



ARBEITSBERICHT NAB 23-34

Transportkonzept für radioaktive Abfälle
zum geologischen Tiefenlager

November 2024



ARBEITSBERICHT NAB 23-34

Transportkonzept für radioaktive Abfälle
zum geologischen Tiefenlager

November 2024

STICHWÖRTER

Transport, Strasse, Schiene, geologisches Tiefenlager,
Verpackungsanlage, Transportkonzept

**Nagra | Nationale Genossenschaft
für die Lagerung radioaktiver Abfälle**
Hardstrasse 73 | 5430 Wettingen | Schweiz
+41 56 437 11 11 | info@nagra.ch | nagra.ch

Nagra Arbeitsberichte stellen Ergebnisse aus laufenden Aktivitäten dar, welche nicht zwingend einem vollumfänglichen Review unterzogen wurden. Diese Berichtsreihe dient dem Zweck der zügigen Verteilung aktueller Fachinformationen.

Zusammenfassung

Die radioaktiven Abfälle der Schweiz lagern bis zum Beginn der Einlagerung in das geologische Tiefenlager ab 2050 in Zwischenlagern. Für hochaktive Abfälle handelt es sich dabei um die Zwiilag (Zentrales Zwischenlager in Würenlingen) und das Zwischenlager ZWIBEZ (auf dem Gelände des Kernkraftwerks Beznau), für schwach- und mittelaktive Abfälle um die Zwiilag, das ZWIBEZ und das BZL (Bundeszwischenlager auf dem Gelände des Paul Scherrer Instituts). Alle Zwischenlager befinden sich somit in der Umgebung der Zwiilag, wo auch die Verpackungsanlagen für die radioaktiven Abfälle errichtet werden sollen. Alle endlagerfähig verpackten Abfälle müssen daher aus dem Raum Zwiilag zur Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers am Standort Haberstal transportiert werden.

Für diese Transporte werden im vorliegenden Konzept die Varianten Schiene und Strasse für Transportmittel und -route verglichen, bewertet und eine bevorzugte Variante ausgewählt. Für die gewählte Variante Strassentransport werden für hochaktive sowie schwach- und mittelaktive Abfälle getrennt Verkehrszahlen, Transportbeziehungen und mögliche Routen gezeigt.

Die hochaktiven Abfälle werden gemäss derzeitiger Planung in 430 Transporten zwischen 2060 und 2075 einmal pro Woche transportiert. Diese Transporte bestehen aus Kolonnen von fünf Schwerlasttransportfahrzeugen, die ausserhalb der Stosszeiten, beispielsweise nachts, als Sondertransporte mit Polizeibegleitung verkehren.

Die Mehrzahl der Transporte betreffen schwach- und mittelaktive Abfälle. Hier ist zwischen 2050 und 2065 mit rund drei Transporten pro Tag zu rechnen, insgesamt rund 9'000 Transporte. Über 90 % dieser Transporte werden mit Lastkraftwagen im regulären Verkehr durchgeführt. Die übrigen werden ähnlich wie die hochaktiven Abfälle in Kolonnen transportiert.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Figurenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung und Ausgangslage.....	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Ausgangslage.....	1
2 Transportkonzept	3
2.1 Regulatorische Vorgaben und Verfahren	3
2.2 Bewilligungsverfahren.....	4
2.3 Transportmittel und -route.....	4
2.3.1 Bestehende Infrastruktur.....	5
2.3.2 Komplexität der Transportkette	7
2.3.3 Betriebliche Flexibilität	8
2.3.4 Weitere Aspekte.....	8
2.3.5 Wahl Transportmittel und -route	8
3 Strassentransporte der Abfälle.....	9
3.1 HAA-Transporte.....	9
3.2 SMA-Transporte	10
3.3 Zusammenfassung Strassentransporte	12
4 Literaturverzeichnis	13
Anhang A Situationspläne Verpackungsanlagen und Verkehrswege.....	A-1
A.1 Anordnung Verpackungsanlagen.....	A-1
A.2 Verkehrswege Verpackungsanlagen.....	A-2
A.3 Verkehrswege geologisches Tiefenlager	A-3
Anhang B Auszüge zu transportierende Behälter	B-1

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1:	Nukleare Transporte – zuständige Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden.....	3
Tab. 3-1:	Anzahl Strassentransporte radioaktiver Abfälle gemäss Fig. 3-1 und Fig. 3-2 nach Abfall- und Verpackungstyp	12

Figurenverzeichnis

Fig. 1-1:	Lage der zwei Standorte in den Kantonen Aargau und Zürich: Zwischenlager und Verpackungsanlagen am Standort Zwiilag und das geologische Tiefenlager mit der Oberflächenanlage am Standort Haberstal.....	2
Fig. 2-1:	Transportinfrastruktur am Standort Zwiilag und am Standort Haberstal; Schienennetz (oben), Ausnahmetransportrouten für Schwertransporte auf der Strasse (unten)	6
Fig. 2-2:	Notwendige Schritte in der Transportkette: Strassentransport (oben), Schienentransport (unten).....	7
Fig. 3-1:	HAA-Transportpfade und -zahlen	10
Fig. 3-2:	SMA-Transportpfade und -zahlen	11
Fig. A-1:	Exemplarische Anordnung der Verpackungsanlagen am Standort Zwiilag (aktualisiert nach Nagra 2022).....	A-1
Fig. A-2:	Situation am Standort Zwiilag mit Projektperimeter der Brennelementverpackungsanlage	A-2
Fig. A-3:	Situation am Standort Haberstal mit Projektperimeter der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers	A-3

Abkürzungsverzeichnis

ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
ASTRA	Bundesamt für Strassen
BEVA	Brennelementverpackungsanlage (Verpackungsanlage für HAA)
BAG	Bundesamt für Gesundheit
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFE	Bundesamt für Energie
BZL	Bundeszwischenlager, auf dem Gelände des Paul Scherrer Instituts
ELB	Endlagerbehälter
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EP21	Entsorgungsprogramm 2021
gTL	Geologisches Tiefenlager
HAA	Hochaktive Abfälle
KEG	Kernenergiegesetz
KEV	Kernenergieverordnung
KHG	Kernenergiehaftpflichtgesetz
KHV	Kernhaftpflichtversicherung
MIF	(Abfälle aus) Medizin, Industrie, Forschung
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
OFA	Oberflächenanlage
PSI	Paul Scherrer Institut
RID	Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter
RSD	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Eisenbahnen und Seilbahnen
SDR	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle
SMA-VA	SMA-Verpackungsanlage
StSG	Strahlenschutzgesetz
StSV	Strahlenschutzverordnung
SUVA	Schweizerische Unfallversicherung
TB	Transportbehälter
TLB	Transport- und Lagerbehälter
VA	Verpackungsanlagen
ZWIBEZ	Zwischenlager Beznau, auf dem Gelände des Kernkraftwerks Beznau
Zwilag	Zwischenlager Würenlingen AG

1 Einleitung und Ausgangslage

1.1 Einleitung

Die für die Tiefenlagerung in der Schweiz vorgesehenen radioaktiven Abfälle müssen für die Einlagerung konditioniert und von ihren jeweiligen Standorten zur Oberflächenanlage (OFA) des geologischen Tiefenlagers (gTL) am Standort Haberstal transportiert werden.

In diesem Bericht wird ein Konzept für diese Transporte beschrieben. Ausgehend vom regulatorischen Rahmen und dem Bedarf werden Transportmittel und -routen vorgeschlagen und verglichen. Für das bevorzugte Transportmittel werden anschliessend weitere Erläuterungen gegeben.

Der vorliegende Bericht trägt dazu bei, Teilaspekte einer Bundesratsauflage aus der Begutachtung des Entsorgungsprogramms 2021 (EP21, Nagra 2021) zu erfüllen. So ist im Hinblick auf künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms ein Transportkonzept für die radioaktiven Abfälle von den Verpackungsanlagen in das gTL gefordert.

