ausgeführt.

#### **Jura Ost**

Im Standortgebiet JO ist aufgrund der grossen horizontalen Entfernung der OFA zum Lagerbereich klar, dass der Hauptzugang als langgestreckter Tunnel ausgeführt werden muss. Als Nebenzugänge sind ein paralleler Tunnel zum Hauptzugang und zusätzlich ein oder zwei Tagesschächte vorgesehen. Im Falle von zwei Tagesschächten könnte u. U. im Laufe der Konkretisierung des Projektes auf den Nebenzugangstunnel verzichtet werden. Die Zugangskonfiguration entspricht damit den Beispielen a–c in Abb. 16.

#### **Nördlich Lägern NL-2**

Beim OFA-Standort NL-2 ist der Hauptzugang als Tunnel oder als Blindschacht vorgesehen. Die Nebenzugänge sollen als Schächte oder als Blindschächte ausgeführt werden. Die Zugangskonfiguration entspricht damit den Beispielen d (allerdings mit Blindschächten) oder f in Abb. 16.

#### **Nördlich Lägern NL-6**

Beim OFA-Standort NL-6 kann der Hauptzugang als Tunnel, als Tages- oder als Blindschacht ausgeführt werden. Als Nebenzugänge sind Tagesschächte vorgesehen, allenfalls kommen auch Blindschächte in Frage. Dies entspricht den Beispielen d–f in Abb. 16.

#### **Zürich Nordost**

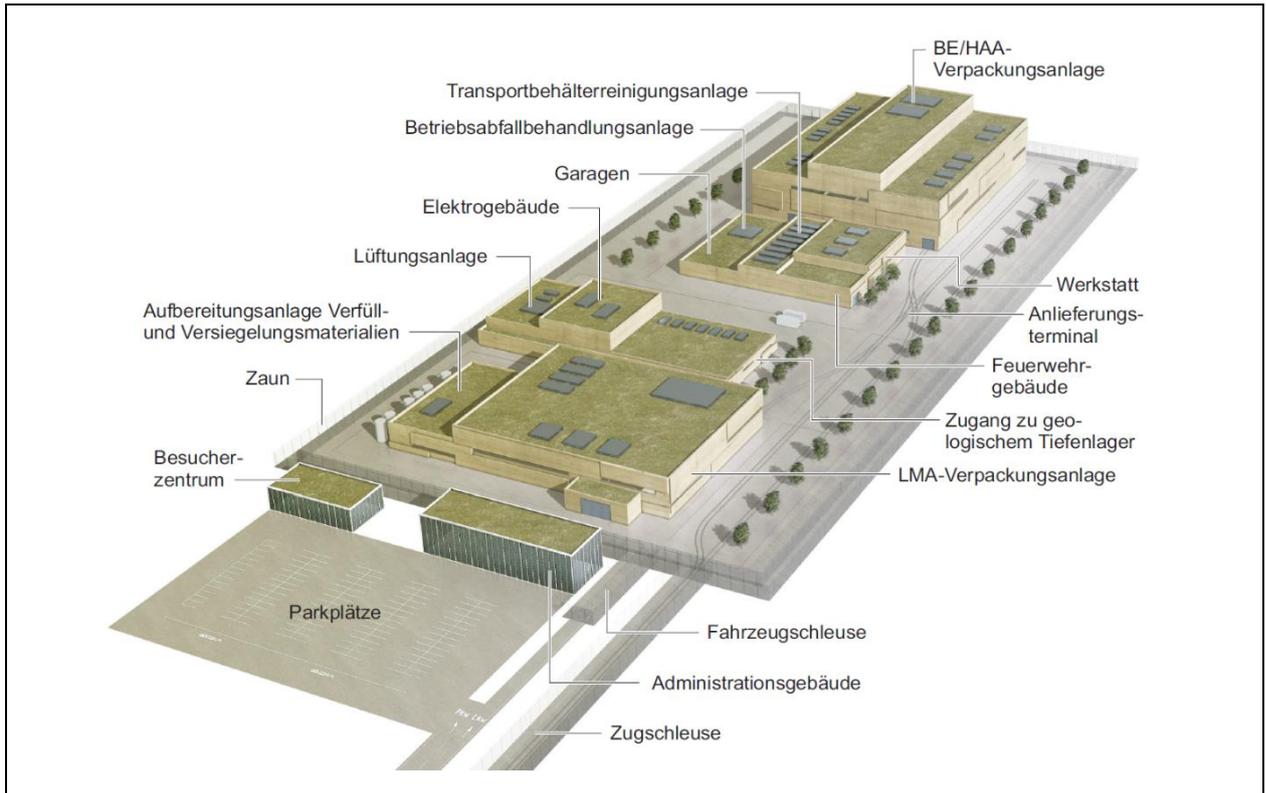
Im Standortgebiet ZNO kann der Hauptzugang als Tunnel oder als Tagesschacht realisiert werden. Als Nebenzugänge sind Tagesschächte vorgesehen. Dies entspricht den Zugangskonfigurationen d und e in Abb. 16.

### **3.4 Oberflächenanlage (OFA)**

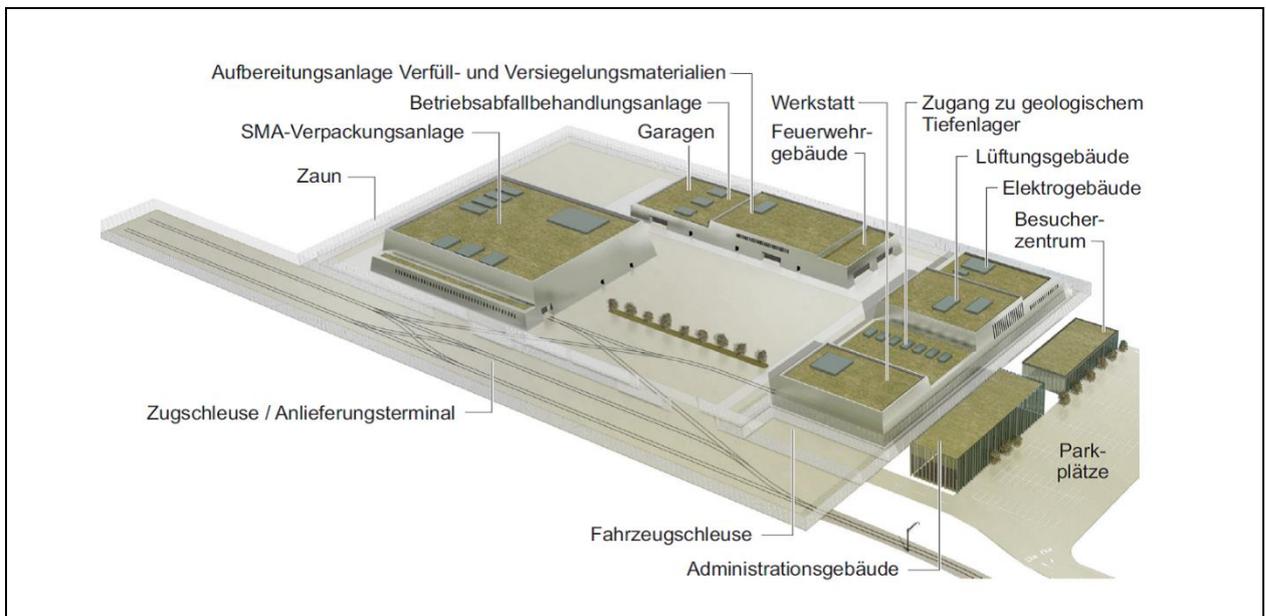
Die OFA umfasst die Anlagen und Gebäude am Standort des Portals bzw. den Schachtkopf des Hauptzugangs zum Lagerbereich. Hier werden folgende Arbeitsschritte erledigt:

- Annahme der Abfälle und deren Vorbereitung für die Einlagerung, inkl. Anlieferung und Rückschub der dazu erforderlichen Endlager- und Transportbehälter und der Verfüll- und Versiegematerialien sowie weiterer Betriebsmaterialien.
- Verlad und Transport der mit den Abfällen beladenen Endlagerbehälter sowie der für die Verfüllung und Verschluss erforderlichen Materialien nach unter Tage.
- Nebenprozesse für den sicheren Betrieb der OFA und der Anlagen unter Tage.

Der Flächenbedarf einer OFA entspricht beim HAA-Lager und beim Kombilager maximal ca. 8 ha und beim SMA-Lager maximal ca. 5 ha. Diese Flächen werden erst während des Einlagerungsbetriebs vollumfänglich benötigt und könnten während den Phasen mit Bauaktivitäten teilweise für Baustelleneinrichtungen benützt werden.



**Abb. 17** Modellhafte Darstellung der OFA für ein HAA-Lager (NTB 11-01).

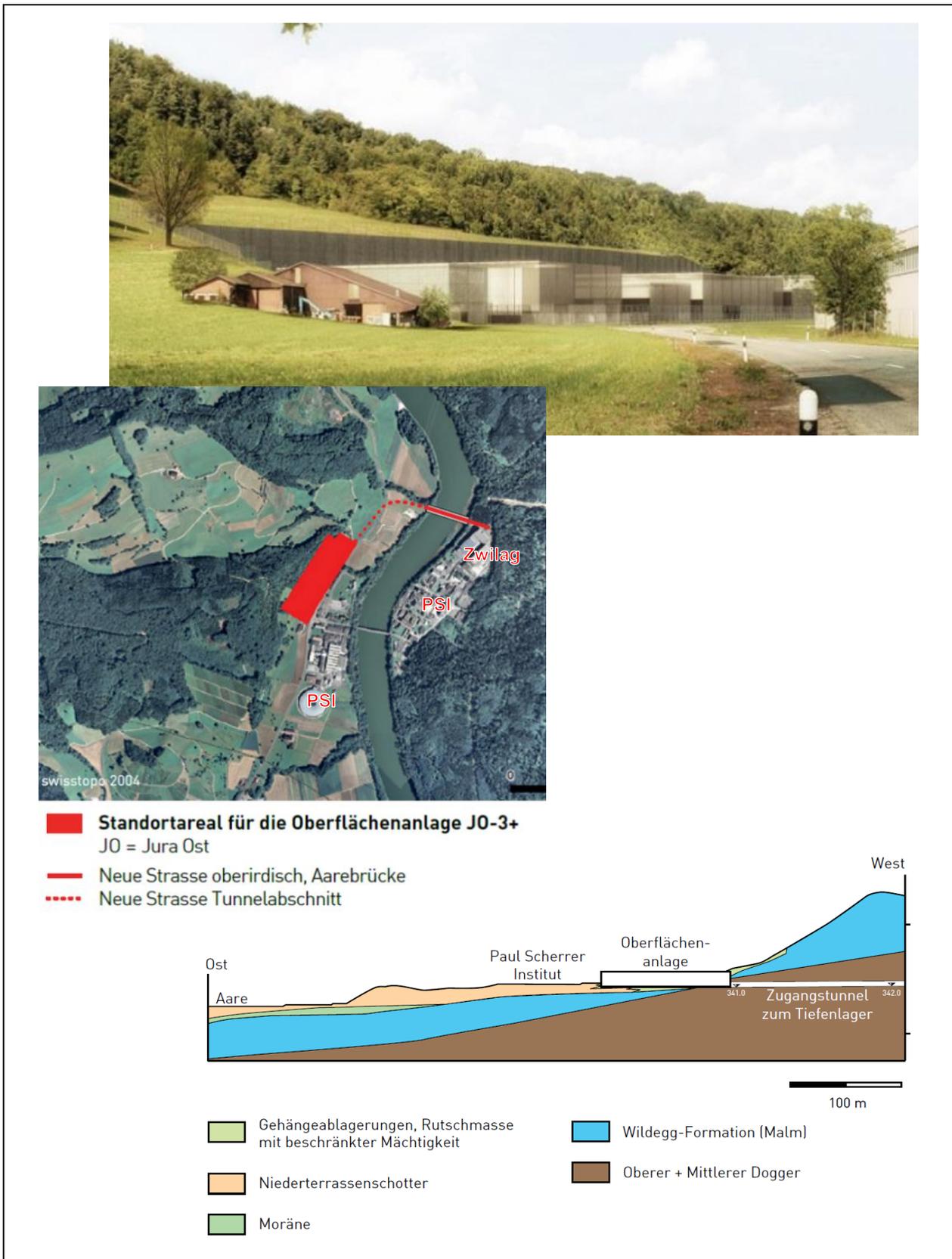


**Abb. 18** Modellhafte Darstellung der OFA für ein SMA-Lager (NTB 11-01).

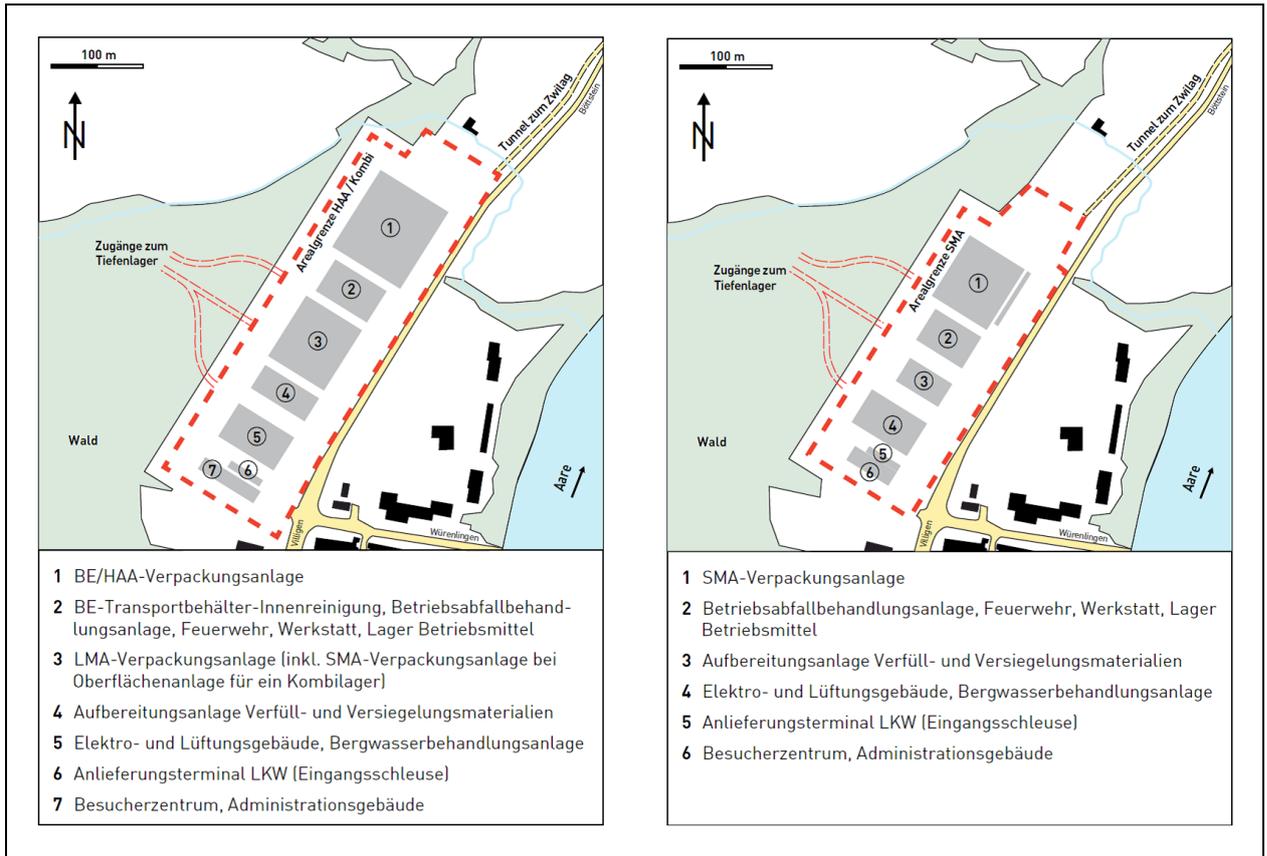
Abb. 17 und Abb. 18 zeigen modellhaft mögliche Ausgestaltungen der OFA für ein HAA- bzw. SMA-Lager während des Einlagerungsbetriebs, wobei die Anordnung der einzelnen Anlagemodule relativ flexibel ist und dem konkreten Standort angepasst werden kann. Die OFA eines Kombilagers unterscheidet sich nicht wesentlich von jener eines HAA-Lagers.

Die Gebäudehöhen liegen unter 15 m. Ausnahmen sind die BE-/HAA-Verpackungsanlage (BEVA) beim HAA- oder Kombilager, welche bis maximal ca. 25 m hoch werden kann, und im Falle eines Schachts als Hauptzugang der Förderturm, welcher bis maximal ca. 35 m hoch werden kann.

Jura Ost



**Abb. 19** Standortareal JO-3+ (Beispiel HAA): Lage und Erschliessung (Mitte), mögliche Gestaltung und Einbindung in die Umgebung (oben), geologisches Profil durch Anlage und Zugangstunnel (unten). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Jura Ost, Standortareal JO-3+, 2013)



**Abb. 20** Mögliche Anordnung der Anlagemodule für die OFA JO-3+ für ein HAA- oder Kombilager (links) bzw. SMA-Lager (rechts). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Jura Ost, Standortareal JO-3+, 2013)

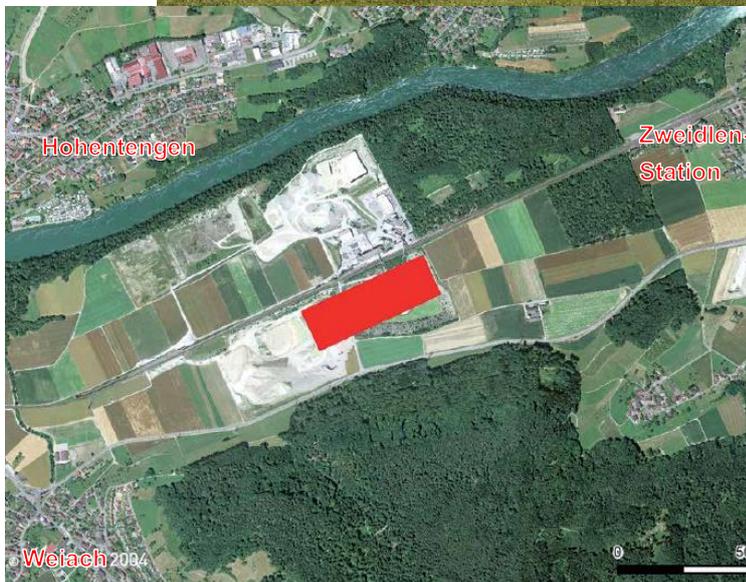
Das Standortareal JO-3+ liegt im Kanton AG im unteren Aaretal zwischen Villigen und Böttstein, in der Nähe des Paul Scherrer Instituts (PSI) und der Zwiilag.<sup>82</sup> Es befindet sich zwischen der Kantonsstrasse K442 und dem Hangfuss, ca. 200 m von der Aare entfernt, auf einer gegenüber dieser um 20 m erhöhten Terrassenschulter (Abb. 19).

Die OFA für ein HAA- oder ein Kombilager benötigt ca. 6,2 ha Land. Bei einem SMA-Lager werden dafür ca. 4,6 ha benötigt (Abb. 20). Die Höhe der BEVA über Terrain beträgt 17 m (Anordnungsvariante mit tiefer gelegter Verpackungsanlage). Bei einem SMA-Lager ist die SMA-Verpackungsanlage mit einer Höhe von ca. 13 m das höchste Gebäude. Einige der Gebäude würden mit Hilfe einer Stützmauer in den Osthang des Geissbergs gebaut.

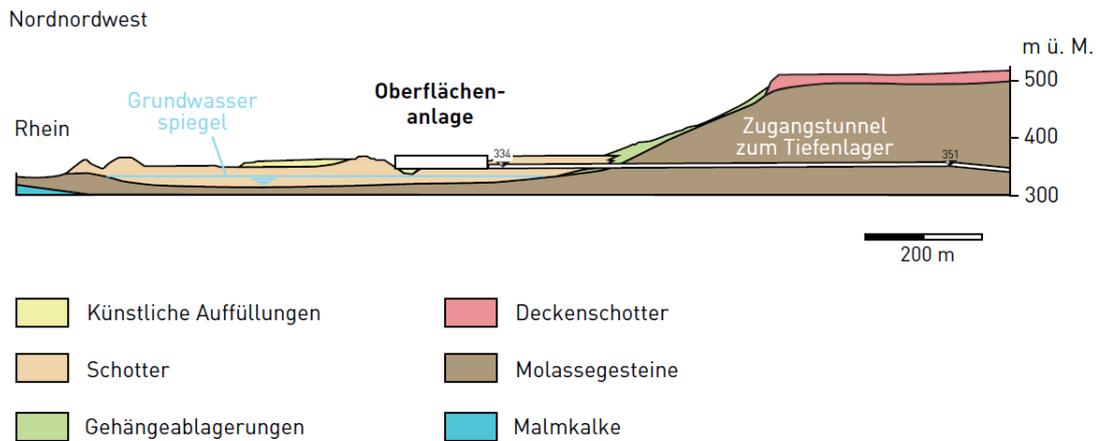
Das Standortareal ist durch die direkt angrenzende Kantonsstrasse K442 erschlossen. 2 km östlich befindet sich die Umladestation Schiene-Strasse der Zwiilag, welche auch für das GTL benützt werden soll. Für den Transport der radioaktiven Abfälle ist eine nicht öffentliche Verbindung von der Zwiilag über eine neu zu bauende Strassenbrücke über die Aare mit anschliessendem Verbindungstunnel zur OFA vorgesehen. Diese kann während Phasen mit Bauaktivitäten auch für den Bau- und Betriebsverkehr benutzt werden. Denkbar ist auch ein direkter Transport des Ausbruchmaterials mit Förderbändern zu einer Deponie oder zu einem Bahnanschluss.

<sup>82</sup> Die Zwiilag Zwischenlager Würenlingen AG ist ein Unternehmen der Schweizer KKW-Betreiber, welche in Würenlingen eine Anlage zur Behandlung, Verpackung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle betreibt.

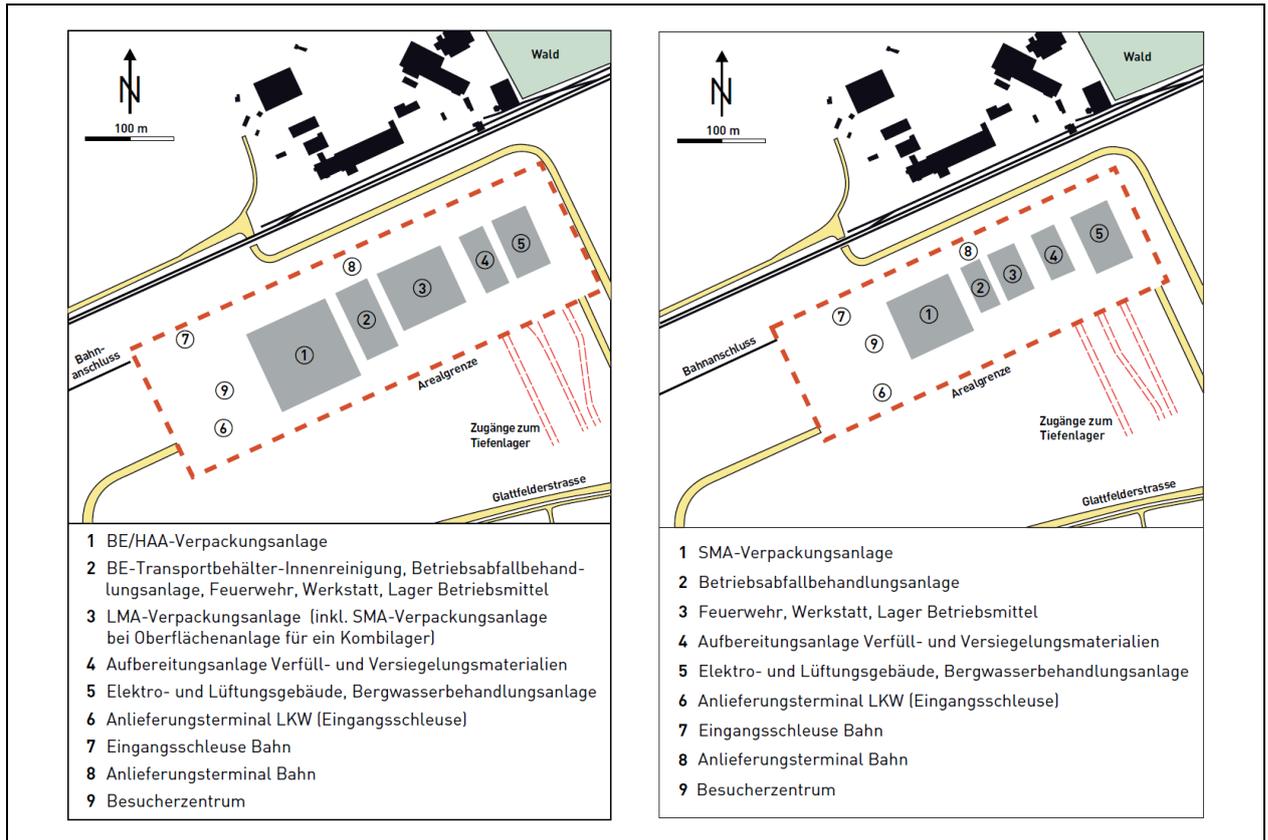
Nördlich Lägern NL-2



**Standortareal für die Oberflächenanlage NL-2**  
NL = Nördlich Lägern



**Abb. 21** Standortareal NL-2 (Beispiel HAA): Lage (Mitte), mögliche Gestaltung und Einbindung in die Umgebung (oben), geologisches Profil durch Anlage und Zugangstunnel (unten). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Nördlich Lägern, Standortareal NL-2, 2014)



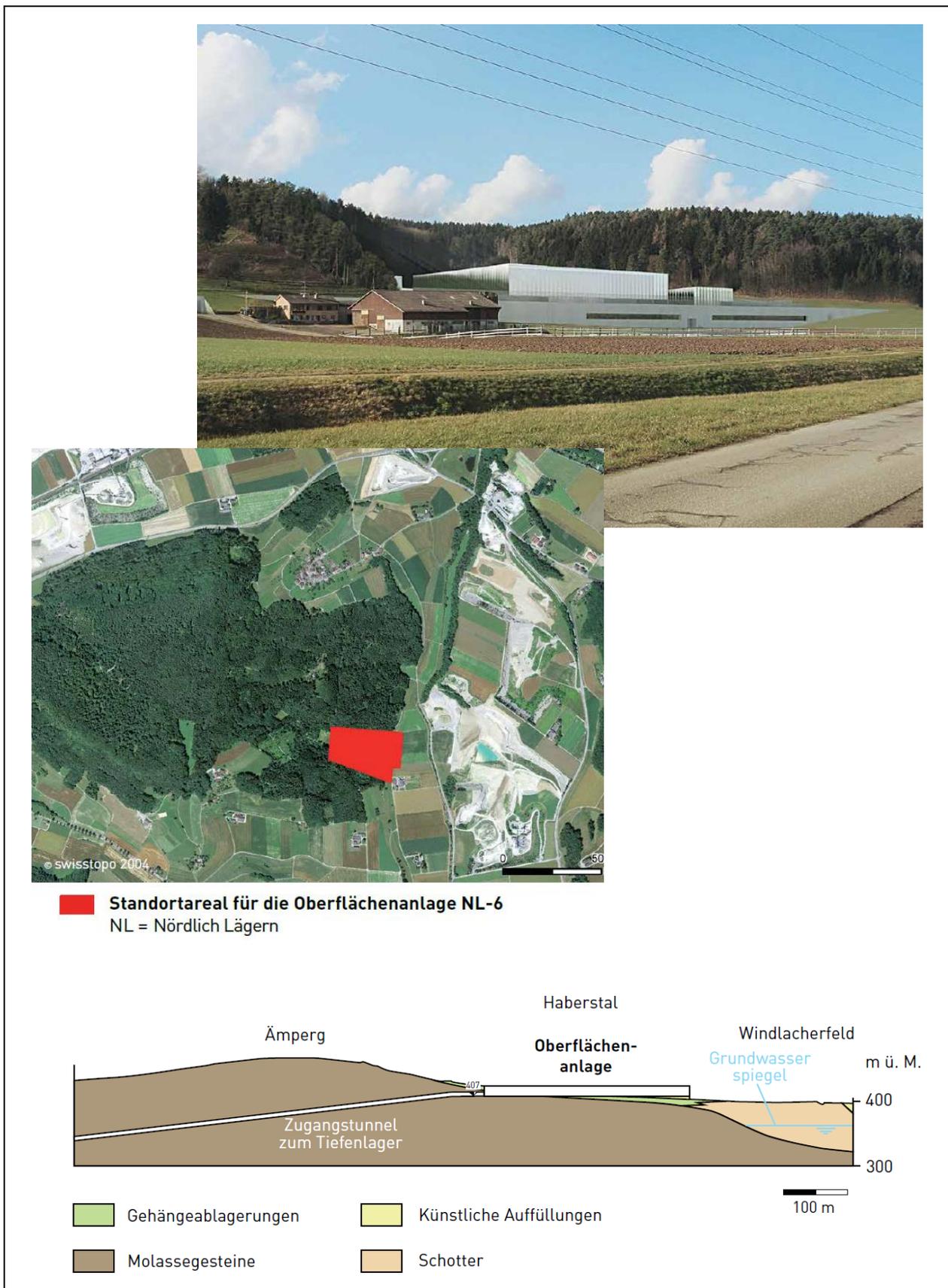
**Abb. 22** Mögliche Anordnung der Anlagemodule für die OFA NL-2 für ein HAA- oder Kombilager (links) bzw. SMA-Lager (rechts). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Jura Ost, Standortareal NI-2, 2014)

Das Standortareal NL-2 liegt im Kanton ZH in der Ebene zwischen Weiach und Zweidlen-Station. Nördlich – am deutschen Rheinufer – liegt Hohentengen, im Süden wird die Ebene vom Ämpberg begrenzt. Der Abstand zum Rhein beträgt ca. 550 m. Das Standortareal befindet sich im Bereich einer heutigen Kiesgrube, direkt an der Bahnlinie Koblenz–Winterthur (Abb. 21)

Die OFA für ein HAA- oder ein Kombilager benötigt ca. 8,1 ha Land. Bei einem SMA-Lager werden dafür ca. 6 ha benötigt (Abb. 22). Mit der Platzierung der Bauten in den bestehenden Aushubbereich der Kiesgrube kann deren Höhe über der Ebene teilweise abgesenkt werden. Beim HAA- oder Kombilager beträgt die Höhe der BEVA über Terrain 10 m. Bei einem SMA-Lager wären keine Gebäude höher als das umliegende Gelände.

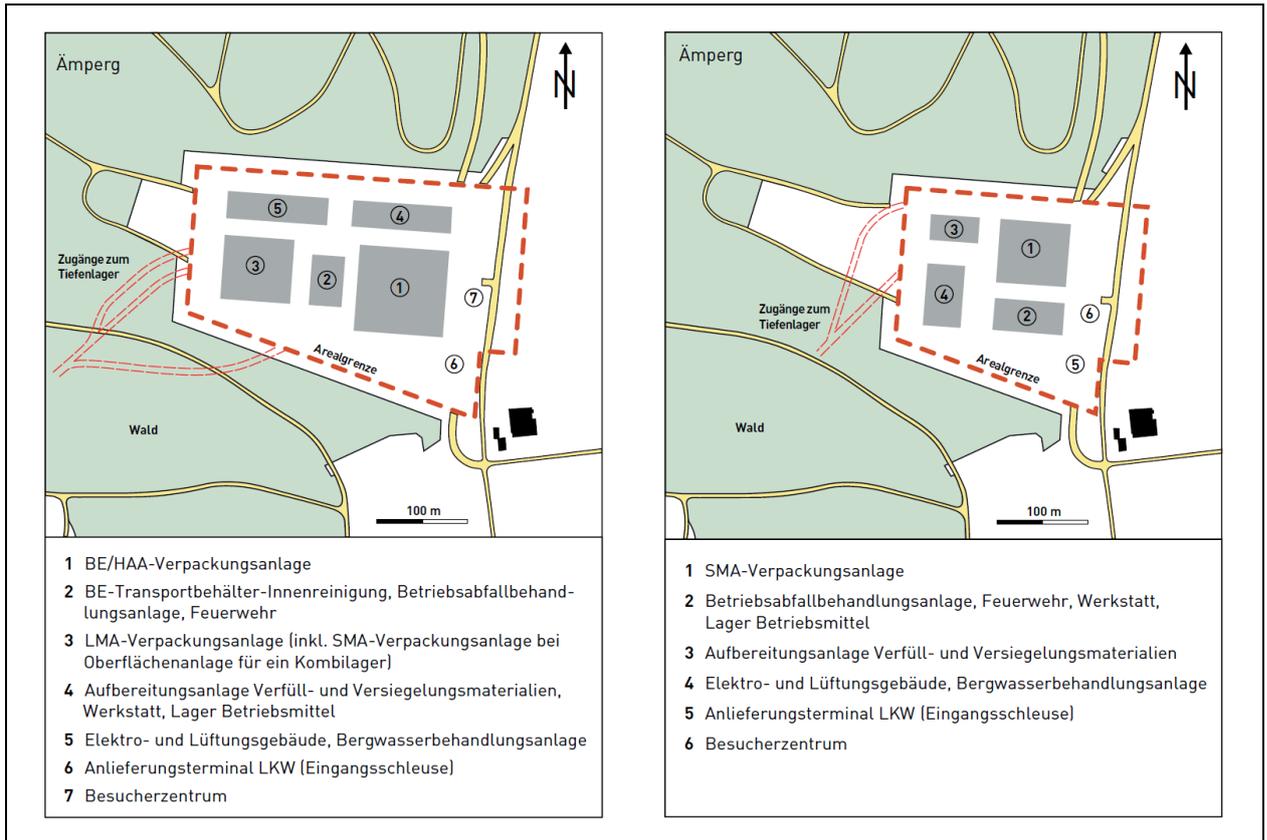
Das Standortareal kann mit einem Anschlussgleis an die angrenzende Bahnlinie sowie mit einer Zufahrtsstrasse zur südlich in 150 m Entfernung verlaufenden HVS 7 (Glattfelderstrasse) erschlossen werden. Der Transport der radioaktiven Abfälle erfolgt bevorzugt mit der Bahn. Das Baumaterial wird je nach Möglichkeit per Bahn oder LKW transportiert. Das Aushub- und Ausbruchmaterial kann voraussichtlich über Förderbänder oder LKW in naheliegende Deponien gebracht werden.

### Nördlich Lägern NL-6



**Standortareal für die Oberflächenanlage NL-6**  
NL = Nördlich Lägern

**Abb. 23** Standortareal NL-6 (Beispiel HAA): Lage (Mitte), mögliche Gestaltung und Einbindung in die Umgebung (oben), geologisches Profil durch OFA und Zugangstunnel (unten). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Nördlich Lägern, Standortareal NL-6, 2014)



**Abb. 24** Mögliche Anordnung der Anlagemodule für die OFA NL-6 für ein HAA- oder Kombilager (links) bzw. SMA-Lager (rechts). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Nördlich Lägern, Standortareal NL-6, 2014)

Das Standortareal NL-6 liegt im Kanton ZH zwischen Windlach und Zweidlen, im Haberstal an der Ostseite des Ämpergs. Das Areal wird heute land- und forstwirtschaftlich genutzt. Es ist auf drei Seiten von Wald umgeben und öffnet sich gegen das östlich gelegene Kiesabbaugebiet Rütifeld im Windlacherfeld (Abb. 23).

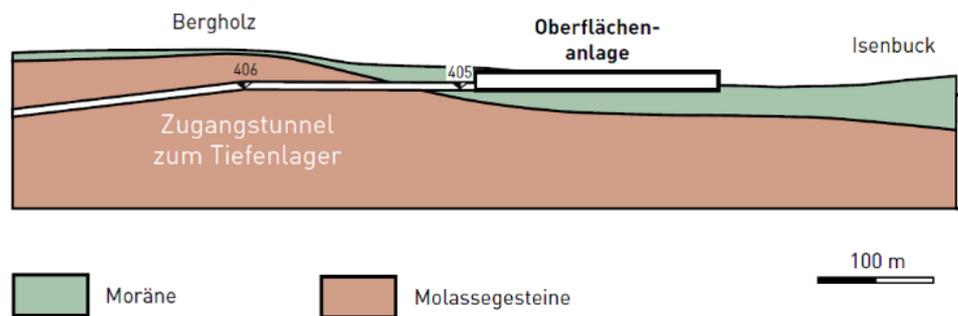
Die OFA für ein HAA- oder ein Kombilager benötigt ca. 7,4 ha Land. Bei einem SMA-Lager werden dafür ca. 5,2 ha benötigt (Abb. 24). Beim HAA- oder Kombilager beträgt die Höhe der BEVA über Terrain 18 m. Bei einem SMA-Lager misst die SMA-Verpackungsanlage als höchstes Gebäude zirka 14 Meter. Das Standortareal bedingt eine 400 m lange und bis zu 12 m hohe Stützmauer, welche die beiden Talflanken des Haberstals verbindet.

Ein direkter Bahnanschluss ist aufgrund der Lage und Entfernung des Standortareal zur bestehenden Bahnlinie nicht vorgesehen. Von einer Umladestation an der Bahnlinie im Gebiet Zweidlen erfolgt die Erschliessung über die ca. 850 m östlich verlaufende Kantonsstrasse K348. Die bestehende Verbindungsstrasse vom Standortareal zur K348 müsste zu diesem Zweck ausgebaut werden. Der Transport der radioaktiven Abfälle erfolgt ab Umladestation mit LKW. Auch das Baumaterial soll hauptsächlich per LKW transportiert werden. Das Aushub- und Ausbruchmaterial kann voraussichtlich aufgrund der sehr kurzen Distanzen zu Beton- und Kieswerken direkt per Förderband von der OFA in die Depone transportiert werden.

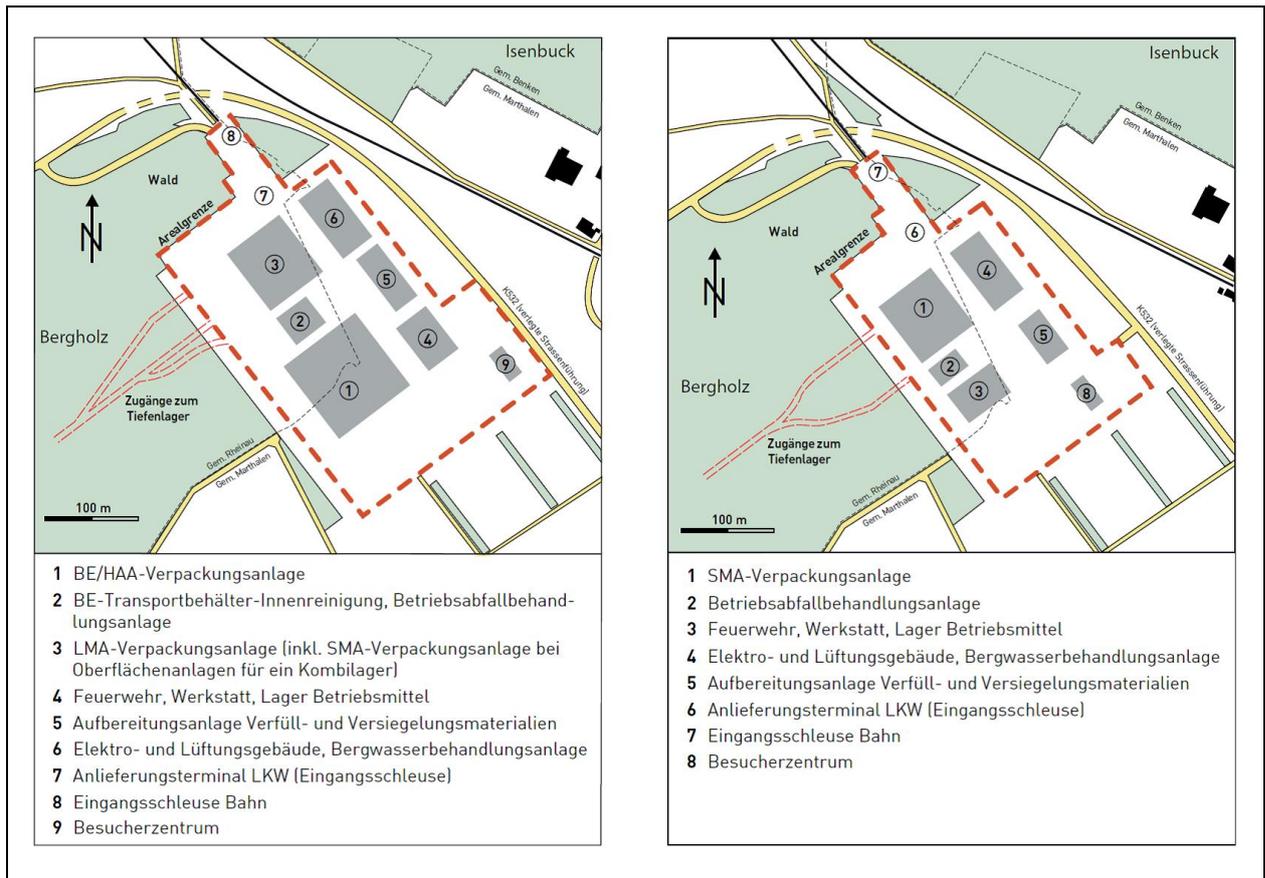
Zürich Nordost



**Standortareal für die Oberflächenanlage ZNO-6b**  
ZNO = Zürich Nordost



**Abb. 25** Standortareal ZNO-6b (Beispiel HAA): Lage (Mitte), mögliche Gestaltung und Einbindung in die Umgebung (oben), geologisches Profil durch Anlage und Zugangstunnel (unten).  
(Nagra-Faktenblatt Standortregion Zürich Nordost, Standortareal ZNO-6b, 2014)



**Abb. 26** Mögliche Anordnung der Anlagemodule für die OFA ZNO-6b für ein HAA- oder Kombilager (links) bzw. für ein SMA-Lager (rechts). (Nagra-Faktenblatt Standortregion Zürich Nordost, Standortareal ZNO-6b, 2014)

Das Standortareal ZNO-6b befindet sich im Zürcher Weinland auf dem Gemeindegebiet von Rheinau und Marthalen, zwischen dem Hügelzug Cholfirst und dem ca. 1 km entfernten Rhein. Es liegt im Bereich von Landwirtschafts- und Waldflächen zwischen den Erhebungen Bergholz und Isenbuck (Abb. 25).

Die OFA für ein HAA- oder ein Kombilager benötigt ca. 8 ha Land, bei einem SMA-Lager sind es ca. 5,2 ha (Abb. 26). Die BEVA ist mit 17 m Höhe vorgesehen (Anordnungsvariante mit tiefer gelegter Verpackungsanlage). Bei einem SMA-Lager ist die SMA-Verpackungsanlage als höchstes Gebäude ca. 13 m hoch.

Der Bahnanschluss erfolgt ab der Bahnlinie Schaffhausen–Winterthur mit einem neu zu erstellenden Gleis. Die regionale Verbindungsstrasse K532 verläuft gegenwärtig durchs Standortareal. Für den Bau müsste sie teilweise verlegt und ein neuer Strassenanschluss für die OFA erstellt.

Der Transport der radioaktiven Abfälle erfolgt mit der Bahn. Das Baumaterial wird je nach Möglichkeit per Bahn oder LKW transportiert. Das Aushub- und Ausbruchmaterial kann voraussichtlich über Förderbänder oder LKW in Aushubdeponien in der Nähe gebracht werden.

## 3.5 Nebenzugangsanlagen, Erschliessung und weitere beanspruchte Flächen

### 3.5.1 Nebenzugangsanlagen (NZA)

NZA stehen am Ausgangspunkt der Nebenzugänge an der Erdoberfläche. Dabei handelt sich um Schachtkopfanlagen (SKA) oder um Tunnelportale. Ihr Standort wird in Etappe 3 des Sachplanverfahrens festgelegt, wenn der Lagerbereich im Untergrund aufgrund vertiefter Erkundungen genauer bestimmt ist. Die für den Betrieb grundsätzlich erforderlichen zwei NZA können auf einem gemeinsamen Areal oder als Einzelanlagen platziert werden. Grundsätzlich ist auch die Platzierung einer NZA auf oder direkt neben dem OFA-Areal denkbar.

Die NZA für die verschiedenen Lagertypen unterscheiden sich nicht wesentlich, ausser dass für ein HAA- oder ein Kombilager auch während des Einlagerungsbetriebs Flächen für die Bautätigkeit benötigt werden, weil zeitgleich zur Einlagerung die nächsten Lagerstollen ausgebrochen werden. Sollten bei einem Kombilager die SMA- und HAA-Lagerfelder weit auseinander liegen, würde allenfalls eine zusätzliche NZA erforderlich.

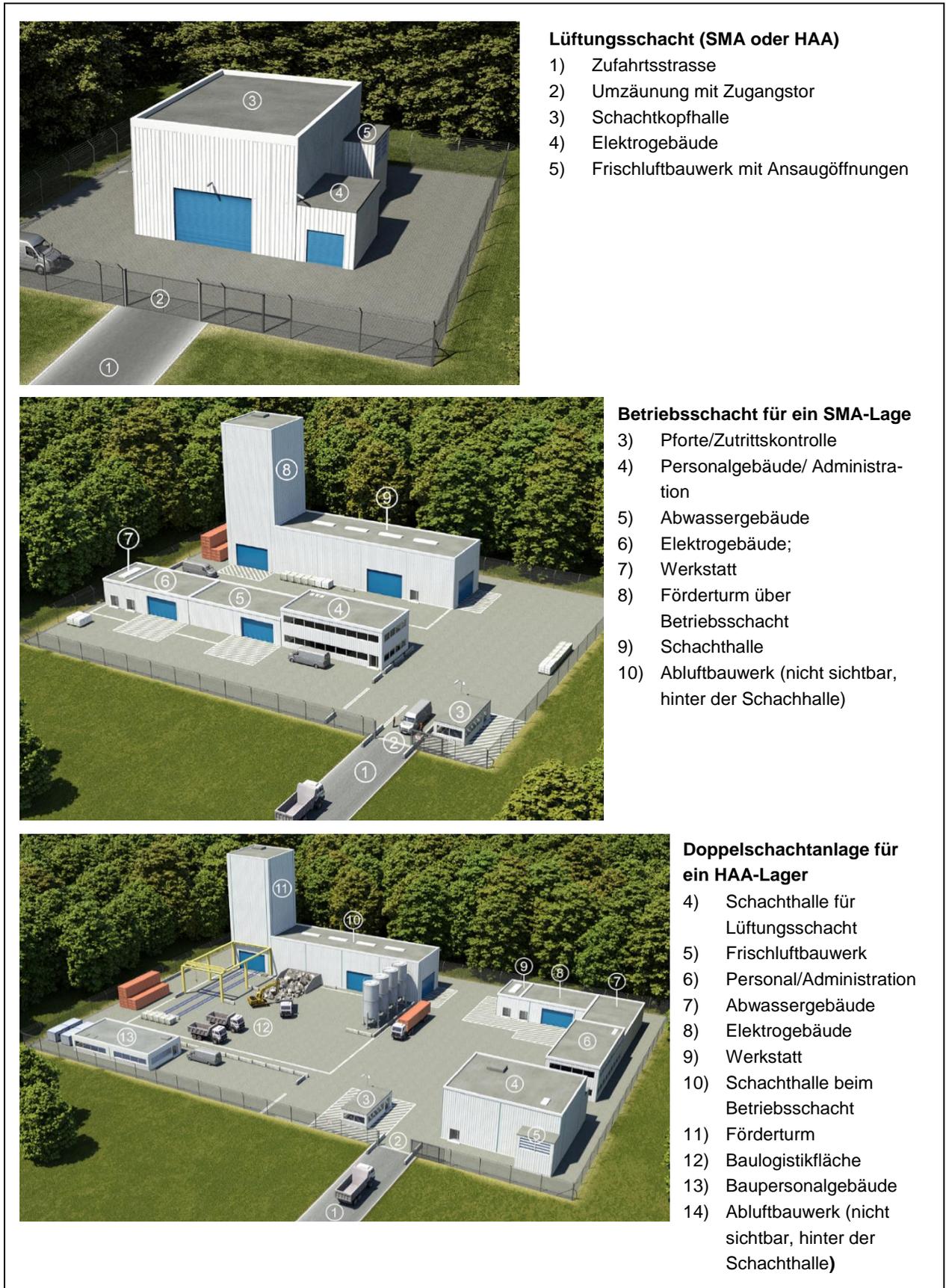
#### *Schachtkopfanlagen*

Mögliche Konfigurationen von SKA sind in Abb. 27 dargestellt.

Die kleinstmögliche NZA ist eine alleinstehende SKA für die Frischluftzufuhr (Lüftungsschacht). Sie benötigt ca. 0,2 ha Land. Ausser während der Erstellung und des Rückbaus sind die Personen- und Materialströme klein. Die Schachtkopfhalle ist ca. 10 m hoch.

Eine alleinstehende SKA für einen Betriebszugang benötigt bei einem SMA-Lager ca. 0,5 ha Land. Beim HAA-Lager laufen auch während des Einlagerungsbetriebs Bautransporte über den Betriebschacht, weshalb eine grössere Fläche (ca. 1 ha) benötigt wird. Es ist auch während der Betriebszeit mit wahrnehmbaren Material- und Personentransporten zu rechnen. Der Schachtförderturm ist in beiden Fällen ca. 30 m hoch.

Bei einer Doppelschachtanlage werden die SKA für Lüftungs- und Betriebsschacht auf dem selben Areal kombiniert. Der Platzbedarf beträgt ca. 1 ha bei einem SMA- und ca. 2 ha bei einem HAA-Lager.



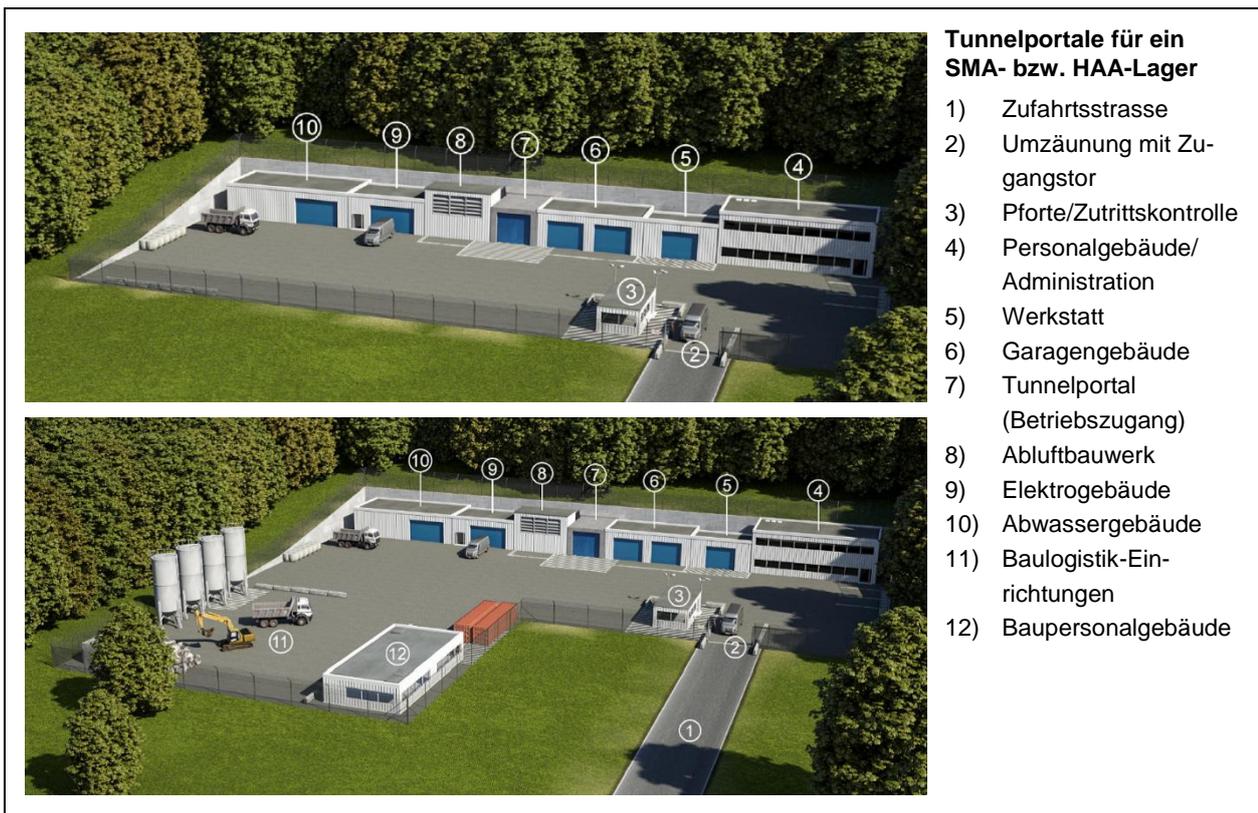
**Abb. 27** Modellhafte Darstellung verschiedener Konfigurationen von Schachtkopfanlagen (NTB 16-08).

### Nebenzuganganlagen in Form von Tunnelportalen

Mögliche Formen von NZA in Form von Tunnelportalen sind in Abb. 28 dargestellt. Solche Anlagen werden bevorzugt an einem Hangfuss angelegt.

Eine alleinstehende NZA für einen Betriebszugang benötigt bei einem SMA-Lager ca. 0,5 ha Land. Beim HAA-Lager laufen auch während des Einlagerungsbetriebs Bautransporte über den Betriebschacht, weshalb eine grössere Fläche von ca. 1 ha benötigt wird. Zudem ist auch während der Betriebszeit mit wahrnehmbaren Material- und Personentransporten zu rechnen.

Im Unterschied zu den SKA wird hier keine Schachtförderanlage benötigt. Im Falle der Variante mit Stichtunnels und Blindschacht befindet sich die Förderanlage in einer Kaverne im Berg. Damit betragen die grössten Gebäudehöhen nur ca. 8 m. Eine optionale Baulogistikhalle wäre ca. 10 m hoch.



**Abb. 28** Modellhafte Darstellung der Betriebszugänge bei einem Tunnel, oben für ein SMA-, unten für ein HAA-Lager (NTB 16-08).

### Jura Ost

Im Standortgebiet JO ist der Betriebszugang derzeit als paralleler Tunnel zum Hauptzugang vorgesehen. Das entsprechende Tunnelportal wird damit in der Nähe der OFA zu liegen kommen. Ein möglicher Standort mit günstigen geologischen Bedingungen befindet sich ca. 1 km nördlich des Standortareals.

Für die Frischluftzufuhr ist ein Tagesschacht vorgesehen, eventuell kombiniert mit einem zusätzlichen Betriebsschacht, welcher in diesem Fall über den selben SKA-Standort erschlossen würde.

### Nördlich Lägern

Beim OFA-Standort NL-2 sind als NZA derzeit Tunnelportale (Stichtunnel zu den Blindschächten) in der Nähe des Standortareals oder am Hangfuss weiter südlich vorgesehen.

Beim OFA-Standort NL-6 ist nach derzeitigem Planungsstand eine Doppel-SKA für die beiden Tagesschächte vorgesehen.

### **Zürich Nordost**

Im Standortgebiet ZNO ist nach derzeitigem Planungsstand eine Doppel-SKA für die beiden Tages-schächte oder eine Einzelanlage mit einem Tagesschacht und einem weiteren Schacht neben der OFA vorgesehen.

### **3.5.2 Erschliessung**

Die OFA wird mit einer Zufahrtsstrasse und – wo möglich – mit einem Bahnanschluss erschlossen. Falls ein direkter Schienenanschluss nicht realisierbar ist, wird eine Anlage für den Umlad der Abfälle und Betriebsmittel von der Schiene auf die Strasse benötigt. Die vorgesehene Erschliessung der Standortareale ist im Kapitel 3.4 beschrieben. Der Flächenbedarf dafür beträgt bei JO-3+ und bei NL-2 je ca. 1,5 ha, bei NL-6 ca. 2,5 ha und bei ZNO-6b ca. 1,8 ha.

Die NZA werden mit einer Strasse erschlossen. Da ihre Lage noch nicht bekannt ist, kann auch keine Aussage über die dafür benötigten Flächen gemacht werden.

### **3.5.3 Weitere beanspruchte Flächen**

#### ***Bauinstallationen***

Flächen für Bauinstallationen werden vor allem während des Baus der Zugangsanlagen und der Lagerbereiche unter Tage benötigt. Sie setzen sich u. a. zusammen aus Lagerflächen für Maschinen und Baustoffe sowie Flächen für die Ver- und Entsorgung, für die Materialaufbereitung, für allgemeine Installationen und Bauzufahrten sowie für Büros und Aufenthaltsräume. In Abhängigkeit der Realisierungsphasen und der standortspezifischen Bedingungen können Teilflächen der Areale der OFA oder der NZA für die Bauinstallationen verwendet werden. Sie sollten jedenfalls möglichst in der Nähe der Areale und Zugänge angeordnet werden.

Der Flächenbedarf für die Bauinstallationen beträgt bei JO maximal ca. 8 ha für ein HAA-Lager bzw. 6 ha für ein SMA-Lager. Bei NL-2, NL-6 und ZNO sind es in beiden Fällen maximal ca. 3 ha. Diese Flächen liegen aber zumindest teilweise auf dem OFA-Areal, welches während der Phasen mit Bauaktivitäten noch nicht vollständig mit Anlagen belegt ist. Deshalb ist die insgesamt benötigte Fläche kleiner als die Summe des Flächenbedarfs für die OFA und die Bauinstallationen.

#### ***Langzeitdepot***

Das beim Bau der Zugangsanlagen und Lagerbereiche anfallende Ausbruchmaterial soll nach Möglichkeit für den Bau und eventuell für die spätere Verfüllung des GTL wiederverwendet werden. Die Fläche für die Materialbewirtschaftung inkl. der Zwischendepots ist bei den Bauinstallationen bereits berücksichtigt. Für die Lagerung des für die Verfüllung möglicherweise genutzten ausgebrochenen Opalinustons wäre ein Langzeitdepot mit einer Fläche von ca. 4 ha nötig.

### 3.6 Abläufe und Dauer von Realisierung, Betrieb und Verschluss

Grundsätzlich sind für alle Lagertypen und Zugangskonfigurationen an den jeweiligen Standorten verschiedene Realisierungsszenarien und Projektabläufe denkbar. Daraus ergeben sich unterschiedliche Phasenaktivitäten an den OFA-Standorten und bei den NZA, welche sich teilweise von den Phasenbezeichnungen in der Richtlinie ENSI-G03 (vgl. Abb. 3) unterscheiden.

Den Planungsstudien wurde ein Szenario zu Grunde gelegt, welches den grössten Teil der Aktivitäten und damit auch des Flächenverbrauchs, der Bauarbeiten des Verkehrs und der entsprechenden Emissionen beim Standortareal der OFA ansiedelt. Es wurden für alle Lagertypen acht Phasen unterschieden. Bei den Lagertypen SMA und HAA sind diese Phasen sehr ähnlich und dauern auch ähnlich lange (Abb. 29).

Phase	Bezeichnung	Dauer in Jahren		Aktivität	ENSI-G03
		SMA	HAA		
1	Vorbereitung und Beginn EEU <i>Bau Erschliessung, Oberflächeninfrastrukturen, Zugänge nach unter Tage und Bereich für die EEU auf Lagerebene</i>	5–11	5–12	Bau	Projek-tierung
2	Weiterführung EEU	5	13	Betrieb	
3	Bau Lager und Pilotlager <i>Erweiterung Oberflächeninfrastrukturen, evtl. Bau weiterer Zugänge zur Lagerebene, Bau Erschliessung und Lagerkammern unter Tage. Beschickung und Verschluss des Pilotlagers</i>	8	6	Bau	Bau-phase
4	Einlagerungsbetrieb <i>Beim HAA-Lager werden parallel zum Betrieb weitere Lagerstollen ausgebrochen</i>	15	15	(Bau) / Betrieb	
5	Beobachtungsphase Teil 1	8	8	Betrieb	Be-triebs-phase
6	Verschluss Hauptlager	3–14	3–14	Verschluss	
7	Beobachtungsphase Teil 2	42	42	Betrieb	
8	Verschluss Gesamtlager <sup>83</sup>	3–10	3–11	Verschluss	
<b>Total</b>		<b>89–113</b>	<b>95–121</b>		

**Abb. 29** Realisierungsphasen der Lagertypen SMA und HAA, zusammengefasst aus den Planungsstudien für die Standorte ZNO, JO und NL (Angepasst aus: Nagra Übersichtsdokument<sup>84</sup>) im Vergleich mit der Phasendefinition gemäss der Richtlinie ENSI-G03 (vgl. Abb. 3).

<sup>83</sup> Der Zeitpunkt des Verschlusses soll gestützt auf eine lange Beobachtungsphase von künftigen Generationen festgelegt werden. Für die vorliegende Betrachtung wurde dafür eine Annahme getroffen, d. h. Gesamtverschluss nach fünfzig Jahren Beobachtung.

<sup>84</sup> Übersichtsdokument zur UVP-Voruntersuchung in Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager – Angepasste Version mit den Standortarealen NL-2 und NL-6. Nagra, 2014.

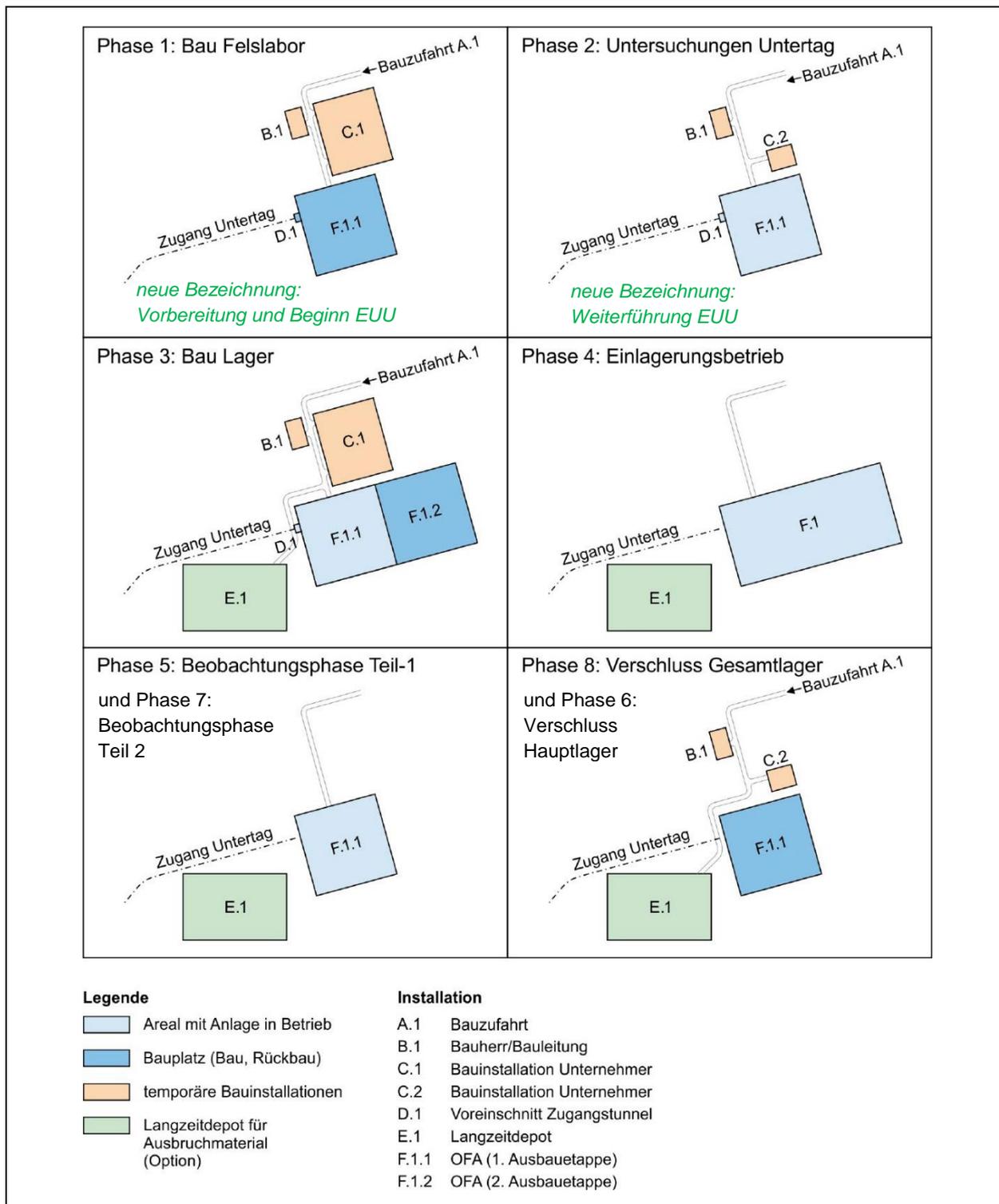
Beim Lagertyp Kombi sind die Phasen etwas komplizierter, weil die Tätigkeiten in den beiden Bereichen (SMA und HAA) nicht synchron verlaufen (Abb. 30).

Phase	Bezeichnung	Dauer in Jahren	Aktivität		ENSI-G03	
			SMA	HAA	SMA	HAA
1	Vorbereitung und Beginn EUU	10–17	Bau		Projektierung	
2	Weiterführung EUU für HAA Bau SMA-Lagererteil und Pilotlager	8	Bau		Bau	
3	Weiterführung EUU für HAA Beschickung Pilotlager SMA und Verschluss Einlagerungsbetrieb SMA	9	Betrieb			
4	Bau HAA-Lagerbereich und Pilotlager Einlagerungsbetrieb SMA	6	Betrieb	Bau		Bau
5	Einlagerungsbetrieb HAA Beschickung Pilotlager HAA und Verschluss Beobachtungsphase SMA, Verschluss SMA- Hauptlager	15	Ver- schluss	Betrieb	Betrieb	
6	Beobachtungsphase HAA, Verschluss HAA- Hauptlager Beobachtungsphase SMA	11–22	Verschluss			
7	Beobachtungsphase	13–24	Betrieb			
8	Beobachtungsphase HAA Verschluss Gesamtlager <sup>85</sup>	4–12	Verschluss			
<b>Total</b>		<b>76–113</b>				

**Abb. 30** Realisierungsphasen für den Lagertyp Kombi, zusammengefasst aus Planungsstudien für die Standorte ZNO, JO und NL (Angepasst aus: Nagra Übersichtsdokument) im Vergleich mit der Phasendefinition gemäss der Richtlinie ENSI-G03 (vgl. Abb. 3).

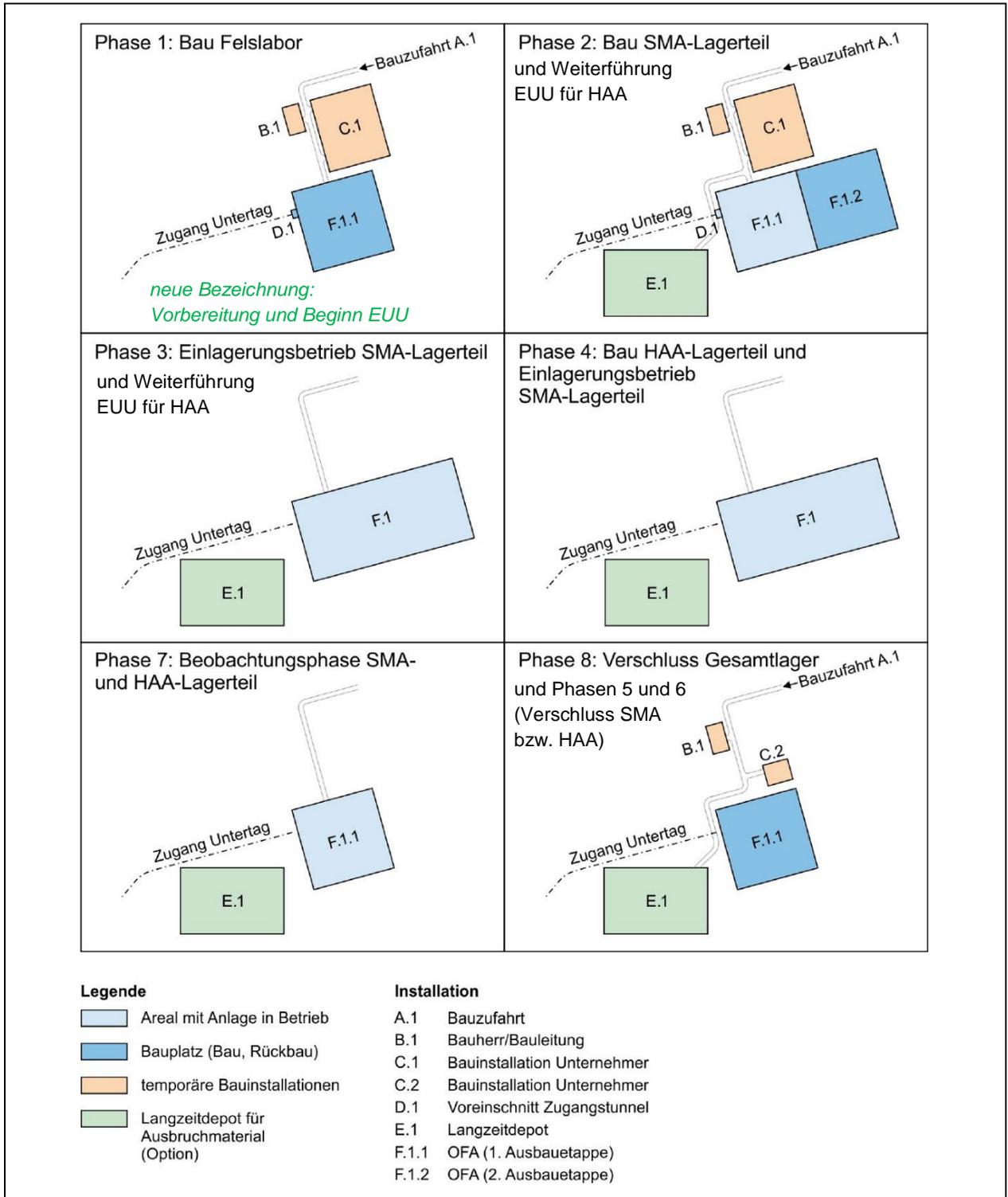
Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Phasen mit Bauaktivitäten (inkl. Verschluss / Rückbau) bei einem SMA- oder einem HAA-Lager zusammengezählt ca. 20–40 Jahre dauern. Bei einem Kombi-Lager sind es ca. 60–80 Jahre, weil durch den zeitlichen Versatz zwischen SMA- und HAA-Teil meistens in mindestens einem Teil gebaut wird. Umgekehrt dauern die reinen Betriebsphasen bei den Lagertypen SMA und HAA mit 70–80 Jahren deutlich länger als jene beim Kombilager von ca. 20–30 Jahren. Beim HAA-Lager finden auch in der als Betriebsphase bezeichneten Phase 4 (Einlagerung) Bautätigkeiten statt, weil die Lagerstollen während des Einlagerungsbetriebs laufend ausgebrochen werden. Die Gesamtdauer von Bau, Betrieb und Verschluss beträgt damit für alle Lagertypen ungefähr 80–120 Jahre.

<sup>85</sup> Der Zeitpunkt des Verschlusses soll gestützt auf eine lange Beobachtungsphase von künftigen Generationen festgelegt werden. Für die vorliegende Betrachtung wurde dafür eine Annahme getroffen, d. h. Gesamtverschluss nach fünfzig Jahren Beobachtung.



**Abb. 31** Schema der benötigten Flächen beim OFA-Areal nach Realisierungsphase für ein SMA- bzw. ein HAA-Lager. (aus Nagra Planungsstudien, z. B. NTB 13-66 und 13-67, ergänzt durch BFE).

Die belegten Flächen und vorhandenen Anlagen im Bereich des Standortareals unterscheiden sich ebenfalls nach Realisierungsphasen und nach Lagertyp (Abb. 31 und Abb. 32).



**Abb. 32** Schema der benötigten Flächen beim OFA-Areal nach Realisierungsphase für ein Kombilager (aus Nagra Planungsstudien, z. B. NTB 13-68, ergänzt und nachgeführt durch BFE).

Im Bericht über die NZA (NTB 16-08) nimmt die Nagra beispielhafte typische Realisierungsszenarien an. Es handelt sich dabei um realistisch denkbare, aber nicht um die einzig möglichen und auch nicht um bereits festgelegte Realisierungsszenarien. Auf Grund der fortschreitenden Projektentwicklung entsprechen diese Realisierungsszenarien nicht mehr genau denjenigen, die den Planungsstudien für die OFA (Abb. 31 und Abb. 32) zugrunde liegen. So werden insbesondere bei allen Szenarien für die

Bauten für die EUU nur die Nebenzugänge erstellt und benützt. Damit fällt ein grösserer Teil der Aktivitäten und damit u. U. auch des Flächenverbrauchs, der Bauarbeiten, des Verkehrs und der entsprechenden Emissionen bei den NZA-Arealen an. Die OFA und der Hauptzugang werden erst mit dem Bau der Lagerbereiche erstellt und nach Beendigung des Einlagerungsbetriebs und dem Verschluss des Hauptlagers bereits wieder verschlossen bzw. zurückgebaut.

Während allen Phasen mit Aktivitäten unter Tage, d. h. ab dem Zeitpunkt von EUU auf Lagerebene bis zum Verschluss des Gesamtlagers, sind mindestens zwei Zugänge vorgesehen. Dies bedeutet, dass mindestens eine NZA und das entsprechende Zugangsbauwerk in Betrieb sind. Ein zweiter Zugang zur Lagerebene befindet sich entweder bei der OFA oder ebenfalls bei einer NZA.

### 3.7 Verkehr und Transporte

In allen Phasen ergeben sich Transporte zur und von der OFA bzw. zu und von den NZA.

- Während der Phasen mit Bauaktivitäten umfassen die Transporte vor allem Aushub- und Ausbruchmaterialien sowie Baumaterialien.
- Im Einlagerungsbetrieb SMA werden u. a. Transportbehälter mit schwach- und mittelaktiven Abfällen, vorgefertigte Endlagerbehälter, sowie Verfüll- und Versiegelungsmaterialien zur OFA transportiert.
- Im Einlagerungsbetrieb HAA werden u. a. Transportbehälter mit hochaktiven Abfällen, vorgefertigte Endlagerbehälter, Bentonitblöcke und -granulat und Versiegelungsmaterialien zur OFA transportiert. Ausserdem fällt abzutransportierendes Ausbruchsmaterial aus den Lagerstollen an.
- In den Verschlussphasen werden vor allem Verfüll- und Versiegelungsmaterialien und wenige Baumaterialien transportiert.

In allen Phasen kommen zusätzlich die Transporte des Bau- und Betriebspersonals, der Besucherinnen und Besucher und der Betriebsmittel hinzu. Die Personentransporte erfolgen mit dem öffentlichen bzw. privaten Verkehr. Aufgrund von Erfahrungswerten wird von bis zu 20 000 Besucherinnen und Besuchern pro Jahr ausgegangen.

Ein Richtwert für die Anzahl der Transporte nach Transportgut und Realisierungsphase ist in den Planungsstudien für jeden Lagertyp und für jede Bauphase jeweils im Kapitel 6.5 detailliert ausgewiesen. In den folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Eckwerte daraus für jede Standortregion zusammengestellt. Genannt werden insbesondere die Anzahl Fahrten für die jeweiligen Phasen mit den meisten Transporten.

#### *Jura Ost*

##### *Abtransport Aushub- und Ausbruchmaterial*

Das Aushub- und Ausbruchmaterial wird bevorzugt über Förderbänder direkt zur Wiederverwertungsanlage oder zu Deponien transportiert. In der Umgebung befinden sich mehrere Kies- und Zementwerke, Steinbrüche und eine Tongrube, welche als mögliche Deponiestandorte in Frage kommen. Denkbar ist auch ein Transport per Förderband zu einer Umladestation mit anschliessendem Bahntransport zu einer Deponie. Dazu kann die bestehende Umladestation der Zwiilag oder eine neu zu erstellende beim Anschlussgleis des KKW Beznau in Betracht gezogen werden.

Die grössten zu transportierenden Ausbruchmengen fallen während des Baus der Zugangsbauwerke und des Bereichs für die EUU (Phase 1) an. Im Falle eines Bahntransports entsprechen sie für alle Lagertypen ca. 845 Zugfahrten<sup>86</sup> von der OFA und ca. 245 Zugfahrten (Kombilager) bzw. ca. 150 Zugfahrten (SMA- und HAA-Lager) von der NZA.

---

<sup>86</sup> Blockzug von bis zu 20 Kippwagen (Länge bis ca. 280 m) und bis zu ca. 1000 t Ausbruchmaterial.

*Anlieferung Bau- und Verfüllmaterial*

Das Bau- und Verfüllmaterial soll aufgrund des fehlenden direkten Bahnanschlusses hauptsächlich per LKW antransportiert werden. Dabei steht entweder die geplante neue Strassenverbindung zwischen OFA und Zwiilag oder auch die nördliche Verbindung über die Wehrbrücke beim Kraftwerk Beznau zur Verfügung. Beim SMA-Lager ist die Anzahl Transporte mit ca. 12 750 LKW-Fahrten pro Jahr ebenfalls in der Phase 1 am grössten (u. a. Antransport der Tübbinge für den Tunnelbau). Beim HAA- und beim Kombilager wird in Phase 1 dieselbe Anzahl LKW-Fahrten verursacht – mit ca. 20 950 noch mehr LKW-Fahrten fallen aber in der Phase 6 an (Verschluss HAA-Lagerteil). Bei längeren Transportstrecken ist ebenfalls zunächst ein Bahntransport bis zu den erwähnten möglichen Umladestationen mit anschliessendem Weitertransport per LKW denkbar.

*Anlieferung radioaktive Abfälle*

In der Einlagerungsphase erfolgt die Anlieferung der Transportbehälter mit den zwischengelagerten radioaktiven Abfällen direkt aus der Zwiilag über die geplante neue Transportverbindung. Nicht zwischengelagerte radioaktive Abfälle werden voraussichtlich per Bahn über die bestehende Umladestation der Zwiilag angeliefert. Die Menge der in die OFA transportierten Abfälle entspricht ca. 60 (SMA) bzw. 5–9 Zugfahrten pro Jahr (HAA).

*Nördlich Lägern NL-2*

Die Planungsstudien gehen davon aus, dass die NZA direkt neben der OFA liegen. Deshalb fallen alle Transporte am selben Ort an.

*Abtransport Aushub- und Ausbruchmaterial*

Das Aushub- und Ausbruchmaterial kann über Förderbänder in die im Nahbereich des Standortareals liegenden Kiesabbauzonen zur endgültigen Ablagerung transportiert werden, falls diese dann noch zur Verfügung stehen. Stehen keine Deponien in der Nähe zur Verfügung, muss dieses entweder per LKW oder bei grösseren Distanzen per Bahn der Wiederverwertungsanlage resp. Deponie zur endgültigen Ablagerung zugeführt werden.

