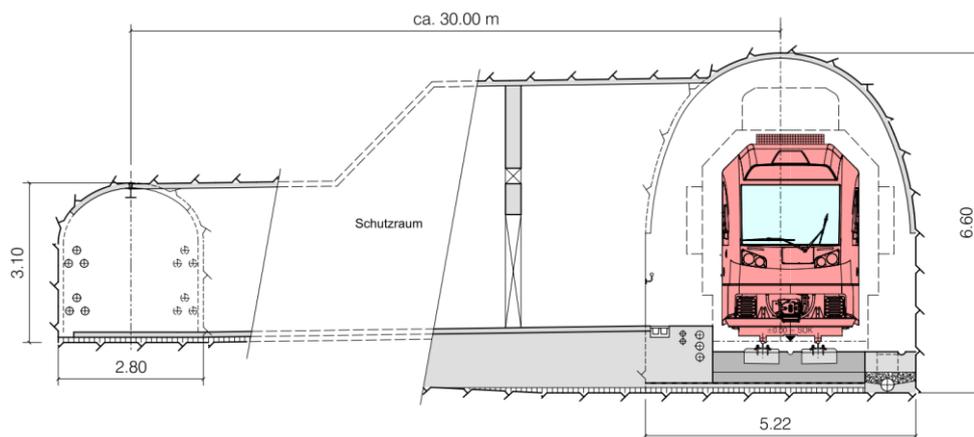


Grimselbahn AG  
 Grimselstrasse 19  
 3862 Innertkirchen

## Grimseltunnel

# Machbarkeitsbericht / Synthesebericht und Projektdokumentation

15.01.2023



### Hauptsitz

IUB Engineering AG  
 Belpstrasse 48  
 Postfach  
 CH-3000 Bern 14  
 Tel. +41 31 357 11 11  
 Fax +41 31 357 11 12  
 info@iub-ag.ch  
 www.iub-ag.ch

### Zweigniederlassungen

#### Altdorf

Hellgasse 23  
 CH-6460 Altdorf  
 Tel. +41 41 874 72 30

#### Givisiez

Route André Piller 33 a  
 Case postale 70  
 CH-1762 Givisiez  
 Tel. +41 26 460 24 11

#### Luzern

Obergrundstrasse 50  
 CH-6003 Luzern  
 Tel. +41 41 444 27 40

#### Meiringen

Kirchgasse 22  
 CH-3860 Meiringen  
 Tel. +41 33 972 12 00

#### Olten

Riggenbachstrasse 6  
 Postfach  
 CH-4601 Olten  
 Tel. +41 62 296 00 64

#### Visp

Napoleonstrasse 9  
 CH-3930 Visp  
 Tel. +41 27 205 76 20

#### Zürich

Stauffacherstrasse 31  
 CH-8004 Zürich  
 Tel. +41 44 533 17 30

## Impressum

**Auftraggeber** **Grimselbahn AG**  
Grimselstrasse 19  
3862 Innertkirchen

**Auftragnehmer/Verfasser** **IUB Engineering AG**  
Renato Hemund  
Dr. Peter Billeter

**Grimselbahn AG**  
Dr. Gianni Biasiutti  
Lorenz Bösch

**Bericht Nummer** 11.31153\_21\_A1

## Auflistung der Änderungen

Version	Datum	Änderungen	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
V1.0	15.01.2023	Erstversion	reh, Bil, Bia, LB	Bil	Bia

## Management Summary

Der vorliegende Synthesebericht mit umfassender Projektdokumentation und Fachberichten beschreibt den Projektierungsstand des Grimseltunnels als multifunktionale Infrastrukturanlage per Ende 2022. Auftragsrahmen des BAV bilden die Umsetzungsvereinbarungen vom 2.11.20 und 23.8.21.

Der Grimseltunnel bündelt eine neue Bahnverbindung Meiringen – Oberwald mit der neu zu bauenden 380-kV-Hochspannungsleitung Innertkirchen – Ulrichen. Die Bahnverbindung schliesst die Zentralbahn (zb) und Matterhorn Gotthard Bahn (MGB) zusammen.

Die vorliegende Dokumentation zeigt die technische Machbarkeit auf und liefert belastbare Angaben zu den Kosten, den Bauzeiten, dem Nutzen der neuen Bahnverbindung sowie den Auswirkungen auf Raum und Umwelt. Schliesslich wird die angedachte Organisation für die weitere Projektentwicklung aufgezeigt, wobei sich zb als Infrastrukturbetreiber bekennt. Die Bearbeitungstiefe hat teilweise die Qualität eines Vorprojekts, namentlich hinsichtlich der technischen Aspekte der Bündelung sowie der Berechnung der Kosten.

Grundlagen der Projektbearbeitung waren die Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 2015 und die Systemwahlstudie aus dem Jahr 2019.

Gestützt auf die Systemwahlstudie 2019 sowie die aktuellen Abklärungen zum Sicherheits- und Rettungskonzept (Kapitel 10) wurde eine definitive Systemwahl wie folgt getroffen: Das Normalprofil der kombinierten Anlage besteht aus einem Hauptstollen mit Meterspur-Bahnprofil und einem rd. 30 m parallel dazu geführten Kabelstollen (Nebenstollen) mit bautechnischem Minimalprofil. Der Kabelstollen dient gleichzeitig als Fluchtstollen sowie als Lüftungsstollen. Er ist über Querschläge alle 250 bis 500 m mit dem Hauptstollen verbunden. Diese Querschläge erlauben einen baulegistisch optimierten Vortrieb von Haupt- und Nebenstollen, und sie werden schliesslich als Personenschutzräume ausgebaut. In QRA-Analysen zu den verschiedenen Ereignisszenarien (Brand, Entgleisung und Zusammenstoss, Kabeldurchschlag, Temperaturüberhöhung) konnte ein gutes Sicherheitsniveau dieses Bündelungskonzepts ausgewiesen werden.

Die Hauptelemente der Bahnverbindung zwischen Innertkirchen und Oberwald sind:

- Die 1.1 km lange offene Strecke in Innertkirchen, in einer weitgezogenen S-Linie von der Haltestelle im Dorfzentrum bis zum Tunnelportal nördlich des KWO-Kraftwerks Innertkirchen 1. Die Kabelleitung läuft zwischen diesem Portal und dem Unterwerk Innertkirchen in einem separaten kurzen Tagbaukanal.
- Der 6.9 km langen Bänzlowitunnel zwischen dem Portal Innertkirchen und dem Tagbauabschnitt Guttannen mit dem Haltepunkt Guttannen.
- Der 5.0 km lange Netzrichti-Tunnel zwischen Guttannen und dem unterirdischen Haltepunkt Handeck. Letzterer mit Personen-Zugangsstollen, Kabelabzweigstollen zum Unterwerk Handeck sowie Erschliessungstollen zur Hauptdeponie an der Handeck.
- Der 9.7 km lange Scheiteltunnel von Handeck bis Oberwald, mit Anschluss im Bahnhof Oberwald in ein neues fünftes Gleis. Die Kabelleitung ist mittels eines Schrägschachts in das Unterwerk Grimsel eingeschlaufft. In Oberwald quert die Kabelleitung den Talboden unterirdisch bis zum Übergangsbauwerk an der linken Talflanke.

Die Bahnanbindung mit den offenen Strecken in Innertkirchen und Oberwald wurde bezüglich Landbeanspruchung sowie Bahnbetrieb optimiert. Dabei wurde der untertägige Verlauf in den Portalbereichen Innerkirchen und Guttannen nach Massgabe der geologischen Verhältnisse derart angepasst, dass die bautechnischen Risiken minimal sind.

Die Linienführung des Grimseltunnels liegt vollständig in den kristallinen Gesteinen des Aarmassivs. Bei den Portalbereichen in Innertkirchen, Guttannen und Handeck steht der Fels an oder liegt nahe an der Oberfläche. Einzig beim Anschluss Oberwald ist ein kurzer Lockergesteinsvortrieb zur Unterquerung der MGB-Linie und der Kantonsstrasse notwendig. Hinsichtlich der Belastbarkeit der geologischen Prognose ist die Tatsache bedeutsam, dass dank dem umfangreichen Stollennetz der KWO sowie der Transitgas-Leitung über die gesamte Länge des Grimseltunnels geologische Aufschlüsse nahe der Achse vorhanden sind. Die Risiken der Tunnelvortriebe lassen sich gut beurteilen und werden auf Basis der bisherigen Erfahrungen als gering bewertet.

Die Bahnverbindung durch den Grimseltunnel ist als Adhäsionsbahn mit Neigungen kleiner als 6 % konzipiert. Das im Fahrplankonzept hinterlegte Rollmaterial muss die Normen der Bremstabelle S2020 erfüllen. Die Strecke ist einspurig mit Kreuzungsstellen in Innertkirchen (Doppelspurabschnitt) und in Guttannen sowie einer solchen zum späteren Ausbau an der Handeck. Die Trennstelle der unterschiedlichen Stromsysteme von zb und MBG ist vor oder im Bahnhof Oberwald vorgesehen. Die Versorgung mit Bahnstrom wird von der Systemführerin SBB-Infrastruktur als einfach machbar beurteilt.

Die Grimselbahn eröffnet neue Verbindungsmöglichkeiten im Meterspurnetz entlang des gesamten Schweizer Alpenbogens und gewährleistet eine wintersichere Erschliessung des östlichen Oberhasli und des oberen Goms. Der Nutzen dieser neuen Verkehrsverbindung wird im Bericht dargelegt, auf der Grundlage eines Fahrplankonzepts, von Nachfragestudien der Universität St. Gallen sowie eines Innotour-Projekts.

Die Höchstspannungsleitung findet im Grimseltunnel als Trägerinfrastruktur vorteilhafte Gegebenheiten: Im Nebenstollen sind die Kabel vor externen Einwirkungen geschützt, die Belastbarkeit ist hoch dank effizienter Lüftung, die Unterwerke Handeck und Grimsel lassen sich über kurze Abzweigstollen anschliessen und der Bahnstollen bietet in der nächtlichen Fahrpause guten Zugang.

Der geplante massive Ausbau der Stromproduktion mit Wasser- und Solarkraftwerken in den Alpen steigert zusätzlich die Dringlichkeit des Neubaus der 380-kV-Leitung über die Grimsel.

Für die Materialbewirtschaftung sind lokale Deponien an der Handeck und bei Oberwald vorgesehen, und es kann eine in Betrieb stehende Deponie in Innertkirchen genutzt werden. Die Transportwege sind kurz. Zum Standort Handeck, welcher innerhalb des BLN-Schutzgebietes liegt, läuft das Verfahren (UeO). Das in diesem Rahmen erstellte Gutachten der ENHK ist positiv.

Hinsichtlich Raum und Umwelt stehen relativ geringe Eingriffe bei den Portalen und Deponien dem grossen Nutzen der Entfernung der Grimsel-Freileitung gegenüber.

Die Kosten für den Grimseltunnel wurden seit 2015 in drei Schritten ermittelt:

1. 2015 Ingenieurberechnung.
2. 2018 Berechnung mit Hilfe einer Richtofferte, welche auf der Grundlage einer Ausschreibung mit NPK-Auszug erstellt wurde.
3. 2022 Berechnung mit Hilfe einer zusätzlichen Richtofferte, welche von einem Unternehmen mit spezifischer Erfahrung an der Grimsel, auf der Grundlage der Projektpläne erstellt wurde.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind im Wesentlichen stabil geblieben, unter Berücksichtigung der Entwicklung und Detaillierung des Projekts. Die aktuelle Kostenberechnung folgt dem BAV-Leitfaden 'Ermittlung der Kosten von Ausbauprojekten'. Der Erwartungswert der Gesamtkosten für Bau und Bahnausrüstung (ohne Kabel), inklusive Risikozuschlägen, beträgt 661 Mio. CHF, mit einer Bandbreite zwischen 584 Mio. CHF und 738 Mio. CHF. Der Beitrag von Swissgrid an die Tunnelinfrastruktur ist noch zu bestimmen.

Die Gesamtbauzeit für den Grimseltunnel liegt zwischen 5.5 und 7 Jahren, je nachdem welche und wie viele Gegenvortriebe sich im Zuge der weiteren Projektierung als wirtschaftlich erweisen. Der

Nebenstollen, welcher im Rohbau verbleibt, kann nach 3 bis 4 Jahren für den Einbau der Kabelanlagen freigegeben werden.

Die vorliegende Dokumentation zeigt auf, dass der Grimseltunnel mit der Kombination von Bahn- und Kabelleitung zu den ausgewiesenen Kosten realisierbar ist und einen grossen volkswirtschaftlichen Nutzen aufweist. Der Grimseltunnel erfüllt den politischen Auftrag zur Trassenbündelung im besten Sinne.