1.2 Ausgangslage

Beim Betrieb und Rückbau der Schweizer Kernkraftwerke entstehen hochaktive Abfälle (HAA) und schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA). Diese Abfälle werden an den Standorten der Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Anforderungen der Tiefenlagerung für die Zwischenlagerung konditioniert, in dafür zugelassene Transportbehälter (TB) verpackt, zu den Zwischenlagern Zwiilag und ZWIBEZ transportiert und dort zwischengelagert¹ (vgl. Fig. 1-1).

Weiterhin fallen in der Schweiz radioaktive Abfälle² aus der Medizin, Industrie und Forschung (MIF) an. Diese werden im Bundeszwischenlager (BZL) am Paul Scherrer Institut (PSI)³ gesammelt, für die Zwischenlagerung konditioniert und zwischengelagert. Das BZL bzw. das PSI befindet sich unmittelbar neben der Zwiilag (vgl. Fig. 1-1).

Ein Teil der SMA in den Zwischenlagern ist bereits endlagerfähig in Endlagerbehälter (ELB) verpackt. Alle anderen Abfälle müssen zu den Verpackungsanlagen (VA) bei der Zwiilag in Würenlingen gebracht und dort in ELB verpackt werden. Die Verpackungsanlage für HAA, die sogenannte Brennelementverpackungsanlage (BEVA), wird südöstlich der Zwiilag gebaut. Für die Verpackung der SMA wird die SMA-Verpackungsanlage (SMA-VA) auf dem Gelände der Zwiilag erweitert (vgl. Fig. A-1).

In diesem Bericht geht es um den Transport der in ELB verpackten Abfälle von den Zwischenlagern bzw. den Verpackungsanlagen zum geologischen Tiefenlager.

¹ Für manche Abfälle werden in der Zwiilag weitere Konditionierungsschritte durchgeführt.

² Für dieses Transportkonzept sind diese Abfälle als SMA und HAA zu betrachten (siehe Fig. 3-1 und Fig. 3-2).

³ Das Paul Scherrer Institut (PSI) betreibt im Auftrag der Eidgenossenschaft das BZL und zugehörige Konditionierungsanlagen.

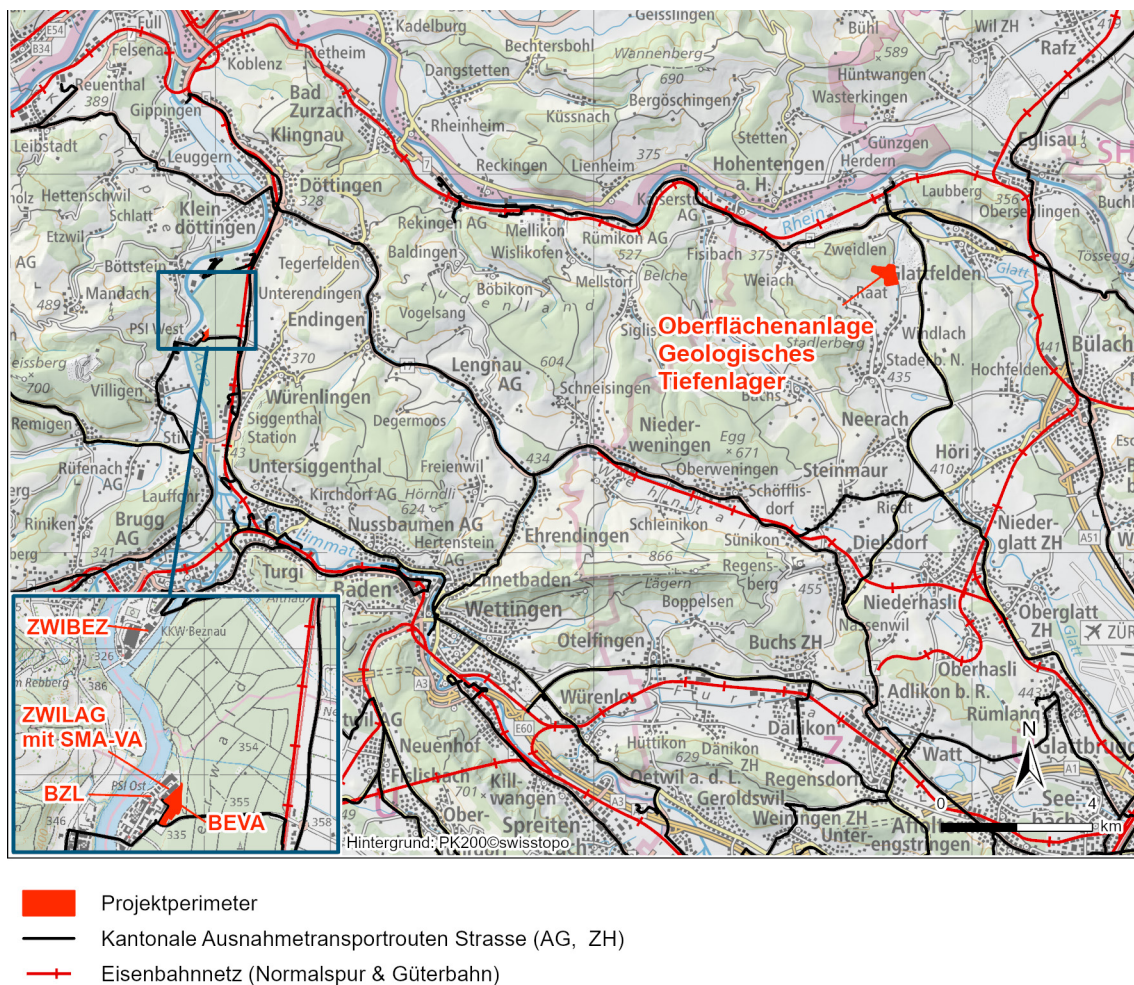


Fig. 1-1: Lage der zwei Standorte in den Kantonen Aargau und Zürich: Zwischenlager und Verpackungsanlagen am Standort Zwilag und das geologische Tiefenlager mit der Oberflächenanlage am Standort Haberstal

Die Zwischenlager sind das ZWIBEZ, das Zwilag und das Bundeszwischenlager (BZL); die Verpackungsanlagen bestehen aus der Verpackungsanlage für SMA (SMA-VA) auf dem Gelände der Zwilag und der Brennelementverpackungsanlage (BEVA) für HAA südöstlich der Zwilag.

2 Transportkonzept

2.1 Regulatorische Vorgaben und Verfahren

Transporte radioaktiver Abfälle auf öffentlichen Verkehrswegen sind aus rechtlicher Sicht Gefahrguttransporte (Art. 101 StSV 2017). Dafür kommen in der Schweiz generell Schienen- und Strassentransporte in Frage. Gefahrguttransporte sind in der Schweiz nach internationalen Vorschriften (Strasse: ADR 2023, Schiene: RID 2023)⁴ und schweizerischen Sonderbestimmungen (Strasse: SDR 2002, Schiene: RSD 2012) durchzuführen. Diese Vorschriften garantieren verkehrswegunabhängig eine sehr hohe Sicherheit und gewährleisten so den Schutz von Mensch und Umwelt. Sie werden kontinuierlich sicherheitsorientiert weiterentwickelt⁵.

Ein Gefahrguttransport umfasst nach den einschlägigen Richtlinien die normkonforme Verpackung des Gefahrguts in zugelassene Gebinde/TB, das Beladen des Transportmittels, den Transport selbst sowie das Entladen des transportierten Gefahrguts. Die normkonforme Verpackung (vgl. Anlage B) stellt verkehrsmittelunabhängig die Sicherheit her. Weiterhin sind Transporte abhängig vom Typ des radioaktiven Transportguts nach Vorgaben des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI)⁶ zur nuklearen Sicherung zu sichern.

In der Schweiz werden regelmässig nukleare Transporte auf Schiene und Strasse durchgeführt. Je nach Typ des radioaktiven Transportguts gelten für diese Transporte neben den genannten Vorschriften auch KEG (2003), KEV (2004), StSG (1991) und StSV (2017). Jeder nukleare Transport ist bewilligungspflichtig. Abhängig vom radioaktiven Transportgut sind die in Tab. 2-1 genannten Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden zuständig.