Wenn der Transport über Förderbänder nicht möglich ist, fallen in der ersten Phase ca. 230 (SMA) bis 275 (Kombilager) Zugfahrten bzw. ca. 11 500 bis 13 800 LKW-Fahrten an. Der Bau der Lagerbereiche SMA bzw. HAA verursacht pro Jahr je ca. 330 Zug- bzw. ca. 16 600 LKW-Fahrten in der Phase 3. Beim Kombilager fallen diese Fahrten in den Phasen 2 und 4 an (in der Phase 4 sind es aber nur ca. 270 Zug- bzw. ca. 13 500 LKW-Fahrten).

*Anlieferung Bau- und Verfüllmaterial*

Das Bau- und Verfüllmaterial wird je nach Möglichkeit per Bahn oder per LKW angeliefert. Hier entfällt das grösste Transportvolumen bei allen Lagertypen jeweils auf die Phase 6 (Verschluss Hauptlager, resp. Verschluss HAA-Lager beim Kombilager). Beim SMA-Lager entspricht das Volumen pro Jahr ca. 360 Zug- bzw. ca. 18 000 LKW-Fahrten, beim HAA- und beim Kombilager ca. 575 Zug- bzw. ca. 28 800 LKW-Fahrten.

*Anlieferung radioaktive Abfälle*

In der Einlagerungsphase erfolgt die Anlieferung der Transportbehälter mit den radioaktiven Abfällen grösstenteils per Bahn. Sie kann aber auch per LKW erfolgen. Das Volumen der in die OFA transportierten Abfälle entspricht während des SMA-Einlagerungsbetriebs ca. 60 Zugfahrten pro Jahr und während des HAA-Einlagerungsbetriebs 5–9 Zug- oder 15–25 LKW-Fahrten pro Jahr.

## **Nördlich Lägern NL-6**

### *Abtransport Aushub- und Ausbruchmaterial*

Das Aushub- und Ausbruchmaterial kann über Förderbänder in die im Nahbereich des Standortareals liegenden Deponien zur endgültigen Ablagerung transportiert werden, falls diese dann noch zur Verfügung stehen. Stehen keine Deponien in der Nähe zur Verfügung, muss dieses entweder per LKW oder bei grösseren Distanzen per Bahn ab der Umladestation im Gebiet Zweidlen der Wiederverwertungsanlage resp. Deponie zur endgültigen Ablagerung zugeführt werden.

Wenn der Transport über Förderbänder nicht möglich ist, hätte dies die folgenden Transporte pro Jahr zur Folge:

Beim Kombilager fallen mit ca. 375 Zugfahrten pro Jahr die grösste Anzahl Transporte in der Phase 1 an: Von der OFA sind es ca. 140 Zug- bzw. ca. 7000 LKW-Fahrten, von der NZA sind es ca. 235 Zug- bzw. ca. 11 700 LKW-Fahrten.

Der Bau der Lagerbereiche verursacht in der Phase 2 (Bau SMA-Lagerteil) ca. 275 Zug- bzw. ca. 13 800 LKW-Fahrten von der OFA sowie ca. 45 Zug- bzw. ca. 2250 LKW-Fahrten von der NZA) und in der Phase 4 (Bau HAA-Lagerteil) ca. 270 Zug- bzw. ca. 13 500 LKW-Fahrten von der NZA.

Beim SMA- und beim HAA-Lager werden in der Phase 1 ca. 140 Zug- bzw. ca. 7000 LKW-Fahrten von der OFA und ca. 145 Zug- bzw. ca. 7300 LKW-Fahrten von der NZA verursacht. Mehr Verkehr verursacht der Bau des Lagerbereichs (Phase 3) mit ca. 325 Zugfahrten pro Jahr: Es handelt sich um je ca. 275 Zug- bzw. ca. 13 800 LKW-Fahrten von der OFA und ca. 50 Zug- bzw. ca. 2600 LKW-Fahrten von der NZA.

### *Anlieferung Bau- und Verfüllmaterial*

Das Bau- und Verfüllmaterial soll aufgrund des fehlenden direkten Bahnanschlusses hauptsächlich per LKW antransportiert werden. Dem kommt der Umstand entgegen, dass sich im näheren Umfeld Betonwerke und grosse Kiesgruben befinden. Bei längeren Transportstrecken wäre ebenfalls ein Bahntransport bis zur Umladestation im Gebiet Zweidlen denkbar und ein anschliessender Weitertransport per LKW bis zum Standortareal.

Beim SMA-Lager wird die grösste Anzahl Transporte mit ca. 445 Zug- bzw. ca. 22 200 LKW-Fahrten in Phase 1 verursacht, weil das Haberstal bis auf das Erschliessungsniveau aufgefüllt werden muss. Der Verschluss des Hauptlagers (Phase 6) schlägt mit ca. 240 Zug- bzw. ca. 11 900 LKW-Fahrten zur OFA und ca. 55 Zug- bzw. ca. 2800 LKW-Fahrten zur NZA zu Buche.

Beim HAA- und Kombilager sind die Transporte in Phase 1 mit ca. 400 Zug- bzw. ca. 19 850 LKW-Fahrten auch umfangreich, noch mehr Verkehr verursacht aber die Phase 6 (Verschluss Haupt- bzw. HAA-Lager) mit ca. 505 Zug- bzw. ca. 25 260 LKW-Fahrten zur OFA und ca. 55 Zug- bzw. ca. 2800 LKW-Fahrten zur NZA.

### *Anlieferung radioaktive Abfälle*

In der Einlagerungsphase erfolgt die Anlieferung der Transportbehälter mit den radioaktiven Abfällen grösstenteils per Bahn. Sie kann aber auch per LKW erfolgen. Das Volumen der in die OFA transportierten Abfälle entspricht während des SMA-Einlagerungsbetriebs ca. 60 Zugfahrten pro Jahr und während des HAA-Einlagerungsbetriebs 5–9 Zug- oder 15–25 LKW-Fahrten pro Jahr.

### **Zürich Nordost**

#### ***Abtransport Aushub- und Ausbruchmaterial***

Das Aushub- und Ausbruchmaterial wird bevorzugt über Förderbänder in die im Nahbereich des Standortareals liegenden Deponien zur endgültigen Ablagerung transportiert werden. Stehen keine Deponien in der Nähe zur Verfügung, muss dieses entweder per LKW oder bei grösseren Distanzen per Bahn der Wiederverwertungsanlage resp. Deponie zur endgültigen Ablagerung zugeführt werden.

Die grössten zu transportierenden Mengen fallen beim SMA- und beim HAA-Lager beim Bau des Lagerbereichs (Phase 3) und beim Kombilager beim Bau des Lagerbereichs SMA (Phase 2) an: Wenn sie nicht über Förderbänder transportiert werden können, werden pro Jahr ca. 275 Zugfahrten bzw. ca. 13 800 LKW-Fahrten ab der OFA und im Falle des SMA- und des Kombilagere zusätzlich noch ca. 45 Zugfahrten bzw. ca. 2340 LKW-Fahrten von einer NZA verursacht. Der Bau des Lagerbereichs HAA beim Kombilager verursacht in Phase 4 noch einmal ca. 270 Zug- bzw. 13 500 LKW-Fahrten pro Jahr bei einer NZA.

#### ***Anlieferung Bau- und Verfüllmaterial***

Das Bau- und Verfüllmaterial wird je nach Möglichkeit per Bahn oder per LKW angeliefert. Hier entfällt das grösste Transportvolumen bei allen Lagertypen jeweils auf die Phase 6 (Verschluss Hauptlager, resp. Verschluss HAA-Lager beim Kombilager). Beim SMA-Lager entspricht das Volumen pro Jahr ca. 285 Zugfahrten (240 zur OFA, 45 zur NZA) bzw. ca. 14 450 LKW-Fahrten (12 110 zur OFA, 2340 zur NZA) pro Jahr, beim HAA- und beim Kombilager ca. 650 Zugfahrten (605 zur OFA, 45 zur NZA) bzw. ca. 32 640 LKW-Fahrten (30 300 zur OFA, 2340 zur NZA).

#### ***Anlieferung radioaktive Abfälle***

In der Einlagerungsphase erfolgt die Anlieferung der Transportbehälter mit den radioaktiven Abfällen voraussichtlich per Bahn. Sie kann aber auch per LKW erfolgen. Das Volumen der in die OFA transportierten Abfälle entspricht während des SMA-Einlagerungsbetriebs ca. 60 Zugfahrten pro Jahr und während des HAA-Einlagerungsbetriebs 5–9 Zug- oder 15–25 LKW-Fahrten pro Jahr.

## 4 Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers auf Mensch und Umwelt

### 4.1 Rahmenbedingungen für die Darstellung der Auswirkungen

#### 4.1.1 Aktueller Projekt- und Wissensstand

Der Untertitel des vorliegenden Berichts, «basierend auf dem Kenntnisstand in Etappe 2 des Sachplanverfahrens», weist darauf hin, dass der Kenntnisstand in Etappe 2 dem Stadium einer Vorstudie entspricht. Zum jetzigen Zeitpunkt sind einige der Grundlagen für die Beurteilung der Auswirkungen bekannt bzw. lassen sich relativ zuverlässig abschätzen (z. B. Standorte der OFA, Flächenverbrauch, Ausbruchsvolumina), andere sind weitgehend noch nicht festgelegt (z. B. Standorte NZA, Installationsplätze und Deponien, Transportmittel und -strecken für Ausbruchsmaterial).

Auch mit dem Rahmenbewilligungsgesuch in Etappe 3 werden erst die Grundzüge des Projekts (Standorte und ungefähre Grösse der wichtigsten Bauten) festgelegt. Relativ viele der für die Beurteilung der Auswirkungen wichtigen Grundlagen werden erst im Baubewilligungsverfahren mit der UVP 2. Stufe zur Verfügung stehen.

#### *Realisierungsszenario*

Eine wichtige Grundlage für die Darstellung und Beurteilung der Auswirkungen ist das Realisierungsszenario, d. h. welche Zugangsanlagen in welcher Realisierungsphase erstellt und betrieben werden. Grundsätzlich ist hier noch vieles offen (vgl. Kap. 3.6). Die aktuellste Darstellung der Nagra<sup>87</sup> legt die Vermutung nahe, dass die OFA und der Hauptzugang nur in den Phasen mit Einlagerungsbetrieb benötigt werden, und die Auswirkungen in den übrigen Phasen schwergewichtig bei den NZA anfallen – dies kann aber noch ändern.

#### *Ausgestaltung der OFA, Standorte der NZA*

Die genaue Ausgestaltung und Einbettung der OFA in die Umgebung ist noch nicht festgelegt. Die Nagra hat in den Planungsstudien je zwei mögliche Varianten, mit und ohne teilweise Eindeckung der Anlageelemente aufgezeigt. Im Folgenden wird in der Regel von der Variante 1 (ohne Eindeckung) ausgegangen. In jenen Bereichen, bei denen die Variante mit Eindeckung zu wesentlich geringeren Auswirkungen führen würde, wird dies erwähnt.

Da die möglichen Standorte der NZA und damit die konkret betroffene Umwelt noch nicht bekannt sind, können auch die entsprechenden Auswirkungen noch nicht verortet werden. Es können aber generische Aussagen über die meisten Auswirkungen gemacht werden.

#### 4.1.2 Grundlagen für die Darstellung der konventionellen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

Um trotz des frühen Projektstadiums jetzt schon Aussagen über alle Umweltbereiche machen zu können, müssen für einige Bereiche plausible Annahmen getroffen werden bzw. wird in einigen Fällen vom bezüglich der Umweltbelastung ungünstigsten Fall ausgegangen (z. B. die Annahme, dass alle Transporte auf der Strasse erfolgen).

---

<sup>87</sup> NTB 16-08. Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen) geologischer Tiefenlager. Nagra, 2016.

Die Beschreibung der konventionellen Umweltauswirkungen (Kap. 4.4) basiert im Wesentlichen auf der SÖW und auf den UVP-Voruntersuchungen. Beide Berichte stützen sich auf die Inhalte der Planungsstudien, tun dies aber gemäss ihrer Ausrichtung mit teilweise unterschiedlichen Methoden und Schwerpunkten. Wir haben versucht, jene Aussagen aus den beiden Berichten darzustellen, welche zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Auswirkungen am besten veranschaulichen können bzw. welche den grössten Erkenntnisgewinn versprechen.

#### **Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie (SÖW)**

Im November 2014 hat das BFE die Ergebnisse der SÖW veröffentlicht, welche für alle Standortgebiete und OFA-Areale mit einer einheitlichen, in Etappe 1 entwickelten Methodik durchgeführt wurde.<sup>88</sup> Dabei wurden die Auswirkungen eines GTL auf 6 Oberziele – je 2 für Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft – mit über 40 Messgrössen, die mit Punkten von -5 (stark negative Auswirkungen) bis +5 (stark positive Auswirkungen) bewertet wurden, prognostiziert.

Die Oberziele im Umweltbereich lauteten «Ressourcen schonen» (mit 15 Indikatoren) und «Immissionen vermeiden» (mit 5 Indikatoren). Einzelne Indikatoren des Oberziels «Siedlungsraum schützen» (Naherholungsgebiete, Ortsbild und Landschaft) aus dem Bereich Gesellschaft sind ebenfalls für unsere Betrachtung ebenfalls relevant.

Die Ergebnisse der SÖW sind für jede Standortregion in einem Regionsbericht festgehalten.

#### **UVP-Voruntersuchungen**

Zusammen mit dem «2x2-Vorschlag» hat die Nagra im Januar 2015 beim BFE je drei UVP-Voruntersuchungen (UVP-VU) für die von ihr zur weiteren Untersuchung in Etappe 3 vorgeschlagenen Standorte JO und ZNO eingereicht (je eine pro Lagertyp). Weil sich mit der Nachforderung des ENSI die Möglichkeit abzeichnete, dass auch NL in Etappe 3 weiter untersucht werden soll, lieferte die Nagra im März 2016 auch für die beiden OFA-Standorte von NL je drei UVP-VU nach.<sup>89</sup>

Der Fokus der UVP-VU liegt auf der Erstellung des Pflichtenheftes für die UVP-Hauptuntersuchungen: Aufgrund einer groben Abschätzung der zu erwartenden Auswirkungen auf die Umwelt wird in einer Relevanzmatrix festgehalten, in welchen Umweltbereichen im Standortgebiet und beim Standortareal für die OFA eine Vorbelastung besteht, und welche Bereiche im Rahmen der UVP-Hauptuntersuchungen im Detail abgeklärt werden müssen.

Die UVP-VU, die Stellungnahmen der Kantone und die Beurteilung des BAFU sind wichtige Grundlagen für die Abschätzung der konventionellen Umweltauswirkungen. Allerdings fehlen wegen des sehr frühen Zeitpunkts noch viele Angaben für die Beurteilung der Umweltauswirkungen und insbesondere über den Ort ihres Auftretens: Viele Anlageelemente wie NZA und deren Erschliessung, Deponien, Lagerperimeter im Untergrund sowie die Transportrouten werden erst im Laufe von Etappe 3 oder später festgelegt.

### **4.1.3 Räumliche Abgrenzung**

Nicht alle Auswirkungen eines GTL reichen gleich weit. So sind etwa die Auswirkungen auf den Wald oder den Boden auf das nähere Umfeld der Oberflächeninfrastrukturen begrenzt, während z. B. Luftschadstoffe, die entlang der Transportrouten freigesetzt werden, ein potenziell viel grösseres Gebiet betreffen können. Entsprechend wird bei jedem behandelten Thema eine Aussage über den entsprechenden Betrachtungsperimeter gemacht.

Da die Standorte der NZA noch nicht bekannt sind, können diese bei der Festlegung des Betrachtungsperimeters nicht berücksichtigt werden.

---

<sup>88</sup> Alle Unterlagen zur SÖW sind unter <http://www.bfe.admin.ch/soew> zugänglich.

<sup>89</sup> Die Berichte sind verfügbar unter [www.nagra.ch](http://www.nagra.ch) → Publikationen/Downloads → Arbeitsberichte → UVP.

#### 4.1.4 Dargestellter Lagertyp

Die Nagra zieht für jedes der drei zu prüfenden Standortgebiete jeweils alle drei möglichen Lagertypen (SMA-, HAA- und Kombilager) in Betracht. In diesem Bericht werden in der Regel die Auswirkungen eines Kombilagere dargestellt, weil dieser Typ die grössten Auswirkungen verursacht. Abweichende Auswirkungen der Varianten SMA oder HAA werden nur dann erwähnt, wenn die Unterschiede zum Kombilager gross sind.

#### 4.1.5 Betrachtungszeiträume

##### *Auswirkungen durch ionisierende Strahlung*

Dieses Kapitel behandelt die Auswirkungen durch ionisierende Strahlung eines GTL auf Mensch und Umwelt über den Zeitraum von 100 000 Jahren (SMA) bzw. 1 Million Jahre (HAA- und Kombilager).

Zur Darstellung der Auswirkungen wird die Phaseneinteilung aus der Richtlinie ENSI-G03 verwendet:

- Projektierung und Bauphase (Zeit vor Beginn der Einlagerung);
- Betriebsphase (Beginn Pilotlagerung bis zum Verschluss);
- Nachverschlussphase (Langzeitsicherheit).

##### *Konventionelle Auswirkungen auf Mensch und Umwelt*

Die Darstellung der konventionellen Umweltauswirkungen einer Anlage wird in Umweltverträglichkeitsberichten normalerweise nach Ausgangszustand, Bau- und Betriebsphase gegliedert. Diese Gliederung kann bei einer Strasse, einer Staumauer oder einem Einkaufszentrum relativ einfach vorgenommen werden. Kapitel 3.6 zeigt aber, dass es bei einem GTL schwieriger ist, eine Abgrenzung zwischen Bau und Betrieb vorzunehmen, weil es mehrere Phasen gibt, während denen Bau und Betrieb nebeneinander stattfinden (insbesondere beim Kombilager).

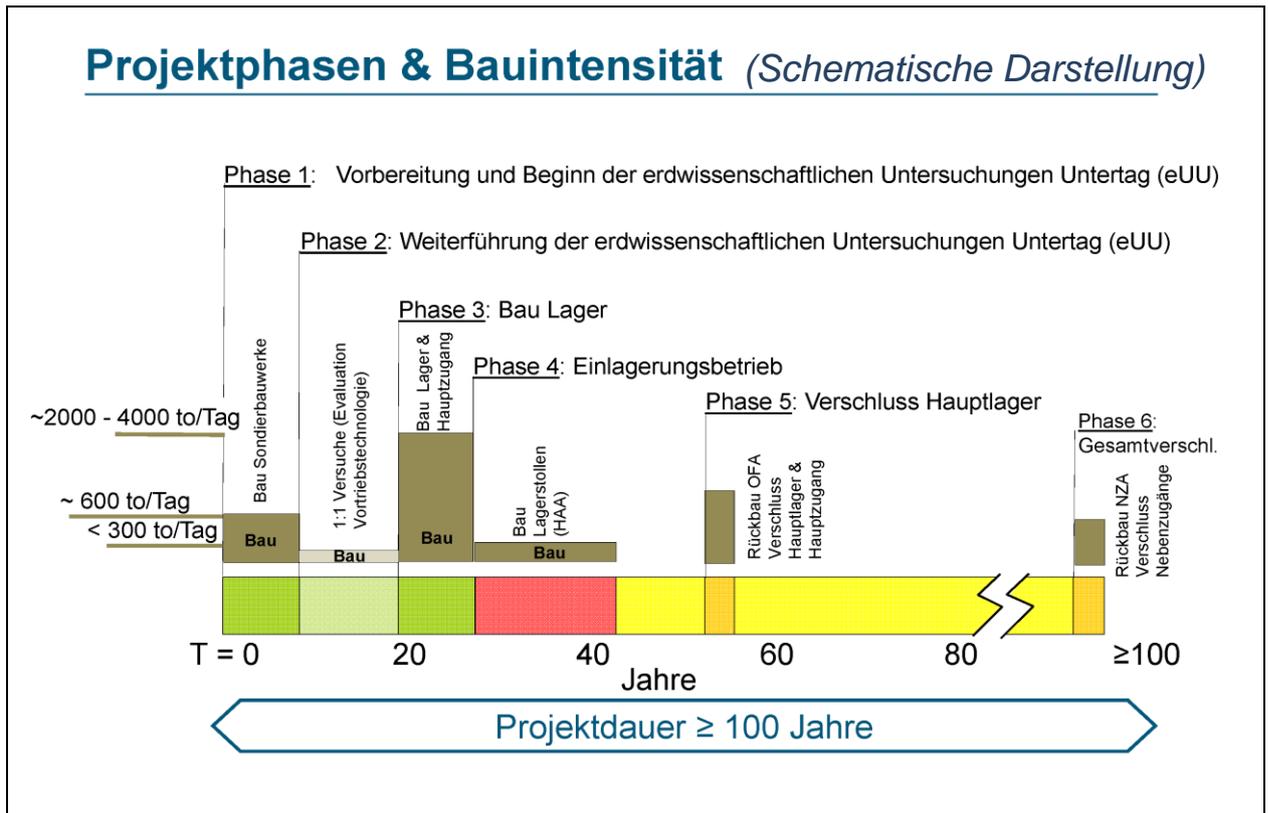
##### *Phasen mit Bauaktivitäten*

Aus Sicht der konventionellen Auswirkungen auf die Umwelt erscheint es am sinnvollsten, wenn die Auswirkungen aller Projektphasen, während denen Bauarbeiten und damit verbundene Transporte stattfinden, unter der Bezeichnung «Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten» zusammengefasst werden. Dazu gehören auch die Verschlussphasen.

Die Phasen mit Einlagerungsbetrieb HAA werden wegen des gleichzeitig mit der Einlagerung stattfindenden Baus der Lagerstollen – anders als in der UVP-Voruntersuchung – auch den Phasen mit Bauaktivitäten zugerechnet.

Die Phasen mit Bauaktivitäten dauern bei einem SMA- oder einem HAA-Lager insgesamt ca. 20–40 Jahre. Bei einem Kombi-Lager sind es ca. 60–80 Jahre, weil durch den zeitlichen Versatz zwischen SMA- und HAA-Teil meistens in mindestens einem Teil gebaut wird (vgl. Kap. 3.6).

Die Bauintensität ist während dieser langen Zeiträume nicht immer gleich hoch (vgl. die schematische Darstellung in Abb. 33). Die Darstellung der Auswirkungen, welche von der Bauintensität abhängen (insbesondere Luft, Lärm und Erschütterungen) entspricht in der Regel dem Jahresdurchschnitt der Phasen mit der grössten Bauintensität.



**Abb. 33** Schematische Darstellung der ungefähren Grössenordnung der Bauintensität in Tonnen pro Tag am Beispiel eines HAA-Lagers (aus Präsentation Nagra vom 17.6.2017).

#### Betriebsphasen

Die Darstellung der Auswirkungen der Betriebsphasen in Kapitel 4.4 umfasst nur jene Zeitabschnitte, in denen keine wesentlichen Bauarbeiten stattfinden. Diese dauern bei den Lagertypen SMA und HAA insgesamt 70–80 Jahre. Beim Kombilager sind es ca. 20–30 Jahre.

#### Nach dem Verschluss

Es ist derzeit nicht bestimmt, was an den Standorten der Oberflächeninfrastrukturen nach dem Verschluss des Gesamtlagers geschehen wird. Es ist sowohl ein Rückbau zur «grünen Wiese» als auch eine anderweitige Nutzung der entsprechenden Flächen denkbar.

Für die Beurteilung der Auswirkungen auf die Umwelt werden die erstellten Infrastrukturen aufgrund der langen Dauer des Anlagebetriebs nicht wie temporäre, sondern wie permanente Bauten und Einrichtungen behandelt, und damit der Zustand nach dem Verschluss nicht berücksichtigt.

## 4.2 Vorläufige Einordnung der Auswirkungen

Ziel dieses Berichtes ist es, die aus heutiger Sicht möglichen Auswirkungen eines Tiefenlagers auf Mensch und Umwelt in einer gesamtheitlichen Darstellung aufzuzeigen. Viele dieser Auswirkungen können aber basierend auf dem derzeitigen Projektstand erst ungenau beschrieben und beurteilt werden, bzw. sie fallen je nach betrachteter Variante sehr unterschiedlich aus.

Um trotzdem einen ersten Eindruck des Ausmasses der möglichen, durch ein GTL verursachten Auswirkungen zu erhalten, nehmen wir im Kapitel 4 für jeden Umweltbereich bzw. jedes Schutzgut eine vorläufige Einordnung der Auswirkungen vor, abhängig davon, ob und wie stark sie die Schutzgüter der Kernenergie-, Strahlenschutz- oder Umweltschutzgesetzgebung beeinträchtigen. Dabei verwenden wir die Kategorien «voraussichtlich keine Auswirkungen», «voraussichtlich geringe Auswirkungen» und «voraussichtlich erhebliche Auswirkungen» (Abb. 34).

<b>Voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen</b>	Keine bzw. vernachlässigbare Beeinträchtigung der Schutzgüter.
<b>Voraussichtlich geringe Auswirkungen</b>	Die gesetzlichen Vorgaben und Grenzwerte können mit Standardmassnahmen eingehalten werden. <sup>90</sup>
<b>Voraussichtlich erhebliche Auswirkungen</b>	Die gesetzlichen Vorgaben und Grenzwerte können nur mit projekt- oder standortspezifischen Massnahmen eingehalten oder durch Ersatzmassnahmen kompensiert werden. <sup>91</sup>

**Abb. 34** Definition der Kategorien für die vorläufige Einordnung der Auswirkungen.

Die vorläufige Einordnung basiert auf den aktuell gültigen gesetzlichen Schutzziele und Grenzwerten, welche unzulässige Auswirkungen definieren. Sowohl gemäss Strahlenschutz- als auch gemäss Umweltrecht müssen zudem Auswirkungen so weit als möglich und zumutbar minimiert werden, auch wenn sie bereits unterhalb der gesetzlichen Vorgaben und Grenzwerte liegen.<sup>92</sup>

<sup>90</sup> Im Ausnahmefall können auch bei geringen Auswirkungen projekt- oder standortspezifische Massnahmen nötig sein.

<sup>91</sup> Da ein geologisches Tiefenlager ein Vorhaben von nationaler Bedeutung ist, kann es gemäss Umweltschutzgesetzgebung u. U. auch dann bewilligt werden, wenn es erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt verursacht, welche mit allen zumutbaren zusätzlichen Massnahmen nicht vermieden werden können. Dies aber nur dann, wenn im Standortgebiet keine andere Lösung möglich ist, und zusätzlich Ersatzmassnahmen realisiert werden. Beim Strahlenschutz dürfen die voraussichtlichen radiologischen Auswirkungen die Grenzwerte jedoch in keinem Fall überschreiten. Ansonsten können die Bewilligungen nicht erteilt werden.

<sup>92</sup> Art. 9 StSG: «Zur Begrenzung der Strahlenexposition jeder einzelnen Person sowie der Gesamtheit der Betroffenen müssen alle Massnahmen ergriffen werden, die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik geboten sind.» Art. 11 Abs. 2 USG: «Unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.»

## 4.3 Auswirkungen durch ionisierende Strahlung

Der Betrachtungsperimeter für die Darstellung der Auswirkungen durch ionisierende Strahlung hat keine definierte Grenze. Die Schutzziele müssen grundsätzlich an jedem Ort eingehalten werden und deren Einhaltung wird gemäss der Richtlinie ENSI-G03<sup>93</sup> überprüft.

### 4.3.1 Einführung

Radioaktive Stoffe sind ein natürlicher Bestandteil der Umwelt. Sie enthalten instabile Atomkerne (Radionuklide), welche unter Abgabe von elektromagnetischen Wellen oder von Teilchen (ionisierende Strahlung) spontan zerfallen. Ionisierend heisst, dass diese Strahlung genügend Energie aufweist, um beim Auftreffen auf andere Atome Elektronen aus deren Hülle zu entfernen und damit auch chemische Verbindungen aufzubrechen.

Es gibt verschiedene Arten von ionisierender Strahlung:

- Teilchenstrahlung: Bei der *Alphastrahlung* werden positiv geladene Heliumkerne freigesetzt, bei der *Betastrahlung* sind es Elektronen;
- Elektromagnetische Strahlung: *Gamma-*, *kosmische* oder auch *Röntgenstrahlen* sind – wie Licht oder Radiowellen – elektromagnetische Wellen, aber mit einer viel kürzeren Wellenlänge als diese und daher energiereicher.
- Neutronenstrahlung: Freie Neutronen haben, da sie elektrisch neutral sind, selbst keine merkliche Wechselwirkung mit Elektronen. Sie ionisieren aber indirekt durch Kernreaktionen oder Streuprozesse an Atomkernen

Natürliche radioaktive Stoffe befinden sich vor allem in Böden und Gesteinen.<sup>94</sup> Eine wichtige Quelle für natürliche ionisierende Strahlung ist das Edelgas Radon, welches im Gesteinsuntergrund durch den Zerfall von Uran entsteht, durch Risse im Gestein an die Erdoberfläche steigt und sich z. B. in Kellerräumen sammeln kann.

#### *Von der Strahlung zur Dosis*

Die Energiemenge, welche auf eine bestrahlte Materie übertragen wird, heisst Strahlendosis.

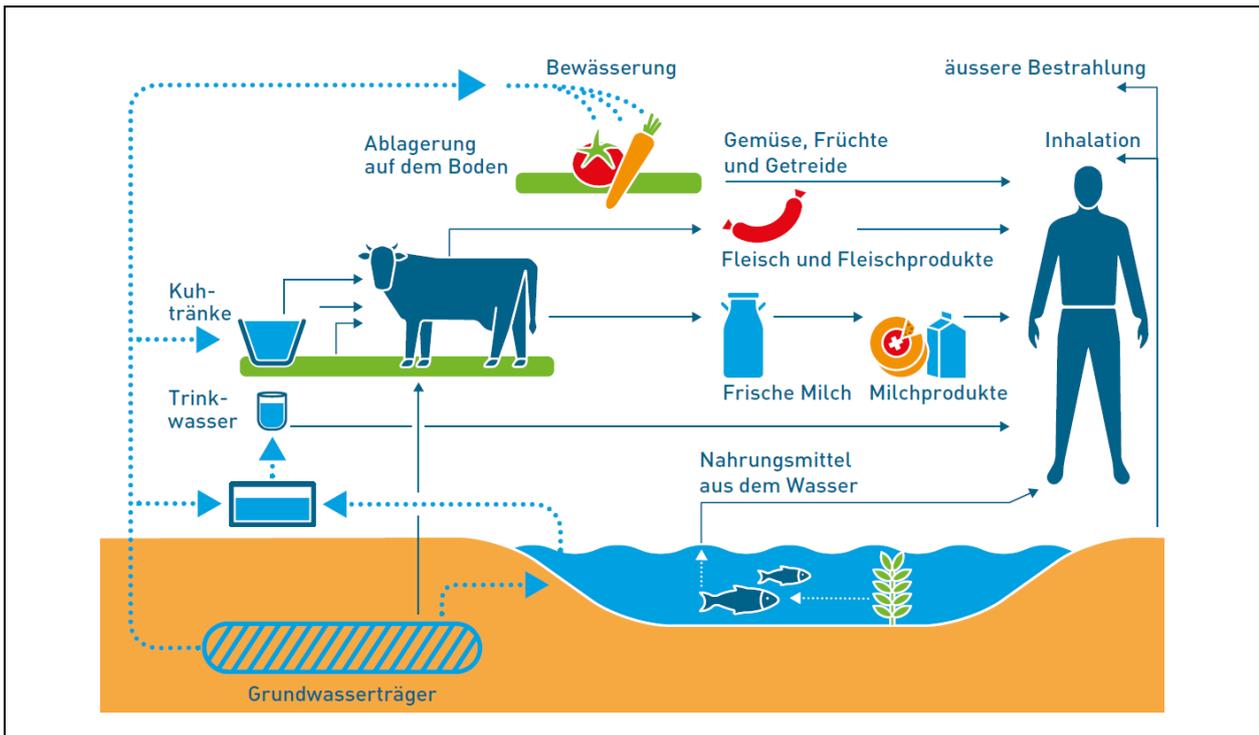
In der Gesetzgebung werden die einzuhaltenden Grenzwerte in der Regel als Strahlendosis festgelegt, die der effektiven Dosis  $D_{eff}$ , welche ein Mensch aufnimmt, entsprechen. Dieser Wert dient insbesondere dazu, das langfristige Risiko von Strahlenschäden zu quantifizieren.

Für die Berechnung der effektiven Dosis müssen die verschiedenen Möglichkeiten, wie ein Mensch Radionuklide und ionisierende Strahlung aufnehmen kann, berücksichtigt werden. Sie entspricht der Summe von äusserer Bestrahlung («Direktstrahlung») und der Aufnahme von Radionukliden via Nahrung, Trinkwasser oder Atemluft, welche dann im Körper drin zerfallen (Abb. 35). Die einzelnen Dosen müssen dazu abhängig von der Art der Strahlung und dem betroffenen Organ (z. B. Haut oder Lunge) gewichtet werden (vgl. Abb. 36 und den nachfolgenden Kasten).

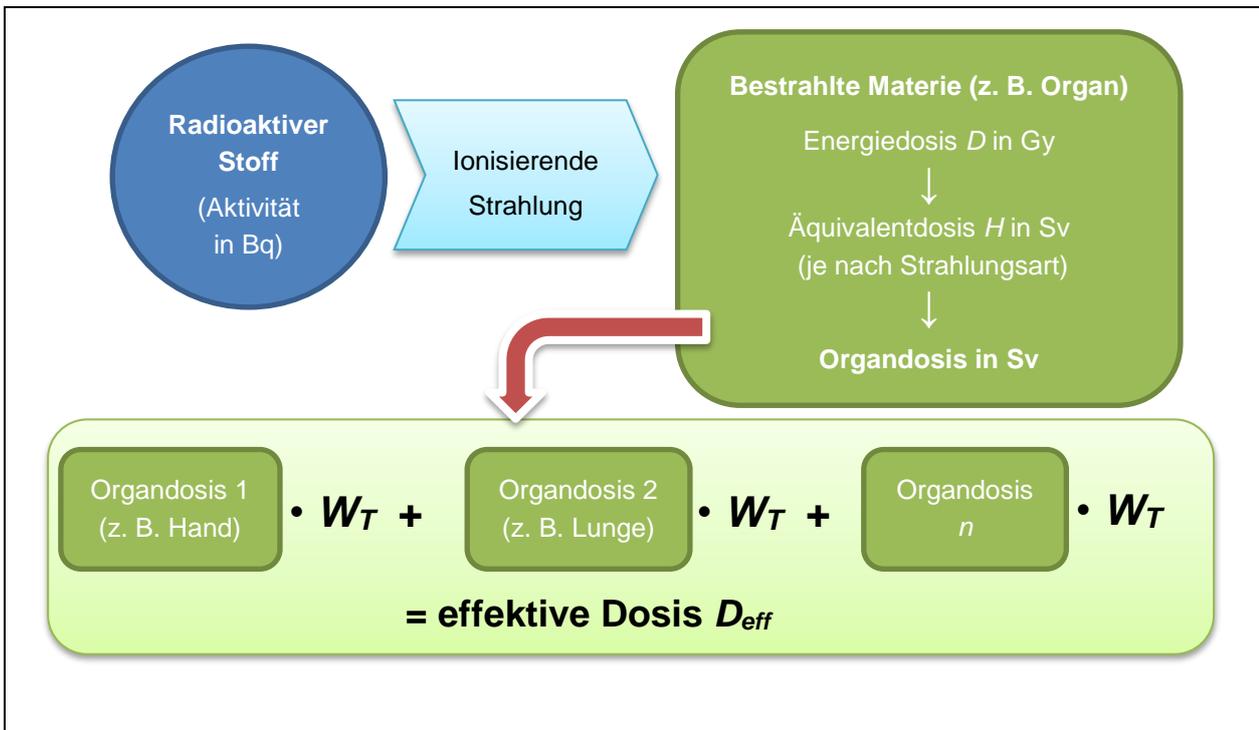
Auch für den Sicherheitsnachweis eines GTL muss die maximal mögliche Strahlendosis berechnet werden, welche es während des Betriebs und nach dem Verschluss verursachen könnte. Das entsprechende Schutzkriterium ist die effektive Dosis für einen Menschen, welcher in der unmittelbaren Umgebung lebt, und welcher Trinkwasser und Nahrungsmittel von dort konsumiert. Dabei sind sowohl die Direktstrahlung als auch alle möglichen Transportwege von Radionukliden zu berücksichtigen.

<sup>93</sup> Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03, ENSI, 2009; S. 2.

<sup>94</sup> So enthalten z. B. auch die Wirts- und Rahmengesteine eines GTL natürlicherweise Radionuklide, welche zur Strahlenbelastung (v. a. der dort Beschäftigten) beitragen.



**Abb. 35** Aufnahme von Radionukliden und ionisierender Strahlung durch den Menschen (Nagra-Themenheft Langzeitsicherheit, 2015)



**Abb. 36** Schematische Darstellung der Berechnung der effektiv von einem Menschen aufgenommenen Strahlendosis (eigene Darstellung BFE).

### *Aktivität / spezifische Aktivität*

Die Aktivität eines radioaktiven Stoffes entspricht der mittleren Anzahl Kernzerfälle pro Sekunde und wird mit der Einheit Becquerel (Bq; 1 Bq = ein Zerfall pro Sekunde) bzw. als spezifische Aktivität in Bq pro kg (Aktivität im Verhältnis zur Masse des Stoffes) angegeben.

### *Energiedosis*

Ionisierende Strahlung verliert Energie, wenn sie in Materie (z. B. Körpergewebe) aufgenommen wird. Die Energiedosis  $D$  bezeichnet die aufgenommene Energie bezogen auf die bestrahlte Materialmasse, ausgedrückt als Joule (Energie) pro Kilogramm (Masse), abgekürzt J/kg. Dafür wird die Einheit Gray, abgekürzt Gy, verwendet, wobei 1 Gy = 1 J/kg entspricht.

Die Energiedosis  $D$  ist aufgrund unterschiedlicher Ionisierungsenergien je nach aufnehmendem Material unterschiedlich. Der Umrechnungsfaktor  $f$  beträgt für weiches Gewebe 37 Gy/(C/kg), d. h. eine Ionendosis von 1 C/kg entspricht in weichem Gewebe einer Energiedosis  $D$  von 37 Gy.

### *Äquivalentdosis*

Als Äquivalentdosis  $H$  bezeichnet man die Energiedosis unter Berücksichtigung der relativen biologischen Wirksamkeit unterschiedlicher Strahlungsarten. Alphastrahlen haben z. B. bei gleicher Energiedosis eine 20 mal grössere biologische Wirkung als Gammastrahlen. Die Einheit der Äquivalentdosis  $H$  ist das Sievert<sup>95</sup>, abgekürzt Sv, welches als Joule pro Kilogramm definiert ist.

### *Organdosis*

Die Organdosis ist die Äquivalentdosis  $H$ , welche durch ein einzelnes Organ oder Körperteil aufgenommen wird. Die Einheit der Organdosis ist ebenfalls das Sievert.

### *Effektive Dosis*

Die gesundheitliche Auswirkung von radioaktiven Stoffen ist grösser, wenn sie ins Körperinnere aufgenommen werden, als wenn ihre Strahlung von aussen auf den Körper wirkt. Deshalb entspricht die effektive Dosis  $D_{eff}$  der Summe der aufgenommenen Organdosen unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit einzelner Gewebe und Organe. Sie wird durch die Addition der einzelnen Organdosen, welche jeweils mit einem Gewichtungsfaktor  $w_T$  multipliziert werden, berechnet. Dabei reicht der Gewichtungsfaktor  $w_T$  von 0,01 (z. B. Haut) über 0,05 (z. B. Brust oder Leber) und 0,12 (z. B. Lunge oder Magen) bis 0,2 (Gonaden).<sup>96</sup>

Eine Kontamination der Handfläche mit einer Organdosis für die Hand von 100 mSv verursacht eine effektive Dosis von  $D_{eff} = H \cdot w_T = 100 \text{ mSv} \cdot 0,01 = 1 \text{ mSv}$ . Die gleiche Kontamination der Lunge würde eine effektive Dosis von 12 mSv verursachen. Würden Hand und Lunge mit je 100 mSv bestrahlt, betrüge  $D_{eff}$  insgesamt 13 mSv.

## **Strahlenbiologische Auswirkungen**

Die gesundheitliche Auswirkung von radioaktiven Stoffen ist grösser, wenn diese ins Körperinnere aufgenommen werden, als wenn ihre Strahlung von aussen auf einen Menschen wirkt.

Die Wirkung ionisierender Strahlung auf den Menschen wird in zwei Kategorien unterschieden:

- somatische Frühschäden, d. h. unmittelbare Auswirkungen auf den Gesundheitszustand, und
- somatische Spätschäden, d. h. langfristige Veränderungen der Zellen.

<sup>95</sup> Sievert ist die Masseinheit zur Bestimmung der Strahlenbelastung biologischer Organismen. Da eine Dosis von 1 Sv ein sehr grosser Wert ist, werden die üblicherweise vorkommenden Werte mithilfe eines Vorsatzes für Maßeinheiten (SI-Präfix) in Millisievert (1 mSv = ein Tausendstel Sievert) oder Mikrosievert (1  $\mu$ Sv ein Millionstel Sv) angegeben. Für Stundendosen werden die Angaben auch in Nanosievert (1 nSv = ein Milliardstel Sv) vorgenommen.

<sup>96</sup> Vgl. Strahlenschutzverordnung StSV, SR 814.501.

Somatische Frühschäden («Strahlenkrankheit») sind deterministisch, d. h. unterhalb einer gewissen Schwellendosis entstehen keine Frühschäden. Somatische Spätschäden hingegen sind stochastischer Natur, d. h. Schäden am Erbgut einer Zelle können auch bei geringen Dosen auftreten. Für somatische Spätschäden wird das Risiko, infolge einer aufgenommenen Dosis langfristig an Krebs zu erkranken, auf fünf Prozent pro Sievert geschätzt. Das Risiko von vererbten Spätschäden wird auf 0,2 bis 1 Prozent pro Sievert geschätzt.<sup>97</sup>

Wichtig ist ebenfalls die Unterscheidung zwischen akuter und langfristiger Dosis: Wird eine bestimmte Dosis in kurzer Zeit aufgenommen, sind die Auswirkungen grösser, als wenn dieselbe Dosis über lange Zeit akkumuliert wird.

Um eine grobe Einordnung der durch ein GTL möglicherweise verursachten Strahlendosen zu ermöglichen, zeigt Abb. 37 die Auswirkungen verschiedener Akutdosen (kurzfristige Bestrahlung) auf einen Menschen.

Akutdosis (D <sub>eff</sub> )	Auswirkungen Symptome	Vergleich
<200 mSv	Berechnetes, langfristig minimal höheres Krebsrisiko; mögliche Erbgutveränderungen bei folgenden Generationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 0,0004 mSv: höchster gemessener natürlicher Stundenwert in der Schweiz 2014</li> <li>– 0,1 mSv pro Jahr: maximal zulässige Dosis für ein GTL nach dem Verschluss (Richtlinie ENSI-G03)</li> <li>– Grenzwerte für den Betrieb des GTL (Art. 35 u. 37 StSV): <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 mSv pro Jahr für die allg. Bevölkerung</li> <li>- 20 mSv pro Jahr für beruflich strahlenexponierte Personen (in Ausnahmefällen 50 mSv pro Jahr)</li> </ul> </li> <li>– bis 20 mSv: einmalige Computer-Tomographie</li> </ul>
200 bis 500 mSv	im Labor feststellbare Veränderung des Blutbildes	Max. zulässige einmalige Dosis für Rettungskräfte zur Rettung von Leben: 250 mSv (Art. 121 StSV).
500 mSv bis 1 Sv	Kopfschmerzen und erhöhtes Infektionsrisiko; bei Männern: temporäre Sterilität möglich.	
1 bis 2 Sv	Leichte Strahlenkrankheit: Kopfschmerzen, Übelkeit mit gelegentlichem Erbrechen, erhöhtes Infektionsrisiko, Beeinträchtigung des Heilungsverlaufes bei Verletzungen; bei Männern: temporäre Sterilität.  10 Prozent der Fälle enden tödlich.	
2 bis 6 Sv	Schwere Strahlenkrankheit: Kopfschmerzen, Übelkeit mit Erbrechen, Durchfall, erhöhtes Infektionsrisiko, Blutungen; permanente Sterilität.  30 bis 90 Prozent der Fälle enden tödlich.	
> 6 Sv	100 Prozent der Fälle enden tödlich.	

**Abb. 37** Auswirkungen kurzfristiger Bestrahlung des gesamten Körpers (eigene Darstellung aufgrund verschiedener Quellen).

<sup>97</sup> ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).

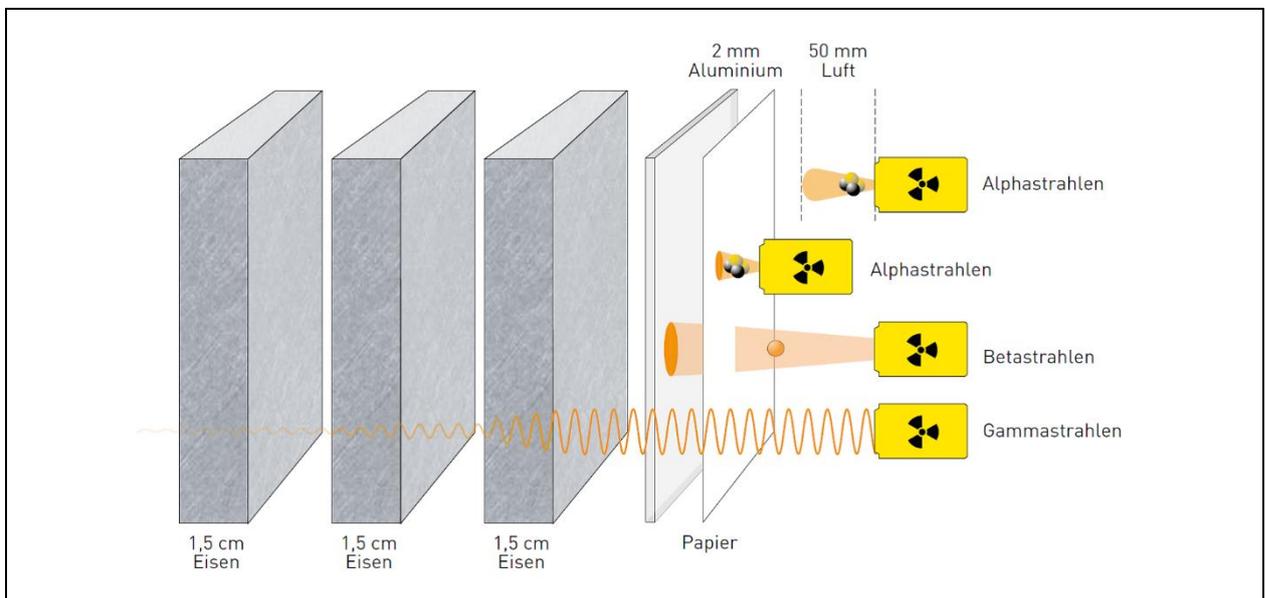
### Schutzmassnahmen vor ionisierender Strahlung

Für den Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Bestrahlung gelten fünf Grundsätze («5A»):

- Abschirmen
- Abstand einhalten
- Aufenthaltszeiten beschränken
- Aktivität vermindern
- Aufnahme in den Körper vermeiden

Strahlenquellen kann man abschirmen. Für die verschiedenen Strahlungsarten werden unterschiedliche Materialien benötigt (Abb. 38):

- Um Alphastrahlen zurückzuhalten, reichen schon ein Blatt Papier oder wenige Zentimeter Luft aus. Alphastrahlen durchdringen die obersten Hautschichten (0,05 mm) des Körpers nicht.
- Zur Abschirmung von Betastrahlen wird eine etwa zwei Millimeter dicke Aluminiumplatte benötigt. Diese Strahlenart kann ins Körpergewebe des Menschen eindringen.
- Um Gammastrahlen abzuschirmen, werden dichte Materialien benötigt. Um beispielsweise die vom Radionuklid Cäsium-137 ausgesendeten Gammastrahlen auf die Hälfte zu reduzieren, braucht es sieben Millimeter Blei oder 1,5 Zentimeter Eisen.



**Abb. 38** Abschirmung verschiedener Strahlenarten (aus Nagra-Themenheft Langzeitsicherheit, 2015).

Die radioaktiven Abfälle sind in einem GTL immer in einem massiven Behälter eingeschlossen, welcher ein Austreten von ionisierender Strahlung zuverlässig verhindert. Die einzige Ausnahme ist die Umverpackung der Brennelemente, welche in einer stark abgeschirmten Umladezelle stattfindet, die ihrerseits ein Austreten von Strahlung und von Radionukliden verhindert.

#### 4.3.2 Schutzziele und Grundsätze

Das KEG bezweckt den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Gefahren der friedlichen Nutzung der Kernenergie und hält deshalb in Art. 4 folgende Grundsätze fest:

*«Bei der Nutzung der Kernenergie sind Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch ionisierende Strahlen zu schützen. Radioaktive Stoffe dürfen nur in nicht gefährdendem Umfang freigesetzt werden. Es muss insbesondere Vorsorge getroffen werden gegen eine unzulässige Freisetzung radioaktiver Stoffe sowie gegen eine unzulässige Bestrahlung von Personen im Normalbetrieb und bei Störfällen.»*

Die Grundsätze des KEG werden im zweiten Kapitel der KEV näher umrissen. Das Vermeiden von Gefährdungen durch Strahlung oder Freisetzung von radioaktiven Stoffen betrifft nicht nur den Normalbetrieb, sondern es muss auch im Fall von Betriebsstörungen und Störfällen gewährleistet sein. Dabei sind Störfälle mit Ursprung innerhalb wie auch ausserhalb einer Kernanlage zu berücksichtigen. Abweichungen vom Normalbetrieb müssen soweit möglich durch ein selbstregulierendes, fehler-tolerantes Anlageverhalten aufgefangen werden. Die Auslegung der Anlage muss inhärente Sicherheitssysteme beinhalten, d. h. Systeme, die aus sich selbst heraus und ohne weitere Hilfssysteme sicher arbeiten. Weiter muss die Sicherheit über redundante Systeme gewährleistet werden, d. h. Sicherheitsfunktionen müssen auch bei Eintreten von vom auslösenden Ereignis unabhängigen, beliebigen Einzelfehlern wirksam bleiben. Auch beim Wegfall einzelner Komponenten (z. B. infolge Wartungsarbeiten) muss die Sicherheit gewährleistet bleiben. Speziell für ein GTL gilt ausserdem, dass die Langzeitsicherheit über gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren gewährleistet sein muss.

Das allgemeine Schutzziel aus Art. 4 KEG wird für die Tiefenlagerung in der Richtlinie ENSI-G03 wie folgt konkretisiert:

*«Mit der geologischen Tiefenlagerung sind radioaktive Abfälle so zu entsorgen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor deren ionisierender Strahlung dauernd gewährleistet ist, ohne dass künftigen Generationen unzumutbare Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden.»*

Zur weiteren Umsetzung des Schutzziels der geologischen Tiefenlagerung enthält die Richtlinie ENSI-G03 folgende Leitsätze:

- a. *Schutz des Menschen:* Nur eine geringe zusätzliche Strahlenexposition von Einzelpersonen.
- b. *Schutz der Umwelt:* Keine Gefährdung der Artenvielfalt.
- c. *Grenzüberschreitender Schutz:* Risiken im Ausland dürfen nicht grösser sein, als sie in der Schweiz zulässig sind.
- d. *Zukünftiger Schutz:* Risiken in der Zukunft dürfen nicht grösser sein, als sie heute zulässig sind.
- e. *Langzeitsicherheit:* Ein GTL ist so auszulegen, dass nach dem Verschluss keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich sind.
- f. *Sicherheitsbarrieren:* Gestaffelte, passiv wirkende technische und natürliche Barrieren.
- g. *Überwachung und Rückholung:* Vorkehrungen zur Überwachung, zum Unterhalt oder zur Rückholung der Abfälle dürfen die Sicherheitsbarrieren nicht beeinträchtigen.
- h. *Lastenfreiheit:* Zukünftigen Generationen dürfen keine unzumutbaren Lasten auferlegt werden.
- i. *Bodenschätze:* Die zukünftige Nutzung von Bodenschätzen darf nicht unnötig eingeschränkt werden
- k. *Optimierung:* Bei Projektierung, Bau und Betrieb müssen Alternativen im Hinblick auf die Optimierung der Betriebs- und Langzeitsicherheit abgewogen werden.<sup>98</sup>

---

<sup>98</sup> Die Leitsätze a–k sind hier verkürzt zitiert. Originalwortlaut in: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03, ENSI, 2009; S. 2 f.

### Schutzkriterien

Die Einhaltung des Schutzziels wird anhand von quantitativen Schutzkriterien beurteilt. Wenn diese Schutzkriterien eingehalten werden, kann davon ausgegangen werden, dass die durch das GTL verursachte zusätzliche Strahlendosis gegenüber der natürlichen Strahlung vernachlässigbar ist.

### Betriebsphase

Für die Betriebsphase gelten für GTL einschliesslich deren OFA die selben gesetzlichen Schutzkriterien wie für die übrigen Kernanlagen.<sup>99</sup> Es gelten die drei Grundprinzipien:

- *«Rechtfertigung»*: Die mit einer strahlenschutzrelevanten Tätigkeit verbundenen Vorteile müssen die durch die erhöhte Strahlung bedingten Nachteile überwiegen. Unterhalb einer effektiven Dosis von 0,01 mSv pro Jahr gelten Tätigkeiten grundsätzlich als gerechtfertigt (StSV Art. 5 Abs. 2).
- *«Optimierung»*: Unterhalb der Dosisgrenzwerte müssen Tätigkeiten hinsichtlich des Strahlenschutzes nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik optimiert sein. Führen die Tätigkeiten aller an einer Kernanlage beruflich strahlenexponierten Personen zu effektiven Dosen von weniger als 0,1 mSv pro Jahr, so gilt das Prinzip der Optimierung als erfüllt.
- *«Einhaltung von Dosisgrenzwerten»*: Diese verlangt, dass die vorgeschriebenen Grenzwerte für die in einem Kalenderjahr akkumulierte effektive Dosis nicht überschritten werden dürfen. Für nichtberuflich strahlenexponierte Personen – im Falle eines GTL sind dies beispielsweise Anwohner, Baupersonal oder anderes Personal, welches nicht in der kontrollierten Zone des Tiefenlagers tätig ist – liegt der Grenzwert für die effektive Dosis bei 1 mSv pro Jahr (StSV Art. 37). Für beruflich strahlenexponierte Personen (z. B. Betriebspersonal des Tiefenlagers, welches mit der Einlagerung betraut ist) liegt der Grenzwert für die effektive Dosis bei 20 mSv, oder in Ausnahmefällen bei 50 mSv im Jahr (StSV Art. 35). Dosisleistungen, welche von den Tätigkeiten in einem GTL ausgehen, sind entsprechend zu beschränken. Die Prinzipien der Strahlenschutzziele sind im Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G15 detaillierter beschrieben. Die Dosisgrenzwerte und die zulässigen Ausnahmen sind in den Art. 33–41 der StSV umfassend festgelegt.

### Langzeitsicherheit

Für die Langzeitsicherheit nach Verschluss gibt die Richtlinie ENSI-G03 zwei verschiedene Schutzkriterien vor, je eines für wahrscheinliche und eines für wenig wahrscheinliche Entwicklungen. Beide basieren auf jährlichen Individualdosen, welche durch die Freisetzung und Ausbreitung von Radionukliden aus dem GTL durch die Barrieren bis in den Lebensraum des Menschen von einer potenziell betroffenen Bevölkerungsgruppe mit aus heutiger Sicht realistischen Lebensgewohnheiten durch Atmung, Nahrung, Trinkwasser und direkte Bestrahlung aufgenommen werden (vgl. auch Abb. 35, S. 70):

1. Für jede als wahrscheinlich eingestufte zukünftige Entwicklung darf die Freisetzung von Radionukliden zu keiner Individualdosis von mehr als 0,1 mSv pro Jahr führen.
2. Die als wenig wahrscheinlich eingestufteten zukünftigen Entwicklungen dürfen zusammen nicht zu einem zusätzlichen radiologischen Gesundheitsrisiko einer Einzelperson führen, das grösser als ein Millionstel pro Jahr ist.

Das erste Schutzziel entspricht etwa der von einer in der Schweiz wohnhaften Person durchschnittlich innert einer Woche aufgenommenen natürlichen Strahlendosis.

Das gemäss dem zweiten Schutzziel zulässige Risiko ist gering im Vergleich zum jährlichen Todesfallrisiko im Strassenverkehr (rund 70 Millionstel pro Jahr) oder bei Aktivitäten im Haus und in der Freizeit (rund 200 Millionstel pro Jahr).

<sup>99</sup> Siehe «Strahlenschutzziele für Kernanlagen, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen», ENSI-G15, ENSI, 2010 und «Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente», Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G04, ENSI, 2010.

Zur Berechnung und Prognose der radiologischen Langzeitauswirkungen hält die Richtlinie ENSI-G03 fest (S. 15):

*«Der Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung der Abfälle muss dauerhaft sein. Die Bewertung der potenziellen radiologischen Auswirkungen aus einem GTL muss den unvermeidlichen, mit zunehmender Zeitspanne zunehmenden Ungewissheiten Rechnung tragen. So haben technische Barrieren, Wirtgestein, umliegende geologische Schichten, Biosphäre und die Lebensgewohnheiten der Menschen jeweils eine unterschiedliche zeitliche Prognostizierbarkeit.*

*Für die Festlegung des Nachweiszeitraums sind die zeitliche Entwicklung des radiologischen Gefährdungspotenzials der eingelagerten Abfälle und die Prognostizierbarkeit der geologischen Langzeitentwicklung massgebend. In der Sicherheitsanalyse sind Dosis- und Risikoberechnungen bis zu den maximalen radiologischen Auswirkungen des geologischen Tiefenlagers durchzuführen. Für einen Zeitraum bis zu einer Million Jahre ist im Rahmen des Sicherheitsnachweises zur Bewertung des geforderten Schutzes die Einhaltung der Schutzkriterien nachzuweisen.<sup>100</sup> Für spätere Zeiten ist der Variationsbereich der von einem geologischen Tiefenlager ausgehenden möglichen regionalen radiologischen Auswirkungen unter Berücksichtigung der inhärent vorhandenen Ungewissheiten zu ermitteln. Diese Auswirkungen dürfen nicht wesentlich höher als die natürliche radiologische Belastung sein.»*

Damit ein ausreichender Schutz der Umwelt gewährleistet wird, muss gemäss der Richtlinie ENSI-G03 die Einhaltung der auf Personendosen ausgerichteten Schutzziele des ENSI auch in Perioden, in denen menschliche Besiedlung an der Erdoberfläche im Einflussbereich eines geologischen Tiefenlagers ausgeschlossen werden kann, anhand von einer hypothetischen Personendosis in einer Referenzbiosphäre nachgewiesen werden.

### 4.3.3 Ausgangszustand

#### *Durchschnittliche Strahlenbelastung in der Schweiz*

Die durchschnittliche jährliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung stammt von der Radonbelastung, medizinischen Anwendungen, der natürlichen Hintergrundstrahlung, der Aufnahme mit der Nahrung sowie von zusätzlichen Strahlenbelastungen aus künstlichen Quellen (Abb. 39).

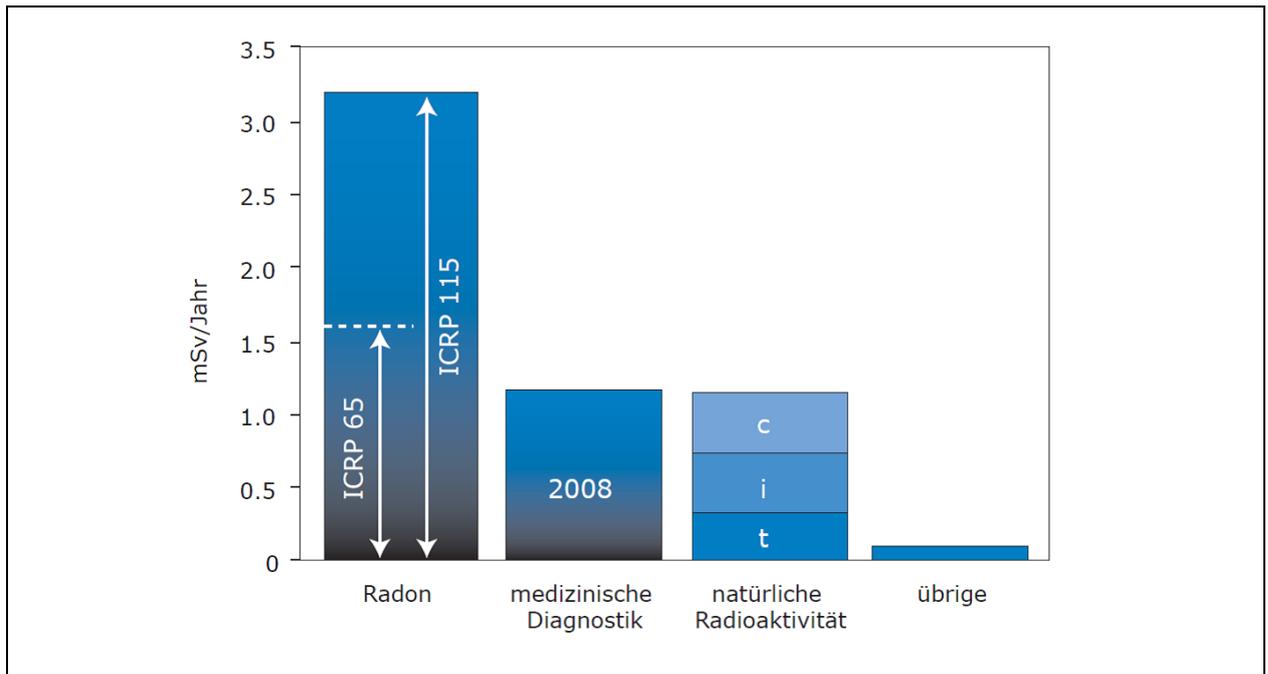
Den Hauptbeitrag liefern dabei die Radonbelastung in Wohn- und Arbeitsräumen mit 3,2 mSv/a, die medizinische Diagnostik und Strahlentherapie mit 1,2 mSv/a sowie die natürliche Hintergrundstrahlung durch terrestrische Strahlung mit 0,35 mSv/a und kosmische Strahlung mit 0,4 mSv/a. Die Strahlenbelastung durch natürlich vorkommende (z. B. Kalium-40) und künstliche Radionuklide (Cäsium-137, Strontium-90) in der Nahrung beträgt im Mittel rund 0,35 mSv/a. Die Strahlenbelastung durch Industrie und Technik, z. B. Kernanlagen, beträgt weniger als 0,1 mSv/a.<sup>101</sup>

Die Dosen aus Hintergrundstrahlung und Radonbelastung können lokal stark variieren: Rund drei Prozent der Bevölkerung erhalten eine jährliche Dosis aufgrund von Radon von weniger als 0,5 mSv/a, während drei Prozent der Bevölkerung eine Radon-Dosis von mehr als 12 mSv/a erhalten. Dies rührt daher, dass die lokale Radonbelastung von zahlreichen Faktoren wie der Isolation des Kellers, dem geologischen Untergrund und der Belüftung abhängt. Die Dosen aufgrund der natürlichen Hintergrundstrahlung unterscheiden sich ebenfalls lokal, jedoch in einem geringeren Rahmen: 2014 betrug die kleinste gemessene und über das Jahr gemittelte Ortsdosisleistung 86 nSv/h, die grösste betrug 183 nSv/h. Diese beiden Werte entsprechen einer Jahresdosis von 0,75 mSv/a, respektive 1,6 mSv/a. Beim Beitrag der kosmischen Strahlung ist zu berücksichtigen, dass dieser mit zunehmender Höhenlage zunimmt, da die dünner werdende Atmosphäre diese schlechter abschirmt.

---

<sup>100</sup> «Falls gezeigt werden kann, dass durch das geologische Tiefenlager aufgrund des radiologischen Gefährdungspotenzials der Abfälle bereits nach weniger als einer Million Jahre nur noch vernachlässigbar kleine radiologische Auswirkungen für Mensch und Umwelt zu erwarten sind, kann der Nachweis für kürzere Zeiträume geführt werden.» (Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03, S. 18).

<sup>101</sup> «Umweltradioaktivität und Strahlendosen», Jahresbericht 2014, Bundesamt für Gesundheit BAG.



**Abb. 39** Durchschnittliche jährliche Strahlendosen der Schweizer Bevölkerung in mSv/a pro Person. Natürliche Radioaktivität (Hintergrundstrahlung) besteht aus terrestrischer Strahlung (t), Aufnahme über die Nahrung (i) und kosmischer Strahlung (c). Zu «übrige» gehören künstliche Radioisotope in der Umwelt sowie Kernkraftwerke und Forschungsanstalten. (Bundesamt für Gesundheit BAG, Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2014).

#### *Strahlenbelastung im Bereich der Standortgebiete*

Die externe Strahlung (natürliche Hintergrundstrahlung) und das Radonrisiko im Umfeld der Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost sind in Abb. 40 in Kartenform dargestellt.

#### *Externe Strahlung (Hintergrundstrahlung)*

Die Messwerte für die Hintergrundstrahlung in der Schweiz stammen vom NADAM-Messnetz<sup>102</sup>, jene in Deutschland vom ODL-Messnetz<sup>103</sup>.

#### *Radonrisiko*

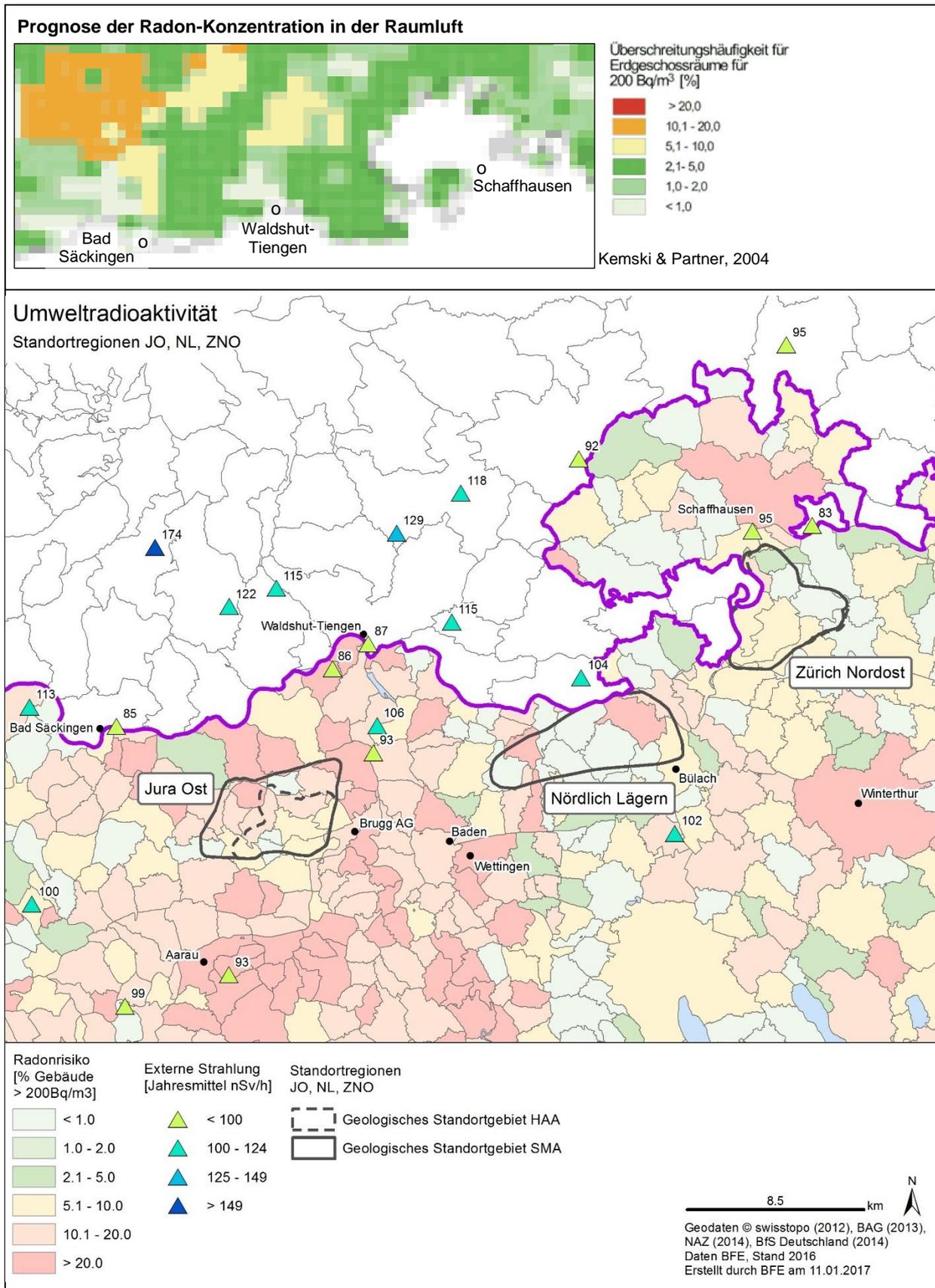
Das Radonrisiko wurde 2013 in der Schweiz vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) aufgrund von Stichproben-Messungen in Wohnräumen für jede Schweizer Gemeinde bestimmt. Das Risiko wurde dabei aufgrund des Anteils der Gebäude festgelegt, deren Radonbelastung 200 Bq/m<sup>3</sup>/h übersteigt (entspricht bei dauernd bewohnten Räumen einer effektiven Jahresdosis von ca. 8 mSv).

Für Deutschland wird zur Darstellung des Radonrisikos eine auf Messungen der Bodenluft basierende flächendeckende Prognose des Anteils der Gebäude, deren Radonbelastung in der Raumluft 200 Bq/m<sup>3</sup>/h übersteigt verwendet. Diese wurde von Kemski & Partner im Jahr 2004 erstellt.<sup>104</sup>

<sup>102</sup> NADAM ist die Bezeichnung des vom des von der Nationalen Alarmzentrale NAZ betriebenen «Netz für automatische Dosisalarmierung und -messung».

<sup>103</sup> Messnetz des Bundesamtes für Strahlenschutz zur Ermittlung der äusseren Strahlenbelastung durch kontinuierliche Messung der Gamma-Ortsdosisleistung (ODL).

<sup>104</sup> [http://www.radon-info.de/shtml/karten\\_rl.shtml](http://www.radon-info.de/shtml/karten_rl.shtml). Abgerufen am 19.01.2016



**Abb. 40** Externe Strahlung (natürliche Hintergrundstrahlung) und Radonrisiko im Umfeld der Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost. Die Werte der externen Strahlung von bestehenden Messstellen sind als Punktdaten dargestellt. Das Radonrisiko wird in Deutschland als Raster (oben) und in der Schweiz als Mittelwert pro Gemeinde (unten) dargestellt. Die Einteilung der Farbskala ist für beide Karten identisch.

*Jura Ost*

Aufgrund der verschiedenen Kernanlagen in der Region befinden sich viele Messstellen in der Nähe des Standortgebiets JO (Abb. 41). Die Jahresmittelwerte für die Hintergrundstrahlung entlang der Aare und des Rheins liegen zwischen 85 und 106 nSv/h. Dies entspricht einer Jahresdosis von ca. 0,8 bis 0,9 mSv/a und liegt im Bereich der typischen Hintergrundstrahlung im Schweizer Mittelland. In Deutschland steigen die Werte dann mit zunehmender Lage im Buntsandstein- und Kristallingebiet des Schwarzwalds etwas an. Dabei entspricht der Jahresmittelwert von Herrischried (174 nSv/h) einer Jahresdosis von ca. 1,5 mSv/a.

Messstelle	Jahresmittelwert	Tagesmittelwerte	Stundenmittelwerte
<b>PSI-Villigen</b>	93 nSv/h		78 bis 156 nSv/h
<b>Beznau</b>	106 nSv/h		87 bis 183 nSv/h
<b>Leibstadt</b>	86 nSv/h		68 bis 228 nSv/h
<b>Waldshut-Tiengen</b>	87 nSv/h	78 bis 97 nSv/h	
<b>Bad Säckingen</b>	85 nSv/h	80 bis 96 nSv/h	
<b>Albbruck</b>	115 nSv/h	92 bis 127 nSv/h	
<b>Herrischried</b>	174 nSv/h	133 bis 191 nSv/h	

**Abb. 41** Mittlere Ortsdosisleistungen im Umfeld des Standortgebiets Jura Ost im Jahr 2014.

In der Radonkarte des BAG wird das Radonrisiko in der Raumluft von Gebäuden für die meisten Gemeinden im Standortgebiet als gering eingestuft. Ausgenommen sind Brugg (gering bis mittel) sowie Laufenburg, Gansingen, Villigen und Elfingen (mittel). Die grösste mittlere Radon-Aktivität pro Kubikmeter wurde in Gansingen gemessen und entspricht umgerechnet einer jährlichen Dosis von über 6 mSv/a, die geringste mittlere Radon-Aktivität wurde in Effingen gemessen und entspricht einer jährlichen Dosis von weniger als 2 mSv/a.

Wird das Radonrisiko in den angrenzenden Gebieten in Deutschland mit der Methode des BAG beurteilt, resultiert überall ein geringes Risiko.

*Nördlich Lägern*

Die Jahresmittelwerte der Hintergrundstrahlung im Umfeld des Standortgebiets NL liegen zwischen 102 und 115 nSv/h (Abb. 42). Dies entspricht einer Jahresdosis von ca. 0,9 bis 1 mSv/a und liegt im Bereich der typischen Hintergrundstrahlung im Schweizer Mittelland.

Messstelle	Jahresmittelwert	Tagesmittelwerte	Stundenmittelwerte
<b>Zürich-Kloten</b>	102 nSv/h		85 bis 209 nSv/h
<b>Hohentengen</b>	104 nSv/h	94 bis 114 nSv/h	
<b>Lauchringen</b>	115 nSv/h	92 bis 127 nSv/h	

**Abb. 42** Mittlere Ortsdosisleistungen im Umfeld des Standortgebiets Nördlich Lägern im Jahr 2014.

In der Radonkarte des BAG wird das Radonrisiko in der Raumluft von Gebäuden für die meisten Gemeinden im Standortgebiet als gering eingestuft. Ausgenommen sind Eglisau (gering bis mittel) sowie Glattfelden, Schleinikon und Fisibach (mittel). Die grösste mittlere Radon-Aktivität pro Kubikmeter wurde in Eglisau gemessen und entspricht umgerechnet einer jährlichen Dosis von gegen 6 mSv/a. Die geringste mittlere Radon-Aktivität wurde in Schneisingen gemessen und entspricht einer jährlichen Dosis von gegen 2 mSv/a.

Wird das Radonrisiko in den angrenzenden Gebieten in Deutschland mit der Methode des BAG beurteilt, resultiert überall ein geringes Risiko.

#### Zürich Nordost

Die Jahresmittelwerte der Hintergrundstrahlung im Umfeld des Standortgebiets ZNO liegen zwischen 83 und 104 nSv/h (Abb. 40). Dies entspricht einer Jahresdosis von ca. 0,8 bis 0,9 mSv/a und liegt im Bereich der typischen Hintergrundstrahlung im Schweizer Mittelland.

Messstelle	Jahresmittelwert	Tagesmittelwerte	Stundenmittelwerte
Schaffhausen	95 nSv/h		74 bis 168 nSv/h
Hohentengen	104 nSv/h	94 bis 114 nSv/h	
Stühlingen	92 nSv/h	80 bis 111 nSv/h	
Büsingen	83 nSv/h	78 bis 97 nSv/h	

Abb. 43 Mittlere Ortsdosisleistungen im Umfeld des Standortgebiets Zürich Nordost im Jahr 2014.

Das Radonrisiko wird vom BAG für die Gemeinden Flurlingen, Dachsen und Rheinau als mittel, für die Gemeinden Laufen-Uhwiesen, Marthalen und Flaach als gering bis mittel und für die Gemeinden Benken, Schlatt, Trüllikon, Truttikon, Ossingen und Kleinandelfingen als gering eingestuft. Die grösste mittlere Radon-Aktivität pro Kubikmeter wurde in Dachsen gemessen und entspricht umgerechnet einer jährlichen Dosis von über 5 mSv/a. Die geringste mittlere Radon-Aktivität wurde in Schlatt gemessen und entspricht einer jährlichen Dosis von rund 2 mSv/a.

Wird das Radonrisiko in den angrenzenden Gebieten in Deutschland mit der Methode des BAG beurteilt, resultiert überall ein geringes Risiko.

#### 4.3.4 Auswirkungen und Schutzmassnahmen

Das KEG verlangt im dreistufigen Bewilligungsverfahren (Rahmen-, Bau-, Betriebsbewilligung) und ebenso hinsichtlich des Verschlusses zu jedem Schritt der Gesuchstellung den stufengerechten Nachweis des Schutzes von Mensch und Umwelt.<sup>105</sup> Ein GTL kann nur bewilligt werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Schutzkriterien vollumfänglich eingehalten werden können, und dass damit vom Lager keine oder nur vernachlässigbare nukleare Umweltauswirkungen ausgehen.

Das Vorgehen zum stufengerechten Nachweis der nuklearen Sicherheit eines GTL ist in der Richtlinie ENSI-G03 festgelegt. Im Erläuterungsbericht dazu schreibt das ENSI: «Für den Nachweis der Langzeitsicherheit hat sich international eine Vorgehensweise etabliert, die mit geringen Unterschieden in den einzelnen Ländern zur Anwendung kommt. Das betrifft sowohl den umfassenden Sicherheitsnachweis [...], als auch sein Kernstück, die systematische quantitative Sicherheitsanalyse.

<sup>105</sup> Siehe Art. 13 Abs. 1 Bst. a, Art. 16 Abs. 1 Bst. a, Art. 20 Abs. 1 Bst. c und Art. 39 Abs. 2 KEG.

*[...] Zu allen drei Bewilligungsgesuchen [d. h. für Rahmen-, Bau-, Betriebsbewilligung] sind jeweils zwei Sicherheitsnachweise vorzulegen, nämlich für die Betriebsphase und für das verschlossene GTL (Nachverschlussphase). Auch für die Gesuche für den Verschluss und die Entlassung aus dem KEG sind dem aktuellen Zustand der Anlage entsprechende Nachweise der Langzeitsicherheit vorzulegen.»*

Anstelle der Darstellung der voraussichtlich vernachlässigbaren Auswirkungen ionisierender Strahlung auf Mensch und Umwelt werden deshalb im Folgenden die Schutzmassnahmen beschrieben, welche gemäss dem Vorsorgeprinzip die Abgabe von Radioaktivität verhindern bzw. im Rahmen der Gesetzgebung begrenzen sollen (Optimierung, Rechtfertigung und Dosisgrenzwerte). Um die Schutzkriterien gemäss Kapitel 4.3.2 einhalten zu können, müssen nämlich die nach der Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik notwendigen Vorkehrungen zu einer Verminderung der Gefährdung getroffen werden.