## Management Summary (version française)

Ce rapport de synthèse décrit l'état d'avancement à la fin 2022 du projet du tunnel du Grimsel en tant qu'infrastructure multifonctionnelle. Il comprend une documentation complète du projet et des rapports techniques. Les conventions de mise en œuvre du 2.11.20 et du 23.8.21 constituent le cadre du mandat de l'OFT.

Le tunnel du Grimsel regroupe une nouvelle liaison ferroviaire Meiringen - Oberwald avec une nouvelle ligne à haute tension de 380 kV entre Innertkirchen et Ulrichen. La liaison ferroviaire réunit les chemins de fer Zentralbahn (zb) et Matterhorn Gotthard Bahn (MGB)

La présente documentation démontre la faisabilité technique et fournit des données fiables sur les coûts, les délais de construction, les avantages de la nouvelle liaison ferroviaire ainsi que les répercussions sur le territoire et l'environnement. Elle présente également l'organisation envisagée pour la suite du développement du projet avec zb qui s'affirme comme exploitant de l'infrastructure. Le niveau d'analyse du projet équivaut en partie à la qualité d'un avant-projet, notamment en ce qui concerne les aspects techniques du regroupement ainsi que le calcul des coûts.

Les bases de l'élaboration du projet sont l'étude de faisabilité de 2015 et l'étude de choix du système de 2019.

Sur la base de l'étude de choix du système 2019 et des clarifications actuelles relatives au concept de sécurité et de sauvetage (chapitre 10), le choix définitif du système a été effectué comme suit : Le profil normal de l'installation combinée se compose d'une galerie principale avec un profil ferroviaire à voie métrique et parallèlement, à une distance d'environ 30 m, d'une galerie de câbles (galerie secondaire) avec un profil minimal de construction. La galerie de câbles sert à la fois de galerie de secours et de galerie d'aération. Elle est reliée à la galerie principale par des galeries transversales tous les 250 à 500 mètres. Ces galeries transversales permettent d'un point de vue logistique d'optimiser l'avancement de la galerie principale et des galeries secondaires et elles seront finalement réaménagées en abris de protection. Les analyses EQR (Evaluation Quantifiée du Risque) portant sur les différents scénarios d'événements (incendie, déraillement et collision, claquage de câble, surchauffe) ont pu démontrer un bon niveau de sécurité de ce concept de regroupement.

Les principaux éléments de la liaison ferroviaire entre Innertkirchen et Oberwald sont les suivants :

- La ligne à ciel ouvert de 1.1 km de long à Innertkirchen, en forme de S très étiré, depuis l'arrêt au centre du village jusqu'au portail du tunnel au nord de la centrale électrique KWO Innertkirchen 1. La ligne câblée passe entre ce portail et la sous-station d'Innertkirchen dans une courte tranchée couverte séparée.
- Le tunnel du Bänzluwi, long de 6.9 km, entre le portail d'Innertkirchen et la tranchée couverte de Guttannen, avec le point d'arrêt à Guttannen.
- Le tunnel du Netzrichti, long de 5.0 km, entre Guttannen et la station souterraine de Handeck. Ce dernier comprend une galerie d'accès pour les personnes, une galerie de dérivation des câbles vers la sous-station de Handeck ainsi qu'une galerie d'accès à la décharge principale de Handeck.

- Le tunnel de de faite du Grimsel de 9.7 km de longueur, de Handeck à Oberwald, avec raccordement de la gare d'Oberwald au moyen d'une nouvelle cinquième voie. La ligne de câble est insérée dans la sous-station du Grimsel au moyen d'un puits incliné. A Oberwald, la ligne câblée traverse le fond de la vallée en souterrain jusqu'à l'ouvrage de transition sur le flanc gauche de la vallée.

Le raccordement ferroviaire avec les lignes à ciel ouvert d'Innertkirchen et d'Oberwald a été optimisé en termes d'occupation des sols et d'exploitation ferroviaire. Le tracé souterrain au niveau des portails d'Innertkirchen et de Guttannen a été adapté en fonction des conditions géologiques de manière à réduire au maximum les risques liés à la construction.

Le tracé du tunnel de Grimsel est entièrement situé dans les roches cristallines du massif de l'Aar. Au niveau des portails d'Innertkirchen, de Guttannen et de Handeck, la roche affleure ou est proche de la surface. Seul le raccordement d'Oberwald nécessite un court avancement en terrain meuble pour passer sous la ligne MGB et la route cantonale. En ce qui concerne les prévisions géologiques, il est important de noter que grâce au vaste réseau de galeries de KWO ainsi qu'au gazoduc de Transitgas, des affleurements géologiques sont présents sur toute la longueur et à proximité de l'axe du tunnel de Grimsel. Les risques liés au percement de tunnels peuvent être bien évalués et sont considérés comme faibles sur la base des expériences faites jusqu'à présent.

La liaison ferroviaire à travers le tunnel de Grimsel est conçue comme une voie à adhérence avec des pentes inférieures à 6 %. Le matériel roulant du concept d'horaire doit répondre aux normes du tableau de freinage S2020. La ligne est à voie unique avec des croisements (tronçon à double voie) à Innertkirchen et à Guttannen, ainsi qu'une autre destinée à être aménagée ultérieurement à Handeck. Le point de séparation des différents systèmes électriques de zb et MBG est prévu devant ou dans la gare d'Oberwald. L'approvisionnement en courant de traction est jugé comme étant facilement réalisable par le gestionnaire du système, CFF Infrastructure.

La ligne du Grimsel ouvre de nouvelles possibilités de liaison dans le réseau à voie métrique le long de l'ensemble de l'arc alpin suisse et garantit une desserte hivernale sûre de l'est de l'Oberhasli et de la partie supérieure de la vallée de Conches. L'utilité de cette nouvelle liaison de transport est présentée dans le rapport, sur la base d'un concept d'horaire, d'études de la demande réalisées par l'université de Saint-Gall et d'un projet Innotour.

La ligne à très haute tension trouve des conditions avantageuses dans le tunnel de Grimsel en tant qu'infrastructure porteuse : Dans la galerie secondaire, les câbles sont protégés des influences extérieures, la capacité de charge est élevée grâce à une ventilation efficace, les sous-stations de Handeck et du Grimsel peuvent être raccordées par de courtes galeries de dérivation et la galerie ferroviaire offre un bon accès pendant les pauses nocturnes.

Le développement massif prévu de la production d'électricité avec des centrales hydroélectriques et solaires dans les Alpes accroît encore l'urgence de la construction de la nouvelle ligne à 380 kV par le Grimsel.

Pour la gestion des matériaux, des sites de décharge locaux sont prévus à Handeck et près d'Oberwald, il est également possible d'utiliser une décharge en service à Innertkirchen. Les distances d'acheminement sont courtes. En ce qui concerne le site de Handeck, qui se trouve à l'intérieur de la zone protégée par l'IFP, la procédure de mise à l'enquête publique du plan cadastral est en cours. L'expertise de la CFNP réalisée dans ce contexte est positive.

En ce qui concerne le territoire et l'environnement, les interventions relativement limitées au niveau des portails et des sites de décharge sont à mettre en balance avec les grands avantages de la suppression de la ligne aérienne du Grimsel.

Depuis 2015, les coûts du tunnel du Grimsel ont été calculés en trois étapes :

1. 2015 Calcul d'ingénierie
2. 2018 Calcul à l'aide d'une offre indicative établie sur la base d'un appel d'offres avec extrait CAN.
3. 2022 Calcul à l'aide d'une offre indicative supplémentaire, établie par une entreprise ayant une expérience spécifique au Grimsel, sur la base des plans du projet.

Les résultats des calculs sont essentiellement restés stables, compte tenu de l'évolution et du niveau de détail du projet. Le calcul actuel des coûts suit le guide de l'OFT 'Détermination des coûts des projets d'aménagement'. Le montant des coûts totaux pour la construction et l'équipement ferroviaire (sans les câbles), incluant les suppléments de risque est estimé à 661 millions de CHF avec une fourchette située entre 584 millions de CHF et 738 millions de CHF. La contribution de Swissgrid à l'infrastructure du tunnel reste à déterminer.

La durée totale de construction du tunnel de Grimsel est estimée entre 5,5 et 7 ans, selon le type et le nombre d'avancements pour l'excavation qui s'avéreront rentables au cours de l'étude du projet. La galerie secondaire, qui reste à l'état de gros œuvre, pourra être remise après 3 à 4 ans pour l'installation des câbles.

Le présent document montre que le tunnel du Grimsel, en combinaison avec une ligne ferroviaire et une ligne câblée est réalisable aux coûts indiqués et qu'il présente un grand avantage pour l'économie nationale. Le tunnel du Grimsel remplit au mieux le mandat politique du regroupement des lignes de transport d'électricité avec les lignes ferroviaires.

## Grimseltunnel: Multifunktionale Infrastruktur

Die ersten Projektstudien für eine Bahn durch die Grimsel wurden im vorletzten Jahrhundert im Rahmen der Evaluation von Alpentransversalen erstellt. Angedacht war eine Gebirgsbahn mit Scheiteltunnel. Bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts wurde diese Idee mehrere Male lanciert, letztmals als Meterspur-Alpendreieck Furka – Bedretto – Grimsel. Nach der massiven Kostenüberschreitung des Tunnelbaus an der Furka verschwand das Projekt in den Akten.

Geblichen aus diesen Anläufen ist die Überzeugung, dass eine Grimselbahn als Verbindung zwischen den Meterspurnetzen der Alpen verkehrstechnisch und touristisch sinnvoll ist. Jedoch war auch offenkundig, dass diese Verbindung im Kontext der wachsenden Bedürfnisse zum Ausbau des Schweizer Bahnnetzes nur schwerlich Priorität erlangen kann.

2014 hatte die Swissgird AG den Neubau der Grimselleitung, d.h. des Abschnitts Innertkirchen – Ulrichen im Übertragungsnetz, als eines der prioritären Projekte des sogenannten ‘Strategischen Netzes 2025’ definiert. Damit öffnete sich für die Idee einer Grimselbahn eine neue Chance: Eine Konzeption als multifunktionale Tunnel-Infrastruktur zur Bündelung von Bahn und verkabelter Übertragungsleitung. Erste Studien hierzu bestätigten den Vorteil einer Tunnel-Lösung gegenüber einer Gebirgsbahn, die technische Möglichkeit einer Bündelung sowie die Aussicht auf attraktive Kosten. Letztere gründen auf den ausserordentlich günstigen geologischen Verhältnissen der Grimsel sowie der Synergie aus der gemeinsamen Tunnelnutzung.

2017 hatte sich der Bundesrat in Beantwortung einer Motion von NR Rechsteiner dafür ausgesprochen, die Möglichkeiten zur Bündelung von Nationalstrassen oder Eisenbahnlinien mit Hochspannungsleitungen systematisch zu verfolgen. Im Anschluss dazu hatten die UVEK-Ämter ihre Absicht zur Gestaltung von förderlichen Prozessen für Bündelungsvorhaben in eine Erklärung gefasst.

Diese neue Ausgangslage bietet der Grimselbahn die Möglichkeit, den Status eines prioritären Projekts einzunehmen, als Teil einer multifunktionalen Infrastruktur, mit Vorteilen hinsichtlich Raumnutzung, Umwelt und insbesondere einem guten Kosten-Nutzen-Verhältnis.

2022 ist das Verfahren zum Leitungsvorhaben so weit fortgeschritten, dass seitens der leitenden Behörde BFE der Vorschlag an den Bundesrat zur Festsetzung im Sachplan Übertragungsleitungen, SÜL, feststand: Eine Verkabelung im Abschnitt Innertkirchen – Oberwald, entweder in einem eigenständigen Stollen oder im Grimseltunnel. Mit der imminenten Festsetzung im SÜL wird die Grundvoraussetzung für eine multifunktionale Infrastruktur Grimseltunnel geschaffen sein. Entscheidend ist nun die Finanzierung des Bahnteils und die Einhaltung des vom Leitungsvorhaben gesetzten engen Zeitfensters.

Eine Bündelung von Bahn und Höchstspannungskabel in gemeinsamer Tunnelanlage von 23 Kilometern Länge ist eine Novität. Die Projektvorbereitungen, welche mit dem vorliegenden Bericht abschliessen, zeigen die Lösungen auf.