Tab. 2-1: Nukleare Transporte – zuständige Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden

Transport von	Bewilligungsbehörde	Aufsichtsbehörde
Kernmaterial ⁷ und radioaktiven Abfällen von und zu Kernanlagen	Bundesamt für Energie (BFE) ⁸	ENSI
radioaktiven Stoffen von und zu Kernanlagen, die der Strahlenschutzgesetzgebung unterliegen, aber kein Kernmaterial sind	ENSI	ENSI
radioaktiven Stoffen aus Medizin und Forschung (Art. 11 StSV 2017)	Bundesamt für Gesundheit (BAG)	BAG
radioaktiven Stoffen aus der Industrie (Art. 11 StSV 2017)	BAG	Schweizerische Unfallversicherung (SUVA)

Die Einhaltung der Vorschriften kontrolliert die zuständige Aufsichtsbehörde im Rahmen von Transportinspektionen.

⁴ ADR und RID sind harmonisiert, d.h. die Anforderungen sind verkehrsmittelunabhängig vergleichbar hoch.

⁵ Die Bundesämter für Verkehr (BAV), Strassen (ASTRA) und Umwelt (BAFU) wirken in den dafür zuständigen internationalen Gremien mit.

⁶ Die Vorgaben dazu sind in einer nicht-öffentlichen ENSI-Richtlinie festgehalten.

⁷ Stoffe, die zur Energiegewinnung mittels Kernspaltungsprozessen benutzt werden können (Art. 3 Bst. f KEG 2003)

⁸ Auf Grundlage einer sicherheitstechnischen Stellungnahme des ENSI.

2.2 Bewilligungsverfahren

Im Kontext der geologischen Tiefenlagerung sind nur Transporte von radioaktiven Abfällen (erste Zeile in Tab. 2-1) vorgesehen, da davon auszugehen ist, dass die im BZL gesammelten MIF nach endlagerfähiger Verpackung als radioaktive Abfälle zu behandeln sind. All diese Transporte sind vom BFE zu bewilligen und vom ENSI zu beaufsichtigen. Transportiert werden die in Kap. 1.2 genannten Abfälle. Sie werden ab Inbetriebnahme des gTL nach den Bedürfnissen der Einlagerung durchgeführt (Kap. 3, Fig. 3-1, Fig. 3-2).

Die Gesuche für die Bewilligung solcher Transporte stellen Versender, Empfänger, Beförderer und Transportorganisator gemeinsam (Art. 56 Abs. 1 KEV 2004). Diese müssen zunächst belegen, dass die Anforderungen an die Beförderung gefährlicher Güter eingehalten werden. Weiterhin sind in den Gesuchen Angaben enthalten zu Zusammensetzung und Eigenschaften des Transportguts, Herstellungs- und Bestimmungsort, Verwendungszweck und zum Transport an sich. Gewöhnlich werden Sammelbewilligungen für alle innerhalb eines Jahres zwischen zwei Orten anfallenden Transporte beantragt und erteilt. Neben der Transportbewilligung sind weitere Bewilligungen notwendig, wie zum Beispiel Bewilligungen für Sonntags- / Nachtfahrten, Schwerlasttransporte oder Tunneltransporte von Gefahrgut.

2.3 Transportmittel und -route

Transportmittelunabhängig werden zur Erfüllung der Anforderungen für den Transport (Kap. 2.1) für einen Teil der ELB zusätzlich TB benötigt. HAA-Transporte⁹ und einige SMA-Transporte werden in Kolonne¹⁰ durchgeführt. Der Grossteil der SMA-Transporte¹¹ wird einzeln durchgeführt (vgl. Kap. 3.1 und 3.2).

Die Wahl des Transportmittels und der Route (Kap. 2.3.5) berücksichtigt die bestehende Infrastruktur sowie deren gegebenenfalls notwendigen Ausbau (Kap. 2.3.1), die Komplexität der Transportkette (Kap. 2.3.2) sowie die betriebliche Flexibilität (Kap. 2.3.3). Auch auf weitere Aspekte wie Auswirkungen auf die Umwelt wird eingegangen (Kap. 2.3.4).

⁹ Ein HAA-Transport besteht gemäss derzeitiger Planung aus fünf Waggons / Fahrzeugen, die einen Zug / eine Kolonne bilden.

¹⁰ Ein SMA-Transport in Kolonne besteht gemäss derzeitiger Planung aus acht Waggons / Fahrzeugen, die einen Zug / eine Kolonne bilden.

¹¹ Ein SMA-Transport besteht gemäss derzeitiger Planung aus einem Fahrzeug. Auf der Schiene wären acht Waggons / Zug anzunehmen.

2.3.1 Bestehende Infrastruktur

Die Wahl des Transportmittels und der Transportroute obliegt grundsätzlich den Gesuchstellern des Transportgesuchs. Sie müssen im Gesuch nachweisen, dass beim Transport sämtliche oben genannten regulatorischen Anforderungen eingehalten sind und somit die Sicherheit von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Nur bei Einhaltung des geforderten hohen Sicherheitsstandards ist der Transport bewilligungsfähig. Ein allgemeiner Sicherheitsvorteil für Schienen- oder Strassen-transport besteht a priori nicht.

Die Wahl des Transportmittels richtet sich zunächst nach der vorhandenen Infrastruktur:

- Für den Schienentransport müssen entweder ein Gleisanschluss auf dem Ursprungs- und Zielgelände direkt oder zumindest eine Umlademöglichkeit in der Nähe vorhanden sein.
- Für den Strassentransport muss ein Strassenanschluss an das Ursprungsgelände und das Zielgelände vorhanden sein. Je nach Gesamtgewicht des Transports ist weiter eine durchgängige Ausnahmetransportroute¹² notwendig.

Für beide Transportmittel ist eine möglichst kurze direkte Verbindung vorteilhaft. In Fig. 2-1 sind die Transportinfrastrukturen an den zu betrachtenden Ursprungs- und Zielorten zusammen mit dem Schienennetz bzw. dem Routennetz für Ausnahmetransporte dargestellt. Für den Schienentransport bietet nur das Kernkraftwerk Beznau einen Anschluss auf sein Betriebsgelände. Die Zwiilag verfügt über einen separaten Umladebahnhof rund einen Kilometer östlich ihres Geländes, über den Transport- und Lagerbehälter (TLB) für HAA empfangen werden können (vgl. Fig. A-2). Den letzten Kilometer legen diese auf der Strasse zurück. Alle Zwischenlager im Raum Zwiilag verfügen über direkte Ausnahmetransportrouten aufs Gelände (Fig. A-2). Am Standort gTL besteht kein direkter Anschluss an relevante Infrastruktur.