Das radiologische Gefährdungspotenzial eines GTL ist aufgrund der Beschaffenheit und Aktivität der gehandhabten radioaktiven Stoffe, der Auslegung der Anlage und der Betriebs- und Lagerkonzepte deutlich geringer als bei anderen Kernanlagen wie z. B. Kernkraftwerken. Nach Einschätzung der Nagra kann für ein GTL Kritikalität<sup>106</sup> der radioaktiven Stoffe bei sachgemässer Handhabung in den Anlagen an der Oberfläche ausgeschlossen werden. Die nukleare Reaktivität kann zuverlässig begrenzt werden, und die Wärmeleistung der Abfälle durch eine entsprechende Befüllung der Endlagerbehälter kontrolliert werden.<sup>107</sup>

Das absolute maximale theoretische Gefährdungspotential der in einem GTL eingelagerten Abfälle – insbesondere der Brennelemente – wäre aber trotzdem gross, wenn keine Schutzmassnahmen getroffen würden. Im TFS wurden die Auswirkungen verschiedener nicht realistischer Extrem-Ereignisse behandelt, ohne die heute schon bestehenden und die im GTL vorgesehenen Schutzmassnahmen zu berücksichtigen.<sup>108</sup> Dabei wurde gezeigt, dass der Aufenthalt in unmittelbarer Nähe eines Brennelementes (ohne Hüllrohr und Lagerbehälter) für Menschen rasch tödlich wäre.

Da die erforderlichen Sicherheitsnachweise von den Entsorgungspflichtigen erst in späteren Projektphasen erbracht werden müssen, liegen noch keine detaillierten Sicherheitskonzepte vor, resp. wurden noch keine solchen behördlich genehmigt. Die nachfolgende Zusammenstellung der Schutzmassnahmen basiert daher neben den behördlichen Vorgaben vornehmlich auf vorläufigen, der frühen Planungsphase entsprechend allgemein gehaltenen Darstellungen der Nagra.

#### ***Auswirkungen und Schutzmassnahmen während der Projektierungs- und Bauphase***

Vor Beginn des Einlagerungsbetriebs bzw. vor der Beschickung des Pilotlagers werden keine radioaktiven Abfälle gehandhabt. Die nuklearen Auswirkungen des geologischen Tiefenlagers sind während dieser Zeit deshalb vernachlässigbar. Der Bau des Lagers und die EUU sind jedoch hinsichtlich der nuklearen Auswirkungen eines GTL insofern von Bedeutung, als dass die dann durchgeführten Entwicklungs-, Planungs-, Prüf- und Bauarbeiten den Grundstein dafür legen, dass ein Tiefenlager später sicher und mit Abgaben, die weit unter den zulässigen Abgabelimiten für radioaktive Stoffe an die Umwelt liegen betrieben werden kann.

<sup>106</sup> Kritikalität bezeichnet in der Kerntechnik sowohl die Neutronenbilanz einer kerntechnischen Anlage als auch den kritischen Zustand eines Kernreaktors oder einer Spaltstoffanordnung. Eine Anordnung ist kritisch, wenn pro Zeiteinheit ebenso viele freie Neutronen erzeugt werden, wie durch Absorption und Leckage (d.h. Verlust nach außen) verschwinden. Der kritische Zustand ist der normale Betriebszustand eines Kernreaktors, in dem eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion abläuft. wikipedia.de, abgerufen am 22.12.2016.

<sup>107</sup> Nagra Arbeitsbericht NAB 14-51, Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager in der Betriebsphase: Vorgaben, Vorgehen und Dokumentation der Ergebnisse, 2014; S. 4.

<sup>108</sup> Siehe [www.technischesforum.ch](http://www.technischesforum.ch), Fragen 111 bis 120.

Es ist denkbar, dass vor der Aufnahme des Einlagerungsbetriebs in Forschungseinrichtungen unter Tage Experimente mit radioaktiven Stoffen<sup>109</sup> durchgeführt werden, welche der Festigung der Kenntnisse zum Nuklidverhalten im Wirtgestein dienen. Die Mengen dieser Stoffe sind aber voraussichtlich äusserst gering. Falls ihre Aktivität, Konzentration, Dosisleistung oder Masse über den in der StSV festgelegten Grenzen liegen, müssen kontrollierte Zonen (StSV Art. 58) und Arbeitsbereiche (StSV Art. 69) eingerichtet werden. Der sichere Umgang mit radioaktiven Stoffen im Rahmen von Forschungsarbeiten ist durch die umfassende Praxis in bestehenden Forschungsinstitutionen etabliert, und es ist von keinen namhaften Auswirkungen auf die Umwelt auszugehen.

### Auswirkungen und Schutzmassnahmen während der Betriebsphase

Das ENSI verlangt für die Betriebsphase einen stufengerechten Sicherheitsnachweis, welcher aufgrund aller vorhandener Informationen die Sicherheit des GTL bewertet. Der Sicherheitsnachweis muss u. a. eine Störfallanalyse, welche die möglichen Abweichungen vom Normalbetrieb umfassend analysiert und deren radiologischen Auswirkungen sowie allfällige Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit bewertet, enthalten.<sup>110</sup>

Die Betriebsphase eines GTL ist in verschiedene Teilphasen aufgliedert (Abb. 44). Der Fokus hinsichtlich möglicher nuklearer Auswirkungen während der Betriebsphase richtet sich vor allem auf die Einlagerungsphase, in welcher die Abfälle von der Erdoberfläche in das Tiefenlager eingebracht werden. Hier muss von einem grösseren Gefährdungspotenzial ausgegangen werden als in den nachfolgenden Beobachtungs- und Verschlussphasen, in denen sich die Abfälle bereits in den verfüllten und verschlossenen Kavernen und Stollen befinden und keine aktive Handhabung der Abfälle mehr stattfindet.



**Abb. 44** Gliederung der Betriebsphase in die Teilphasen Einlagerung, Beobachtungsphase und Verschluss (aus: Geologische Tiefenlager; Radioaktive Abfälle sicher entsorgen, ENSI, 2012).

Die möglichen Auswirkungen des Einlagerungsbetriebs hat die Nagra in verschiedenen Berichten dokumentiert, soweit dies aufgrund der aktuellen Tiefe und Konkretisierung der Projektplanung möglich ist. Je ein Bericht behandelt die OFA (NTB 13-01), die NZA (NTB 16-08) und den Lagerbereich unter Tage (NAB 14-51).<sup>111</sup> Die Berichte beschreiben die Konzepte des betrieblichen Strahlenschutzes einschliesslich Störfallanalysen. Sie zeigen die Mittel und Massnahmen auf, mit welchen die nukleare Sicherheit eines GTL gewährleistet und unzulässige Emissionen vermieden werden. Die nachfolgenden Aussagen sind den drei erwähnten Berichten entnommen.

<sup>109</sup> Sogenannte «Tracer», welche in geringen Konzentrationen eingesetzt werden, um beispielsweise Fliess- und Ausbereitungsprozesse zu verfolgen.

<sup>110</sup> Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03, S. 15.

<sup>111</sup> Nagra Technischer Bericht NTB 13-01, Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers, 2013  
Nagra Technischer Bericht NTB 16-08, Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen [Nebenzugangsanlagen] geologischer Tiefenlager, 2016

Die sicherheitsrelevanten Elemente eines GTL bestehen aus bewährten und erprobten Systemen, Strukturen und Komponenten, welche entsprechend dem zum Zeitpunkt des Baus (und des Betriebs) aktuellen Stand der Technik ausgelegt sind. Viele der in einem GTL durchzuführenden Betriebsabläufe und Handhabungsschritte werden bereits heute routinemässig in bestehenden kerntechnischen Anlagen im In- und Ausland sicher und zuverlässig angewendet.

Eine besondere Bedeutung bei der Betrachtung der nuklearen Auswirkungen auf die Umwelt kommt bei einem GTL den an der Erdoberfläche angeordneten Anlageteilen zu, da an diesen Orten entweichende Radioaktivität grössere Auswirkungen auf die Umwelt hätte als in den Bereichen unter Tage:

- Bei der OFA werden die Abfälle angeliefert, umgeladen und über den dort mündenden Hauptzugang in die Lagerbereiche unter Tage transportiert.
- Die NZA dienen dem Betrieb und der Logistik (z. B. Luftzufuhr, Material- und Personentransporte). Über diese Anlagen werden keine radioaktiven Abfälle umgeschlagen, sie kommen aber potenziell als Austrittspunkte für im Tiefenlager freigesetzte Radioaktivität in Frage.

#### *Auswirkungen und Massnahmen bei der Oberflächenanlage (OFA)*

Mögliche Verursacher radiologischer Auswirkungen bei der OFA sind die Abfälle selber (Direktstrahlung) sowie Abwasser, Abluft und Betriebsabfälle aus der Umladezelle oder aus der kontrollierten Zone unter Tage. Ausserdem könnten Störfälle (z. B. durch Überschwemmung, Erdbeben, Brand, Flugzeugabsturz, Terroranschlag oder Sabotage) zur Freisetzung von Radioaktivität führen.

Die Einhaltung der Schutzkriterien wird bei der OFA durch die aus folgenden Faktoren und Schutzmassnahmen bestehende Lagerauslegung gewährleistet:

- Die Abfälle liegen ausschliesslich in fester Form vor, sind nicht brennbar<sup>112</sup> und müssen strenge Annahmebedingungen erfüllen. So dürfen z. B. die Oberflächen ihrer Verpackung nur unterhalb bestimmter zulässiger Höchstwerte kontaminiert sein.
- Die in der OFA temporär gelagerte und zeitgleich umgeschlagene Menge an Abfällen ist viel kleiner als in den heute bestehenden Zwischenlagern.
- Zur Abschirmung der Direktstrahlung und zum Schutz der Abfälle vor äusseren Einwirkungen tragen die externen Transportbehälter, die Endlagerbehälter und zusätzlich die internen Transportbehälter sowie die Gebäudestrukturen und bei Bedarf temporäre Massnahmen bei (vgl. Abb. 4).
- Beim Umlad der HAA aus den Transportbehältern in die Endlagerbehälter sind die geöffneten Behälter luftdicht an die Umladezelle angekoppelt. Dabei übernimmt die Umladezelle die Aufgabe des Einschlusses sowie der Abschirmung und hält die Radionuklide von der Aussenwelt fern.
- Sollten beim Umladen Brennelemente beschädigt werden, stehen fernbediente Werkzeuge zur Bewältigung des Störfalls (Sammlung und sicherere Einschluss der evtl. vorhandenen BE-Bruchstücke sowie der Dekontamination der Umladezelle) zur Verfügung.
- Alle Gebäude, in denen sich radioaktive Abfälle befinden sind sehr massiv gebaut und müssen einem grösstmöglichen Flugzeugabsturz<sup>113</sup> widerstehen können.
- Abluft, Abwasser und Betriebsabfälle aus der Umladezelle und der kontrollierten Zone unter Tage werden gefiltert bzw. gereinigt und nötigenfalls dekontaminiert.

---

Nagra Arbeitsbericht NAB 14-51, Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager in der Betriebsphase: Vorgaben, Vorgehen und Dokumentation der Ergebnisse, 2014

<sup>112</sup> Einige SMA-Bestandteile wie z. B. die bituminierten oder in Polystyrol konditionierten Ionenaustauscherharze sind brennbar, ebenso eine Reihe von zementierten organischen Komponenten (z. B. Filterkerzen, Handschuhe, Plastikabdeckungen etc. Sie werden aber in Endlagerbehälter einzementiert, welche die Brennbarkeit drastisch reduzieren.

<sup>113</sup> Der Gesuchsteller «hat für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen Flugzeugabsturz den zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuchs im Einsatz befindlichen militärischen oder zivilen Flugzeugtyp zu berücksichtigen, der unter realistischen Annahmen die grössten Stosslasten auf Gebäude ausübt». Art. 5, Abs. 5, Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen. SR 732.112.2.

- Es gibt ein Strahlenschutzkonzept zur Durchsetzung der notwendigen Massnahmen und deren Überwachung (Einrichten von Zonen und Gebieten). Namentlich müssen jene Bereiche, in denen Bereiche, in denen Personen durch externe Strahlenexposition eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv pro Jahr akkumulieren können, sog. kontrollierte Zonen eingerichtet werden, welche deutlich markiert sind und zu denen der Zugang kontrolliert werden muss.<sup>114</sup>

Einzig im HAA-Lager wird es im Normalbetrieb in der Umladezelle zu innerbetrieblichen Freisetzungen kommen können (Abfallen radioaktiver Partikel aus Ablagerungen auf der Aussenseite der Brennstäbe bei der Handhabung bzw. beim Austritt von luftgetragenen Stoffen aus einem Brennstab im Fall eines undichten Hüllrohrs). Damit verbundene Emissionen sind infolge der Anlagenauslegung und den Stoffeigenschaften äusserst gering und werden gemäss heutiger Erfahrung in den schweizerischen Kernanlagen weit unter den zulässigen Abgabelimiten für radioaktive Stoffe an die Umwelt liegen.

#### *Auswirkungen und Massnahmen bei den NZA*

Über die NZA werden keine radioaktiven Abfälle transportiert und es kann aufgrund des Lüftungskonzeptes keine Abluft aus der kontrollierten Zone (hier herrscht Unterdruck), zur NZA und von dort ins Freie gelangen. Deshalb sind in ihrem Umfeld sowohl im Normalbetrieb als auch im Störfall radiologische Auswirkungen auf Mensch und Umwelt infolge Direktstrahlung und/oder Freisetzung von Radionukliden ausgeschlossen.

#### *Auswirkungen und Massnahmen im Lagerbereich unter Tage*

Eine Kontamination der Anlagen unter Tage und eine unzulässige Abgabe von Radionukliden an die Umwelt wird durch den permanenten und zuverlässigen Einschluss der radioaktiven Abfälle in Endlagerbehälter, der Einrichtung einer kontrollierten Zone (inkl. Filteranlage und Schleusen im Bedarfsfall) sowie durch die sicherheitsoptimierte bauliche und technische Auslegung relevanter Bauwerke und Systeme zuverlässig verhindert. Weiterhin tragen einfache, räumlich und zeitlich getrennte Betriebsabläufe zum sicheren Betrieb bei. So wird z. B. während des HAA-Einlagerungsbetriebs der neben der kontrollierten Zone liegende Bereich, in dem die nächsten Lagerstollen ausgebrochen werden, mit einer Zwischenwand hermetisch abgetrennt.

Im Lagerbereich unter Tage wird zu keinem Zeitpunkt mehr als ein Behälter mit HAA transportiert und eingelagert.

Nach erfolgter Einlagerung wird durch rasches Verfüllen und Versiegeln der Lagerkammer der Schutz der Endlagerbehälter vor äusseren Einwirkungen schrittweise erhöht:

- Die mit einem HAA-Endlagerbehälter bestückten Lagerstollenabschnitte werden jeweils unmittelbar nach der Einlagerung mit Bentonitgranulat verfüllt, bevor der nächste Endlagerbehälter eingelagert wird. Zusätzlich werden voraussichtlich in bestimmten Abständen zwischen den Lagerbehältern in den Lagerstollen Zwischensiegel eingebracht. Ist der Lagerstollen vollständig verfüllt, wird die Endversiegelung vorgenommen.
- Die SMA- und LMA-Endlagerbehälter werden abschnittsweise in Verfüllmörtel eingebettet. Sobald eine Lagerkammer vollständig befüllt ist, wird sie versiegelt.
- Die Zwischen- und Endsiegel bewirken, dass das Verfüllmaterial und die Endlagerbehälter nicht durch äussere Einwirkungen wie Wassereintrich, Brand oder Explosion belastet werden können.

#### *Auswirkungen und Schutzmassnahmen bei Störfällen*

Äusseren und inneren Einwirkungen wird durch Auslegungsmassnahmen begegnet, wobei die durch die Annahmebedingungen vorgegebenen Eigenschaften der angelieferten Abfälle sowie die Transport- bzw. Endlagerbehälter, die robusten Bauwerke und die Einrichtung von kontrollierten Zonen mit Unterdruck und Luftfiltern zentrale Barrieren darstellen. Neben dem Widerstand gegen innere und äussere Störfalleinwirkungen tragen die Barrieren zur Rückhaltung des eingeschlossenen radioaktiven

---

<sup>114</sup> Art. 58 StSV.

Materials bei und verhindern eine Ausbreitung der Luft aus der kontrollierten Zone in die konventionellen Bereiche des geologischen Tiefenlagers (inkl. der NZA). Zusätzlich können mit geeigneten Betriebsabläufen die Gefährdungen durch Einwirkung von innen (wie beispielsweise Lastabsturz, Kollision und Brand) weitgehend vermieden bzw. die bei Störfällen maximal auftretenden Belastungen gering gehalten werden. Dabei werden bei gleichem Sicherheitsgewinn die Massnahmen zur Verhinderung von Störfällen denjenigen zur Begrenzung der Auswirkungen vorgezogen.

#### *Fazit zu den Auswirkungen und Schutzmassnahmen während der Betriebsphase*

An einem geeigneten Standort, bei geeigneter Auslegung der Anlage und bei geeigneten Betriebsabläufen wird es möglich sein, die Dosisgrenzwerte im Normalbetrieb und auch bei Störfällen deutlich zu unterschreiten. Bei allen anzunehmenden Störfällen ist aufgrund der Auslegungsmassnahmen mit keiner erheblichen Freisetzung von Radioaktivität an die Umwelt zu rechnen, so dass die Dosisgrenzwerte eingehalten werden.

#### *Auswirkungen der Betriebsphase auf die Langzeitsicherheit*

Nebst dem Vermeiden von direkten radiologischen Auswirkungen des Betriebs müssen in der Betriebsphase auch vorbeugend und vorausschauend Massnahmen ergriffen werden, welche unerwünschte Auswirkungen während der Beobachtungsphase, sowie während und nach dem Verschluss verhindern können.

Das entsprechende Sicherheitskonzept<sup>115</sup> stützt sich auf die folgenden Sicherheitsfunktionen:

- Sicherstellung des Schutzes des Wirtgesteins, der Endlagerbehälter sowie der Bauelemente und Materialien der technischen Barrieren bis die Endlagerbehälter ordnungsgemäss in den Lagerkammern eingelagert und die Lagerkammern vollständig verfüllt und versiegelt sind. Dies verlangt den Schutz während des Ausbruchs und des Einbaus sowie während der Zeitperiode des unvollständigen Verschlusses.
- Schutz der eingebauten Endlagerbehälter, technischen Barrieren und der Lagerkammern vor äusseren Einwirkungen durch zügige Verfüllung der Einlagerungsbereiche und durch baldige Versiegelung der verfüllten Lagerkammern (Isolation vom fortschreitenden Einlagerungsbetrieb).
- Einplanen von Korrekturmöglichkeiten: Die Korrekturen können vom Ausbau und Ersatz des Verfüll- und Versiegelungsmaterials und der Endlagerbehälter bis im Extremfall zur Aufgabe von Lagerkammern reichen.

#### *Auswirkungen in der Nachverschlussphase (Langzeitsicherheit)*

Ein GTL darf nur verschlossen werden, wenn im Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase der Schutz von Mensch und Umwelt vor radiologischen Auswirkungen dauerhaft (d. h. auch über lange Zeiträume von mehr als 100 000 bzw. einer Million Jahre hinaus) aufgezeigt werden kann.

Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass nach dessen Verschluss keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit erforderlich sind (ENSI-G03), d. h. das Tiefenlager muss sich in einem passiv sicheren Zustand befinden. Die Sicherheitssysteme, welche für die Langzeitsicherheit verantwortlich sind, beruhen auf natürlichen Barrieren oder wurden während der Bau-, Betriebs- oder Verschlussphase errichtet.

Nach dem Verschluss des Lagers kann die von den Abfällen ausgehende Direktstrahlung aufgrund der grossen Versenkungstiefe der radioaktiven Abfälle als Umweltauswirkung ausgeschlossen werden. Ziel der geologischen Tiefenlagerung ist es daher, die Langzeitsicherheit dadurch zu gewährleisten, dass die unvermeidliche räumliche Ausbreitung der Radionuklide aus dem GTL möglichst verzögert und langsam erfolgt.

---

<sup>115</sup> NAB 14-51, S.25.

Der Materialfluss in die Biosphäre wird beschränkt durch die geringe Freisetzung von Radionukliden aus dem Tiefenlager, der Rückhaltung im umgebenden Gestein und durch den Zerfall der Radionuklide während des äusserst langsamen Transports im Gestein. GTL müssen deshalb an einem geeigneten Standort errichtet werden, der eine ausreichende Sicherheit auch über lange Zeiträume gewährleistet. Ebenso muss das Lager baulich und technisch so ausgelegt werden, dass auch über lange Zeiträume Mensch und Umwelt zuverlässig geschützt sind.

Die Abschätzung der Ausbreitung und Freisetzung von Radionukliden über Zeiträume von mehreren Hunderttausend Jahren ist weitaus komplexer als die Abschätzung der möglichen Dosen während der Betriebsphase. Eine Vielzahl von Faktoren fliesst in die Langzeitmodelle ein (z. B. Löslichkeit der Abfälle, Rückhaltevermögen der technischen Barrieren, Rückhaltevermögen der Wirt- und Rahmengesteine, zeitliche Entwicklung der geochemischen Rahmenbedingungen (Temperatur, pH-Wert, Druckverhältnisse, etc.), Wasserfluss im Gestein, Ausbildung und Lage von grundwasserleitenden Schichten, Änderung der Druckverhältnisse im Untergrund infolge Erosion, etc.). Die Entwicklung eines Tiefenlagers und seiner Umgebung wird deshalb in den Modellen mit konservativen, d. h. von ungünstigen Bedingungen ausgehenden Annahmen beschrieben, um die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt aufzeigen zu können.

Die Nagra hat in ihrem Technischen Bericht NTB 14-03<sup>116</sup>, im Anhang A1 eine Reihe von Sicherheitsfunktionen und Prinzipien definiert, welche sie zur Beurteilung der Langzeitentwicklung eines geologischen Tiefenlagers heranzieht. Sie hält dazu fest: *«Die Elemente des Barrierensystems eines geologischen Tiefenlagers müssen eine Reihe von Sicherheitsfunktionen gewährleisten, welche einen unerwünschten direkten Kontakt des Menschen mit den radioaktiven Abfällen verhindern, die Freisetzung von Radionukliden aus dem geologischen Tiefenlager klein halten und damit die radiologische Langzeitsicherheit des Tiefenlagers und den Schutz des spaltbaren Materials vor unerwünschtem menschlichen Zugriff gewährleisten.»*

Diese Sicherheitsfunktionen (F) und Prinzipien (P) umfassen:

- Physische Trennung der Abfälle vom menschlichen Lebensraum und Gewährleistung der erforderlichen Langzeitstabilität des Barrierensystems (F)
- Einschluss der Radionuklide (F)
- Verzögerte Freisetzung der Radionuklide (F)
- Radionuklidrückhaltung im Nahfeld und in der Geosphäre (F)
- Kleine Freisetzungsraten (F)
- Zuverlässige Erstellung der geologischen Tiefenlager (P)
- Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen (P)
- Begrenzung des Einflusses ungünstiger Phänomene, inkl. lagerbedingter Einflüsse (P)

Einen zentralen Element für die Gewährleistung der Langzeitsicherheit bilden Berechnungen der grösstmöglichen effektiven Jahresdosis, welche bei einem Menschen, der in unmittelbarer Nähe lebt, durch das GTL verursacht werden kann. Die Nagra hat im Rahmen der provisorischen Sicherheitsanalyse für ihren Standortvorschlag («2x2-Vorschlag») der Etappe 2 des Verfahrens Sachplan geologische Tiefenlager solche Dosisberechnungen durchgeführt und im NTB 14-03 dokumentiert (vgl. die Abb. 45 bis Abb. 47 auf den nachfolgenden Seiten mit Beispielen für die Standortgebiete JO, NL und ZNO).

Die Ergebnisse dienen dem sicherheitstechnischen Vergleich von Standorten und geben Hinweise auf den Umfang der notwendigen weiteren Untersuchungen in Etappe 3, um eine ausreichende Datengrundlage für ein Rahmenbewilligungsgesuch zu erreichen (ENSI 33/075).

---

<sup>116</sup> Nagra NTB-14-03, Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barrierensysteme, 2014.

Diese Dosisberechnungen haben gezeigt, dass für alle untersuchten Standortgebiete die freigesetzte Individualdosis mit den aktuellen Modellannahmen unter Berücksichtigung von verschiedenen Rechenfällen und Parametervariationen im Betrachtungszeitraum von 100 000 Jahren für SMA-Abfälle resp. 1 Millionen Jahre für HAA-Abfälle deutlich unter dem Dosis-Schutzkriterium von 0,1 mSv pro Jahr gemäss der Richtlinie ENSI-G03 und dem Schwellenwert zur Optimierung von 0,01 mSv pro Jahr gemäss der StSV liegen.

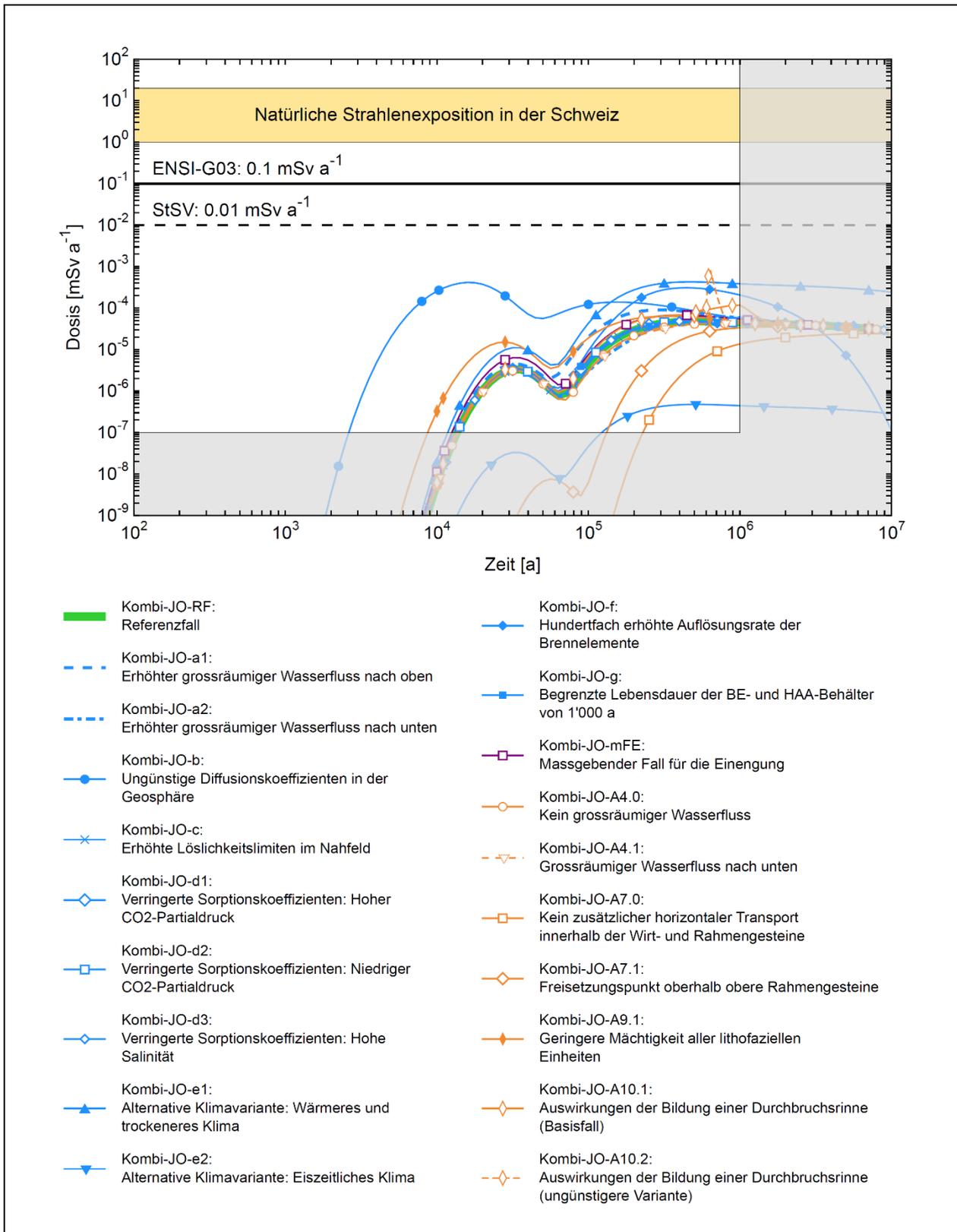
Nach heutigem Kenntnisstand kann also davon ausgegangen werden, dass die Schutzkriterien zur Langzeitsicherheit an den zur weiteren Untersuchung in Etappe 3 vorgeschlagenen Standorten eingehalten werden. Der entsprechende Nachweis muss gemäss den Vorgaben der Richtlinie ENSI-G03 mit jedem Schritt des Bewilligungsverfahrens und mit den Gesuchen zum Verschluss und zur Feststellung des ordnungsgemässen Verschlusses erneut erbracht werden. Da der Kenntnisstand mit zunehmendem Verfahrensfortschritt immer weiter vertieft und verfeinert wird, werden auch die Sicherheitsnachweise auf präziseren und zuverlässigeren Daten beruhen.

#### **4.3.5 Vorläufige Einordnung der Auswirkungen**

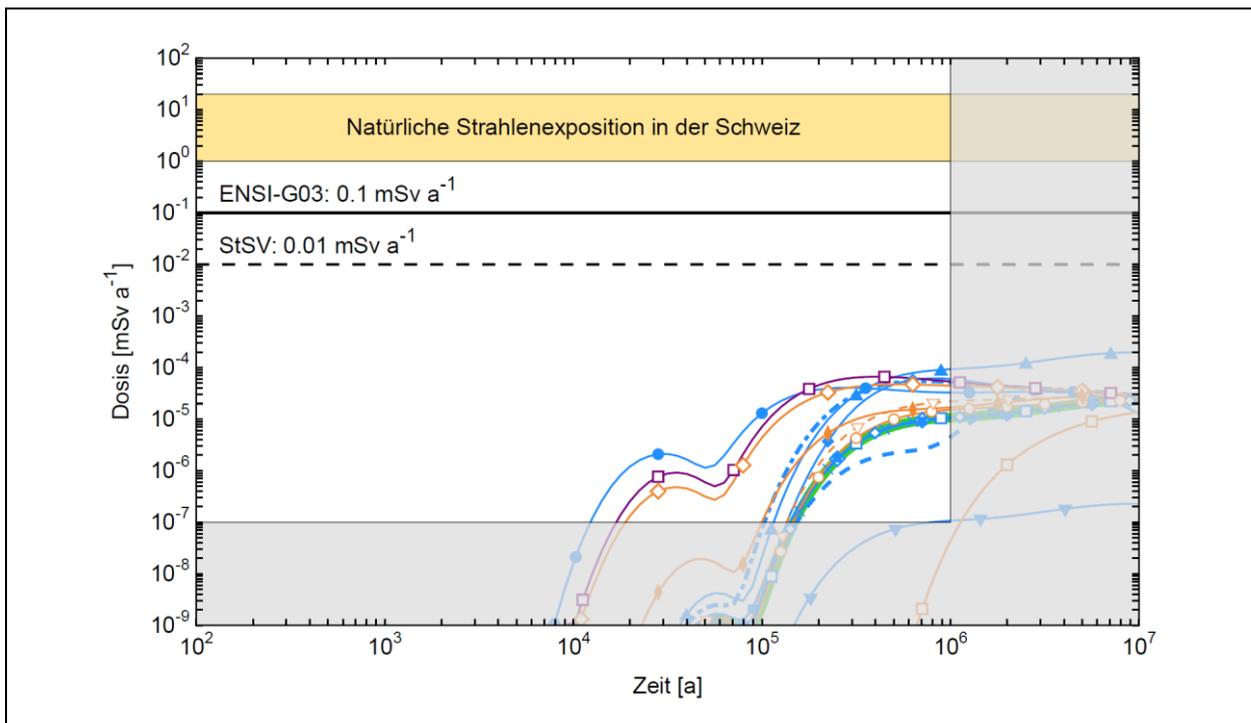
Die strengen gesetzlichen und behördlichen Vorgaben und Prüfungen sollen sicherstellen, dass die durch ein GTL verursachte zusätzliche Strahlendosis gegenüber der natürlich vorhandenen Strahlung vernachlässigbar klein ist.

Für die Umsetzung der Vorgaben bestehen also verschiedene Konzepte und Technologien für die Realisierung eines GTL, welches keine Radioaktivität über dem zulässigen Ausmass freigesetzt. Dies gilt für den Normalbetrieb und für Störfälle, sowohl für die Betriebsphase als auch für die Langzeitsicherheit nach dem Verschluss des Lagers.

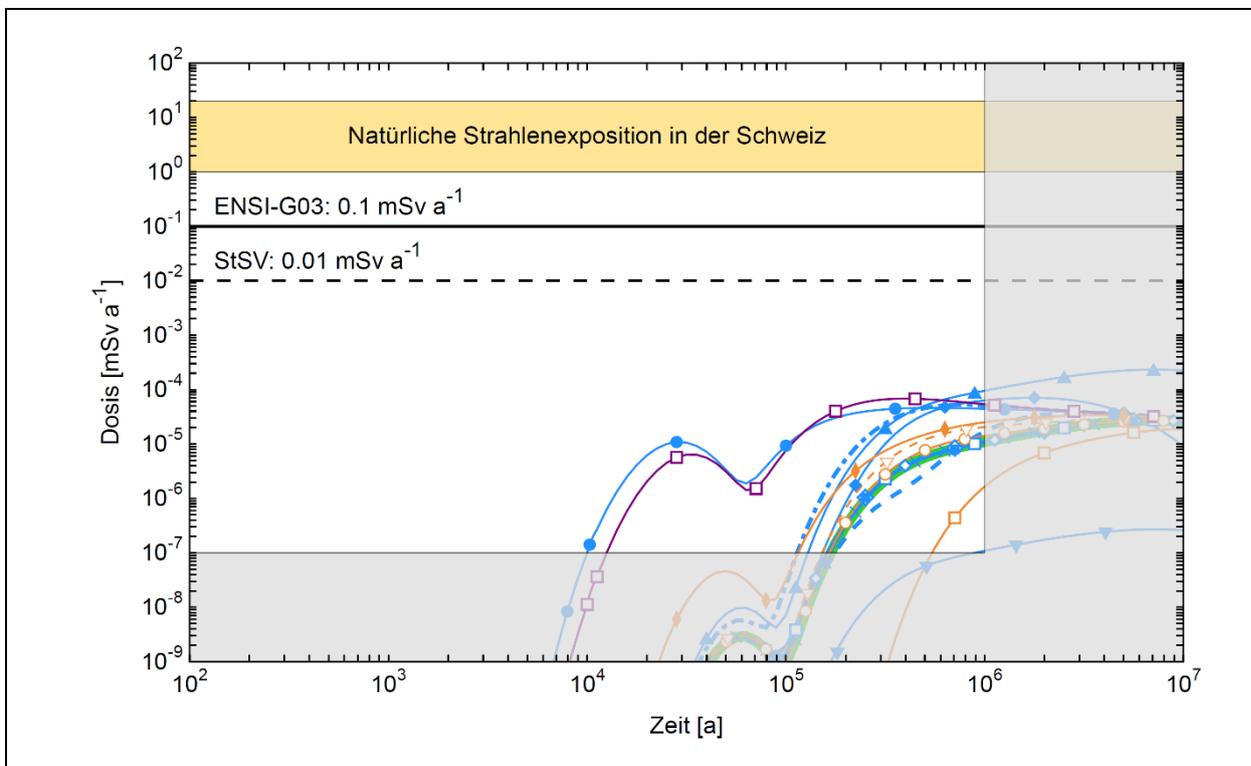
Damit kann für die vorläufige Einordnung davon ausgegangen werden, dass ein GTL so gebaut, betrieben und verschlossen werden kann, dass es voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen durch ionisierenden Strahlung auf Mensch und Umwelt verursachen wird.



**Abb. 45** Dosisberechnungen für ein Kombi-Lager im Standortgebiet Jura Ost für verschiedene Szenarien aus der provisorischen Sicherheitsanalyse zu Etappe 2. Aus Nagra Technischer Bericht NTB 14-03, Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barrierensysteme, 2014.



**Abb. 46** Dosisberechnungen für ein HAA-Lager im Standortgebiet Nördlich Lägern für verschiedene Szenarien aus der provisorischen Sicherheitsanalyse zu Etappe 2. Im Gegensatz zu JO und ZNO hat die Nagra im NTB 14-03 für NL keine Dosiskurven für ein Kombilager publiziert. Da aber das HAA-Lager bestimmend für die Dosiskurven eines Kombilagers ist, würden diese nicht wesentlich anders aussehen. Legende (sinngemäss) und Quelle vgl. Abb. 45



**Abb. 47** Dosisberechnungen für ein Kombi-Lager im Standortgebiet Zürich Nordost für verschiedene Szenarien aus der provisorischen Sicherheitsanalyse zu Etappe 2. Legende (sinngemäss) und Quelle vgl. Abb. 45.

## 4.4 Konventionelle Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

### 4.4.1 Luft

#### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung, Methode*

Dieses Kapitel basiert vor allem auf den Ergebnissen der SÖW, in deren Rahmen die durch den GTL-bedingten Verkehr (Personen- und Materialtransporte) verursachten Luftbelastungen prognostiziert wurden. Dabei wurde die Anzahl betroffener Personen abgeschätzt, welche in einem Abstand von höchstens 200 m von Strecken leben oder arbeiten, die durch das GTL einen Mehrverkehr von mindestens 25 % erfahren könnten.

Der Untersuchungsperimeter JO umfasst das Gebiet im Dreieck zwischen Baden, Brugg und Koblenz. Darin liegen als Zufahrtsstrassen zum Standortareal die Kantonsstrassen K442, K112 und K113.

Der Untersuchungsperimeter NL-2 und NL-6 umfasst das Gebiet im Viereck zwischen Koblenz im Westen, Brugg im Südwesten, Flughafen Zürich im Südosten und Eglisau im Osten. Er beinhaltet die Hauptverkehrsstrasse (HVS) 7 (West-Ost-Richtung) als Zufahrtsstrasse zu den Standortarealen, den kurzen Autobahnabschnitt A50 bei Glattfelden, die Autobahn A51, die Kantonsstrasse K348 von Weiach nach Stadel (inkl. Kiesstrasse K348 zwischen Glattfelden und Hochfelden), sowie die Bahnstrecke zwischen Eglisau und Koblenz.

Der Untersuchungsperimeter ZNO umfasst das Gebiet zwischen Benken, Andelfingen und Rheinau. Er beinhaltet die regionalen Verbindungsstrassen K532 und K534 als Zufahrtsstrassen zum Standortareal bzw. bis zum A4-Anschluss Benken, sowie einen Abschnitt der Autobahn A4.

Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung wurde bei der SÖW – unabhängig von geplanten Schienen- oder Förderbandtransporten – in einem ersten Schritt angenommen, dass sämtliche Bau- und Betriebstransporte auf einer einzigen Strasse stattfinden. Dabei wurden LKW- gegenüber PW-Fahrten achtfach gewichtet. Dort wo der Mehrverkehr 25 % überschritt, erfolgte dann eine differenziertere Betrachtung mit der Möglichkeit einer Minderung der Verkehrsbelastung durch Verteilung auf mehrere Routen sowie auf Strasse und Schiene.

Die Nagra favorisiert für die Transporte der Ausbruch- und Aushubmaterialien vom Standortareal eine Lösung mit Förderbändern. Damit könnten die entsprechenden LKW-Transporte und Emissionen vermieden oder reduziert werden. Diese umweltmässig vorteilhafte Lösung ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gesichert. Daher wurde die oben erläuterte Worst-Case-Betrachtung angestellt (nur bei JO-3+ hat die SÖW einen Förderbandtransport des Ausbruchmaterials zu einer Umladestelle auf die Bahn berücksichtigt).

Die Zu- und Wegfahrten zu den NZA und den Installationsplätzen während den Bau- und Betriebsphasen konnten in den Erwägungen nicht berücksichtigt werden, da deren Lage noch nicht bekannt ist.

Da die Transporte im Untergrund voraussichtlich mit einer elektrisch angetriebenen Bahn erfolgen, ist aus dem GTL selber in der Betriebsphase nicht mit Schadstoffemissionen zu rechnen.

Die Aussagen über die Auswirkungen von Baumaschinen und weiteren Verbrennungsmotoren im Bereich der OFA stützen sich auf die UVP-Voruntersuchungen.

#### *Schutzziel, Grundsätze und Begriffe*

Gemäss Luftreinhalteverordnung (LRV)<sup>117</sup> sind Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume sowie der Boden vor schädlichen oder lästigen Luftverunreinigungen zu schützen. Dazu müssen bei neuen Anlagen und bei Baumaschinen der Ausstoss von Luftschadstoffen (Emissionen) vorsorglich begrenzt werden. Soweit dies wirtschaftlich tragbar und technisch und betrieblich möglich ist, sind Baumaterialtransporte und generell Transporte während der Betriebsphase

---

<sup>117</sup> Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1).

mit der Bahn, allenfalls in Kombination mit Förderbändern, durchzuführen. Für den Fall, dass der Schadstoffgehalt der Luft die festgelegten Immissionsgrenzwerte (IGW)<sup>118</sup> überschreitet, müssen zusätzliche Massnahmen getroffen werden.

### *Ausgangszustand*

#### *Jura Ost*

Die wichtigste Quelle von Luftschadstoffemissionen ist am Standort der OFA die K442 mit einem täglichen Verkehr (DTV) von rund 4500 Fahrzeugen. Weitere relevante Quellen in der näheren Umgebung sind die Einrichtungen und Gebäude von PSI und Zwilag. Darüber hinaus sind im ländlich geprägten Tal vor allem landwirtschaftliche Betriebe und somit keine weiteren relevanten Quellen der hier relevanten Schadstoffe NO<sub>x</sub>, PM10 und VOC<sup>119</sup> vorhanden.

Im Untersuchungsperimeter werden derzeit keine Messstationen für Luftschadstoffimmissionen betrieben. Aufgrund der nächstgelegenen Messungen und von Modellberechnungen des BAFU liegen die NO<sub>2</sub>- und PM10-Immissionen am Standortareal und in seiner Umgebung deutlich unter den Grenzwerten der LRV und halten damit die Anforderungen ein. Die Ozon-Belastung überschreitet wie praktisch im ganzen Land die Immissionsgrenzwerte der LRV erheblich.

Aufgrund der eingeleiteten lufthygienischen Massnahmen wird im Ausgangszustand 2030 sowohl landesweit als auch im Untersuchungsperimeter mit einer gegenüber heute verminderten Luftbelastung gerechnet.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Die wichtigsten Quellen von Luftschadstoffemissionen am Standort der Oberflächenanlage sind das Kies- und Betonwerk unmittelbar nördlich der Bahnlinie, die damit verbundenen Sortieranlagen und Förderbänder und der rege LKW- und Baumaschinen-Verkehr auf dem weitläufigen Kiesabbau- und Deponieareal (u. a. Staub bzw. PM10). Weitere relevante Quellen in der näheren Umgebung sind die südlich vorbeiführende HVS 7 mit einem DTV von rund 12 000 Fahrzeugen, nördlich mit einem Mindestabstand von ca. 900 m die Hauptstrasse L161 auf der deutschen Seite des Rheins, die nächstgelegenen Abschnitte der A50 und K348 sowie die Dörfer Weiach, Hohentengen und Glattfelden.

Im Untersuchungsperimeter werden derzeit keine Messstationen für Luftschadstoffimmissionen betrieben. Aufgrund der nächstgelegenen Messungen und von Modellberechnungen des BAFU liegen die NO<sub>2</sub>-Immissionen am Standortareal und in seiner Umgebung deutlich unter den Grenzwerten der LRV und halten damit die Anforderungen ein. Beim PM10 ist aufgrund des Kiesabbaubetriebs mit lokalen Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes zu rechnen. Die Ozon-Belastung überschreitet wie praktisch im ganzen Land die Immissionsgrenzwerte der LRV erheblich.

Aufgrund der eingeleiteten lufthygienischen Massnahmen wird im Ausgangszustand 2030 sowohl landesweit als auch im Untersuchungsperimeter mit einer gegenüber heute verminderten Luftbelastung gerechnet.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

In der unmittelbaren Umgebung des Standortareals finden lediglich land- und forstwirtschaftliche Nutzungen statt, weshalb heute keine bedeutenden Emissionsquellen vorhanden sind. Im weiteren Umfeld sind die wichtigsten Emissionsquellen das Kies- und Betonwerk unmittelbar neben der Verbindungsstrasse K348 östlich des Areals, die damit verbundenen Sortieranlagen und Förderbänder sowie der rege LKW- und Baumaschinen-Verkehr auf dem weitläufigen Kiesabbau- und Deponieareal Rütelfeld. Weitere relevante Quellen in der näheren Umgebung sind die nächstgelegenen Abschnitte der

<sup>118</sup> In der LRV, Anhang 7 sind Immissionsgrenzwerte für SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Schwebestaub (PM10) und Staubniederschlag festgelegt.

<sup>119</sup> Flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC).

K348 (800 m entfernt), der HVS 7 (1,1 km) und der A50 (1,3 km) sowie die Dörfer Windlach (1 km) und Glattfelden (2 km).

Im Untersuchungsperimeter werden derzeit keine Messstationen für Luftschadstoffimmissionen betrieben. Aufgrund der nächstgelegenen Messungen und von Modellberechnungen des BAFU liegen die NO<sub>2</sub>-Immissionen am Standortareal und in seiner Umgebung deutlich unter den Grenzwerten der LRV und halten damit die Anforderungen ein. Beim PM10 ist aufgrund des benachbarten Kiesabbaubetriebs mit lokalen Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes zu rechnen. Die Ozon-Belastung überschreitet wie praktisch im ganzen Land die Immissionsgrenzwerte der LRV erheblich.

Aufgrund der eingeleiteten lufthygienischen Massnahmen wird im Ausgangszustand 2030 sowohl landesweit als auch im Untersuchungsperimeter mit einer gegenüber heute verminderten Luftbelastung gerechnet.

#### *Zürich Nordost*

In der näheren Umgebung des Standortareals sind heute keine Luftschadstoff-Emissionsquellen vorhanden, mit Ausnahme der K532, die das geplante Standortareal durchquert. Die wichtigste Emissionsquelle in der Umgebung ist die Autobahn A4 mit einem DTV von heute rund 25 600 Fahrzeugen.

Im Untersuchungsperimeter werden derzeit keine Messstationen für Luftschadstoffimmissionen betrieben. Aufgrund der nächstgelegenen Messungen und von Modellberechnungen des BAFU liegen die NO<sub>2</sub>- und PM10-Immissionen am Standortareal und in seiner Umgebung deutlich unter den Grenzwerten der LRV und halten damit die Anforderungen ein. Die Ozon-Belastung überschreitet wie praktisch im ganzen Land die Immissionsgrenzwerte der LRV erheblich.

Aufgrund der eingeleiteten lufthygienischen Massnahmen wird im Ausgangszustand 2030 sowohl landesweit als auch im Untersuchungsperimeter mit einer gegenüber heute verminderten Luftbelastung gerechnet.

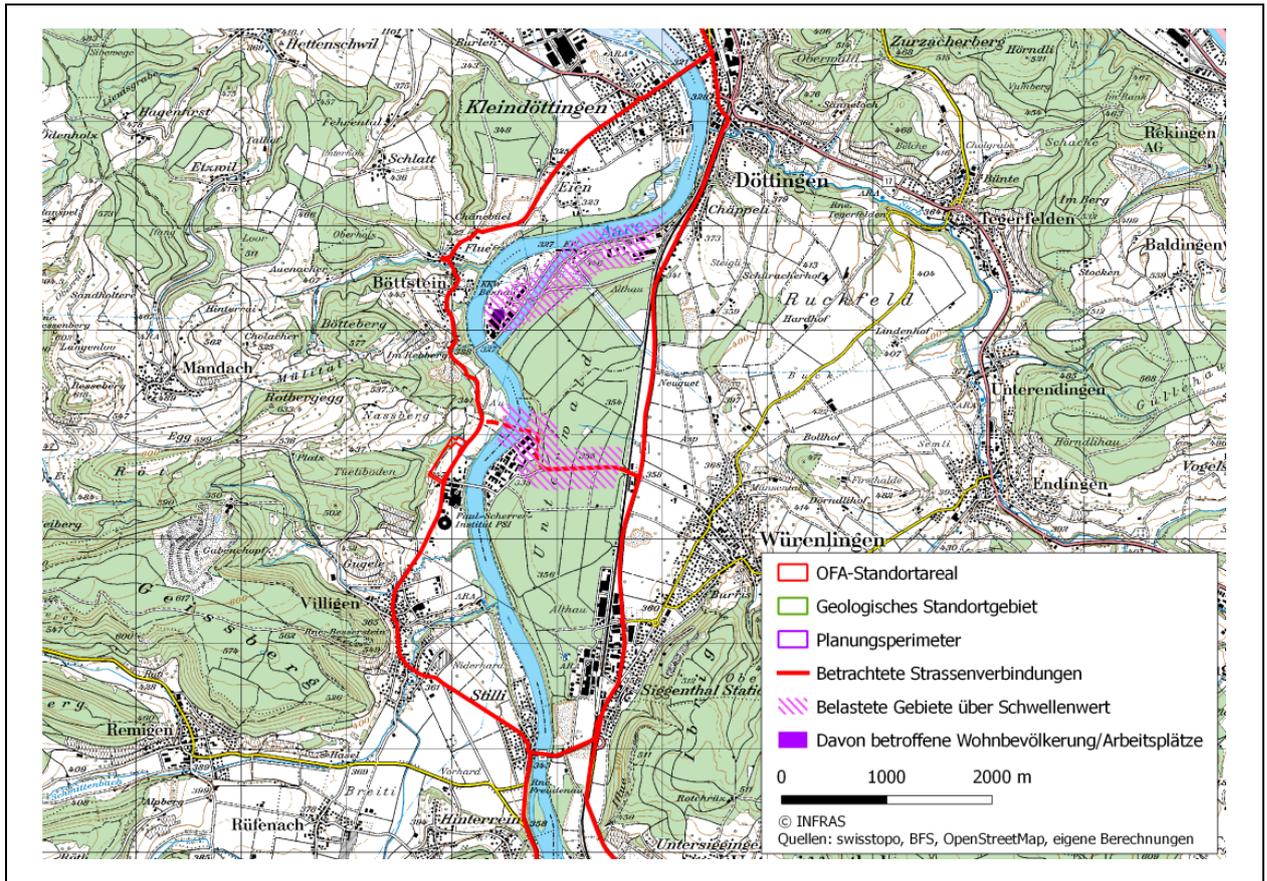
#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Bei allen Standorten treten auf den Arealen der Oberflächeninfrastruktur, Deponieflächen und Installationsplätzen mit dem Einsatz von Baumaschinen und Geräten zusätzliche Quellen u. a. von NO<sub>x</sub>-, PM10- und VOC-Emissionen auf. Durch die Schütt- und Umlagerungsvorgänge entstehen auf den Baustellen zusätzliche Staubemissionen. Diese Emissionen und die entsprechend notwendigen Massnahmen müssen im UVB 2. Stufe bestimmt werden.

#### *Jura Ost*

Für den Standort JO-3+ ist die Erschliessung für Bau und Betrieb von der östlichen Aareseite her vorgesehen. Die K 442 entlang des westlichen Aareufers ist nur für die Anfahrt des Bau- und Betriebspersonals sowie für den Besucherverkehr relevant. Das Aushubmaterial soll per Förderband zur Bahn-Umladestation Würenlingen (oder alternativ zu einer neuen Umladestation auf der Beznau-Insel) transportiert werden.

In Abb. 48 sind die Bereiche, welche gemäss der SÖW im Bereich eines Verkehrswegs mit einer Verkehrszunahme von mindestens 25 Prozent liegen, schraffiert dargestellt. Auf der neu zu erstellenden, von der Reaktorstrasse abzweigenden Zufahrtsstrasse gelten sämtliche Fahrten als Mehrverkehr. Auf der Reaktorstrasse selber wird das Kriterium «25 Prozent Mehrverkehr» mit Ausnahme der Verschlussphase SMA-Lager (22 %) immer überschritten. Im 200 m-Umfeld der erwähnten Strassen werden dadurch rund 73 Beschäftigte der Zwilag (jedoch keine Wohnbevölkerung) von einer spürbaren zusätzlichen Luftbelastung betroffen. Auf diesen beiden Strassen sind in der Verschlussphase bei einem HAA- oder Kombilager der Zusatzverkehr und damit auch die entsprechenden Emissionen gut doppelt so hoch wie bei einem SMA-Lager. In den Phasen mit Bauaktivitäten (wie auch in den Betriebsphasen) besteht diesbezüglich kein relevanter Unterschied zwischen den Lagertypen.



**Abb. 48** Gebiete mit zusätzlicher Luftbelastung während der Phasen mit Bauaktivitäten JO (SÖW Regionsbericht JO; Darstellung INFRAS; Geodaten swisstopo und Tiefbauamt Kanton Aargau).

Die anschliessend für Strassentransporte Richtung Süden vorgesehenen oder in Frage kommenden bestehenden Kantonsstrassen K112 (nach Stilli – Siggenthal), K113 (nach Siggenthal – Brugg) und K442 (nach Brugg) weisen hohe Verkehrsbelastungen auf. Deshalb liegt der Zusatzverkehr von wenigen Dutzend Transporten pro Tag bei allen Lagertypen im einstelligen Prozentbereich. Diese lufthygienische Beeinträchtigung kann als nicht wahrnehmbar beurteilt werden.

Im Fall eines Transports des Ausbruchsmaterials über eine Umladestation auf der Beznau-Insel würde auch das entsprechende Anschlussgleis bis zur SBB-Linie eine grosse Verkehrszunahme erfahren. Damit wäre eine spürbare Zunahme der Luftbelastung für die 628 Beschäftigten des KKW Beznau verbunden. Wohnbevölkerung wäre davon keine betroffen.

#### Nördlich Lägern NL-2

Als mögliche Transportrouten wurden im Rahmen der SÖW die Verbindungen über die am Standortareal vorbeiführende HVS 7 nach Osten (via A50 und A51) und Westen (Bad Zurzach – Aaretal) sowie über regionale Verbindungsstrassen nach Süden (Neerach –Niederglatt – Glattbrugg) betrachtet. Letztere weisen relativ geringe Verkehrsbelastungen und insbesondere ein tiefes Schwerverkehrsaufkommen auf.

Ein Mehrverkehr von über 25 % in den Phasen mit Bauaktivitäten und in der Verschlussphase würde nur dann erreicht, wenn gemäss der worst-case Betrachtungsweise der ganze Verkehr auf einer einzigen der regionalen Verbindungsstrassen abgewickelt würde. Auf der Kiesstrasse K348, der Belchenstrasse zwischen Kaiserstuhl und Siglistorf und der Kaiserstuhlerstrasse K348 zwischen Weiach und Raat würde der entsprechende Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen rund 50 % (zwischen 45 % und 57 %) betragen. In der Verschlussphase wären die Zunahmen für ein SMA-Lager etwas weniger hoch (rund 40 %), für ein HAA- und Kombilager hingegen noch grösser

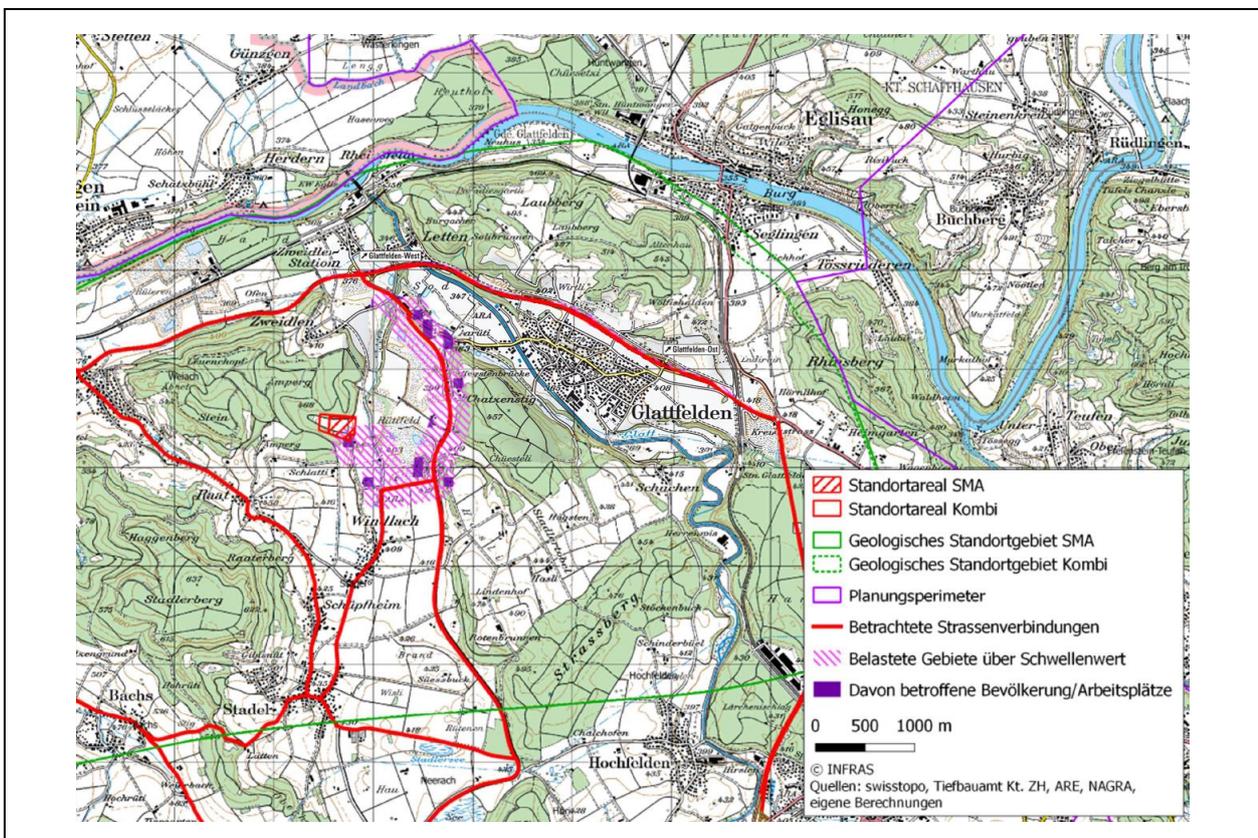
(ca. 60–70 %). Ein solches Szenario ist aber wenig realistisch, da davon auszugehen ist, dass ein grosser Teil der Transporte über die Route HVS 7 – Umfahrung Glattfelden (A50) – Flughafen-Autobahn (A51) erfolgen wird.

Da auf den übrigen Routen nirgends ein Mehrverkehr von 25 % oder mehr verursacht wird, ist nicht davon auszugehen, dass durch die Transporte vom und zum Standortareal eine spürbare Zunahme der Luftbelastung verursacht wird.

#### Nördlich Lägern NL-6

Aufgrund desselben verkehrlichen Umfeldes sind die Ergebnisse der Abschätzung des Mehrverkehrs und die daran anschliessenden Erwägungen in der SÖW ähnlich wie beim Standortareal NL-2. Der wichtige Unterschied liegt darin, dass bei NL-6 die HVS 7 nicht direkt am Standortareal vorbeiführt und deshalb der Verkehr zu dieser über die K 348 (Kiesstrasse) erfolgen muss.

Auch hier wird die Schwelle von 25 % nur auf den regionalen Verbindungsstrassen überschritten. Auf der Kiesstrasse K348, der Belchenstrasse zwischen Kaiserstuhl und Siglistorf und der Kaiserstuhlerstrasse K348 zwischen Weiach und Raat würde der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen rund 40 % bis 50 % betragen. In der Verschlussphase wären die Zunahmen für ein SMA-Lager deutlich weniger hoch (24 % bis 29 %), für ein HAA- und Kombilager hingegen noch grösser (ca. 50 % bis 60 %). Da aber auch hier davon auszugehen ist, dass ein grosser Teil der Transporte über die Route HVS 7 – Umfahrung Glattfelden (A50) – Flughafen-Autobahn (A51) erfolgen wird, wird dieser Prognosewert voraussichtlich nur für die dafür als Zufahrt benutzte Kiesstrasse (K 348) eintreffen. An diesem Strassenabschnitt wohnen 84 und arbeiten 63 Menschen in einem Abstand von weniger als 200 m (in Abb. 49 schraffiert). Somit sind 147 Personen von einer spürbaren Zunahme der Luftbelastung betroffen.



**Abb. 49** Gebiete mit zusätzlicher Luftbelastung während der Phasen mit Bauaktivitäten NL-6 (SÖW Regionsbericht NL; Darstellung INFRAS; Geodaten swisstopo und GVM Kt. Zürich; Bearbeitet durch BFE).

Auf allen andern betrachteten Strassen beträgt der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten weniger als 25 %.

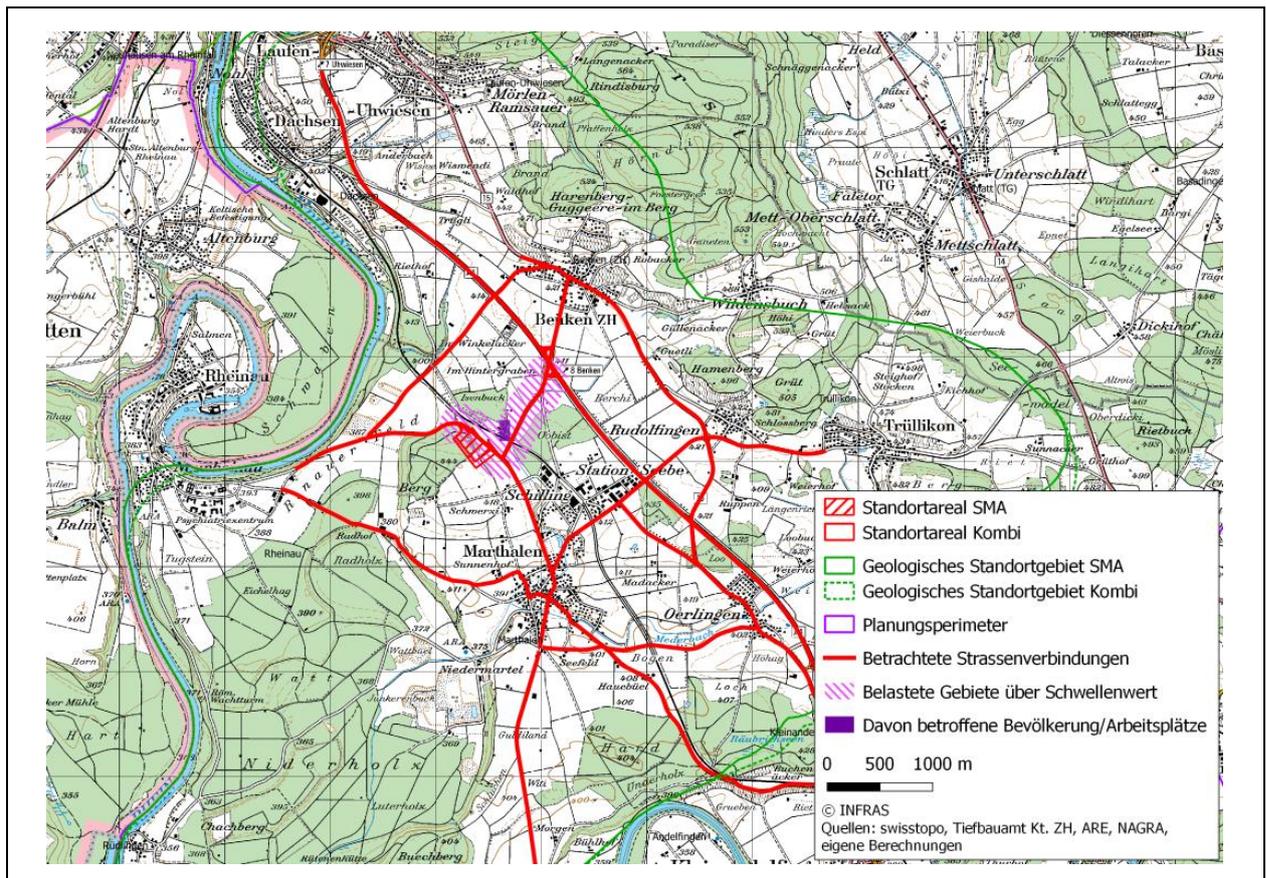
#### Zürich Nordost

Aufgrund der ländlichen Umgebung mit geringem Verkehrsaufkommen auf den Verbindungsstrassen zwischen den Ortschaften ergibt die Ermittlung des Mehrverkehrs gemäss der worst-case Betrachtungsweise der SÖW hohe zweistellige Prozentwerte.

Es kommt deshalb nicht in Frage, die Verkehre vom und zum Standortareal über diese ländlichen Nebenstrassen abzuwickeln und dabei Ortsdurchfahrten beispielsweise in Marthalen oder in Benken zu belasten. Für die Transporte kommt nur der direkteste Weg zwischen Autobahn A 4 und Standortareal in Frage. Dies ist die Verbindung via K 532 und K 534 zur Autobahn A 4. Das 200 m-Umfeld dieser Strecke (in Abb. 50 schraffiert dargestellt) ist mit Ausnahme eines Gehöfts nicht besiedelt. Deshalb sind bei allen drei Lagertypen nur ca. 16 Personen (Wohnbevölkerung und Beschäftigte) von einer nennenswerten zusätzlichen verkehrsbedingten Luftbelastung betroffen.

Je nach Projektphase wird ein Zusatzverkehr mit entsprechenden Emissionen von rund 40–100 Prozent auf der K532 um und von rund 20–45 Prozent auf der K 534 erzeugt.

In der Verschlussphase sind bei einem HAA- oder Kombilager der Zusatzverkehr und damit auch die entsprechenden Emissionen gut doppelt so hoch wie bei einem SMA-Lager. In den Phasen mit Bauaktivitäten besteht diesbezüglich kein relevanter Unterschied zwischen den Lagertypen.



**Abb. 50** Gebiete mit zusätzlicher Luftbelastung während der Phasen mit Bauaktivitäten ZNO (SÖW Regionsbereich ZNO; Darstellung INFRAS; Geodaten swisstopo und GVM Kt. Zürich).

Die obige Beschreibung entspricht einem Szenario mit einem LKW-Anteil an den Bautransporten von 100 Prozent. Infolge der günstigen örtlichen Bedingungen ist die Wahrscheinlichkeit aber gross, dass

der grösste Teil der Transporte der Ausbruch-, Aushub- und Baumaterialien vom und zum Standort-areal per Bahn oder Förderband erfolgen werden. Damit könnte ein grosser Teil dieser LKW-Transporte und der entsprechenden Emissionen vermieden werden.

### *Auswirkungen während der Betriebsphasen*

Stationäre Emissionsquellen bei OFA und NZA sind Notstromaggregate<sup>120</sup>, Abluftschächte<sup>121</sup> und allfällige Feuerungen. Die entsprechenden Emissionen sind noch nicht bekannt und müssen im weiteren Verlauf der Projektierung bestimmt und die nötigen Massnahmen in den UVB 1. und insbesondere 2. Stufe festgelegt werden. Es ist aber nicht von einer Überschreitung der IGW auszugehen.

#### *Jura Ost*

Da die von der Reaktorstrasse abzweigende Zufahrtsstrasse neu erstellt wird, ist der gesamte dort prognostizierte Verkehr Neuverkehr, d. h. die 25 Prozent-Schwelle gemäss SÖW-Methodik wird überschritten. Damit werden von der Zufahrtsstrasse her bei allen Lagertypen rund 73 Beschäftigte der Zwilag (aber keine Wohnbevölkerung) von einer spürbaren zusätzlichen Luftbelastung betroffen. Dabei handelt es sich je nach Lagertyp um täglich 110–120 PW- und 9–15 LKW-Fahrten bzw. 200–270 PW-Äquivalenten, was als sehr schwaches Verkehrsaufkommen zu bezeichnen ist.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Die Anzahl Transporte ist gegenüber den Phasen mit Bauaktivitäten und der Verschlussphase deutlich reduziert. Dadurch überschreitet der Mehrverkehr in keinem Fall die 25 %-Schwelle (maximal 13 % auf zwei schwach befahrenen Abschnitten), das heisst es wird niemand von einer spürbaren zusätzlichen Luftbelastung betroffen.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Die Anzahl Transporte ist gegenüber den Phasen mit Bauaktivitäten und der Verschlussphase deutlich reduziert. Dadurch überschreitet der Mehrverkehr in keinem Fall die 25 %-Schwelle (maximal 7 % auf zwei schwach befahrenen Abschnitten), das heisst es wird niemand von einer spürbaren zusätzlichen Luftbelastung betroffen.

#### *Zürich Nordost*

Die Anzahl Transporte ist gegenüber den Bau- und Verschlussphasen deutlich reduziert. Dadurch überschreitet der Mehrverkehr die 25 Prozent-Schwelle in keinem Fall und somit ist niemand von einer spürbaren zusätzlichen Luftbelastung betroffen.

### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

Die durch Bau und Betrieb des Tiefenlagers entstehenden Luftschadstoffemissionen führen höchstens lokal zu einem geringfügigen Immissionsanstieg. Diese haben keinen Einfluss auf die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte. Da die Schutzziele nur geringfügig beeinträchtigt werden, sind die voraussichtlichen Auswirkungen als gering zu bezeichnen.

---

<sup>120</sup> Notstromaggregate gelangen bei einem allfälligen Ausfall der Stromversorgung zum Einsatz. Dazu müssen regelmässig Testläufe durchgeführt werden. Da die Emissionsfrachten aus Notstromaggregaten sehr hoch sind, sind die Emissionen trotz kurzer Betriebszeiten der Anlagen relevant.

<sup>121</sup> Abluftschächte sind dann relevant, wenn unter Tage Fahrzeuge und Maschinen mit Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Die Nagra geht aber derzeit davon aus, dass für die Transporte eine elektrisch angetriebene Bahn eingesetzt wird.

## 4.4.2 Lärm

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung, Methode*

In diesem Kapitel werden vor allem die durch den GTL-bedingten Mehrverkehr verursachten zusätzlichen Lärmbelastungen aufgezeigt, wie sie durch die SÖW ermittelt wurden. Die Methodik ist grundsätzlich gleich wie bei der Luftbelastung, nur dass die Schwelle, ab der von einer spürbaren Zunahme der Lärmbelastung ausgegangen wird, bei einem Mehrverkehr von zehn Prozent liegt.

Der Untersuchungsperimeter JO umfasst das Gebiet im Dreieck zwischen Baden, Brugg und Koblenz. Er beinhaltet für die Betriebs- und Bautransporte als Zufahrtsstrassen zum Standortareal die Kantonsstrassen K442, K112 und K113 sowie die Stammlinie der SBB zwischen Turgi und Koblenz.

Der Untersuchungsperimeter NL-2 und NL-6 umfasst das Gebiet im Viereck zwischen Koblenz im Westen, Brugg im Südwesten, Flughafen Zürich im Südosten und Eglisau im Osten. Er beinhaltet die Hauptverkehrsstrasse (HVS) 7 (West-Ost-Richtung) als Zufahrtsstrasse zum Standortarealen, den kurzen Autobahnabschnitt A50 bei Glattfelden, die Autobahn A51, die Kantonsstrasse K248 von Weiach nach Stadel (inkl. Kiesstrasse K348 zwischen Glattfelden und Hochfelden), sowie die Bahnstrecke zwischen Eglisau und Koblenz.

Der Untersuchungsperimeter ZNO umfasst das Gebiet zwischen Benken, Andelfingen und Rheinau. Er beinhaltet als Zufahrtsstrassen zum Standortareal bzw. bis zum A4-Anschluss Benken die regionalen Verbindungsstrassen K532 und K534, einen Abschnitt der A4 sowie die Bahnlinie Winterthur–Schaffhausen.

Die Zu- und Wegfahrten zu den NZA und jene zum Installationsplatz können in den Erwägungen nicht berücksichtigt werden, da deren Lage noch nicht bekannt ist

Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung wurde bei der SÖW – unabhängig von geplanten Schienen- oder Förderbandtransporten – in einem ersten Schritt angenommen, dass sämtliche Bau- und Betriebstransporte auf einer einzigen Strasse stattfinden. Dabei wurden LKW- gegenüber PW-Fahrten zehnfach gewichtet. Dort wo der Mehrverkehr zehn Prozent überschritt, erfolgte dann eine differenziertere Betrachtung mit der Möglichkeit einer Minderung der Verkehrsbelastung durch Verteilung auf mehrere Routen sowie auf Strasse und Schiene.

Die Aussagen über den durch die Bauarbeiten verursachte Lärmbelastung im Bereich des Standortareals stützen sich auf die UVP-Voruntersuchungen. Hier ist grundsätzlich ein Umkreis von 0,3 bis 0,6 km um die Oberflächeninfrastrukturen zu betrachten, wobei die Lage eines Teils davon noch nicht bekannt ist.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Die Bevölkerung ist vor schädlichem und lästigem Lärm zu schützen. Dazu müssen bei neuen Anlagen, Fahrzeugen, beweglichen Geräten und Maschinen die Lärmemissionen vorsorglich begrenzt werden.

In der Lärmschutzverordnung (LSV)<sup>122</sup> sind die Belastungsgrenzwerte für verschiedene Lärmarten differenziert nach Tag/Nacht und nach der Lärmempfindlichkeit der zu schützenden Gebäude festgelegt. Die Lärmempfindlichkeit ist in den kommunalen Nutzungsplänen in vier Empfindlichkeitsstufen (ES) festgelegt: ES I für Zonen mit erhöhten Schutzbedürfnissen, ES II für Wohnzonen und Zonen für öffentliche Bauten, ES III für Mischzonen mit mässig störenden Betrieben und für Landwirtschaftszonen sowie ES IV für Zonen mit stark störenden Betrieben wie z. B. Industriezonen.

Es gibt pro Lärmart, Tageszeit und ES jeweils einen Planungswert, einen Immissionsgrenzwert (IGW) und einen Alarmwert. Die Lärmemissionen einer neuen Anlage müssen grundsätzlich soweit möglich und tragbar begrenzt werden, und sie dürfen die Planungswerte nicht überschreiten (Art. 7 LSV). Die

<sup>122</sup> Lärmschutz-Verordnung (LSV);, SR 814.41).

von einer neuen Anlage verursachte Mehrbeanspruchung einer Verkehrsanlage darf nicht dazu führen, dass die IGW überschritten werden, bzw. dass bei einer sanierungsbedürftigen Verkehrsanlage wahrnehmbar stärkere Lärmimmissionen erzeugt werden (Art. 9 LSV). Falls der Lärm die festgelegten Immissionsgrenzwerte (IGW) überschreitet, müssen zusätzliche Massnahmen getroffen werden.

Die Baumaterialien wie auch die Transporte während der Betriebsphase sind mit der Bahn, allenfalls in Kombination mit Förderbändern, zu transportieren, soweit dies wirtschaftlich tragbar und technisch und betrieblich möglich ist.

### **Ausgangszustand**

#### *Jura Ost*

Das Standortareal und die nähere Umgebung liegen in der ES III. Einzig östlich davon liegt mit den Anlagen des PSI eine grössere, direkt angrenzende Bauzone in der ES IV. Die nächstgelegenen Wohn- und Gewerbezone (ES II bzw. ES III) befinden sich mit den nördlichen Ausläufern des Siedlungsgebietes von Villigen mehr als 800 m entfernt.

Die wichtigste Quelle von Lärmemissionen ist am Standort der OFA, wie insgesamt für die Gemeinden Böttstein und Villigen die heute nur schwach befahrene K442 mit einem DTV von rund 4500 Fahrzeugen.

Weitere relevante Quellen in der näheren Umgebung sind die Einrichtungen und Gebäude des PSI und der Zwiilag. Darüber hinaus sind im ländlich geprägten Tal vor allem landwirtschaftliche Betriebe vorhanden.

Die oben erwähnte Bahnlinie erzeugt infolge des geringen Bahnverkehrs heute nur geringe Lärmemissionen von tagsüber 63,0 dB(A) und nachts 56,3 dB(A). Sie liegt rund 2 km östlich des Standortareals und ist für dieses somit nicht relevant.

Änderungen im Ausgangszustand 2030 gegenüber heute sind denkbar, aber nicht quantifizierbar. Die Verkehrsentwicklung auf den betrachteten Strassenabschnitten sowie bahnseitig ist nicht bekannt.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Das Projektgebiet befindet sich in der Landwirtschaftszone mit Empfindlichkeitsstufe III. Es grenzt in alle Richtungen weiträumig an kantonale Landwirtschaftszonen (ES III) sowie an die Industriezone Hardrütene (ES IV). Die nächstgelegenen Bauernhöfe in der Landwirtschaftszone (ES III) befinden sich östlicher in einem Abstand von mehr als 300 m zum Projektgebiet. Die nächstgelegenen Zonen mit ES II sind in Weiach rund 950 m südwestlich vom Standortareal entfernt. Die nächsten Wohn-/Gewerbe- und Kernzonen mit ES III liegen östlich in Zweidlen Dorf und Zweidlen Station, Gemeinde Glattfelden, in je 850 m Entfernung, und in Weiach in 1 km Entfernung. Die nächstgelegenen Wohnzonen auf deutschem Gebiet liegen in der Gemeinde Hohentengen nördlich des Rheins in einer Entfernung von rund 800 m.

Rund 50 m nördlich des Standortareal verläuft die Bahnstrecke Koblenz – Eglisau der SBB, die für Betriebstransporte beansprucht werden soll. Sie erzeugt infolge des geringen Bahnverkehrs heute Lärmemissionen von tagsüber 60.9 dB(A) und nachts 47.4 dB(A) und belastet somit das Standortareal trotz des relativ kleinen Abstands nicht nennenswert. Auf der ganzen Strecke werden die IGW auch der ES II schon unmittelbar neben der Bahnlinie eingehalten.

Weitere Emissionsquellen in der Umgebung sind südlich in einem Abstand von rund 160 m die Hauptstrasse HVS 7 mit einem DTV von rund 6500 und die A50 als ihre östliche Fortsetzung mit einem DTV von rund 5700. Am Standortareal selber sind als Emissionsquellen in erster Linie der Kiesabbau mit dem Kies- und Betonwerk und dem zugehörigen Werkverkehr zu erwähnen.

Als mögliche Änderung des Ausgangszustands 2030 gegenüber dem Istzustand ist der kurz- bis mittelfristig vorgesehene Zusammenschluss der A50 und A51 zwischen Bülach und Glattfelden mit einem Ausbau auf vier Spuren und Richtungstrennung zu betrachten. Weitere Änderungen sind denkbar,

aber nicht quantifizierbar. Die Verkehrsentwicklung auf den betrachteten Strassenabschnitten sowie bahnseitig ist nicht bekannt.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Das Projektgebiet befindet sich in einer kantonalen Landwirtschaftszone und randlich im Wald, welche gemäss der Bau- und Nutzungsordnung der Gemeinde Stadel keiner Empfindlichkeitsstufe (ES) zugeordnet sind (Annahme: ES III). In alle Richtungen grenzt das Standortareal ebenfalls an Landwirtschaftszonen oder Wald.