## Struktur des Berichts und Dokumentenverzeichnis

Der vorliegende Bericht ist in vier Teile gegliedert:

1. Synthesebericht Technik, inkl. Planbeilagen
2. Kostenberechnung
3. Nutzen der Grimselbahn
4. Organisation in Projektphase

Inhaltliche Basis der Teile 1 bis 3 sind Fachberichte zu den verschiedenen Themenbereichen. Diese Fachberichte wurden von den mandatierten Experten (siehe Tabelle 2) verfasst und enthalten die detaillierte Information und Dokumentation. Der vorliegende Bericht fasst die Fachberichte zusammen, stellt die Querverbindungen unter den verschiedenen Fachbereichen dar und zieht die Schlüsse in Bezug auf die Machbarkeit und die weitere Projektentwicklung.

Tabelle 1 ist das Register sämtlicher Bestandteile dieser Projektdokumentation. Die Dokumentation ist vollständig, d.h. sie enthält nicht nur die Ergebnisse der aktuellen Bearbeitungsphase der Jahre 2020 bis 2022, sondern auch jene aus den vorangegangenen Phasen der Jahre 2014 bis 2019, welche weiterhin unverändert gültig oder mindestens relevant sind. Dank dessen ist die Dokumentation eine lückenlose Grundlage für die weiterführenden Arbeiten, namentlich die Ausarbeitung des Konzessionsgesuchs und des Vorprojekts.

Tabelle 1: Verzeichnis Berichte, Dokumente, Fachberichte, Pläne

Nr.	Dokumente	Verfasser	Datum
<b>A</b>	<b>Technischer Bericht</b>		
A1	Machbarkeitsbericht und Projektdokumentation (Synthesebericht)	IUB, Grimselbahn	15.01.2023
A2	Absichtserklärung (LOI) der Zentralbahn (zb) betreffend Betrieb der Infrastruktur Grimseltunnel	zb	09.01.2023
<b>B</b>	<b>Kostenberechnung</b>		
B1	Kostenschätzung Grimselbahn 2022	IUB	11.01.2023
<b>C</b>	<b>Pläne</b>	IUB	
C1	Übersichtsplan 1:25'000	1:25'000	
C2	Situationsplan 1:10'000	1:10'000	
C3	Längenprofil 1:20'000/4'000	1:20'000/4'000	
C4	Normalprofil System 3	1:200 / 1:50	
C5	Normalprofil System 3 mit Bahn	1:50	
C6	Linienführung Innertkirchen <i>Situation</i>	1:1'000	

Nr.	Dokumente	Verfasser	Datum
C7	Linienführung Innertkirchen <i>Terrainschnitte</i>	1:1'000	
C8	Portalbereich Innertkirchen <i>Situation, Längenprofile, Querprofile</i>	1:200 / 1:100	
C9	Portalbereich Innertkirchen <i>Normalprofile</i>	1:50	
C10	Tagbaubereich und Bahnhof Guttannen <i>Situation</i>	1:1'000	
C11	Tagbaubereich und Bahnhof Guttannen <i>Terrainschnitt</i>	1:1'000	
C12	Tagbaubereich und Bahnhof Guttannen <i>Querprofile</i>	1:100	
C13	Bahnhof Guttannen <i>Visualisierung</i>	-	
C14	Haltestelle Handeck <i>Situation</i>	1:1'000	
C15	Anschluss Oberwald <i>Situation</i>	1:1'000	
C16	Bahnhof Innertkirchen <i>Situation</i>	1:200	
C17	Bahnhof Guttannen <i>Situation</i>	1:200	
C18	Haltestelle Handeck <i>Situation</i>	1:200	
C19	Installationsperimeter & Deponiebereich Blänggen in Innertkirchen <i>Situation</i>	1:1'000	
<b>D</b>	<b>Beilagen und Fachberichte</b>		
	<u>Grundlagenberichte (Machbarkeit und Systemwahl)</u>		
D1	Bahnverbindung Meiringen – Oberwald mit Höchstspannungsanlage Innertkirchen – Oberwald, Machbarkeitsstudie	IUB, SPI, HBI, CSD	01.05.2015
D2	Synthesebericht zur Machbarkeitsstudie	Swissgrid, Grimselbahn	30.06.2015
D3	Grimseltunnel – Bündelung Bahn/Kabel. Erweiterter Bericht zur Machbarkeitsstudie als Grundlage für die Systemwahl	IUB, Biasiutti Consulting	11.10.2019
	<u>Bahn und Nachfrage</u>		
D4	Fachbericht: Machbarkeitsstudie Grimselbahn – Marktvolumen und volkswirtschaftliche Auswirkungen, mit Kommentar 2022	Universität St. Gallen (Laesser)	15.10.2014 13.03.2022
D5	Fachbericht: Grimseltunnel – Nutzenstudie	SMA	20.07.2022

Nr.	Dokumente	Verfasser	Datum
D6	Fachbericht: Schätzung des Marktvolumens der Grimselbahn – Zusammenfassung SMA Studie 2022 und Schätzung des Marktvolumens durch Prof. Christian Laesser, HSG 2014 und Kommentar 2022	Grimselbahn	29.08.2022
D7	Fachbericht: Fachbereich Bahn, inkl. Kostenberechnung	Vetsch Rail Consulting Hanser Consulting	23.12.2022
D8	Fachbericht: Technische und betriebliche Basisdaten Bahn	Vetsch Rail Consulting	10.10.2022
D9	Fachbericht: Versorgung Grimseltunnel 15 kV 16.7 Hz	SBB	13.07.2022
D10	Fachbericht: Integration Grimselbahn in den Bahnhof Oberwald – Klärung der technischen Machbarkeit	E+B	13.01.2023
	<u>Kabel und Sicherheit</u>		
D11	PowerPoint-Präsentation: Technische Anforderungen Innerkirchen - Ulrichen	Swissgrid	24.11.2020
D12	Fachbericht: Quantitative Risikoanalyse Grimseltunnel	E+B	16.09.2022
D13	Fachbericht: Sicherheits- und Rettungskonzept	E+B	13.05.2022
D14	Fachbericht: Analyse Anprallrisiken Hochspannungsleitung	E+B	14.03.2019
D15	Fachbericht: Expertise EMV – Modellbeschreibung und Ergebnisse	Enotrac	22.08.2018
D16	Fachbericht: Risikoanalyse Isolationsdurchschlag Kabel, inkl. Risikostudie Kabelfehler	E+B, FKH	26.02.2021
D17	Fachbericht: Studie einseitig kompensierte Kabelleitung 220 kV Innerkirchen – Oberwald	Railectric	19.02.2016
D18	Fachbericht: Simulation Schwarzstart der 220-kV-Kabel	Railectric	20.06.2018
D19	Fachbericht: Lüftung der multifunktionalen Infrastruktur für Bahn und Kabelleitung	HBI	07.09.2022
	<u>Geologie und Umwelt</u>		
D20	Fachbericht: Geologische Verhältnisse Tunnel, inkl. Beilagen	K+H	08.08.2014
D21	Fachbericht: Naturgefahren	K+H	25.07.2014
D22	Fachbericht: ADT-Standorteingabe Deponie Handeggli	Pöyry	01.12.2017
D23	Gutachten ENHK – Überbauungsordnung Deponie Handeggli	ENHK	08.09.2022
D24	Überbauungsordnung «Handeggli», Einwohnergemeinde Guttannen, inkl. Erläuterungsbericht	Gemeinde Guttannen; BPU Kasper	Dez. 2022 04.11.2022
D25	Fachbericht: Machbarkeitsstudie Ablagerungsmöglichkeiten ab Portal Süd in Oberwald	SRP	17.06.2022

Nr.	Dokumente	Verfasser	Datum
D26	Fachbericht: Hydrogeologischer Schlussbericht zum Grundwassermonitoring Bahnhof Oberwald 2018 – 2022	OSPAG	11.01.2023
D27	Kurzbericht über die relevanten Umweltbereiche - Ergänzungen Mai 2015	CSD	18.05.2015
D28	Fachbericht: Grimseltunnel, Hydrogeologie und Geothermie – Prognose der Gebirgstemperaturen	Geotest	24.11.2021
	<u>Linienführung</u>		
D29	Grimseltunnel – Bündelung Bahn/Kabel. Linienführung Innerkirchen und Guttannen (inkl. Planbeilagen & Fachbericht Geologie)	IUB, K+H	23.11.2022
D30	Bericht: Anschluss Grimselbahn an Bahnhof Oberwald, Variantenstudium Linienführung (Kap. 5)	SPI	25.01.2017
D31	Bericht: Re-Evaluation der Varianten zum Bahnhof Oberwald	Gresch Partner	05.01.2017
	<u>Kosten</u>		
D32	Richtpreisofferte Kabelanlage 2018	Brugg	20.06.2018
D33	Richtpreisofferte Bau 2018	Marti Tunnel	22.06.2018
D34	Richtpreisofferte Bau 2022	Gasser Felstechnik	15.09.2022
D35	Review Kostenberechnung Bau	Kobel Bauconsulting	24.11.2022

Tabelle 2: Verzeichnis der mandatierten Experten

<b>Fachgebiet</b>	<b>Experte</b>
Bau und Koordination	IUB Engineering AG, Belpstrasse 48, 3000 Bern 14
Thermodynamik: Wärmeabfuhr und Lüftung	HBI Haerter AG, Bahnhaldenstrasse 7, 8052 Zürich
Sicherheit	Emch und Berger AG, Schösslistrasse 23, 3001 Bern
Geologie	Kellerhals und Haefeli AG, Kapellenstrasse 22, 3011 Bern Geotest AG, Bernstrasse 165, 3052 Zollikofen
Fahrplanstudien	SMA und Partner AG, Gubelstrasse 28, 8050 Zürich
Marktpotential	Universität St. Gallen, Institut für Systemisches Management und Public Governance, Dufourstrasse 40a, 9000 St. Gallen
Fachexperte Bahn	Vetsch Rail Consulting GmbH, Südstrasse 5, 4922 Bützberg
Bahnhof Oberwald, Machbarkeitsstudie	Emch und Berger AG, Bahnhofstrasse 4a, 3900 Brig
Bahnhof Oberwald, Einfahrt	SPI, Schmidhalter Partner Ingenieure AG, Kantonsstrasse 322, 3900 Brig
Versorgung Bahnstrom	SBB Energie Systemdesign, Industriestrasse 1, 3052 Zollikofen
Grundwassermonitoring	OSPAG, Bahnhofstrasse 11, 3900 Brig
Deponie-Fachplanung Bern	Heinz Kasper, Mättelistrasse 16, Kehrsatz
Deponie-Fachplanung Wallis	SRP Ingenieur AG, Nordstrasse 16, 3900 Brig
Umwelt, UVB	CSD Ingenieure AG, Belpstrasse 48, 3007 Bern
Erdung, Magnetfelder, Störfall Isolationsdurchschlag	Fachkommission für Hochspannungsfragen FKH, Hagenholzstrasse 81 8050 Zürich
Richtofferten Bau	Marti Tunnel AG, Seedorffeldstrasse 21, 3302 Moosseedorf Gasser Felstechnik AG, Walchistrasse 30, 6078 Lungern
Review Baukosten	Kobel Bauconsulting, In den Weissenäckern 10, 8304 Wallisellen
Elektromagnetische Verträglichkeit	Enotrac AG, Seefeldstrasse 8, 3600 Thun
Transiente Schwingungen, Schwarzstart	Railectric GmbH, Wankdorffeldstrasse 88, 3014 Bern

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil 1: Synthesebericht Technik</b>	<b>4</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1 Ausgangslage	4
1.2 Zielsetzung	4
<b>2 Grundlagen</b>	<b>5</b>
<b>3 Systemwahl</b>	<b>6</b>
3.1 Einleitung	6
3.2 Drei Systeme evaluiert	6
3.3 Kriterien: Wechelseitiger Schutz, Zuverlässigkeit Kabelleitung, Wärmeabfuhr, Personensicherheit	9
3.4 Begründung der Systemwahl (mit Verweis auf nachfolgende Abschnitte)	9
<b>4 Tunnel-Anlage</b>	<b>11</b>
4.1 Einleitung	11
4.2 Profilabmessungen	11
4.2.1 Bahntunnel	11
4.2.2 Kabelstollen	12
4.3 Fahrbahn und Tunnelausbau	12
4.4 Querschläge, Fluchtwege und Personenschutzräume	13
<b>5 Geologie und Naturgefahren</b>	<b>14</b>
5.1 Geologische Übersicht	14
5.2 Geologische Beschreibung Festgestein	15
5.3 Geologische Beschreibung Lockergestein (Tagbaubereich Guttannen)	17
5.4 Hydrogeologie	17
5.5 Naturgefahren	18
5.5.1 Portalbereich Innertkirchen	18
5.5.2 Tagbaubereich Guttannen	18
5.5.3 Haltestelle Handeck	20
5.5.4 Einfahrt Bahnhof Oberwald	20
5.6 Bautechnische Eignung Tunnelbau	21
<b>6 Linienführung</b>	<b>22</b>
6.1 Einleitung	22
6.2 Übersicht Linienführung	22
6.3 Tagbauabschnitt Innertkirchen	23
6.4 Tagbauabschnitt Guttannen	25
6.5 Haltestelle Handeck	26
6.6 Schachtanschluss Grimsel	26
6.7 Anschluss Bahnhof Oberwald	27
6.8 Weiterführung Swissgrid-Trasse	28
6.9 Baugrundrisiken in Bezug zur gewählten Linienführung	29
<b>7 Fachbereich Bahn</b>	<b>30</b>
7.1 Einleitung: Struktur der Abklärungen und Vorgehensweise	30
7.2 Netzzusammenschluss zb – MGB	30
7.2.1 Allgemeine Systemmerkmale	30
7.2.2 Rollmaterialanforderungen	31
7.2.3 Verbindungsmöglichkeiten	31
7.2.4 Unterschiedliche Stromsysteme	31