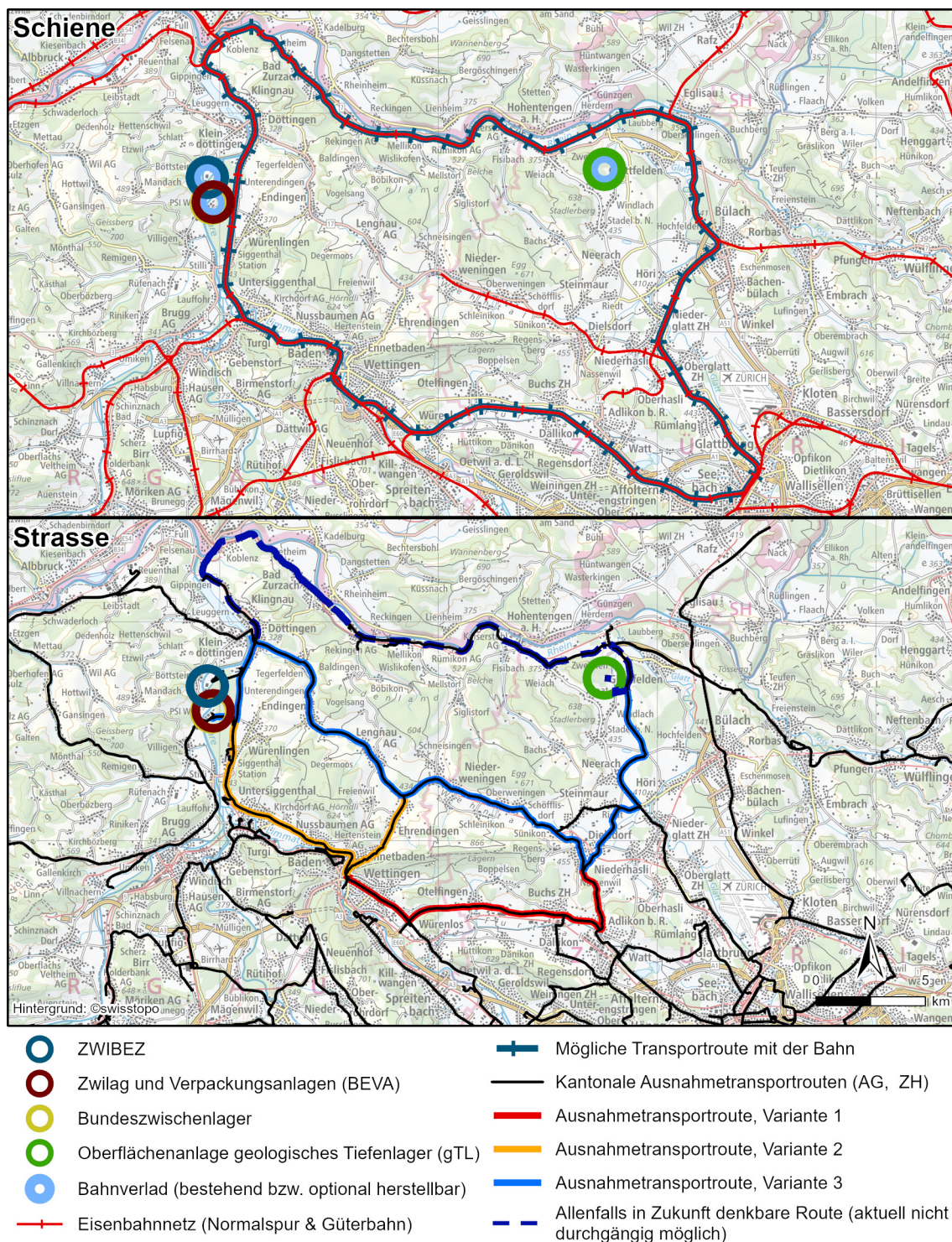
Der Vergleich der bestehenden Transportinfrastruktur zeigt, dass weder der Standort Zwiilag noch der Standort Haberstal über direkte Gleisanschlüsse verfügen. Beide verfügen jedoch über Bahnstrecken in der Nähe. Die Zwiilag hat in der Nähe einen Umladebahnhof (vgl. Fig. A-2), am gTL müsste ein Umladebahnhof entlang der bestehenden Bahnlinie (vgl. Fig. A-3) platziert und gebaut werden. Aufgrund ihrer Lage zu bestehenden Bahnstrecken ist an keinem der beiden Standorte eine Gleisführung auf das Betriebsgelände mit vertretbarem Aufwand realisierbar. Dafür wären grosse Geländeingriffe oder Tunnels in bewaldeter Umgebung mit entsprechend grossen Umwelteinflüssen notwendig, deren Schaden den Nutzen überwiegen. Beide Standorte wären damit über Umladebahnhöfe durch zwei Bahnstrecken verbunden, eine kürzere nördlich am Rhein entlang und eine zweite weiter südlich über Baden, Wettingen, Oerlikon und Bülach¹³ (Fig. 2-1 oben).

Die VA sind direkt an eine Ausnahmetransportroute angeschlossen und am Standort Haberstal muss ein kurzes Stück Strasse ausgebaut werden, um via Ausnahmetransportroute bis zum gTL gelangen zu können (vgl. Fig. A-3). Dieser Ausbau ist für die Bautätigkeiten am Standort Haberstal ohnehin vorgesehen (Nagra 2024). Damit sind beide Standorte durch zwei bestehende Ausnahmetransportrouten verbunden. Eine dritte Variante nördlich am Rhein könnte entwickelt werden. Um diese nördliche Route ausnahmetransporttauglich zu machen, benötigen wenige Hindernisse wie zum Beispiel eine Bahnunterführung bauliche Anpassungen (Fig. 2-1 unten).

Die bestehende Transportinfrastruktur und die Tatsache, dass ein Ausbau des Strassenanschlusses zum gTL ohnehin notwendig ist, sprechen für den Strassentransport.

¹² Schwerlasttransporte und Transporte mit Überbreite sind Ausnahmetransporte, die nur auf dafür von den Kantonen, auch unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Risikoaspekten, ausgewiesenen Routen durchgeführt werden dürfen.

¹³ Diese Schienenverbindungen existieren, wurden aber nicht im Sinne einer Streckenwahl mit den SBB abgestimmt.



Transportrouten: Aargauisches Geografisches Informationssystem (AGIS); Volkswirtschaftsdirektion Kanton Zürich, Amt für Verkehr

Fig. 2-1: Transportinfrastruktur am Standort Zwilag und am Standort Haberstal; Schienennetz (oben), Ausnahmetransportrouten für Schwertransporte auf der Strasse (unten)

Die Situation an beiden Standorten ist für den Standort Zwilag in Fig. A-2 und für den Standort Haberstal in Fig. A-3 vergrössert gezeigt.

2.3.2 Komplexität der Transportkette

Ein weiterer Aspekt ist die Komplexität der Transportkette. Diese widerspiegelt sich in erforderlichen Handhabungsschritten und im Aufwand, welcher notwendig ist, um regulatorische Sicherheitsanforderungen während des Transports einzuhalten. Die direkte Transportkette mit den minimal nötigen Schritten «laden», «fahren», «entladen», ist generell einfacher umzusetzen als eine Transportkette, die Umlade-, Rangier-, Koppelschritte oder Wartezeiten berücksichtigen muss. Hierbei ist eine einfachere Umsetzung mit einem Zugewinn an Sicherheit gleichzusetzen, da der Transport in kürzerer Zeit sein Ziel erreicht und die Anzahl Handhabungsschritte und somit auch das Potenzial für Fehler und die strahlenschutzrechtlich kontrollierte Dosis minimiert werden.

Bei einem Schienentransport fallen aufgrund des Strassentransports zwischen dem Betriebsgelände und dem Verladebahnhof einerseits bei der Zwiilag und andererseits beim gTL je ein zusätzlicher Umladevorgang an. Bei einem durchgehenden Strassentransport kann die kürzest mögliche Transportkette umgesetzt werden (vgl. Fig. 2-2).