Die südöstliche Ecke des Standortareals grenzt an den «Weidhof», weitere Bauernhöfe in der Landwirtschaftszone befinden sich in einem Abstand von mindestens 300 m zum Standortareal.

Ab 300 m östlich befindet sich das unbewohnte, ebenfalls keiner ES zugeteilte Kiesabbaugebiet Rütifeld. Die nächsten Wohnzonen mit der ES II befinden sich südlich am nördlichen Rand von Windlach und südwestlich in Raat, je ca. 1 km entfernt. Alle übrigen benachbarten Siedlungen sind weiter entfernt oder im Falle von Zweidlen Dorf ebenfalls 1 km und durch den bewaldeten Ämperg abgeschirmt. Beim Standortareal selber sind die nächstgelegenen Emissionsquellen ab 350 m östlich der Kiesabbau mit dem Kies- und Betonwerk und dem zugehörigen Werkverkehr.

Weitere Emissionsquellen in der Umgebung sind 900 m östlich die zur HVS 7 führende Verbindungsstrasse K348 (DTV ca. 2300) und die weiteren anschliessenden Abschnitte zum Standortareal (Querstrasse, Zweidlerstrasse, beide mit wenig Verkehr).

Als mögliche Änderung des Ausgangszustands 2030 gegenüber dem Istzustand ist der kurz- bis mittelfristig vorgesehene Zusammenschluss der A50 und A51 zwischen Bülach und Glattfelden mit einem Ausbau auf vier Spuren und Richtungstrennung zu betrachten. Weitere Änderungen sind denkbar, aber nicht quantifizierbar. Die Verkehrsentwicklung auf den betrachteten Strassenabschnitten ist nicht bekannt.

#### *Zürich Nordost*

Das Standortareal und die nähere Umgebung liegen in der Landwirtschaftszone und im Wald (ES III). Die nächstgelegenen Wohnzonen (ES II) bzw. Industrie- und Gewerbezone (ES III und IV) im nördlichsten Teil der Ortschaft Marthalen liegen 750 m bzw. 550 m entfernt.

In der näheren Umgebung des Standortareals sind heute nur zwei Lärmemissionsquellen vorhanden: Einerseits die K532 Rheinau–Marthalen mit einem DTV von rund 1600 Fahrzeugen, welche das Standortareal durchquert. Entlang dieser Strasse können die IGW innerorts in Marthalen in der massgebenden ES II tags und nachts in einem Abstand von rund 5 m eingehalten werden. Bei einzelnen lärmempfindlichen Gebäuden können die Grenzwerte je nach Lage der Gebäude überschritten sein.

Andererseits die Bahnlinie Winterthur–Schaffhausen, welche rund 40 m westlich und südlich des Standortareals verläuft. Sie erzeugt infolge des geringen Bahnverkehrs heute nur geringe Lärmemissionen von tagsüber 65,3 dB(A) und nachts von 55,9 dB(A). Sie bedeuten für das Standortareal keine nennenswerte Lärmbelastung.

Die wichtigste Emissionsquelle in der weiteren Umgebung ist die Autobahn A4 mit einem täglichen Verkehr (DTV) von heute rund 25 600 Fahrzeugen.

Änderungen im Ausgangszustand 2030 gegenüber heute sind denkbar, aber nicht quantifizierbar. Der Ausbau der A4 auf vier Spuren dürfte 2030 abgeschlossen sein. Die Verkehrsentwicklung auf den betrachteten Strassenabschnitten sowie bahnseitig (z. B. durch einen allfälligen Ausbau der SBB-Linie) ist nicht bekannt.

## *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

### *Jura Ost*

Die von einer wahrnehmbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffenen Strecken sind dieselben wie bei der Luftbelastung (vgl. Abb. 48, S.93):

Auf der neu zu erstellenden, von der Reaktorstrasse abzweigenden Zufahrtsstrasse zum Standort-areal gelten sämtliche Fahrten als Mehrverkehr. Auf der Reaktorstrasse selber beträgt der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen ca. 30 Prozent, in der Verschlussphase eines SMA-Lagers 25 Prozent bzw. 50 Prozent bei einem HAA-Lager. Auf allen andern betrachteten Strassen beträgt der Mehrverkehr weniger als 10 Prozent.

Bei allen Lagertypen sind damit in einem 200 m-Umfeld der beiden Strassen rund 73 Beschäftigte der Zwiilag (aber keine Wohnbevölkerung) von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen.

Auf beiden Strassen ist in der Verschlussphase bei einem HAA- oder Kombilager der Zusatzverkehr gut doppelt so hoch wie bei einem SMA-Lager. Dadurch sind auch die Lärmemissionen höher. In den Phasen mit Bauaktivitäten besteht diesbezüglich kein relevanter Unterschied zwischen den Lagertypen.

Die anschliessend für Transporte Richtung Süden vorgesehenen oder in Frage kommenden bestehenden Kantonsstrassen K112 (nach Stilli–Siggenthal), K113 (nach Siggenthal–Brugg) und K442 (nach Brugg) weisen hohe Verkehrsbelastungen auf. Deshalb liegt der Zusatzverkehr von wenigen Dutzend Transporten pro Tag bei allen Lagertypen im einstelligen Prozentbereich. Diese zusätzliche Lärmbelastung kann als nicht wahrnehmbar beurteilt werden.

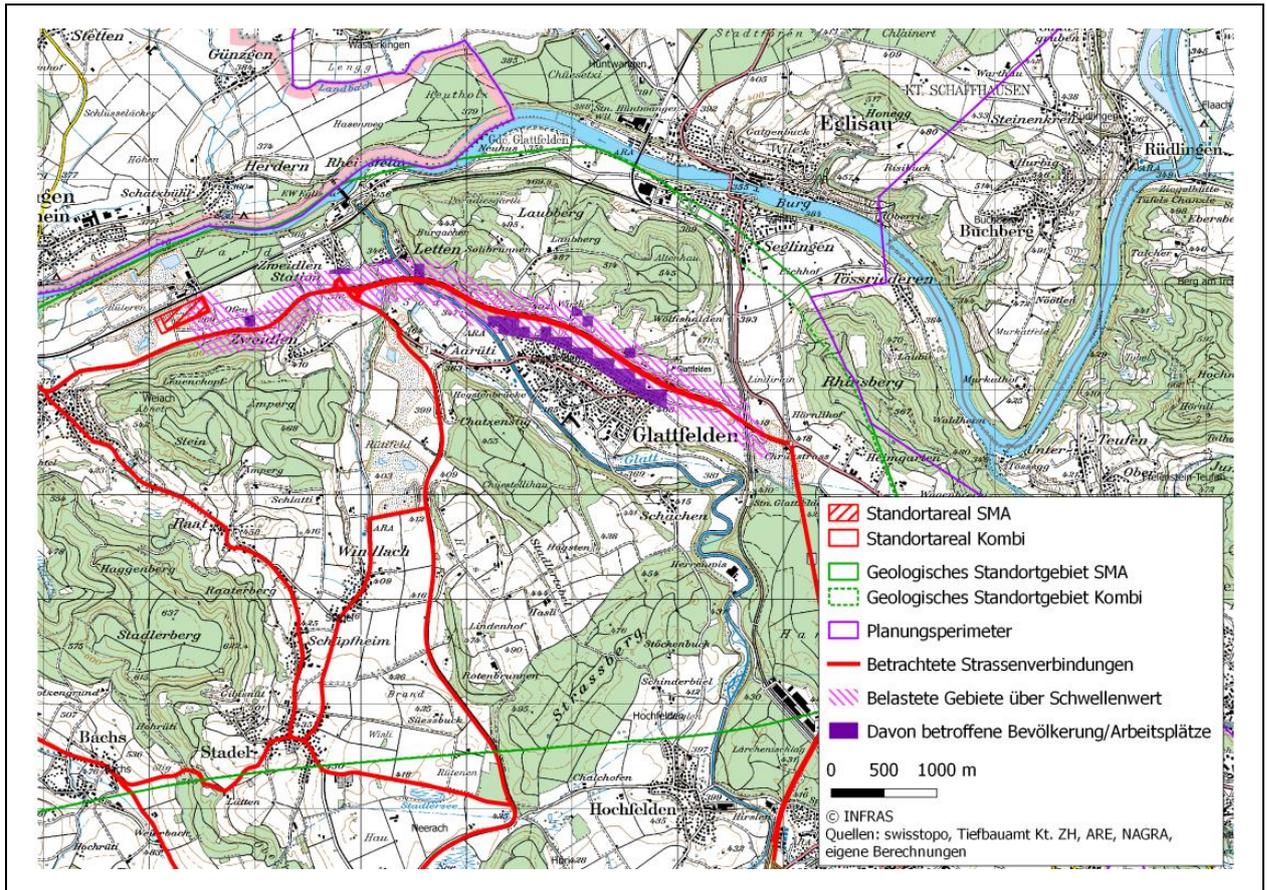
Im Fall der Nutzung einer Umladestation auf der Beznau-Insel würde auch das entsprechende Anschlussgleis bis zur SBB-Linie eine grosse Verkehrszunahme erfahren. Damit wäre eine spürbare Zunahme der Lärmbelastung für die 628 Beschäftigten des KKW Beznau verbunden. Wohnbevölkerung wäre davon keine betroffen.

Im Projektgebiet werden mit dem Einsatz von Baumaschinen und Geräten zusätzliche Lärmquellen auftreten. Der Baulärm wurde noch nicht im Detail untersucht, denn die Lage des Installationsplatzes ist noch nicht bekannt. Die entsprechenden Emissionen und die dazu notwendigen Massnahmen müssen im UVB zweiter Stufe bestimmt werden.

### *Nördlich Lägern NL-2*

Wie bei der Luftbelastung würde gemäss der worst-case Betrachtungsweise der SÖW auf den regionalen Verbindungsstrassen der Schwellenwert deutlich überschritten. Auf der Kiesstrasse K348, der Belchenstrasse zwischen Kaiserstuhl und Siglistorf und der Kaiserstuhlerstrasse K348 zwischen Weiach und Raat würde der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen zwischen 53 % und 67 % betragen. In der Verschlussphase wären die Zunahmen für ein SMA-Lager etwas weniger hoch (43 % bis 52 %), für ein HAA- und Kombilager hingegen noch grösser (70 % bis 84 %).

Dieses Szenario ist aber wenig realistisch, da davon auszugehen ist, dass ein grosser Teil der Transporte über die Route HVS 7 – Umfahrung Glattfelden (A50) – Flughafen-Autobahn (A51) erfolgen wird. Auf dieser Strecke mit einem heutigen DTV zwischen 8500 und knapp 12 000 beträgt der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen zwischen 15 % und 22 %. In der Verschlussphase sind die Zunahmen für ein SMA-Lager etwas weniger hoch (12 % bis 17 %), für ein HAA- und Kombilager hingegen noch grösser (20 % bis 28 %). Auch hier wird also der Schwellenwert von 10 % für eine spürbare zusätzliche Lärmbelastung deutlich überschritten. Im Bereich dieser Strecke (in Abb. 51 schraffiert dargestellt) werden bei allen Lagertypen in den Phasen mit Bauaktivitäten und in der Verschlussphase 1010 Personen (922 Einwohner und 88 Beschäftigte) von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen.



**Abb. 51** Gebiete mit zusätzlicher Lärmbelastung während der Phasen mit Bauaktivitäten NL-2 (SÖW Regionsbericht NL; Darstellung INFRAS; Geodaten swisstopo und GVM Kt. Zürich).

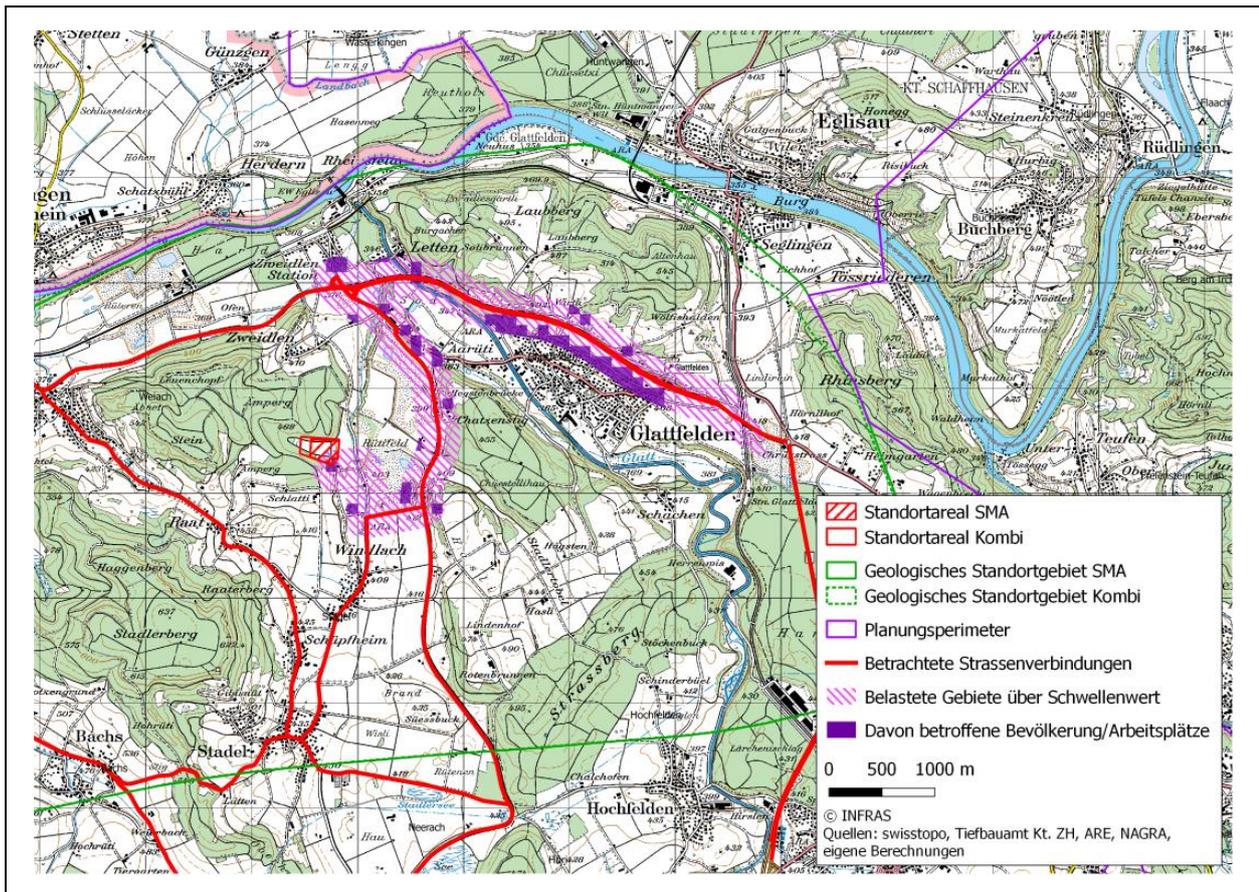
#### Nördlich Lägern NL-6

Aufgrund desselben verkehrlichen Umfeldes sind die Ergebnisse der Abschätzung des Mehrverkehrs und die daran anschliessenden Erwägungen in der SÖW ähnlich wie beim Standortareal NL-2. Der wichtige Unterschied liegt darin, dass bei NL-6 die HVS 7 nicht direkt am Standortareal vorbeiführt und deshalb der Verkehr zu dieser über die K 348 (Kiesstrasse) erfolgen muss.

Auch hier würde die Schwelle von 10 % auf den regionalen Verbindungsstrassen massiv überschritten. Auf der Kiesstrasse K348, der Belchenstrasse zwischen Kaiserstuhl und Siglistorf und der Kaiserstuhlerstrasse K348 zwischen Weiach und Raat würde der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen rund 50 % ausmachen. In der Verschlussphase wären die Zunahmen für ein SMA-Lager mit rund 30 % etwas weniger hoch, für ein HAA- und Kombilager hingegen noch grösser (61 % bis 74 %). Da aber auch hier davon auszugehen ist, dass ein grosser Teil der Transporte über die Route HVS 7 – A50 – A51 erfolgen wird, werden diese Prognosewerte voraussichtlich nur für die dafür als Zufahrt benutzte Kiesstrasse (K 348) eintreffen.

Auf der anschliessenden Strecke HVS 7 – A50 – A51 beträgt der Mehrverkehr in den Phasen mit Bauaktivitäten bei allen Lagertypen zwischen 13 % und 19 %. In der Verschlussphase sind die Zunahmen für ein SMA-Lager etwas weniger hoch (8 % bis 11 %), für ein HAA- und Kombilager hingegen noch grösser (17 % bis 24 %). Auch hier ist also der Schwellenwert überschritten.

An den Strassen, welche gemäss SÖW eine Verkehrszunahme von mindestens 10 Prozent aufweisen, wohnen 1051 und arbeiten 140 Menschen in einem Abstand von weniger als 200 m (schraffierte Fläche in Abb. 52). Insgesamt sind also in den Phasen mit Bauaktivitäten und in der Verschlussphase bei allen Lagertypen 1191 Personen von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen.



**Abb. 52** Gebiete mit zusätzlicher Lärmbelastung während der Phasen mit Bauaktivitäten NL-6 (SÖW Regionsbereich NL; Darstellung INFRAS; Geodaten swisstopo und GVM Kt. Zürich).

### Zürich Nordost

Das 200 m-Umfeld der Verbindung zwischen Standortareal und Autobahnanschluss ist mit Ausnahme eines Gehöfts nicht besiedelt. Deshalb sind bei allen drei Lagertypen nur ca. 16 Personen (Wohnbevölkerung und Beschäftigte) von einer zusätzlichen Verkehrslärmbelastung betroffen.

Je nach Projektphase wird ein Zusatzverkehr von rund 40–100 Prozent auf der K532 und von etwa 20–45 Prozent auf dem Autobahnzubringer verursacht. Die betroffenen Strecken sind damit dieselben wie bei der Luftbelastung (vgl. Abb. 50, S. 95).

Im Projektgebiet werden mit dem Einsatz von Baumaschinen und Geräten zusätzliche Lärmquellen auftreten. Der Baulärm wurde noch nicht im Detail untersucht, denn die Lage des Installationsplatzes ist noch nicht bekannt. Die entsprechenden Emissionen und die dazu notwendigen Massnahmen müssen im UVB zweiter Stufe bestimmt werden.

In der Verschlussphase ist bei einem HAA- oder Kombilager der Zusatzverkehr gut doppelt so hoch wie bei einem SMA-Lager. Damit sind bei diesen Lagertypen auch die Lärmemissionen höher. In den Phasen mit Bauaktivitäten, wie auch in den Betriebsphasen, besteht diesbezüglich kein relevanter Unterschied zwischen den Lagertypen.

### Auswirkungen während der Betriebsphasen

Als stationäre Lärmquellen auf dem Standortareal sind Lüftungsanlagen und Umladevorgänge zu erwähnen, die je als Industrie- und Gewerbelärm gelten. Die Umladevorgänge finden durchwegs im Untergrund statt und dürften daher nicht lärmrelevant sein. In Anbetracht der Entfernungen der nächstgelegenen Siedlungen bzw. lärmempfindlichen Räume, kombiniert mit den natürlichen (z. B. Wald auf drei Seiten bei NL-6) und baulichen Hindernissen für die Lärmausbreitung, ist in der Umgebung nicht

mit einer Überschreitung der entsprechenden IGW durch stationäre Quellen zu rechnen. Die gesetzlichen Anforderungen müssen auch an den lärmempfindlichen Gebäudeteilen innerhalb des Standortareals (Büroräume) erfüllt werden. Aufgrund der geringen Lärmempfindlichkeit dieser Nutzungen (kein Wohnen, hohe Empfindlichkeitsstufe, höherer Grenzwert für Betriebsräume) dürfte dies problemlos möglich sein. In der UVP ist nachzuweisen, dass die erwähnten Anforderungen sowohl in der Umgebung als auch auf dem Betriebsareal eingehalten werden.

#### *Jura Ost*

Da die von der Reaktorstrasse abzweigende Zufahrtsstrasse neu erstellt wird, ist der gesamte dort prognostizierte Verkehr Neuverkehr. Gemäss der oben beschriebenen SÖW-Methodik werden von der Zufahrtsstrasse her bei allen Lagertypen die 73 Beschäftigten der Zwiilag (aber keine Einwohner) von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen. Dabei handelt es sich je nach Lagertyp um täglich 110–120 PW- und 9–15 LKW-Fahrten bzw. 200–270 PW-Äquivalente, was als sehr schwaches Verkehrsaufkommen zu bezeichnen ist.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Auch in den Betriebsphasen würde der Schwellenwert von 10 % auf den regionalen Verbindungsstrassen gemäss worst-case Betrachtung der SÖW beim HAA- oder Kombilager noch knapp überschritten: Der Mehrverkehr auf der Kiesstrasse K348, der Belchenstrasse zwischen Kaiserstuhl und Siglistorf und der Kaiserstuhlerstrasse K348 zwischen Weiach und Raat würde zwischen 12 % und 15 % betragen. Wie bei den Bauphasen ist aber davon auszugehen, dass ein grosser Teil der Fahrten über andere Strecken erfolgen wird. Auf den übrigen betrachteten Strecken betragen die Verkehrszunahmen beim HAA- oder Kombilager weniger als 10 %. Beim SMA-Lager wird der Schwellenwert auf keiner Strecke überschritten. Es ist also davon auszugehen, dass in der Betriebsphase niemand von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen ist.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Trotz der heute tiefen Verkehrsbelastungen auf der Kiesstrasse K348, der Belchenstrasse zwischen Kaiserstuhl und Siglistorf und der Kaiserstuhlerstrasse K348 zwischen Weiach und Raat beträgt der Mehrverkehr in den Betriebsphasen bei allen Lagertypen nur maximal 8 %; auf allen übrigen Strassenabschnitten sogar nur maximal 3 %. In der Betriebsphase ist somit niemand von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen.

#### *Zürich Nordost*

Auf der K532 zwischen dem Standortareal und der Abzweigung Richtung Autobahn beträgt der Mehrverkehr 10 Prozent. Dadurch sind die selben 16 Personen wie in den Bauphasen von einer spürbaren zusätzlichen Lärmbelastung betroffen.

#### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

Die durch den Bau und Betrieb des Tiefenlagers entstehenden Lärmemissionen führen höchstens lokal zu einem geringfügigen Immissionsanstieg. Die Auswirkungen werden als voraussichtlich gering eingestuft.

#### *Zusatz Zürich Nordost*

Innerorts können in Marthalen schon heute IGW-Überschreitungen bei vereinzelt lärmempfindlichen Gebäuden nicht ausgeschlossen werden. Deshalb muss im Rahmen der UVP 1. Stufe geklärt werden, ob der GTL-bedingte Mehrverkehr in der Bau- und/oder der Betriebsphase zu neuen IGW-Überschreitungen führt.

### 4.4.3 Erschütterungen / abgestrahlter Körperschall

#### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Dieses Kapitel basiert vor allem auf den UVP-Voruntersuchungen.

Verschiedene Arten von Emissionsquellen verursachen Erschütterungen, die sich im Boden und in Gebäuden fortpflanzen. Diese mechanischen Schwingungen, z. B. von vibrierenden Gebäudeteilen (Decken, Wänden, Böden usw.) werden als Körperschall bezeichnet, der vom Ohr nicht wahrgenommen werden kann. Er wird von den erwähnten Oberflächen in Luftschall umgewandelt (*abgestrahlter Körperschall*), den das Ohr der Gebäudebewohner dann als dumpfes Grollen wahrnimmt.<sup>123</sup>

Schweizweit werden die meisten übermässigen Erschütterungen durch den Schienenverkehr erzeugt. Daneben gibt es auch andere Emissionsquellen, vor allem ortsfeste Anlagen wie schwere industrielle Maschinen (z. B. Kompressoren, Pumpen) sowie Bauvorgänge und -geräte wie Sprengungen, Abbauhämmer, Bohr-, Ramm- oder Verdichtungsgeräte.

In diesem Kapitel wird einerseits die Belastung des Standortareals durch Erschütterungen, welche von bestehenden Quellen in der Umgebung ausgehen, betrachtet.

Andererseits wird die Belastung der Umgebung durch Erschütterungen, die vom Bau und Betrieb der Anlagen verursacht werden, abgeschätzt. Dabei wird für die Auswirkungen von Erschütterungen an der Oberfläche entsprechend der Abnahme der Immissionen mit zunehmender Distanz ein Umkreis von 1–2 km um die OFA betrachtet. Der Perimeter für die Auswirkungen der Untertagearbeiten kann voraussichtlich erst im Rahmen des Baubewilligungsverfahren festgelegt werden, wenn die Bautechniken und die genaue Lage der Rampen und Schächte bekannt sind.

#### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Gemäss Artikel 15 USG soll der Bund die Immissionsgrenzwerte für Erschütterungen so festlegen, dass Belastungen unterhalb dieser Limiten die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören. Bis jetzt (2016) gibt es allerdings noch keine entsprechende Ausführungsverordnung. Es ist daher im Einzelfall zu beurteilen, ob die Immissionen schädlich oder lästig sind.

Als Übergangslösung für den Schienenverkehr gilt seit 1999 die gemeinsam von BAFU und BAV erarbeitete Vollzugshilfe für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen (BEKS).<sup>124</sup> Demnach sind Richtwerte für Erschütterungen so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören. Dabei sollen die Immissionen in Räumen ermittelt werden, die dem längeren Aufenthalt von Menschen dienen.

#### *Ausgangszustand*

##### *Jura Ost*

Die Umgebung des Standortareals ist heute durch Erschütterungen und Körperschallimmissionen nicht vorbelastet. In der Industrie- und Gewerbezone jenseits der Kantonsstrasse K442 befindet sich das Paul Scherrer Institut (PSI), welches selbst erschütterungsempfindliche Forschungstätigkeiten ausübt. Es wird z. B. durch den Materialabbau im rund 2 km entfernten Steinbruch am Gabenchopf (Gemeinde Villigen) nur gering beeinflusst.

Die an das Standortareal angrenzende K442 wird täglich von rund 120 LKWs und Bussen befahren. Damit erzeugt auch der bestehende Strassenverkehr keine nennenswerten Erschütterungen.

---

<sup>123</sup> Plattform «Lärmorama» des Cercle Bruit (Vereinigung kantonaler Lärmschutzfachleute); <http://www.laermorama.ch>

<sup>124</sup> BAFU, <http://www.bafu.admin.ch/laerm/10526/15099/>

Die nächstliegenden Wohngebäude im Umfeld des Standortareals sind südlich rund 600 m und nördlich über einen Kilometer entfernt. In der unmittelbaren Umgebung des Standortareals befinden sich die Büro- und Laborgebäude des PSI.

Änderungen des Ausgangszustands gegenüber dem Istzustand sind nicht zu erwarten.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

In der nahen Umgebung des Standortareals sind verschiedene mögliche Erschütterungsquellen vorhanden. Diese gehören vor allem zum Kiesabbau- und Betonbetrieb im ganzen Gebiet um das Standortareal herum. Das zu diesem Betrieb gehörende Kies- und Betonwerk befindet sich rund 70 m nördlich des Standortareals. Die Abbautätigkeiten und die weitere Verarbeitung verursachen Erschütterungs- und Körperschallimmissionen.

Die einzigen Erschütterungsquellen im benachbarten Untersuchungsgebiet sind die nur wenig befahrene Bahnlinie Koblenz–Eglisau der SBB rund 50 m nördlich und die mässig befahrene Hauptstrasse HVS 7 rund 160 m südlich (DTV ca. 6500, Schwerverkehrsanteil 6 % gemäss Gesamtverkehrsmodell Kanton ZH, 2013).

Das Standortareal und seine Umgebung (Gemeindegebiete Weiach, Glattfelden und Hohentengen) sind damit heute durch Erschütterungen und Körperschallimmissionen vorbelastet. Aufgrund des kiesigen Untergrundes der Niederterrassenschotter und der darüber liegenden Seeablagerungen ist die Ausbreitung und Übertragung der Erschütterungen im oberflächennahen Untergrund voraussichtlich schwach.

Aufgrund der kleinen Zugsfrequenzen der nahen Bahnlinie, des grösseren Abstandes der Hauptstrasse mit mässigem Verkehrsaufkommen und der voraussichtlich schwachen Übertragung der Erschütterungen im Untergrund ist durch diese beiden Quellen nicht mit relevanten Erschütterungs- und Körperschallimmissionen auf das Standortareal zu rechnen.

Änderungen des Ausgangszustands gegenüber dem Istzustand sind insbesondere aufgrund der Weiterentwicklung des Kiesabbaus und der Deponierung zu erwarten. Der Ausgangszustand ist daher vor Baubeginn neu zu beurteilen.

Im Hinblick auf Bauaktivitäten auf dem Standortareal sind als potenziell betroffene Empfangspunkte folgende Siedlungen zu erwähnen:

- die landwirtschaftliche Liegenschaft «Im Ofen» rund 400 m östlich;
- in Hohentengen: der Hölzleweg rund 800 m nördlich;
- in Weiach: das Quartier Luppen rund 850 m westlich;
- in Glattfelden: Zweidlen Dorf rund 900 m südöstlich und Zweidlen Station rund 1,1 km östlich.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

In der nahen Umgebung des Standortareals sind nur wenige mögliche Erschütterungsquellen vorhanden. In erster Linie ist dies der Kiesabbau- und Betonbetrieb im Kiesabbaugbiet Rütifeld rund 260 m östlich. Das zu diesem Betrieb gehörende Kies- und Betonwerk befindet sich in der Südostecke des Abbaugbiets in einem Abstand von rund 700 m. Die Abbautätigkeiten und die weitere Verarbeitung verursachen Erschütterungs- und Körperschallimmissionen.

Die einzigen Erschütterungsquellen im benachbarten Untersuchungsgebiet sind die nur wenig befahrene regionale Verbindungsstrasse K348 östlich des Rütifeldes mit einem Mindestabstand von rund 900 m (DTV ca. 2300, 2 % Schwerverkehr) sowie die Schwerzistrasse bzw. Zweidlerstrasse von Zweidlen nach Windlach mit sehr wenig Verkehr.

Aufgrund des kiesigen Untergrundes der Niederterrassenschotter im Windlacherfeld und der darüber und über den Felsformationen in den Randbereichen des Windlacherfeldes liegenden Gehänge- und Bachablagerungen ist die Ausbreitung und Übertragung der Erschütterungen im oberflächennahen Untergrund voraussichtlich schwach.

Wegen der grossen Abstände, dem niedrigen Verkehrsaufkommen auf der Regionalstrasse und der voraussichtlich schwachen Übertragung der Erschütterungen im Untergrund ist durch die vorhandenen potentiellen Erschütterungsquellen nicht mit relevanten Erschütterungs- und Körperschallimmissionen auf das Standortareal zu rechnen.

Änderungen des Ausgangszustands gegenüber dem Istzustand sind insbesondere aufgrund der Weiterentwicklung des Kiesabbaus und der Deponierung zu erwarten. Der Ausgangszustand ist daher vor Baubeginn neu zu beurteilen.

Im Hinblick auf Bauaktivitäten auf dem Standortareal sind als potenziell betroffene Empfangspunkte folgende Siedlungen zu erwähnen:

- die landwirtschaftliche Liegenschaft Weidhof lediglich rund 20 m südöstlich;
- die Höfe Sali rund 340 m, Schlatti rund 390 m und Bäumler rund 420 m südlich;
- die Weiler Zweidlen Dorf rund 750 m nördlich, Raat rund 800 m südwestlich und Windlach rund 900 m südlich.

#### *Zürich Nordost*

Das Standortareal und seine Umgebung sind heute durch Erschütterungen und Körperschallimmissionen nicht vorbelastet. Mögliche Erschütterungsquellen weisen einen grossen Abstand vom Standortareal auf. So verläuft die Autobahn A4 nordöstlich in rund einem Kilometer Abstand zum Standortareal. Stark frequentierte Bahnlinien sind in der Umgebung nicht vorhanden.

In der nahen Umgebung der OFA befinden sich lediglich die wenig befahrene Verbindungsstrasse K532 (rund 80 LKWs und Busse pro Tag) und die ebenfalls nur schwach frequentierte Bahnlinie Winterthur–Andelfingen–Schaffhausen nördlich und östlich in einem Mindestabstand von 40 m. Die K532 durchquert heute das Standortareal am Nordrand.

Aufgrund der kleinen Verkehrsfrequenzen der nahen K532 und der Bahnlinie und der voraussichtlich schwachen Übertragung der Erschütterungen im Untergrund ist durch diese beiden Quellen trotz der kleinen Abstände nicht mit relevanten Erschütterungs- und Körperschallimmissionen zu rechnen.

Weiter entfernte potenzielle Erschütterungsquellen (Abbau- und Auffülltätigkeiten) sind die rund 1 km nordwestlich bzw. rund 0,8 km südwestlich liegenden Kiesgruben Oberboden und Bergacker im Rinauer Feld. Aufgrund der Entfernung haben sie ebenfalls kaum relevante Auswirkungen auf das Standortareal.

Die nächstliegenden Wohngebäude im Umfeld des Standortareals sind die beiden landwirtschaftlichen Gehöfte Isebuck und Kleiment in einer Entfernung von rund 200 m östlich bzw. rund 350 m südöstlich. Weitere Wohngebiete in Marthalen (Schilling, im Südosten) und Benken (Im Hintergraben, im Norden) sind rund 700 m vom Standortareal entfernt.

Änderungen des Ausgangszustands gegenüber dem Istzustand sind nicht zu erwarten.

#### ***Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten***

Die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals wirkt sich nicht grundsätzlich unterschiedlich auf die beschriebenen Immissionen aus. Deshalb wird die vorliegende Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert. Die Anordnung der Installationsplätze ist noch nicht bestimmt. Damit sind auch die Orte der entsprechenden baubedingten Erschütterungsemissionen noch nicht bekannt.

Die Baumethoden für die Untertagebauten müssen jeweils an die geologischen Verhältnisse angepasst werden. Vor allem die Ausbruch- bzw. Vortriebsmethode hat einen Einfluss auf die Erschütterungen während der Phasen mit Bauaktivitäten. Aufgrund der günstigen geologischen Verhältnisse wird gemäss aktuellem Planungsstand bei JO ein Hochleistungsvortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) favorisiert, bei NL und ZNO steht ein konventioneller Sprengvortrieb im Vordergrund. Andere Vortriebsmethoden werden aber nicht ausgeschlossen. Die mit fortschreitendem Vortrieb zunehmende Überdeckung hat einen zunehmenden mildernden Einfluss auf allfällige Erschütterungen.

Das genaue Ausmass und die örtliche Verteilung der Auswirkungen an der Oberfläche können erst im Rahmen des UVB 2. Stufe bestimmt werden, wenn die Baumethoden und die Lage der oberflächennahen Stollen und Schächte bekannt sind.

Auch für die oberirdischen Bautätigkeiten sind konkrete Massnahmen zur Reduktion der Störungen durch Erschütterungen zu bestimmen. Die Beurteilung und Festlegung allfälliger Massnahmen erfolgen auf der Grundlage des Vorsorgeprinzips.

#### *Jura Ost*

Mit Rücksicht auf die Nähe zum PSI hat die Nagra die Absicht, erschütterungsarme Baumethoden anzuwenden. Die entsprechenden Anforderungen und Massnahmen werden mit dem PSI frühzeitig abgesprochen und festgelegt.

Das Aushub- und Ausbruchmaterial wird vom Standortareal bevorzugt mit Förderbändern abtransportiert. Daher entstehen in den Phasen mit Bauaktivitäten nur wenige zusätzliche Strassentransporte, hauptsächlich von Norden her. Sie werden damit kaum zusätzliche Erschütterungen verursachen. Dadurch ergibt sich keine relevante Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand.

#### *Nördlich Lägern 2*

Die gleich von Beginn des Tunnelvortriebs an vergleichsweise grosse Überdeckung der Untertage-Anlageteile hat einen mildernden Einfluss auf allfällige Erschütterungen.

Nach heutigem Planungsstand wird das Aushub- und Ausbruchmaterial vom Standortareal mit der Bahn, bei kurzen Transportdistanzen zum Langzeitdepot und zur Verarbeitung (z. B. in den umliegenden Kiesabbaugebieten in Weiach) allenfalls mit Förderbändern abtransportiert. Daher entstehen in der Bauphase Lager nur wenige zusätzliche Strassentransporte, voraussichtlich über die HVS 7 und die A50 hauptsächlich von Osten her. Da diese Strassen nicht durch Siedlungsgebiete und direkt zur HVS 4 bzw. zur A51 bei Bülach führen, werden diese Transporte voraussichtlich keine zusätzlichen Erschütterungen an den potenziell betroffenen Empfangspunkten verursachen.

Die Bahntransporte werden vom Anschluss des Erschliessungsgleises in Leberen auf der Bahnlinie Koblenz–Eglisau zum Langzeitdepot bzw. Verwertungsort geführt. Die zusätzlichen durchschnittlich 2,3 Zugsbewegungen pro Tag werden nur geringe Erschütterungen und dadurch keine relevante Veränderung gegenüber dem heutigen Zustand verursachen. Das Erschliessungsgleis selber befindet sich weit abseits von Siedlungen.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Die gleich von Beginn des Tunnelvortriebs an vergleichsweise grosse Überdeckung der Untertage-Anlageteile hat einen mildernden Einfluss auf allfällige Erschütterungen.

Nach heutigem Planungsstand wird das Aushub- und Ausbruchmaterial vom Standortareal mit LKW, bei kurzen Transportdistanzen zum Langzeitdepot und zur Verarbeitung (z. B. im umliegenden Kiesabbaugebiet Rütifeld) allenfalls mit Förderbändern abtransportiert.

In der Bauphase Lager entstehen bei der Variante LKW-Transport rund 100 zusätzliche LKW-Bewegungen pro Tag, die über die regionale Verbindungsstrasse K348, die A50 und die HVS 7 voraussichtlich hauptsächlich von Osten zum Standortareal geführt werden. Da diese Strassen nicht durch Siedlungsgebiete und direkt zur HVS 4 bzw. zur A51 bei Bülach führen, werden diese Transporte voraussichtlich keine zusätzlichen Erschütterungen an den oben erwähnten potenziell betroffenen Empfangspunkten verursachen.

Auch bei der Variante Bahntransport auf der Linie Koblenz–Eglisau zum Langzeitdepot bzw. Verwertungsort (ab der möglichen Umladestation bei Weiach möglich) würden mit im Durchschnitt nur knapp 2 zusätzlichen Zugsbewegungen pro Tag nur geringe zusätzliche Erschütterungen verursacht.

### *Zürich Nordost*

Nach dem heutigen Planungsstand wird das Aushub- und Ausbruchmaterial vom Standortareal weit abseits von Siedlungsgebieten via Erschliessungsgleis bis Oberboden auf der Bahnlinie Schaffhausen–Winterthur zum Langzeitdepot bzw. Verwertungsort geführt. Durch die im Durchschnitt 2,2 zusätzlichen Zugsbewegungen pro Tag werden nur geringe zusätzliche Erschütterungen verursacht.

Bei kurzen Transportdistanzen zum Langzeitdepot und zur Verarbeitung (z. B. in den nahen Kiesgruben im Rinauer Feld denkbar) werden allenfalls Förderbänder eingesetzt.

In den Phasen mit Bauaktivitäten entstehen nur wenige zusätzliche Strassentransporte abseits von Siedlungsgebieten über die regionalen Verbindungsstrassen K532 und K534 hauptsächlich von Osten (A4-Anschluss Benken) zum Standortareal. Sie werden voraussichtlich keine zusätzlichen Erschütterungen verursachen.

Insgesamt ergibt sich somit hinsichtlich Erschütterungen keine relevante Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand.

### *Auswirkungen während der Betriebsphasen*

Während der Betriebsphasen wird der Lagerperimeter unter Tage laufend erweitert (ausser beim SMA-Lager). Der Umfang dieser Ausbruchsarbeiten ist kleiner als während der Phasen mit Bauaktivitäten. Durch die grosse Überdeckung der Anlageteile unter Tage sind in dieser Phase keine Auswirkungen auf Gebäude und Einrichtungen an der Oberfläche zu erwarten, unabhängig davon, welche Baumethode angewandt wird.

### *Jura Ost*

Die Anlieferung der einzulagernden Materialien ist direkt vom Zwiilag über die neue Transportverbindung nördlich des Standortareals geplant. Damit werden nur kurze Strassentransporte erzeugt, die keine wesentlichen zusätzlichen Erschütterungen verursachen. Auch in der Betriebsphase ergibt sich dadurch keine relevante Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand.

### *Nördlich Lägern NL-2*

Die Anlieferung der einzulagernden Materialien und Hilfsstoffe ist soweit möglich per Bahn geplant. Damit werden nur wenige Strassentransporte und somit keine wesentlichen zusätzlichen Erschütterungen erzeugt. Auch in der Betriebsphase ergibt sich dadurch keine relevante Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand.

### *Nördlich Lägern NL-6*

Die Anlieferung der einzulagernden Materialien und Hilfsstoffe findet entweder per LKW oder, soweit möglich, per Bahn statt. Ab der möglichen Umladestation für die Bahntransporte erfolgt der Weitertransport per LKW über die HVS 7 und die K348 abseits von Siedlungen. Damit werden nur wenige Strassentransporte erzeugt, durch die keine wesentlichen zusätzlichen Erschütterungen entstehen. Auch in der Betriebsphase ergibt sich dadurch keine relevante Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand. Dasselbe gilt für die möglichen zusätzlichen Bahntransporte.

### *Zürich Nordost*

Die Anlieferung der einzulagernden Materialien und Hilfsstoffe ist soweit möglich per Bahn geplant. Damit werden nur wenige Strassentransporte erzeugt, wodurch keine wesentlichen zusätzlichen Erschütterungen entstehen. Auch in der Betriebsphase ergibt sich dadurch keine relevante Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand.

#### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

Das generelle Schutzziel, dass die Bevölkerung durch Erschütterungen in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich gestört werden soll, kann voraussichtlich eingehalten werden. Die voraussichtlichen Auswirkungen werden damit als gering beurteilt. Im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens müssen aber die Auswirkungen der durch die oberflächennahen Ausbruchsarbeiten verursachten Erschütterungen noch genauer abgeklärt werden.

#### 4.4.4 Nichtionisierende Strahlung

##### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Dieses Kapitel basiert vor allem auf den UVP-Voruntersuchungen.

Als nichtionisierende Strahlung (NIS) werden entsprechend der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV; SR 814.710) Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern mit Frequenzen von 0 Hz bis 300 GHz verstanden, die beim Betrieb ortsfester Anlagen wie z. B. Fahrleitungen von Eisenbahnen, Hochspannungsleitungen, Fernseh- und Radiosender oder Mobilfunkantennen erzeugt werden. Nicht in den Geltungsbereich der NISV fällt Strahlung in Betrieben und militärischen Anlagen, von medizinischen Anwendungen sowie von elektrischen Geräten wie Mikrowellengeräten, Kochherden, Elektrowerkzeugen oder Mobiltelefonen. Nicht Gegenstand dieses Kapitels ist die ionisierende bzw. radioaktive Strahlung (vgl. Kap. 4.3).

Die mit dem Vorhaben geschaffenen NIS-erzeugenden Anlagen wirken nur über sehr kurze Distanzen. Der zu betrachtende Perimeter beschränkt sich damit auf die OFA und deren unmittelbares Umfeld.

##### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Das Schutzziel der Schweizer Umweltschutz-Gesetzgebung besteht darin, Menschen vor schädlicher oder lästiger NIS zu schützen. Die Immissionsgrenzwerte nach Anhang 2 der NISV müssen überall eingehalten sein, wo sich Menschen aufhalten können.

Die zulässige Belastung an Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) ist in der NISV mit einem Anlagengrenzwert definiert. OMEN sind Räume in Gebäuden und auch Bereiche von unbebauten Grundstücken, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten. Zu den OMEN gehören somit nebst Wohn- und Büroräumen auch die ständigen Arbeitsplätze auf dem Areal der OFA. Der einzuhaltende Grenzwert an den OMEN beträgt für Starkstromanlagen und Bahnleitungen 1 Mikrottesla (Effektivwert der magnetischen Flussdichte) und für Mobilfunksendeanlagen zwischen 4 und 6 Volt pro Meter (elektrische Feldstärke).

##### *Ausgangszustand*

Generell ist die bestehende Immissionsbelastung durch NIS in beiden Projektgebieten aufgrund der relativ grossen Entfernung der Emissionsquellen voraussichtlich gering. Sie wird erst in der Hauptuntersuchung des UVB 1. Stufe ein erstes Mal näher bestimmt. Die zukünftige Entwicklung der Immissionsbelastung hängt massgeblich von der Technologieentwicklung sowie von den neu installierten Anlagen ab, insbesondere im Bereich Mobilfunk. Der frühestens in den 2030er-Jahren relevante Ausgangszustand ist deshalb in den verschiedenen Stufen des UVP-Verfahrens jeweils neu festzustellen.

##### *Jura Ost*

In der Umgebung des Standortareals sind heute die nachfolgenden NIS-Emissionsquellen vorhanden:

- Hochspannungs-Übertragungsleitung rund 100 m östlich des Standortareals
- Mobilfunk-Sendeantennen im naheliegenden Industriegebiet: je eine Station beim PSI West (Abstand 200 m) und beim PSI Ost (Abstand 500 m)
- 6 weitere Mobilfunk-Sendeantennen in einem Abstand von 1,3 bis 2,3 km.

##### *Nördlich Lägern NL-2*

In der Umgebung des Standortareals sind heute die nachfolgenden NIS-Emissionsquellen vorhanden:

- Die Fahrleitung der Bahnlinie rund 50 m nördlich.
- Die Höchstspannungs-Überlandleitung (220 kV) der NOK südlich der Glattfelderstrasse, entlang des Waldrandes des Ämperg, rund 160 m südlich. Der Richtplan des Kantons Zürich sieht einen Ersatz der bestehenden Leitung vor.

- Mehrere Mobilfunk-Sendeantennen in Weiach (Fasnachtflue und «im See») sowie in Zweidlen Station («im March» unweit der A50-Ausfahrt Glattfelden West). Die beiden nächstliegenden sind die Sendeanlagen bei der Fasnachtflue in einem Abstand von rund 850 Meter. In Deutschland befindet sich die nächste Anlage nördlich von Hohentengen rund 1,8 km vom Standortareal.

#### *Nördlich Lägern 6*

In der Umgebung des Standortareals sind heute die nachfolgenden NIS-Emissionsquellen vorhanden:

- Höchstspannungs-Überlandleitung (2 x 110 kV) der NOK von Zweidlen Station nach Neerach, rund 180 m östlich. Der Richtplan des Kantons Zürich sieht vor, dass die Leitung weiter bestehen soll.
- Mehrere Mobilfunk-Sendeantennen in Windlach («im Lee», rund 1,3 Kilometer südlich) und in Zweidlen Station («im March», unweit der A50-Ausfahrt Glattfelden West, rund 2 km nördlich).

#### *Zürich Nordost*

In der Umgebung des Standortareals sind heute die nachfolgenden NIS-Emissionsquellen vorhanden:

- Die Fahrleitung der Bahnlinie im Norden und Osten (Abstand rund 40 m)
- Die Hochspannungs-Freileitung (150 kV) westlich und nördlich entlang des Waldrandes «Bergholz», rund 200 m nordwestlich des Standortareals
- Mehrere Mobilfunk-Sendeantennen in Marthalen, beim A4-Anschluss Benken und in Dachsen. Die nächstliegenden sind die Sendeanlagen in Marthalen, alle in einem Abstand von mindestens rund 900 m.

#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

In den Phasen mit Bauaktivitäten werden keine Quellen nichtionisierender Strahlung errichtet. Deshalb und aufgrund der nur wenigen heute vorhandenen Strahlungsquellen sind die Auswirkungen der NIS während den Phasen mit Bauaktivitäten nicht relevant.

#### *Auswirkungen während der Betriebsphasen*

Nachfolgend werden einerseits die Stromversorgung der OFA sowie des geologischen Tiefenlagers und andererseits die vorbestehende NIS-Belastung getrennt betrachtet.

Die Stromversorgung erfolgt vom öffentlichen 16 kV-Hochspannungsnetz. Dafür werden voraussichtlich auf dem Standortareal eigene Trafostationen der Mittelspannung installiert. Ihr genauer Standort ist derzeit noch nicht festgelegt. Bei der Planung muss darauf geachtet werden, dass die Orte mit empfindlicher Nutzung einen genügenden Abstand bzw. entsprechende Abschirmung gegenüber den Trafostationen aufweisen.

Von den bestehenden NIS-Quellen sind für die OFA sowie das geologische Tiefenlager keine relevanten Auswirkungen oder Einschränkungen der Arealnutzung zu erwarten.

Für die mit dem Vorhaben neu geschaffenen NIS-erzeugenden Anlagen und für alle neuen OMEN wird nachzuweisen sein, dass und ggf. wie die geltenden Anlagengrenzwerte der NISV eingehalten werden können. Erfahrungsgemäss ist dies problemlos zu erreichen.

#### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

Hinsichtlich NIS sind voraussichtlich geringe Auswirkungen zu erwarten. Die Anlagen- und Immissionsgrenzwerte sollten eingehalten werden können.

## 4.4.5 Gewässer

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Unter Gewässern werden in diesem Kapitel alle ober- und unterirdischen Gewässer verstanden, d. h. Grundwasser (inkl. Hangsickerwasser und Quellen) und Oberflächengewässer. Als letztere fallen an den hier besprochenen Standorten nur Fliessgewässer in Betracht, da im Einflussbereich der Anlagen keine stehenden Gewässer vorkommen. Mineral- und Thermalwasser werden ebenfalls kurz behandelt.

Das vorliegende Kapitel behandelt den hydrologischen Aspekt der Gewässer. Weitere Aussagen zu den Gewässern finden sich in den Kapiteln 4.4.13 Flora, Fauna, Lebensräume (ökologischer Aspekt), 4.4.8 Abfälle und umweltgefährdende Stoffe (Abwasser und Entwässerung) und 4.4.9 Chemotoxische Stoffe.

Entsprechend den möglichen Auswirkungen des Baus und Betriebs eines geologischen Tiefenlagers auf Gewässer werden diese bis in folgende Entfernungen vom Standortareal betrachtet: Grundwasser mehrere Kilometer; Oberflächengewässer mehrere 100 m. Diese Distanzen beziehen sich auf den Normalbetrieb inkl. kleinere Abweichungen davon. Bei konventionellen Störfällen/Katastrophen können auch Gewässer in grösserer Entfernung betroffen sein (vgl. Kapitel 4.4.11).

Da die genaue Lage der Bauten unter Tage noch nicht bekannt ist, können deren Auswirkungen auf das Grundwasser im Festgestein derzeit noch nicht dargestellt werden.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG)<sup>125</sup> müssen die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen geschützt werden, um die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen zu erhalten. Dazu gelten für die Gewässer unter anderen folgende einzelne Schutzziele:

- Erhalt natürlicher Lebensräume für die einheimische Tier- und Pflanzenwelt
- Erhalt von Fischgewässern
- Erhalt der Gewässer als Landschaftselemente
- Sicherstellung und haushälterische Nutzung des Trink- und Brauchwassers.

Der wichtigste Grundsatz zur Reinhaltung der Gewässer lautet: *«Es ist untersagt, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, mittelbar oder unmittelbar in ein Gewässer einzubringen oder sie versickern zu lassen. Es ist auch untersagt, solche Stoffe ausserhalb eines Gewässers abzulagern oder auszubringen, sofern dadurch die konkrete Gefahr einer Verunreinigung des Wassers entsteht»* (Art. 6 GSchG).

Zur Erhaltung der Grundwasservorkommen dürfen Speichervolumen und Durchfluss nutzbarer Grundwasservorkommen nicht wesentlich und dauernd verringert werden und der Grundwasserspiegel darf nicht auf einer grossen Fläche abgesenkt werden. Der Grundwasserleiter (Durchflussquerschnitt, Durchlässigkeit), der Grundwasserstauer und die Deckschichten sowie die Hydrodynamik des Grundwassers (Grundwasserstände, Abflussverhältnisse) sollen naturnahen Verhältnissen entsprechen. Bei Untertagbauwerken ist insbesondere zu beachten, dass Grundwasservorkommen nicht dauernd miteinander verbunden werden dürfen, wenn dadurch Menge oder Qualität beeinträchtigt werden können.

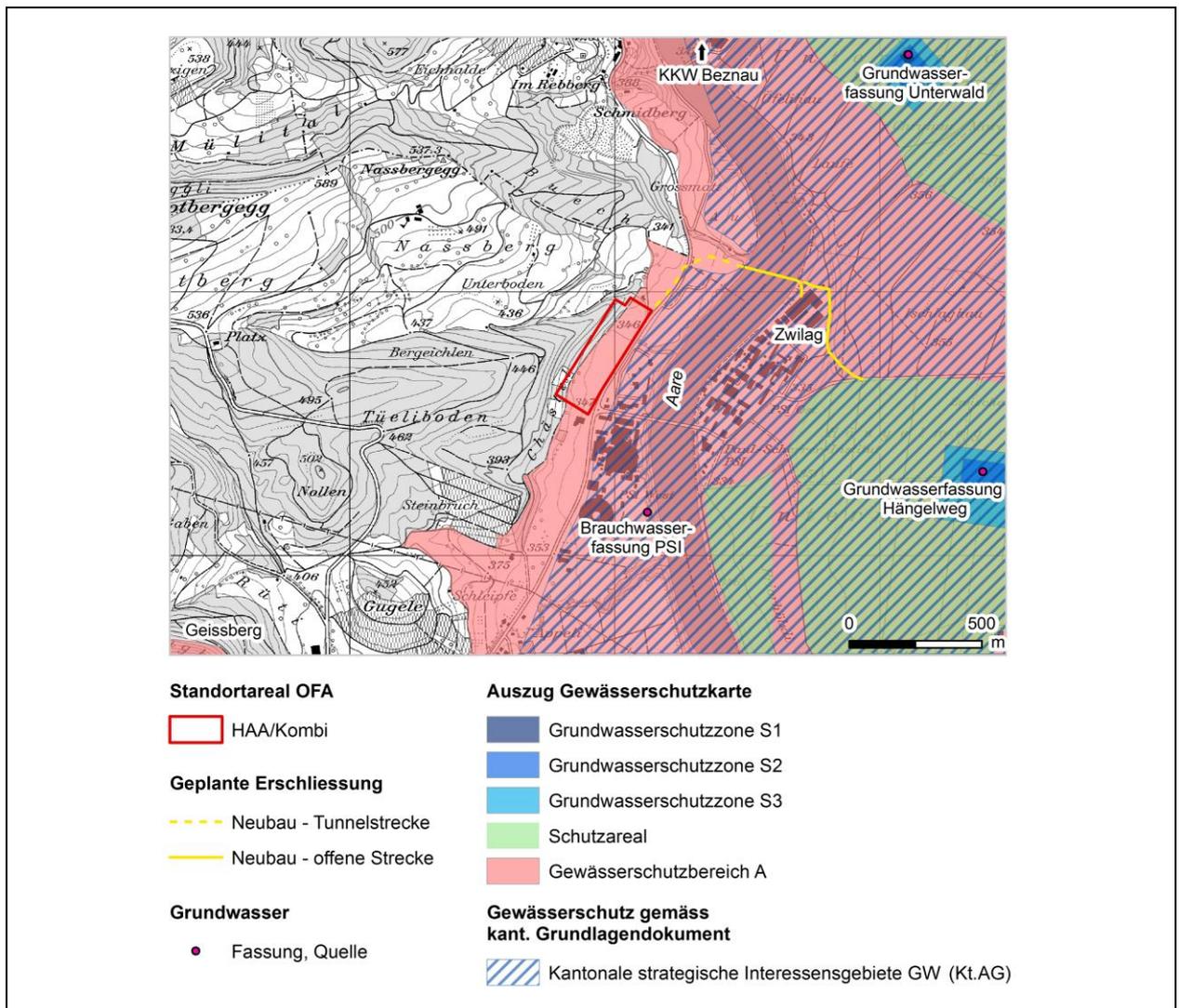
---

<sup>125</sup> Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG, SR 814.20).

## Ausgangszustand

Jura Ost

Grundwasser



**Abb. 53** Gewässerschutzkarte beim Standortareal JO-3+  
(Beispiel HAA/Kombi; Geodaten Kt. AG, bearbeitet durch Ecosens)

Das Standortareal liegt innerhalb des Tafeljuras im Randbereich einer eiszeitlich angelegten, Süd-Nord gerichteten Felsrinne. Diese wurde im Wesentlichen mit sandig-kiesigen Niederterrassenschottern sowie oberflächennahen Schwemmablagerungen (Deckschichten) verfüllt. Diese Deckschichten bilden heute die Unterlage der Schotterflur des unteren Aaretals. Gegen die westlich gelegene Erhöhung des Tüeliboden hin keilen die Schotter aus und verzahnen sich mit Gehängeschutt, der eine Mächtigkeit bis ca. 14 m erreichen kann. Der Felssockel ist auf der Ostseite des Standortareals in einer Tiefe von max. ca. 15–20 m zu erwarten und steigt von dort gegen Westen bis nahe an die Oberfläche an.

Die erwähnten Niederterrassenschotter führen das bedeutende Aaretal-Grundwasser, das mit einem Gefälle von ca. 1–2 Promille gegen Nordosten fliesst. Der Grundwasserspiegel liegt im Standortareal – mit einer geringen Grundwassermächtigkeit – bei einer Meereshöhe von ca. 326 m und somit rund 20 m unter der heutigen Terrainkote von ca. 346 m. Damit sind auf dem Standortareal selber gemäss Grundwasserkarte keine Grundwasservorkommen zu erwarten.

Im Gehängeschutt und an der Grenze vom Lockergestein zum Fels ist mit Hangsickerwasserzirkulation zu rechnen. Der unter der Lockergesteinsdecke anstehende Fels ist vorwiegend mergelig ausgebildet und daher kaum verkarstungsfähig. Trotzdem ist insbesondere entlang von Klüften und Störungen mit einer Bergwasserzirkulation zu rechnen. Das Hang- und Bergwasser exfiltriert schliesslich gegen Osten hin in die Aare.

Das Standortareal ist grösstenteils dem Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> zugeordnet (Abb. 53), weil eine Zusickerung zum eigentlichen Grundwasservorkommen wahrscheinlich ist. Bedeutende Nutzungen finden sich erst in grösserer Distanz. Die nächstgelegenen sind die durch Schutzzonen geschützten Grundwasserfassungen Unterwald (1,2 km unterstrom, 3000 l/min<sup>126</sup>), Döttingen (1,7 km unterstrom, 4000 l/min) und Hängelweg (1,3 km ostseitig des Zuströmbereichs, 5000 l/min). Daneben existiert rund 400 m oberstrom mit der reinen Brauchwasserfassung des PSI eine weitere förderstarke Fassung (4500 l/min). Ein kantonales strategisches Interessensgebiet Grundwasser reicht lediglich bis zur Ostseite der Kantonsstrasse K442 und tangiert das Standortareal somit nicht.

In allen Richtungen des geologischen Standortgebietes Jura Ost liegen verschiedene bedeutende Thermalkurorte, vor allem Baden, Bad Zurzach, Bad Schinznach und Bad Säckingen. Deren relevante Aquifere (Grundwasserleiter) befinden sich in grosser Tiefe im Kristallin und Muschelkalk und sind durch mächtige, darüber liegende Grundwasserstauer (u. a. Gipsschichten) von den im Rahmen des Tiefenlagers durchfahrenen Schichten hydraulisch entkoppelt.

#### *Oberflächengewässer*

Die Hauptader des lokalen, regionalen und überregionalen Gewässernetzes bildet die Aare, 200 m östlich des Standortareals. An dessen Nord- und Nordostrand verläuft der Krebsbach. Dieser nimmt das Wasser von zwei Wiesenbächen auf, die den Bereich Riedmatt drainieren. Danach unterquert er die K442 nördlich des PSI West und mündet in die Aare.

Die Standorte der weiteren Anlagenteile wie Installationsplätze oder NZA sind zur Zeit noch nicht bekannt und können hier somit nicht in die Betrachtung hinsichtlich Gewässer einbezogen werden.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

##### *Grundwasser*

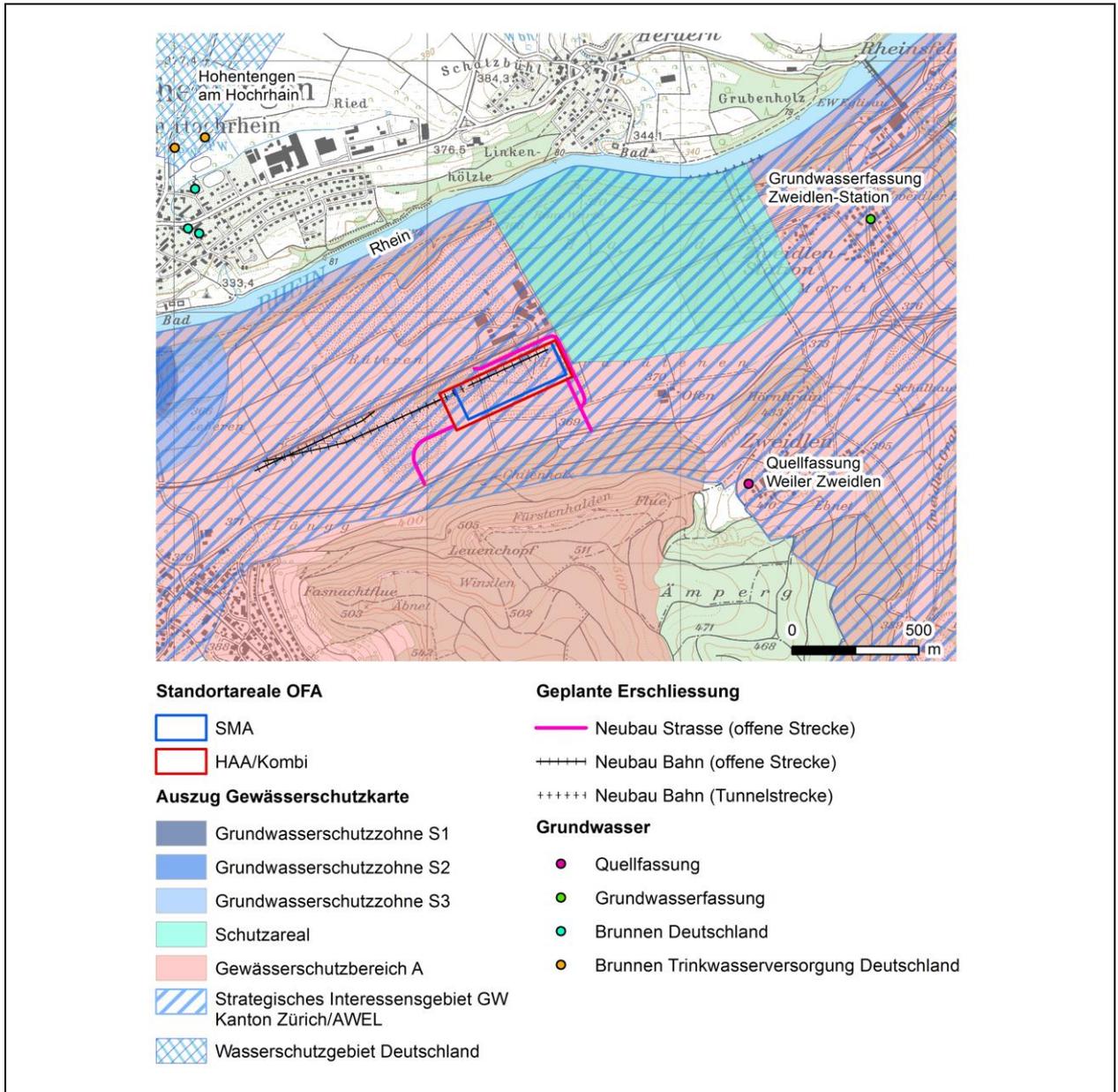
Das Standortareal liegt im Randbereich einer glazial angelegten, NE-SW ausgerichteten Felsrinne (Rheintal), welche im Wesentlichen mit würmeiszeitlichen Niederterrassenschottern und Überschwemmungssedimenten (Deckschichten) verfüllt ist. Unter den Niederterrassenschottern stehen die Untere Süsswassermolasse (USM) sowie lokal die geringmächtige Grundmoräne an. In Richtung des Ämperg am südlichen Talrand sind Gehängeschutt und Bachschuttkegel vorhanden. Das Standortareal wird heute zum Kiesabbau genutzt.

Die sandig-kiesigen Niederterrassenschotter fungieren als Grundwasserleiter des bedeutenden Rheingrundwasserstroms. Gemäss Grundwasserkarte liegt das Standortareal direkt über dem Grundwasservorkommen, wobei das Grundwasser mit einem geringem Gefälle von ca. 1–2 ‰ gegen Nordwesten in Richtung des Rheins fliesst. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt im Projektgebiet bei einer Meereshöhe von ca. 333 m und somit rund 34 m unter der heutigen Terrainkote (Kote Projektstandort ca. 367 m) bzw. rund 3–4 m unter der Kiesabbaukote. Das Grundwasser ist unter dem Standortareal im südöstlichen Bereich zwischen 2–10 m und im nordwestlichen Bereich über 10 m mächtig. Zudem ist im Gehängeschutt und an der Grenze vom Fels zum Lockergestein mit Hangwasser zu rechnen.

Das Grundwasser weist im flachen Talboden des ehemals mäandrierenden Rheins eine geringe bis hohe Vulnerabilität auf, da die Deckschichten nur eine mässige Schutzwirkung haben. Zudem sind im Bereich des Standortareals die schützenden Deckschichten durch den Kiesabbau weitgehend entfernt worden.

---

<sup>126</sup> Konzessionierte Entnahmemenge für Trink- oder Brauchwasser.



**Abb. 54** Gewässerschutzkarte beim Standortareal NL-2 (UVP-Voruntersuchung)

Das Standortareal liegt vollständig im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> (Abb. 54), welcher in der Region die gesamte Talsohle des Rheins sowie die Nordflanke des südlich angrenzenden Ämpbergs umfasst. Dieses Gebiet ist auch als «strategisches Interessensgebiet Trinkwasserversorgung» des Kantons Zürich ausgeschieden. Östlich an das Standortareal grenzt das rechtskräftig ausgeschiedene Grundwasser-Schutzareal Weiacher Hard, welches planerisch das Areal einer künftigen Grundwasserschutzzone sichert. Im Abstrombereich liegen in einer Entfernung von rund 900 m die Grundwasserschutzzone der Trink- und Brauchwasserfassung Griesgraben (Entfernung zur Fassung 1,1 km). Im Oberstrombereich befinden sich die Quelfassungen Zweidlen Station (wärmetechnische Nutzung, Entfernung ca. 1.4 km) und Weiler Zweidlen (Trinkwasser, Entfernung ca. 850 m), welche über keine rechtskräftigen Schutzzone verfügen. Nördlich des Rheins befinden sich auch in der Deutschen Gemeinde Hohentengen mehrere Trinkwasserfassungen und Brunnen.

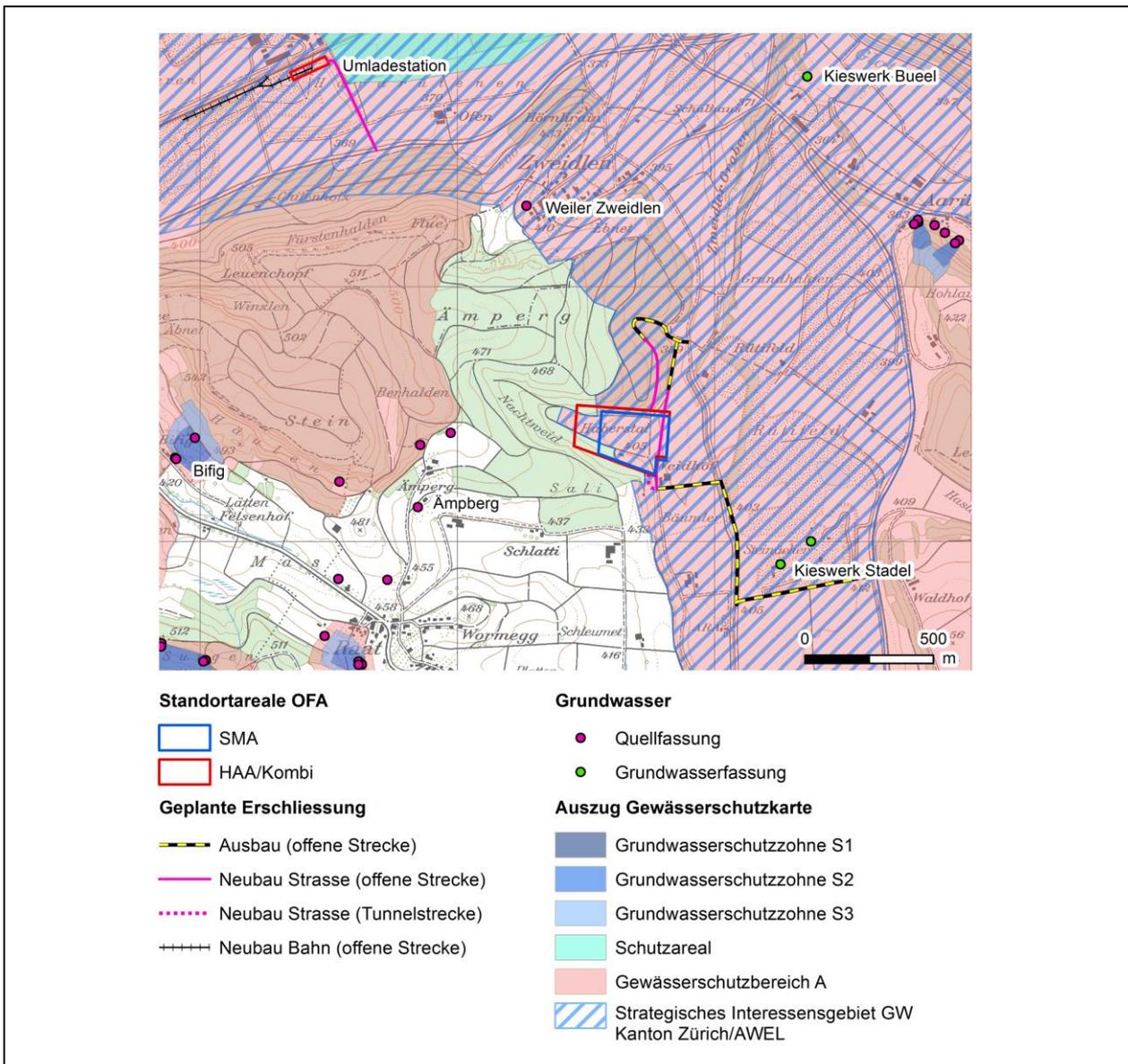
Die Thermalkurorte Baden und Bad-Zurzach beziehen ihr Wasser aus dem Aquifer (Grundwasserleiter) im Kristallin und Muschelkalk, welcher durch mächtige Grundwasserstauer vom oberflächennahen

Rheingrundwasserstrom hydraulisch entkoppelt ist. In der Region Eglisau und Lottstetten-Nack wurden früher Mineralquellen aus der Unteren Süsswassermolasse (USM) genutzt.

#### Oberflächengewässer

Nördlich des Standortareals im Abstrom von ca. 600 m fliesst der Rhein Richtung Westen. Südwestlich des Standortareals fliesst der Winzlenbach auf der Nordwestflanke des Ämperg Richtung Talgrund, wo er im Hangfussbereich in den gut durchlässigen Schottern in einer Entfernung von rund 400 m vom Standortareal versickert. Rund 1,1 km westlich des Standortareals fliesst der Dorfbach von Weiach in den Rhein. Im Standortareal selbst befinden sich keine oberirdischen Gewässer.

#### Nördlich Lägern NL-6 Grundwasser



**Abb. 55** Gewässerschutzkarte beim Standortareal NL-6 (UVP-Voruntersuchung)

Das Standortareal liegt in einem in den Fels der Oberen Meeresmolasse (OMM) eingeschnittenen Seitental des Windlacherfelds. Letzteres ist ein glazial vertieftes und mit mächtigen Niederterrassenschottern aufgefülltes Tal. Im Bereich des Standortareals an der Ostflanke des Ämperg ist die OMM mit Gehänge- und allenfalls Bachschuttablagerungen bedeckt. Gegen Osten bzw. die Talmitte hin

nimmt die Lockergesteinsmächtigkeit stark zu. Die Niederterrassenschotter werden östlich des Standortareals im Rütifeld zur Kiesgewinnung abgebaut.

Die sandig-kiesigen Niederterrassenschotter führen den bedeutenden Grundwasserstrom von Windlach, welcher mit einem Gefälle von 5–6 ‰ gegen Norden in Richtung Rhein fliesst. Als Grundwasserstauer dienen unter den Niederterrassenschottern liegende Moränen oder die Untere Süsswassermolasse (USM).

Das Standortareal selbst liegt im Randbereich des Grundwasservorkommens, wo die Grundwassermächtigkeit weniger als 2 m beträgt. Östlich des Standortareals liegt der mittlere Grundwasserspiegel bei einer Meereshöhe von ca. 360 m und somit rund 40 m unter der heutigen Terrainkote. Der Grundwasserhöchststand liegt rund 4 m höher auf ca. 364 m. Im Standortareal ist generell und in Richtung Osten zunehmend mit Hangsickerwasser in den Gehängeschuttablagerungen bzw. unmittelbar über der Felsoberfläche der OMM sowie mit Felswasser aus der OMM zu rechnen. Das Hangsickerwasser fliesst in den Grundwasserstrom von Windlach.

Das Standortareal liegt im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> (Abb. 55), welcher in der Region die gesamte Talsohle sowie die östlichen Hänge des Ämperg umfasst. Dem Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> überlagert ist zudem das «strategische Interessensgebiet Trinkwasserversorgung» des Kantons Zürich. In Aarüti bei Glattfelden befinden sich die nächst gelegenen Grundwasserschutzzone der Quelfassungen Rütigasse Nord und Brauereiweiher in einer Entfernung von ca. 1.5 km vom Standortareal. Rund 2 km nördlich des Standortareals befindet sich das rechtskräftig ausgeschiedene Schutzareal Weiacher Hard, welches einer künftigen Grundwasserschutzzone entspricht.

Die konzessionierte Trinkwasserfassung Twerweg liegt ca. 1.5 km stromaufwärts östlich von Windlach. Konzessionierte Quelfasserfassungen, die zur Trinkwasserversorgung genutzt werden, befinden sich ca. 1.5 km nordöstlich (Fassungen Rütigasse Nord und Brauereiweiher) bzw. 1.7 km südwestlich (Fassung Bifig) des Standortareals. Weitere Quelfassungen zu privaten Nutzungen befinden sich in Zweidlen und Ämperg in ca. 800 m bis 900 m Entfernung in nördlicher bzw. südwestlicher Richtung vom Standortareal. In der deutschen Gemeinde Hohentengen rund 3 km nordwestlich des Standortareals bestehen weitere Trinkwasserfassungen und Brunnen.

Die nächst gelegenen Brauchwasserfassungen der Kieswerke befinden sich in rund 1.5 km Entfernung in nordöstlicher Richtung im Abstrom sowie ca. 600 m in südöstlicher Richtung im Zustrom des Standortareals.

Die Thermalkurorte Baden und Bad-Zurzach beziehen ihr Wasser aus dem Aquifer (Grundwasserleiter) im Kristallin und Muschelkalk, welcher durch mächtige Aquitare (Grundwasserstauer) vom oberflächennahen Rheingrundwasserstrom hydraulisch entkoppelt ist. In der Region Eglisau und Lottstetten-Nack wurden früher Mineralquellen aus der Unteren Süsswassermolasse (USM) genutzt.

#### *Oberflächengewässer*

Das Standortareal wird von West nach Ost durch den Bach Haberstalgraben durchflossen, welcher bis zur Flurstrasse im Wald westlich bzw. oberhalb des Standortareals offen fliesst. Danach verläuft der Haberstalgraben eingedolt durch das unbewaldete Haberstal und mündet etwa 150 m östlich des Standortareals in den Dorfbach. Dieser fliesst im künstlich erstellten Bachbett im Zweidlergraben Richtung Norden und mündet via Glatt in den Rhein. Gemäss Meliorationskataster des Kantons Zürich wird das Standortareal über den Haberstalgraben in den Zweidlergraben (Dorfbach) entwässert.

Zürich Nordost  
Grundwasser

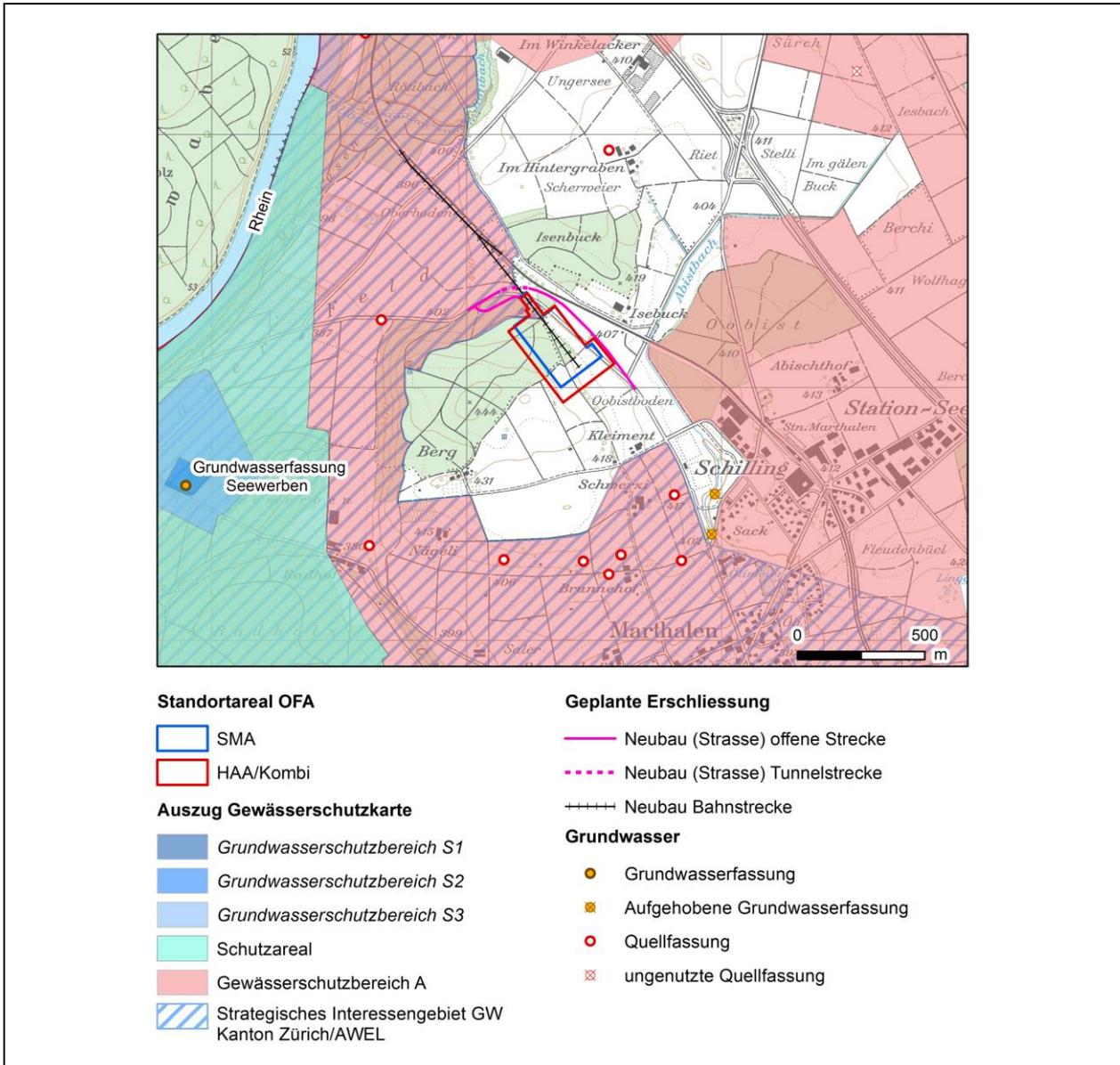


Abb. 56 Gewässerschutzkarte beim Standortareal ZNO-6b (Geodaten Kt. ZH, bearbeitet durch Ecosens).