7.2.5	Unterschiedliche Perronhöhen	31
7.3	Betriebskonzept	32
7.3.1	Fahrplankonzept	32
7.4	Haltepunkte	34
7.4.1	Allgemeine Annahmen	34
7.4.2	Bahnhof Meiringen	34
7.4.3	Haltepunkte Innertkirchen	34
7.4.4	Bahnhof Guttannen	34
7.4.5	Haltestelle Handeck	35
7.4.6	Bahnhof Oberwald	36
7.5	Ausrüstung Bahntechnik	37
7.5.1	Stellwerktechnik/Zugbeeinflussungssystem	37
7.5.2	Aussensignale	37
7.5.3	Funksystem	37
7.5.4	Fahrleitung und Systemtrennung	37
7.6	Stromversorgung	38
7.6.1	Bestehende Anlagen	38
7.6.2	Neue Anlagen	38
<b>8</b>	<b>Kabelanlage</b>	<b>39</b>
8.1	Koordination mit Swissgrid, Abgrenzung	39
8.2	Auslegung der Kabelleitung und Belastbarkeit	39
8.3	Lieferlängen, Einzug und Montage	41
8.4	Erdungskonzept und Kabel-Schirmbehandlung	42
8.5	Elektromagnetische Verträglichkeit	42
8.6	Blindleistungskompensation, Einschalt-Transienten, Schwarzstartfähigkeit	43
8.7	Anschluss der Schaltanlage Innertkirchen	43
<b>9</b>	<b>Wärmeabfuhr und Lüftung</b>	<b>45</b>
9.1	Einleitung	45
9.2	Erläuterungen	45
9.3	Thermische Berechnungen	47
9.4	Ergebnisse	47
9.5	Lüftungskonzept	52
<b>10</b>	<b>Sicherheits- und Rettungskonzept</b>	<b>55</b>
10.1	Einleitung	55
10.2	Ereignisszenarien	55
10.3	Spezifische Gegebenheiten Grimseltunnel	56
10.4	Sicherheits- und Rettungskonzept	57
10.5	Beurteilung der Ereignisszenarien	58
10.6	QRA	59
<b>11</b>	<b>Raumplanung und Deponien</b>	<b>61</b>
11.1	Richtplan Kanton Bern	61
11.2	Deponie Handeggli, Überbauungsordnung	61
11.3	Richtplan Kanton Wallis	62
11.4	Deponie Löwwene	62
<b>12</b>	<b>Umwelt</b>	<b>64</b>
12.1	Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt	64
12.2	Relevanzmatrix zu den Umweltbereichen	64
12.3	Kurzbeschreibung der relevanten Umweltbereiche inkl. Pflichtenhefte	65
12.3.1	Luftreinhaltung	65

12.3.2	Betriebs- und Verkehrslärm (inkl. Baulärm)	66
12.3.3	Erschütterungen, abgestrahlter Körperschall	67
12.3.4	Nichtionisierende Strahlung (NIS)	67
12.3.5	Grundwasser	68
12.3.6	Entwässerung	69
12.3.7	Boden	70
12.3.8	Abfälle, umweltgefährdende Stoffe	71
12.3.9	Wald	72
12.3.10	Flora, Fauna, Lebensräume	73
12.3.11	Landschaft und Ortsbild (inkl. Lichtimmissionen)	73
12.4	Fazit	74
<b>13</b>	<b>Bauablauf</b>	<b>75</b>
<b>14</b>	<b>Ablauf Phase Projektierung</b>	<b>77</b>
<b>Teil 2: Kostenberechnung</b>		<b>78</b>
<b>1</b>	<b>Kostengrundlagen</b>	<b>78</b>
1.1	Machbarkeitsstudie 2015	78
1.2	Richtofferte Bau 2018	78
1.3	Richtofferte Bau 2022	78
<b>2</b>	<b>Zusammenstellung der Kosten</b>	<b>79</b>
2.1	Erläuterungen	79
2.2	Umsetzung BAV-Leitfaden 'Ermittlung der Kosten von Ausbauprojekten'	79
2.3	Kostenzusammenstellung	80
<b>3</b>	<b>Review Kostenschätzung Bau</b>	<b>82</b>
<b>Teil 3: Nutzen der Grimselbahn</b>		<b>83</b>
<b>1</b>	<b>Einschätzung der Nachfrage</b>	<b>83</b>
1.1	Schätzung des Marktvolumens durch die HSG	83
1.2	Schätzung der Nutzenstudie der SMA	83
1.3	Einordnung der beiden Nachfrageschätzungen	84
<b>2</b>	<b>Synergien bei den Meterspurbahnen</b>	<b>84</b>
<b>Teil 4: Organisation</b>		<b>85</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>85</b>
<b>2</b>	<b>Infrastrukturbetreiber zb</b>	<b>85</b>
<b>3</b>	<b>Erstellergesellschaft Grimselbahn AG</b>	<b>86</b>
<b>4</b>	<b>Projektorganisation</b>	<b>86</b>
4.1	Struktur	86
4.2	Formale Grundlagen der Projektorganisation	87
4.3	Anwendung RUBA sowie Dokumentenmanagement	87

# Teil 1: Synthesebericht Technik

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Seit Ende 2013 untersucht die Grimselbahn AG die Machbarkeit einer Meterspur-Bahnverbindung zwischen Innertkirchen und Oberwald. Ab 2014 wurde das Projekt konkret als multifunktionale Infrastruktur zur Bündelung Bahn und parallellaufender verkabelter Hochspannungsleitung geplant. Die Arbeiten erreichten einen ersten Zwischenstand auf Stufe Machbarkeitsstudie per Juni 2015. Seit dann wurden verschiedenen Optimierungen vorgenommen. Im Zeitraum vom 2017 bis 2019 wurde die verschiedenen möglichen Konzepte der Kombination von Bahn- und Kabelleitung (1 Stollen mit Kabel in Kanal, 1 Stollen mit Kabel in Rohrblock, 2 parallele Stollen) in einer Systemwahlstudie untersucht und bewertet. Dabei wurden insbesondere auch die Baukosten der verschiedenen Varianten detailliert ermittelt.

Die weitere Projektvorbereitung im Zeitraum 2020 bis 2022 erfolgte im Auftrag des BAV nach Massgabe der Umsetzungsvereinbarungen vom 2.11.20 und 23.8.21. Ausgehend von den Ergebnissen der Systemwahlstudie wurde das Projekt weiter vertieft und in allen essentiellen Aspekten vorbereitet. Dies betrifft insbesondere die Linienführung im Bereich der offenen Strecke in Innertkirchen sowie im Abschnitt Guttannen, der Fachbereich Bahn (Fahrplankonzept, Bahninfrastruktur, Marktpotential, Stromversorgung etc.), den Anschluss der Grimselbahn in die bestehenden Netze, Die Wärmeabfuhr der Kabelleitung, das Sicherheits- und Rettungskonzept, sowie die Deponiemöglichkeiten. Besonderes Gewicht erhielt die Berechnung der Kosten und deren Plausibilisierung.

### 1.2 Zielsetzung

Das vorliegende Dossier soll eine lückenlose Dokumentation der Vorbereitung des Projekts Grimseltunnel darstellen: Die Pläne sind auf dem neusten Stand, die Kosten aktualisiert und überprüft, und alle erstellten Fachberichte bzw. Detailabklärungen in einem aggregierten Dossier zusammengestellt. Als Kopfdokument dient der vorliegende Machbarkeitsbericht / Synthesebericht, welcher den Stand der Projektierung konzis zusammenfasst und die zukünftigen Schritte antizipiert.

## 2 Grundlagen

Der vorliegende Bericht fasst die in den Jahren 2013 bis 2022 erarbeiteten Grundlagen zusammen. Diese Grundlagen sind im einleitenden Dokumentenverzeichnis aufgeführt, es handelt sich dabei namentlich um:

- die Machbarkeitsstudie 2015 [Beilagen D1 und D2] für die kombinierte Lösung Bahn und Kabel,
- die Systemwahlstudie 2019 [Beilage D3],
- Fachberichte zu Bahn und Nachfrage [Beilagen D4 – D10], Kabel und Sicherheit [Beilagen D11 – D19], Geologie und Umwelt [Beilagen D20 – D28], Linienführung [Beilagen D29 – D31] sowie zu den Kosten [Beilagen D32 – D35].

## 3 Systemwahl

### 3.1 Einleitung

In der vorangehenden Phase der Projektvorbereitung, der Systemwahlstudie 2019 [Beilage D3], wurden drei mögliche Systeme/Konzepte für die Parallelführung der beiden Infrastrukturen Bahn und Höchstspannungsleitung entwickelt (siehe unten Abs. 3.2). Für diese drei Systeme wurde das Projekt so weit ausgearbeitet, dass eine Richtofferte eingeholt werden konnte, mittels detaillierten Auszugs unter Anwendung des Normpositionenkatalogs.

Die hier in Rede stehende Projektphase beinhaltet nun eine eingehende Untersuchung der drei Systeme, ausgehend von der Dokumentation 2019 und im Lichte aller massgebenden Kriterien (siehe Abs. 3.3). Ziel war die Wahl des bestgeeigneten Systems zur definitiven Vorbereitung und Beschreibung für die nachfolgende Phase der Projektierung. Diese Systemwahl musste in enger Absprache mit Swissgrid erfolgen.

Für die Wahl des bestgeeigneten Systems war am Anfang der aktuellen Projektphase ein strukturierter Evaluationsprozess vorgesehen. Es war geplant, die Erkenntnisse aus den durchzuführenden Untersuchungen (Lüftung, Sicherheit, Kabel-Belastbarkeit, Bauablauf) gemeinsam mit Swissgrid systematisch auszuwerten. Im Zuge dieser Untersuchungen und im Rahmen der kontinuierlichen Abstimmung mit Swissgrid ergab sich dann aber die Wahl des bestgeeigneten Systems als implizites, selbstverständliches Ergebnis.

Die Systemwahl ist in diesem Kapitel dargestellt und begründet.

### 3.2 Drei Systeme evaluiert

Im Zentrum der vorangegangenen Projektphase, welche mit der Dokumentation 2019 abschloss, standen folgende Fragen: Welche Systeme resp. Konzepte der Parallelführung von Bahn und Übertragungsleitung in einer gemeinsamen Tunnelanlage kommen in Betracht? Wie sollen die Profile der Tunnelanlage für die in Betracht kommenden Systeme ausgelegt sein? Welches sind die Kosten der Tunnelanlage der verschiedenen Systeme? Dabei wurden drei Systeme entwickelt, welche in der Dokumentation 2019 eingehend beschrieben sind. Kurz gefasst handelt es sich dabei um folgende Profil-Gestaltungen der Tunnelanlage:

- **System 1**, gemäss Abbildung 1: Tunnel mit Parallelführung der Kabelleitungen entlang der Bahngeleise in einem Kanal im Bankett. Geschützt sind die Kabel vor den Folgen einer Entgleisung durch eine Leitmauer sowie durch ein Abdeckgitter. Letzteres hat eine längsgerichtete, grobe Struktur, so dass die Wärmeabfuhr durch den Luftzug bestmöglich gewährleistet ist. Die drei Kabel eines Stromsystems sind im geschlossenen Dreieck angeordnet, damit die Magnetfeldimmission im Bahnwagen unter dem NISV-Grenzwert  $100 \mu\text{T}$  verbleiben. Der NISV-Grenzwert ist eingehalten bis hin zur thermischen Grenze der Kabelleitung (Kapitel 9), welche deutlich über dem von Swissgrid spezifizierten Auslegungslastfall von 1700 A (Kapitel 8) liegt. Der Fluchtweg ist auf der gegenüberliegenden Seite des Geleises angeordnet. Zur Selbstrettung in sichere Aufenthaltsbereiche dienen Kavernen als Personenschutzräume, im Abstand von 1'600 bis 2'000 m.
- **System 2**, gemäss Abbildung 2: Gleich wie System 1, jedoch mit einer Verlegung der Kabel in einem Rohrblock, entsprechend der historisch gewachsenen Schweizer Praxis zur Verlegung von Kabeln. Die drei Kabel eines Stromsystems sind im Rohrblock im

offenen Dreieck verlegt. Die Abmessungen gewährleisten die Einhaltung des NISV-Grenzwerts bis zum Auslegungslastfall von 1'700 A.