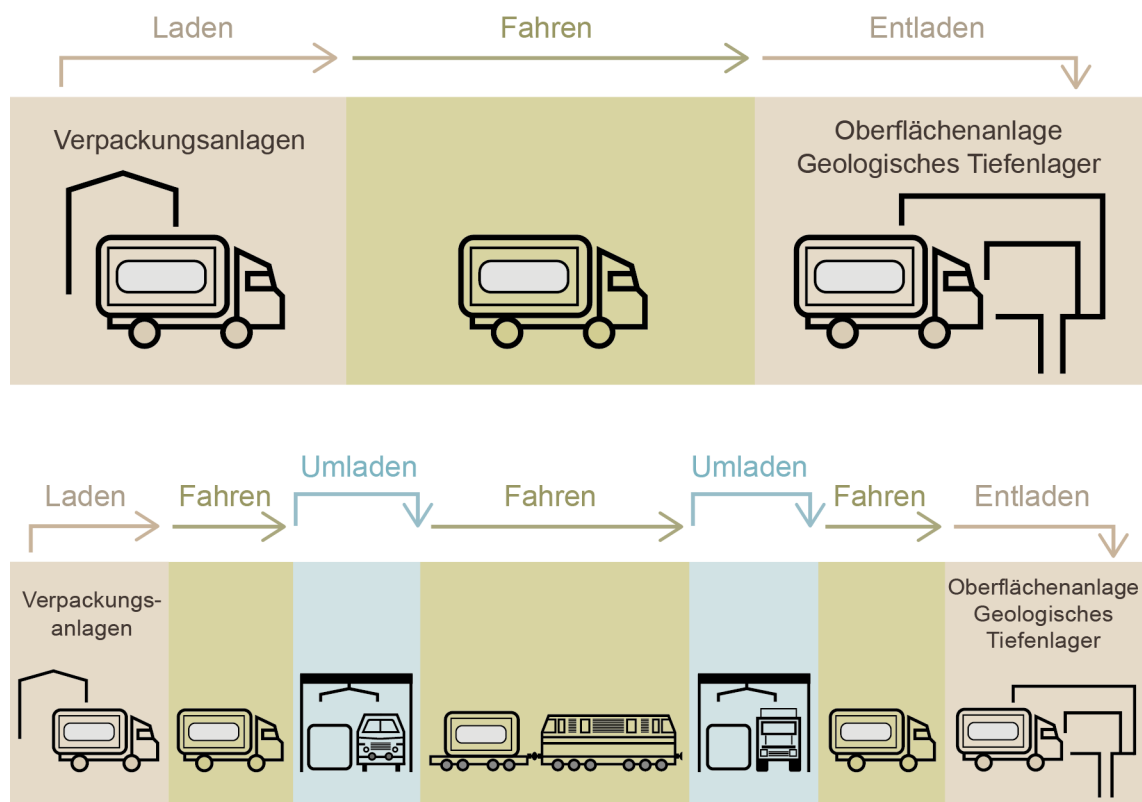


Fig. 2-2: Notwendige Schritte in der Transportkette: Strassentransport (oben), Schienentransport (unten)

2.3.3 Betriebliche Flexibilität

Beim Strassen- wie auch bei Schienentransport ist vorzusehen, dass die Transporte bestmöglich nach Terminplan durchgeführt werden können, nicht verspätet sind und die unvermeidbare aktive wie passive Gefährdung¹⁴ entlang der Strecke und während der Transportdurchführung minimiert wird. Auf der Strasse wird also je nach Gesamtgewicht bei wenig Verkehr, nachts oder am Wochenende gefahren, um einerseits Staus zu vermeiden und andererseits das Unfallrisiko der Transportfahrzeuge zu minimieren. Dies ist gängige Praxis bei nuklearen Transporten. Auf der Schiene besteht geringere Flexibilität, da das Schweizer Eisenbahnnetz zeitunabhängig sehr stark ausgelastet ist und Transporte in mit Vorlauf vereinbarten Zeit-Slots durchgeführt werden müssen. Auch hier werden verkehrsärmere Zeiten, zum Beispiel am Wochenende und nachts, bevorzugt. Es ist zu beachten, dass diese Transporte in der Schweiz unabhängig vom Verkehrsmittel (Bahn, LKW) aus Gründen des Schutzes vor möglichen mutwilligen Angriffen und damit auch zum Schutz der Bevölkerung nicht im Vorfeld öffentlich kommuniziert werden.

2.3.4 Weitere Aspekte

Schienentransporten wird allgemein eine grössere Umweltfreundlichkeit als Strassentransporten zugesprochen. Letzteren ist zugute zu halten, dass künftig zumindest die Schadstoff-Emissionen durch die Dekarbonisierung des Strassenverkehrs zurückgehen werden. Lärm- und Lichtemissionen können als vergleichbar bewertet werden, zumal die Transporte bei beiden Transportmitteln weitestgehend auf bestehenden Verkehrswegen durchgeführt werden. In der Gesamtschau und angesichts der gegenüber dem ohnehin auf den Strecken herrschenden Gesamtverkehr geringen Transportzahlen können diese Aspekte für die Bewertung als gleichwertig eingestuft werden.

2.3.5 Wahl Transportmittel und -route

Da die Sicherheit der Transporte durch die Einhaltung der Transportvorschriften unabhängig von der Wahl des Transportmittels gewährleistet ist, geben die folgenden Aspekte den Ausschlag für den Strassentransport:

- Die Betriebsgelände der VA und des gTL sind direkt durch zwei Ausnahmetransportrouten miteinander verbunden; eine dritte entlang des Rheins könnte mit wenig Aufwand hergestellt werden.
- Die Komplexität der Transportkette ist beim Strassentransport geringer und damit unter diesem Aspekt mit sicherheitstechnischen Vorteilen verbunden.
- Der Strassentransport bietet betrieblich die grössere Flexibilität und kann so sicherheitsoptimiert durchgeführt werden.

Die Wahl des Strassentransports für die zu transportierenden HAA und SMA stellt bei der Bewertung der vorliegenden Informationen und Daten die vorteilhaftere Variante dar und wird weiterverfolgt.

¹⁴ Aktive Gefährdung ist die vom Transport ausgehende Gefährdung für seine Umgebung, z. B. das Risiko jemanden anzufahren, passive Gefährdung ist die von der Umgebung ausgehende Gefährdung für den Transport, z. B. ein schlecht markiertes Verkehrshindernis.

3 Strassentransporte der Abfälle

Alle Transporte von radioaktiven Abfällen auf der Strasse sind nach der Kernenergiegesetzgebung (KEG 2003, KEV 2004) genehmigungspflichtige Gefahrguttransporte (vgl. Kap. 2.1) und werden von dafür ausgebildeten und zugelassenen Fahrern mit Fahrzeugen mit zusätzlichen Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt. Abhängig vom zu transportierenden radioaktiven Abfall ist für die Transporte nach Kernenergiehaftpflichtgesetz (KHG 2008) eine Kernhaftpflichtversicherung (KHV) abzuschliessen. Radioaktive Stoffe sind der Gefahrgutklasse 7 zugeordnet (ADR 2023, SDR 2002), so dass man auch von «Gefahrguttransporten Klasse 7» spricht. Aufsichtsbehörde für die Einhaltung der Vorgaben und die korrekte Abwicklung solcher Transporte ist das ENSI (vgl. Kap. 2.1).

Im Kontext der geologischen Tiefenlagerung fallen drei Kategorien von Gefahrguttransporten an:

1. Gefahrguttransporte Klasse 7 mit einem Gesamtgewicht unter 40 t ohne KHV-Pflicht
2. Gefahrguttransporte Klasse 7 mit einem Gesamtgewicht über 40 t ohne KHV-Pflicht
3. Gefahrguttransporte Klasse 7 mit KHV-Pflicht

Der Grossteil der Transporte fällt in die ersten beiden Kategorien. Alle Transportfahrzeuge sind vom Erscheinungsbild – von einer Gefahrgut-Kennzeichnung abgesehen – nicht von gewöhnlichen Schwerlastkraftwagen zu unterscheiden. Transporte mit einem Gesamtgewicht über 40 t fahren mit Begleitfahrzeug, KHV-pflichtige Transporte werden in Kolonnen gegebenenfalls mit Polizeibegleitung durchgeführt.

Die im Folgenden genannten Zahlen und Zeiträume basieren auf den nach aktuellem Verpackungskonzept zu erwartenden Abfallmengen (Nagra 2023) und dem Realisierungszeitplan nach EP21 (Nagra 2021). Die Abfallmengen resultieren aus dem Szenario "60 Jahre Betrieb der Kernkraftwerke".

3.1 HAA-Transporte

Die HAA werden zunächst in TLB zur BEVA und anschliessend in ELB von der BEVA zum gTL gebracht.

Die sichere Durchführung von TLB-Transporten und -Transfers ist gängige Praxis und wird bereits heute zwischen den Kernkraftwerken und der Zwiilag / dem ZWIBEZ regelmässig durchgeführt (vgl. Kap. 1.2). Dasselbe gilt für Abfertigung, Handhabung und interne Transfers von TLB an der Zwiilag.