Das Standortareal liegt weitgehend über Moränen der Würm-Eiszeit. Im Talboden (östlicher Bereich des Standortareals) können auch feinkörnige See- und Verlandungssedimente vorliegen. Unter den Moränen folgt der Fels der Unteren Süsswassermolasse (USM). Diese besteht vorwiegend aus einer Wechsellagerung von Mergeln und Sandsteinen. Die USM wird in ca. 20–40 m Tiefe erwartet. Die oberflächennahen geologischen Verhältnisse sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht näher bekannt und müssen in der weiteren Planung ermittelt werden.

Nordwestlich des Standortareals (Gebiet Rheinau) liegt der mächtige Rheingrundwasserstrom. Er führt ein bedeutendes Grundwasser und fliesst mit einem Gefälle von ca. 3–4 Promille gegen Süden. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt dort auf einer Meereshöhe von ca. 355–356 m, was einem Flurabstand von über 50 m entspricht. Als Grundwasserstauer wirkt die unter den Niederterrassenschottern liegende USM. Das lokale Grundwasservorkommen von Rudolfingen auf rund 409 m liegt rund 500 m östlich des Standortareals. Gemäss Grundwasserkarte liegt das Standortareal ausserhalb von nutzbaren Grundwasservorkommen.

Im Standortareal ist tendenziell mit geringen Mengen an Hangsickerwasser in wenigen Metern Tiefe zu rechnen. Es kann an Schichtgrenzen sowie in besser durchlässigen Horizonten der Moränen bzw. See- und Verlandungssedimenten auftreten.

Das Grundwasser weist im Bereich des Standortareals gemäss dem hydrologischen Atlas der Schweiz keine oder nur eine geringe Vulnerabilität auf.<sup>127</sup>

Das Standortareal liegt mit Ausnahme der Eingangsschleusen für Bahn und LKW ausserhalb des Gewässerschutzbereichs A<sub>u</sub> und des strategischen Interessensgebiets Trinkwasserversorgung des Kantons Zürich (Abb. 56). Südwestlich des Standortareals liegen die Grundwasserschutzzone der Trink- und Brauchwasserfassungen Seewerben (1,2 km) und Schmugglerweg (3 km). Die Fassungen haben konzessionierte Entnahmemengen von 4000 l/min bzw. 10 000 l/min.

Am Südhang und an der Nordwestflanke des Hügels Bergholz in einer Entfernung von 600–900 m existieren mehrere gefasste Quellen mit Schüttungsmenge bis 50 l/min. Ca. 700 m nördlich des Standortareals im Bereich Hintergraben befindet sich eine weitere Quelfassung mit einer Schüttungsmenge von ca. 35 l/min. Für diese Quellen sind keine Schutzzonen ausgeschieden.

Südwestlich des geologischen Standortgebiets Zürich Nordost liegen die früher genutzten Mineral- bzw. Thermalwasservorkommen Eglisau und Lottstetten-Nack.

Die Standorte der weiteren Anlagenteile wie Installationsplätze oder NZA sind zur Zeit noch nicht bekannt und können hier somit nicht in die Betrachtung hinsichtlich Gewässer einbezogen werden.

#### *Oberflächengewässer*

Das Standortareal für die OFA tangiert keine Oberflächengewässer. Das nächstgelegene Gewässer ist der Abistbach in 250 m Entfernung. Das Gebiet nordöstlich des Standortareals wird durch eine Drainageleitung in den Abistbach entwässert. Entlang der Westseite des Hügels Bergholz verläuft der eingedolte Radhofbach in ca. 600 m Entfernung. Nördlich des Standortareals führt der eingedolte Scherrweierbach in Richtung Höll-/Rötibach, der in den 1 km nördlich des Standortareals gelegenen Rhein fliesst.

#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals wirkt sich nicht grundsätzlich unterschiedlich auf die beschriebenen Objekte aus. Deshalb wird die vorliegende Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert.

#### *Jura Ost*

##### *Grundwasser*

Bei den quantitativen Auswirkungen auf das oberflächennahe Grundwasser sind die beiden Aspekte Grundwasserneubildung und Beeinflussung der Zirkulation zu unterscheiden.

Aufgrund der Neuversiegelung von rund 6 ha Fläche auf dem Standortareal wird erwartet, dass die Grundwasserneubildung vermindert wird. Hier sollen im Rahmen der zukünftigen Projektierung Massnahmen geprüft werden, um die Verminderung der Grundwasserneubildung zu minimieren, z. B. Versickerungsanlagen.

Eine Beeinflussung der Zirkulation von relevanten Grundwasservorkommen kann innerhalb des Untersuchungsperimeters weitgehend ausgeschlossen werden, weil der höchste zu erwartende Grundwasserspiegel 11 m unter dem Niveau der geplanten Einbauten liegt. Auch der Erschliessungstunnel als tiefstes Bauwerk mit Kote 329,5 m liegt über dem mittleren Grundwasserspiegel des Aaregrundwasservorkommens. Im Bereich der geplanten OFA ist kaum mit (nutzbarem) Grundwasser zu rechnen (siehe Ausgangszustand).

<sup>127</sup> Hydrologischer Atlas der Schweiz HADES, Tafel 8.7 (BAFU, 2009). Die Vulnerabilität bezeichnet die die Empfindlichkeit eines Grundwasservorkommens auf Gefährdungen durch den Eintrag von Schadstoffen in den Untergrund.

Im Hangfussbereich wird ein bis zu 17 m tiefer Einschnitt für den Bau der OFA benötigt. Somit wird in diesem Teil des Standortareals mit grosser Wahrscheinlichkeit die Zirkulation von Hangsickerwasser und allenfalls von Bergwasser beeinflusst. Zudem ist damit zu rechnen, dass solches Wasser drainiert und abgeleitet werden muss. Falls für Arbeiten in diesem Bereich Drainagen und Pumpen sowie weitere Anlagen zur Sickerwasserbehandlung nötig sind, müssen deren Umweltauswirkungen im Rahmen der UVP behandelt werden.

Im ebenen Teil des Standortareals ist das Grundwasser durch die mächtige, ungesättigte Deckschicht sowie dank dem grossen Flurabstand gut vor negativen qualitativen Auswirkungen geschützt. Im Hangbereich hingegen wird der Boden stark verletzt oder ganz abgetragen. Somit ist das Hangsickerwasser empfindlich in Bezug auf qualitative Auswirkungen. Verschiedene Bauprozesse können das Sicker- und Grundwasser gefährden, z. B. durch Treibstoffverluste oder das Versickern von schlamm- und/oder zementhaltigen Abwässern. Letzteres kann auch zu einer Kolmatierung<sup>128</sup> des Grundwasserträgers führen.

Noch nicht bekannt ist die Lage der geplanten Brücke zum Zwiilag und insbesondere die Tiefe ihrer Fundamente. Ihre Auswirkungen auf das Grundwasser müssen im Rahmen der UVP ermittelt und dargestellt werden.

Im Fall eines Sprengvortriebs für die Zugangsbauwerke bietet die mögliche Zwischenlagerung von Ausbruchmaterial ein gewisses Gefahrenpotenzial für benachbarte Grundwasservorkommen durch ammonium- und nitrathaltige Abwässer.

Der Bau der OFA hat keine Auswirkungen auf die Tiefengrundwasser. Falls hingegen beim Bau des Tiefenlagers und der Zugangsbauwerke tieferliegende oder im Berg zirkulierende Grundwasservorkommen (Thermalwasservorkommen) durchfahren werden, müssen die entsprechenden Auswirkungen noch detailliert untersucht werden.

#### *Oberflächengewässer*

Der Krebsbach durchfliesst das Standortareal und muss daher verlegt werden. Er soll die Kantonsstrasse K442 zukünftig weiter nördlich queren, bevor er in die Aare entwässert. Somit müssen die heutigen Wiesenbäche als oberflächennahe Drainage der Wiese Riedmatt durch ein anderes Entwässerungssystem ersetzt werden.

Durch den vorgesehenen Bau einer neuen Brücke wird die Aare und ihr Gewässerraum tangiert.

Die Umweltauswirkungen im Bereich Oberflächengewässer müssen im Rahmen der UVP detailliert aufgezeigt und beurteilt werden.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

##### *Grundwasser*

Es wird davon ausgegangen, dass bis zum Bau der Oberflächenanlage die heutigen Kiesgruben mit Aushubmaterial wieder bis auf die Höhe des gewachsenen Terrains aufgefüllt werden. Für den Bau der Oberflächenanlage wird das Terrain auf eine Kote von ca. 360.0 m abgesenkt, was einem Flurabstand von ca. 26 m gegenüber dem Hochwasserstand bzw. ca. 27 m gegenüber dem Mittelwasserstand entspricht. Die Aushub- und Bauarbeiten für die Verkehrserschliessung werden ebenfalls maximal bis auf die Kote 360 m ausgeführt. Für den Bau des Zugangstunnels zum Tiefenlager reichen die Bautätigkeiten bis auf Kote 355 m, was rund 22 m (Hochwasserstand) bzw. 21 m (Mittelwasserstand) über dem Grundwasserspiegel liegt. Für die Erstellung der Anlageteile unter Tage werden Aushub- und Bauarbeiten bis auf die Kote 344 m ausgeführt, was ca. 10 m über dem Hochwasser- resp. 11 m über dem Mittelwasserstand liegt.

Eine Störung des Grundwasserflusses kann bei der Realisierung der zum heutigen Zeitpunkt bevorzugten Variante weitgehend ausgeschlossen werden, da sowohl die eigentlichen Anlageteile als auch

---

<sup>128</sup> Verringerung der Durchlässigkeit infolge Eintrags von Feinmaterial wie z. B. Schwebstoffen.

die Bahnerschliessung deutlich über dem Hochwasserspiegel zu liegen kommen. Quantitative Auswirkungen werden deshalb primär bezüglich Grundwasserneubildung erwartet, da auf dem Standortareal rund 3.9 ha für Gebäude, Strassen und Parkflächen sowie weitere 1,2 ha für die Zufahrten zur Oberflächenanlage versiegelt werden.

Eine mögliche Gefährdung des Grundwassers könnte vor allem durch die Versickerung von belasteten Abwässern aus der Bautätigkeit entstehen. Die mögliche Zwischenlagerung von bedeutenden Mengen an Ausbruchmaterial auf dem Projektgebiet weist für das Grundwasser zudem ein gewisses Gefahrenpotenzial durch von ammonium- und nitrit-haltigen Abwässern auf.

Gemäss der Planungsstudie NAB 14-05 werden die für die Thermalkurorte Baden und Bad-Zurzach genutzten Aquifere im Kristallin und Muschelkalk für den Bau des Tiefenlagers nicht durchfahren. Die Untere Süsswassermollasse wird mit den Zugangsbauwerken durchfahren. Davon betroffen sind das ehemals genutzte Mineralwasservorkommen in der Region Eglisau sowie der in den Quellen Lottstetten-Nack genutzte Malm-Aquifer. Diese Nutzungen liegen jedoch ca. 5 km (Eglisau) bzw. 11 km (Lottstetten) entfernt und zudem deutlich im Zustrom des Standortareals.

#### *Oberflächengewässer*

Eine direkte Beeinträchtigung von oberirdischen Gewässern durch die Bautätigkeit kann weitgehend ausgeschlossen werden. Von Bedeutung ist in den Phasen mit Bautätigkeit insbesondere die Einleitung von Baustellenabwässern oder von Bergwasser in die Vorflut (Rhein). Solche Einleitungen sind zulässig, sofern die gesetzlichen Anforderungen an die Qualität der eingeleiteten Abwässer erfüllt sind (Trübung, pH, chemische Verunreinigungen). Die Trennung, Behandlung und Einleitung von verschiedenen Abwasserarten sowie allfälliger Überwachungsmaßnahmen werden zu einem phasengerechten Zeitpunkt in einem Entwässerungskonzept festgehalten.

#### *Nördlich Lägern NL-6 Grundwasser*

Die Oberflächenanlage wird im Talboden bzw. im Hangfussbereich erstellt. Um den Platzbedarf der Oberflächenanlage zu erfüllen, wird durch eine Aufschüttung eine leicht erhöhte horizontale Ebene erstellt. Die Standorte der weiteren Anlageteile wie Installationsplätze, Schachtköpfe, etc. sind zum aktuellen Planungsstand noch nicht festgelegt.

Unmittelbare quantitative Auswirkungen auf relevante Grundwasservorkommen durch Bauten für die Oberflächenanlage auf dem Standortareal können weitgehend ausgeschlossen werden, weil der höchste zu erwartende Grundwasserspiegel (Kote 364 m) um 32.5 m unter der Kote der geplanten Einbauten (396.5 m) liegt. Der Erschliessungstunnel im Eingangsbereich (Kote 407 m) führt direkt nach Westen in den Fels und tangiert somit das oberflächennahe Grundwasser nicht. Da im Bereich der geplanten Oberflächenanlage kein nutzbares Grundwasser erwartet wird, beschränken sich die quantitativen Auswirkungen auf dem Standortareal auf eine geringfügige Reduktion der Grundwasserneubildung infolge der Versiegelung von Arealflächen. Für Gebäude, Strassen, Eingangsschleusen und Parkplätze werden auf dem Standortareal rund 5.4 ha versiegelt. Weitere 2,2 ha werden für die Versiegelung von Zufahrten für die Verkehrserschliessung des Standortareals beansprucht.

Im Hangfussbereich des Haberstals wird ein bis zu 12 m tiefer Einschnitt für den Bau der Oberflächenanlage erstellt. Dadurch wird in diesem Teil des Standortareals mit grosser Wahrscheinlichkeit die Zirkulation von Hangsickerwasser sowie allenfalls Bergwasser aus der Oberen Meeresmolasse beeinflusst. Es ist davon auszugehen, dass solches Wasser gefasst und abgeleitet werden muss.

Eine chemische Gefährdung des Grundwassers während Phasen mit Bautätigkeit besteht insbesondere durch eine mögliche Versickerung von belasteten Abwässern aus der Bautätigkeit (z. B. Treibstoffverluste, schlamm- und/oder zementhaltige Abwässer, etc.). Die mögliche Zwischenlagerung von grossen Mengen an Ausbruchmaterial führt zudem zu einer erhöhten Gefährdung durch ammonium- und nitrit-haltiges Abwasser.

Die Untere Süsswassermolasse, aus welcher früher das Mineralwasser von Eglisau gefördert wurde, wird durch die Zugangsbauwerke zum Tiefenlager durchfahren. Der Malm-Aquifer der Quellen in Lottstetten-Nack würde mit den Zugangsbauwerken deutlich stromabwärts (Distanz ca. 11 km ) von Lottstetten durchfahren.

#### *Oberflächengewässer*

Da der Bach Haberstalgraben das Projektgebiet auf einer Länge von rund 420 m durchfließt, muss er vor Beginn der Bauarbeiten umgelegt werden. Dies hat auch Auswirkungen auf die verbleibende Wiesenfläche im Haberstal, welche im Ausgangszustand oberflächlich in den Bach drainiert. Indirekte Auswirkungen auf oberirdische Gewässer ergeben sich auch bei einer allfälligen Einleitung von Baustellenabwässern oder von Hang-/Bergwasser in die Vorflut. Solche Einleitungen sind grundsätzlich zulässig, sofern die gesetzlichen Anforderungen, u. a. an die Qualität der eingeleiteten Abwässer, erfüllt sind (Trübung, pH, chemische Verunreinigungen). Die Trennung, Behandlung und Einleitung von verschiedenen Abwasserarten sowie allfällige Überwachungsmaßnahmen werden zu einem stufen-gerechten Zeitpunkt in einem Entwässerungskonzept festgehalten.

#### *Zürich Nordost*

##### *Grundwasser*

Bei den quantitativen Auswirkungen auf das oberflächennahe Grundwasser sind die beiden Aspekte Grundwasserneubildung und Beeinflussung der Zirkulation zu unterscheiden.

Aufgrund der Neuversiegelung von 6–7 ha Fläche auf dem Standortareal inkl. Zufahrten zur OFA wird erwartet, dass die Grundwasserneubildung vermindert wird. Hier sollen im Rahmen der zukünftigen Projektierung Massnahmen geprüft werden, um die Verminderung der Grundwasserneubildung zu minimieren.

Die Beeinflussung der Zirkulation durch das Projekt kann erst abgeschätzt werden, wenn die genauen Grundwasserverhältnisse im Bereich der Neubauten geklärt sind. Als potenzielle Gefährdungen müssen Einbauten in hang- oder bergwasserführende Schichten in Betracht gezogen werden. Insbesondere der hangseitige Einschnitt könnte negative quantitative Auswirkungen auf das Hangwasser haben. Falls für Arbeiten in diesem Bereich Drainagen und Pumpen sowie weitere Anlagen zur Sickerwasserbehandlung nötig sind, müssen deren Umweltauswirkungen im Rahmen der UVP untersucht werden.

Nach heutigem Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, dass mangels Grundwasservorkommen auf dem Standortareal selber eine qualitative Gefährdung ausser Betracht fällt. Hingegen bietet die mögliche Zwischenlagerung von Ausbruchmaterial im Falles eines Sprengvortriebs für die Zugangsbauwerke ein gewisses Gefahrenpotenzial für benachbarte Grundwasservorkommen durch ammonium- und nitrathaltige Abwässer. Diese vorläufigen Einschätzungen sind in den weiteren Planungsstufen zu verifizieren bzw. näher zu untersuchen.

Der Bau der OFA hat keine Auswirkungen auf die Tiefengrundwasser. Dort wo hingegen beim Bau des Tiefenlagers und der Zugangsbauwerke tieferliegende oder im Berg zirkulierende Grundwasservorkommen (z. B. Thermalwasservorkommen) durchfahren werden, müssen die entsprechenden Auswirkungen noch detailliert untersucht werden.

Eine Beeinflussung des Mineralwasservorkommens Eglisau kann aufgrund der generellen Vorflutsituation und der hydrochemischen Charakteristik ausgeschlossen werden.

Das Thermalwasservorkommen Lottstetten-Nack befindet sich im Malm-Aquifer<sup>129</sup>, der durch die Zugangsbauwerke durchfahren wird. Eine quantitative Beeinflussung durch eine Druckspiegelabsenkung ist beim artesisch auslaufenden Brunnen möglich. Als Folge könnte der Druckspiegel so weit abfallen, dass das Wasser nicht mehr ausläuft, sondern gepumpt werden muss. Im Falle einer grösseren

---

<sup>129</sup> Aquifer: Grundwasserleiter (hier Festgesteinskörper mit Hohlräumen zur Leitung von Bergwasser im Malm-Kalk).

Druckspiegelabsenkung kann es im Extremfall (und wenn überhaupt erst viele hundert Jahre danach) auch zu Veränderungen der Wassertemperatur oder der chemischen Zusammensetzung des Thermalwassers kommen. Eine direkte qualitative Beeinflussung des Wassers des Thermalwasserbrunnens Lottstetten-Nack durch Wasser aus dem Bereich des Vortriebs der Zugänge ins Tiefenlager wird jedoch nicht erwartet. Wenn der Lagerperimeter und dessen Zugangsbauwerke im Untergrund festgelegt sind kann ein entsprechendes Überwachungs- und Untersuchungsprogramm definiert werden,

#### *Oberflächengewässer*

Eine direkte Beeinflussung von Oberflächengewässern durch die Bautätigkeit kann weitgehend ausgeschlossen werden. Indirekte Auswirkungen auf die Oberflächengewässer können sich bei der Einleitung von Baustellenabwässern in die Vorflut ergeben (vgl. Kapitel 4.4.8).

#### *Auswirkungen während der Betriebsphasen*

Die für die Phasen mit Bauaktivitäten beschriebenen absehbaren oder potenziellen Auswirkungen gelten auch für die Betriebsphasen. Die spezifisch in der Betriebsphase massgebenden Gefahren für das Grundwasser ergeben sich aus der Verwendung von wassergefährdenden Flüssigkeiten und deren Versickerungsmöglichkeiten (z. B. bei unvorhergesehenen Ereignissen im oberirdischen Gefahrenstofflager, bei Löschwassereinsätzen etc.). Die erforderlichen Massnahmen zur Minimierung des Gefährdungspotenzials sind noch im Detail zu planen. Im Bericht NTB 13-01 hat die Nagra aber im Grundsatz gezeigt, wie der sichere Betrieb der OFA gewährleistet werden kann, und dass eine OFA bei geeigneter Auslegung der Anlage und der Betriebsabläufe keine besondere Gefährdung für das Grundwasser darstellt.<sup>130</sup>

#### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

Bei allen Standortarealen wird die Grundwasserneubildung vermindert, kann Hangsicker- und/oder Bergwasser beeinflusst werden und können qualitative Beeinträchtigungen von Gewässern (soweit vorhanden) nicht ausgeschlossen werden. An den Standortarealen JO-3+ und NL-6 muss zudem ein Bach umgelegt werden. Die Schutzziele können nur mit Massnahmen eingehalten werden. Die voraussichtlichen Auswirkungen auf das Grundwasser sind an allen Standorten als erheblich zu bezeichnen. Für die Standortareale JO-3+ und NL-2 ist auch mit erheblichen Auswirkungen auf die betroffenen Oberflächengewässer zu rechnen.

---

<sup>130</sup> Nagra Technischer Bericht NTB 13-01, Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers, 2013.

#### 4.4.6 Boden, Kulturland und Fruchtfolgeflächen

##### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Unter dem Begriff Boden wird die äusserste belebte Verwitterungsschicht der Erdoberfläche verstanden. Er reicht im Allgemeinen etwa zwischen 50 und 200 cm in die Tiefe.

In diesem Kapitel wird einerseits der Schutz des Bodens als natürlicher Lebensraum, andererseits der Schutz des Kulturlands und insbesondere der Fruchtfolgeflächen (FFF) thematisiert. Als Kulturland gelten alle Böden und Flächen, die von der Landwirtschaft bewirtschaftet und genutzt werden (Wies- und Ackerland, Weiden, Obstplantagen, Rebberge, Gartenbau). Wertvollster Bestandteil der Landwirtschaftsfläche sind die sogenannten Fruchtfolgeflächen (FFF), also das beste ackerfähige Kulturland. Der Betrachtungsperimeter für die Auswirkungen eines GTL auf den Boden, Kulturland und FFF beschränkt sich auf die Fläche der oberirdischen Infrastrukturen (OFA, NZA, Installationsplätze, Depo-nien und Erschliessungswege) und deren unmittelbares Umfeld.

##### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Der Boden hat die Fähigkeit, Kreisläufe zwischen der Atmosphäre, dem Grundwasser und der Pflanzendecke in Gang zu halten und zu steuern: Boden speichert Nährstoffe und stellt sie den Pflanzen zur Verfügung. Er reguliert zudem das Klima, filtert Wasser, schützt vor Überschwemmungen und konserviert die Natur- und Kulturgeschichte der Menschen.<sup>131</sup>

Es geht einerseits darum, möglichst wenig Kulturland bzw. FFF zu verlieren (Art. 3 Abs. 2a RPG: «*Ins-besondere sollen der Landwirtschaft genügende Flächen geeigneten Kulturlandes erhalten bleiben*»; Art. 26–30 RPV zu den Fruchtfolgeflächen). Der Bund hat im Sachplan Fruchtfolgeflächen<sup>132</sup> für die gesamte Schweiz einen Mindestumfang der FFF von 438 560 ha festgelegt. Diese Gesamtfläche wurde auf die Kantone aufgeteilt, welche sicherstellen müssen, dass ihr Anteil am Mindestumfang der FFF dauernd erhalten bleibt.

FFF sollen die landwirtschaftliche Produktionsgrundlage für die nachhaltige Sicherung der Ernährung und Lebensgrundlage der Schweizer Bevölkerung in Krisenzeiten gewährleisten. FFF dürfen nur ein-gezont werden, wenn ein aus der Sicht des Kantons wichtiges Ziel ohne deren Beanspruchung nicht sinnvoll erreicht werden kann und sichergestellt wird, dass die beanspruchten Flächen nach dem Stand der Erkenntnisse optimal genutzt werden (Art. 30 Abs. 1<sup>bis</sup> RPV). Eine Überbauung ist nur mög-lich, wenn eine umfassende Interessenabwägung durchgeführt wurde, wobei Alternativstandorte mit möglichst geringer Beanspruchung von Kulturland und FFF geprüft worden sind. Bei dieser Inter-essenabwägung ist der Sicherung von Kulturland bzw. FFF grosses Gewicht beizumessen.<sup>133</sup> Bei einer Beanspruchung von FFF ist auch zu prüfen, ob dafür nicht an anderer Stelle Ersatz geschaffen wer-den kann (z. B. durch Massnahmen zur Bodenverbesserung oder durch Rückzonung von Baugebie-ten).

Andererseits ist die Qualität und Fruchtbarkeit des Bodens langfristig zu erhalten. Besonders beim Umgang mit ausgehobenem Boden sind Massnahmen zur Vermeidung nachhaltiger Bodenverdich-tung und -erosion zu treffen.<sup>134</sup> Wird Boden abgetragen, muss damit so umgegangen werden, dass dieser wieder als Boden verwendet werden kann (Art. 33 USG, Art. 7 Abs. 1 VBBo).

---

<sup>131</sup> Bodenschätze, NFP 68 / BAFU / BLW / ARE, 2015.

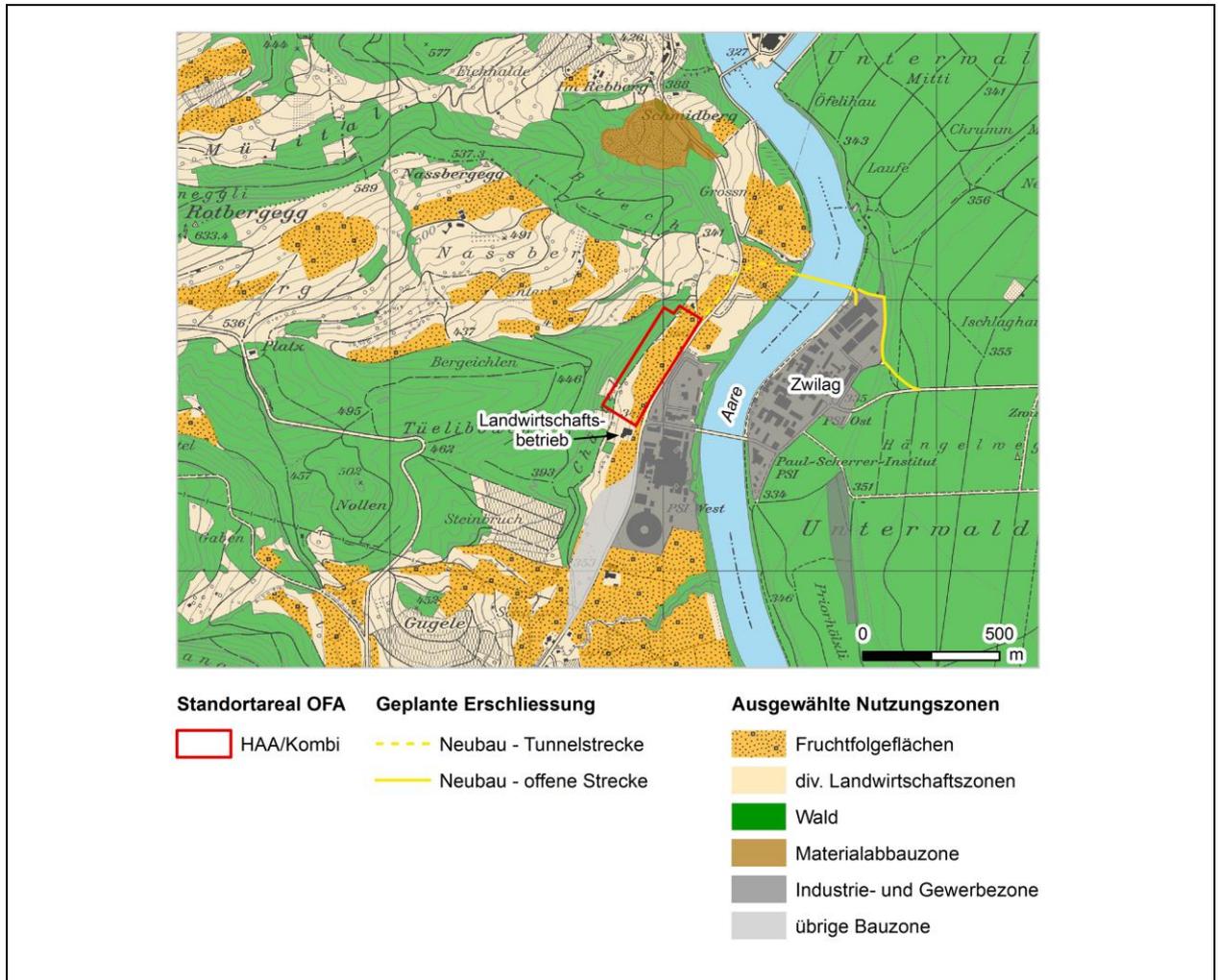
<sup>132</sup> Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF). Festsetzung des Mindestumfanges der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone, 1992. [www.aren.admin.ch/sachplan/04910/](http://www.aren.admin.ch/sachplan/04910/)  
Dieser Sachplan wird seit April 2016 überarbeitet; die Verabschiedung der angepassten Version durch den Bundesrat ist für 2018 vorgesehen. Die Überarbeitung soll den Schutz des Kulturlandes im Allgemeinen und der FFF im Besonderen stärken.

<sup>133</sup> Vgl. Art. 3 Abs. 1 des Bundesbeschlusses vom 8. April 1992 Sachplan Fruchtfolgeflächen, Festsetzung des Mindestumfan-ges der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone.

<sup>134</sup> Art. 1, 6 Abs. 1 der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12).

## Ausgangszustand

## Jura Ost



**Abb. 57** Fruchtfolgeflächen im Bereich des Standortareals JO-3+  
(Beispiel HAA/Kombi; Geodaten Kt. AG, bearbeitet durch Ecosens)

Das Standortareal ist im geltenden Nutzungsplan bis auf den nordwestlichen Rand (Wald) als Landwirtschaftszone ausgeschieden. Knapp zwei Drittel (ca. 4 ha)<sup>135</sup> des Standortareals sind, wie auch grössere Flächen nördlich und südlich davon, als FFF ausgeschieden (Abb. 57). Daneben ist Kulturland betroffen. Der Kanton Aargau teilt seine FFF nicht nach Nutzungseignungsklassen (NEK) ein. Gemäss der FAL-Bodenkarte<sup>136</sup> handelt es sich beim vorgesehenen Standort um FFF der NEK 2: «uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte».

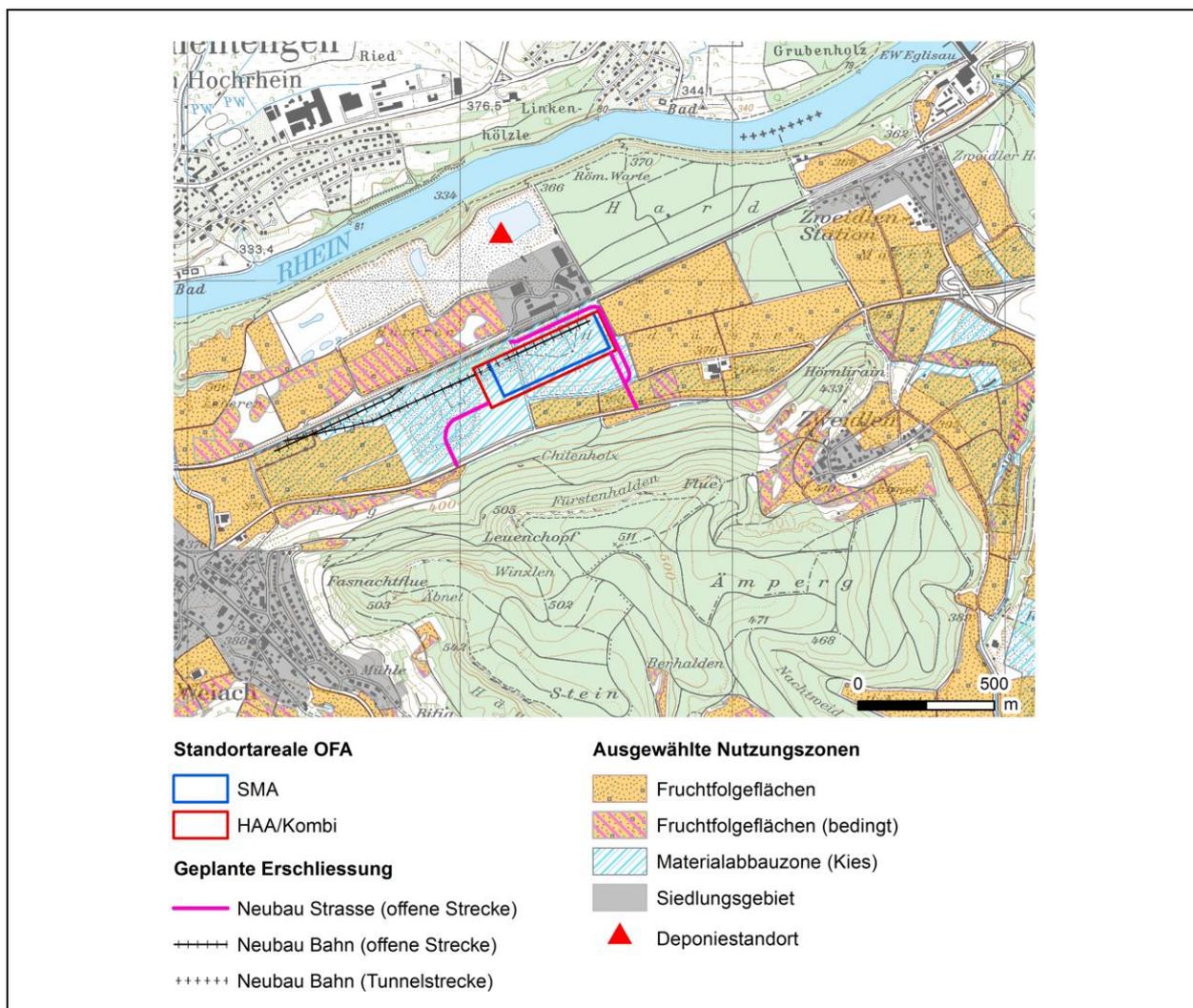
Auf dem Standortareal treten vorwiegend tiefgründige Braunerden sowie Kalkbraunerden mit einem hohen Skelettgehalt auf (letzterer hangwärts abnehmend). Vor allem im ebenen Projektbereich verfügen die Böden über eine übermässige Wasserdurchlässigkeit (senkrecht durchwaschen), und das Nährstoffspeichervermögen ist gering.

Der Kanton Aargau hat vom Bund ein Kontingent von 40 000 ha an FFF zugewiesen bekommen und verfügt derzeit (2015) über 40 637 ha ausgeschiedene FFF (ca. 101,6 %).

<sup>135</sup> Gilt für Lagertypen Kombi und HAA; bei SMA um rund ¼ weniger.

<sup>136</sup> Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden, Schriftenreihe der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 1. März 1997.

Nördlich Lägern NL-2



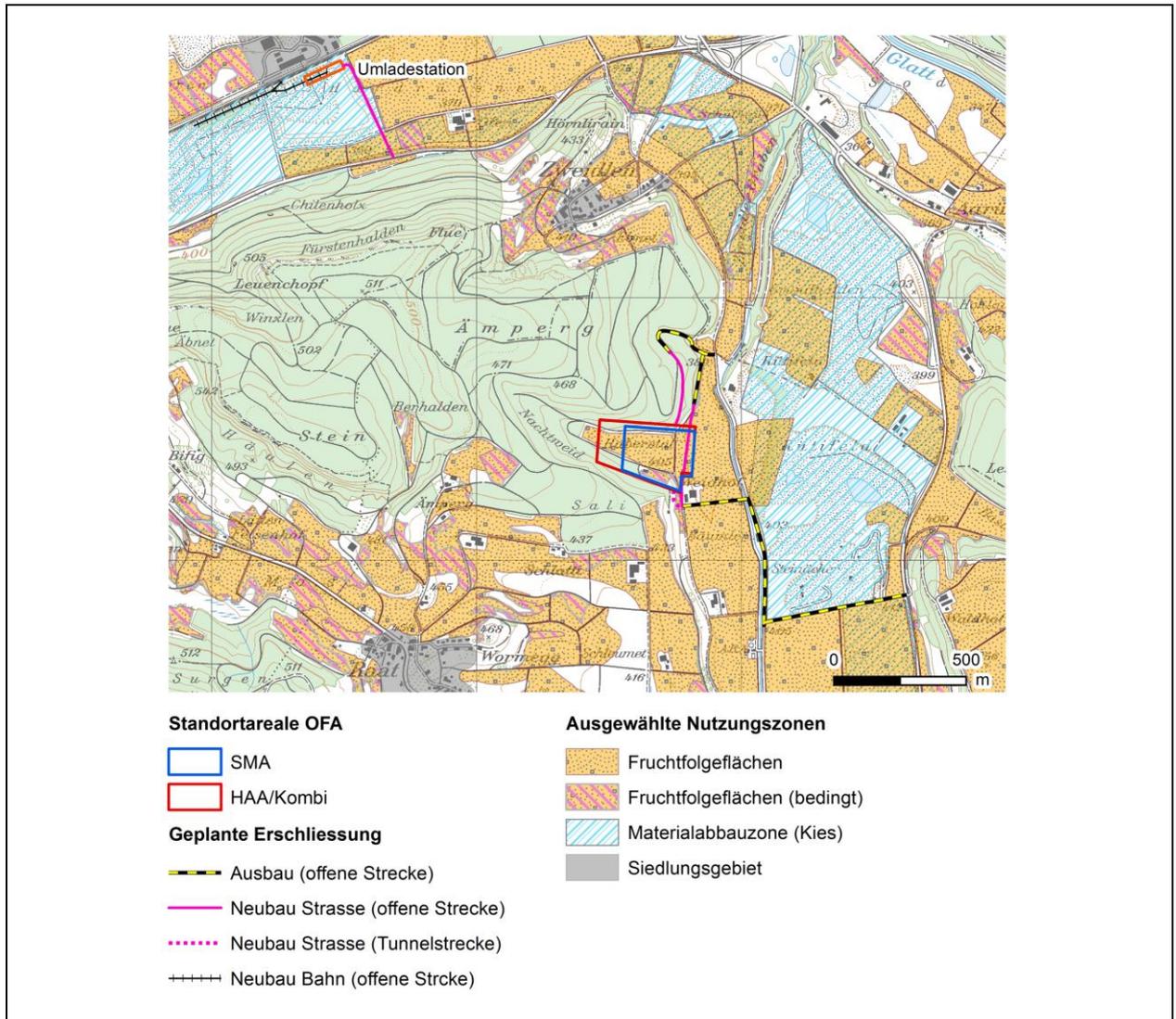
**Abb. 58** Fruchtfolgefleichen im Bereich des Standortareals NL-2 (Geodaten Kanton ZH, bearbeitet durch Ecosens).

Die Oberflächenanlage kommt vollständig in der Landwirtschaftszone zu liegen, welche zwischen der Bahnlinie Koblenz – Eglisau und der Glattfelderstrasse (HVS 7) auf einer Länge von ca. 2 km durch ein «Gebiet für Materialgewinnung» (Kiesabbau) überlagert wird (Abb. 58). Die Fläche des Standortareals ist gemäss Richtplan des Kantons Zürich nicht mehr als FFF ausgeschieden und unterliegt folglich nicht dem kantonalen FFF-Kontingent. Die an das Standortareal angrenzenden Flächen werden landwirtschaftlich genutzt und sind teilweise als FFF ausgeschieden.

Da auf dem Standortareal Kies abgebaut wird, sind die ursprünglich gewachsenen Böden nicht mehr vorhanden. Gemäss NAB 14-05 wird davon ausgegangen, dass die Kiesgruben beim Standortareal bei Beginn der Bauarbeiten für die OFA nur bis auf das Erschliessungsniveau des Lagers aufgefüllt sein werden (was einer Höhe von rund 7 m unter der Terrainoberfläche entspricht) und deshalb auch kein Boden vorhanden sein wird.

Südlich des Standortareals liegen tiefgründige bis sehr tiefgründige Braunerden und Parabraunerden vor, im Osten unterschiedlich tiefgründige Parabraunerden. Im Westen befinden sich anthropogene Böden, welche im Rahmen der Rekultivierung früherer Kiesabbauetappen aufgetragen wurden. Die im Umfeld des Standortareals vorliegenden Böden sind skeletthaltig und weisen ein mässiges Nährstoffspeichervermögen und keine Vernässungsmerkmale auf.

## Nördlich Lägern NL-6

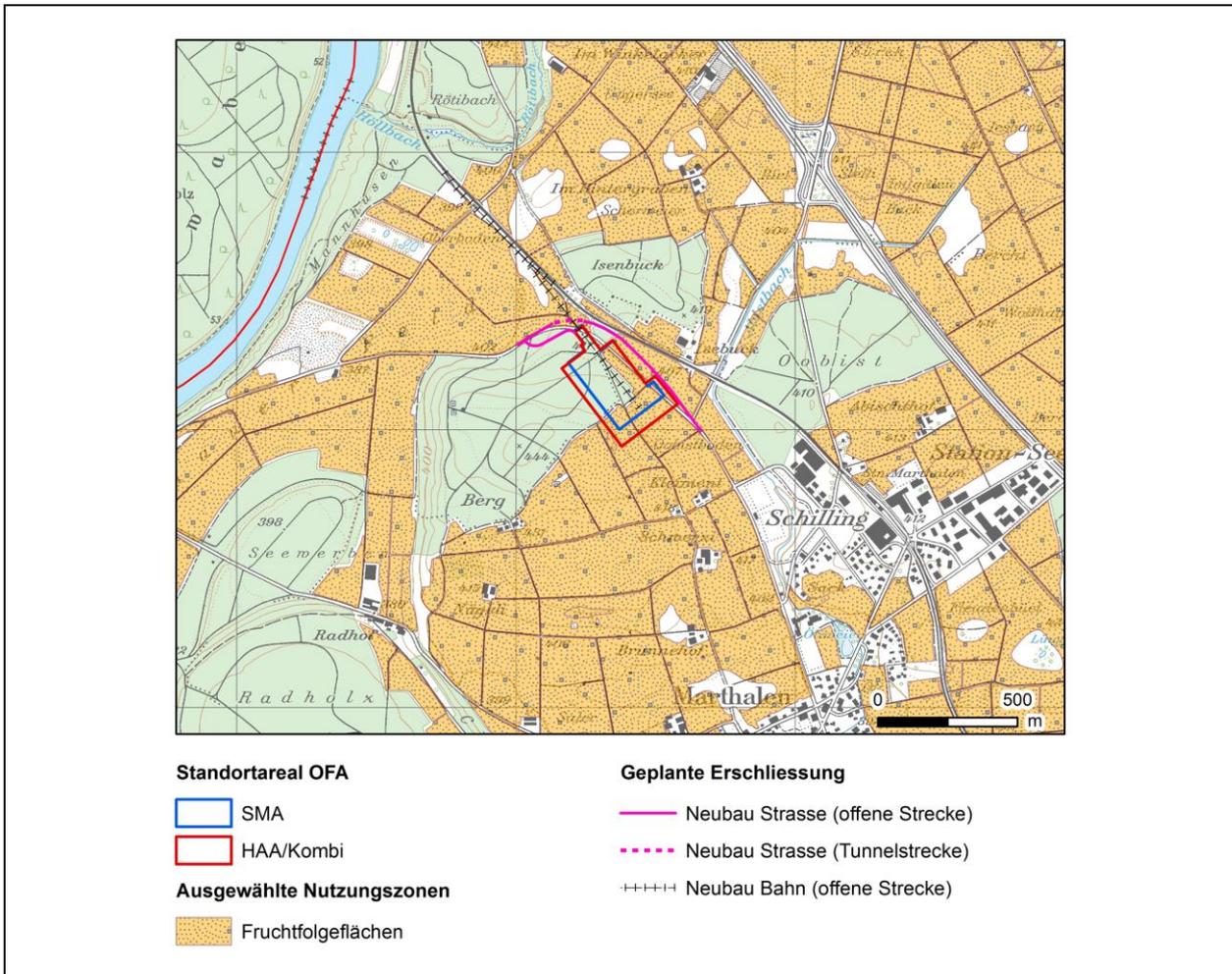


**Abb. 59** Fruchtfolgeflächen im Bereich des Standortareals NL-6  
(Geodaten Kanton ZH, bearbeitet durch Ecosens).

Rund 80 % der Fläche des Standortareals liegen in der Landwirtschaftszone und sind als FFF ausgetrennt (Abb. 59). Die übrigen 20 % der Fläche entfallen auf die Waldflächen im Südwesten (Sali) und im Norden (Girirain). Das Standortareal wird auf drei Seiten von Waldflächen umgeben, einzig im Osten grenzt es an eine Landwirtschaftsfläche, die östlich der Zweidlerstrasse von einer Materialabbauzone überlagert wird.

Bei den landwirtschaftlich genutzten Böden im Standortareal handelt es sich um tiefgründige, senkrecht durchwaschene (perkolierte) Braunerden sowie um grund- oder hangwassergeprägte Braunerde-Gleye. Die flächenhaft skeletthaltigen Böden weisen ein gutes Nährstoffspeichervermögen auf. Die Böden sind schwach grundnass, und die Wasserdurchlässigkeit ist schwach gehemmt.

Zürich Nordost



**Abb. 60** Fruchtfolgefleichen im Bereich des Standortareals ZNO-6b (Geodaten Kt. ZH, bearbeitet durch Ecosens)

Die nordwestliche Hälfte des Standortareals kommt in Waldgebiet zu liegen. Die andere Hälfte ist der Landwirtschaftszone zugewiesen und vollständig als FFF ausgeschieden (Abb. 60). Gut die Hälfte davon, im Osten des Areals, ist «futterbaubetonte Fruchtfolge» (NEK 5). Der Rest verteilt sich auf «uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte» (NEK 2), «getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte» (NEK 3) und «getreidebetonte Fruchtfolge 2. Güte» (NEK 4). Die an das Standortareal angrenzenden Flächen sind ebenfalls bewaldet oder landwirtschaftlich genutzte FFF.

Auf dem Standortareal befinden sich sehr tiefgründige Braunerden und Parabraunerden sowie südöstlich des Waldrandes mässig bis ziemlich flachgründige Kalkbraunerden. Die skeletthaltigen Böden weisen ein gutes Nährstoffspeichervermögen auf. Vernässungsmerkmale liegen (ausser in der Südwestecke) nicht vor. Die Wasserdurchlässigkeit der Böden des Standortareals ist schwach gehemmt, ausser ganz im Nordwesten, wo sie übermässig ist.

Der Kanton Zürich hat vom Bund ein Kontingent von 44 400 ha an FFF zugewiesen bekommen und verfügt derzeit (2015) über 44 600 ha ausgeschiedene FFF (ca. 100,4 %).

**Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten**

Die Phasen mit Bauaktivitäten sind die massgebenden Zeiträume für die Auswirkungen auf Boden, Kulturland und FFF. In den übrigen Projektphasen wird kein Boden abgetragen und es wird kein zusätzliches Kulturland bzw. es werden keine zusätzlichen FFF tangiert.

In den verschiedenen Bau- und Betriebsphasen variieren die langfristig oder vorübergehend benötigten Flächen für die OFA, deren Erschliessung, die NZA, die Bauinstallationen und das allfällige Langzeitdepot. Die Flächen können sich u. U. auch örtlich überschneiden. Etwa wenn ein Installationsplatz auf einer Fläche eingerichtet wird, die später von der OFA belegt wird. Die unten für JO, NL und ZNO aufgeführten Werte entsprechen den jeweils maximal benötigten Flächen pro Projektelement, gerundet auf ganze Hektaren (ha). Diese Maxima treten aber nicht gleichzeitig auf.<sup>137</sup> Da die Lage der NZA, der Bauinstallationen und der allfälligen Langzeitdepots noch nicht bekannt ist, sind auch noch keine abschliessenden Aussagen zum den beanspruchten Kulturland und den tangierten FFF möglich.

Ob die OFA, die Erschliessungswege und die NZA, jemals zurückgebaut und diese Flächen in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden, kann aus heutiger Sicht nicht abschliessend beurteilt werden. Der Entscheid darüber soll nachfolgenden Generationen überlassen werden. Der Verlust an Kulturland und FFF kann also nicht als vorübergehend eingestuft werden. Für diese Flächen muss in Zusammenarbeit mit dem Kanton nach möglichen Ersatzmassnahmen (z. B. Rückzonung, Bodenverbesserung oder Rekultivierung) an anderen Orten gesucht werden. Hingegen kann bei den Flächen für die Bauinstallationen und für ein allfälliges Langzeitdepot langfristig von einer Rekultivierung ausgegangen werden.

Der Boden jener Flächen, die über alle Projektphasen versiegelt werden, muss fachgerecht abgetragen und wiederverwertet bzw. entsorgt werden. Dies betrifft vor allem grosse Teile der OFA, die Strassen, das Anschlussgleis (ZNO) sowie das optionale Langzeitdepot.

Bei der Platzierung der NZA, der Bauinstallationen und des allfälligen Langzeitdepots muss der Vermeidung von Standorten in Kulturland bzw. FFF eine hohe Priorität eingeräumt werden. Oberirdische, unverdichtete Parkplatzanlagen sind nicht auf Kulturland bzw. FFF zu erstellen.

Während der Phasen mit Bauaktivitäten ist mit den dazu erforderlichen Vorsichts- und Schutzmassnahmen sicher zu stellen, dass der Boden als natürlicher Lebensraum geschützt wird. Die Massnahmen zum quantitativen und physikalischen Bodenschutz sollen in einem Bodenschutzkonzept festgelegt und während der Ausführung durch eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) überwacht werden.

Für den Boden der nur temporär versiegelten Flächen wird vorgängig eine Zwischenlagerung in Abhängigkeit der Phasendauer, der Bodencharakteristika und der potenziell überhaupt verfügbaren Zwischenlagerungsflächen geprüft werden. Dies betrifft u. a. die Erweiterungsfläche der OFA und die Bauinstallationsflächen. Im Hinblick auf die mögliche Wiederverwertung wird die chemische Bodenbelastung vorgängig zu erfassen sein.

#### *Jura Ost*

Für die OFA wird während allen betrachteten Projektphasen beim Kombi- und beim HAA-Lager eine Fläche von ca. 6 ha beansprucht; beim SMA-Lager sind es ca. 5 ha. Die heute bevorzugte Erschliessungsvariante mit einer neuen Strasse auf der Ostseite der Aare benötigt ca. 2 ha. Die Lage der NZA (ca. 2 ha), der Bauinstallationen (ca. 6–8 ha<sup>138</sup>) und optional eines Langzeitdepots für Ausbruchmaterial (ca. 4 ha) ist noch nicht geklärt.

Der Verlust an FFF für die OFA und deren Erschliessung beträgt in den Phasen mit Bauaktivitäten beim Kombi- und beim HAA-Lager ca. 5 ha und in der Betriebs- und Verschlussphase ca. 4 ha. Dazu wird ca. 1 ha übriges Kulturland beansprucht. Beim SMA-Lager sind es in den Phasen mit Bauaktivitäten ca. 4 ha und nachher ca. 3 ha. Im schlimmsten anzunehmenden Fall könnten für die übrigen Anlagenteile noch bis zu 14 ha weiterer FFF beansprucht werden.

<sup>137</sup> Detaillierte Angaben zu den benötigten Flächen nach Projektelement und Bauphase finden sich in den Planungsstudien der Nagra (NAB 13-66 bis 13-68, 14-03 bis 14-08 sowie 14-27 bis 14-29 jeweils im Kapitel 6.2.2 und im Anhang B).

<sup>138</sup> 8 ha für die Lagertypen Kombi und HAA; beim Typ SMA sind es ca. 6 ha.

Die Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächeninfrastrukturen soll im weiteren Verlauf der Planung darauf hin optimiert werden, durch eine kompakte Auslegung der Anlagen den Verbrauch von FFF möglichst gering zu halten.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Im Bereich der Oberflächenanlage werden keine Böden temporär oder dauerhaft beansprucht. Die genauen Flächen und die Lage für Bauinstallationen und Langzeitdepots von Ausbruchmaterial sind zum heutigen Zeitpunkt noch nicht abschliessend bekannt. Voraussichtlich wird für die Installationsplätze aufgrund der umfangreich vorhandenen Kiesabbaugebiete kein Boden beansprucht. Für den Bau der Erschliessung werden voraussichtlich natürlich gewachsene und anthropogene Böden dauerhaft beansprucht, wovon in geringem Ausmass auch Fruchtfolgefleichen betroffen sein könnten.

Im Rahmen der Bauausführung wird der abgetragene Boden durch fachgerechten Umgang geschont und verwertet. Allfällige Verluste von Fruchtfolgefleichen können durch Aufwertung angrenzender Böden ausgeglichen werden. Abzutragende Böden müssen vorgängig auf allfällige Belastungen untersucht werden (insbesondere im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen). Installationsplätze werden nach Möglichkeit ausserhalb von Landwirtschaftsböden erstellt oder andernfalls wird mit geeigneten Methoden der physikalische Bodenschutz sichergestellt.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Im Bereich der Oberflächenanlage soll der Boden der Flächen, welche über alle Phasen versiegelt werden, fachgerecht abgetragen und verwertet bzw. entsorgt werden. Mit dem Bau der Oberflächenanlage ist ein dauerhafter Verlust von rund 3 ha an Landwirtschaftsboden bzw. an FFF verbunden. Für die Erschliessung des Standortareals müsste aufgrund des fehlenden Bahnanschlusses in der nahen Umgebung eine neue Umladestation mit entsprechender Strassenzufahrt erstellt werden, deren genaue Lage noch zu definieren ist. Insgesamt wird für die Strassenerschliessung des Standortareals eine Fläche von ca. 2 ha beansprucht, die zumindest teilweise gewachsene Böden tangieren wird. Während der Bauphase wird für Bauinstallationen eine Fläche von ca. 3 ha benötigt, wobei die Installationen so weit wie möglich auf dem Standortareal der OFA selbst angeordnet werden. Für das Langzeitdepot für Ausbruchmaterial (Ausmasse und Lage sind derzeit noch nicht festgelegt) werden weitere ca. 4 ha Fläche beansprucht.

Die Auswirkungen auf den Boden sind als erheblich zu werten. Die Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächeninfrastrukturen soll im weiteren Verlauf der Planung darauf hin optimiert werden, durch eine kompakte Auslegung der Anlagen den Verbrauch von FFF möglichst gering zu halten oder den abgetragenen Boden möglichst hochwertig zu verwerten.

#### *Zürich Nordost*

Der Flächenbedarf für die OFA beträgt beim Kombi- und beim HAA-Lager ca. 8 ha; beim SMA-Lager sind es ca. 6 ha. Die zu verlegenden und neu zu bauenden Strassen (Verbindungsstrasse K532 und zwei Zufahrten) und das neue Erschliessungsgleis beanspruchen ca. 2 ha. Die Lage der NZA (ca. 2 ha), der Bauinstallationen (ca. 3 ha) und des optionalen Langzeitdepots für Ausbruchmaterial (ca. 4 ha) ist noch nicht geklärt.

Der Verlust an FFF für die OFA und deren Erschliessung beträgt beim Kombi- und beim HAA-Lager ca. 8 ha, beim SMA-Lager sind es ca. 5 ha. Im schlimmsten anzunehmenden Fall könnten für die übrigen Anlagenteile noch bis zu 9 ha weiterer FFF beansprucht werden.

Die Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächeninfrastrukturen soll im weiteren Verlauf der Planung darauf hin optimiert werden, durch eine kompakte Auslegung der Anlagen den Verbrauch von FFF möglichst gering zu halten.

### **Auswirkungen während der Betriebsphasen**

Während den Betriebsphasen wird voraussichtlich kein Boden abgetragen und es wird kein zusätzliches Kulturland bzw. es werden keine zusätzlichen FFF tangiert. Die Fläche für die Bauinstallationen wird nicht mehr beansprucht.

### **Vorläufige Einordnung der Auswirkungen**

#### ***Jura Ost***

Die Auswirkungen hinsichtlich Boden, Kulturland und FFF sind voraussichtlich erheblich. Von der vorhandenen kantonalen FFF-Reserve werden mindestens ca. 0,5 bis 0,8 Prozent beansprucht, falls keine Ersatzmassnahmen realisiert werden können. Der Verlust an Kulturland und FFF kann nur aufgrund des nationalen Interesses an der Anlage sowie der erfolgten Alternativenprüfung und Interessenabwägung (vgl. Kap. 2.5) gerechtfertigt werden.

#### ***Nördlich Lägern NL-2***

Natürlich gewachsene Böden und FFF werden ausschliesslich für die Verkehrserschliessung und in geringem Umfang tangiert. Die Auswirkungen hinsichtlich Boden, Kulturland und FFF sind voraussichtlich gering und können mit geeigneten Massnahmen weiter beschränkt werden. Abgesehen vom dauerhaften Flächenverlust für die Verkehrserschliessung von ca. 0.9 ha, der bereits in der Bauphase geschieht, ist der Bereich Boden in der Betriebsphase nicht relevant.

#### ***Nördlich Lägern NL-6***

Die Auswirkungen hinsichtlich Boden, Kulturland und FFF werden als voraussichtlich erheblich eingestuft. Der Verlust an FFF beträgt mindestens 3 ha, kann je nach Lage und Ausführung der Verkehrserschliessung jedoch noch deutlich höher ausfallen. Der Verlust an Kulturland und FFF kann nur aufgrund des nationalen Interesses an der Anlage sowie der erfolgten Alternativenprüfung und Interessenabwägung (vgl. Kap. 2.5) gerechtfertigt werden.

#### ***Zürich Nordost***

Die Auswirkungen hinsichtlich Boden und FFF werden als voraussichtlich erheblich eingestuft. Von der vorhandenen kantonalen FFF-Reserve werden ca. 2,5 bis 4 Prozent beansprucht, falls keine Ersatzmassnahmen realisiert werden können. Der Verlust an Kulturland und FFF kann nur aufgrund des nationalen Interesses an der Anlage sowie der erfolgten Alternativenprüfung und Interessenabwägung (vgl. Kap. 2.5) gerechtfertigt werden.

#### 4.4.7 Altlasten

##### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen durch belastete Standorte im Sinne der Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung AltIV, SR 814.680) behandelt. Als Altlasten im engeren Sinn gelten nur sanierungsbedürftige belastete Standorte (Art. 2 Ziff. 3 AltIV).

Darüber hinaus kennt der Kanton Zürich das Instrument des «Prüfperimeters für Bodenverschiebung» (PBV). Er enthält alle der kantonalen Fachstelle Bodenschutz bekannten, gesicherten Hinweise auf Belastungen des Bodens. Wegen der inhaltlichen Nähe wird dieser Aspekt ebenfalls im vorliegenden Kapitel behandelt.

Auswirkungen durch Altlasten können dort entstehen, wo Bauarbeiten ausgeführt werden. Damit ist der Betrachtungsperimeter im derzeitigen Projektstand auf das Standortareal für die OFA und die neu vorgesehenen Erschliessungswege beschränkt.

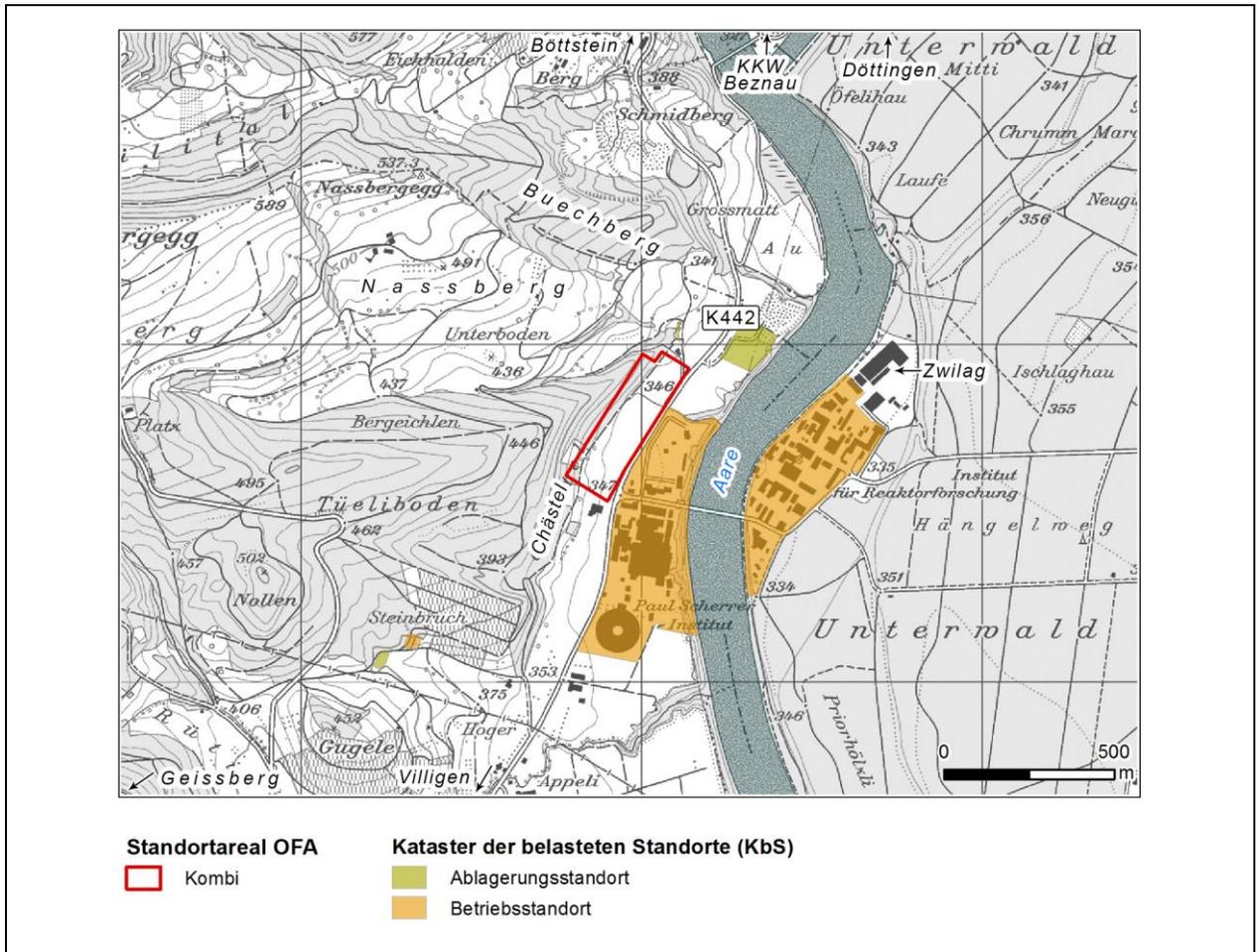
##### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Die Schutzziele im Zusammenhang mit belasteten Standorten und Altlasten beziehen sich nicht auf diese selber, sondern auf die von ihnen betroffenen Schutzgüter. Deren wichtigste sind Grundwasser, Boden und Luft. Sie sollen vor negativen Auswirkungen durch Altlasten geschützt werden.

Belastete Standorte müssen saniert werden, wenn sie zu schädlichen oder lästigen Einwirkungen (auf die Schutzgüter) führen oder wenn die konkrete Gefahr besteht, dass solche Einwirkungen entstehen (Art. 1 Ziff. 1 AltIV). Belastete Standorte dürfen durch die Erstellung oder Änderung von Bauten und Anlagen nur verändert werden, wenn sie nicht sanierungsbedürftig sind und durch das Vorhaben nicht sanierungsbedürftig werden (Art. 3a AltIV).

## Ausgangszustand

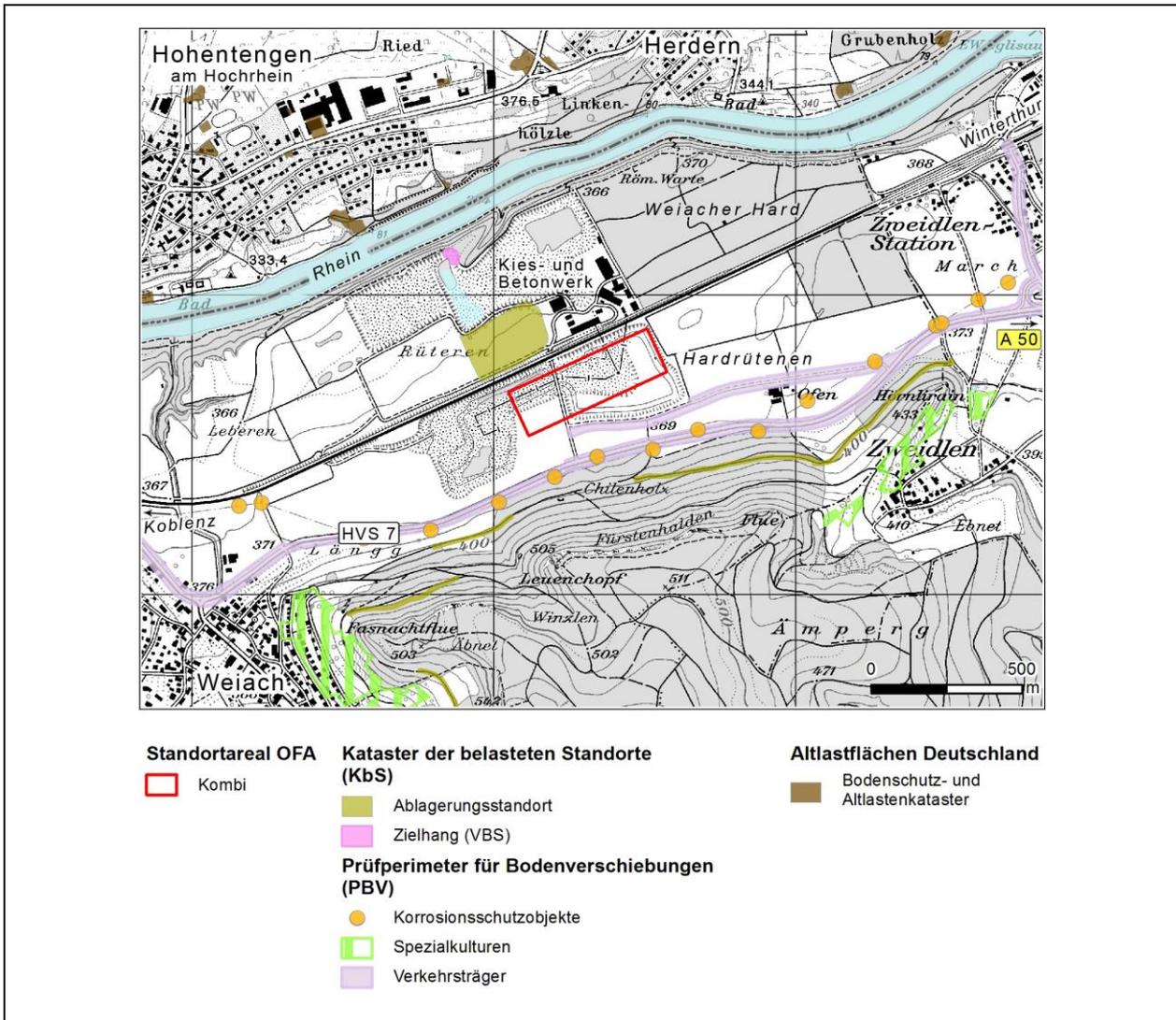
## Jura Ost



**Abb. 61** Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte des Kt. AG im Gebiet des Standortareals JO-3+ (Nagra: UVP-Voruntersuchung für ein geologisches Tiefenlager Kombi, Standortareal JO-3+ Kombi).

Im Kataster der belasteten Standorte (KbS) des Kantons Aargau ist auf dem Standortareal kein Eintrag verzeichnet (Abb. 61). In direkter Nachbarschaft zum Perimeter des Vorhabens ist das gesamte Areal des PSI beidseits der Aare als Betriebsstandort ausgeschieden. Ca. 50 m nördlich des Standortareals ist ein kleiner Ablagerungsstandort verzeichnet, etwa 150 m nordöstlich ist ein zweiter, ausgedehnterer Standort eingetragen. Die Kataster des VBS, des BAZL und des BAV enthalten in der näheren Umgebung keine Einträge.

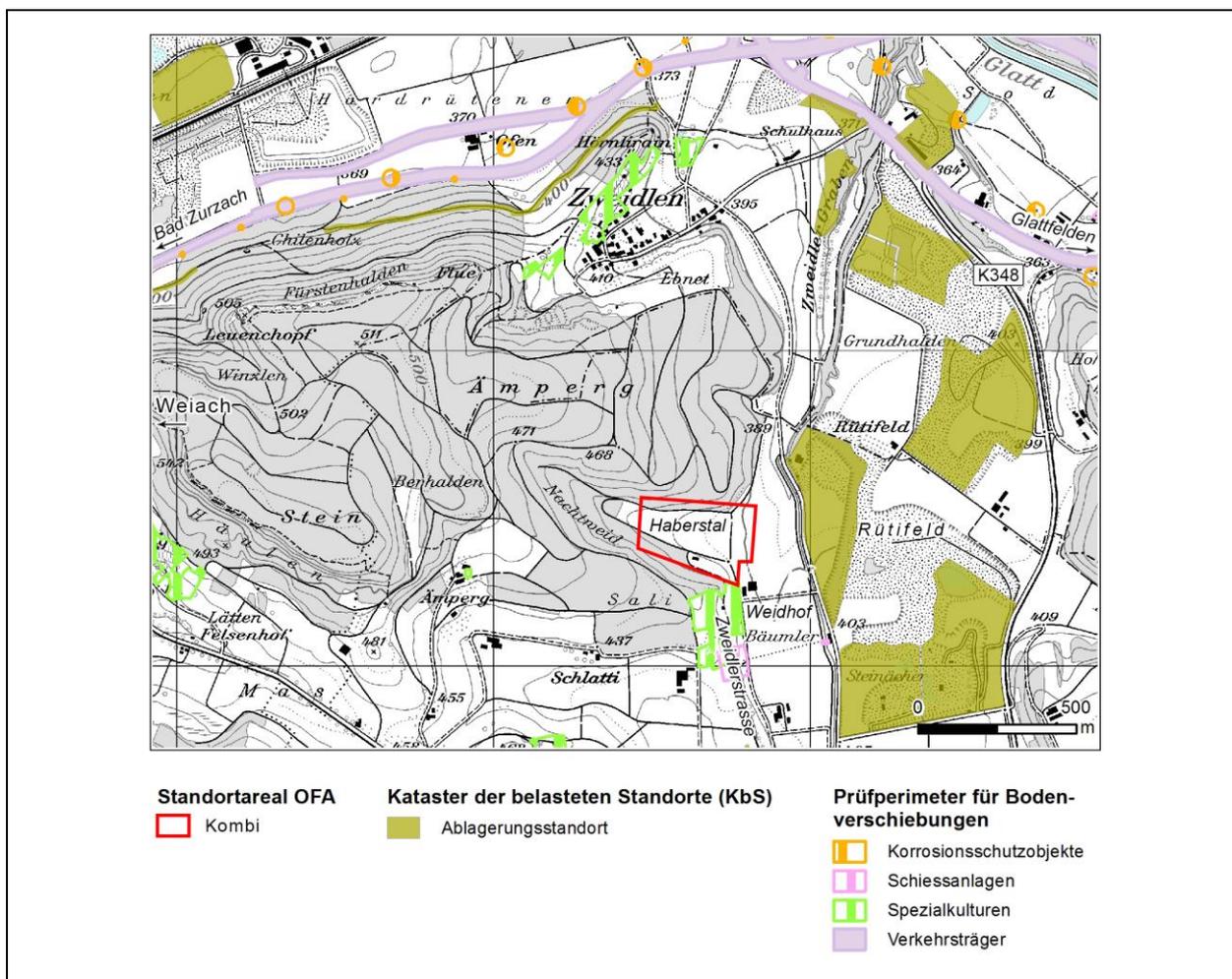
Nördlich Lägern NL-2-Kombi



**Abb. 62** Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte und dem Prüfperimeter für Bodenverschiebungen des Kt. ZH sowie des Bodenschutz- und Altlastenkatasters Deutschland im Gebiet des Standortareals NL-2-Kombi (Nagra: UVP-Voruntersuchung für ein geologisches Tiefenlager Kombi, Standortareal NL-2 Kombi).

Innerhalb des Standortareals ist im Kataster der belasteten Standorte des Kantons Zürich kein belasteter Standort verzeichnet (Abb. 62). Rund 100 m nordöstlich des Standortareals befindet sich jedoch der Ablagerungsstandort KbS-Nr. 0102/D.0017-000, der aufgrund einer Altlasten-Voruntersuchung als weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig klassiert ist. Südlich des Standortareals befinden sich entlang von stark befahrenen Strassen sowie im Bereich von korrosionsgeschützten Freileitungsmasten Einträge im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen (PBV), welche Hinweise auf Belastungen des Bodens geben. Allfällige Belastungen in diesen Bereichen sind jedoch diffus, stammen nicht von Abfällen und unterliegen somit nicht der Altlasten-Verordnung (AltIV). Diese Flächen liegen ausserhalb des Standortareals, könnten jedoch durch die Erschliessung tangiert werden.

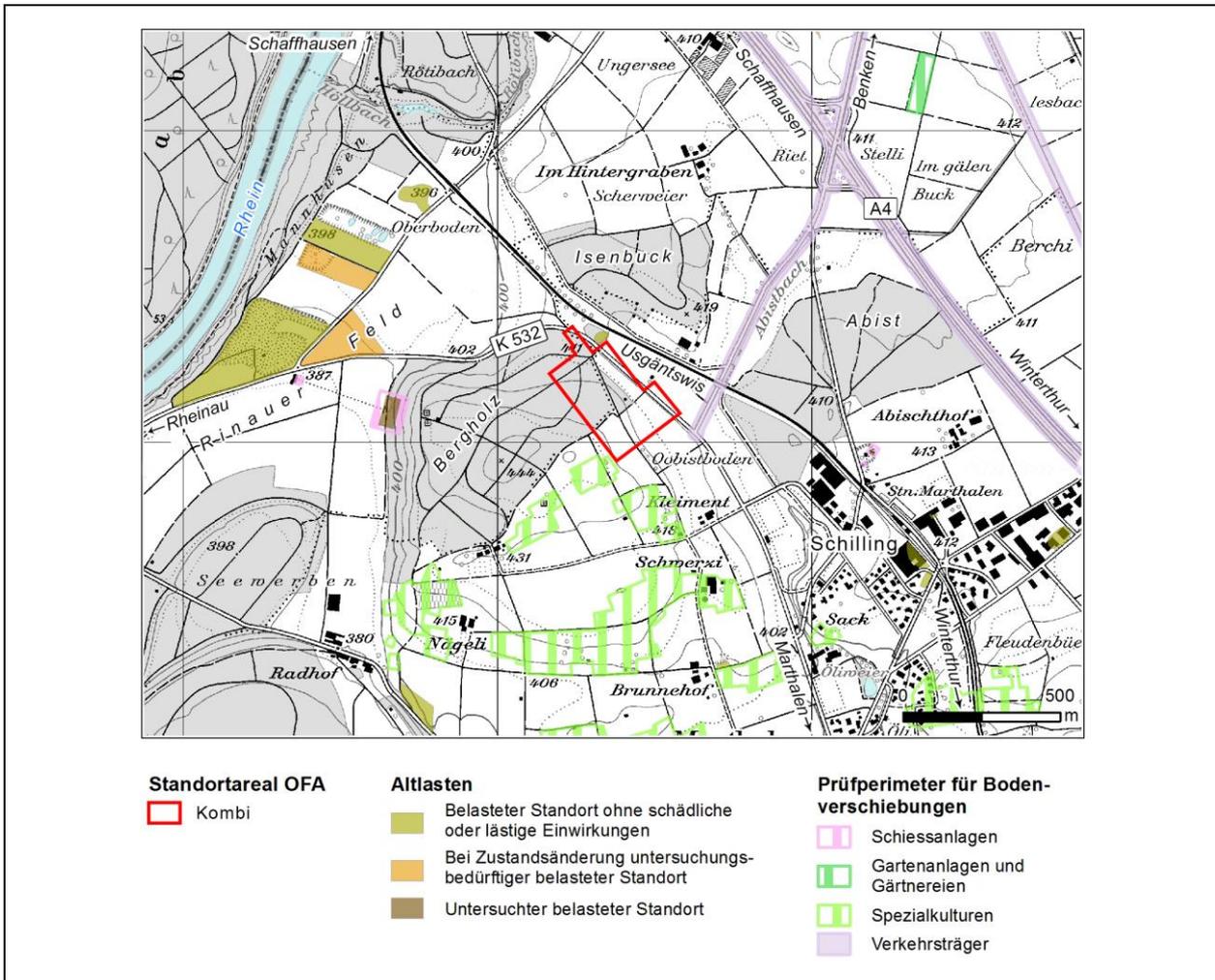
## Nördlich Lägern NL-6



**Abb. 63** Ausschnitt aus dem Kataster der belasteten Standorte und dem Prüfperimeter für Bodenverschiebungen des Kt. ZH im Gebiet des Standortareals NL-6-Kombi  
(Nagra: UVP-Voruntersuchung für ein geologisches Tiefenlager Kombi, Standortareal NL-6 Kombi).

Innerhalb des Standortareals ist im Kataster der belasteten Standorte (KbS) des Kantons Zürich kein belasteter Standort verzeichnet (Abb. 63). Östlich des Standortareals angrenzend an bestehende Strassen, welche allenfalls für die Erschliessung ausgebaut werden, befinden sich jedoch verschiedene belastete Ablagerungsstandorte (KbS-Nrn. 0100/D.0001, 0100/D.0002, 0100/D.0004). Bei diesen belasteten Standorten handelt es sich um aufgefüllte Kiesabbaugebiete, welche allesamt als weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig eingestuft werden. Unmittelbar südlich des Standortareals befindet sich ein Eintrag im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen (PBV). Dieser Eintrag erklärt sich durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Rebberg, welcher mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zu Belastungen mit Schwermetallen im Boden und im oberflächennahen Untergrund führte. Das Standortareal tangiert diese Fläche jedoch nur im Südosten ganz geringfügig.