- **System 3**, gemäss Abbildung 3: Tunnelanlage bestehend aus zwei Röhren mit je kleinstmöglichem Profil. In der Hauptröhre verläuft die Bahn, im parallelen Nebenstollen die Kabelleitung. Der Nebenstollen dient im Weiteren der Lüftung sowie der Personensicherheit. Zwischen den beiden Röhren bestehen Querschläge im Abstand von höchstens 500 m. Die Querschläge sind eine Voraussetzung für einen effizienten Bauprozess, und sie werden schliesslich zu Personenschutzräumen ausgebaut.

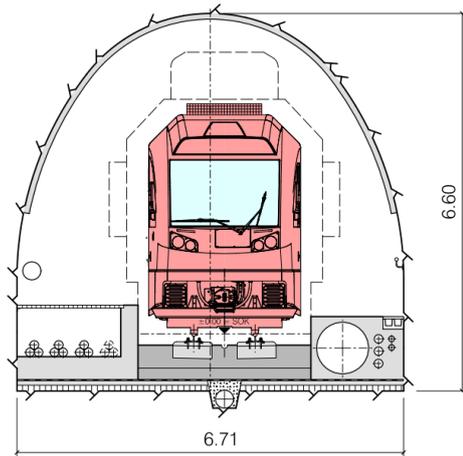


Abbildung 1: System 1

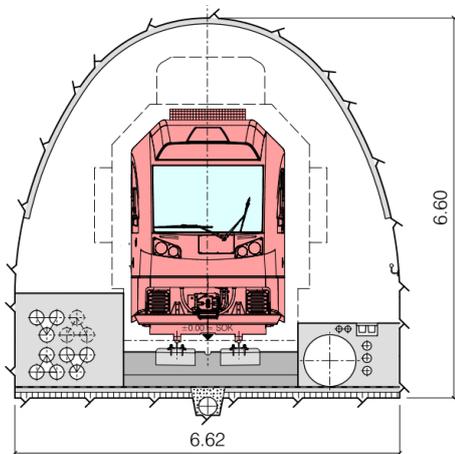


Abbildung 2: System 2

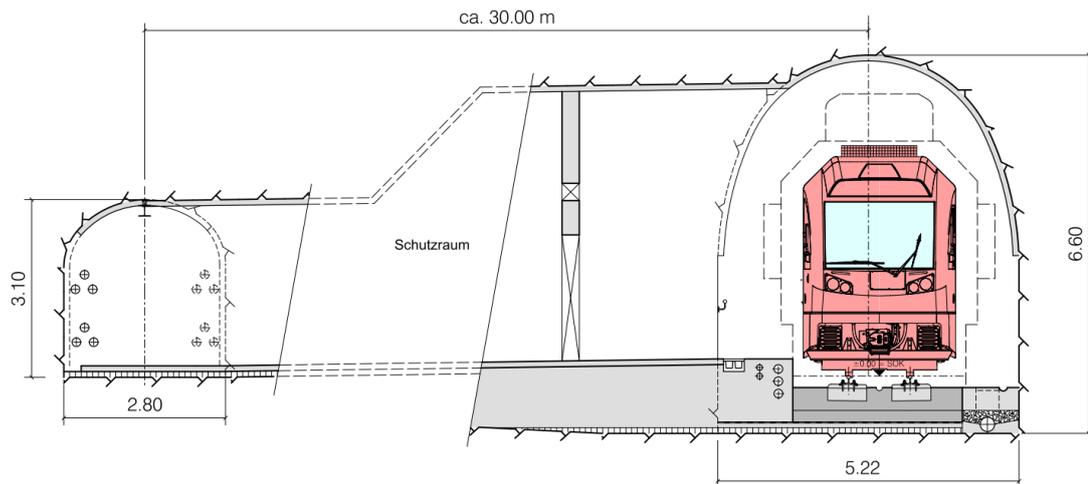


Abbildung 3: System 3

In der Projektphase bis 2019 wurde die Tunnelanlage, inkl. der Tagbauabschnitte Innertkirchen, Guttannen und Oberwald, für diese drei Systeme ausgelegt. Zwecks Anfrage einer Offerte wurde die Tunnelanlage gemäss Normpositionenkatalog Bau ausgezogen. Gleichzeitig erfolgte auch eine Offertanfrage für die Kabelleitung. Die Bahntechnik wurde nach Elementkosten abgeschätzt – seinerzeit noch auf die Strecke zwischen dem Anschluss Innertkirchen und jenem auf Gleis 4 in Oberwald beschränkt, d.h. ohne angrenzende Bahnhöfe.

Auf der Grundlage der erwähnten Offerten wurde die Kostenzusammenstellung 2019 erstellt. Tabelle 3 zeigt das Ergebnis in einer Zusammenfassung. Die Offerte Bau beinhaltet auch Varianten des Bauprozesses für Sprengvortrieb und mechanischen Vortrieb (Tunnelbohrmaschinen). Die Angaben der Tabelle 3 beziehen sich auf die günstigsten Varianten, welche durchwegs auf Sprengvortrieb beruhen.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Gesamtkosten der Tunnelanlage für die drei verschiedenen Systeme, auf der Grundlage der Richtofferten Bau und Kabel 2018.

Kostenzusammenstellung	System 1	System 2	System 3
Grimsel tunnel Juli 2019	[Mio. CHF]	[Mio. CHF]	[Mio. CHF]
Allgemeinkosten	43	43	43
Rohbau	345	376	371
Bahntechnik und Ausrüstung	101	101	113
Kabelanlagen	94	89	98
<b>Total (exkl. MwSt.)</b>	<b>583</b>	<b>609</b>	<b>624</b>

Für die Wahl des bestgeeigneten Systems, welche in der aktuellen Projektphase getroffen wurde (Abs. 3.3 und 3.4), sind primär die Kostenunterschiede für den Bau relevant. Die Mehrkosten des 2-Stollen-Systems 3 gegenüber System 1 sind überraschend gering, nämlich lediglich knapp 30 Mio., resp. 8 %. Dieser geringe Unterschied beruht auf Synergien im Bauprozess (gemeinsame Nutzung der Bauinstallation, Zirkulationslüftung, Entwässerung, Sicherheit), sowie dem Umstand, dass die Ausbruchsquerschnitte der Systeme 1 und 3 fast gleich gross sind. Die höheren Kosten von System 2 gegenüber System 1 beruhen auf der Verwendung von speziell wärmeleitfähigem Beton für den Rohrblock. Diese Massnahme ist

geboten, weil die Bauweise mit einem Rohrblock die Belastbarkeit der Kabelleitung gegenüber einer offenen Verlegung in gelüftetem Stollen einschränkt.

### 3.3 Kriterien: Wechselseitiger Schutz, Zuverlässigkeit Kabelleitung, Wärmeabfuhr, Personensicherheit

Folgende Kriterien sind für die Wahl des bestgeeigneten Systems essentiell:

- Personensicherheit, Schutz- und Rettungskonzept
  - a) Ausgestaltung eines Schutz- und Rettungskonzepts, welches mindestens die normativen Vorgaben erfüllt, besser jedoch dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Quantitative Risikoanalyse (QRA) für den Brandfall mit Werten im akzeptablen Bereich.
  - b) QRA für den Isolationsdurchschlag der Kabelleitung (Plasmastrahl) mit Werten im akzeptablen Bereich.
  - c) Abfuhr der Kabel-Verlustwärme zur Gewährleistung der maximal zulässigen Temperatur bezüglich Evakuierung eines Zuges sowie Funktionstüchtigkeit der Fahrzeug-Klimatisierung.
  - d) Magnetfeld-Immissionen.
- Zuverlässigkeit der Kabelleitung
  - e) Schutz der Kabelleitung vor Auswirkungen von Ereignissen der Bahn: Brand und Entgleisung.
  - f) Reparierbarkeit der Kabelleitung im Falle eines inneren Schadens.
- Belastbarkeit der Kabelleitung
  - g) Effizienz von Wärmeabfuhr und Lüftung.
  - h) Belastbarkeits-Reserve gegenüber dem Auslegungslastfall.
- Kosten

### 3.4 Begründung der Systemwahl (mit Verweis auf nachfolgende Abschnitte)

System 2 mit Verlegung der Kabel im Rohrblock musste im Rahmen der Untersuchungen zur Wärmeabfuhr und Lüftung (Kapitel 9) aus der Optik der Kabelleitung ausgeschlossen werden. Grund dafür ist die eingeschränkte Belastbarkeit infolge der zusätzlichen Wärmeübergänge des Rohrblocks, im Vergleich zur offenen Verlegung in den Systemen 1 und 3 (Kriterien g und h). Insbesondere verhindert der Rohrblock den thermischen Anschluss der Kabel an die Lüftung im Tunnel. Der Auslegungslastfall kann zwar gewährleistet werden, eine darüberhinausgehende Reserve besteht jedoch nicht – eine solche Reserve besteht bei den anderen beiden Systemen in erheblichem Masse, dank der Effizienz der Lüftung. Bezüglich der Zuverlässigkeit der Kabelleitung (Kriterium e) bietet der Rohrblock einen leichten Vorteil gegenüber System 1, dank des perfekten mechanischen Schutzes. Bei einem Brandfall besteht jedoch kein hinreichender Schutz der Kabel vor überhöhter Temperatur.

Aus der Optik des Bahnbetriebs bietet System 2 leichte Vorteile: Dadurch, dass das Kabel im Rohrblock thermisch «gefangen» ist, wird die Temperatur im Tunnel weniger von der

Verlustwärme der Kabel beeinflusst. Dies ist allerdings die Ursache für die Einschränkung der Belastbarkeit der Kabelleitung. Im Weiteren schirmt der Rohrblock die Tunnelumgebung vor den Folgen eines Isolationsversagens ab. Gemäss durchgeführter Expertise sowie entsprechender QRA [Beilage D12] ist das Risiko dieses Störfalls jedoch im akzeptablen Bereich, und dessen Beherrschung rechtfertigt nicht die Einschränkung der Belastbarkeit der Leitung. Schliesslich bestehen bei System 2 keine Kostenvorteile gegenüber den anderen Systemen.

Nach obgenanntem frühzeitigem Ausschluss von System 2 verblieb die Wahl zwischen den Systemen 1 und 3. Richtungsweisend dabei war die Ausarbeitung des Sicherheits- und Rettungskonzepts [Beilage D13]. Dabei zeigte sich, dass für beide Systeme ein hinreichendes Schutzniveau gewährleistet werden kann, dass jedoch nur System 3 die Voraussetzungen bietet für ein Konzept, welches dem aktuellen Stand der Technik entspricht (siehe Kapitel 10). Ausschlaggebend war schliesslich eine zentrale Anforderung der Kabelleitung: Als Leitung des Europäischen Übertragungsnetzes ist eine hohe Zuverlässigkeit gefordert. Dieser Anforderung wird System 3 besonders gut gerecht, weil dort, im separaten Stollen, kein Risiko für Unterbrechungen infolge des Bahnbetriebs (Brand, Entgleisung o.ä.) oder sonstiger äusserer Einwirkungen besteht. Aufgrund dieser Fakten sowie angesichts der nur mässigen Kostendifferenz der beiden Systeme erschien die Wahl von System 3 schliesslich selbstredend.

Ein weiterer Vorteil bietet System 3 bezüglich der Belastbarkeit der Kabelleitung: Die Reserven in der Belastbarkeit der Leitung in System 3 sind grösser als in System 1 [Beilage D19]. Dies ist dem Umstand zu verdanken, dass die Kabel in System 3 am Parament im offenen Dreieck angeordnet sind und damit eine optimale Wärmeabfuhr ermöglichen. In System 1 dagegen, wo sich die Kabel im normalen Aufenthaltsbereich der Bahnreisenden befinden und den Immissionsgrenzwert von 100  $\mu$ T einhalten müssen, ist eine Verlegung im geschlossenen Dreieck erforderlich. Dabei ist nicht nur der Anschluss an die Lüftung weniger günstig, sondern es entstehen auch Zusatzverluste im Kabelschirm infolge Induktion von Wirbelströmen durch die berührenden Nachbar-Phasen.