In ELB verpackte HAA werden nach heutiger Planung in für den Strassentransport zugelassenen¹⁵ TB gehandhabt und transportiert. Das System aus ELB in TB gewährleistet die gleiche Sicherheit wie ein TLB, eine vergleichbare Strahlenschutz-Abschirmung und ebenso flexible sichere Handhabung. Verschiedene internationale Tiefenlager-Projekte entwickeln vergleichbare Systeme, z. B. Schweden. Im Hinblick auf den Zeitpunkt, ab dem TB benötigt werden – nach heutiger Planung ab 2060 – kann auf diese internationalen Erfahrungen zurückgegriffen werden. Am Standort gTL sind bei diesem Konzept nur ELB in TB abzufertigen, zu handhaben und entladene TB zur BEVA als gewöhnliche Transporte zurückzutransportieren.

Strassentransporte von TLB resp. ELB in TB werden in Kolonnen von mehreren Transportfahrzeugen mit Polizeibegleitung durchgeführt. Die HAA-Transportpfade und -zahlen sind in Fig. 3-1 illustriert.

¹⁵ Dafür sind Stossdämpfer zu montieren.

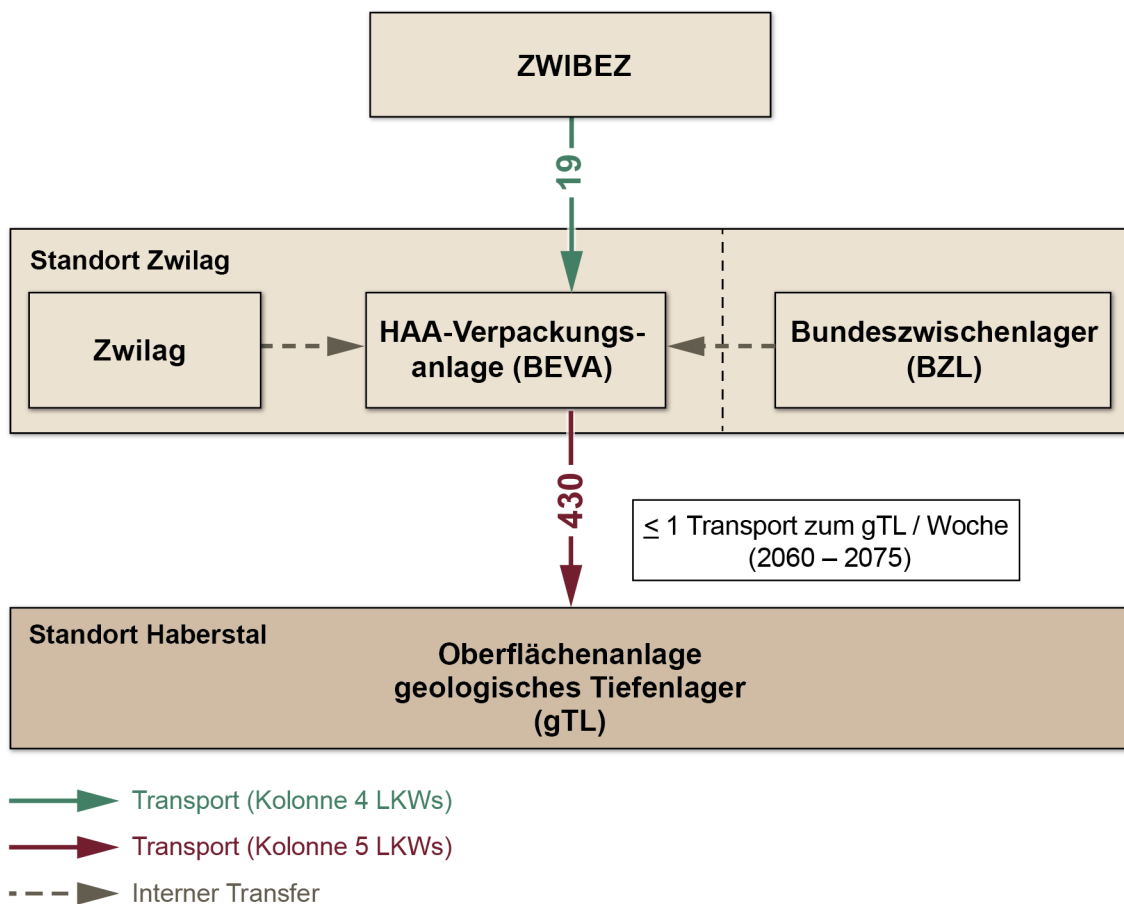


Fig. 3-1: HAA-Transportpfade und -zahlen¹⁶

Bis zur BEVA befinden sich die Abfälle in TLB; ab der BEVA bis ins gTL in ELB, die in TB verpackt sind; ein LKW transportiert einen Behälter.

3.2 SMA-Transporte

Die SMA werden in ELB transportiert. Ein kleiner Teil dieser Behälter¹⁷ ist aufgrund von Inventar, Inhalt und Gebindeart nur in TB transportierbar. Die Durchführung dieser Transporte ist gängige Praxis. Ebenso ist die sichere Durchführung dieser Transporte wie auch die Abfertigung und Handhabung der genannten Behälter gängige Praxis.

Am Standort des gTL sind bei diesem Konzept nur endlagerfähige Behälter, einige wenige davon in TB verpackt, abzufertigen, zu handhaben und entladene TB an die Zwilag zurückzutransportieren.

Der weitaus grösste Teil der SMA-Transporte erfolgt einzeln im regulären Strassenverkehr. Ein kleiner Teil ist KHV-pflichtig (Fig. 3-2) und erfolgt voraussichtlich in Kolonnen, gegebenenfalls mit Polizeibegleitung.

¹⁶ In Fig. 3-1 sind 28 Transfers vom BZL zur BEVA gezeigt. Dabei handelt es sich um Forschungsabfälle und nicht um mit Brennelementen gefüllte TLB z. B. vom Typ Castor, d.h. eine vergleichsweise geringfügige Menge. Diese Abfälle sind bereits in passende ELB verpackt.

¹⁷ In Tab. 3-1 in der Zeile «SMA-Transporte mit KHV-Pflicht» angegeben.