Zürich Nordost



**Abb. 64** Auszug aus dem Kataster der belasteten Standorte (KbS) und Prüferperimeter für Bodenverschiebungen (PBV) des Kantons Zürich beim Standortareal ZNO-6b (Nagra: UVP-Voruntersuchung für ein geologisches Tiefenlager Kombi, Standortareal ZNO-6b Kombi).

Das Standortareal tangiert an seiner nördlichen Seite einen belasteten Ablagerungsstandort ohne Untersuchungsbedarf, der im Kataster der belasteten Standorte (KbS) des Kantons Zürich eingetragen ist (Abb. 64). Es handelt sich um eine teilweise mit Grünabfällen, Bauschutt und Aushubmaterial aufgefüllte Grube (KbS-Nr. 0035/D.0024-000, endgültige Klassifizierung). Rund 550 m nordwestlich des Standortareals, entlang der Kantonsstrassen K532 und K538, befinden sich fünf weitere Ablagerungsstandorte, davon zwei mit Untersuchungsbedarf und drei ohne.

Im Prüferperimeter für Bodenverschiebung PBV des Kantons Zürich sind südlich des Standortareals in den Landwirtschaftszonen mehrere Flächen mit dem Eintrag «Spezialkulturen» aufgeführt. Dabei werden Belastungen durch Pestizide oder andere Hilfsstoffe erwartet, die z. B. in Rebbergen eingesetzt werden. Zusätzlich enthält der PBV einen Eintrag «Verkehrsträger» entlang der Marthalerstrasse. Entlang des Strassenrandes ist also mit Belastungen durch Strassenabwässer zu rechnen. Das Standortareal selbst enthält keinen PBV-Eintrag.

Die Kataster des VBS, des BAZL und des BAV enthalten in der näheren Umgebung keine Einträge.

### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Da sich die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals nicht grundsätzlich unterschiedlich auf die beschriebenen Objekte auswirkt, wird die vorliegende Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert.

#### *Jura Ost*

Nach heutigem Kenntnisstand sind auf dem Standortareal keine Belastungen im Untergrund vorhanden, welche Auswirkungen auf das Projekt in den Phasen mit Bauaktivitäten haben könnten. Die oben beschriebenen Standorte in der näheren Umgebung werden im Zuge der Bauarbeiten und der Erschliessung voraussichtlich nicht tangiert. Sollten wider Erwarten während der Bauarbeiten trotzdem Verunreinigungen im Aushub gefunden werden, muss dieser untersucht werden.

Sollte insbesondere der belastete Standort AA4121.0015-1 (rund 150 m nordöstlich des Standortareals) im Zuge von Anpassungen der Streckenführung der Tunnelerschliessung dennoch tangiert werden, müsste vor Baubeginn für den allenfalls belasteten Aushub ein Entsorgungskonzept erarbeitet werden.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Nach heutigem Kenntnisstand sind auf dem Standortareal keine Belastungen im Untergrund vorhanden, welche Auswirkungen auf das Projekt in den Phasen mit Bauaktivitäten haben könnten. Sollten wider Erwarten während der Bauarbeiten trotzdem Verunreinigungen im Aushub gefunden werden (z. B. im in der Kiesgrube abgelagerten Material), müsste dieser untersucht werden. Es ist davon auszugehen, dass im Rahmen der Erschliessung punktuell Flächen tangiert werden, die im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen (PBV) verzeichnet sind und in welchen mit chemischen Belastungen im Ober- und allenfalls Unterboden zu rechnen ist. Diese Flächen müssten gegebenenfalls vor Baubeginn auf deren Belastungen untersucht werden, um den abgetragenen Boden fachgerecht verwerten oder entsorgen zu können. Die erwarteten Ausmasse an belastetem Bodenaushub sind jedoch sehr gering.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Nach heutigem Kenntnisstand sind auf dem Standortareal keine Belastungen im Untergrund vorhanden, welche Auswirkungen auf das Projekt in den Phasen mit Bauaktivitäten haben könnten. Sollten wider Erwarten während der Bauarbeiten trotzdem Verunreinigungen im Aushub gefunden werden, müsste dieser untersucht werden. Im Rahmen des Ausbaus der Zweidlerstrasse sowie weiterer Querstrassen für die Erschliessung des Standortareals Haberstal werden möglicherweise die dort vorhandenen belasteten Ablagerungsstandorte geringfügig tangiert. Allfällig betroffene Flächen, auch jene im Prüfperimeter für Bodenverschiebungen südlich des Standortareals, müssen vor Baubeginn untersucht werden, um belasteten Bodenaushub und Aushubmaterial fachgerecht verwerten oder entsorgen zu können. Die Art und Mengen an belasteten Bauabfällen sowie deren Entsorgungswege müssten zudem in einem Entsorgungskonzept dargelegt werden.

#### *Zürich Nordost*

Nach heutigem Kenntnisstand sind auf dem Standortareal keine Belastungen im Untergrund vorhanden, welche Auswirkungen auf das Projekt in den Phasen mit Bauaktivitäten haben könnten. Sollten wider Erwarten während der Bauarbeiten trotzdem Verunreinigungen im Aushub gefunden werden, müsste dieser untersucht werden.

Mit der Erschliessung des Standortareals im Rahmen der Verlegung der Kantonsstrasse K532 wird die benachbarte Parzelle Kat.-Nr. 2825 im Bereich des belasteten Standorts 0035/D.0024-000 direkt tangiert. Beim Bauen auf belasteten Standorten muss vor Baubeginn ein Entsorgungskonzept ausgearbeitet werden. Damit fallen Planung und Ausführung (Triage, Transporte) des Projekts etwas aufwändiger aus, als wenn im Boden und Untergrund keine Belastungen erwartet und angetroffen werden. Beeinträchtigungen der Schutzziele sind aber nicht zu erwarten.

### **Auswirkungen während der Betriebs- und Beobachtungsphasen und nach dem Verschluss**

Alle allenfalls betroffenen belasteten Standorte oder Altlasten müssten soweit als notwendig bereits in der Phasen mit Bauaktivitäten saniert werden. Deshalb ist der Bereich Altlasten in den Betriebs- und Beobachtungsphasen sowie nach dem Verschluss nicht relevant.

#### **Vorläufige Einordnung der Auswirkungen**

##### ***Jura Ost***

Entsprechend dem heutigen Planungs- und Kenntnisstand werden durch die Bauarbeiten keine belasteten Standorte tangiert. Es sind voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten.

##### ***Nördlich Lägern NL-2***

Entsprechend dem heutigen Planungs- und Kenntnisstand werden durch die Bauarbeiten keine belasteten Standorte tangiert. Entsprechend sind in den Betriebs- und Beobachtungsphasen keine oder vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten.

##### ***Nördlich Lägern NL-6***

Entsprechend dem heutigen Planungs- und Kenntnisstand werden durch die Bauarbeiten keine oder gegebenenfalls nur für die Erschliessung belastete Standorte tangiert. Entsprechend sind in den Betriebs- und Beobachtungsphasen keine oder vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten.

##### ***Zürich Nordost***

Entsprechend dem heutigen Planungs- und Kenntnisstand werden durch die Bauarbeiten ausser der erwähnten Tangierung des belasteten Standorts 0035/D.0024-000 keine belasteten Standorte tangiert. Es sind voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten.

## 4.4.8 Abfälle und umweltgefährdende Stoffe

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Radioaktive Abfälle sind der Grund, weshalb ein Tiefenlager überhaupt gebaut wird. Ihre radiologischen Auswirkungen werden im Kapitel 4.3, und die chemotoxischen Auswirkungen im Kapitel 4.4.9 behandelt. Das vorliegende Kapitel behandelt die Auswirkungen der durch das Projekt verursachten konventionellen Abfälle.

Abfälle stellen nicht direkt eine Umweltbelastung dar, sondern können indirekt eine solche nach sich ziehen. Umweltmässig negative Aspekte im Zusammenhang mit Abfällen sind der Ressourcenverbrauch sowie Auswirkungen beim Transport, bei der Behandlung und bei der Ablagerung.

In Anbetracht der wenig fortgeschrittenen Planung können nachfolgend vorläufige standortspezifische Aussagen erst zu folgenden Aspekten gemacht werden:

- Umfang an erforderlichen Rückbauten;
- Menge Ausbruchmaterial total und Anteil davon, der von den Materialeigenschaften her für die Verwertung geeignet ist;<sup>139</sup>
- Distanzen zu Verwertungs- und Ablagerungsmöglichkeiten des Ausbruchmaterials;
- voraussichtliche Transportmittel für das Ausbruchmaterial (Förderband, Bahn, LKW), vor allem für ZNO.

Der Betrachtungsperimeter umfasst die Oberflächeninfrastrukturen und deren unmittelbares Umfeld, namentlich die OFA, die NZA, die Installationsplätze, (Zwischen-)Deponien und allfällige Förderbänder. Deren Lage ist aber derzeit erst für die OFA bekannt.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

In der Schweizer Umweltpolitik und Abfallwirtschaft gelten folgende Grundsätze:<sup>140</sup>

- In erster Priorität sollen Abfälle gar nicht erst entstehen.
- Nicht vermeidbare Abfälle werden wiederverwendet bzw. verwertet.
- Was dann noch übrig bleibt, wird umweltgerecht entsorgt.

### *Ausgangszustand*

#### *Jura Ost*

Für die OFA müssen lediglich zwei asphaltierte Zufahrtsstrassen zu Landwirtschaftsbetrieben und ein teilbefestigter Landwirtschafts- und Wanderweg, jedoch keine Hochbauten rückgebaut werden.

Der Standort liegt relativ weit entfernt von Kiesgruben, die in einigen Jahrzehnten voraussichtlich noch über eine hinreichende Aufnahmekapazität für die sehr grosse anfallende Menge Ausbruchmaterial aufweisen.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

In der Kiesgrube Weiach, also beim Standortareal selber, stehen voraussichtlich auch in 20–30 Jahren noch einige wenige Millionen m<sup>3</sup> und somit für dieses Vorhaben genügend Auffüllkapazität für Ausbruchmaterial zur Verfügung. Andernfalls weisen die auf der Strasse rund 10 km entfernten Kiesgruben im Rafzerfeld höchst wahrscheinlich reichlich Auffüllkapazität auf.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Für die OFA müssen nur ein befestigter Kiesparkplatz, zwei Kieswege entlang des Waldrands und ein Holzunterstand für Weidetiere aufgehoben und rückgebaut werden.

<sup>139</sup> Die Frage, welche Materialien wie und wo verwertet, abgelagert oder anderweitig entsorgt werden, hängt von zahlreichen technischen, regulatorischen und vor allem betriebswirtschaftlichen Voraussetzungen und Umständen ab. Sie kann erst relativ kurz bevor diese Materialien anfallen beantwortet werden.

<sup>140</sup> Vgl. Art. 30 USG.

Praktisch am Standort selber, in der direkt östlich der Strasse gelegenen Kiesgrube Rütifeld/Glattfelden, stehen voraussichtlich auch in 20–30 Jahren noch mehrere Millionen m<sup>3</sup> und somit für dieses Vorhaben genügend Auffüllkapazität für Ausbruchmaterial zur Verfügung.

#### *Zürich Nordost*

Für die OFA müssen ein Teil der Kantonsstrasse K532 und mehrere Kieswege in Wald und Flur sowie ein Schopf am Waldrand rückgebaut werden.

In der ca. 2 km südlich des Standortareals gelegenen Kiesgrube Niedermartel stehen voraussichtlich auch in 20–30 Jahren noch einige wenige Millionen m<sup>3</sup> und somit für dieses Vorhaben genügend Auffüllkapazität für Ausbruchmaterial zur Verfügung. Andernfalls weisen die auf der Strasse gut 15 km entfernten Kiesgruben im Rafzerfeld höchst wahrscheinlich reichlich Auffüllkapazität auf.

#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Die heute abschätzbaren Abfallströme fallen überwiegend in den Phasen mit Bauaktivitäten an.

Im UVB 1. Stufe ist für alle Bauabfälle ein Materialbewirtschaftungskonzept (MBK) zu erstellen, das im Rahmen des UVB 2. Stufe zu konkretisieren ist. Darin werden die Arten und Mengen der Bauabfälle sowie deren Entsorgungswege beschrieben. Sind neue Anlagen (z. B. Deponien) notwendig, müssen sie mit den Richtplänen der betroffenen Kantone abgestimmt werden.

Ein Teil des Ausbruchmaterials, das für den späteren Verschluss des Tiefenlagers geeignet ist, soll möglichst in der Nähe zwischengelagert werden. Da es sich um dabei um einige 100 000 m<sup>3</sup> handelt und die Lagerzeit mehrere Jahrzehnte dauert, kann ein solches Zwischendepot relevante Auswirkungen auf mehrere Umweltbereiche haben, u. a. auf die Landschaft.<sup>141</sup>

#### *Jura Ost*

Hier fällt eine sehr grosse Menge Aushub- und vor allem Ausbruchmaterial an:

- ca. 2,5 Mio. m<sup>3</sup> fest<sup>142</sup> beim Kombilager;
- ca. 1,7 Mio. m<sup>3</sup> fest beim HAA-Lager;
- ca. 1,6 Mio. m<sup>3</sup> fest beim SMA-Lager.

Davon können beim Kombi- und beim HAA-Lager ca. 0,3 Mio. m<sup>3</sup> für den späteren Verschluss wiederverwertet werden – Beim SMA-Lager sind es 0,2 Mio. m<sup>3</sup>.

Praktisch 100 Prozent des Aushub- und Ausbruchmaterials wären technisch für industrielle oder bauliche Verwertungszwecke wie die Zementproduktion, die Wiederauffüllung von Steinbrüchen, Kies- oder Tongruben oder für bewilligte Terrainveränderungen geeignet. In Anbetracht der Distanzen zu möglichen Zementwerken und Kiesgruben zwecks Auffüllung, und weil das zukünftige Preisgefüge für mögliche Verwertungswege nicht vorhersehbar ist, können heute weder die Arten noch die Orte der Verwertung oder Ablagerung dieser Materialien vorhergesagt werden.

#### *Nördlich Lägern NI-2*

Hier fällt eine grosse Menge Aushub- und vor allem Ausbruchmaterial an:

- ca. 1,7 Mio. m<sup>3</sup> fest beim Kombilager;
- ca. 1,2 Mio. m<sup>3</sup> fest beim HAA-Lager;
- ca. 1,1 Mio. m<sup>3</sup> fest beim SMA-Lager.

Davon können beim Kombi- Lager ca. 0,3 Mio. m<sup>3</sup> für den späteren Verschluss wiederverwertet werden. Beim HAA- und beim SMA-Lager sind es 0,2 Mio. m<sup>3</sup>.

---

<sup>141</sup> Das BAFU weist darauf hin, dass Abfälle gemäss Art. 30 Abs. 1 der Abfallverordnung (VVEA; SR 814.600) höchstens fünf bis allenfalls zehn Jahre zwischengelagert werden dürfen.

<sup>142</sup> Alle Volumenangaben in Festkubikmeter, d. h. feste Felsmasse ohne Zwischenräume. Zum Vergleich: Für den neuen Gottard-Basistunnel wurden 13,3 Mio. m<sup>3</sup> fest ausgebrochen.

Das Material kann mit einem kurzen Förderband in die Kiesgrube Weiach, in der sich die OFA befindet, transportiert werden. Dies verursacht wenige Transportemissionen. Der überwiegende Teil dieser Materialien wäre technisch auch für industrielle oder bauliche Verwertungszwecke wie als Rohstoff für die Zementproduktion oder für bewilligte Terrainveränderungen geeignet. In Anbetracht der örtlichen und wirtschaftlichen Randbedingungen steht voraussichtlich aber die Kiesgrubenauffüllung im Vordergrund.

Im Vergleich zum Ausbruchmaterial sind die Rückbauabfälle – und somit auch der Umgang damit (Transport; evtl. Aufbereitung) – rein quantitativ von untergeordneter Bedeutung.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Hier fällt eine grosse Menge Aushub- und vor allem Ausbruchmaterial an:

- ca. 1,5 Mio. m<sup>3</sup> fest beim Kombilager;
- ca. 1,0 Mio. m<sup>3</sup> fest beim HAA-Lager;
- ca. 0,9 Mio. m<sup>3</sup> fest beim SMA-Lager.

Davon können beim Kombi- Lager ca. 0,3 Mio. m<sup>3</sup> für den späteren Verschluss wiederverwertet werden. Beim HAA- und beim SMA-Lager sind es 0,2 Mio. m<sup>3</sup>.

Das Material kann per Förderband in die benachbarte Kiesgrube Rütifeld/Glattfelden transportiert werden. Dies verursacht wenige Transportemissionen. Der überwiegende Teil dieser Materialien wäre technisch auch für industrielle oder bauliche Verwertungszwecke wie als Rohstoff für die Zementproduktion oder für bewilligte Terrainveränderungen geeignet. In Anbetracht der örtlichen und wirtschaftlichen Randbedingungen steht voraussichtlich aber die Kiesgrubenauffüllung im Vordergrund.

Im Vergleich zum Ausbruchmaterial sind die Rückbauabfälle – und somit auch der Umgang damit (Transport; evtl. Aufbereitung) – rein quantitativ von untergeordneter Bedeutung.

#### *Zürich Nordost*

Hier fällt eine grosse Menge Aushub- und vor allem Ausbruchmaterial an:

- ca. 2,2 Mio. m<sup>3</sup> fest beim Kombilager;
- ca. 1,6 Mio. m<sup>3</sup> fest beim HAA-Lager;
- ca. 1,4 Mio. m<sup>3</sup> fest beim SMA-Lager.

Davon können beim Kombilager ca. 0,4 Mio. m<sup>3</sup> für den späteren Verschluss wiederverwertet werden – Beim HAA- und beim SMA-Lager sind es je 0,3 Mio. m<sup>3</sup>.

Das Material kann voraussichtlich per Förderband in die nahe Kiesgrube Niedermartel transportiert werden. Dies verursacht vergleichsweise wenige Transportemissionen. Rund 95 Prozent dieser Materialien wären technisch auch für industrielle oder bauliche Verwertungszwecke wie als Rohstoff für die Zementproduktion oder für bewilligte Terrainveränderungen geeignet. In Anbetracht der örtlichen und wirtschaftlichen Randbedingungen steht voraussichtlich aber die Kiesgrubenauffüllung im Vordergrund.

Im Vergleich zum Ausbruchmaterial sind die Rückbauabfälle – und somit auch der Umgang damit (Transport; evtl. Aufbereitung) – rein quantitativ von untergeordneter Bedeutung.

#### ***Auswirkungen während der Betriebsphasen***

Während des HAA-Einlagerungsbetriebs im Kombi- und im HAA-Lager fällt Ausbruchmaterial vom laufenden Auffahren der Lagerstollen im Opalinuston an. Die Menge ist mit ca. 0,2 Mio. m<sup>3</sup> fest deutlich kleiner als jene in den Phasen mit Bauaktivitäten. Für den Umgang damit gilt dasselbe wie in den Phasen mit Bauaktivitäten.

Die Abwässer, die an den verschiedenen Orten in der OFA anfallen, werden unterschieden in Schmutz-, Prozess-, Meteor- (Dach- und Platz-) sowie Berg- und Hangsickerwasser. Diese Kategorien müssen getrennt gefasst und entsprechend den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben entsorgt werden. Insbesondere muss das Prozesswasser in einer Betriebsabfallbehandlungsanlage gereinigt

und innerhalb der OFA wiederverwendet werden. Die zu erwartenden Mengen und chemischen Belastungen der verschiedenen Abwässer sind derzeit noch nicht bekannt.

Andere Bauabfälle oder umweltgefährdende Stoffe werden in dieser Phase nicht erzeugt.

### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

#### *Jura Ost*

Die voraussichtlichen abfallbedingten Umweltauswirkungen sind aufgrund der sehr grossen Menge an Ausbruchsmaterial erheblich. Sie müssen in der Detailplanung durch Massnahmen auf verschiedenen Ebenen begrenzt werden.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Wenn das Ausbruchsmaterial wie vorgesehen per Förderband in die Kiesgrube Weiach transportiert und für deren Auffüllung verwendet wird, können die voraussichtlichen abfallbedingten Umweltauswirkungen als gering eingestuft werden.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Wenn das Ausbruchsmaterial wie vorgesehen per Förderband in die Kiesgrube Rütifeld/Glattfelden transportiert und für deren Auffüllung verwendet wird, können die voraussichtlichen abfallbedingten Umweltauswirkungen als gering eingestuft werden.

#### *Zürich Nordost*

Wenn das Ausbruchsmaterial wie vorgesehen per Förderband in die Kiesgrube Nidermartel transportiert und für deren Auffüllung verwendet wird, können die voraussichtlichen abfallbedingten Umweltauswirkungen als gering eingestuft werden.

## 4.4.9 Chemotoxische Stoffe

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung, Methode*

Die im GTL eingelagerten Abfälle stellen für Mensch und Umwelt nicht nur wegen ihrer Radioaktivität eine potenzielle Gefährdung dar. Sie enthalten auch Bestandteile wie z. B. Blei, welche chemotoxisch (giftig) sind. Im Gegensatz zur Radioaktivität, welche mit der Zeit abnimmt, bleibt die Chemotoxizität eines Stoffes unbegrenzt lange erhalten.<sup>143</sup>

Bei der Einlagerung sind die Abfälle in festem Zustand und durch die technischen Barrieren (z. B. Lagerbehälter) von der Umwelt abgeschirmt. Eine Gefährdung von Mensch und Umwelt durch chemotoxische Stoffe kann, analog zu den radiotoxischen Stoffen, erst nach einem allfälligen Versagen der technischen Barrieren durch Transport im Grundwasser erfolgen. Das Risiko einer durch die Chemotoxizität der Abfälle verursachten Beeinträchtigung des Grundwassers wurde deshalb in einer Studie modellhaft abgeschätzt (NAB 14-35, vgl. nachfolgenden Kasten).

In dieser Studie wurden sehr konservative (d. h. ungünstige) Annahmen getroffen: Es wurde davon ausgegangen, dass die chemotoxischen Stoffe

- alle gleichzeitig aus den Behältern austreten,
- sofort und vollständig im Porenwasser des Wirtgesteins aufgelöst werden,<sup>144</sup>
- weder in der Bentonit-Verfüllung der Lagerkammer noch im Wirtgestein Opalinuston ausgefällt oder sorbiert werden und

an der Obergrenze des Wirtgesteins direkt in einen Biosphären-Aquifer austreten (also ohne Berücksichtigung der Rückhaltewirkung der Rahmengesteine).

### *Methode der chemischen Risikoabschätzung für ein GTL (NAB 14-35)*

Die Risikobewertung der eingelagerten Materialien hinsichtlich ihrer Chemotoxizität wurde für jede der drei radioaktiven Abfallkategorien SMA, ATA und HAA einzeln durchgeführt.

Die Chemotoxizität von Materialien oder von Bestandteilen von Materialien in den radioaktiven Abfällen basiert auf den chemischen Eigenschaften der betreffenden Stoffe. Für die Beurteilung der Chemotoxizität konnte auf ein vorhandenes Inventar der Nagra zurück gegriffen werden, das sowohl die vorhandenen als auch die in Zukunft anfallenden radioaktiven Abfälle umfasst.

Das Vorgehen bis zur chemischen Risikobewertung für das Trinkwasser führte über vier Schritte:

#### *1. Inventar potenziell chemotoxischer Stoffe*

Die Nagra führt eine Liste mit 208 in den Abfallbinden enthaltenen Standardmaterialien.<sup>145</sup> Aus den einzelnen in diesen Standardmaterialien enthaltenen Stoffen (Komponenten) wurde über verschiedene Analyseschritte das Inventar potenziell chemotoxischer Stoffe erstellt.

<sup>143</sup> Die Chemotoxizität der Abfälle d. h. ihre chemische Giftigkeit, welche teils schon ab einer geringen Dosis schädlich für Organismen ist, könnte deshalb auch dann noch ein Risiko darstellen, wenn ihre Radioaktivität schon lange abgeklungen ist. Falls die chemotoxischen Stoffe nicht – wie hier angenommen – durch Transport verteilt und verdünnt werden, würden sie auch nach vielen Millionen Jahren noch immer konzentriert in den Lagerkammern vorliegen. Damit verbliebe ein gewisses Risiko, dass die chemotoxischen Stoffe irgend einmal durch Erosion freigelegt oder angebohrt werden könnten. Dies trifft allerdings auch für weniger gut geschützt gelagerte Stoffe wie z. B. in Deponien zu.

<sup>144</sup> Das sehr konservative Modell 1 nimmt eine sofortige Lösung an. In Modell 2 werden dagegen die Löslichkeitslimiten im Porenwasser der Lagerkammer berücksichtigt.

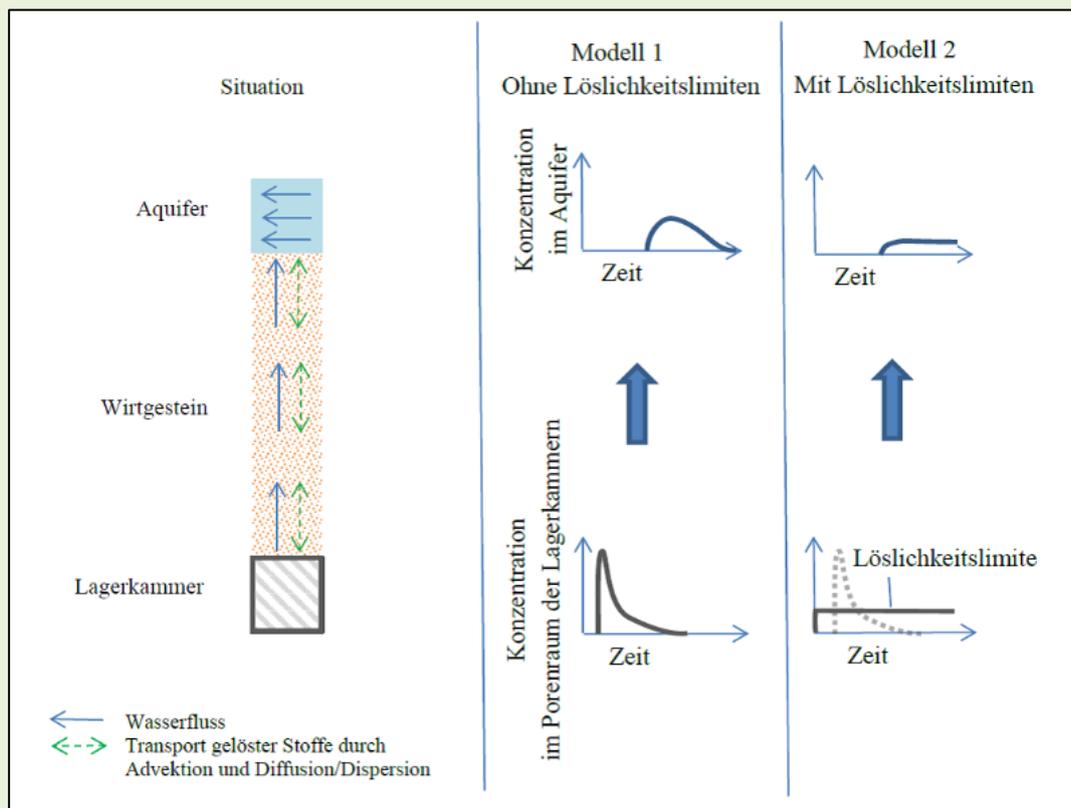
<sup>145</sup> Modellhaftes Inventar radioaktiver Materialien (MIRAM).

## 2. Gefahrenidentifizierung

Für die Gefahrenbeurteilung wurden für die potenziell chemotoxischen Stoffe des Inventars tolerierbare Trinkwasserkonzentrationen (TW<sub>tol</sub>) aus der Lebensmittelgesetzgebung übernommen oder fallweise aus toxikologischen Referenzdaten abgeleitet. TW<sub>tol</sub> ist die Konzentration, die ein Mensch bei einem täglichen Trinkwasserkonsum von 2 Litern ein Leben lang aufnehmen kann, ohne dass er dadurch nachteilige Wirkungen auf seine Gesundheit zu erwarten hat.

## 3 Expositionsanalyse

Mittels Expositionsszenarien wurden Worst Case-Konzentrationen der aus dem GTL stammenden chemotoxischen Stoffe im für Trinkwasser genutzten oberflächennahen Grundwasser (Aquifer), abgeschätzt:



Es wurden 2 verschiedene Modelle berechnet: Bei Modell 1 wurde eine vollständige und sofortige Auflösung aller chemotoxischen Stoffe im Porenwasser der Lagerkammer angenommen; Im Modell 2 wurden die Löslichkeitslimiten im Porenwasser der Lagerkammer berücksichtigt. Anschließend erfolgt der Transport durch Diffusion und Advektion durch das Wirtgestein Opalinuston (45 m für SMA und ATA, 50 m für HAA) und direkt anschliessend die Auflösung in einem Aquifer der Biosphäre mit einem Referenzwasserfluss von 1,48 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr. Der Transport durch die ans Wirtgestein angrenzenden Gesteine (Rahmengesteine) wird vernachlässigt.

## 4. Risikoabschätzung:

Die chemische Risikobewertung basiert auf dem Vergleich der mit der Expositionsanalyse geschätzten Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser mit den tolerierbaren Trinkwasserkonzentrationen aus der Gefahrenidentifizierung. Für jeden Stoff wurde ein Risikoquotient  $RQ = \text{Konzentration im Aquifer} / TW_{tol}$  berechnet. Bei  $RQ < 1$  ist im Allgemeinen kein Risiko zu erwarten. Zusätzlich wurden die ermittelten Konzentrationen auch mit den verfügbaren Indikatoren des BAFU für die Grundwasserqualität verglichen. Hier wurde ein Qualitätsquotient  $QQ = \text{Konzentration im Aquifer} / \text{BAFU-Indikator}$  berechnet. Bei  $QQ < 1$  kann von einem naturnahen, vom Menschen nicht oder nur wenig beeinflussten Grundwasser gesprochen werden.

Die so berechneten Konzentrationen der chemotoxischen Stoffe im Grundwasser wurden dann mit den tolerierbaren Trinkwasserkonzentrationen sowie mit Indikatorwerten des BAFU für die Grundwasserqualität verglichen.

Der Betrachtungsperimeter umfasst die über den Lagerkammern liegenden Grundwasserleiter und alle von ihnen gespiesenen Quellen. Da die Lage der Lagerkammern innerhalb der geologischen Standortgebiete noch nicht festgelegt ist, kann der Perimeter zur Zeit noch nicht kartographisch dargestellt werden.

#### *Auswirkungen nach Verschluss des Tiefenlagers*

Eine eventuelle Gefährdung von Mensch und Umwelt durch chemotoxische Stoffe in den Abfällen würde, analog zu den radioaktiven Stoffen, durch Transport im Grundwasser erfolgen. Wegen der hohen Einschlusswirksamkeit eines Tiefenlagers würde es tausende von Jahren dauern, bis solche Stoffe die Biosphäre erreichen könnten.

#### *Risikobewertung*

Die durch Vergleich der geschätzten Konzentrationen im Aquifer mit den tolerierbaren Trinkwasserkonzentrationen ermittelten Risikoquotienten (RQ) liegen – auch unter der Annahme ihrer augenblicklichen und vollständigen Auflösung im Porenwasser der Lagerkammern – für sämtliche potenziell chemotoxischen Stoffe unter 1. Daher besteht durch die Chemotoxizität der eingelagerten Abfälle keine Gefährdung des Biosphären-Aquifers und damit kein Risiko beim Konsum des Grundwassers als Trinkwasser.

Aus Gründen der Sicherheitsreserve werden im NAB 14-35 bereits kleinste RQ von  $> 0,001$  betrachtet. Mit dem Modell ohne Löslichkeitslimiten (Modell 1 als konservativste Annahme) weisen bei den SMA-Abfällen acht Stoffe<sup>146</sup>, bei den ATA-Abfällen einzig Zirkonium Zr(IV) und bei den HAA-Abfällen zehn Stoffe<sup>147</sup> einem von RQ  $> 0,01$  auf. Je nach Abfallkategorie weisen zwei bis fünf weitere Stoffe einen RQ zwischen 0,001 und 0,01 auf. Werden die Konzentrationen der drei Abfallkategorien addiert (für den Fall eines Kombilagers), ergeben sich keine wesentlichen Änderungen: alle RQ bleiben unter 1; insgesamt sind es dann 17 Stoffe mit einem RQ  $> 0,01$  und 7 Stoffe mit einem RQ zwischen 0,001 und 0,01.

#### *Grundwasserqualität*

In Bezug auf die Indikatorwerte für die Grundwasserqualität gemäss BAFU liegen die durch Vergleich der geschätzten Konzentrationen mit den Indikatorwerten ermittelten Qualitätsquotienten (QQ) für ein SMA-Lager beim Modell 1 (ohne Löslichkeitslimiten) zwar für Blei und Kupfer über 1. Nach Einbezug der maximalen Löslichkeit (Modell 2) liegen die QQ jedoch für sämtliche potenziell chemotoxischen Stoffe unter 1. Das Grundwasser kann daher zu keinem Zeitpunkt als anthropogen belastet bezeichnet werden.

Auch bei der Grundwasserqualität werden im Sinne einer Sicherheitsreserve bereits QQ ab 0,001 betrachtet. Beim Modell 1 resultieren für SMA-Abfälle sechs Stoffe, für ATA-Abfälle ein Stoff und für HAA-Abfälle zwei Stoffe mit einem QQ  $> 0,01$ .<sup>148</sup> In jeder der drei Abfallkategorien weist ein weiterer Stoff einen QQ zwischen 0,001 und 0,01 auf. Werden die Konzentrationen der drei Abfallkategorien addiert (für den Fall eines Kombilagers), ergeben sich auch für die Grundwasserqualität keine wesentlichen Änderungen. Insgesamt sind es dann sieben Stoffe mit einem QQ  $> 0,01$  und keine weiteren Stoffe mit einem QQ zwischen 0,001 und 0,01.

<sup>146</sup> Blei Pb, Chrom Cr(III), Eisen Fe(II), Hafnium Hf, Mangan Mn(II), Nickel Ni(II), Thorium Th(IV), Zirkonium Zr(IV).

<sup>147</sup> Americium Am(III), Cer Ce, Cäsium Cs, Gadolinium Gd, Neptunium Np(V), Plutonium Pu(IV), Rubidium Rb, Technetium Tc, Uran U(IV), Zirkonium Zr(IV).

<sup>148</sup> Bei SMA: DEHP, Blei Pb, Chrom Cr(III), Kupfer Cu, Nickel Ni(II), Zink Zn(II); bei ATA: Chrom Cr(III); bei HAA: Chrom Cr(III), Cadmium Cd.

Für die Interpretation der in den Modellen berechneten RQ und QQ muss beachtet werden, dass in weniger konservativen (d. h. in realistischeren) Szenarien inklusive z. B. die verzögerte Auflösung, die Anreicherung im Wirtgestein, die biologische Abbaubarkeit etc. die Konzentrationen der Stoffe weiter reduziert werden.

#### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

Durch die Einlagerung der vorgesehenen Materialien in einem geologischen Tiefenlager werden die oberflächennahen Grundwasserleiter chemotoxisch weder gefährdet noch qualitativ beeinträchtigt. Bei diesem Umweltbereich sind damit voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten.

## 4.4.10 Umweltgefährdende Organismen

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Unter umweltgefährdenden Organismen werden entsprechend der Umweltschutzgesetzgebung Neobiota (u. a. invasive Neophyten), pathogene und gentechnisch veränderte Organismen verstanden. Bei einem GTL sind davon nur die invasiven Neophyten relevant.

Der Betrachtungsperimeter umfasst die Oberflächeninfrastrukturen und ihr unmittelbares Umfeld.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

(Menschen, Tiere und) Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume sind gegen schädliche oder lästige Einwirkungen zu schützen, und die natürlichen Lebensgrundlagen, insbesondere die biologische Vielfalt und die Fruchtbarkeit des Bodens, sind dauerhaft zu erhalten. Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden könnten, frühzeitig zu begrenzen (Art. 1 Abs. 1 und 2 USG).

Invasive Neophyten gefährden die Biodiversität und damit das in Art. 1 Bst. d NHG festgehaltene Ziel, die einheimische Tier- und Pflanzenwelt sowie ihre biologische Vielfalt und ihren natürlichen Lebensraum zu schützen.

Darüber hinaus gibt es wichtige, primär auf den Menschen bezogene Schutzgüter, die vor einer übermässigen Beeinträchtigung durch Neobiota zu bewahren sind:

- Gesundheit von Mensch und Tier;
- land- und forstwirtschaftliche Produktion;
- Aufwand der Unterhaltsdienste;
- Infrastrukturanlagen;
- privates Eigentum;
- Wohlbefinden und Erholung.

### *Ausgangszustand*

#### *Jura Ost, Nördlich Lägern NL-2 und Zürich Nordost*

Heute sind auf diesen drei Standortarealen und im Umkreis von mindestens 250 m keine Vorkommen invasiver Neophyten bekannt. Diese können sich aber kurzfristig neu ansiedeln, sodass ihre An- oder Abwesenheit kurz vor Baubeginn neu beurteilt werden muss. Im Rahmen dieses Projekts wird weder mit umweltgefährdenden Organismen umgegangen, noch werden solche in Verkehr gebracht oder freigesetzt.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Rund um die Landwirtschaftsfläche Haberstal sind gemäss dem GIS zu den Neophyten des Kantons Zürich entlang des Waldrands verschiedene Vorkommen der Goldrute und des Sommerflieder sowie ein Vorkommen des Riesenbärenklaus registriert. Diese Arten gehören zu den invasiven Neophyten und werden auf der Schwarzen Liste geführt. Im Weiteren sind entlang des Windlacher Dorfbachs Bestände der asiatischen Staudenknöteriche bekannt. Die An- oder Abwesenheit dieser Arten im vorgesehenen Baufeld muss kurz vor Baubeginn neu beurteilt werden.

### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Im Rahmen eines GTL-Projekts wird weder mit umweltgefährdenden Organismen umgegangen, noch werden solche in Verkehr gebracht oder freigesetzt.

Sofern zum Zeitpunkt der Bauarbeiten – insbesondere beim Erdabtrag – invasive Neophyten auf dem Standortareal vorhanden sein sollten, könnten sie im Zusammenhang mit den Erdarbeiten vom Anlagestandort verschleppt und woanders, z. B. an Deponiestandorten, ausgesetzt werden. Umgekehrt besteht die Möglichkeit der Verschleppung via ortsfremdem Bodenmaterial auch bei der Umgebungsgestaltung vor Inbetriebnahme und bei der Rekultivierung nach Ausserbetriebnahme der Anlagen. Da

solche Erdarbeiten inkl. Herkunfts- und Zielorte des Materials jeweils kurzfristig geplant werden, können heute über das Risiko der Verschleppung invasiver Neophyten und über orts- oder projektspezifische Vorsichtsmassnahmen keine Aussagen gemacht werden. Die allgemeinen Vorgaben<sup>149</sup> sind einzuhalten.

Vor Beginn der Erdarbeiten und Erdverschiebungen sind die beanspruchten Areale auf Vorkommen von invasiven Neophyten zu überprüfen. Das allenfalls belastete Bodenmaterial ist fachgerecht zu entsorgen.

#### ***Auswirkungen während der Betriebsphasen***

In den Betriebsphasen hat das Projekt keine Auswirkungen hinsichtlich umweltgefährdender Organismen.

#### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

Das Projekt erfordert keine über den allgemeinen Baustandard hinaus gehenden Schutzmassnahmen und hat somit voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen hinsichtlich umweltgefährdender Organismen.

---

<sup>149</sup> Z. B. gemäss der Freisetzungsverordnung (FrSV; Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt vom 10.9.2008) und dem Flyer „Gebietsfremde Problempflanzen (invasive Neophyten) bei Bauvorhaben“ (Arbeitsgruppe Invasive Neobiota AGIN, Version Dezember 2014).

## 4.4.11 Störfallvorsorge/Katastrophenschutz

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

In diesem Kapitel werden nicht-nukleare Störfälle betrachtet, welche einerseits in Betrieben mit erheblichem chemischem oder biologischem Gefahrenpotenzial und andererseits auf Verkehrswegen, auf denen gefährliche Güter transportiert werden, auftreten können. Das Kapitel orientiert sich an der Störfallverordnung (StFV).<sup>150</sup> Die Auswirkungen von Störfällen mit radioaktiven Stoffen sind im Kapitel 4.3.4 dargestellt.

Die StFV gilt für Betriebe, welche definierte Mengenschwellen von Stoffen, Zubereitungen oder Sonderabfällen überschreiten (gemäss den Kriterien der StFV, Anhang 1.1, bzw. entsprechend der detaillierten Liste des BAFU)<sup>151</sup> oder die mit gentechnisch veränderten, pathogenen oder einschliessungspflichtigen gebietsfremden Organismen mit mässigem bis hohem Risiko arbeiten. Die störfallrelevanten Bahnlinien sind in der StFV (Anhang 1.2a), die störfallrelevanten Strassen in der Durchgangsstrassenverordnung<sup>152</sup> festgelegt. Die Störfallrelevanz von Rohrleitungen wird aufgrund ihres Durchmessers und Betriebsdrucks bestimmt (StFV, Anhang 1.3).

Im Abschnitt «Ausgangszustand» werden störfallrelevante Anlagen in der Umgebung der OFA betrachtet, welche ein Risiko für das Standortareal, die Installationsplätze oder die Transportwege darstellen könnten. In den Abschnitten «Auswirkungen in den Bauphasen» und «Auswirkungen in den Betriebsphasen» werden die durch das Tiefenlager bedingten Anlagen und Aktivitäten, also das Standortareal, die Installationsplätze und die Transportwege als Quelle von Störfallrisiken für die Umgebung beurteilt. Als Umgebung wird dabei mit Blick auf Brand-, Explosions- sowie unbeabsichtigte Ausbreitungsvorgänge ein Umkreis von ca. 1,5 km um das Standortareal definiert. Dieser Perimeter deckt auch die Bauinstallationsplätze und die in der Nähe des Standortareals gelegenen Transportwege ab.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Die Bevölkerung und die Umwelt sollen vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen geschützt werden (Art. 1 Abs. 1 StFV).

Deshalb müssen Inhaber von störfallrelevanten Betrieben, Verkehrswegen oder Rohrleitungsanlagen sämtliche verfügbaren und zumutbaren Massnahmen zur Verminderung des Störfallrisikos treffen. Dazu gehören Massnahmen, mit denen das Gefahrenpotenzial herabgesetzt, Störfälle verhindert und deren Einwirkungen begrenzt werden. Bei der Wahl der Massnahmen müssen betriebliche und umgebungsbedingte Ursachen für Störfälle sowie Eingriffe Unbefugter berücksichtigt werden. (Art. 3 StFV).

Inhaber von störfallrelevanten Betrieben müssen ausserdem dem Kanton einen Kurzbericht zur Prüfung einreichen, welcher u. a. eine Risikobeurteilung, einen Beschrieb der Sicherheitsmassnahmen und eine Einschätzung des möglichen Schadenausmasses enthalten muss (Art. 5 StFV). Der Kanton kann zusätzliche Sicherheitsmassnahmen anordnen, falls er das Risiko als nicht tragbar einschätzen sollte und Betriebskontrollen durchführen, um die Einhaltung der Auflagen zu überprüfen (Art. 7 bzw. 8b StFV).

<sup>150</sup> Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV, SR 814.012).

<sup>151</sup> Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung (StFV); Ein Modul des Handbuchs zur Störfallverordnung. 2. aktualisierte Ausgabe, Mai 2015; BAFU.

Um das Gefährdungspotential der der StFV unterstellten Stoffe, Zubereitungen oder Sonderabfälle zu beurteilen, werden die vier Kriterien Gesundheitsgefahren, physikalische Gefahren, Umweltgefahren und andere Gefahren herangezogen.

<sup>152</sup> SR 741.272

## **Ausgangszustand**

### *Jura Ost*

Entsprechend der heutigen landwirtschaftlichen Nutzung des Standortareals werden dort keine Stoffe gelagert, welche die Mengenschwellen der Störfallverordnung erreichen würden. In der näheren Umgebung befinden sich zwei stationäre Betriebe, die der StFV unterstellt sind. Dabei handelt es sich um das Paul Scherrer Institut (PSI) ab rund 170 m südöstlich und östlich des Standortareals und die Zwiilag rund 500 m östlich davon (vgl. Abb. 19, S. 44). Bei beiden ist der massgebende Stoff das gelagerte Heizöl. In Anbetracht der gelagerten Mengen, der Stoffeigenschaften und der Distanzen sind keine schädigenden Wirkungen auf dem Standortareal zu erwarten.

Die direkt am Standortareal vorbeiführende Kantonsstrasse K442 ist nicht in der Durchgangsstrassenverordnung aufgeführt und die Frequenzen mit Gefahrguttransporten sind dort sehr gering. Die Transporte von und zur Zwiilag und zum PSI erfolgen vorwiegend über die Reaktorstrasse von Osten her und sind somit für das Standortareal irrelevant.

Eine Erdgasleitung mit einem Abstand von mindestens 850 m östlich und das KKW Beznau 1,2 km nördlich stellen für das Standortareal kein Risiko im Sinne der StFV dar.

### *Nördlich Lägern NL-2*

Auf dem und um das Standortareal herum befindet sich heute ein ausgedehntes Kiesabbaugebiet, anschliessend landwirtschaftliche Flächen. Auf keiner dieser Flächen werden Stoffe gelagert, welche die Mengenschwellen nach der StFV erreichen würden.

In einem Umkreis von 2,5 km existieren keine der Störfallverordnung unterstellte Betriebe. Auch auf dem Gemeindegebiet von Hohentengen in Deutschland sind keine Störfallbetriebe ausgewiesen.

Westlich und südlich von Weiach verläuft in einem minimalen Abstand von rund 1,5 km vom Standortareal eine der StFV unterstellte Erdgasleitung mit 70 bar Betriebsdruck und 28“ Durchmesser.

Relativ nahe am Standortareal verlaufen folgende, der StFV unterstellte Verkehrswege, bei denen aufgrund des geringen heutigen Verkehrsaufkommens nicht von einem relevanten Störfallpotential auszugehen ist:

- Die Bahnlinie Koblenz–Eglisau rund 50 m nördlich;
- Die kantonale Hauptstrasse HVS 7 (als Versorgungsroute Typ II für Ausnahmetransporte ausgewiesen) rund 160 m südlich.

Das Standortareal liegt ca. 10 km nordwestlich des Flughafens Zürich im Bereich der An- und Abflugrouten der beiden Pisten 14/32 und 16/34 (zwischen den Verlängerungslinien dieser beiden Pisten). Die beiden Flugzeugabstürze von 1990 und 2001 bei Anflügen ereigneten sich je infolge zu geringer Flughöhe an dem zur Landepiste nächstgelegenen Hindernis seiner Art (Berg bzw. Wald). Diese Hinderniswirkung trifft auf die nähere Umgebung des vorliegenden Standortes nicht zu. Die An- und Abflugrouten über das Standortareal sind für dieses als mobile Gefahrenquelle im Sinne einer ereignis-auslösenden Ursache zu bezeichnen.

### *Nördlich Lägern NL-6*

Auf dem Standortareal befinden sich heute vorwiegend landwirtschaftliche Flächen, darum herum Wald. Östlich liegt in rund 350 m Abstand ein ausgedehntes Kiesabbaugebiet. Auf keiner dieser Flächen werden Stoffe gelagert, welche die Mengenschwellen nach der StFV erreichen würden.

Der Kanton Zürich führt einen Risikokataster über chemische Risiken mit Angaben über Störfallbetriebe. Der einzige nahegelegene, der Störfallverordnung unterstellte Betrieb ist die Kläranlage Windlach Stadel südöstlich in rund 680 m Entfernung (Ableitung in den Dorfbach).

Nördlich von Windlach verläuft in einem minimalen Abstand von rund 490 m vom Standortareal von Ost nach West eine der StFV unterstellte Erdgasleitung mit 70 bar Betriebsdruck und 28“ Durchmesser.

In grösserem Abstand zum Standortareal verlaufen folgende, der StFV unterstellte Verkehrswege, bei denen aufgrund des geringen heutigen Verkehrsaufkommens nicht von einem relevanten Störfallpotential auszugehen ist:

- Die Bahnlinie Koblenz–Eglisau rund 1,7 km nördlich;
- Die regionale Verbindungsstrasse K348 rund 900 m östlich (als Versorgungsrouten Typ I für Ausnahmetransporte ausgewiesen);
- Die HVS 7 rund 1,5 km nördlich.

Das Standortareal liegt ca. 8 km nordwestlich des Flughafens Zürich im Bereich der An- und Abflugrouten der beiden Pisten 14/32 und 16/34 (zwischen den Verlängerungslinien dieser beiden Pisten). Die beiden Flugzeugabstürze von 1990 und 2001 bei Anflügen ereigneten sich je infolge zu geringer Flughöhe an dem zur Landepiste nächstgelegenen Hindernis seiner Art (Berg bzw. Wald). Diese Hinderniswirkung trifft auf die nähere Umgebung des vorliegenden Standorts nicht zu. Die An- und Abflugrouten über das Standortareal sind für dieses als mobile Gefahrenquelle im Sinne einer ereignis-auslösenden Ursache zu bezeichnen.

#### *Zürich Nordost*

Auf dem und um das Standortareal herum befinden sich heute ein ausgedehntes Waldgebiet und landwirtschaftliche Flächen. Hier werden keine Stoffe gelagert, die die Mengenschwellen nach der StFV erreichen würden. Der Kanton Zürich führt einen Risikokataster über chemische Risiken mit Angaben über Störfallbetriebe. In einem Umkreis von über 1,5 km befinden sich darin keine stationären Anlagen, welche der StFV unterstellt sind.

In einem minimalen Abstand von rund 30 m (HAA / Kombi) bzw. 80 m (SMA) südöstlich vom Standortareal verläuft eine Erdgasleitung mit 64 bar Betriebsdruck und 10" Durchmesser, welche der StFV unterstellt ist. Sie soll vor dem Bau der OFA in einem genügend grossen Abstand neu verlegt werden. Dabei werden auch die Sicherheitsanforderungen der umliegenden Gebäude und Betriebe zu berücksichtigen sein.

Die regionale Verbindungsstrasse K532 ist nicht in der Durchgangsstrassenverordnung aufgeführt. Sie verläuft heute im nördlichen Bereich durch das Standortareal. Sie wird auf einer Länge von rund 800 m verlegt werden und kommt so ausserhalb zu liegen. Die Bahnlinie Winterthur–Schaffhausen ist nicht der StFV unterstellt. Sie verläuft im Norden in einem minimalen Abstand von rund 40 m vom Standortareal. Auf beiden Verkehrswegen werden heute und auch in absehbarer Zukunft wenig bis praktisch keine Gefahrgüter transportiert. Damit ist nicht von einem relevanten Störfallpotential auszugehen.

Bei allen sieben Betriebskonzepten des 19 km entfernten Flughafens Zürich liegt das Standortareal fünfmal innerhalb und zweimal knapp ausserhalb eines Bandes der meistgewählten Anflugrouten. Abflugrouten führen nicht über den Standort. Die häufigen Anflugrouten über das Standortareal sind für dieses als mobile Gefahrenquelle im Sinne einer ereignis-auslösenden Ursache zu bezeichnen.

#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals wirkt sich nicht grundsätzlich unterschiedlich auf die beschriebenen Objekte aus. Deshalb wird die vorliegende Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert.

Auf dem Standortareal werden Betriebsmittel in Mengen über den Mengenschwellen der StFV gelagert. Dabei handelt es sich um Zement, Natronlauge und Salzsäure. Natronlauge und Salzsäure werden insbesondere für Neutralisationsanlagen, in welchen durch den Kontakt mit Spritzbeton sauer gewordene Abwässer durch Zugabe von Lauge bzw. natürliche Bergwässer mit hohen pH-Werten durch Zugabe von Säure auf einen neutralen pH-Wert gebracht werden, benötigt.

Für den Bau der Lageranlagen unter Tage werden Sprengstoffe benötigt, deren Menge von der gewählten Tunnelvortriebs- bzw. Ausbruchmethode abhängig ist. Die entsprechenden Schutz- und Sicherheitsvorschriften sind in der Sprengstoffgesetzgebung<sup>153</sup> geregelt, die Sprengstoffe unterstehen aber auch der StfV.

#### *Jura Ost*

Aufgrund der geologischen Verhältnisse wird aus heutiger Sicht ein Hochleistungsvortrieb mit einer Tunnelbohrmaschine (TBM) favorisiert. Lediglich für kurze Streckenabschnitte der Zugänge zum Lager ab dem Portal sowie für den Ausbruch der TBM-Montage-Kavernen werden Sprengmittel verwendet. Derzeit ist noch nicht bekannt, ob die gelagerten oder verwendeten Sprengstoffe die entsprechenden Mengenschwellen gemäss StfV erreichen werden.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Für den Ausbruch der Zugangsbauwerke und Lagerstollen werden voraussichtlich Sprengstoffe verwendet. Derzeit ist noch nicht bekannt, ob die gelagerten oder verwendeten Sprengstoffe die entsprechenden Mengenschwellen gemäss StfV erreichen werden.

Die bestehende Erdgasleitung befindet sich in einem genügend grossen Abstand vom Standortareal. Die OFA ist im Hinblick auf die Bahnlinie Koblenz–Eglisau und die kantonale Hauptstrasse HVS 7 entsprechend den möglichen Störfallereignissen auszulegen.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Für den Ausbruch der Zugangsbauwerke und Lagerstollen werden voraussichtlich Sprengstoffe verwendet. Derzeit ist noch nicht bekannt, ob die gelagerten oder verwendeten Sprengstoffe die entsprechenden Mengenschwellen gemäss StfV erreichen werden.

Die bestehende Erdgasleitung befindet sich in einem genügend grossen Abstand vom Standortareal. Die OFA ist im Hinblick auf die regionale Verbindungsstrasse K348 entsprechend den möglichen Störfallereignissen auszulegen.

#### *Zürich Nordost*

Für den Ausbruch der Zugangsbauwerke und Lagerstollen werden voraussichtlich Sprengstoffe verwendet. Derzeit ist noch nicht bekannt, ob die gelagerten oder verwendeten Sprengstoffe die entsprechenden Mengenschwellen gemäss StfV erreichen werden.

### ***Auswirkungen während der Betriebsphasen***

Während der Betriebsphasen werden im Standortareal die gleichen Stoffe wie in den Phasen mit Bauaktivitäten in Mengen über den Mengenschwellen gemäss StfV gelagert, da sie als Betriebsmittel verwendet werden. Es handelt sich insbesondere um Zement, Natronlauge und Salzsäure.

### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

Weil für einige Stoffe die Mengenschwellen der StfV erreicht oder überschritten werden, wird das GTL als Betrieb der StfV unterstellt. Sowohl für die Bau- als auch für die Betriebsphasen müssen Kurzberichte nach StfV erarbeitet und in die entsprechenden UVB integriert werden: Im Kapitel «Störfallvorsorge / Katastrophenschutz» müssen jeweils Aussagen über das maximal mögliche Schadensmass für die aktuelle und zukünftige Situation gemacht werden. Zudem muss nachgewiesen werden, dass der Stand der Sicherheitstechnik eingehalten wird und in Zukunft auch erhalten bleibt. Dabei müssen auch die Sprengstoffe bezüglich vorgesehener Sicherheitsmassnahmen und den Auswirkungen im Falle einer Explosion basierend auf einem Worst Case Szenario betrachtet werden.

---

<sup>153</sup> Bundesgesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz, SprstG, SR 941.41).  
Verordnung über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffverordnung, SprstV, SR 941.411).

Da die Anlage der Störfallverordnung unterstellt sein wird, müssen Massnahmen zur Verminderung des Störfallrisikos ergriffen werden, damit Bevölkerung und Umwelt vor schweren Schädigungen infolge von Störfällen geschützt sind. Da aber die erwähnten Mengenschwellen nicht um Grössenordnungen überschritten werden, das Gefahrenpotenzial der oben erwähnten Stoffe nicht sehr hoch ist und die von möglichen Wirkungen betroffene Umgebung des Standortareals dünn besiedelt ist, ist davon auszugehen, dass in den Kurzberichten nach StFV ein vergleichsweise tiefer Störfallwert resultieren wird. Durch den Bau und Betrieb des Tiefenlagers sind somit keine schwere Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt zu erwarten.

## 4.4.12 Wald

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Als Wald gilt gemäss Art. 2 Ziff. 1 Waldgesetz (WaG)<sup>154</sup> jede Fläche, die mit Waldbäumen oder Waldsträuchern bestockt ist und Waldfunktionen erfüllen kann.

In diesem Kapitel werden die Wälder anhand der vorherrschenden Waldgesellschaften<sup>155</sup> und Baumarten sowie nach ihrem Schutzstatus beschrieben. Von Rodungen betroffene Flächen werden grob quantifiziert und so weit als möglich lokalisiert. Wildtierkorridore weisen zwar einen direkten Bezug zu den Wäldern auf, werden jedoch im Kapitel 4.4.13 beschrieben.

Die Wälder werden in einem Umkreis von knapp einem Kilometer um das Standortareal charakterisiert. Damit kann der forstliche Zusammenhang der geplanten Eingriffe und der allfälligen Beeinträchtigungen durch die noch nicht lokalisierten Bauinstallationsflächen erfasst werden.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Der Wald soll in seiner Fläche und in seiner räumlichen Verteilung erhalten und als naturnahe Lebensgemeinschaft geschützt werden. Er soll seine Funktionen, namentlich seine Schutz-, Wohlfahrts- und Nutzfunktion (Waldfunktionen) erfüllen können (WaG Art. 1).

Grundsätzlich soll die Waldfläche nicht vermindert werden (WaG Art. 3), d. h. Rodungen sind verboten (WaG Art. 5). Eine Ausnahmegewilligung darf erteilt werden, wenn für die Rodung wichtige Gründe nachgewiesen werden, welche das Interesse an der Walderhaltung überwiegen und zudem die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- Das Werk, für das gerodet werden soll, muss auf den vorgesehenen Standort angewiesen sein;
- Das Werk muss die Voraussetzungen der Raumplanung sachlich erfüllen;
- Die Rodung darf zu keiner erheblichen Gefährdung der Umwelt führen (WaG Art. 5 Ziff. 2).

Für jede Rodung ist in derselben Gegend mit standortgerechten Arten ein Realersatz zu leisten. Anstelle von Realersatz können ausnahmsweise zur Schonung von landwirtschaftlichem Kulturland sowie ökologisch oder landschaftlich wertvoller Gebiete gleichwertige Massnahmen zu Gunsten des Natur- und Landschaftsschutzes getroffen werden (WaG Art. 7).

Im Rahmen des UVB 1. Stufe muss im Rahmen des Rodungsgesuches abgeklärt werden, ob die Rodung permanent oder – allenfalls nur auf einem Teil der Fläche – temporär sein wird. Im ersten Fall muss abgeklärt werden, ob in der Umgebung mögliche Ersatz-Aufforstungsflächen zur Verfügung stehen. Dabei ist auch die Schonung landwirtschaftlicher Vorrangflächen sowie ökologisch oder landschaftlich wertvoller Gebiete zu berücksichtigen. Andernfalls wird der Realersatz in einer andern Gegend zu leisten oder werden Ersatzmassnahmen für den Natur- und Landschaftsschutz zu planen sein.

Für Gebäude und gebäudeähnliche Bauten gilt im Kanton Aargau (für die OFA JO-3+) gegenüber Wäldern ein Mindestabstand von 18 m und im Kanton Zürich (für die OFA NL-6 und ZNO-6b) ein solcher von 30 m.

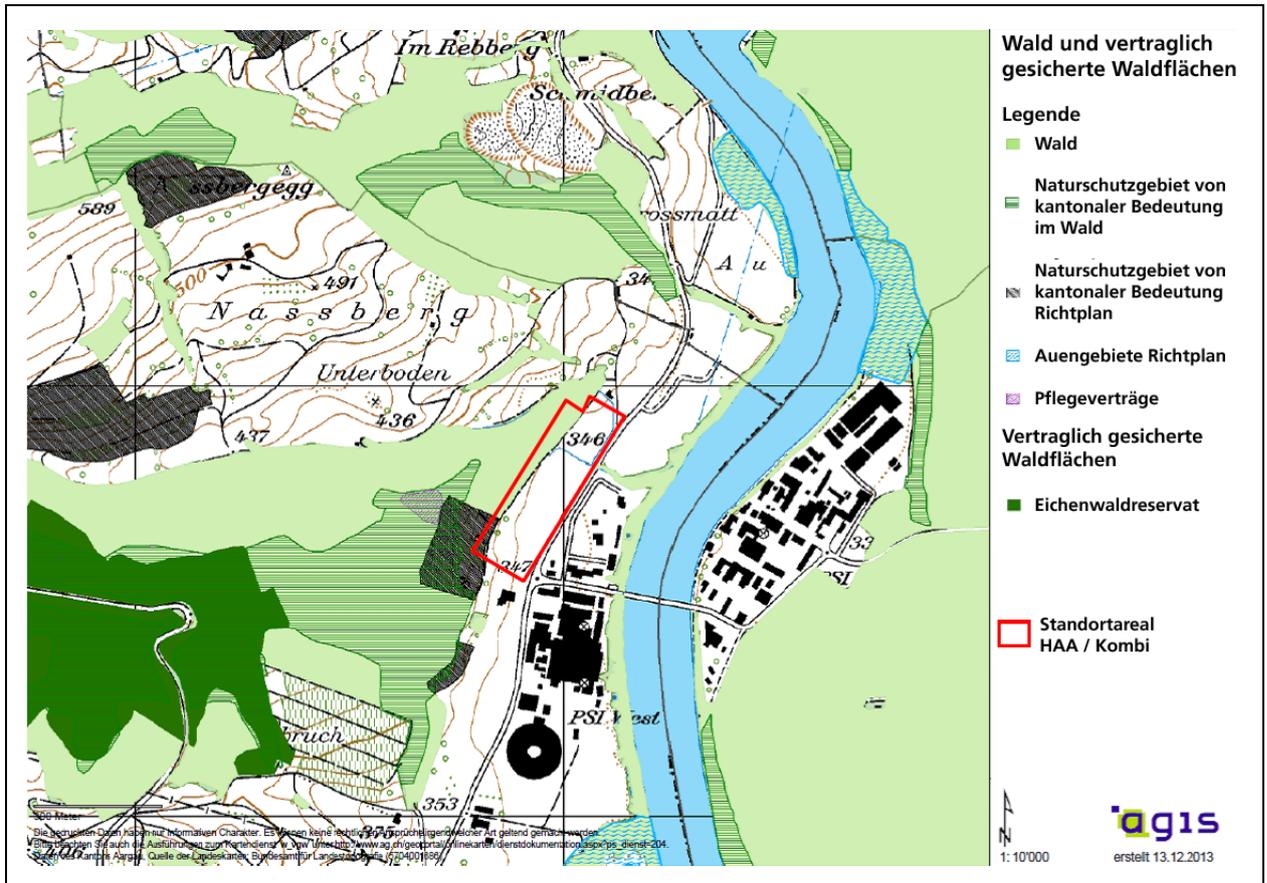
---

<sup>154</sup> Bundesgesetz über den Wald (Waldgesetz, WaG, SR 921.0).

<sup>155</sup> Nach «Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz» von Heinz Ellenberg und Frank Klötzli (1972).

## Ausgangszustand

Jura Ost



**Abb. 65** Wald und vertraglich gesicherte Waldflächen im Gebiet des Standortareals JO-3+ (Beispiel HAA/Kombi) aGIS, Kanton AG, 2013.

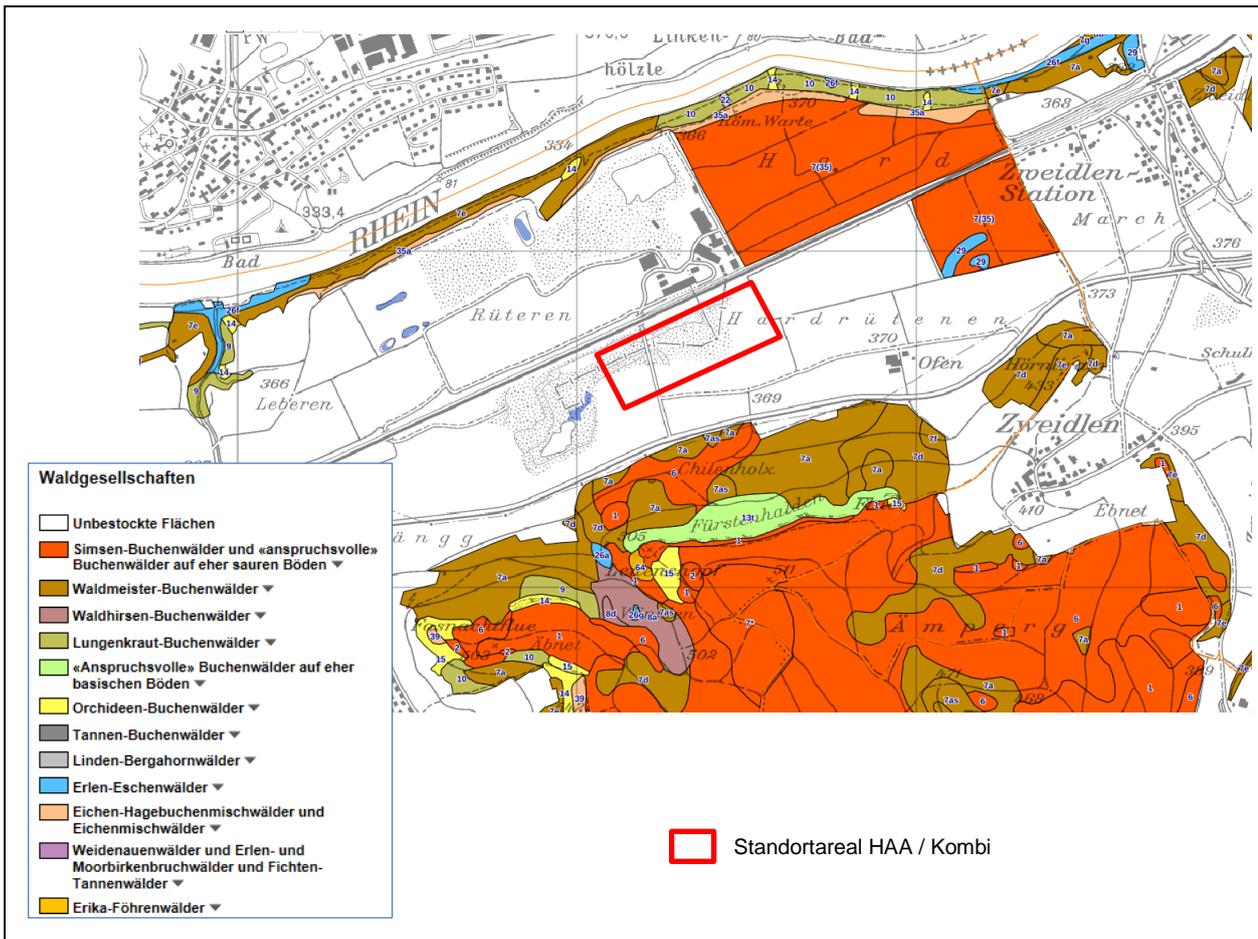
Das Standortareal befindet sich am östlichen Hangfuss der Erhebung des Tüeliboden, der hier die linke Talflanke des Aaretals bildet. An diesem Hang wächst hinauf auf den Tüeliboden und zum Nollen und weiter darüber hinaus hauptsächlich ein Kalk-Buchenwald. In kleinerem Ausmass ist hier auch ein Orchideen-Buchenwald sowie im Bereich des gemäss Richtplan ausgeschiedenen Naturschutzgebietes bei der Südwestecke des Standortareals ein Eichen-Föhrenwald vorhanden. Das genannte Naturschutzgebiet umfasst einen Pfeifengras-Föhrenwald mit einer angrenzenden Magerwiese, die zusammen einen Teil des wertvollen Lebensraummosaiks für Arten der trockenen Standorte darstellen.

Ein Teil des Waldes ist als «Naturschutzgebiet im Wald von kantonaler Bedeutung» ausgeschieden (Abb. 65). Es wird durch die Bauvorhaben nicht tangiert, da seine Grenze rund 50 m und mehr vom Waldrand entfernt verläuft. Auch ein Eichenwaldreservat weiter westlich im Kerngebiet des Waldes wird nicht beeinträchtigt.

Entlang dem linken Aareufer verläuft ein wenige Dekameter schmales Waldband, das in einem kleinen Bereich von der geplanten Brücke vom Zwilag über die Aare betroffen würde.

### Nördlich Lägern NL-2

Das Standortareal liegt in einer Ebene zwischen Weiach und Zweidlen, eingebettet zwischen dem Rhein im Norden und der bewaldeten Erhebung des Ämperg im Süden. An der steilen Nordflanke des Ämperg mit dem Leuenchopf und der Fasnachtflue bilden Gesellschaften aus Waldmeister-Buchenwald, Simsen-Buchenwald und anspruchsvolle Buchenwälder auf eher sauren Böden den grössten Teil des Waldbestands (Abb. 66). Auf den eher trockenen und kalkreichen Böden an der Westflanke des Ämperg im Gebiet Fasnachtflue, sind stellenweise auch kleinflächige Bestände von Orchideen-Buchenwäldern und Lungenkraut-Buchenwäldern vorkommend. Weiter südlich sind auch Eiche und Hagenbuche vertreten. Der kürzeste Abstand vom Standortareal zu den bestockten Waldflächen am Ämperg beträgt ca. 160 m.



**Abb. 66** Waldgesellschaften im Bereich des Standortareals NL-2 (Beispiel HAA/Kombi). GIS Kanton ZH, 2017.

Das südliche Rheinufer, ca. 500 m vom Perimeter des Standortareals entfernt, wird gesäumt von einem ca. 50 m breiten Uferwaldstreifen, bestehend aus Laubmischwald mit der Rotbuche als wichtigste Baumart (Waldmeister-Buchenwald und Lungenkraut-Buchenwald).

Die Flächen des Hardwald schliessen im Osten an den Uferwaldstreifen an und erstrecken sich bis an die Bahnlinie, welche unmittelbar nördlich des Standortareals verläuft. Der Hauptbestand dieses Waldstücks wird gebildet aus Gesellschaften von Simsen-Buchewäldern und anspruchsvollen Buchenwälder auf eher sauren Böden. Der Abstand zum Standortareal beträgt hier ca. 50 m. Die Waldstandorte am Rhein und am Ämperg sind durch den offenen Korridor im Hardrütene über zwei weitere Waldstücke bei Zweidlen Station und Zweidlen Dorf miteinander vernetzt. Diese Vernetzungssachse verläuft ca. 1 km östlich des Standortareals.

Ein ausgedehnter, durchgehender Waldstreifen im obersten Bereich der Nordflanke zwischen Flue und Fasnachtflue weiter bis auf die Westflanke des Ämperg, ist als Standort von naturkundlicher Bedeutung als Waldschutzzone IV (Schutzverordnung nach PBG<sup>156</sup>) ausgeschieden (vgl. Abb. 71). Schutzziele sind die langfristige Erhaltung standortgemässer Waldgesellschaften, schutzwürdiger Waldformen und -typen sowie stufig aufgebauter Waldränder. Den gleichen Schutzstatus haben der Waldstreifen am Rheinufer, Teilabschnitte des Hardwalds sowie die Waldstücke bei Zweidlen Station und Zweidlen Dorf. Gemäss dem Waldentwicklungsplan Kanton Zürich ist nebst dem Schutz der ausgewiesenen Zonen die Holzproduktion in den Wäldern am Ämperg und in der Hard eine vorrangige Zielsetzung. Der Ämpergwald stellt dabei gleichzeitig einen wenig begangenen Lebensraum dar. Zudem besitzt er in Teilen der Nord- und der Westflanke den Status Eichenförderung. Darüber hinaus ist sowohl im Rheinuferwald als auch im Ämpergwald auf verschiedenen Abschnitten eine Waldrandförderung vorgesehen.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Das Standortareal liegt in einem kleinen Taleinschnitt am Osthang des Ämperg, dem Haberstal. Der Talboden wird als Ackerland genutzt. Auf drei Seiten wird er von Wald umsäumt. Gegen Osten öffnet sich das Tal in die weite Ebene des Windlacher Felds mit den landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie dem ausgedehnten Materialabbaugebiet Rütifeld östlich der Zweidlerstrasse. Der Perimeter des geplanten Standortareals sowie des deckungsfreien Vorfelds überlagert grösstenteils das Ackerland, reicht aber sowohl auf der Nordseite (Girirain) als auch auf der Südseite (Salirain) mehrere Meter in den Waldbestand hinein. Der neu zu erstellende Strassenabschnitt für die Erschliessung des Areals von Norden her liegt ebenfalls im Wald.

Der Wald am Ämperg besteht aus Laubmischwald mit ausgewachsenen Baumbeständen und der Rotbuche als wichtigste Baumart (Abb. 67). An der steilen Nordflanke sowie auf der Ostseite des Ämperg, auf dem Ausläufer südlich des Standortareals zum Sali, bildet der Waldmeister-Buchenwald den Hauptbestand. Die anschliessenden Hänge nördlich und nord-östlichen des Standortareals sind mit Beständen des Simsen-Buchenwalds und anspruchsvollen Buchenwäldern auf eher sauren Böden bestockt. Auf den eher trockenen und kalkreichen Böden in der nord-westlichen Ecke sind kleinflächig auch Bestände von Orchideen-Buchenwäldern und Lungenkraut-Buchenwäldern vorkommend.

An den West- und Südwesthängen des Ämperg kommen nebst den bereits erwähnten Waldgesellschaften auf den eher sauren Böden auch noch kleinflächige Bestände von Eichen-Hagenbuchenmischwäldern, Lungenkraut- und Orchideen-Buchenwäldern vor. Diese Wälder befinden sich ca. 1 bis 2 km vom Standortareal entfernt.

Die Wälder des Ämperg sind grossräumig über die in offenen Korridoren verlaufenden Ausbreitungsachsen, mit den ebenfalls dicht bewaldeten Erhebungen Chatzenstig im Osten, Stadlerberg im Südosten und Strassberg im Südwesten vernetzt. Das Standortareal liegt im Randbereich einer dieser Ausbreitungsachsen (siehe auch Kapitel 4.4.13 Flora, Fauna, Lebensräume).

Waldflächen, welche als Standorte von naturkundlicher Bedeutung ausgeschieden sind, sind in der Umgebung des Standortareals nicht vorhanden. Die nächstliegende Waldschutzzone IV (Schutzverordnung nach PBG), befindet sich im obersten Bereich der Nordflanke und der Westflanke des Ämperg in ca. 1.5 km Entfernung (Abb. 73). Die Waldschutzzone IV hat die langfristige Erhaltung standortgemässer Waldgesellschaften, schutzwürdiger Waldformen und -typen sowie stufig aufgebauter Waldränder zum Ziel.

Gemäss dem Waldentwicklungsplan Kanton Zürich ist nebst dem Schutz der ausgewiesenen Zonen, die Holzproduktion in den Wäldern am Ämperg und in der Hard eine vorrangige Zielsetzung. Der Ämpergwald stellt dabei gleichzeitig wenig begangenen Lebensraum dar. Zudem besitzt er in Teilen der

<sup>156</sup> Planungs- und Baugesetz des Kantons ZH (PBG)

Nord- und der Westflanke den Status Eichenförderung. Darüber hinaus ist auf verschiedenen Abschnitten die Waldrandförderung vorgesehen.

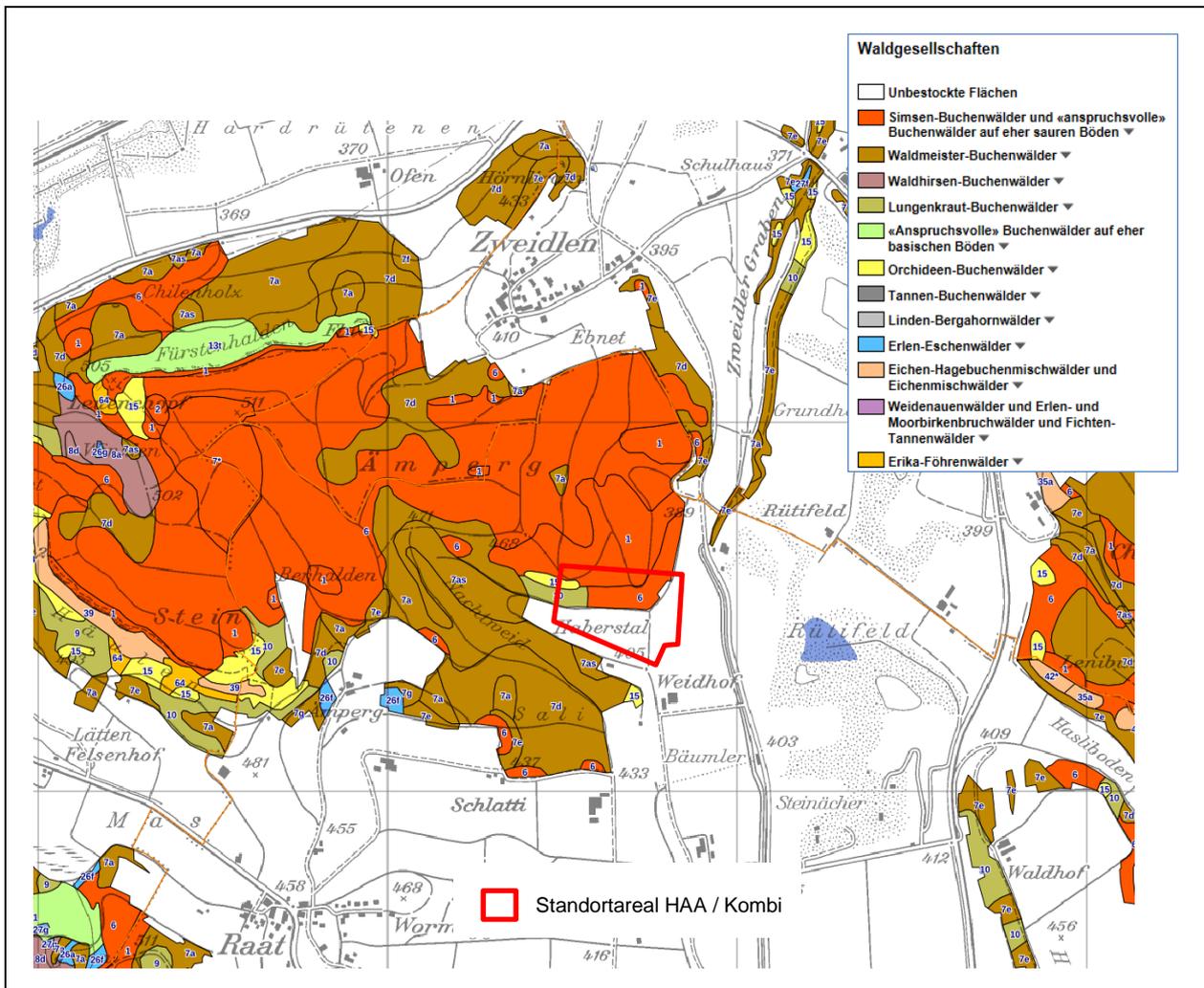
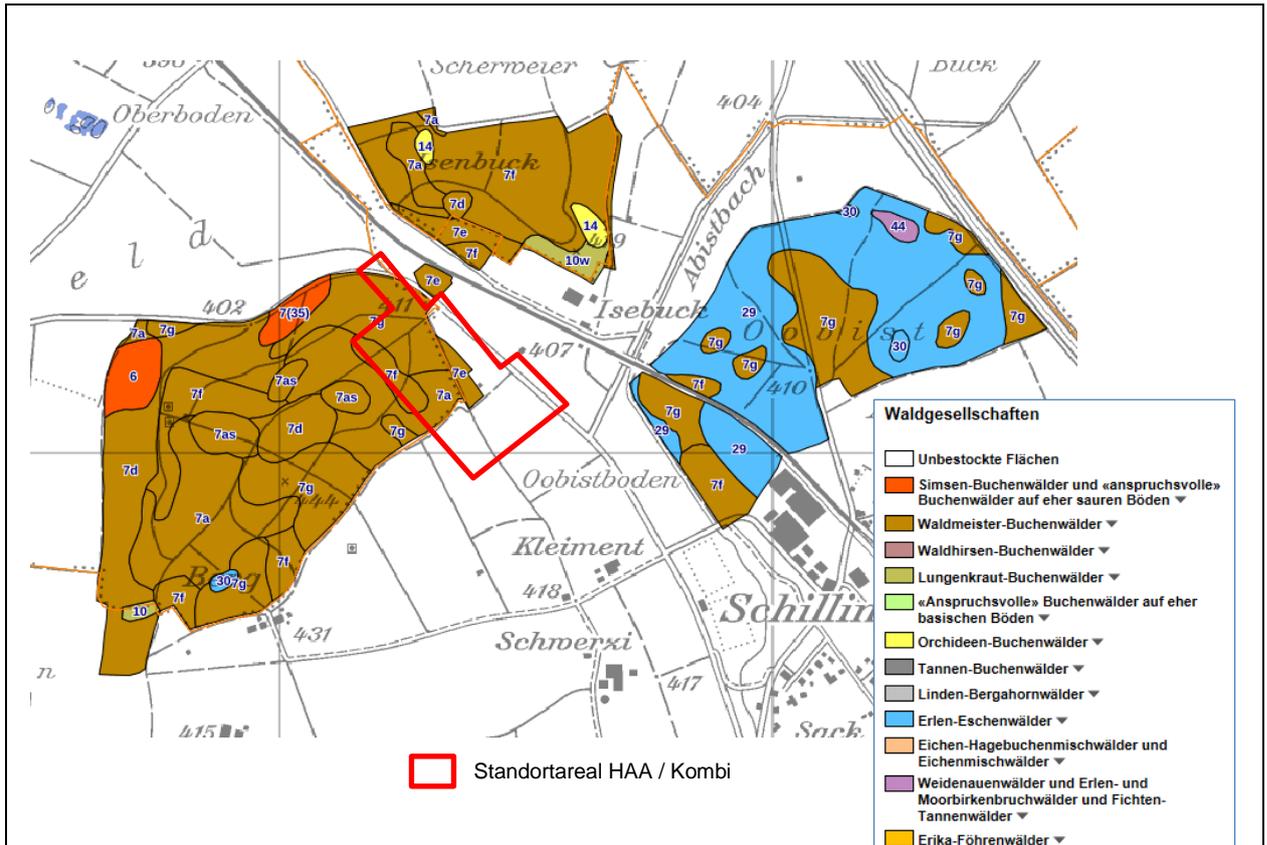


Abb. 67 Waldgesellschaften im Bereich des Standortareals NL-6 (Beispiel HAA/Kombi). GIS Kanton ZH, 2017.