Insgesamt stellt System 3 eine ideale Lösung für die Bündelung der beiden Infrastrukturen dar. Beide Infrastrukturen können aus Ihrer spezifischen Optik auf günstige Umstände in «ihrem» Stollen zählen, wobei die Parallelführung der Stollen Synergien bietet: Für die Bahn ist der Kabelstollen Fluchtweg und Lüftung für die Personenschutzräume, und für die Leitung ist der Bahntunnel nächtlicher Zugang für Instandhaltung. Darüber steht der Kostenvorteil des gleichzeitigen Baus der beiden Stollen, welcher markant ist, dank der Möglichkeit zum Sprengvortrieb im festen Granit.

**Die nachfolgenden Ausführungen in diesem Synthesebericht basieren auf obiger Systemwahl, d.h. sie befassen sich nur mit dem gewählten System 3.** Die im Dokumentenverzeichnis aufgelisteten Grundlagen zu diesem Bericht, welche auch die Grundlagen für die getroffene Systemwahl waren, befassen sich mit allen drei Systemen in gleicher Weise.



Der Tunnel wird mit einer Breite von 5.2 m und einer Höhe von 6.6 m ausgebrochen. Der Ausbruchquerschnitt des Bahntunnels beträgt 30.67 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.2 Kabelstollen

Der Kabelstollen wird mit einer Breite von 2.8 m und einer Höhe von 3.1 m ausgebrochen. Der Querschnitt beträgt 7.98 m<sup>2</sup>. Aufgrund des sehr kleinen Stollenprofils sind baugelastisch Querschläge alle 250 bis 500 m erforderlich, wobei die Hauptlogistik durch den Bahntunnel erfolgt.

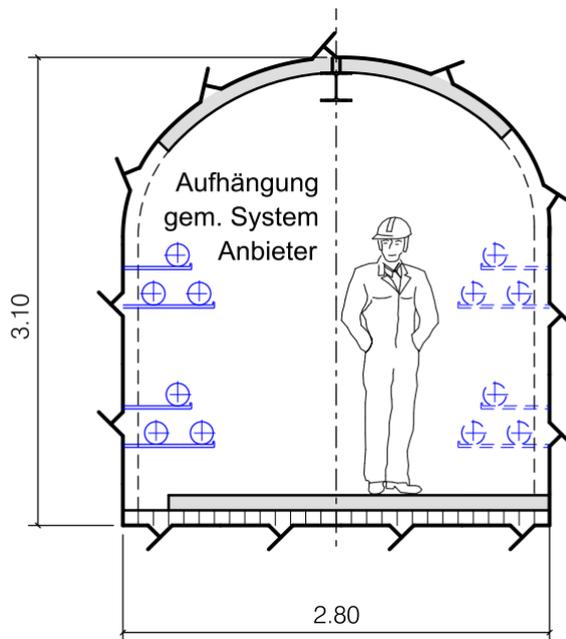


Abbildung 5: Normalprofil Kabelstollen

#### 4.3 Fahrbahn und Tunnelausbau

Im Grimseltunnel ist der Einbau einer festen Fahrbahn (System LVT oder gleichwertig) vorgesehen. Der Fahrbahnaufbau von unten nach oben sieht wie folgt aus (siehe Abbildung 4):

- Sohle Rohbau / Baupiste
- Ausgleichsbeton
- Noppenfolie
- Gleistragplatte
- Feste Fahrbahn LVT & Vergussbeton

Im Gewölbe ist aufgrund der sehr guten Gebirgsverhältnisse nur ein sehr geringer Ausbau resp. Verkleidungsaufwand notwendig. In jedem Fall ist beim Vortrieb im Firstbereich ein Kopfschutz aus Spritzbeton und Ankern erforderlich. Je nach Geologie wird der Tunnel nach dem Vortrieb noch mit einer zusätzlichen dünnen Spritzbetonschicht von 5 bis 7 cm Stärke verkleidet.

## 4.4 Querschläge, Fluchtwege und Personenschutzräume

Die bautechnisch erforderlichen Querschläge alle 250 bis 500 Meter werden für den Betrieb als Personenschutzräume (PSR) ausgebaut. Die Schutzräume sind baulich jeweils mit einer Betonwand und einer Fluchttür zum Bahntunnel sowie einem Tor zum Kabelstollen abgetrennt. Weitergehende Erläuterungen zum Rettungskonzept sind Kapitel 10 dieses Berichts zu entnehmen.

In Abbildung 6 ist ein mögliches Layout der Querschläge resp. Personenschutzräume dargestellt. Ob die Querschläge jedoch schräg oder senkrecht zur Tunnelachse ausgeführt werden, muss in einer späteren Projektphase noch definiert werden. Dabei spielen hauptsächlich bauphysikalische Überlegungen und Anforderungen aufgrund der erforderlichen Vortriebsgeräte eine Rolle.

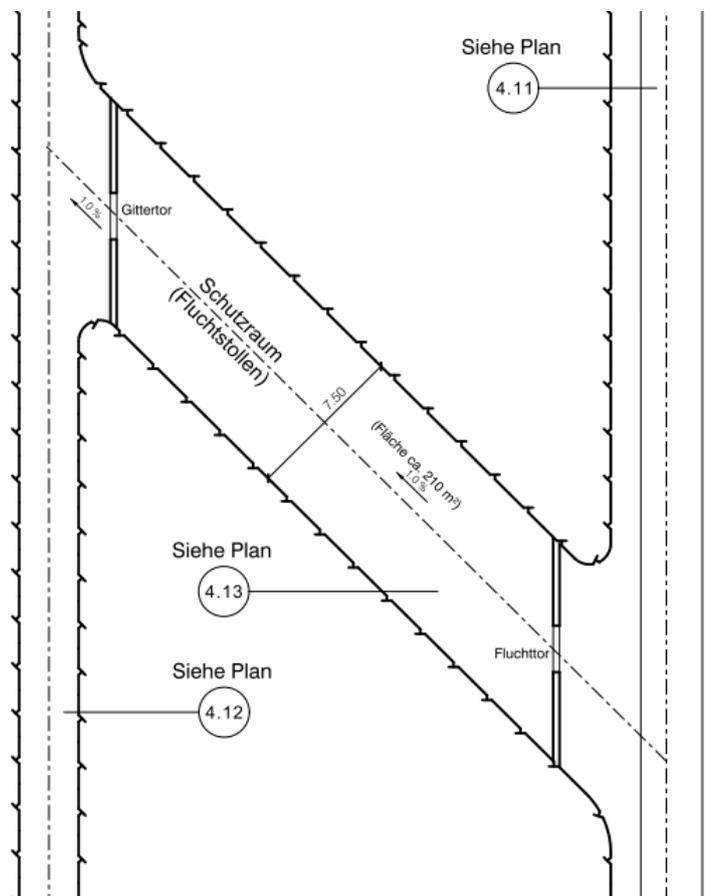


Abbildung 6: Mögliche Anordnung der Querschläge (PSR) zwischen Bahntunnel und Kabelstollen

## 5 Geologie und Naturgefahren

Die in diesem Kapitel vorliegende Beschreibung zu den geologischen Verhältnisse sowie der Naturgefahren basiert auf den Berichten des Büros Kellerhals+Haefeli [Beilagen D20 und D21]. Es handelt sich vorliegend um eine verkürzte Wiedergabe der jeweiligen Berichte.

### 5.1 Geologische Übersicht

Die Linienführung des Grimseletunnels liegt vollständig in den kristallinen Gesteinen des Aarmassivs. Im Norden wird es durch die mesozoischen Sedimente des Helvetikums begrenzt, im Süden wird es von den Sedimenten der Furka-Urseren-Garvera-Zone vom Gotthardmassiv abgetrennt.

Das Aarmassiv besteht im Grimselgebiet aus den folgenden Elementen:

- Altkristallin: Polymetamorpher Gneis- und Migmatitkomplex (Erstfelder Gneiszone, Guttannen- Einheit, Ofenhorn-Stampforn-Einheit, südliche Gneiszone)
- Innetkirchner-Lauterbrunner Kristallinzone: Migmatische Gneise mit Schollen aus Biotit-Gneisen, Quarziten, Kalksilikatfelsen, Marmoren und Amphiboliten
- Variszische Intrusivgesteine: Granitische bis granodioritische Gesteine, metamorph und tektonisch nur wenig beansprucht (Mittagfluh-Granit, zentraler Aaregranit, Grimsel-Granodiorit, südlicher Aaregranit)
- Permokarbonische Sedimente: Meist schmale in die kristallinen Gesteine eingefaltete Sedimentzüge

Die Einheiten wurden durch die alpine Gebirgsbildung unterschiedlich stark metamorph und tektonisch beansprucht. Hauptsächlich verlaufen sowohl die lithologischen als auch tektonischen Strukturen in Richtung WNW-ESE. Das untenstehende Profil (Abbildung 7) zeigt den geologischen Schnitt auf der Linie Meiringen-Oberwald.

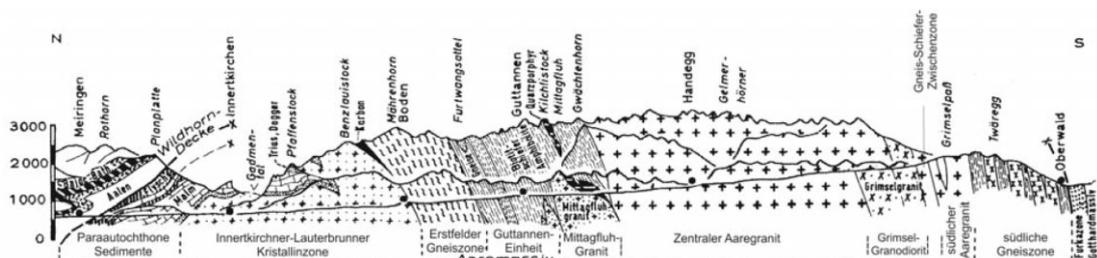


Abbildung 7: Geologisches Profil zwischen Meiringen und Oberwald durch das Haslital

Von zentraler Bedeutung mit Blick auf die Belastbarkeit der geologisch-geotechnischen Prognose ist die Tatsache, dass über die ganze Länge des Grimseletunnels nahe der Achse durch die Stollen der KWO und der Transitgas geologische Aufschlüsse vorhanden sind (siehe Abbildung 8). Der Baugrund ist bestens bekannt und sehr gut durchörterbar, womit sich die bautechnischen Risiken zuverlässig beurteilen lassen.

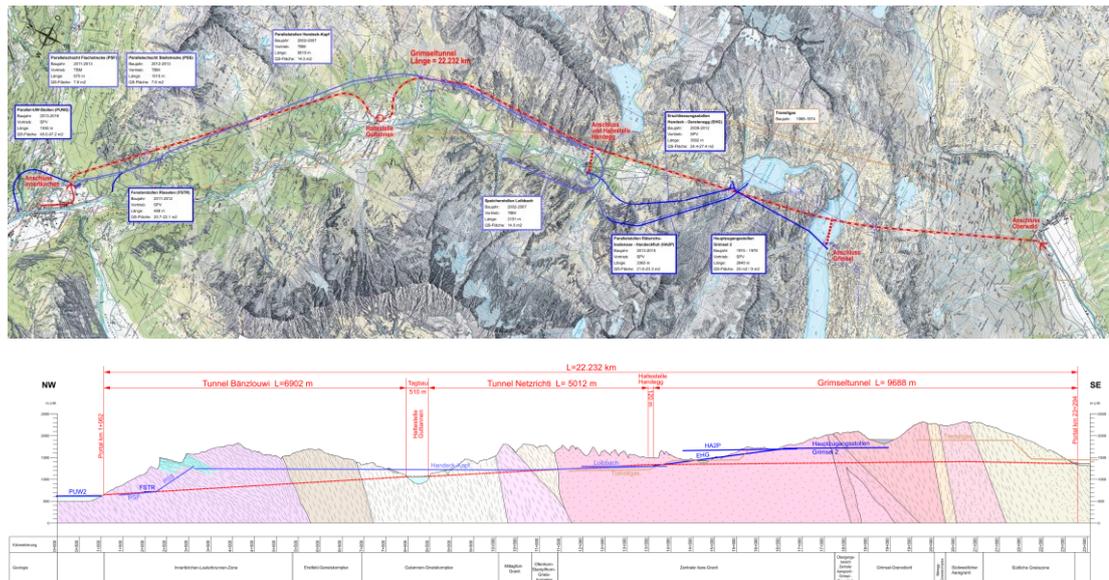


Abbildung 8: Situation (oben) und geologisches Längenprofil (unten) mit Darstellung der vorhandenen Stollen im Projektgebiet (KWO, Transitgas)

## 5.2 Geologische Beschreibung Festgestein

### Innertkirchner-Lauterbrunner Kristallinzone

Die Innertkirchner-Lauterbrunner-Kristallinzone bildet einen mehrfach metamorph überprägten, teilweise migmatischen Gesteinskomplex. Im Wesentlichen besteht die Zone aus granitoiden Paragneisen. Es handelt sich dabei um meist fein- bis mittelkörnige Gneise. Darin eingelagert können meist kleinerer Schollen aus feinkörnigen Biotit-Gneisen, Quarziten, Marmoren, Kalksilikatfelsen und Amphiboliten vorkommen. Die vorherrschende Schieferung fällt steil in südsüdwestliche Richtung ein. Vereinzelt lassen sich auch meist geringmächtige Scherzonen mit Kakiriten beobachten. Parallel dazu kann die Innertkirchner-Lauterbrunner-Kristallinzone mehr oder weniger stark geklüftet sein. Ebenso lassen sich auch N-S streichende Talklüfte beobachten. Diese Klüfte sind häufig offen und wasserführend.