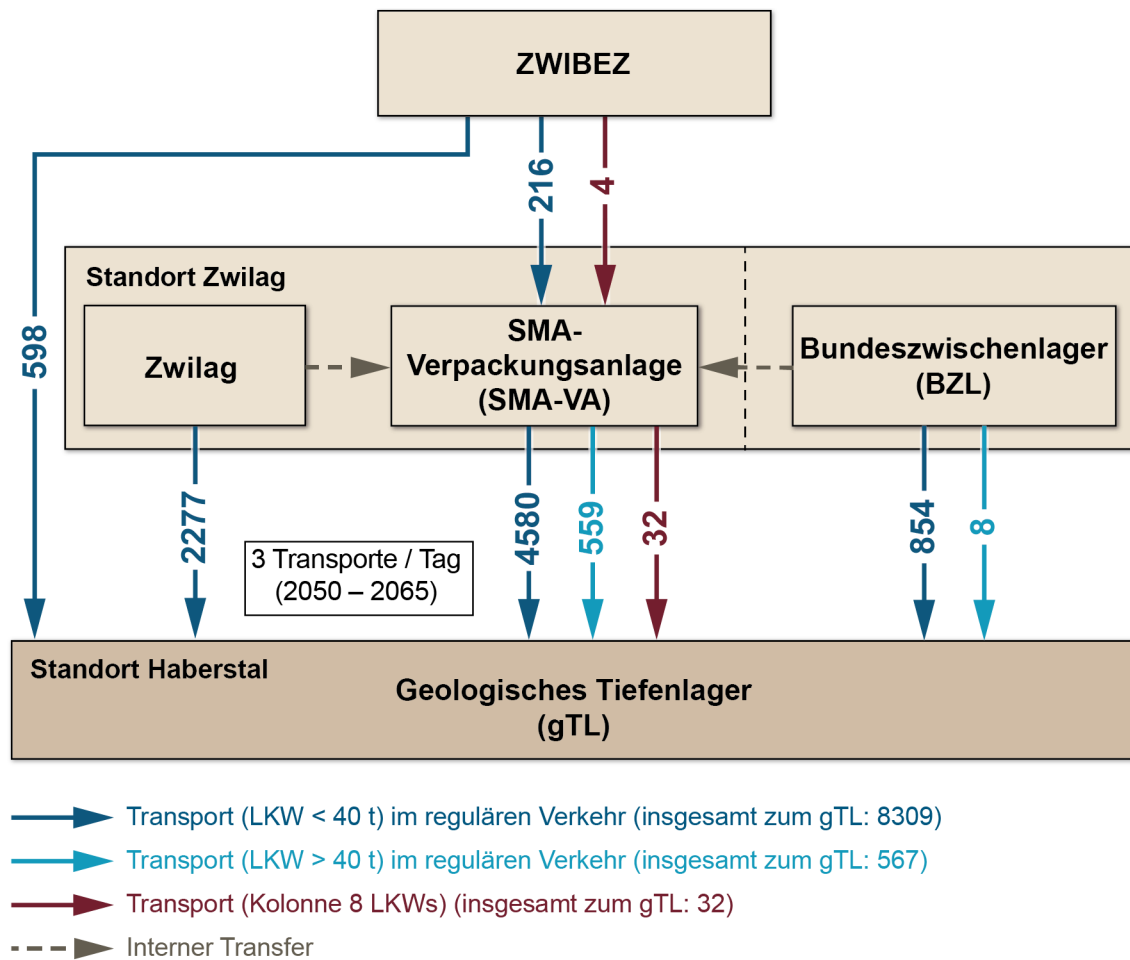


Fig. 3-2: SMA-Transportpfade und -zahlen

Vom BZL können die Abfälle direkt zur SMA-VA als Transfer zwischen gesicherten Arealen auf kürzestem Weg durchgeführt werden. Bis zur SMA-VA befinden sich die Abfälle in TLB; ab der SMA-VA bis ins gTL in ELB, teils in TB; ein LKW transportiert meistens einen, maximal zwei Behälter.

3.3 Zusammenfassung Strassentransporte

Tab. 3-1 zeigt die Anzahl Transporte für HAA und SMA nach Fig. 3-1 und Fig. 3-2. Mögliche Transportrouten sind in Fig. 2-1 dargestellt.

Tab. 3-1: Anzahl Strassentransporte radioaktiver Abfälle gemäss Fig. 3-1 und Fig. 3-2 nach Abfall- und Verpackungstyp

Kursiv dargestellte Transporte werden im allgemeinen Strassenverkehr durchgeführt.

* Diese Transporte sind kleinräumig, da Zwilag und ZWIBEZ nahe beieinander liegen.

Abfall-/Verpackungstyp	ZWIBEZ → Standort Zwilag	Standort Zwilag → Standort Haberstal
HAA ¹⁸ TLB	19*	-
HAA ELB	-	430
HAA insgesamt	19	430
<i>SMA-Transporte < 40 t</i>	<i>216</i>	<i>8'309</i>
<i>SMA-Transporte > 40 t</i>	-	567
SMA-Transporte mit KHV-Pflicht	4	32
SMA insgesamt	220	8'908

Die HAA-Transporte werden gemäss heutiger Planung zwischen 2060 und 2075 durchgeführt. Im Mittel ist etwas weniger als ein Transport pro Woche zu erwarten. Die SMA werden zwischen 2050 und 2065 transportiert. Hier sind drei Transporte pro Tag zu erwarten.

Die Anzahl der Transporte ist gegenüber der Anzahl konventioneller Gütertransporte auf den genutzten Strecken vernachlässigbar, so dass die Erhöhung der konventionellen Verkehrsrisiken ebenfalls vernachlässigbar ist. Die Durchführung der KHV-pflichtigen Transporte in Kolonnen, die gegebenenfalls Polizei-begleitet sind, leistet hier einen Sicherheitsbeitrag.

¹⁸ HAA-Transporte sind alle KHV-pflichtig.

4 Literaturverzeichnis

- ADR (2023): Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR) vom 1. Januar 2023, Stand am 1. März 2023. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 0.741.621.
- KEG (2003): Kernenergiegesetz (KEG) vom 21. März 2003, Stand am 1. Januar 2022. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.1, Schweiz.
- KEV (2004): Kernenergieverordnung (KEV) vom 10. Dezember 2004, Stand am 1. Januar 2022. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.11, Schweiz.
- KHG (2008): Kernenergiehaftpflichtgesetz (KHG) vom 13. Juni 2008, Stand am 1. Januar 2022. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 732.44, Schweiz.
- Nagra (2021): Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen. Nagra Technischer Bericht NTB 21-01.
- Nagra (2022): Begründung der Standortwahl für die Verpackungsanlagen bei der Zwiilag. Nagra Arbeitsbericht NAB 22-27.
- Nagra (2023): Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien MIRAM-RBG. Nagra Technischer Bericht NTB 22-05.
- Nagra (2024): Anlagen- und Betriebskonzept für das geologische Tiefenlager. Nagra Technischer Bericht NTB 24-11.
- RID (2023): Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter - Anhang C zum Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF) vom 1. Januar 2023.
- RSD (2012): Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Eisenbahnen und Seilbahnen (RSD) vom 31. Oktober 2012, Stand am 1. Januar 2023. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 742.412, Schweiz.
- SDR (2002): Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR) vom 29. November 2002, Stand am 1. Januar 2019. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 741.621, Schweiz.
- StSG (1991): Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991, Stand am 1. Januar 2022. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 814.50, Schweiz.
- StSV (2017): Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 26. April 2017, Stand am 1. Januar 2021. Systematische Sammlung des Bundesrechts SR 814.501, Schweiz.

Anhang A Situationspläne Verpackungsanlagen und Verkehrswege

Der Situationsplan Verpackungsanlagen zeigt die exemplarische Anordnung der Brennelementverpackungsanlage (BEVA) und der Verpackungsanlage für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA-VA) neben und auf dem Areal der Zwilag. Die Situationspläne stellen dar, wie der Standort Zwilag und der Standort Haberstal der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers verkehrstechnisch erschlossen sind.