### Zürich Nordost

Das Standortareal liegt nördlich von Marthalen zwischen den beiden bewaldeten Erhebungen Bergholz im Westen und Isenbuck im Norden. Etwas weiter weg, gut 100 m im Osten, liegt der Wald Abist. Die beiden Wälder Bergholz und Isenbuck bestehen aus Laubmischwald mit ausgewachsenen Baumbeständen und der Rotbuche als weitaus wichtigster Baumart (Abb. 68). Die Waldgesellschaft Waldmeister-Buchenwald ist vorherrschend. In kleinen Bereichen kommen auch die Gesellschaften Hainsimsen-Buchenwald (Bergholz) mit anspruchsvollen Buchenwäldern auf eher sauren Böden sowie Orchideen-Buchenwald (Isenbuck) vor. Neben der Buche sind auch Eiche und Esche häufig vertreten, Nadelbäume sind nur spärlich vorhanden (v. a. Fichte und Tanne). Der Wald im Abist gehört infolge der weniger erhöhten Lage vorwiegend zur Gesellschaft Erlen-Eschenwald, mit einem kleinen Anteil an Waldmeister-Buchenwald. Keiner der Waldstandorte in der Umgebung ist von spezieller ökologischer Bedeutung.



**Abb. 68** Waldgesellschaften beim Standortareal ZNO-6b- (Beispiel HAA/Kombi). GIS Kanton ZH, 2017.

Gemäss Waldentwicklungsplan des Kantons Zürich ist in allen drei wenig begangenen Wäldern die Holzproduktion eine vorrangige Zielsetzung. Der ganze Abistwald und kleinere Teile des Bergholzes weisen den Status «Eichenförderung» auf.

Der westliche Teil des Standortareals überlappt den östlichen Teil des Bergholzes. Hier setzt sich der Waldbestand aus unterschiedlichen Altersstufen des Waldmeister-Buchenwaldes zusammen. Gemäss Waldentwicklungsplan ist unter anderem in diesem Bereich eine Waldrandförderung vorgesehen.

#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

Die Standortareale JO-3+, NL-6 und ZNO-6b liegen teilweise im Wald. Es sind dort deshalb Rodungen und entsprechend Rodungsgesuche notwendig.

Die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals wirkt sich nicht grundsätzlich unterschiedlich auf die beschriebenen Objekte aus. Deshalb wird die vorliegende Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert. Die Rodungsflächen sind jedoch für ein SMA-Lager kleiner als für ein HAA- oder Kombilager.

Die Anordnung der Installationsplätze ist noch nicht bestimmt. Die Ausdehnung der dafür notwendigen temporären Rodungen wird erst im Verlauf der weiteren Planungen bekannt. Allfällige entsprechende Rodungsflächen können nach Bauabschluss, also früher als die übrigen, wieder aufgeforstet werden.

Im Rahmen des UVB 1. Stufe muss im Rahmen des Rodungsgesuches abgeklärt werden, ob die Rodung permanent oder – allenfalls nur auf einem Teil der Fläche – temporär sein wird. Im ersten Fall muss abgeklärt werden, ob in der Umgebung mögliche Ersatz-Aufforstungsflächen zur Verfügung stehen. Dabei ist auch die Schonung landwirtschaftlicher Vorrangflächen sowie ökologisch oder landschaftlich wertvoller Gebiete zu berücksichtigen. Andernfalls werden Ersatzmassnahmen für den Natur- und Landschaftsschutz zu planen sein.

Bemerkung zur Standortgebundenheit der OFA: Die Standortwahl erfolgte im Rahmen eines komplexen partizipativen Verfahrens (vgl. Kap.2.5). In diesem wurden auch weitere Standorte für die OFA nach einer Vielzahl von Kriterien auf ihre Eignung beurteilt. Sie werden im UVB 1. Stufe im Hinblick auf die Rodungsvoraussetzungen dargelegt werden.

#### *Jura Ost*

Die OFA wird im Talboden bis unmittelbar entlang des Hangfusses situiert. Für die Portalgebäude und die Tunnelzugänge wird der Hang im untersten Bereich teilweise abgetragen. Dafür muss der Wald in einem schmalen Band entlang des Waldrandes bis zum Rückbau der OFA gerodet werden (SMA: 1,1 ha; HAA/Kombi: 2,0 ha). Durch den südwestlichen Teil des Standortareals wird das kantonale Naturschutzgebiet tangiert. Hierfür sind in der weiteren Planung Ersatzmassnahmen zu evaluieren. Das schmale Waldband entlang dem linken Aareufer wird von der geplanten Strasse vom Zwilag durch den Brückenpfeiler und den Übergang in den Tunnel Richtung Standortareal vermutlich vollständig unterbrochen.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Das vorgesehene Standortareal liegt ausserhalb der Waldbestände. Für den Bau der OFA und deren Erschliessung sind keine Rodungen notwendig.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Das vorgesehene Standortareal und ein Teilabschnitt der Erschliessung liegen teilweise im Wald. Entsprechende Rodungen im Umfang von total ca. 3.4 ha sind für den Bau der OFA sowie die Zugangswege erforderlich. Davon entfallen ca. 1.8 ha auf das Areal, ca. 0.5 ha auf die neu zu erstellende Erschliessungsstrasse von Norden her und ca. 1,1 ha auf das benötigte deckungsfreie Vorfeld, angrenzend ans Standortareal.

#### *Zürich Nordost*

Das vorgesehene Standortareal befindet sich knapp zur Hälfte im Wald. Der Bau der OFA und deren Strassenerschliessung erfordern deshalb entsprechende Rodungen (SMA: 3,4 ha, HAA/Kombi: 4,0 ha). Dasselbe gilt für das benötigte deckungsfreie Vorfeld angrenzend ans Standortareal und einen kurzen Abschnitt der zu verlegenden Strasse K532.

### ***Auswirkungen während der Betriebsphasen***

In den Betriebsphasen werden keine weiteren Waldflächen beansprucht. Sie haben somit keinen Einfluss auf die angrenzenden und umliegenden Waldflächen. Die zu rodende Waldfläche wird jedoch beim Standortareal nicht wiederhergestellt werden können, da die OFA und die Erschliessung mindestens bis zum Verschluss des Lagers bestehen bleiben. Ein allfälliger Rückbau der Bauten und eine Wiederaufforstung werden späteren Generationen überlassen.

### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

Aus heutiger Sicht spricht nichts dagegen, dass die im 2. Abschnitt erwähnten Bedingungen für eine Waldrodung an den Standorten JO-3+, NL-6 und ZNO-6b erfüllt werden können. Der entsprechende Realersatz und/oder die Ersatzmassnahmen werden in einer späteren Projektphase geplant. Das generelle Schutzziel, den Wald in seiner Fläche und in seiner räumlichen Verteilung zu erhalten, kann aber nicht vollständig erfüllt werden. Die voraussichtlichen Auswirkungen auf den Wald sind mit Rodungen von – je nach Standort und Lagertyp – rund einer bis vier Hektaren als erheblich zu bezeichnen.

Das Standortareal NL-2 liegt ausserhalb von Waldbeständen. Hier sind deshalb keine Auswirkungen auf den Wald zu erwarten.

## 4.4.13 Flora, Fauna, Lebensräume

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

In diesem Kapitel werden die terrestrische (landgestützte) Pflanzen- und Tierwelt sowie deren Lebensräume beschrieben. Dabei geht es um den ökologischen (d. h. nicht um den ästhetischen bzw. gesellschaftlichen) Wert dieser Objekte. Folgende Themen, die im Prinzip auch unter die allgemein gehaltene Überschrift «Flora, Fauna, Lebensräume» fallen, werden in andern Kapiteln behandelt:

- Der Wald als Lebensraum in Kapitel 4.4.12 Wald;
- Der hydrologische Aspekt der Gewässer in Kapitel 4.4.5 Gewässer;
- Neobiota (konkret die invasiven Neophyten) in Kapitel 4.4.10 Umweltgefährdende Organismen.

Die wichtigsten, an den beiden Standorten relevanten und somit in diesem Kapitel beschriebenen Aspekte und Instrumente sind Vernetzungsachsen<sup>157</sup> und Wildtierkorridore<sup>158</sup>, kantonale Naturschutzgebiete, die Roten Listen sowie Einzelobjekte wie z. B. Hochstammobstbäume.

Die Auswirkungen in den Bau- und Betriebsphasen sind einerseits auf das Vorhandensein von Bauten und Anlagen selber zurückzuführen (ganzes Standortareal, Bauinstallationen, Erschliessungswege). Dadurch können die verschiedenen Lebensräume bis zu einem Abstand von einigen 10 m bis wenigen 100 m beeinträchtigt sein. Andererseits verursacht diese Infrastruktur verschiedene Emissionen wie Lärm, Licht und die Bewegung von Objekten. Insgesamt können die Lebensräume ab einer Entfernung von maximal einem Kilometer von Bauten und Anlagen als nicht beeinträchtigt gelten.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Die einheimische Tier- und Pflanzenwelt sowie ihre biologische Vielfalt und ihr natürlicher Lebensraum sind zu schützen (Art. 1 Bst. d NHG). Diesem übergeordneten gesetzlichen Schutz tragen zahlreiche Instrumente wie Schutzgebiete, Inventare, Reservate und Labels auf verschiedenen staatlichen Ebenen Rechnung.

Für die SÖW-Studien<sup>159</sup> wurde unterschieden zwischen Schutzobjekten von «hoher» ökologischer Bedeutung (Moore und Auenlandschaften von nationaler Bedeutung, Nationalpärke) und solchen von «niederer» ökologischer Bedeutung (u. a. Moorlandschaften, regionale Natur- und Erlebnisparks, BLN-Gebiete und solchen mit internationalen Labels)<sup>160</sup>.

### *Ausgangszustand*

#### *Jura Ost*

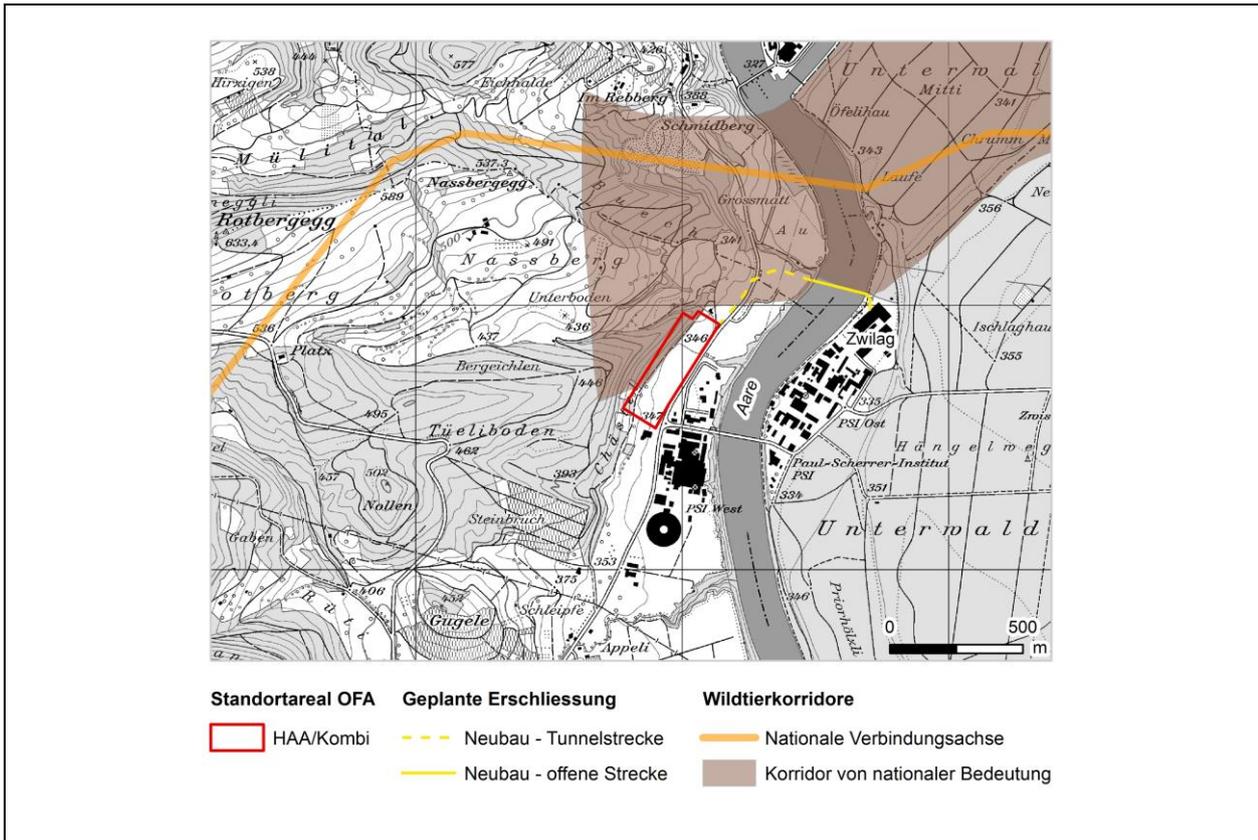
Das eigentliche Standortareal ist hinsichtlich Flora, Fauna und Lebensräume infolge der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung von untergeordneter Bedeutung. An der Südwestecke angrenzend bzw. noch leicht überschneidend befindet sich ein an der Bergflanke liegendes Naturschutzobjekt von kantonalen Bedeutung mit einem Pfeifengras-Föhrenwald und einer angrenzenden Trockenwiese als wichtiger Lebensraum für trockenheitsliebende Arten.

<sup>157</sup> Die nationalen Vernetzungsachsen bilden in ihrer Gesamtheit ein zusammenhängendes, gesamtschweizerisches Vernetzungssystem. Es zeigt die grossräumige Vernetzung innerhalb der Schweiz für bestimmte Tiergruppen, hier Wildtiere, auf. Synonym für Vernetzungsachsen werden auch die Begriffe Bewegungs-, Verbindungs- und Ausbreitungsachsen verwendet.

<sup>158</sup> Wildtierkorridore sind die festen Routen, auf denen sich Wildtiere grossräumig bewegen. Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung vernetzen innerhalb des Verbreitungsareals einer Art Populationen grossräumig miteinander. Sie konkretisieren einen bestimmten Abschnitt des o. e. Vernetzungssystems und sind im Unterschied zu diesem als Flächen definiert. Deren Ränder verlaufen i. d. R. entlang verschiedener landschaftlicher Strukturen. In der Schweiz existieren 303 Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung (Stand 2012).

<sup>159</sup> Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie in Etappe 2, Methodikbericht, S. 58.

<sup>160</sup> Diese weisen aber teilweise einen hohen gesellschaftlichen Wert auf.



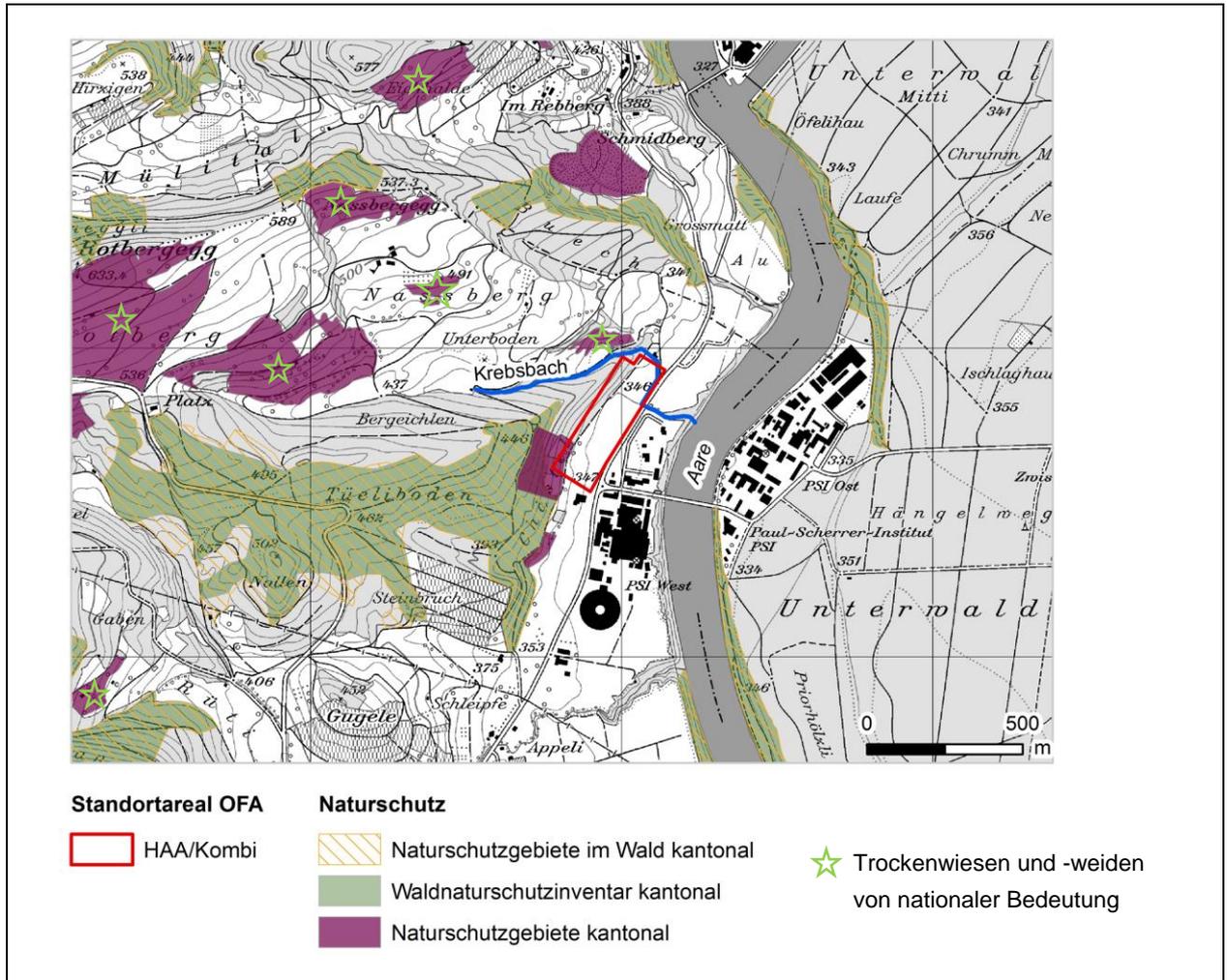
**Abb. 69** Wildtierkorridore im Bereich des Standortareals JO-3+  
(Beispiel HAA/Kombi; Geodaten BAFU, bearbeitet durch Ecosens).

Nördlich des Standortareals fliesst der Krebsbach vorbei. Er stellt eine Verbindungsachse zwischen dem Nassberg bzw. dem Wald im Tüeliboden einerseits und der Aare andererseits dar. Er weist grösstenteils eine natürliche bis naturnahe Gewässermorphologie auf. Im Abschnitt zwischen dem Waldrand und der Kantonsstrasse ist er allerdings stark verbaut. Aufgrund seiner Verbindung mit der Aare stellt er neben seiner Vernetzungsfunktion auch selber einen wichtigen Lebensraum dar.

Nördlich und westlich des Standortareals führt in ost-westlicher Richtung der überregionale Wildtierkorridor 5, Böttstein–Villigen über die Aare (Abb. 69). Er verbindet die Gebiete Jura, Westschweiz und Ostschweiz grossräumig miteinander, wird aber sowohl durch die Kantonsstrasse K442 als auch durch die Aare durchschnitten, was seine Durchgängigkeit erschwert. Deshalb wird er als «beeinträchtigt» eingestuft und soll gemäss einem Masterplan des Kantons Aargau saniert werden. In diesen Korridor eingebettet liegt auch eine Vernetzungsachse von nationaler Bedeutung. Dem Korridor wird gemäss Bundesgerichtsentscheid 128 II 1 nationale Bedeutung beigemessen, was bei Vorhaben in seinem Perimeter entsprechend berücksichtigt werden muss.

Die Trockenstandorte von nationaler Bedeutung und die Schutzgebiete von kantonaler Bedeutung im Umfeld des Standortareals sind in Abb. 70 dargestellt.

In den vielfältigen Lebensraumtypen entlang des Waldrandes am Hangfuss sowie dem Krebsbach sind Fundmeldungen von verschiedenen Amphibien-, Reptilien-, Insekten- und Fledermausarten der Roten Liste in der Datenbank von INFO SPECIES registriert. Im Gebiet Chästel sind trockenheitsliebende Pflanzenarten (u. a. zahlreiche Orchideenarten) der Roten Liste nachgewiesen. Somit sind auch am Standort der Tiefenlagerbauten Vorkommen von Arten der Roten Liste mit hoher Gefährdung zu erwarten.



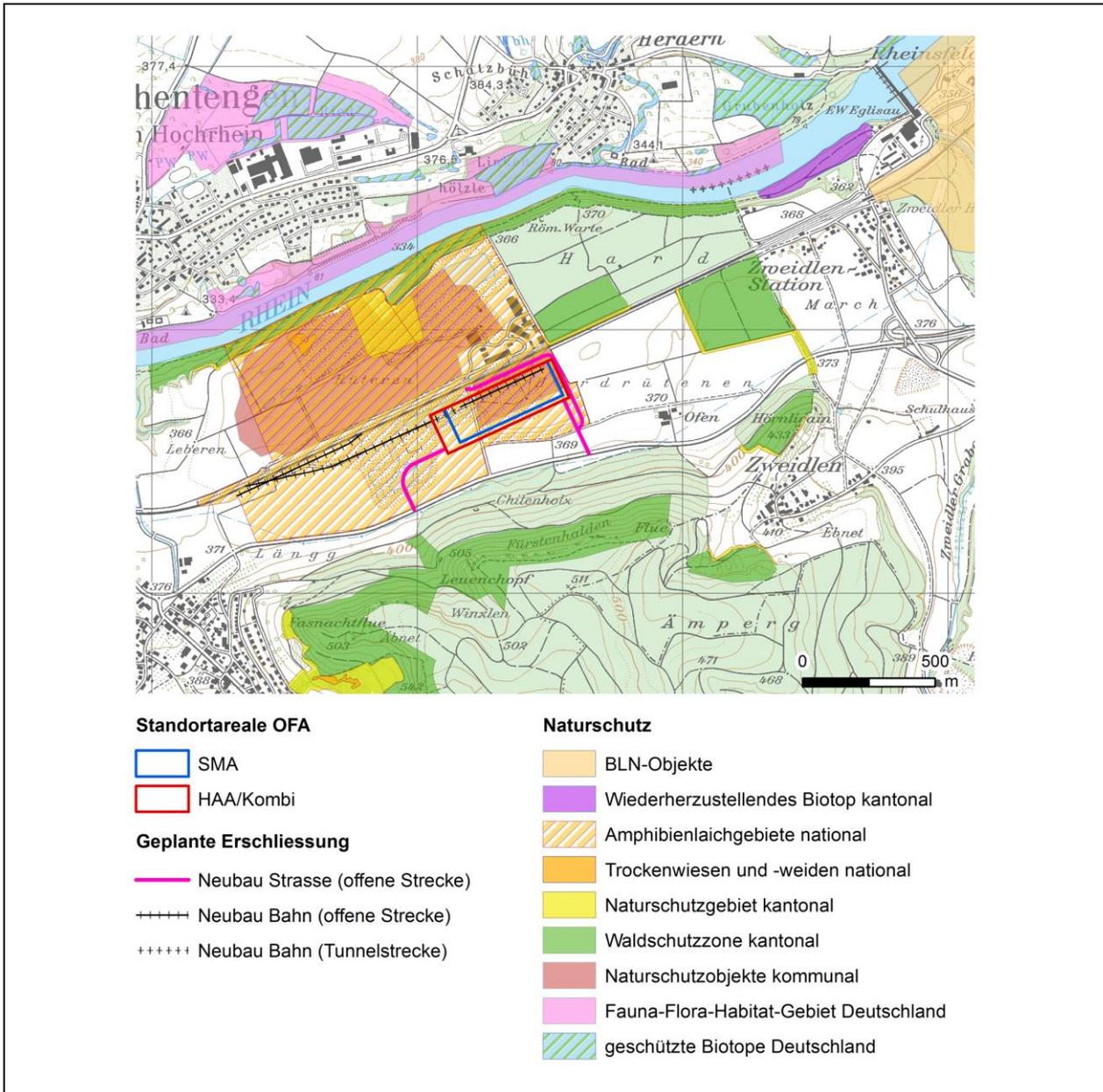
**Abb. 70** Schutzgebiete von kantonalen Bedeutung beim Standortareal JO-3+ (Geodaten Kt. AG und BAFU, bearbeitet durch Ecosens und BFE).

Um das landwirtschaftliche Gebäude südlich (Wolfhag) und beim Gebäude nördlich des Standortareals befinden sich einige Hochstamm-Obstbäume. Deren Anbindung an den nahen Wald und an die Naturobjekte am Waldrand bzw. an die Hecke entlang des Krebsbachs verstärken ihren ökologischen Wert.

#### Nördlich Lägern NL-2

Das eigentliche Standortareal liegt komplett im aktuellen Kiesabbaugelände, welches gemäss Zonenplan eine landwirtschaftliche Nutzfläche überlagert. Entsprechend wird die Fläche intensiv genutzt und ist hinsichtlich wertvoller Lebensräume nicht von Bedeutung. Die umliegenden Flächen dienen der Landwirtschaft und werden ebenfalls intensiv genutzt.

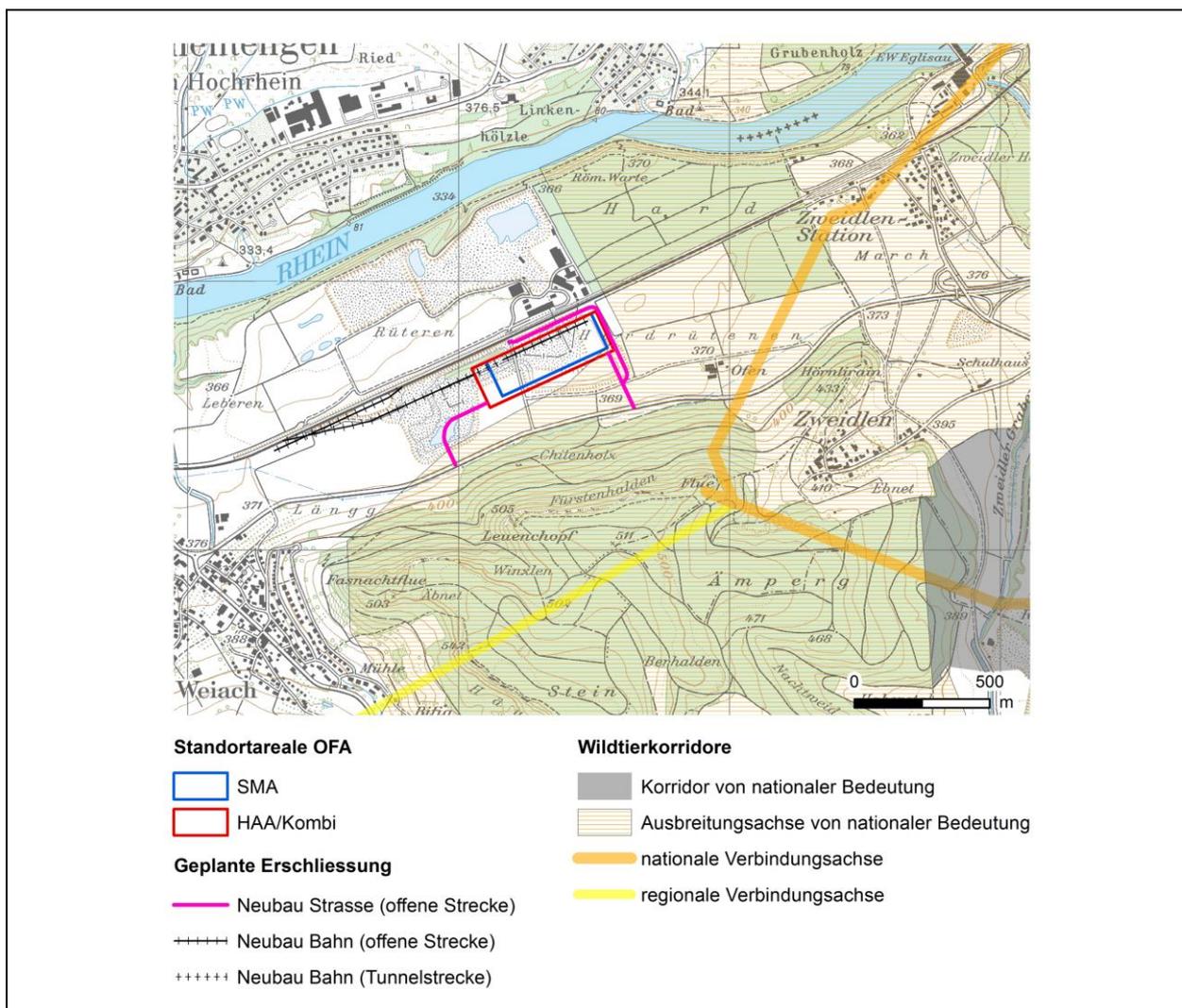
Über den ganzen Kiesabbauperimeter erstreckt sich das Amphibienlaichgebiet Kiesgrube Rütene (Abb. 71). Das Laichgebiet ist von nationaler Bedeutung und wurde in das Bundesinventar aufgenommen (Nr. ZH953). Das definierte Kerngebiet dieses Objekts liegt rund 200 Meter nordwestlich des Standortareals und nördlich der Bahnlinie. Innerhalb dieses Bereichs befindet sich auch ein inventarisiertes Objekt der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung (TSO Rütene, Objekt-Nr. 3808.0). Aufgrund des Abstands werden diese Flächen jedoch nicht negativ beeinflusst.



**Abb. 71** Schutzgebiete von nationaler und kantonaler Bedeutung im Bereich des Standortareals NL-2 (Geodaten BAFU und Kanton ZH, bearbeitet durch Ecosens).

Im Umfeld des Standortareals sind weitere Lebensraumelemente vorhanden, die durch das Vorhaben jedoch nicht beeinträchtigt werden:

- Auf Gemeindegebiet Hohentengen liegen geschützte Flächen (Flora-Fauna-Habitats FFH und Biotope) entlang des Rheinuferes.
- Entlang der Bahnlinie befinden sich im Bereich des Kiesabbauperimeters verschiedene Hecken mit extensiv bewirtschafteten Krautsäumen.
- Am Südhang des Ämperg im Gebiet Fasnachtflue befindet sich der als nationales Schutzgebiet ausgewiesene Trockenstandort Bifig (Objekt-Nr. 3754).
- In rund 1 km Abstand westlich des Standortareals fliesst der Dorfbach von Weiach zum Rhein. Ausserdem sind eingangs Weiach südlich der Glattfelderstrasse einige Obstgärten vorhanden.



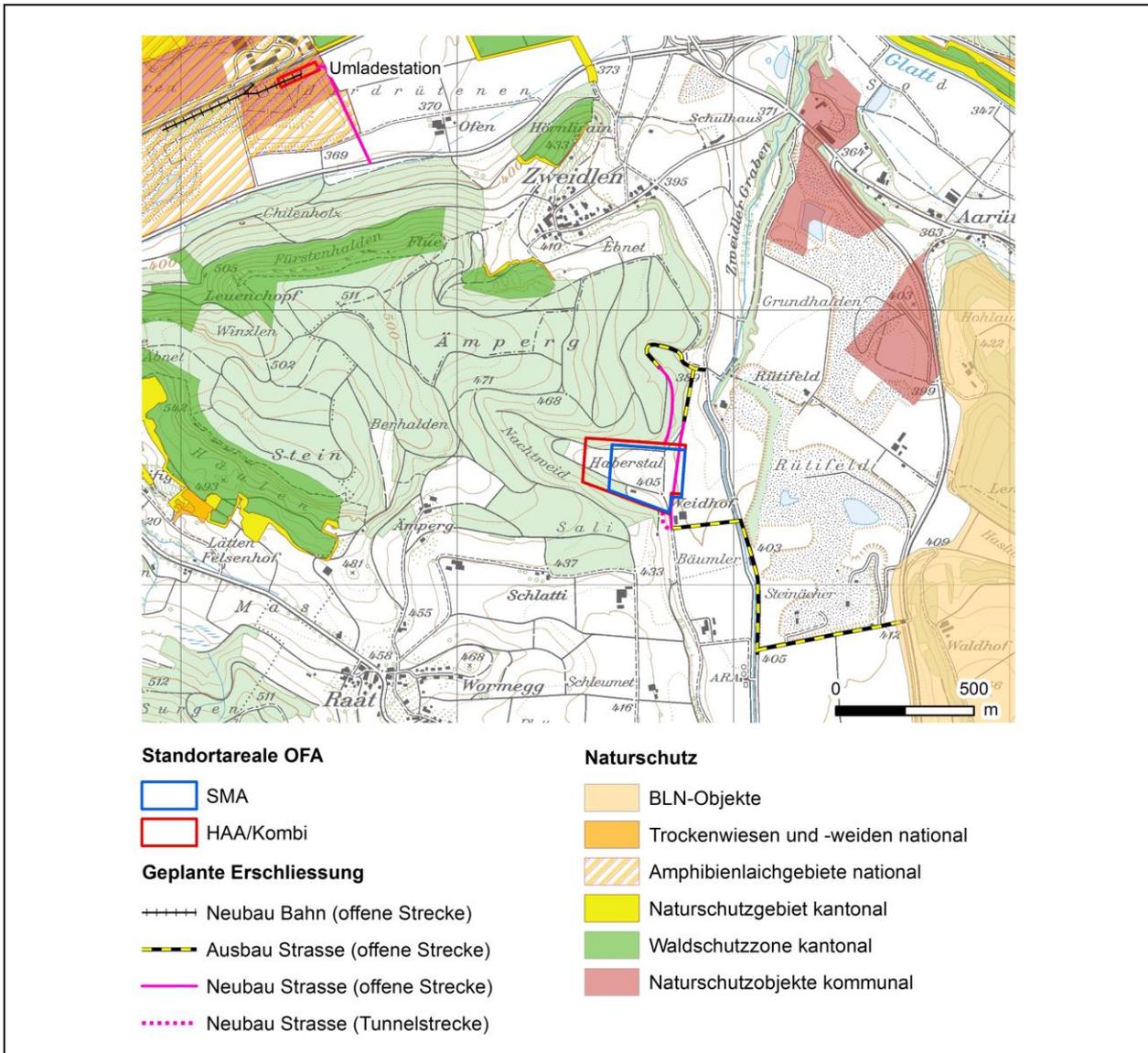
**Abb. 72** Wildtierkorridore im Bereich des Standortareals NL-2 (Geodaten BAFU, bearbeitet durch Ecosens).

Die Vernetzung der Lebensräume über Ausbreitungsachsen und Wildtierkorridore verläuft ausserhalb der Flächen im Kiesabbauggebiet und wird durch das Standortareal nicht beeinträchtigt. Die nationale Ausbreitungsachse, welche am östlichen Rand des Standortareals von Südwest nach Nordost südlich des Rheins verläuft, verbindet die grossflächigen Waldgebiete an der Grenze zum Kanton Aargau im Südwesten mit den bewaldeten Räumen südlich und nördlich des Rheins bei Eglisau.

Rund 1,4 km südwestlich des Standortareals verläuft von dieser Ausbreitungsachse zwischen Zweidlen und Glattfelden ein Wildtierkorridor von regionaler Bedeutung (Glattfelden ZH 10). Dieses System stellt die Verbindung mit dem Gebiet und Ausbreitungsachsen südlich von Glattfelden her. Der Perimeter des Wildtierkorridors liegt zwischen zwei Waldgebieten und umfasst in der dazwischen liegenden offenen Landschaft einen Bachlauf sowie das Kiesabbauggebiet Rütifeld. Die Durchgängigkeit des Korridors ist dadurch und durch Infrastrukturanlagen (Strassen) erschwert. Der Korridor ist insgesamt als beeinträchtigt eingestuft. An verschiedenen Stellen sind spezifische Massnahmen zur Verbesserung der Durchlässigkeit des Korridors gefordert.

In den vielfältigen Lebensraumtypen im Kiesabbauggebiet sind Fundmeldungen von verschiedenen Amphibien- und Vogelarten der Roten Liste in den Datenbanken von INFO SPECIES und Infoflora registriert.

Nördlich Lägern NL-6

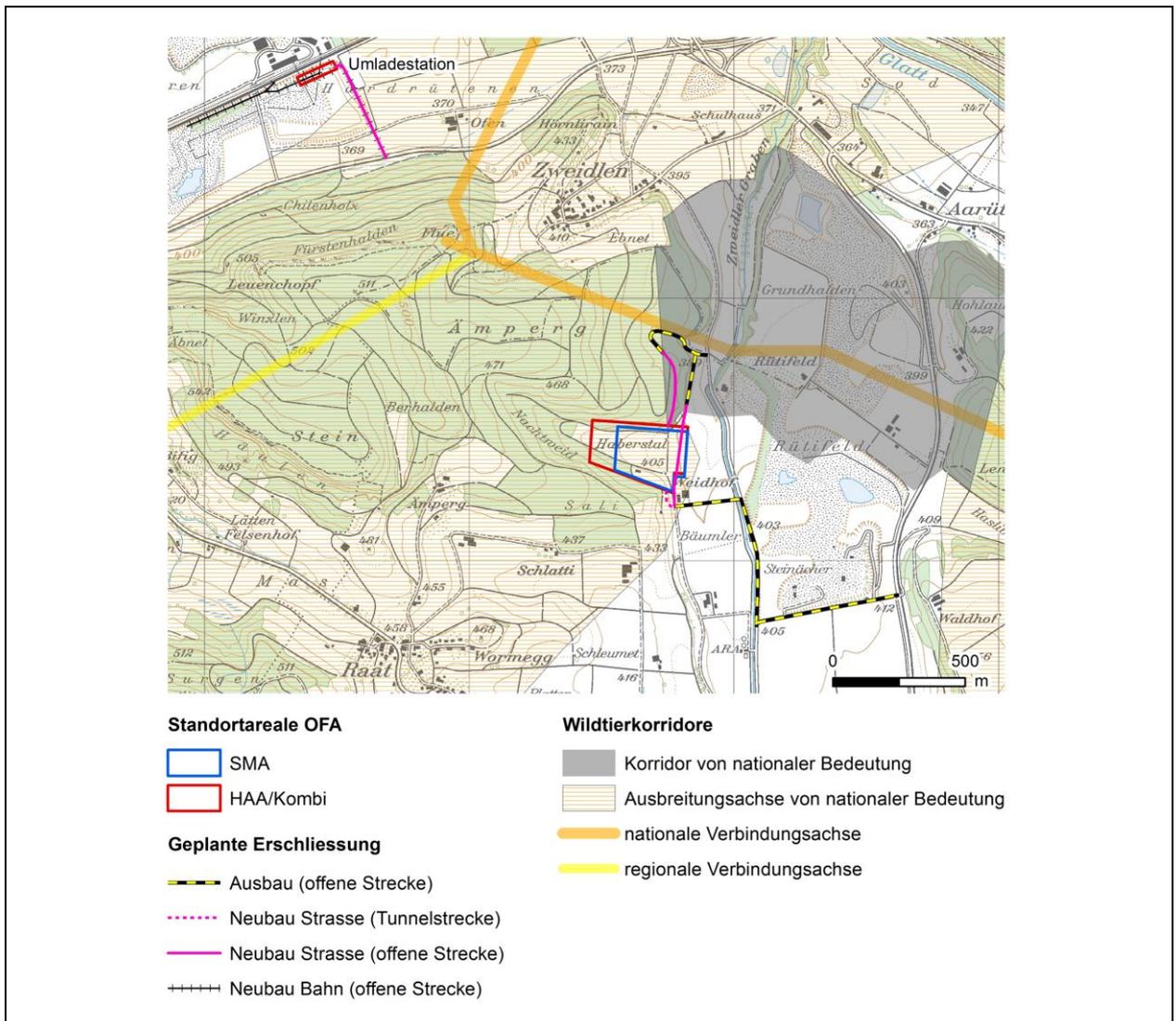


**Abb. 73** Schutzgebiete von nationaler und kantonaler Bedeutung im Bereich des Standortareals NL-6 (Geodaten BAFU und Kanton ZH, bearbeitet durch Ecosens).

Das Standortareal beansprucht gemäss Zonenplan landwirtschaftliche Nutzfläche und Wald. Die landwirtschaftliche Fläche wird intensiv als Ackerfläche genutzt und ist somit hinsichtlich der Lebensräume von untergeordneter Bedeutung. Die geplante Umladestation mit dem Übergabegleis ab der Bahnlinie Winterthur-Koblentz liegt vollumfänglich im nationalen Amphibienlaichgebiet Kiesgrube Rütinen (Nr. ZH953). Der Kernbereich (Zone A), welcher dem Naturschutz unterstellt ist, wird nicht tangiert. Östlich des Standortareals liegt das Materialabbaugebiet Rütifeld, dessen Flächen grösstenteils intensiv genutzt werden und die daher, mit Ausnahme der Kiesgrube Mittlerboden, ca. 850 m nordöstlich des Standortareals, keine wertvollen Lebensräume aufweisen. Die Kiesgrube Mittlerboden ist im Inventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung als schützenswerter naturnaher Standort (Wanderobjekt; Nr. ZH306) aufgenommen und soll für die Erhaltung der Amphibienbestände gesichert werden.

Im Umfeld des Standortareals sind weitere Lebensraumelemente vorhanden (Abb. 73), die durch das Vorhaben jedoch nicht beeinträchtigt werden und daher hier nur kurz erwähnt werden:

- zwei nationale Schutzgebiete (Trockenstandorte Lätten Felsenhof, Objekt-Nr. 3867.0 und Bifig; Objekt-Nr. 3754.0) am Südhang des Ämperg
- Kantonale Schutzgebiete um den Ämperg (Waldschutzzone Fürstenhalden; Objekt-Nr. 4, Gemeinde Weiach, Waldstandort Hörnlirain; Objekt-Nr. 3, Gemeinde Weiach,) am Südhang im Gebiet Fasnachtflue/Häulen (Trockenstandorte) und entlang der Hardstrasse (Trockenstandort Hardrütene; Objekt-Nr. 7, Gemeinde Weiach)
- der Windlacher Dorfbach entlang der Zweidlerstrasse in einem stark beeinträchtigten oder naturfremden Bachlauf
- einige Obstgärten eingangs Windlach
- verschiedene Hecken mit extensiv bewirtschafteten Krautsäumen zwischen dem Ämperg-Wald, Windlach und Raat



**Abb. 74** Wildtierkorridore im Bereich des Standortareals NL-6 (Geodaten BAFU, bearbeitet durch Ecosens).

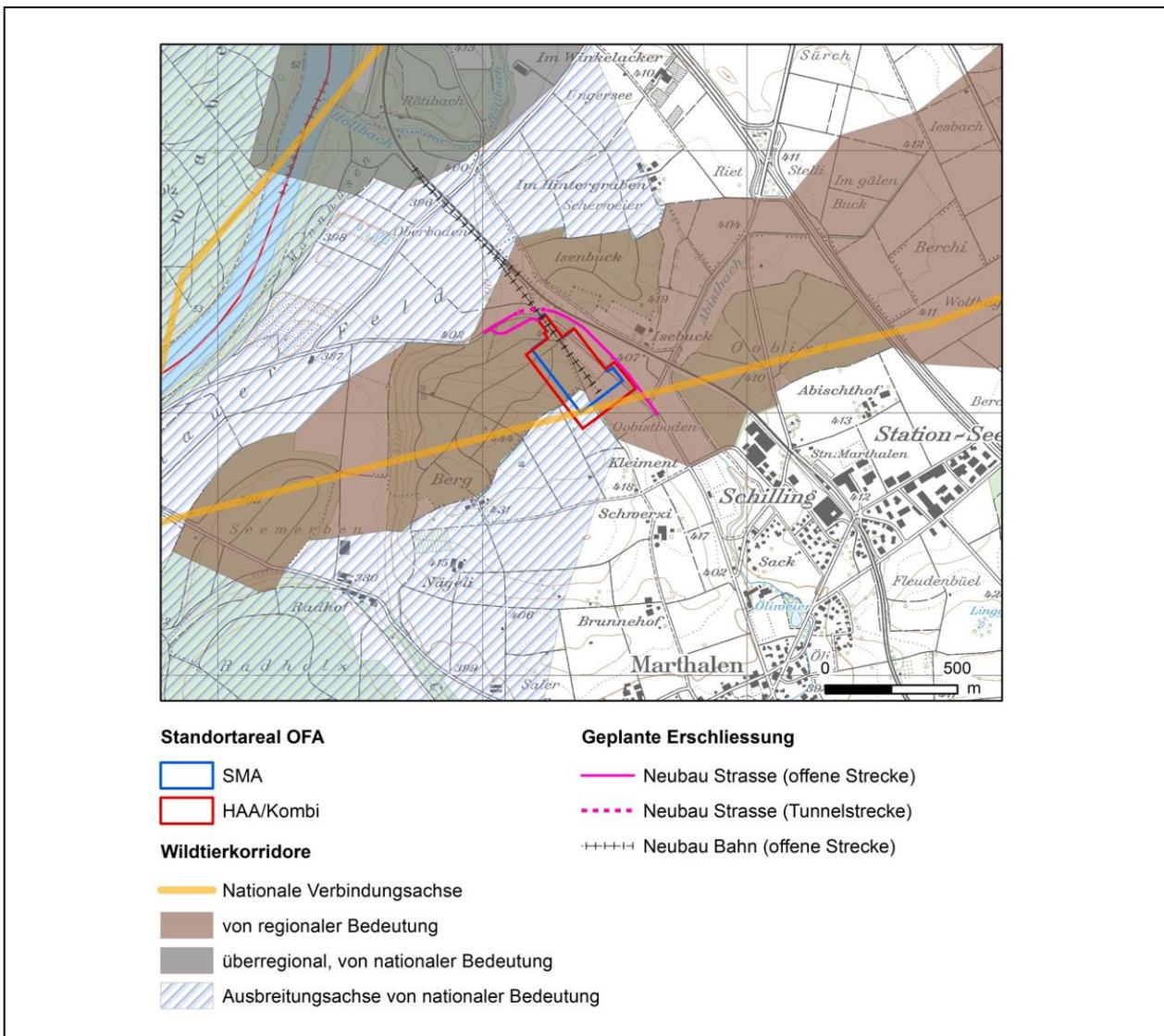
Das Standortareal liegt im Randbereich einer Ausbreitungssachse für Wildtiere, welche Bestandteil der grossräumigen Lebensraumvernetzung auf der Achse Ostschweiz-Jura-Schwarzwald ist (Abb. 74). Von Bedeutung ist dabei der Wald am Ämperg. Die kleinräumigen Flächen auf dem Standortareal sind für die Lebensraumvernetzung von untergeordneter Bedeutung.

Ein Wildtierkorridor von nationaler Bedeutung (Korridor ZH10) verläuft über die offene Landschaft des Rütifeld und verbindet den Ämperg mit den Wäldern südlich von Glattfelden. Die von Wald umsäumte Wiese im Gebiet Haberstal, das vorgesehene Standortareal, bildet im Zusammenhang mit dem Wildtierkorridor ein wichtiges Habitat. Der Kiesabbau im Rütifeld und im Besonderen die Maschendrahtzäune am Rand der Kiesgruben erschweren den Wildtieren den Durchgang. Die Zweidlerstrasse bildet zudem eine gefährliche Barriere. Der Korridor gilt daher heute als beeinträchtigt.

In den vielfältigen Lebensraumtypen vor allem entlang des Waldrandes im Haberstal und im Bereich der Kiesgruben im Gebiet Hard (wo die Umladestation geplant ist) sind Fundmeldungen von verschiedenen Amphibien-, Vogel- und Orchideenarten der Roten Liste in den Datenbanken von INFO SPECIES und Infoflora registriert.

#### Zürich Nordost

Das Standortareal beansprucht im westlichen Teil Wald und im östlichen Teil landwirtschaftliche Nutzfläche, auf welcher intensiver Ackerbau betrieben wird und die somit hinsichtlich Lebensräumen nicht von Bedeutung ist.



**Abb. 75** Wildtierkorridore im Bereich des Standortareals ZNO-6b (Geodaten BAFU und Kt. ZH, bearbeitet durch Ecosens).

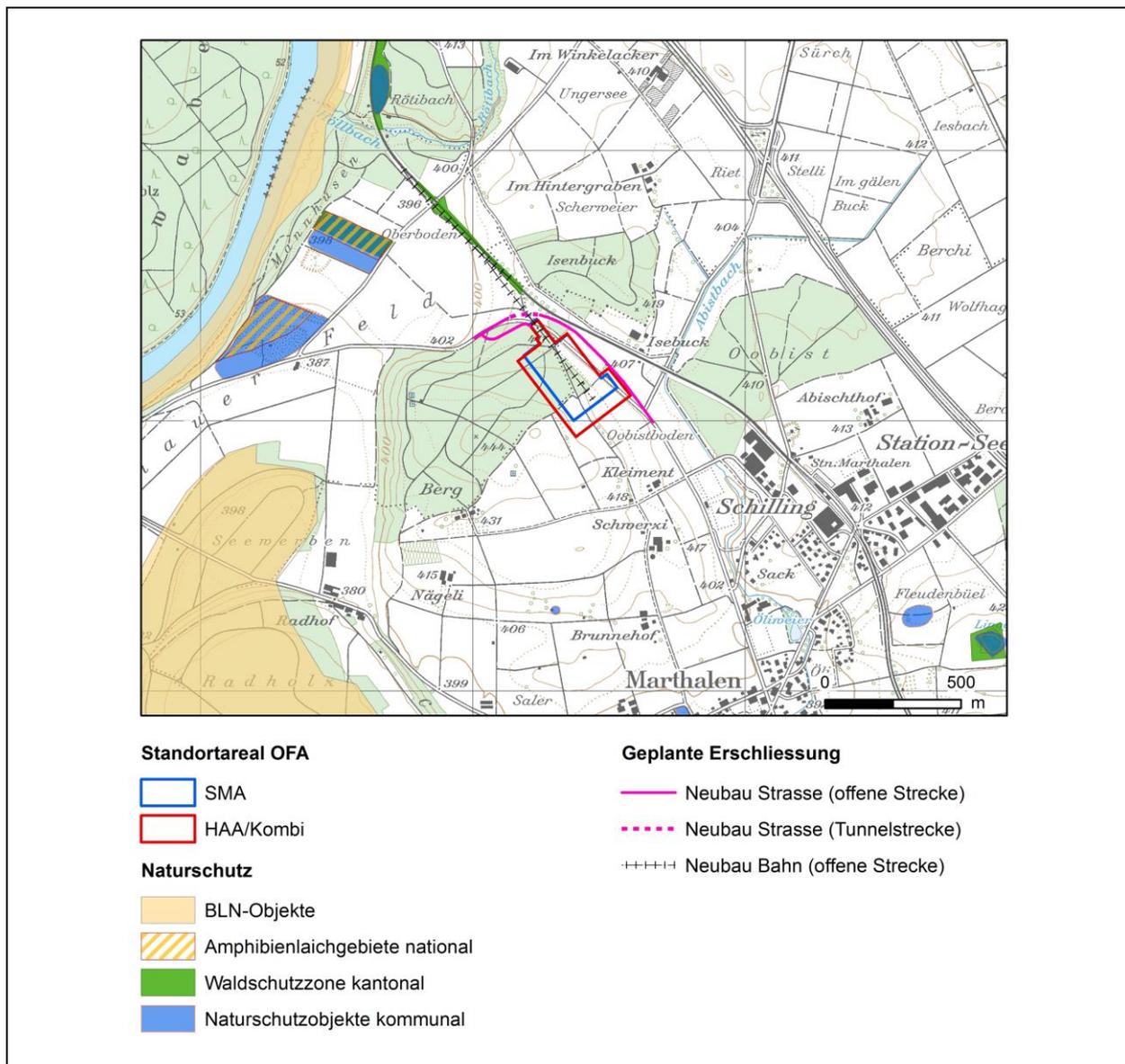
Für die Lebensraumvernetzung sind die Flächen des Standortareals und dessen Umgebung von erheblicher Bedeutung. Es liegt am östlichen Rand, teilweise innerhalb des Perimeters einer nationalen Ausbreitungsachse (Abb. 75). Diese verläuft in Nord-Süd-Richtung entlang des Rheins und verbindet u. a. das grossflächige Waldgebiet Niederholz im Süden mit dem bewaldeten Gewässerraum des Rheins und dem Waldareal des Cholfirstes im Norden. Sie ist durch den Wildtierkorridor von regionaler Bedeutung Rudolfingen (ZH 32) überlagert. Dieser ist in SW-NE-Richtung rund 8 km lang und in SE-NW-Richtung durchschnittlich knapp 1 km breit. Er umfasst die drei benachbarten Waldgebiete und die sie umgebende offene Landschaft. Auch dieses System verbindet das Niederholz auf einer Nebenachse entlang dem Abistbach mit dem Waldsystem des Cholfirstes. Das Standortareal (ausser der Südecke) und seine nahe Erschliessung liegen praktisch vollständig im zentralen Bereich dieses Korridors. Seine Durchgängigkeit ist vor allem durch lineare Infrastrukturanlagen (Strassen, Bahnlinie) erschwert, eine Barriere bildet insbesondere die A4. Der Abistbach dient im Korridor als Leitstruktur und erlaubt mit seiner Unterführung auch die Überwindung der A4. Dennoch wird der Korridor als Ganzes als beeinträchtigt eingestuft.

Im Oberboden in der Gemeinde Rheinau ist im Bereich des geplanten Übergabegleises am Bahndamm ein rund 450 m langer, überkommunal geschützter Trockenstandort als Naturschutzzone ausgeschieden.

Im Umfeld des Standortareals sind mehrere Lebensraumelemente und geschützte Objekte vorhanden (Abb. 76), die durch das Vorhaben nach heutigem Kenntnisstand nicht negativ beeinflusst und deshalb hier nur kurz erwähnt werden:

- Kiesgruben Rinauer Feld und Oberboden als Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung (Bundesinventar Nr. ZH726) rund 700 m nordwestlich und westlich des Areals;
- zwei Weghecken südlich des Standortareals zwischen dem Bergholz und dem Dorf Marthalen;
- ein markanter Einzelbaum nördlich der K532 im Gebiet Usgäntwies;
- der Abistbach in einem weitgehend natürlichen Bachlauf westlich des Abistwaldes, teilweise direkt am Waldrand.

In der näheren Umgebung des Standortareals sind keine auf einer Roten Liste figurierende Arten registriert.



**Abb. 76** Schutzgebiete von nationaler, kantonaler und kommunaler Bedeutung ZNO (Geodaten BAFU und Kt. ZH, bearbeitet durch Ecosens).

### Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten

#### Jura Ost

Das Naturschutzobjekt von kantonaler Bedeutung am südwestlichen Rand des Standortareals wird je nach Lagertyp im Ausmass von 0,2 bis 0,3 ha beansprucht (Waldfläche und Magerwiese). Durch diese Verkleinerung des Lebensraums wird seine Bedeutung geschmälert.

Der Krebsbach wird auf rund 200 m Länge verlegt und in grösserem Abstand von der Kantonsstrasse naturnah gestaltet. Dadurch wird er zwar während der Verlegung relativ kurzzeitig beeinträchtigt, dafür werden aber in der Folge sein Zustand und seine Vernetzungsfunktion bereits in den Phasen mit Bauaktivitäten aufgewertet.

Der überregionale Wildtierkorridor überschneidet sich auf einem schmalen Streifen mit dem westlichen Rand des Standortareals. Die geplante neue Brücke als Verbindung zum Zwiilag kommt am Südrand des Korridors zu liegen. Dieser kann also sowohl durch die Bauten an sich (Hochbauten der OFA, Baustelleneinrichtungen, Verbindung zur Zwiilag) als auch durch die Bau- und Verkehrsaktivitäten beeinträchtigt werden.

Der ökologische Verbund der benachbarten, wertvollen Lebensraumtypen wird teilweise beeinträchtigt, kleinräumige Ausweichmöglichkeiten sind für Flora und Fauna vorhanden.

Die erwähnten, ökologisch wertvollen Hochstamm-Obstbäume stehen ausserhalb des Standortareals und werden nach heutigem Kenntnisstand nicht tangiert.

Die Beanspruchung der heute landwirtschaftlich intensiv genutzten Fläche entspricht keinem Verlust eines ökologisch wertvollen Lebensraums. Die teilweise Rodung des Waldstreifens im Bereich des Anlagenstandortes wird im Kapitel 4.4.12 behandelt.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Das Kiesabbaugebiet und dessen Randbereiche beherbergen ein Mosaik an vielfältigen und wertvollen Lebensräumen für Flora und Fauna, welches, bedingt durch die Nutzung, einem ständigen Wandel unterliegt. Der Bereich B des ausgeschiedenen und geschützten Amphibienlaichgebiets Kiesgrube Rütene ist durch die Bauarbeiten direkt betroffen. Es entstehen dabei möglicherweise nicht zu vernachlässigende Einschnitte. Die möglichen Folgen und Auswirkungen sind vor Baubeginn zu untersuchen. Andere vorhandene Lebensräume werden durch das geologische Tiefenlager nicht unmittelbar tangiert.

Mit Beginn der Bauphase wird die vorhandene Ausbreitungsachse zwischen den beiden Wäldern Ämperg und Weiacher Hard durch Bauten und Baustelleneinrichtungen sowie durch die Bauaktivitäten lediglich im Randbereich beeinträchtigt. Diese Einschränkung wirkt sich auf die Qualität der Vernetzung nur wenig nachteilig aus. Es ist anzunehmen, dass die Wildtiere die Oberflächenanlage umgehen können und somit die Funktion des grossräumigen Wildtierverbundsystems nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Andernfalls müssten Vorkehrungen getroffen werden, um die negativen Einflüsse möglichst gering zu halten.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Die für das Standortareal beanspruchten Waldflächen müssen permanent gerodet werden. Damit werden wichtige Lebensräume der ansässigen Flora und Fauna zerstört. Der Bereich B des ausgeschiedenen und geschützten Amphibienlaichgebiets Kiesgrube Rütene ist durch die Bauarbeiten und die Erstellung der Umladestation direkt betroffen. Dabei kann er möglicherweise in einem nicht zu vernachlässigenden Ausmass beeinträchtigt werden. Die möglichen Folgen und Auswirkungen dieser Beeinträchtigungen müssen vor Baubeginn untersucht werden. Die geschützten Objekte oder weitere Lebensräume, beispielsweise in den Kiesgruben oder an den Hängen des Ämperg, werden aufgrund des Abstands zum Standortareal nach heutigem Kenntnisstand nicht tangiert.

Der ausgewiesene Wildtierkorridor ZH10 grenzt unmittelbar an das Standortareal. Die Strassenerschliessung von Norden her tangiert den Perimeter des Korridors am Rande. Während der Phasen mit Bauaktivitäten sind durch die Arbeiten und Bauinstallationen Qualitätseinbussen in der Vernetzung zu erwarten. Es ist jedoch anzunehmen, dass die grossen Waldflächen am Ämperg den Wildtieren Ausweichmöglichkeiten nördlich des Standortes erlauben und somit die Funktion des grossräumigen Wildtierverbundsystems nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Diesen Aspekten ist mit entsprechenden Vorkehrungen Rechnung zu tragen.

#### *Zürich Nordost*

Mit Beginn der Phasen mit Bauaktivitäten wird der Wildtierkorridor Rudolfingen, insbesondere zwischen den beiden Wäldern Bergholz und Isenbuck, durch Bauten und Baustelleneinrichtungen sowie durch die Bauaktivitäten stark beeinträchtigt. Diese Einschränkung wirkt sich auf die Qualität der Vernetzung nachteilig aus. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Wildtiere die OFA umgehen können. Damit würde die Funktion des grossräumigen Wildtierverbundsystems als Ganzes unter Bereitstellung von Massnahmen zur Durchlässigkeit (Deckungs- und Leitstrukturen) nicht wesentlich beeinträchtigt.

Da der Bahndamm Oberboden für den Bahnanschluss ab dem bestehenden Gleis beansprucht wird, ist mit nicht zu vernachlässigenden Eingriffen in diesen Trockenstandort zu rechnen. Die möglichen Folgen dieser Eingriffe sind vor Baubeginn zu untersuchen.

#### *Auswirkungen während der Betriebsphasen*

Gegenüber den Phasen mit Bauaktivitäten werden keine zusätzlichen Flächen beansprucht und somit keine Lebensräume zusätzlich beeinträchtigt. Die Baustelleninstallationsflächen werden nach Gebrauch schrittweise wieder der ursprünglichen Nutzung zugeführt. Die meisten der für die Phasen mit Bauaktivitäten geschilderten Auswirkungen treffen auch für die Betriebsphasen zu. Eine Einschätzung der gegenüber den Phasen mit Bauaktivitäten zusätzlichen und wegfallenden Eingriffe ist noch nicht möglich.

Die Transporte der einzulagernden Materialien bewirken eine mässige Störung der Vögel und Wildtiere in benachbarten Lebensräumen, in erster Linie in den angrenzenden bzw. umgebenden Wäldern. Zudem wird das Standortareal umzäunt, und nachts ist mit Lichtimmissionen zu rechnen, was das natürliche Verhalten der Vögel und Fledermäuse bei Dunkelheit stört.

#### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

##### *Jura Ost*

Die Beeinträchtigung von Flora, Fauna und Lebensräumen ist insbesondere angesichts der randlichen Lage zum Wildtierkorridor als voraussichtlich gering einzuordnen.

##### *Nördlich Lägern NL-2*

Die Beeinträchtigung von Flora, Fauna und Lebensräumen ist angesichts der randlichen Lage zu Schutzgebieten und Vernetzungsachsen als voraussichtlich gering einzuordnen.

##### *Nördlich Lägern NL-6*

Durch die Beeinträchtigung des Wildtierkorridors (zusätzliches Hindernis durch die Erschliessungsstrasse) und die Waldrodungen ist voraussichtlich mit erheblichen Auswirkungen auf Flora, Fauna und Lebensräume zu rechnen.

##### *Zürich Nordost*

Durch die Beeinträchtigung des Wildtierkorridors und die Eingriffe in einen Trockenstandort ist mit voraussichtlich erheblichen Auswirkungen auf Flora, Fauna und Lebensräume zu rechnen.

## 4.4.14 Landschaft und Ortsbild

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Im vorliegenden Kapitel wird der ästhetische Aspekt der Landschaft behandelt. Die Auswirkungen beziehen sich also auf die Wahrnehmung des Menschen. Der ökologische Aspekt der Landschaft als Lebensraum für Pflanzen und Tiere wird primär im Kapitel 4.4.13 Flora, Fauna, Lebensräume beurteilt. Insofern handelt es sich bei diesem Kapitel streng genommen um einen gesellschaftlichen und nicht um einen Umweltaspekt i. e. S. Die Erholungsfunktion der Landschaft wird nicht thematisiert.

Neben der OFA werden heute noch nicht lokalisierte landschaftsrelevante Anlageteile des GTL wie Deponien, Installationsplätze, NZA etc. errichtet. Im Rahmen einer umfassenden Abwägung von Vor- und Nachteilen sollen sie so landschaftsschonend wie möglich platziert werden. Nachfolgend können aber nur die Auswirkungen der bereits lokalisierten OFA auf Landschaft und Ortsbild beschrieben werden.

Der Betrachtungsperimeter umfasst jene Gebiete, von denen aus die OFA voraussichtlich sichtbar ist. Die lokalen Bauaktivitäten und die Bautransporte sowie die neu zu erstellenden Verkehrsanschlüsse werden als untergeordnete Auswirkungen auf Landschaft und Ortsbild eingestuft und deshalb nicht beschrieben.

Hinsichtlich Ortsbild lässt sich eine gewisse Doppelspurigkeit mit dem Kapitel 4.4.15 Kulturdenkmäler, archäologische Stätten nicht vermeiden. Dort werden die nächstgelegenen schützenswerten Ortsbilder gemäss Bundesinventar behandelt, während im vorliegenden Kapitel die allfälligen Auswirkungen der OFA auf Ortsbilder als Landschaftselemente und unabhängig von deren Schutzstatus betrachtet werden.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Das heimatliche Landschafts- und Ortsbild ist zu schonen, zu schützen sowie seine Erhaltung und Pflege zu fördern (Art. 1 Bst. a Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG)<sup>161</sup>). Der Bund muss bei der Erfüllung seiner Aufgaben dafür sorgen, dass das Landschafts- und Ortsbild geschont wird und dass es, wo das allgemeine Interesse an ihm überwiegt, ungeschmälert erhalten bleibt (Art. 3 Ziff. 1 NHG). Zu diesem Zweck erlässt er Inventare der zu schützenden Objekte von nationaler Bedeutung; im Bereich Landschaftsschutz ist dies das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN)<sup>162</sup>.

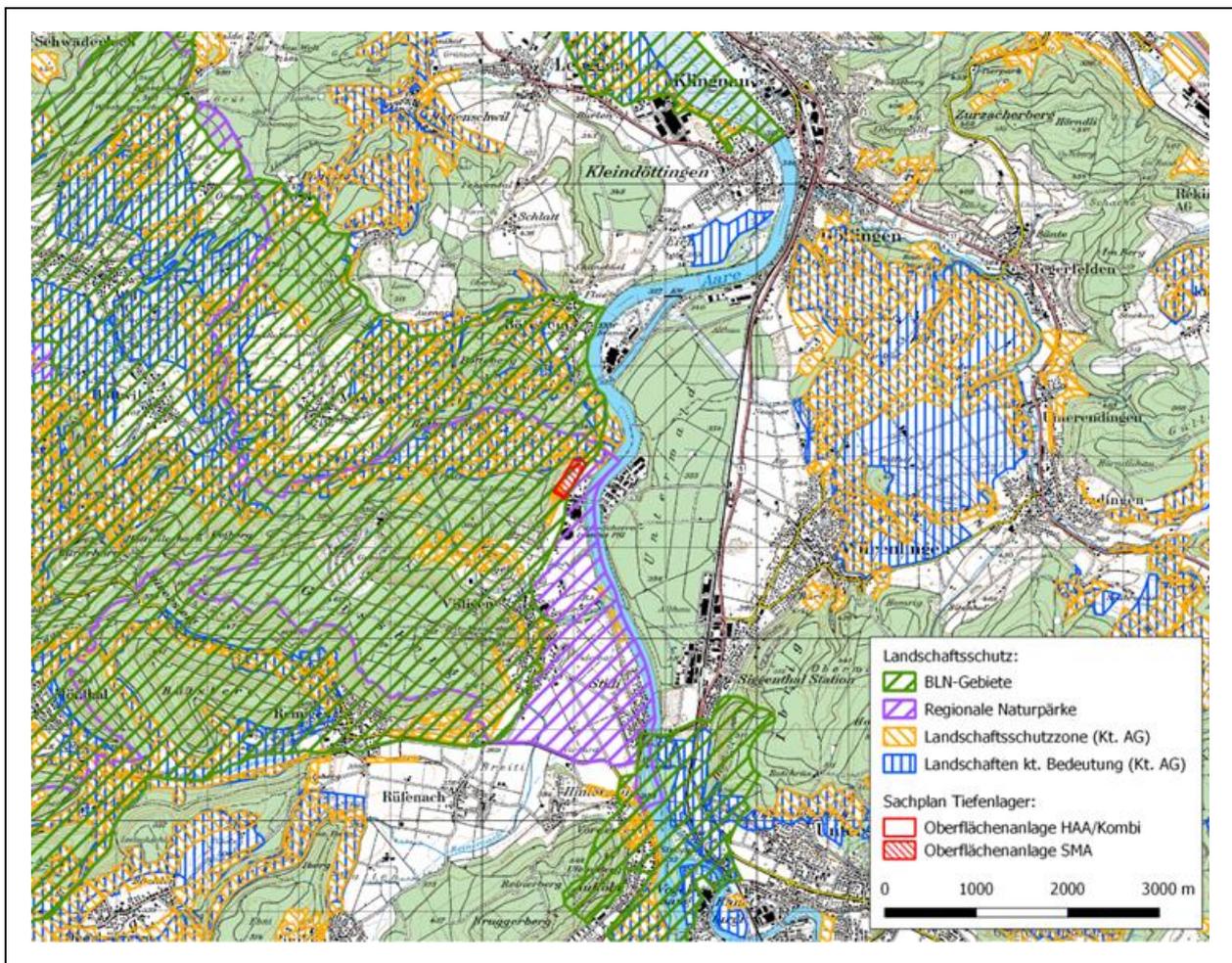
### *Ausgangszustand*

Es ist davon auszugehen, dass sich Landschaft und Ortsbilder sowie deren Schutzstatus im Einflussbereich der OFA im Ausgangszustand (Jahr 2030) nicht wesentlich von jenen im nachfolgend beschriebenen Istzustand unterscheiden werden.

<sup>161</sup> Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG), SR 451.

<sup>162</sup> Verordnung über das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (VBLN); SR 451.11.

Jura Ost



**Abb. 77** Landschaften von nationaler oder kantonaler Bedeutung im Umfeld des Standortareals JO-3+ (Geodaten Kt. AG und BAFU, bearbeitet durch INFRAS).

Das Standortareal befindet sich in einem ländlichen Gebiet. Die umgebende Landschaft ist durch die Aare und die beiden weitläufigen Waldgebiete Tüeliboden (auf dem Ost- und Nordhang des Geissbergs westlich der Aare) und Unterwald (in der Talebene östlich des Aarelaufs) geprägt. Unmittelbar südlich des Standortareals stellt die bewaldete Hügelflanke des Chästel die östliche raumbildende Grenze des erwähnten, weitläufigen Waldgebietes Tüeliboden dar. Ein zweites prägendes Linienelement stellt die Kantonsstrasse K442 dar, welche entlang des Hangfusses von Villigen nach Böttstein führt. Die Jurahöhen des Aargauer Tafeljuras stellen eine natürliche Begrenzung der Landschaftskammer dar. Die landschaftlichen Merkmale sind die naturnahe Kulturlandschaft mit steilen, bewaldeten Berghängen, der Rebbau und die teilweise gut erhaltenen Dörfer.

Östlich der K442 unterbricht das grossräumige, sich beidseits der Aare erstreckende Areal des PSI und der Zwiilag mit teilweise grossvolumigen Gebäuden den ländlichen Charakter des Gebiets und bildet zusammen mit der Kantonsstrasse K442 einen industriell anmutenden Schwerpunkt inmitten der sonst ländlichen Geländekammer.

Die Distanzen zu den nächsten Siedlungen Villigen, Würenlingen und Böttstein betragen zwischen 1 und 1,5 km. Das Standortareal ist dank der Geländekammerung und den beidseits der Aare gelegenen Waldgebieten von den Wohngebieten abgeschirmt und daher nicht unmittelbar einsehbar. Direkt einsehbar ist das Standortareal hingegen von der K442, vom direkt südlich angrenzenden landwirtschaftlichen Nutzgebäude, von einem grossen Teil der Anlagen des PSI und der Zwiilag sowie von der

Ruine Besserstein, einem Aussichtspunkt und beliebtem Ausflugsziel von überregionaler Bedeutung oberhalb des Dorfes Villigen.

Das Standortareal befindet sich randlich innerhalb des BLN-Objekts 1108 «Aargauer Tafeljura» sowie in einem Landschaftsschutzgebiet von kantonaler Bedeutung (Abb. 77). Ebenso liegt es im Perimeter des regionalen Naturparks «Jurapark Aargau», der u. a. eine nachhaltige Entwicklung fördern sowie die Natur und Landschaft im Aargauer Jura bewahren und aufwerten soll.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Die grossräumige Morphologie der Landschaft im Zürcher Rheintal bei Weiach ist charakterisiert durch die weiträumige, in Ost-West-Richtung verlaufende Schwemmebene des Rheins. Diese Ebene auf Niederterrassenschotter wird im Süden durch die beiden Molasseerhebungen Leuenchopf (505 m) und Fasnachtflue (503 m) abgeschlossen. Im Nordosten bildet der Wald im Weiacher Hard eine optische Begrenzung, dahinter folgt die Erhebung des Laubberg (495 m) nördlich von Glattfelden.

Dadurch entsteht eine geschlossene Landschaftskammer mit flachem Gelände. Das Erscheinungsbild der Erhebungen Leuenchopf, Fasnachtflue und Laubberg wird durch ihre raumprägenden Waldbestände verstärkt. Nach Norden schliesst der Uferwald des Rheins die Ebene ab. Nördlich des Flusses wird die Landschaftskammer durch den Bergwald (460 m) nordwestlich über Hohentengen und die Erhebung des Kalten Wangen (671 m) rund 4 km weiter nördlich abgeschlossen.

Die offene Agrarlandschaft prägt zusammen mit dem flächenintensiven Kiesabbau das Erscheinungsbild der Landschaftskammer und schafft gleichzeitig Sichtkorridore bis zu den umgebenden Waldflächen. Das Standortareal liegt inmitten der weitläufigen Ebene zwischen den beiden prägenden Linien der Glattfelderstrasse im Süden und der Bahnlinie Koblenz–Eglisau im Norden.

Im Bereich des Standortareals sind keine geschützten Landschaften und Objekte im Natur- und Landschaftsschutzinventar verzeichnet (Abb. 78). Das BLN-Objekt Nr. 1411 Untersee-Hochrhein (bedeutende See- und Stromlandschaft von noch weitgehend ursprünglichem Gepräge) endet mit seinem westlichsten Ausläufer rund 1,5 km östlich des Standortareals. Das BLN-Objekt Nr. 1404 Glaziallandschaft Neerach-Stadel liegt rund 2,3 km südöstlich des Standortareals. Auf dem Gemeindegebiet von Hohentengen ist entlang des Rheins ein Landschaftsschutzgebiet ausgeschieden.

Im Bereich des Standortareals ist kein Landschaftsförderungsgebiet gemäss kantonalem Richtplan zur langfristigen Erhaltung und Förderung von Eigenart, Vielfalt, Natürlichkeit und Erholungswert eines Gebiets bezeichnet.

Folgende Siedlungsgebiete liegen in der Nähe des rund 6 ha grossen Standortareals auf dem Gebiet der Gemeinde Weiach:

- die landwirtschaftliche Liegenschaft «Im Ofen» rund 400 m östlich, heute von Kiesabbau- und Auffüllflächen umgeben;
- Hohentengen am Rhein auf deutschem Staatsgebiet rund 800 m nördlich;
- Zweidlen Dorf, höher und in einer abgewandten Landschaftskammer gelegen, rund 900 m östlich;
- der Ortsteil Zweidlen Station rund 1 km östlich;
- das Dorf Weiach ca. 1 km westlich.

Rund 60 m nördlich des Standortareals, auf der anderen Seite der Bahnlinie, liegt das Kies- und Betonwerk.