### Erstfelder Gneiszone

Die Erstfeldner Gneiszone ist Teil der altkristallinen Gesteine des Aarmassivs. Es handelt sich meist um eine homogene Serie aus plattigen bis massigen Biotit-Plagioklas-Gneisen. Darin enthalten können auch Einschlüsse von Paragneis, Kalksilikatfels, Marmor, Amphibolit und Serpentin vorkommen. Gegen Süden nimmt die Anzahl der Einschlüsse eher zu. Die Gneise können unterschiedlich stark verschiefert sein. Untergeordnet treten stärker verschieferte Zonen auf. Auch hier können häufig wasserführende Talklüfte vorhanden sein.

### Guttannen-Einheit

Wie die Erstfeldner Gneiszone gehören auch die Gesteine der Guttannen-Einheit zu den altkristallinen Gesteinen. Diese Gesteine sind auch mehrfach metamorph überprägt worden. Im Gegensatz zu den Gesteinen der Erstfeldner Gneiszone lässt sich eine deutlichere tektonische Beanspruchung der Gesteine beobachten. Im Wesentlichen bestehen die Gesteine aus einem schiefrigen bis massigen Gneis unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung. Darin können häufig Schiefereinschaltungen auftreten. Im Kontaktbereich zum Mittagfluh-Granit sind vorwiegend hornfelsartige, massige Biotit-Gneise zu finden. Diese weisen eine deutliche Schieferung auf, die steil in südsüdwestliche Richtung einfällt. Spitzwinklig dazu

verlaufen kataklastische Störzonen. Diese Störzonen können eine Breite von über 1 m aufweisen.

### **Mittagfluh-Granit**

Beim Mittagfluh-Granit handelt es sich um einen sehr massigen, hellen, quarzreichen Granit mit einem geringen Glimmeranteil. Häufig treten aplitische bis quarzitische Gänge auf. Der Mittagfluh-Granit wird durch einen steten Wechsel von massigen und vergneisten Partien mit ausgeprägten Scher- und Schieferungsflächen charakterisiert. Diese Schieferung fällt meist steil in Richtung SSE ein. Das Hauptklufsystem verläuft ebenfalls parallel zur Schieferung. Bergschlagerscheinungen können in massigeren Partien nicht ausgeschlossen werden.

### **Ofenhorn-Stampfhorn-Einheit**

Die Einheit besteht aus massigen bis schiefrigen Gneisen. Durch die Nähe zu den granitischen Intrusionen können diese Gesteine häufig kontaktmetamorph oder magmatisiert worden sein. Neben den recht homogenen Schiefen und Gneisen kommen auch Linsen und Schollen aus Serpentiniten, Amphiboliten und Hornblenditen vor. Insbesondere im Randbereich kommen häufig aplitische oder pegmatitische Gänge vor. Der Verlauf dieser Einheit ist in der Tiefe nicht bekannt. So kann es sein, dass in der Tiefe der Mittagfluh-Granit direkt an den Zentralen Aaregranit grenzt. Durch die alpine Überprägung fällt die Schieferung steil in Richtung SSE ein. Diese ist meist gut ausgeprägt. Hingegen sind die Gesteine nur massig geklüftet.

### **Zentraler Aaregranit**

Entlang des Haslitalles weist der Granitkörper des Zentralen Aaregranits eine Breite von über 5 km auf. Im Allgemeinen handelt es sich um einen sehr homogenen, mittel- bis grobkörnigen, massigen Biotit-Granit. Im Grimselgebiet können im Granit häufig aplitische Gänge und vereinzelt Lamprophyre auftreten. Immer wieder können allerdings meist nur geringmächtige Scherzonen auftreten. Entlang dieser Scherzonen und im Bereich von alpinen Zerklüftungen kann der Granit hydrothermal ausgelaugt sein. Diese Klüftung ist meist nur mässig ausgebildet.

### **Grimsel-Granodiorit**

Der Grimsel-Granodiorit unterscheidet sich vom Zentralen Aaregranit durch den höheren Anteil an dunklen Glimmern und die leicht porphyrische Ausbildung der Kalifeldspäte. Im Granodiorit sind häufiger als im Aaregranit granitische, aplitische und rhyolitische Gänge und Lamprophyre zu finden. Häufig sind mehrere Meter grosse Einschlüsse von altkristallinen Gesteinen zu finden. Von Norden gegen Süden ist eine deutliche Zunahme der tektonischen Beanspruchung des Gesteins zu beobachten. Vor allem im südlichen Randbereich kann der Granodiorit teilweise intensiv in Ruschelzonen zerschert sein. Ansonsten weist das Gestein eine deutliche in Richtung SSE einfallende Paralleltextur auf. Das Hauptklufsystem verläuft ungefähr parallel zur Schieferung.

### **Gneis-Schiefer-Zwischenzone**

Südlich des Grimsel-Granodiorites grenzen wiederum altkristalline Gesteine an einem scharfen Kontakt an eine aplitische Randfazies des Granodiorites. Diese Gesteine bestehen vorwiegend aus Serizit-Gneisen und untergeordnet aus dunklen Schiefen mit Biotit und Serizit. Auffällig ist die starke alpine tektonische Überprägung. An der Oberfläche weist diese Zone eine Breite von nur gerade 200 m auf. Stellenweise kann die Schieferung stark ausgeprägt sein.

### **Südlicher Aaregranit**

Dieser Granitzug gleicht stark dem Zentralen Aaregranit. Lokal kann er stark verschiefert sein, weiter sind häufig auch zerscherte Partien zu finden.

### **Südliche Gneiszone**

Die südliche Gneiszone baut die gesamte Südseite des Grimselpasses auf. Sie besteht aus einem heterogenen Aufbau aus schmalen Zügen aus altkristallinen Gesteinen. Im Gegensatz zu den Gesteinen auf der Nordseite des Aarmassivs sind die Gesteine deutlich stärker verschiefert. Zonen mit massigen Partien wechseln sich unregelmässig mit stark verschieferten Partien ab. Die Strukturen verlaufen in Richtung ENE-WSW und fallen steil bis sehr steil in Richtung SSE ein.

## **5.3 Geologische Beschreibung Lockergestein (Tagbaubereich Guttannen)**

Die Morphologie des Haslitaales und des Grimselpasses wurden im Wesentlichen durch die Vorgänge während der Eiszeit geprägt. So sind entlang des Haslitaales mehrere durch den Aaregletscher ausgehobelte Becken (Handeggebene, Guttannen, Boden, Innertkirchen) zu finden. Diese Becken liegen jeweils hinter einem Felsriegel und sind mit Lockergesteinen gefüllt.

Die Becken der Handeggebene und vom Boden dürften nur eine geringe Übertiefung aufweisen. Hingegen weisen die Becken von Guttannen und Innertkirchen eine grössere Tiefe auf. Mit neueren Bohrungen im Gebiet von Guttannen wurde die Felsoberfläche bis in eine Tiefe von 90 m unter Terrain nicht erreicht. Im Rahmen des gleichen Projektes wurden auch seismische Untersuchungen durchgeführt. Aufgrund der Resultate dieser Untersuchungen wird eine Übertiefung des Beckens von bis zu 300 m angenommen. Allerdings kann dies aufgrund der Lage der seismischen Profile nicht als gesichert betrachtet werden. Im Becken von Innertkirchen wird eine Übertiefung von 100 m angenommen.

Die Füllung der Becken bestehen aus Moränenablagerungen, Stillwasserablagerungen, Schotterablagerungen der Flüsse und randlich aus Gehängeschutt und Bachschutt.

Im Becken Guttannen ist davon auszugehen, dass die Lockergesteine zumindest teilweise wasserführend sind.

## **5.4 Hydrogeologie**

Aus den bisher im Projektgebiet ausgebrochenen Stollen ist die Wasserführung des Gebirges bekannt. So wurden lediglich in der Innertkirchner-Lauterbrunner-Kristallinzone und in der Erstfelder-Gneiszone grössere Wasserzutritte (bis zu 200 l/s) angetroffen. Diese Zutritte zeigten deutliche saisonale Schwankungen. In den übrigen Einheiten sind nur geringe Zutritte zu erwarten.

Auch bei der Unterquerung der verschiedenen Stauseen konnten bisher in den darunterliegenden Stollen keine grösseren Wasserzutritte festgestellt werden, die auf ins Gebirge einsickerndes Seewasser zurückzuführen wären.

## 5.5 Naturgefahren

Die nachfolgende Beschreibung zu den Naturgefahren in den Portal- und Tagbaubereichen basiert einerseits auf dem Bericht von Kellerhals+Haefeli [Beilage D21] aus dem Jahre 2014, sowie der aktuellen Gefahrenkarten der Kantone Bern und Wallis, welche auf den kantonalen Geoportalen frei zugänglich sind.

### 5.5.1 Portalbereich Innertkirchen

#### Wasser / Murgang

Durch die Verschiebung des Portalstandortes Innertkirchen gegenüber der ursprünglichen Planung (siehe Abs. 6.3) liegt neu keine Gefährdung durch Wasser- und Murgangereignisse mehr vor.

#### Sturz

Der Portalbereich von Bahntunnel und Kabelstollen liegt sowohl im gelben, blauen und roten Gefahrenbereich der Gefahrenkarte. Bergseits des Perimeters zeigt die Gefahrenhinweiskarte grossflächig eine Sturzgefährdung.

Im Rahmen der Detailplanung ist das teilweise felsige Gebiet oberhalb des Portals zu begehen, allfällige Sturzquellen zu erkunden und mögliche Blockgrössen festzulegen (mit verschiedenen Szenarien). Mittels Sturzmodellierungen sind die Energien, die Sprunghöhen und die Reichweiten solcher potenzieller Sturzkörper zu bestimmen. Diese Angaben dienen der Festlegung von Schutzmassnahmen.

Zum Schutz der Bauarbeiten und für die Betriebszeit dürften Schutzmassnahmen notwendig sein. Aus der heutigen Optik handelt es sich um ein Schutznetz, das bergseits des Tunnelportales zu errichten ist. Die Dimensionierung der Schutzmassnahmen erfolgt auf der Grundlage der Sturzmodellierungen.

#### Rutschungen

Der Portalbereich liegt sowohl im gelben und blauen Gefahrenbereich der Gefahrenkarte. Bergseits des Perimeters zeigt die Gefahrenhinweiskarte grossflächig eine Gefährdung für Rutschungen.

Ob im relativ steilen Gelände allfällige Rutschprozesse möglich sind, welche einen Einfluss auf den Bau haben, ist im Rahmen von weiteren Arbeiten im Feld abgeklärt werden. Allfällige Massnahmen können daraus abgeleitet und definiert werden; evtl. auch in Kombination mit den Massnahmen bezüglich Sturzgefährdung.

#### Lawinen

Im Portalbereich sind keine Gefahrenhinweise hinsichtlich Lawinen vorhanden.

### 5.5.2 Tagbaubereich Guttannen

#### Wasser / Murgang

Die Tagbaustrecke liegt im nördlichen Abschnitt auf einer Strecke von gegen 300 m im potenziellen Hochwasser- bzw. Übersarungsgebiet des Sagenbaches, der das Gebiet Steinhüs / Gummi westlich des Steinhühorns entwässert. Eher als gering einzustufen ins die Hochwassergefahr beim Portal im Süden.