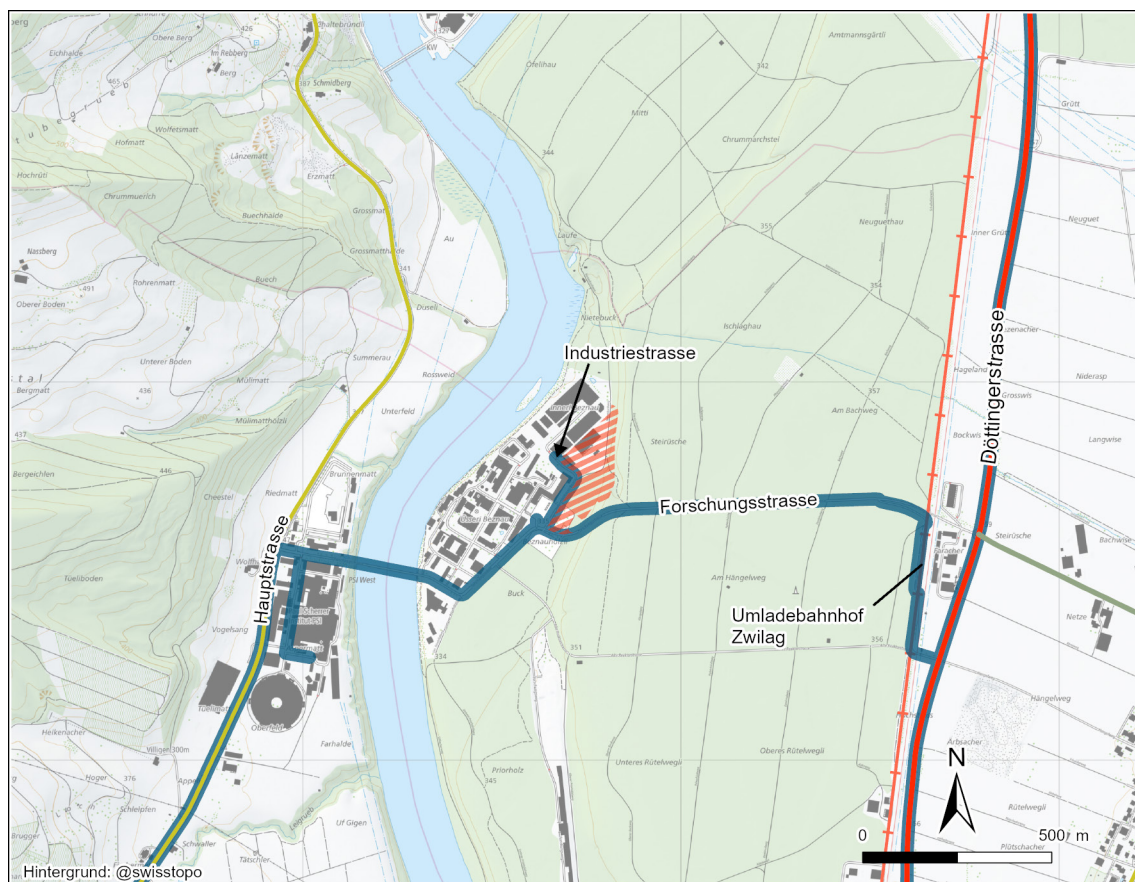
A.1 Anordnung Verpackungsanlagen



Fig. A-1: Exemplarische Anordnung der Verpackungsanlagen am Standort Zwilag (aktualisiert nach Nagra 2022)

Die SMA-Verpackungsanlage (SMA-VA) wird im Innenhof der Zwilag erweitert, die Brennelementverpackungsanlage (BEVA) kommt auf dem Areal südöstlich der Zwilag zu liegen.

A.2 Verkehrswege Verpackungsanlagen



 Projektperimeter

Bahninfrastruktur

 Eisenbahnnetz (Normalspur & Güterbahn)

Kantons- und Nationalstrassennetz

 Hauptverkehrsstrassen

 Lokalverbindungsstrassen

 Lokalverbindungsstrassen reduziert

 Ausnahmetransportrouten

Fig. A-2: Situation am Standort Zwilag mit Projektperimeter der Brennelementverpackungsanlage

Der Projektperimeter ist direkt an eine Ausnahmetransportroute angeschlossen. An der Bahnlinie befindet sich ein Umladebahnhof.

A.3 Verkehrswege geologisches Tiefenlager

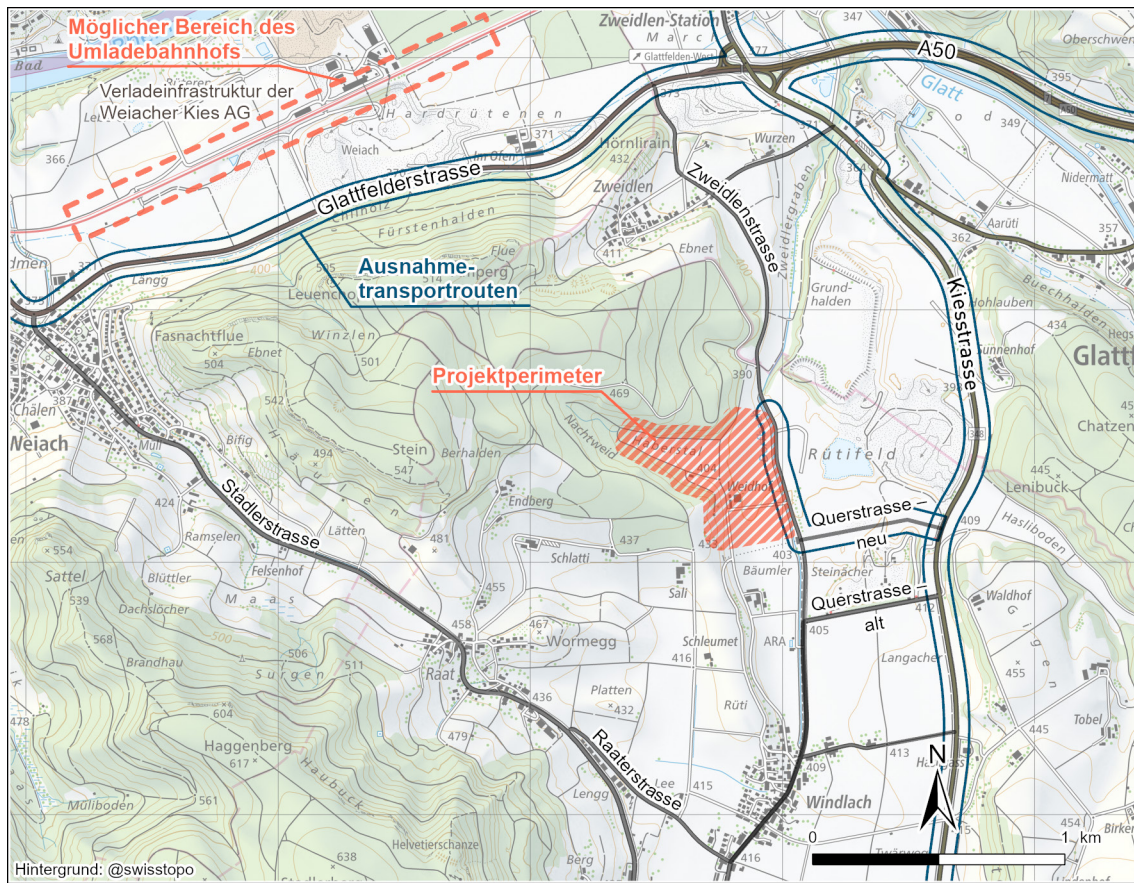


Fig. A-3: Situation am Standort Haberstal mit Projektperimeter der Oberflächenanlage des geologischen Tiefenlagers

Der Projektperimeter ist über eine kurze Verbindung direkt an eine Ausnahmetransportroute angeschlossen. Diese kurze Verbindung muss ausnahmetransporttauglich ausgebaut werden. An der Bahnlinie im Norden befindet sich ein Schüttgut-Umschlagbahnhof der Weiacher Kies AG. Dort wäre ein möglicher Bereich des Umladebahnhofs für Aushub und Baumaterial.

Anhang B Auszüge zu transportierende Behälter

Tab. B-1 und Tab. B-2 zeigen die nach aktuellem Verpackungskonzept zu erwartenden Behälteranzahlen (Nagra 2023) basierend auf dem Szenario "60 Jahre Betrieb der Kernkraftwerke", die zum geologischen Tiefenlager transportiert werden müssen. Ein Teil der Endlagerbehälter muss in einem Transportbehälter transportiert werden, um die Einhaltung der Anforderung von ADR (2023) / SDR (2002) und StSG (1991) / StSV (2017) zu gewährleisten. Die hochaktiven Abfälle (HAA) werden alle in einem Transportbehälter transportiert. Bei den schwach- und mittelaktiven Abfällen (SMA) ist dies nur bei einigen wenigen Behältern aufgrund ihres Inventars notwendig.

Aufgrund der Kolonnenbildung bei den Transporten (vgl. Kap. 3.1 & 3.2) und da bei den SMA teils zwei Behälter auf ein Transportfahrzeug geladen werden können, unterscheiden sich Behälter- und Transportzahlen geringfügig.

Tab. B-1: HAA nach Nagra (2023)

Abfall-/Verpackungstyp	Behälteranzahl
SF-PWR	1'045
SF-BWR	891
HLW3	211
Total	2'147

Tab. B-2: SMA nach Nagra (2023)

Abfall-/Verpackungstyp	Behälteranzahl
LC-84	1'473
LC-86	1'558
LC-86H	4'303
KC-T12	2'699
GC T24 & GC T15/20	8
SMA insgesamt	10'041