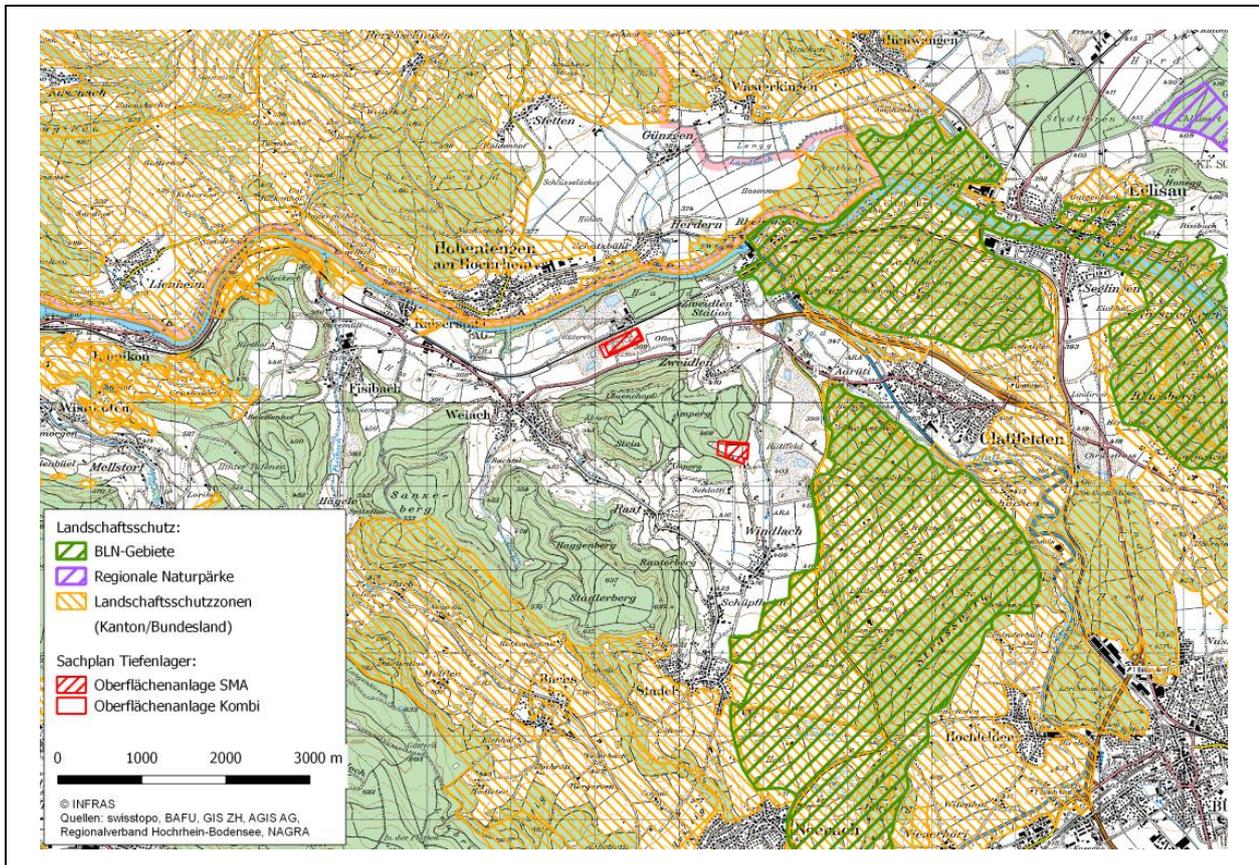
Durch die Waldgebiete des Leuenchopf verlaufen verschiedene Wander- und Erschliessungswege, von welchen das Standortareal aufgrund der erhöhten Lage teilweise eingesehen werden kann. Die vorhandenen Wälder bilden für das Standortareal dennoch eine wirksame Abschirmung. So ist es durch den Rhein-Uferwald und die Eisenbahnlinie von der entlang des Rheins führenden ViaRhenana nicht sichtbar. Ebenso bilden der Hardwald im Nordosten und teilweise der nicht durchgehende Waldbestand am Leuenchopf im Süden Sichtbarrieren.

Von deutscher Seite ist das Standortareal vom Rheinufer aus, wo auch ein Wanderweg verläuft, durch den Waldbestand am Südufer nicht einsehbar. Von den höher gelegenen Gebieten von Hohentengen

besteht hingegen eine Sichtverbindung. Zusätzlich kann das Standortareal von Teilen des Siedlungsgebietes Weiach und vom Hof «Im Ofen» eingesehen werden.

Das gesamte Gebiet zwischen Weiach, Zweidlen und Glattfelden stellt für die lokale Bevölkerung ein bedeutendes Naherholungsgebiet mit mehreren Wanderwegen und Velorouten dar. Die Talebene ist dabei von untergeordneter Bedeutung.

Die nationale Veloroute Nr. 2 (Rheinroute) führt entlang der Glattfelderstrasse in rund 160 m Abstand südlich am Standortareal vorbei. Auf diesem Abschnitt besteht eine direkte Blickverbindung.



**Abb. 78** Landschaften von nationaler oder kantonaler Bedeutung im Umfeld der Standortareale NL-2 und NL-6. (Geodaten Kt. AG, Kt. ZH und BAFU, bearbeitet durch INFRAS).

### Nördlich Lägern NL-6

Die grossräumige Morphologie der Landschaft um das Standortareal NL-6 im Zürcher Unterland bei Windlach ist charakterisiert durch die weiträumige, in Süd-Nord-Richtung verlaufende Talebene. Diese grosse Landschaftskammer um Stadel und Windlach mit dem Windlacher Feld auf dem Niederterrassenschotter ist rundherum durch die vier Molasseerhebungen Ämperg (511 m) im Westen, Stadlerberg (637 m) im Südwesten, Strassberg (495 m) im Südosten und Chatzenstig (455 m) im Nordosten umrahmt. Alle vier Erhebungen sind mit ausgedehnten Wäldern bestockt, welche ihre landschaftsprägende Wirkung verstärken.

Die Fläche der Talebene ist durch die landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Die offene Agrarlandschaft bestimmt zusammen mit dem flächenintensiven Kiesabbau im Rütifeld (ab 300 m östlich) das Erscheinungsbild der Landschaftskammer und schafft gleichzeitig Korridore zwischen den umrahmenden Erhebungen und Sichtverbindungen bis zu den umgebenden Waldflächen.

Im Norden schliesst der Waldstreifen entlang des Zweidler Grabens zusammen mit einer weiteren kleinen Waldfläche am Rand des Kiesabbaugebiets die Talebene zwischen dem Ämperg und dem Chatzenstig ab. Im Süden geht die Talebene nahtlos in die Glaziallandschaft Neerach-Stadel über.

Das Standortareal liegt im kleinen Kerbtal «Haberstal» auf der Ostseite des Ämperg, das gegen Osten ausgerichtet ist und sich in die weite offene Fläche des Windlacher Feldes öffnet. Das leicht geneigte Tal ist auf drei Seiten umrahmt von den rasch ansteigenden Ausläufern des Ämperg.

Das Haberstal selber mit dem Standortareal ist nicht bewaldet, sondern wird wie die Talebene als Ackerland genutzt. Sowohl auf der Nordseite (Girirain) als auch auf der Südseite (Salirain) reicht das Standortareal jedoch mehrere Meter in den Wald hinein, der auf beiden Längsseiten des Haberstals durch Bewirtschaftungswege begrenzt wird.

Im Bereich des Standortareals sind keine geschützten Landschaften und Objekte im Natur- und Landschaftsschutzinventar verzeichnet (Abb. 78). Das nördliche Ende des BLN-Objekts Nr. 1404 Glaziallandschaft Neerach-Stadel liegt östlich der Verbindungsstrasse K348 rund 900 m östlich des Standortareals. Im Inventar wird das Objekt als einzigartiger, sehr schön erhaltener glazialer Formenkomplex und mit dem grössten Talried des Mittellandes beschrieben. Das BLN-Objekt Nr. 1411 Untersee-Hochrhein mit seinem westlichsten Ausläufer endet rund 2 km nordöstlich des Standortareals.

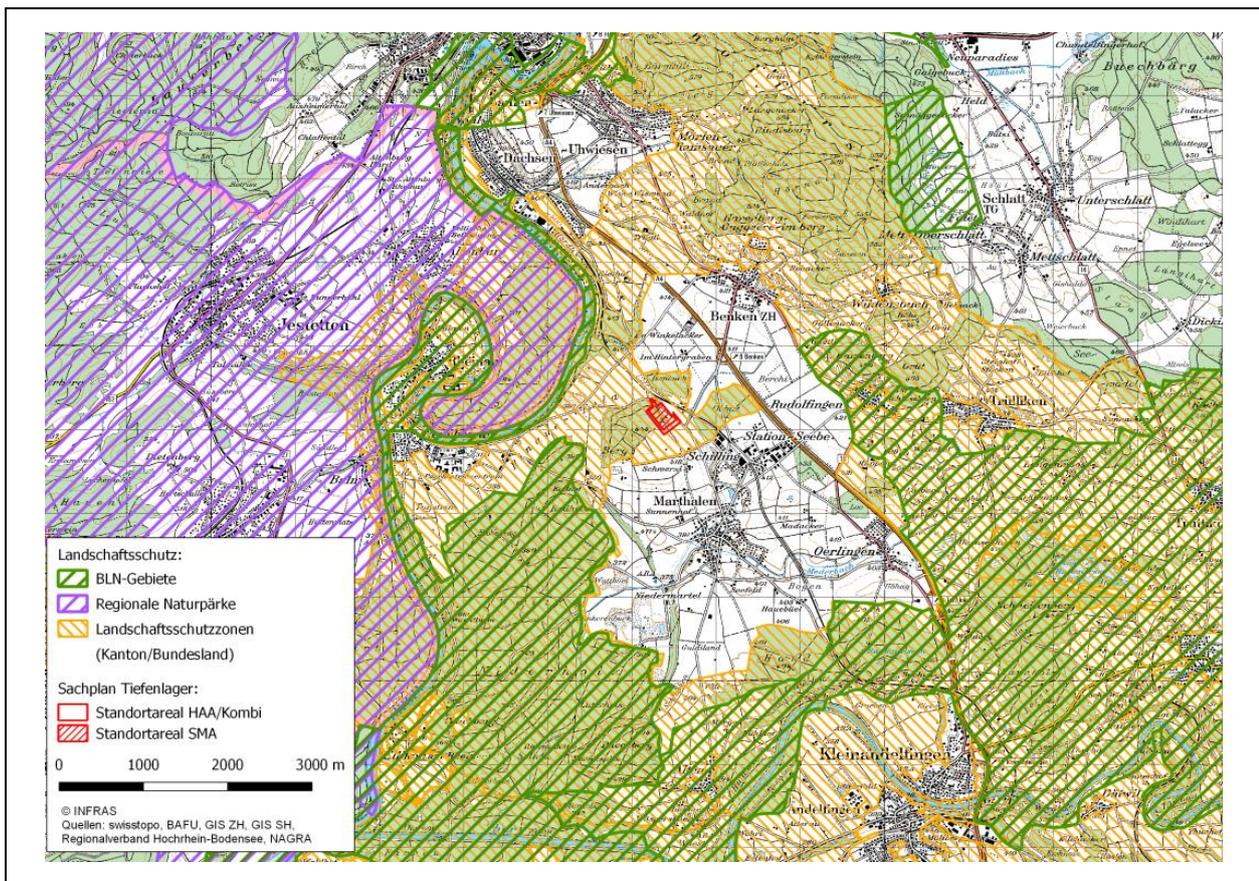
Im Standortareal ist kein Landschaftsförderungsgebiet bezeichnet, das gemäss kantonalem Richtplan die Erhaltung und die Förderung von Eigenart, Vielfalt, Natürlichkeit und Erholungswert eines Gebiets langfristig sichern soll.

Folgende Siedlungsgebiete liegen in der Nähe des rund 7,4 ha grossen Standortareals auf dem Gebiet der Gemeinde Stadel:

- die landwirtschaftliche Liegenschaft Weidhof unmittelbar südlich des Standortareals;
- die Bauernhöfe Sali (320 m entfernt), Bäumler (430 m entfernt) und «Im Schleumet» (680 m entfernt) südlich des Standortareals Richtung Windlach;
- der Stadler Ortsteil Windlach rund 1 km südlich;
- das zu Glattfelden gehörende, in einer abgewandten Landschaftskammer gelegene Zweidlen-Dorf rund 800 m nördlich;
- der Ortsteil Zweidlen Station rund 1,8 km nördlich.

Durch die Waldgebiete des Ämperg wie auch der anderen Anhöhen verlaufen verschiedene Wander- und Erschliessungswege. Die umliegenden Hänge und Wälder bilden für das Standortareal jedoch eine wirksame Abschirmung. So ist es dank der Anordnung im engen und vom Wald umrahmten Haberstal vom Norden, Westen und Süden nicht einsehbar. Von der Talebene und den beiden östlich gelegenen Anhöhen Chatzenstig und Strassberg mit ihren Wander- und Erschliessungswegen kann das Standortareal teilweise eingesehen werden. Die dort vorhandenen Wälder bilden für das Standortareal eine wohl nicht durchgehende Sichtbarriere. Aufgrund der Topographie kann das Standortareal von Windlach und den dazwischen liegenden Höfen Bäumler und «Im Schleumet» nur teilweise eingesehen werden. Von Zweidlen-Dorf, Raat und allen anderen Siedlungen besteht keine Sichtverbindung. Das gesamte Gebiet um Windlach, Raat und Zweidlen mit den umliegenden Anhöhen stellt für die lokale Bevölkerung ein bedeutendes Naherholungsgebiet mit mehreren Wanderwegen und Velorouten dar. Der Wanderweg von lokaler Bedeutung Ämperg–Windlach–Strassberg verläuft im Wald ca. 100 m südlich des Standortareals.

Zürich Nordost



**Abb. 79** Landschaften von nationaler oder kantonaler Bedeutung im Umfeld des Standortareals ZNO-6b (Geodaten Kt. ZH, Regionalverband Hochrhein-Bodensee und BAFU, bearbeitet durch INFRAS).

Die grossräumige Morphologie der Landschaft des Zürcher Weinlandes ist durch eiszeitliche Formen sowie die Flussschlingen des Rheins charakterisiert. Das Standortareal liegt zwischen raumprägenden Waldgebieten mit sanften Erhebungen (Bergholz, Isenbuck und Abist). Dem Abistbach folgend öffnet sich das Gelände in Richtung Südosten nach Marthalen-Schilling. Die Abfolge von Wald und Agrarlandschaft gliedert die Landschaft und schafft zugleich Sichtkorridore. Im Bereich des Standortareals verlaufen zwei Offenland-Korridore von Nordosten nach Südwesten: Benken–Bergholz und Benken–Rinauer Feld. Das Standortareal liegt im Randbereich des ersteren. Es ist in einem kleinen Sattel zwischen die beiden Waldbestände Bergholz und Isenbuck eingebettet, die dafür eine raumwirksame Abgrenzung bilden.

Ab 1 km südwestlich des Standorts erstreckt sich das BLN-Objekt 1411 «Untersee-Hochrhein», das den Flusslauf des Rheins und die Waldgebiete des Niderholzes umfasst. Es enthält eine landschaftlich grossartige und kulturgeschichtlich bedeutsame See- und Stromlandschaft von noch weitgehend ursprünglichem Gepräge.

Zwischen Marthalen und Kleinandelfingen und weiter nördlich liegt das grosse BLN-Objekt 1403 «Glaziallandschaft zwischen Thur und Rhein» (Abb. 79). Auf der deutschen Seite westlich des Rheins ist ein Landschaftsschutzgebiet Hochrhein-Klettgau ausgeschieden. Es wird vom grenzüberschreitenden regionalen Naturpark Schaffhausen überlagert, der sich vom Klettgau aus gegen Süden erstreckt und auch die Gemeindegebiete von Jestetten und Lottstetten umfasst.

Im rechtskräftigen kantonalen Richtplan Siedlung und Landschaft ist das Standortareal als Teil eines grossen Landschaftsfördergebietes ausgewiesen. Dieses verbindet die Gebiete Bergholz / Isenbuck / Abist mit dem südlich gelegenen Landschaftsgebiet Niderholz.

Das Standortareal beansprucht Flächen der Gemeinden Marthalen und Rheinau und liegt rund 0,7 km nordwestlich des Marthaler Ortsteils Schilling und ca. 1,3 km nördlich des Dorfes Marthalen. Dazwischen liegen die landwirtschaftlichen Siedlungen Kleiment, Schwerzi und Brunehof in Entfernungen von rund 300 m, 500 m und 750 m. Rund 150 m nordöstlich des Standortareals liegt der Weiler Isenbuck.

Die umliegenden Anhöhen und Wälder bilden für das Standortareal eine wirksame Abschirmung. So ist es dank der Anordnung im Sattel zwischen dem Bergholz und dem Isenbuck vom Norden, Westen und Süden nicht sichtbar. Aufgrund der Topographie kann das Standortareal teilweise vom Wohngebiet Marthalen-Schilling und der Liegenschaft Kleiment im Südosten sowie vom Weiler Isenbuck im Osten eingesehen werden. Teile des Standortareals sind ausserdem von Nordosten aus dem rund 1,5 km entfernten Siedlungs- und Weinbaugebiet von Benken über der abschirmenden Waldkulisse des Isenbucks erkennbar.

#### *Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten*

##### *Jura Ost*

Für den Bau muss der Hang im westlichen Bereich des Standortareals eingeschnitten und damit verbunden eine beschränkte Waldfläche gerodet werden. Für den Materialtransport wird ein Förderband erstellt, dessen Linienführung heute noch nicht bekannt ist. Das Areal ist jedoch praktisch nur aus der unmittelbaren Umgebung und von einem erhöhten Aussichtspunkt sichtbar. Die Baustellen werden ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen wie verschiedene Material-Abbaustellen in der weiteren Umgebung, die teilweise deutlich innerhalb des BLN-Gebietes liegen. Der oben beschriebene Landschaftscharakter wird sich zwar nicht grundsätzlich ändern, da die Umgebung des Standortareals schon heute nicht mehr rein ländlich, sondern durch industrielle Gebäude des PSI und der Zwiilag sowie die K442 mitgeprägt ist. Der Flächenanteil der industriellen Bebauung in der Landschaftskammer wird aber merklich vergrössert, und die Grenze zur landwirtschaftlichen und zur naturnahen Landschaft wird deutlich nach Westen und Norden verschoben.

##### *Nördlich Lägern NL-2*

Die Baustelle wird mit ihren Einrichtungen und Aktivitäten einen deutlichen Eingriff darstellen. Das bestehende Landschaftsbild wird jedoch aufgrund der Vorbelastung durch den Kiesabbau nicht entscheidend verändert.

Die Trassen der Strassen- und Bahnerschliessung verlaufen mitten durch die Talebene, wobei das Erschliessungsgleis unweit und parallel zur bestehenden Bahnlinie verläuft. Damit stellen sie keine grosse landschaftliche Beeinträchtigung dar.

Da der Standort im heutigen Kiesgrubenareal zu liegen kommt, wird keine derzeit landwirtschaftlich genutzte Fläche oder Waldfläche beansprucht. Die offene Baugrube stellt den wichtigsten Eingriff in das Landschaftsbild dar. Sie wird jedoch aufgrund der abgesenkten Lage nur von erhöht liegenden Gebieten teilweise sichtbar sein. Durch die Baustelle werden keine Wander- oder Velowege oder Erholungsgebiete direkt tangiert.

##### *Nördlich Lägern NL-6*

Die Baustelle wird mit ihren Einrichtungen und Aktivitäten einen deutlichen Eingriff in die derzeit landwirtschaftlich genutzte Fläche darstellen. Der gesamte unbewaldete Teil des Haberstals wird durch die Baustelle komplett ausgefüllt sein. Der Ausbau bestehender Strassen in der Talebene für die Erschliessung ist kein bedeutender Landschaftseingriff.

Die Rodungen und die offene Baugrube stellen die wichtigsten Eingriffe in das Landschaftsbild dar. Sie werden jedoch aufgrund der abgeschirmten Tallage nur von kleinen Bereichen in der näheren Umgebung teilweise sichtbar sein.

Durch die Baustelle werden keine Wander- oder Velowege oder Erholungsgebiete direkt tangiert.

### *Zürich Nordost*

Die Baustelle wird mit ihren Einrichtungen und Aktivitäten einen deutlichen Eingriff in das bestehende Landschaftsbild darstellen. Die Trassen der Strassen- und Bahnerschliessung verlaufen im kleinen Sattel zwischen Bergholz und Isenbuck. Da das Standortareal teilweise im Wald liegt, wird eine grosse Waldfläche gerodet. Diese Rodung und die offene Baugrube stellen die wichtigsten Eingriffe in das Landschaftsbild dar. Sie werden von kleinen Bereichen in der Umgebung zwischen Nordost und Südost teilweise sichtbar sein (siehe detaillierte Schilderung der Einsehbarkeit im Abschnitt «Ausgangszustand»).

Nebst der K532 müssen auch der heute über das geplante Standortareal führende Wanderweg, zwei betroffene Waldstrassen und ein Bewirtschaftungsweg aufgehoben und verlegt werden.

Die bedeutenden BLN-Gebiete entlang des Rheins erfahren keine Beeinträchtigung. Auch der Regionale Naturpark Schaffhausen westlich des Rheins wird nicht direkt tangiert. Einschneidender ist die Auswirkung auf das erwähnte kantonale Landschaftsfördergebiet. Hier wirkt die OFA als deutliche Zäsur in der Landschaft. Durch bauliche Massnahmen (Begrünung, Tieferlegung) soll diese Beeinträchtigung minimiert werden.

### *Auswirkungen in den Betriebsphasen (Einlagerung und Verschluss)*

Die Auswirkungen der Elemente eines Tiefenlagers auf Landschaft und Ortsbild unterscheiden sich in den Betriebsphasen nicht erheblich von jenen in den Phasen mit Bauaktivitäten. Die Materialtransporte werden als untergeordnete Auswirkungen auf Landschaft und Ortsbild eingestuft und deshalb nicht beschrieben.

Während der Betriebsphasen wird das OFA-Areal aus Sicherheitsgründen beleuchtet. Neben den in den UVP-Voruntersuchungen kurz erwähnten Auswirkungen auf die Fauna, kann die Beleuchtung auch Auswirkungen auf das Landschaftsbild haben. Dieser Aspekt wird im nächsten Schritt des UVP-Verfahrens berücksichtigt werden müssen.

### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

#### *Jura Ost*

Die Auswirkungen auf die Landschaft (v. a. Lage im BLN-Objekt<sup>163</sup> und im Jurapark Aargau, Hangeinschnitt/Rodung und Zunahme der industriellen Bebauung) sind als voraussichtlich erheblich einzustufen.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Die Auswirkungen auf die Landschaft (v. a. Einsehbarkeit aus erhöhten Lagen beidseits des Rheins) sind als voraussichtlich erheblich einzustufen.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Die Auswirkungen auf die Landschaft (v. a. Einsehbarkeit von kleinen Bereichen in der näheren Umgebung) sind als voraussichtlich gering einzustufen.

#### *Zürich Nordost*

Die Auswirkungen auf die Landschaft (v. a. teilweise Einsehbarkeit aus dem Sektor Nordost bis Südost, Zäsur im kantonalen Landschaftsfördergebiet) sind als voraussichtlich erheblich einzustufen.

---

<sup>163</sup> Die Eidg. Natur- und Heimatschutzkommission hat die Beeinträchtigung des BLN-Objektes 1108 in ihrer vorläufigen Stellungnahme vom 29.10.2015 als schwerwiegend eingestuft.

## 4.4.15 Kulturdenkmäler, archäologische Stätten

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

In diesem Kapitel werden historische Verkehrswege, geschützte Kulturobjekte, schützenswerte Ortsbilder sowie archäologische Fundstellen und Zonen behandelt. Der Betrachtungsperimeter umfasst einerseits das unmittelbare Umfeld des OFA-Standortareals und dessen Erschliessung, und andererseits auch die Gebiete, von denen aus die OFA sichtbar ist.

Hinsichtlich Ortsbild lässt sich eine gewisse Doppelspurigkeit mit Kapitel 4.4.14 kaum vermeiden. Dort werden die allfälligen Auswirkungen der OFA auf Ortsbilder als Landschaftselemente und unabhängig von deren Schutzstatus betrachtet, während im vorliegenden Kapitel die nächstgelegenen schützenswerten Ortsbilder gemäss Bundesinventar behandelt werden.

### *Schutzziele und Grundsätze*

«Dieses Gesetz hat den Zweck ... das heimatliche (Landschafts- und) Ortsbild, die geschichtlichen Stätten sowie die (Natur- und) Kulturdenkmäler des Landes zu schonen, zu schützen sowie ihre Erhaltung und Pflege zu fördern» (Art. 1 Bst. a NHG). Der Bund muss bei der Erfüllung seiner Aufgaben dafür sorgen, dass das heimatliche Ortsbild, geschichtliche Stätten und Kulturdenkmäler geschont werden und, wo das allgemeine Interesse an ihnen überwiegt, sie ungeschmälert erhalten bleiben (Art. 3 Ziff. 1 NHG).

Zu diesem Zweck erlässt er u. a. Inventare der zu schützenden Objekte von nationaler Bedeutung; im Bereich Kulturdenkmäler sind dies das Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (IVS)<sup>164</sup> und das Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (ISOS)<sup>165</sup>.

### *Ausgangszustand*

#### *Jura Ost*

Die östlich des Standortareals verlaufende Kantonsstrasse K442 ist zwar als regional bedeutsame historische Wegverbindung eingestuft. Sie ist aber nicht Bestandteil des IVS, da sie keine historische Bausubstanz aufweist.

Im Bereich des Standortareals sind weder schützenswerte Kulturobjekte oder Kulturdenkmäler verzeichnet noch archäologische Fundstellen bekannt. Die verzeichneten archäologischen Fundstellen südlich des PSI am Aareufer, in Villigen und südlich von Böttstein sind 0,5 km und mehr vom Arealstandort entfernt und werden vom Projekt daher nicht tangiert. Dasselbe gilt für die ISOS-Objekte «Dorfkern von Villigen» (1,4 km), «Bauerndorf mit Schlossanlage Böttstein» (1,6 km) und «Dorfkern von Würenlingen» (3 km), von denen aus die OFA nicht einsehbar ist.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Von Weiach verläuft quer durch die Ebene nach Zweidlen Station ein historischer Verkehrsweg von nationaler Bedeutung. Er ist im Bundesinventar der historischen Verkehrswege (IVS) als Zusatzinformation registriert, aber nicht Bestandteil des Inventars. Infolge des Kiesabbaus und der Verlegung der Glattfelderstrasse besteht dieser Weg heute nur noch als Reststrecke bei der Liegenschaft «Im Ofen». Die ganze ehemalige Wegverbindung liegt abseits vom Standortareal und ist vom Projekt nicht tangiert. In der Umgebung des Standortareals liegen keine weiteren inventarisierten historischen Verkehrswege von nationaler oder regionaler Bedeutung.

Im Bereich des Standortareals sind keine geschützten Kulturobjekte verzeichnet. Im Inventar der Kulturgüter von nationaler und regionaler Bedeutung KGS aufgeführt sind Spuren einer römischen Warte

<sup>164</sup> Verordnung über das Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (VIVS); SR 451.13.

<sup>165</sup> Verordnung über das Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (VISOS); SR 451.12.

im Wald des Weiacher Hard. Ausserdem sind dort mit zwei bronzezeitlichen Grabhügeln kulturhistorisch bedeutsame, kantonale Denkmalschutzobjekte vorhanden.

Die nächstliegenden Objekte des Inventars der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz ISOS sind Kaiserstuhl als Kleinstadt/Flecken sowie das Kraftwerk Eglisau-Glattfelden als Spezialfall. Beide Objekte liegen jedoch in grosser Entfernung vom Standortareal und verfügen über keine Sichtbeziehung zu diesem. Sie sind somit vom Projekt nicht tangiert.

Auf dem Standortareal selbst und in der unmittelbaren Umgebung sind keine archäologischen Fundstellen bekannt. Hingegen befinden sich nördlich der Bahnlinie im Hardwald und am Rheinufer mehrere archäologische Zonen.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Von Weiach verläuft quer durch die Ebene nach Zweidlen Station ein historischer Verkehrsweg von nationaler Bedeutung. Er ist im Bundesinventar der historischen Verkehrswege (IVS) als Zusatzinformation registriert, aber nicht Bestandteil des Inventars. Infolge des Kiesabbaus und der Verlegung der Glattfelderstrasse besteht dieser Weg heute nur noch als Reststrecke bei der Liegenschaft «Im Ofen». Die ganze ehemalige Wegverbindung liegt abseits vom Standortareal und ist vom Projekt daher nicht tangiert.

Östlich des Standortareals ist die Zweidlerstrasse als lokal bedeutender Weg mit historischem Verlauf im IVS verzeichnet. Von diesem Weg führt ein weiterer inventarisierte Abschnitt von Zweidlen-Dorf in Richtung Ämperg. Weiter ist im IVS der Weg von Weiach über Raat nach Windlach als Weg von regionaler Bedeutung mit historischem Verlauf und abschnittsweise viel Substanz aufgeführt.

Im Bereich des Standortareals sind keine geschützten Kulturobjekte verzeichnet. In Zweidlen sind Spuren einer spätrömischen Rheinbefestigung im Inventar der Kulturgüter von nationaler und regionaler Bedeutung KGS enthalten.

Das nächstgelegene ISOS-Objekt ist Stadel als Dorf, dem gemäss dem Kantonalen Inventar der schutzwürdigen Ortsbilder regionale Bedeutung zukommt. Weiter ist im ISOS das Kraftwerk Eglisau-Glattfelden als Spezialfall aufgenommen. Beide Objekte liegen jedoch in grosser Entfernung vom Standortareal und verfügen über keine Sichtbeziehung zu diesem. Sie sind somit vom Projekt nicht tangiert.

Auf dem Standortareal selbst und in dessen unmittelbaren Umgebung sind keine archäologischen Fundstellen bekannt. Hingegen befindet sich rund 100 m südlich vom Standortareal eine archäologische Zone, in der beim Bau einer Gasleitung Kulturschichten sowie Tonscherben aus der Bronzezeit gefunden wurden.

#### *Zürich Nordost*

Der das Standortareal am nördlichen Rand querende Wald- und Wanderweg ist im IVS als Wegverbindung von lokaler Bedeutung aufgenommen. Er weist historischen Verlauf und historische Substanz auf. Weitere, gemäss IVS regional bedeutende Wegverbindungen von Marthalen weisen vom Standortareal eine grosse Entfernung auf und sind vom Projekt daher nicht tangiert.

Im Bereich des Standortareals sind keine geschützten Kulturobjekte verzeichnet. Sowohl das Objekt Höllbach im Kulturgüterinventar KGS mit Spuren der ehemaligen spätrömischen Rheinbefestigung als auch das Dorf Marthalen im Inventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (ISOS; «Beispiel für ein Ackerbauerndorf mit einer Haufenbebauung entlang der ins Umland ausstrahlenden Strassenzügen») weisen vom Standortareal eine grosse Entfernung auf und sind vom Projekt daher nicht tangiert. Dasselbe gilt in Rheinau für das Kloster auf der Halbinsel im Rhein und die Anstaltsanlage der psychiatrischen Klinik.

Im Oberboden und Rinauer Feld unmittelbar nördlich des Standortareals befindet sich gemäss der Karte der Zürcher Kantonsarchäologie eine archäologische Zone, welche am Rand von der vorgesehenen Gleiserschliessung berührt wird. Archäologische Fundstellen sind hingegen in der unmittelbaren Umgebung und auf dem Standortareal nicht bekannt.

#### *Auswirkungen*

Massgebend für diesen Umweltbereich sind die Phasen mit Bauaktivitäten. In den übrigen Projektphasen werden weniger Flächen durch Aktivitäten beansprucht. Eine nach Projektphasen gegliederte Betrachtung der Auswirkungen erübrigt sich. Da sich die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals nicht unterschiedlich auf die beschriebenen Objekte auswirkt, muss diese Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert werden.

#### *Jura Ost*

Die Dorfkerne von Villigen und Böttstein werden verkehrlich mit der geplanten Erschliessungsvariante über eine neue Aarebrücke von Osten her nicht spürbar beeinträchtigt. Zu keinem der im Abschnitt «Ausgangszustand» erwähnten Objekte besteht ein siedlungsstruktureller Zusammenhang. Sie werden vom Projekt nicht tangiert.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Die noch bestehende Reststrecke des erwähnten historischen Verkehrsweges von Weiach nach Zweidlen Station wird nicht tangiert.

Da keine schützenswerte Kulturdenkmäler im Umkreis des Standortareals vorhanden sind, sind diesbezüglich keine Auswirkungen durch den Bau zu erwarten.

Aufgrund der heutigen Kiesausbeutung ist nicht zu erwarten, dass in der Bauphase archäologische Fundstellen zum Vorschein kommen. Allfällige bauliche Bodeneingriffe innerhalb der archäologischen Zonen nördlich des Standortareals wären der Kantonsarchäologie vorgängig zu melden.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Die vorhandenen historischen Verkehrswege von regionaler Bedeutung in Windlach und Zweidlen werden nicht tangiert.

Da keine schützenswerte Kulturdenkmäler im Umkreis des Standortareals vorhanden sind, sind diesbezüglich keine Auswirkungen durch den Bau zu erwarten.

Allfällige bauliche Bodeneingriffe innerhalb der archäologischen Zonen südlich des Standortareals (z. B. durch für Erschliessungswege) wären der Kantonsarchäologie vorgängig zu melden.

#### *Zürich Nordost*

Es ist vorgesehen, die oben erwähnte Wegverbindung mit historischer Substanz von lokaler Bedeutung im Abschnitt Bergholz zu verlegen. Die übrigen erwähnten Objekte werden nicht tangiert, zu den erwähnten ISOS-Ortsbildern bestehen auch keine Sichtbezüge.

Bauliche Bodeneingriffe innerhalb der nahe gelegenen archäologischen Zonen sind vorgängig der Kantonsarchäologie zu melden. Damit wird die Wahrscheinlichkeit einer Beeinträchtigung allfälliger, bisher nicht bekannter Fundstellen minimiert.

### ***Vorläufige Einordnung der Auswirkungen***

#### *Jura Ost und Nördlich Lägern*

Kulturdenkmäler oder archäologische Stätten werden nicht tangiert, damit sind voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen zu erwarten.

#### *Zürich Nordost*

Die Verlegung der erwähnten Wegverbindung mit historischer Substanz von lokaler Bedeutung im Abschnitt Bergholz ist als voraussichtlich geringe Auswirkung zu bewerten.

## 4.4.16 Naturgefahren

### *Inhaltliche und räumliche Abgrenzung*

Naturgefahren sind kein eigentlicher Umweltbereich im Sinne der übrigen Themen des Kapitels 4.4 oder der UVPV, da es sich hierbei nicht um direkte Auswirkungen einer Anlage auf schutzwürdige Objekte handelt. Sie werden hier dennoch aufgeführt, weil sich Naturgefahren im Eintretensfall ungünstig auf das Projekt auswirken und so indirekt zu Umweltauswirkungen führen können.

Naturgefahren sind auch ein Thema, welches vom ENSI im Rahmen seiner Gutachten in den Verfahren nach KEG geprüft wird. Deshalb werden hier auch einige Hinweise aus dieser Sicht aufgeführt.

Die Naturgefahren betreffen grundsätzlich zunächst die Bauten an der Oberfläche, und erst in zweiter Instanz die Anlagen unter Tage. Entsprechend der geographischen und speziell topographischen Lage der Standortareale werden die drei im Schweizer Mittelland relevantesten Naturgefahren betrachtet: gravitative Gefahren (Massenbewegungen infolge der Schwerkraft), Hochwasser und Erdbeben.<sup>166</sup>

Die nachfolgenden Aussagen basieren auf kantonalen Gefahrenhinweiskarten bzw. auf den BAFU-Grundlagen Silvaprotect und Aquaprotect. Diese weisen potenzielle Gefahrengebiete an der Erdoberfläche aufgrund von groben modellbasierte Abschätzungen aus.

### *Schutzziele, Grundsätze und Begriffe*

Naturereignisse werden erst zu einer Gefahr, wenn Personen, Gebäude oder Infrastrukturen durch sie betroffen sind. Aufgrund der Intensivierung der Raumnutzung sowie deren Ausdehnung in potenziell gefährdete Gebiete steigen die möglichen Schäden ständig an. Kenntnisse über die Nutzung des Raums sind deshalb eine wichtige Grundlage für das integrale Risikomanagement zum Schutz von Menschen und Sachwerten vor Naturgefahren.

### *Ausgangszustand*

Die Standorte der Anlagenteile ausserhalb des Standortareals wie Installationsplätze oder NZA sind zur Zeit noch nicht bekannt und können hier somit nicht in die Betrachtung einbezogen werden.

Alle 4 OFA-Standortareale liegen gemäss der SIA-Norm 261 in einem Gebiet mit vergleichsweise tiefem Erdbebenrisiko (Erdbebenzone 1).<sup>167</sup> Die OFA sind aber grundsätzlich durch Erdbeben gefährdet und eine Erdbebeneinwirkung muss bei der Auslegung der Bauten berücksichtigt werden. Da Erdbeben ein auch für die nukleare Sicherheit relevantes Thema sind, werden die entsprechenden Anforderungen vom ENSI definiert.<sup>168</sup>

### *Jura Ost*

Die Gefahrenhinweiskarte des Kantons Aargau weist für den an den Fuss des Chästel angrenzenden Bereich im nordwestlichen Teil des Standortareals eine hohe und im südwestlichen Teil eine geringe Rutschanfälligkeit aus. Zudem deutet die quantitative Erosionskarte hier im Eintretensfall, d. h. bei allfälligen Hangmurgängen, auf grosse Rutschmassen hin.

Der Krebsbach durchfliesst den nördlichen Bereich des Standortareals und verursacht dort eine mittlere Gefährdung durch Hochwasser sowie durch Übersarung<sup>169</sup>.

<sup>166</sup> Vom ENSI werden im Rahmen der Prüfung nach KEG weitere Gefahren betrachtet so z. B. geologische Auswirkungen bei bzw. nach Erdbeben. Dazu zählen gravitative Massenbewegungen, Bodenverflüssigung, Setzungen und Bodenabsenkung.

<sup>167</sup> Erdbebenzone: Region, für welche ein einheitliches Gefährdungsniveau angenommen wird. Der relative Einfluss auf die normgemässen Erdbebeneinwirkungen variiert von 1,0 (Zone 1) bis maximal 2,7 (Zone 3b). Norm SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke (2014).

<sup>168</sup> Das ENSI unterscheidet dabei zwischen Anlagen an der Oberfläche (die seitlich nicht eingebunden sondern frei stehend sind) und den Anlagen in der Tiefe (in der nur freischwingende Teile ein Problem darstellen könnten).

<sup>169</sup> Übersarung: Ablagerung von (Wild-)Bachschutt und Murgangmaterial ausserhalb des Gerinnes (meist grobe Komponenten enthaltend).

Auf der Höhe des Standortareals beschränkt sich das Überschwemmungsgebiet am Westufer der Aare auch für Wiederkehrperioden bis 500 Jahre auf einen Streifen von wenigen 10 m. Das Überschwemmungsgebiet reicht also nicht näher als 150 m an das Standortareal heran.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Die Gefahrenhinweiskarte Silvaprotect des Kantons Zürich weist für den grössten Teil des Standortareals ein geringes Risiko durch Naturgefahren aus; lediglich an den nördlichen Böschungen der Kiesgruben wird auf eine punktuelle Gefährdung durch Hangmuren bzw. Spontanrutschungen hingewiesen. Am gesamten Nordhang sowie im Hangfussbereich des Ämpbergs, südlich der Kantonsstrasse HVS7, kann es zu Hangmuren oder Sturzprozessen kommen. Im mehrheitlich flachen Standortareal selbst können gravitative Naturgefahren ausgeschlossen werden.

Das Standortareal ist aufgrund der topographischen Lage nicht durch Hochwasser gefährdet.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Die Gefahren- und Gefahrenhinweiskarte des Kantons Zürich weist für das Standortareal keine Risiken durch gravitative Naturgefahren aus. An den bewaldeten Talflanken des Haberstals sowie am südlich des Standortareals gelegenen Wiesenhang kann es zu Spontanrutschungen kommen. Ausläufe solcher Spontanrutschungen im Wald könnten im schlimmsten Fall das Standortareal erreichen. Auch bei einer Wiederkehrperiode von 500 Jahren ist das Standortareal gemäss Aquaprotect durch Hochwasser von der Glatt oder vom Dorfbach nicht gefährdet. Vom im westlichen Bereich nicht eingedolten Haberstalgraben ist voraussichtlich keine Gefährdung durch Hochwasser oder Übersarung zu erwarten.

#### *Zürich Nordost*

Silvaprotect weist für das Standortareal sowie im Bereich der Erschliessungswege kein Risiko durch Massenbewegungen aus. An der Westflanke des Hügels Bergholz kann es zu Hangmuren kommen, was aber das Standortareal nicht tangiert.

Auch bei einer Wiederkehrperiode von 500 Jahren ist das Standortareal durch Hochwasser vom Rhein nicht gefährdet. Der nächstgelegene Abistbach stellt ebenfalls keine Gefährdung dar.

#### ***Auswirkungen während der Phasen mit Bauaktivitäten***

Die bei den drei Lagertypen leicht abweichende Ausdehnung des Standortareals wirkt sich nicht grundsätzlich unterschiedlich auf die beschriebenen Objekte aus. Deshalb wird die vorliegende Betrachtung nicht nach Lagertypen differenziert.

#### *Jura Ost*

Während der Phasen mit Bauaktivitäten sind Auswirkungen von Naturgefahren auf das Standortareal und somit dadurch ausgelöste Umweltauswirkungen möglich. Im Vordergrund stehen dabei potenzielle gravitative Gefahren im Hangfussbereich und entlang des Krebsbaches (Übersarung). Bei einer angepassten Bau- und Anlagenplanung sind dabei keine relevanten Auswirkungen zu erwarten. Ausser dass der westliche Pfeiler der geplanten Aarebrücke vom Zwilag her im oben erwähnten Überschwemmungsfall im Wasser stehen könnte, stellt die Aare keine Gefahr für die das Projekt dar.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Während der Phasen mit Bauaktivitäten sind Auswirkungen von Naturgefahren auf das Standortareal und somit dadurch ausgelöste Umweltauswirkungen möglich. Im Vordergrund stehen dabei die potenziellen Rutsch- oder Sturzprozesse im Hangfussbereich bei der Kantonsstrasse. Bei einer angepassten Bau- und Anlagenplanung sind dabei keine relevanten Auswirkungen zu erwarten. Falls die Kiesgruben zum Zeitpunkt des Baus durch Aushubmaterial aufgefüllt sein werden, besteht die Gefahr durch Hangmuren nicht mehr. Eine Gefahr durch Hochwasser ist nicht zu erwarten.

#### *Nördlich Lägern NL-6*

Während der Phasen mit Bauaktivitäten sind Auswirkungen von Naturgefahren auf das Standortareal und somit dadurch ausgelöste Umweltauswirkungen möglich. Im Vordergrund stehen dabei die potenziellen Rutschprozesse im Wald der Talflanken des Haberstals. Bei einer angepassten Bau- und Anlagenplanung sind dabei keine relevanten Auswirkungen zu erwarten.

#### *Zürich Nordost*

Während der Phasen mit Bauaktivitäten können Auswirkungen von Naturgefahren weitgehend ausgeschlossen werden.

#### *Auswirkungen während der Betriebsphasen*

Für die Betriebsphasen gelten an beiden Standorten dieselben Aussagen wie für die Phasen mit Bauaktivitäten.

#### *Vorläufige Einordnung der Auswirkungen*

##### *Jura Ost und Nördlich Lägern*

Die Gefahren durch Naturereignisse sind als voraussichtlich gering einzustufen.

##### *Zürich Nordost*

Es sind voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen durch Naturereignisse zu erwarten.

## 4.5 Überblick über die voraussichtlich erheblichen Auswirkungen

Ein GTL und insbesondere dessen Oberflächeninfrastrukturen verursachen voraussichtlich erhebliche Auswirkungen in den nachfolgend beschriebenen Umweltbereichen.

Für diese Umweltbereiche bzw. Schutzgüter müssen in den zukünftigen Schritten der Projektierung im Rahmen der UVP-Verfahren projekt- und standortspezifische Massnahmen zur Vermeidung oder Reduktion der Auswirkungen geprüft werden.

### *Gewässer*

Die Auswirkungen auf das Grundwasser sind bei allen Standortarealen voraussichtlich erheblich. Für die Standortareale JO-3+ und NL-6 ist auch mit voraussichtlich erheblichen Auswirkungen auf die betroffenen Oberflächengewässer (Bäche) zu rechnen.

Eine Beeinflussung der Zirkulation von relevanten Grundwasservorkommen kann weitgehend ausgeschlossen werden, da voraussichtlich keine Bauten bis zum Grundwasserspiegel reichen.

An allen Standorten wird die Grundwasserneubildung vermindert, kann Hangsicker- und/oder Bergwasser beeinflusst werden und können qualitative Beeinträchtigungen von Gewässern (durch die Versickerung von belasteten Abwässern aus der Bautätigkeit oder aus dem Betrieb) nicht ausgeschlossen werden. Bei den Standortarealen JO-3+ und NL-6 muss zudem je ein Bach umgelegt werden.

Die Schutzziele können voraussichtlich mit üblichen und erprobten Massnahmen (z. B. Versickerungsanlagen zur Förderung der Grundwasserneubildung, naturnahe Bachumlegung, Rückhalteeinrichtungen für wassergefährdende Stoffe) eingehalten werden. Diese Massnahmen müssen im Rahmen der UVB erster und zweiter Stufe im erarbeitet werden.

### *Boden, Kulturland und Fruchtfolgeflächen*

#### *Jura Ost, Nördlich Lägern NL-6 und Zürich Nordost*

Der Verlust an FFF für die OFA inkl. Erschliessung beträgt zwischen 3 und 8 ha: je nach Lagertyp 7–8 ha bei JO-3+, 3 ha bei NL-6 und 5–8 ha bei ZNO-6b. Für die weiteren Oberflächeninfrastrukturen, deren Platzierung derzeit noch offen ist (NZA, Bauinstallationen, allfälliges Langzeitdepot), würden im schlimmsten Fall weitere bis zu 14 ha FFF benötigt.

Ob die OFA, die Erschliessungswege und die NZA, jemals zurückgebaut und diese Flächen in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden können, kann aus heutiger Sicht nicht abschliessend beurteilt werden. Der Verlust an Kulturland und FFF kann also nicht als vorübergehend eingestuft werden. Für diese Flächen muss in Zusammenarbeit mit dem betroffenen Kanton im Rahmen der Erarbeitung des UVB erster Stufe nach möglichen Ersatzmassnahmen (z. B. Rückzonung, Bodenverbesserung oder Rekultivierung) an anderen Orten gesucht werden. Hingegen kann bei den Flächen für die Bauinstallationen und für ein allfälliges Langzeitdepot mittelfristig von einer Rekultivierung ausgegangen werden.

Falls die dauerhaft beanspruchten FFF nicht durch Ersatzmassnahmen kompensiert werden können, müsste dieser Verlust aufgrund des nationalen Interesses an der Anlage sowie der erfolgten Alternativenprüfung und Interessenabwägung (vgl. Kap. 2.5) begründet werden.

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Beim Standortareal NL-2 sind die Auswirkungen auf Boden, Kulturland und FFF voraussichtlich gering und können mit geeigneten Massnahmen weiter beschränkt werden.

## **Abfälle**

### *Jura Ost*

Die voraussichtlichen abfallbedingten Umweltauswirkungen beim Standortgebiet Jura-Ost sind aufgrund der sehr grossen Menge an Ausbruchmaterial erheblich. Sie müssen in der Detailplanung durch Massnahmen auf verschiedenen Ebenen begrenzt werden (z. B. Wiederverwendung als Verfüllmaterial, industrielle oder bauliche Verwertung wie Zementproduktion, Wiederauffüllung von Gruben, bewilligte Terrainveränderungen). Im UVB 1. Stufe ist für alle Bauabfälle ein entsprechendes Materialbewirtschaftungskonzept zu erstellen, welches im Rahmen des UVB 2. Stufe zu konkretisieren ist.

### *Übrige Standortareale*

Bei den drei anderen Standortarealen sind die Auswirkungen voraussichtlich gering: die Mengen an Ausbruchmaterial sind kleiner als bei JO, weil kein langer Zugangstunnel benötigt wird. Es ist vorgesehen, dieses Material per Förderband in nahe gelegene Kiesgruben zu transportieren und für deren Auffüllung zu verwenden.

## **Wald**

### *Jura Ost, Nördlich Lägern NL-6, Zürich Nordost*

Für die OFA und deren Erschliessung sind voraussichtlich folgende Rodungsflächen nötig: 1–2 ha bei JO-3+; 3,4 ha bei NL-6 und 3–4 ha bei ZNO-6b. Weitere Rodungen für NZA, Bauinstallationsflächen und Langzeitdepot sind nicht auszuschliessen, aber wenig wahrscheinlich.

Die Voraussetzungen, um die dafür nötige Ausnahmegewilligung zu erhalten, erscheinen erfüllbar.

Im Rahmen des UVB 1. Stufe und des entsprechenden Rodungsgesuchs muss abgeklärt werden, ob die Rodung permanent oder – allenfalls nur auf einem Teil der Fläche – temporär sein wird. Im ersten Fall muss abgeklärt werden, ob in der Umgebung mögliche Ersatz-Aufforstungsflächen zur Verfügung stehen. Dabei ist auch die Schonung landwirtschaftlicher Vorrangflächen sowie ökologisch oder landschaftlich wertvoller Gebiete zu berücksichtigen. Andernfalls müssen Ersatzmassnahmen für den Natur- und Landschaftsschutz geplant werden.

### *Nördlich Lägern NL-2*

Beim Standortareal NL-2 ist kein Wald betroffen.

## **Flora, Fauna, Lebensräume**

### *Nördlich Lägern NL-6, Zürich Nordost*

Durch die Beeinträchtigung des Wildtierkorridors und die Waldrodungen (NL-6) bzw. die Eingriffe in einen Trockenstandort (ZNO) ist mit voraussichtlich erheblichen Auswirkungen auf Flora, Fauna und Lebensräume zu rechnen.

Im Rahmen der UVB erster und zweiter Stufe müssen diese Auswirkungen im Detail untersucht werden und es sind Massnahmen zu deren Minimierung zu erarbeiten.

### *Jura Ost, Nördlich Lägern NL-2*

Die Beeinträchtigung von Flora, Fauna und Lebensräumen ist wegen der randlichen Lage der Standortareale zum Wildtierkorridor (JO) bzw. Schutzgebieten und Vernetzungsachsen (NL-2) voraussichtlich gering.

## 4.6 Mögliche Wechselwirkungen zwischen radiologischen und konventionellen Auswirkungen

Die Beurteilung der radiologischen Risiken und der konventionellen Umweltauswirkungen, die von einem GTL ausgehen können, erfolgen im mehrstufigen Bewilligungsverfahren in zwei verschiedenen Teilverfahren:

- Für die nukleare Sicherheit muss ein Sicherheitsnachweis erbracht werden, der sich nach der Kernenergiegesetzgebung richtet.
- Die konventionellen Umweltauswirkungen werden im Rahmen der UVP gemäss Umweltschutzgesetzgebung untersucht.

Für die Beurteilung der Risiken und Auswirkungen in den beiden Verfahren sind zwar unterschiedliche Fachbehörden (ENSI resp. BAFU) zuständig, diese Beurteilung erfolgt jedoch in einem koordinierten gemeinsamen Verfahren.

Dennoch kann befürchtet werden, dass möglicherweise Entwicklungen, welche durch Wechselwirkungen oder gar Rückkopplungseffekte zwischen konventionellen und radiologischen Auswirkungen verursacht werden könnten, unterschätzt oder übersehen werden könnten.

Eine solche Entwicklung ist aber weitgehend ausgeschlossen, weil die Spezialgesetzgebung für die Kernenergie dem Umweltrecht vorgeht, d. h. bei einem GTL müssen die kernenergierechtlichen Bestimmungen, wonach keine namhaften radiologischen Umweltauswirkungen zulässig sind, jederzeit eingehalten werden. Die entsprechenden Sicherheitsnachweise müssen auch sämtliche denkbaren und relevanten konventionellen Umwelteinflüsse (z. B. Klimawandel oder extreme Wetterereignisse) berücksichtigen. Dazu gehören auch solche, welche allenfalls durch radiologische Auswirkungen des GTL selber verursacht werden – auch wenn bis heute keine konkreten Fälle einer solchen Rückkopplung identifiziert werden konnten.

Allenfalls denkbar ist aus heutiger Sicht der unwahrscheinliche Fall, dass sich eine Kopplung zwischen der Ursache einer konventionellen Umweltauswirkung und einem zulässigen nuklearen Prozess im geologischen Untergrund im Innern oder im unmittelbaren Umfeld des Lagerbereichs ergibt. Ionisierende Strahlung in diesem Bereich könnte theoretisch nicht-radiologische Prozesse in Gang setzen, welche letztendlich eine konventionelle Umweltauswirkung an der Erdoberfläche zur Folge haben könnten.

Bislang liegen keine Hinweise auf solche Prozesse vor. Trotzdem muss in der weiteren Projektentwicklung regelmässig eine inhaltliche Plausibilitätsprüfung vorgenommen werden, ob allenfalls solche Wechselwirkungen auftreten könnten, insbesondere im Rahmen der Bau- und Betriebsbewilligungsverfahren.

## 4.7 Auswirkungen auf Gebiete in Deutschland

### 4.7.1 Auswirkungen der ionisierenden Strahlung

Im Kapitel 4.3 haben wir dargelegt dass ein GTL im Bereich der Radioaktivität voraussichtlich keine oder vernachlässigbare Auswirkungen auf Mensch und Umwelt haben wird. Dies gilt auch für die Gebiete auf deutschem Staatsgebiet.

### 4.7.2 Konventionelle Auswirkungen auf die Umwelt

Die meisten möglichen Auswirkungen eines GTL auf die Umwelt beschränken sich auf den Standort und das unmittelbare Umfeld der Oberflächeninfrastrukturen. Davon sind derzeit erst die OFA-Areale bekannt. Aufgrund der Distanz der Standortareale von der Landesgrenze und der Trennwirkung des Rheins können von den OFA ausgehende Auswirkungen auf Gebiete in Deutschland für viele Umweltbereiche ausgeschlossen werden.

Auch die NZA, Installationsplätze und Deponien werden sich auf Schweizer Boden befinden. Es ist deshalb davon auszugehen, dass abgesehen von den nachfolgend erwähnten Ausnahmen keine relevanten Auswirkungen auf deutsches Gebiet zu erwarten sind.

#### *Luft / Lärm / Erschütterungen*

Der Verkehr von und zu den OFA-Arealen wird nach heutigem Kenntnisstand keine wahrnehmbaren Auswirkungen auf deutsches Gebiet verursachen.

Staub- und Lärmemissionen sowie Erschütterungen, welche durch Bauarbeiten bei den OFA-Standortarealen verursacht werden, sollten keine Auswirkungen auf deutsches Gebiet verursachen – auch die am nächsten zu deutschem Territorium gelegene OFA NL-2 ist noch mehr als 600 m entfernt.

Denkbar wären Auswirkungen in folgenden Fällen:

- Wenn eine Nebenzugangsanlage, ein Installationsplatz oder eine (Zwischen-)Deponie in direkt an der Grenze platziert würde.
- Wenn eine grössere Anzahl Transporte (insbesondere von Ausbruchsmaterial zur Deponie) entlang der Grenze durchgeführt würde.

#### *Gewässer (Mineral- und Thermalwasser)*

##### *Jura Ost*

In der Nähe des Standortgebiets Jura Ost befindet sich das Thermalwasservorkommen Bad Säckingen. Dessen Wasser wird aus dem Kristallin (südlicher Schwarzwald) gefördert, welches durch die unter Tage gelegenen Bauten des Tiefenlagers nicht tangiert wird.<sup>170</sup>

##### *Nördlich Lägern und Zürich Nordost*

In der Nähe der Standortgebiete Nördlich Lägern und Zürich Nordost befindet sich das früher genutzte Thermalwasservorkommen Lottstetten-Nack. Es stammt aus dem Malm-Aquifer, welcher durch die Zugangsbauwerke durchfahren würde. Im Fall der Realisierung eines GTL im Standortgebiet Zürich Nordost könnte der Wasserdruck des artesischen Brunnens möglicherweise so weit abfallen, dass das Wasser nicht mehr ausläuft, sondern gepumpt werden müsste. Eine direkte qualitative Beeinflussung des Thermalwassers ist nicht zu erwarten, es könnten sich aber im Extremfall viele hundert Jahre nach dem Lagerbetrieb Änderungen der Temperatur oder der chemischen Zusammensetzung ergeben.<sup>171</sup>

---

<sup>170</sup> SÖW Regionsbericht Jura Ost, Kap. 4.10.

<sup>171</sup> UVP-Voruntersuchung ZNO-6b, Kap. 7.6.

Im Fall des Standortgebietes Nördlich Lägern würde der Malm-Aquifer in beträchtlicher Distanz stromabwärts durchfahren. Eine Beeinträchtigung des Thermalwassers ist demnach unwahrscheinlich, kann aber nicht ganz ausgeschlossen werden.<sup>172</sup>

### *Landschaft und Ortsbild*

#### *Nördlich Lägern NL-2*

Das Deutschland am nächsten gelegene Standortareal NL-2 tangiert kein geschütztes Landschaftsgebiet direkt. Es wäre aber von den höher gelegenen Teil der Gemeinde Hohentengens und vom dortigen Landschaftsschutzgebiet aus sichtbar. Die Sichtbarkeit hängt stark von der Höhe der OFA-Bauten über dem bestehenden Terrain ab. Da die OFA in einer bestehenden Kiesgrube geplant ist, wäre bei der OFA eines SMA-Lagers kein Gebäude höher als das umliegende Gelände. Bei der OFA eines HAA- oder Kombilagers würde ein Gebäude ca. 10 m höher als das bestehende Terrain gebaut.

Insgesamt wird das bestehende Landschaftsbild aufgrund der Vorbelastung durch den Kiesabbau nicht entscheidend verändert.

#### *Übrige Standortgebiete*

Eine OFA auf dem Standortareal Zürich Nordost ZNO-6b wäre von deutschem Gebiet aus kaum sichtbar. Bei der Sichtbarkeitsanalyse im Rahmen der SÖW ergaben sich nur einige strichweise Flächen mit teilweiser Sichtbarkeit ausserhalb des Siedlungsgebietes im Wald oberhalb von Jestetten.

Die OFA-Standortareale Jura Ost JO-3+ und Nördlich Lägern NL-6 sind von Deutschland aus nicht einsehbar.

Offen bleibt noch die Sichtbarkeit der übrigen Oberflächeninfrastrukturen wie NZA, Installationsplätze oder (Zwischen-)Deponien. Im Standortgebiet Jura Ost werden diese mit grosser Wahrscheinlichkeit von Deutschland aus nicht einsehbar sein. In den Standortgebieten Nördlich Lägern und Zürich Nordost sind von deutschem Gebiet sichtbare Standorte möglich.

---

<sup>172</sup> SÖW-Regionsbericht Nördlich Lägern, Kap. 4.10 bzw. 6.10.

## 4.8 Überwachung der Auswirkungen (Monitoring)

Sämtliche Bewilligungsverfahren für ein GTL (und übrigens auch die Inhalte des vorliegenden Berichts) beruhen auf den prognostizierten Auswirkungen eines GTL. Diese Prognosen werden vom Gesuchsteller mit erheblichem Aufwand erarbeitet und von mehreren Behörden wiederholt überprüft.

Bei einem Vorhaben der Grössenordnung eines GTL darf man sich aber nicht allein auf Prognosen und Modelle verlassen. Deshalb müssen die effektiven Auswirkungen eines GTL während Bau, Betrieb und nach dem Verschluss systematisch überwacht und dokumentiert werden. Es braucht also ein Monitoring der radiologischen und konventionellen Auswirkungen des GTL auf die Umwelt.<sup>173</sup>

### 4.8.1 Überwachung des geologischen Tiefenlagers

Die Überwachung eines GTL ist in der ENSI-Richtlinie ENSI-G03 festgelegt und im dazugehörigen Erläuterungsbericht konkretisiert.<sup>174</sup> Es besteht mindestens aus den folgenden Komponenten:

#### *Umweltüberwachung*

Die Umweltüberwachung erfasst Radionuklide und ionisierende Strahlung in der Umgebung des GTL. Sie dient der Beweissicherung für den Fall, dass während des Baus oder danach eine Veränderung der Umwelteigenschaften auftritt oder angenommen wird. Sie umfasst gleichzeitig auch nicht-radiologische Beobachtungen, wie z. B. die Grundwasserverhältnisse und Quellen, welche sicherheitsrelevant sein können. Für eine statistisch gesicherte Aussage ist vorgängig zu Untertagearbeiten am Standort ein Überwachungszeitraum von mehreren Jahren wünschenswert. Es ist daher notwendig, dass die Überwachung so früh wie möglich und spätestens mit der Rahmenbewilligung beginnt.

#### *Überwachung des geologischen Umfeldes*

Die Überwachung des geologischen Umfeldes umfasst Messungen, die für die Beurteilung der Betriebs- und Langzeitsicherheit Aussagen zum Verhalten des GTL beziehungsweise seines Umfeldes erlauben. Sie dient der Kontrolle, dass sich das GTL auslegungskonform verhält bzw. dass die auslegungsrelevanten Annahmen zutreffend sind. Diese Überwachung wird beim Bau der Testbereiche aufgebaut und dauert bis zum Beginn der Verschlusses des Gesamtlagers.

#### *Radiologische Überwachung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes*

Während der Betriebsphasen findet auch eine radiologische Überwachung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes statt, z. B. durch die radiologische Überwachung der Abluft. Der für die Umgebungsüberwachung relevante Dosisrichtwert wird in der Betriebsbewilligung festgelegt. Mit Ausnahme der von Anfang an vorgesehenen Radonüberwachung in den unterirdischen Bauwerken beginnt die radiologische Überwachung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes mit der erstmaligen Annahme radioaktiver Abfälle in der OFA.

#### *Überwachung des Pilotlagers*

Die Überwachung im Pilotlager dient dazu, die Prozesse bezüglich der Abfälle und der Sicherheitsbarrieren vor Ort beobachten zu können. Die Überwachung im Pilotlager beginnt nach dessen Besichtigung mit Abfällen und endet mit Beginn des ordnungsgemässen Verschlusses des Gesamtlagers.

<sup>173</sup> Neben den Auswirkungen auf die Umwelt werden im Übrigen auch die Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft einem Monitoring unterzogen. vgl. Monitoringkonzept BFE / Ecoplan, 2016.

<sup>174</sup> ENSI-G03: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis; 2009. Kap. 5.2.1 Überwachung und Kap. 5.2.2 Betrieb eines Pilotlagers. / Erläuterungsbericht zur Richtlinie G03; 2009

Damit die Verhältnisse im Pilotlager verfolgt werden können, sollten u. a. folgende Aspekte überwacht werden:

- die zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung;
- die Wasseraufsättigung der bentonitbasierten technischen Barriere/Tunnelverfüllung;
- die hydraulische Druckverhältnisse;
- das felsmechanische Verhalten des Gebirges und die Mikroseismizität;
- die Gasentwicklung aus den Abfallgebinden.

Um möglichst frühzeitig auf Erkenntnisse aus der Beobachtung des Pilotlagers reagieren zu können, muss die Beschickung und die Überwachung des Pilotlagers vor dem Beginn der Einlagerung im Hauptlager erfolgen. Damit die Auswirkungen der im Pilotlager auftretenden Prozesse und die daraus gewonnenen Erkenntnisse auf das Hauptlager übertragbar sind, müssen im Pilotlager die für das Hauptlager geplante Auslegung der Lagerkammern und Verfüllung übernommen und eine repräsentative Auswahl an Abfallgebinden eingelagert werden.

Viele der im Hauptlager erwarteten Prozesse laufen zu langsam ab, als dass sie während der Dauer der Beobachtungsphase im Pilotlager erfasst werden könnten. Es ist daher zu erwarten, dass nur ausgewählte Aspekte des Sicherheitsnachweises bestätigt werden können. Die Überwachung kann aber die Gewissheit in dem Masse erhöhen, wie keine unerwarteten Vorgänge beobachtet werden.

#### ***Vollzug des Monitoring und Berichterstattung***

Die Überwachung der Umweltradioaktivität während der Betriebsphase des GTL bis zum Verschluss obliegt dem Betreiber und wird vom ENSI kontrolliert. Das ENSI wird voraussichtlich dazu ein komplettes Überwachungssystem aufbauen (Maduk-Stationen um das GTL). Nach dem Verschluss und nach der Entlassung des GTL aus dem Geltungsbereich des KEG wird die Umweltradioaktivität vom BAG überwacht.<sup>175</sup>

Die Überwachung des geologischen Umfelds, die radiologische Überwachung (Strahlenschutz) und die Überwachung des Pilotlagers obliegen dem Betreiber des GTL, welcher das Überwachungsprogramm und die Ergebnisse periodisch dem ENSI zur Prüfung vorlegen muss.

#### ***Stand der Technik und Methodik für die Überwachung unter Tage***<sup>176</sup>

Die Entwicklung geeigneter Monitoringkonzepte und Messtechniken zur Überwachung von GTL war Gegenstand des EU-Forschungsprojektes MoDeRn<sup>177</sup>, an welchem sich 18 Organisationen (u. a. ETH Zürich und Nagra) aus zwölf Ländern beteiligten und welches vom ENSI begleitet wurde.

Die Ergebnisse von MoDeRn sind in das Forschungsprojekt «Monitoringkonzept und -einrichtungen» eingeflossen, welches vom ENSI durchgeführt wurde. Dieses Projekt hat sich mit allen Schritten der Überwachung eines GTL beschäftigt, angefangen bei einer den EUU vorangehenden Umweltüberwachung (Erfassung der ungestörten Umweltbedingungen = Nullmessung), dann der Messung der durch den Bau des Lagers hervorgerufenen Veränderungen (Beweissicherung Umwelt und Grundwasser) bis hin zu Untersuchungen der sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins und der technischen Barrieren in den Testbereichen sowie zur Überwachung des Pilotlagers. Das Pilotlager und die Testbereiche (Felslabor) haben die Funktion, Aspekte des Sicherheitsnachweises zu überprüfen und die erforderlichen Grundlagen zum Entscheid über den endgültigen Verschluss des GTL zu liefern. Mit diesem Forschungsprojekt hat sich das ENSI einen möglichst breiten und vollständigen Überblick über mögliche Überwachungskonzepte und Messtechniken verschafft, um Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten, die für die spätere Festlegung der Anforderungen an die Überwachung eines Pilotlagers

---

<sup>175</sup> StSV Art. 104.

<sup>176</sup> Dieses Kapitel ist ein Auszug aus der Antwort des ENSI auf die TFS-Frage 66: [www.ensi.ch/de/technisches-forum/ueberwachung-nach-verschluss/](http://www.ensi.ch/de/technisches-forum/ueberwachung-nach-verschluss/).

<sup>177</sup> Monitoring Developments for Safe Repository Operation and Staged Closure. [http://cordis.europa.eu/project/rcn/93569\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/93569_en.html)

erforderlich sind. Ein Folgeprojekt, «Monitoringkonzept und -einrichtungen-II» ist in Planung und wird auch die Aktivitäten des laufenden Folgeprojekts bei der EU, «Modern2020», mitverfolgen.

Erfahrungen über Messtechniken in Tongesteinsformationen und bentonitbasierten Tunnelverfüllungen/technischen Barrieren gibt es bereits heute durch umfangreiche Forschungsarbeiten in verschiedenen Felslaboren in der Schweiz, in Frankreich und in Belgien. Besonders zu erwähnen sind das FEBEX Experiment im Felslabor Grimsel, bei dem thermisch-hydraulisch-mechanische Prozesse bei einem Heizversuch über 18 Jahre beobachtet wurden, sowie Experimente im belgischen Felslabor HADES, die bereits über 25 Jahre laufen. Auch im Felslabor Mont Terri wurden mehrere Langzeitexperimente gestartet oder bereits abgeschlossen. Dabei wurden thermische, hydraulische, mechanische, chemische, biologische und radiologische Prozesse und Kombinationen dieser Prozesse untersucht. Langzeitmessungen wurden vor allem für die Parameter Porenwasserdruck, Temperatur, Deformationen und Wassersättigung durchgeführt.

#### 4.8.2 Monitoring der konventionellen Auswirkungen auf die Umwelt<sup>178</sup>

##### *Umweltbaubegleitung*

Die meisten konventionellen Umweltauswirkungen werden während der Phasen mit Bauaktivitäten verursacht. Das Monitoring dieser Auswirkungen wird voraussichtlich durch eine Umweltbaubegleitung (UBB) gewährleistet. Die Bauherrschaft beschreibt die Etablierung einer UBB und deren Aufgaben als Querschnittsmassnahme im UVB 2. Stufe. In der Baubewilligung legt das UVEK dann die Ausgestaltung der UBB fest.

Die UBB ist ein Organ der Bauherrschaft. Sie bereitet alle beim Bau relevanten Umweltmassnahmen vor und überwacht sie, wobei sie auf die Einhaltung der umweltrelevanten Vorschriften und Standards achtet. Sie berät die Bauherrschaft in der Planungs- und in der Realisierungsphase und sorgt für die Sensibilisierung auf Umweltanliegen aller am Bau beteiligter Personen und Institutionen.

Die UBB hält die Ergebnisse ihrer Tätigkeit in regelmässigen Berichten zuhanden der Bauherrschaft fest. Diese Berichterstattung ist die Basis für das Reporting der Bauherrschaft zuhanden der zuständigen Behörden. Damit wird sichergestellt, dass die Behörden über die Umsetzung der Massnahmen informiert sind und gegebenenfalls korrigierend eingreifen können.

##### *Erfolgskontrolle*

Art. 46 Abs. 1 USG verpflichtet jedermann, «den Behörden die für den Vollzug erforderlichen Auskünfte zu erteilen, nötigenfalls Abklärungen durchzuführen oder zu dulden». Soweit es die Behörde zum Schutz der Umwelt als nötig erachtet, bei einem Bauprojekt eine Erfolgskontrolle und eine entsprechende Berichterstattung zu verlangen, kann sie den Bauherrn gestützt auf diese Bestimmung dazu verpflichten.

Die Bauherrschaft legt im UVB 2. Stufe die Grundzüge der Erfolgskontrolle dar, indem die Massnahmen mit überprüfbaren Zielen versehen werden und ein entsprechendes Kontrollkonzept skizziert wird. Darüber hinaus müssen für alle kritischen Massnahmen Vorgehen skizziert werden, welche bei einer Nichterreichung der Ziele anzuwenden wären.

##### *Umsetzungskontrolle*

Im Rahmen der Erfolgskontrolle wird mit einem Soll-Ist-Vergleich festgestellt, ob die Massnahmen sach- und zeitgerecht und gesetzeskonform umgesetzt wurden. Diese Umsetzungskontrolle erfolgt für bauliche oder Baustellenmassnahmen kontinuierlich während der Phasen mit Bauaktivitäten und endet mit der Umweltbauabnahme durch die zuständige Behörde.

---

<sup>178</sup> Die Ausführungen zur UBB und zur Erfolgskontrolle sind dem UVP-Handbuch des BAFU von 2009 entnommen (Modul 6 – Umweltbaubegleitung und Erfolgskontrolle).

### *Wirkungskontrolle*

In der Erfolgskontrolle wird auch aufgezeigt, ob und in welchem Umfang mit den realisierten Massnahmen die angestrebte Wirkung für die Umwelt erzielt wurde. Dies kann in manchen Fällen unmittelbar nach der Ausführung der Massnahme festgestellt werden (z. B. Wirkung einer Lärmschutzwand). In manchen Fällen kann die endgültige Wirkung einer Massnahme hingegen erst eine gewisse Zeit nach Abschluss der Realisierung festgestellt werden. Dies ist insbesondere bei Massnahmen der Fall, welche die Entwicklung von Lebensräumen zum Ziel haben, aber auch bei Rekultivierungen oder wasserbaulichen Massnahmen. Die Wirkungskontrolle kann hier erst einige Zeit nach Abschluss des Bauprojektes erfolgen.

Im UVB muss die Bauherrschaft Vorschläge machen, wie die Wirkungskontrolle solcher Massnahmen sichergestellt wird. Das UVEK als Bewilligungsbehörde muss bei kritischen Massnahmen die Baubewilligung mit entsprechenden Auflagen versehen.

### *Betriebliche Massnahmen*

Bei betrieblichen Massnahmen, welche zum Ziel der Sicherstellung eines gesetzeskonformen Betriebs der Anlage angeordnet wurden, müssen im UVB nicht nur deren Umsetzung und Ziele konkret beschrieben, sondern auch Angaben zur Überwachung gemacht werden. Ebenso muss dargelegt werden, welche Vorkehrungen zu treffen sind, falls die angestrebten Ziele nicht erreicht werden. In manchen Fällen können die Zielerreichung und allfällige Korrekturmassnahmen durch ein betriebliches Umweltmanagement sichergestellt werden

## Quellen und Literatur

Das nachfolgende Quellen- und Literaturverzeichnis enthält eine Auswahl der wichtigsten Quellen und Literatur. Die vollständigen Quellen- und Literaturangaben befinden sich im Text bzw. in den Fussnoten. Sie sind meistens auch mit einem Link zur Bezugsquelle versehen.

*Alle Dokumente des BFE sind verfügbar unter [www.radioaktiveabfaelle.ch](http://www.radioaktiveabfaelle.ch)*

*Alle Dokumente des ENSI sind verfügbar unter [www.ensi.ch/de/dokumente/](http://www.ensi.ch/de/dokumente/)*

*Alle Dokumente der Nagra sind verfügbar unter [www.nagra.ch/de/downloadcenter.htm](http://www.nagra.ch/de/downloadcenter.htm)*

### *Gesetze und Verordnungen*

Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG), [SR 451](#)

Verordnung über das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (VBLN); [SR 451.11](#)

Raumplanungsgesetz, (RPG); [SR 700](#)

Kernenergiegesetz (KEG); [SR 732.1](#)

Kernenergieverordnung (KEV); [SR 732.11](#)

Umweltschutzgesetz (USG); [SR 814.01](#)

Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV); [SR 814.011](#)

Gewässerschutzgesetz, GSchG, [SR 814.20](#)

Strahlenschutzgesetz (StSG); [SR 814.50](#)

Strahlenschutzverordnung (StSV); [SR 814.501](#)

Waldgesetz, (WaG); [SR 921.0](#)

### *Richtlinien des ENSI*

ENSI, 2009: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03.

ENSI, 2010: Strahlenschutzziele für Kernanlagen, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G15.

ENSI, 2010: Auslegung und Betrieb von Lagern für radioaktive Abfälle und abgebrannte Brennelemente, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G04.

### *Allgemeine Dokumente*

- BAFU, 2009: UVP-Handbuch; Richtlinie des Bundes für die Umweltverträglichkeitsprüfung.
- BFE, 2008: Sachplan geologische Tiefenlager, Konzeptteil.
- BFE, 2011: Sachplan geologische Tiefenlager, Ergebnisbericht zu Etappe 1: Festlegungen und Objektblätter.
- BFE, 2017: Sachplan geologische Tiefenlager, Entwurf des Ergebnisberichts zu Etappe 2: Festlegungen und Objektblätter.
- ENSI, 2012: Geologische Tiefenlager; Radioaktive Abfälle sicher entsorgen.
- Nagra, 2013: NTB 13-01, Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers – Grundlagen zur Beurteilung der grundsätzlichen Bewilligungsfähigkeit einer Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager.
- Nagra, 2013: Oberflächenanlagen für geologische Tiefenlager: Massnahmen gegen Gefahren bei Bau und Betrieb.
- Nagra 2014: NTB 14-01, Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete.
- Nagra 2014: NTB 14-03, Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barriersysteme.
- Nagra, 2015: NTB 14-035, Chemische Risikobewertung Beurteilung von Stoffen in einem geologischen Tiefenlager für radioaktive Abfälle aufgrund ihrer Chemotoxizität.
- Nagra, 2015: Standortgebiete für geologische Tiefenlager; sicherheitstechnischer Vergleich: Vorschläge für Etappe 3. Themenheft Nr. 7.
- Nagra, 2015: Langzeitsicherheit, Die Hauptaufgabe der Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle; Themenheft Nr. 8.
- Nagra, 2014: NAB 14-35, Chemische Risikobewertung; Beurteilung von Stoffen in einem geologischen Tiefenlager für radioaktive Abfälle aufgrund ihrer Chemotoxizität.
- Nagra, 2014: NAB 14-51: Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager in der Betriebsphase: Vorgaben, Vorgehen und Dokumentation der Ergebnisse.
- Nagra, 2016: Übersichtsdokument zur UVP-Voruntersuchung in Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager – Angepasste Version mit den Standortarealen NL-2 und NL-6.
- Nagra, 2016: NTB 16-01, Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen.
- Nagra, 2016: NTB 16-08, Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzugangsanlagen) geologischer Tiefenlager.
- Nagra, 2016: Schachtkopfanlagen geologischer Tiefenlager; Beschreibung und Funktion.

***Dokumente zur Standortregion Jura Ost und zum Standortareal JO-3+***

Nagra, 2013: Arbeitsberichte NAB 13-66 / NAB 13-67 / NAB 13-68: Standortareal JO-3+-HAA / JO-3+-Kombi / JO-3+-SMA im Planungssperimeter Jura Ost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers.

BFE, 2014: Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie SÖW in Etappe 2: Regionsbericht Jura Ost.

Nagra, 2014: UVP-Voruntersuchungen für ein geologisches Tiefenlager HAA / Kombi / SMA, Standortareal JO-3+-HAA / JO-3+-Kombi / JO-3+-SMA.

Regionalkonferenz Jura Ost, 2013: Oberflächenanlagen eines geologischen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle: Bewertung der Standortarealvorschläge durch die Regionalkonferenz Jura Ost.

***Dokumente zur Standortregion Nördlich Lägern und zu den Standortarealen NL-2 und NL-6***

BFE, 2014: Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie SÖW in Etappe 2: Regionsbericht Nördlich Lägern.

Nagra, 2014: Arbeitsberichte NAB 14-03 / NAB 14-04 / NAB 14-05, Standortareal NL-2-HAA / NL-2-Kombi / NL-2-SMA im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers.

Nagra, 2014: Arbeitsberichte NAB 14-06 / NAB 14-07 / NAB 14-08: Standortareal NL-6-HAA / NL-6-Kombi / NL-6-SMA im Planungssperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers.

Nagra, 2016: UVP-Voruntersuchungen für ein geologisches Tiefenlager HAA / Kombi / SMA, Standortareal NL-2-HAA / NL-2-Kombi / NL-2-SMA.

Nagra, 2016: UVP-Voruntersuchungen für ein geologisches Tiefenlager HAA / Kombi / SMA, Standortareal NL-6-HAA / NL-6-Kombi / NL-6-SMA.

Regionalkonferenz Nördlich Lägern, 2013: Oberflächenanlagen eines geologischen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle: Bewertung der Standortarealvorschläge durch die Regionalkonferenz Nördlich Lägern.

***Dokumente zur Standortregion Zürich Nordost und zum Standortareal ZNO-6b***

BFE, 2014: Sozioökonomisch-ökologische Wirkungsstudie SÖW in Etappe 2: Regionsbericht Zürich Nordost.

Nagra, 2014: Arbeitsberichte NAB 14-27 / NAB 14-28 / NAB 14-29: Standortareal ZNO-6b-HAA / Kombi / SMA im Planungssperimeter Zürich Nordost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers.

Nagra, 2014: UVP-Voruntersuchungen für ein geologisches Tiefenlager HAA / Kombi / SMA, Standortareal ZNO-6b-HAA / ZNO-6b-Kombi / ZNO-6b-SMA.

Regionalkonferenz Zürich Nordost; Jahr: Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 2: Evaluation Standorte Oberflächenanlage – Zwischenbericht.