Im Rahmen einer Detailplanung sind die Auswirkungen eines allfälligen Murganges aus dem erwähnten Gerinne mit Geländeaufnahmen (Abschätzung der Geschiebefrachten im Graben des Sagibaches) und mit einer genaueren Modellierung (RAMMS) nochmals detailliert zu überprüfen. Für die Bauzeit sind provisorische Massnahmen im Gerinne des Sagibaches für «normale» Hochwasser zu errichten. Bezüglich eines selten auftretenden Murgangs ist während der Bauzeit ein Frühwarnsystem aufzubauen, das z. B. auf verschiedenen Gefahrenstufen in Abhängigkeit der Regenmengen bzw. der Regendauer aufgebaut ist. Für den Betriebszustand hat der Lawinen-Leitdamm eine Schutzfunktion im Bereich des Ausganges des Bahnhofes Guttannen. Auf der übrigen Strecke, im Norden bzw. im Süden im Bereich des abgelenkten Murgangabschnittes, muss die Decke des Tagbautunnels auf die möglichen Drücke eines grossen Murganges dimensioniert werden

### **Sturz**

Die beiden Portale der Tagbaustrecke befinden sich jeweils am Fuss von steilen Felswänden und somit auf einem kurzen Abschnitt in Gefahrenbereichen von Sturzprozessen. Im Norden ist gemäss der Gefahrenkarte ein blaues Gefahrengebiet ausgeschieden, im Süden liegt die Strecke kurz im Gefahrenhinweisbereich.

Im Rahmen der Detailplanung sind die beiden Felswandbereiche detaillierter zu begehen, die Sturzquellen genauer zu erkunden und mögliche Blockgrössen festzulegen. Mittels Sturzmodellierungen sind die Energien, die Sprunghöhen und die Reichweiten solcher potenzieller Sturzkörper zu bestimmen. Diese Angaben dienen der Festlegung von Schutzmassnahmen.

Zum Schutz der Bauarbeiten und auch für den Betriebszustand dürften Schutzmassnahmen vermutlich notwendig sein. Aus der heutigen Optik dürfte es sich um Schutznetze handeln, welche über den beiden Tunnelportalen zu errichten sind. Die Dimensionierung der Schutzmassnahmen erfolgt auf der Grundlage der Sturzmodellierungen.

### **Rutschungen**

Beim Südportal besteht ein Gefahrenhinweis bezüglich Rutschung mit geringer Ausdehnung.

Die Rutschgefährdung muss im Rahmen einer Begehung verifiziert werden. Aus der heutigen Optik kann man einer allfälligen Rutschgefahr vermutlich im Rahmen der Bauarbeiten für den Tagbautunnel wirksam begegnen.

### **Lawinen**

Die Tagbaustrecke liegt im Norden im Einflussbereich der Lawine aus dem Sagenbachgraben bzw. aus dem Steinhüs. Gemäss Gefahrenkarte liegt der Tagbautunnel auf einer Strecke von rund 350 m im roten bzw. blauen Gefahrengebiet. Das Nordportal selbst befindet sich ausserhalb der bekannten Lawinenzüge. Grundsätzlich ist der Bau einer Lawinengalerie bzw. der Betrieb der Bahn im roten Gefahrenbereich unter gewissen Auflagen möglich. Allerdings bedeutet ein Bahnhof, dass sich die Leute nach dem Ausstieg in ein Gefahrengebiet begeben, wo je nach Lage z. B. eine grosse Lawinengefahr bestehen kann.

Geplant ist der Bau eines Lawinen-Leitdammes aus Aushubmaterial zur Ablenkung der Holderlilau gegen Süden. Damit käme der Ausgang des Bahnhofes Guttannen vermutlich in den gelben Gefahrenbereich zu liegen.

Der südliche Teil der Tagbaustrecke inkl. Portal befindet sich auf einer Länge von rund 70 m im Einflussbereich der Lawine aus dem Mallouigraben.

Im Rahmen der Detailplanung sind Berechnungen bei den beiden Lawinenzügen zu machen (Höhe, Geschwindigkeit und Drücke), welche als Grundlagen für die Dimensionierung der

baulichen Massnahmen (Leitdamm; Decke des Tagbautunnels) dienen und die Auswirkungen eines Leitdammes auf die Gebiete weiter im Süden zeigen.

Die Arbeiten während der Bauzeit sind so weit als möglich ausserhalb der schneereichen Zeit durchzuführen. In den randlichen Zeiten sind organisatorische Massnahmen mit einem Lawinendispositiv zu treffen (Sperrung der Baustelle analog der Kantonsstrasse etc.). Für den Betriebszustand muss ein Leitdamm auf die gemäss Berechnungen erforderliche Höhe und die Decke des Tagbautunnels auf die entsprechenden Drücke der möglichen Lawinen dimensioniert sein.

### 5.5.3 Haltestelle Handeck

#### Wasser / Murgang

Für das Stollenportal des Zugangsstollens sowie die neue Zufahrtsstrasse inkl. neuer Brücke über die Aare existiert ein Gefahrenhinweis.

Im Rahmen der Detailplanung sind die Auswirkungen eines Hochwassers zu prüfen und die Bauwerke entsprechend zu bemessen. Allenfalls sind Massnahmen in Form von Dämmen erforderlich.

#### Sturz

Der gesamte Perimeter Handeck liegt in der Gefahrenhinweisfläche Sturz.

Im Rahmen der Detailplanung ist dies mittels Geländeaufnahmen zu verifizieren. Vermutlich sind keine speziellen Massnahmen gegen Sturz erforderlich.

#### Rutschungen

Im Portalbereich sind keine Gefahrenhinweise hinsichtlich Rutschungen vorhanden.

#### Lawinen

Der Standort des Eingangsportals liegt im Perimeter der Lawinen aus dem Gebiet Dräckeren westlich oberhalb der Handegg (zwischen Breitewaldflue und Fadegg; Kataster Nr. 1224). Diese Lawine kommt gemäss den Unterlagen des KAWA teilweise sogar mehrmals jährlich. Die in der Nähe des Portals gelegene Kantonsstrasse musste deshalb immer wieder gesperrt werden.

Grundsätzlich ist die Gefahrensituation aus dem Betrieb der KWO bekannt, so dass grundsätzlich wahrscheinlich keine weiteren detaillierten Arbeiten durchzuführen sind.

Die Arbeiten für den Zugangsstollen bzw. für allfällige weitere Nutzungen des Stollens während der Bauzeit sind, mit gewissen Auflagen bezüglich der Lawinengefahr, möglich. Je nach der Gefahrensituation ist eine Sperrung der Baustelle jedoch notwendig. Der Zugang im Betriebszustand ist analog der generellen Öffnung der Grimselpassstrasse bei Lawinengefahr bzw. der Nutzung der Kraftwerkgebäude zu handhaben.

### 5.5.4 Einfahrt Bahnhof Oberwald

#### Wasser / Murgang

Oberhalb des Einschnitts vor dem Portal des bergmännischen Tunnels existiert eine Gefährdung durch Wasser entlang des Turitschibächli. Dieser liegt in der roten Gefahrenzone, der Einschnitt selbst noch teilweise in der gelben Zone.

Die Gefährdung ist im Rahmen der Detailplanung zu verifizieren, allenfalls sind kleinere bauliche Massnahmen vorzusehen, sodass bei Hochwasser kein Wasser in den Einschnitt der Zufahrtsstrecke läuft.

### **Sturz**

In Bezug auf die Sturzgefährdung stehen keine Unterlagen zur Verfügung. Es wird empfohlen, im Rahmen von weiteren Arbeiten eine Verifizierung im Feld vorzunehmen, d. h. abzuklären, ob allenfalls eine Gefahr durch Sturzprozesse besteht

### **Rutschungen**

In Bezug auf die Sturzgefährdung stehen keine Unterlagen zur Verfügung. Ob im Hang allfällige Rutschprozesse möglich sind, welche z. B. einen Einfluss auf den Bau haben, soll im Rahmen von weiteren Arbeiten im Feld abgeklärt werden (vgl. auch Sturzprozesse).

### **Lawinen**

Am Nordhang verlaufen diverse Lawinenzüge in Richtung Tal. Im Abschnitt zwischen dem Bahnhof und dem Siedlungsgebiet von Oberwald sind im Hang bereits diverse Lawinenschutzbauten vorhanden, wodurch die Gefährdung und die Ausdehnung der Gefahrengebiete reduziert wird. Der Bereich des Tunnelportals, sowie die offene Strecke bis zum Bahnhof Oberwald liegen dadurch ausserhalb des Gefahrenbereichs. Somit sind keine speziellen Massnahmen hinsichtlich Lawinengefährdung zu planen.

## **5.6 Bautechnische Eignung Tunnelbau**

Die zu durchörternde Gesteine des Aarmassivs sind für den Tunnelbau recht günstig. Im Allgemeinen weisen die altkristallinen Gesteine ein stärker ausgebildetes Trennflächengefüge auf als die granitoiden Gesteine, was zu einem erhöhten Sicherheitsaufwand führen kann. Die granitoiden Gesteine sind für den Tunnelbau sehr günstig. Die auftretenden Störzonen weisen meist nur eine geringe Mächtigkeit auf und werden mehr oder weniger günstig gequert. Es muss zudem nicht mit grösseren Wasserzutritten gerechnet werden. Die zahlreichen Stollen der Kraftwerke Oberhasli AG wie auch die Stollen der Transitgas AG zeigen, dass der Bau von längeren Stollen in den Gesteinen des Aarmassivs bautechnisch relativ problemlos ist.

## 6 Linienführung

### 6.1 Einleitung

Die Linienführung des Grimseltunnels von Innertkirchen nach Oberwald wurde in mehreren Projektierungsschritten entwickelt und optimiert. Dabei war ein besonderes Augenmerk auf die Randbedingungen im Bereich der Tagbauabschnitte und offenen Strecken vor den Portalen in Innertkirchen, Guttannen und Oberwald zu legen. Des Weiteren wurden die untertägigen Tunnelabschnitte sowohl von der horizontalen als auch der vertikalen Linienführung im Hinblick auf möglichst optimale bau- und geotechnische Verhältnisse beim Vortrieb festgelegt.

### 6.2 Übersicht Linienführung

Die Gesamtlänge der optimierten Linienführung [Beilage D29] ausgehend vom Bahnhof Innertkirchen bis zum Anschluss an das Gleis 5 in Oberwald beträgt 23.42 Kilometer. Davon beträgt die Länge des eigentlichen Tunnels (inkl. Bahnhof Guttannen) 22.23 Kilometer.

Abbildung 9 zeigt eine Übersicht über die Linienführung in der Situation.



Abbildung 9: Überblick Linienführung Grimselbahn

Der Grimseltunnel für die Kombination von Bahn und Kabel umfasst folgende Bauwerke:

- Neubau Bahnhof Innertkirchen mit seitlichen Perrons und Unterführung im Bereich der heutigen Haltestelle Grimseltor
- Anschluss Bahn an bestehendes Trasse und Kabel an Schaltanlage Innertkirchen; Neubau offenes Trasse Bahn sowie Kabelkanal zu GIS-Kabelkeller des Unterwerks
- Tunnel Bänzluwi von Innertkirchen zum Bahnhof Guttannen
- Bahnhof Guttannen in einer seitlich offenen Galerie mit Kabelkanal bergseitig
- Tunnel Netzrichti vom Bahnhof Guttannen zur unterirdischen Haltestelle Handeck
- Unterirdische Haltestelle Handeck mit Zugangs- und Kabelstollen zum Unterwerk Handeck
- Scheiteltunnel von der Haltestelle Handeck nach Oberwald mit Kabel-Schrägschacht zum Unterwerk Grimsel
- Anschluss an den Bahnhof Oberwald mit Anschlusschacht Kabelstollen für den weiteren MCT-Vortrieb zum Übergangsbauwerk auf der gegenüberliegenden Talseite

In Abbildung 10 ist das überhöhte Längenprofil für die Linienführung Innertkirchen – Oberwald dargestellt. Die vonseiten Bahn definierte Anforderung einer maximalen Neigung von 6.00% kann mit der optimierten Linienführung eingehalten werden. Die drei Tunnelabschnitte haben folgende Neigungen:

- Tunnel Bänzlouwi  $i = 5.95\%$
- Tunnel Netzrichti  $i = 5.42\%$
- Scheiteltunnel  $i = 1.00\% / 2.00\%$  (Dachgefälle)

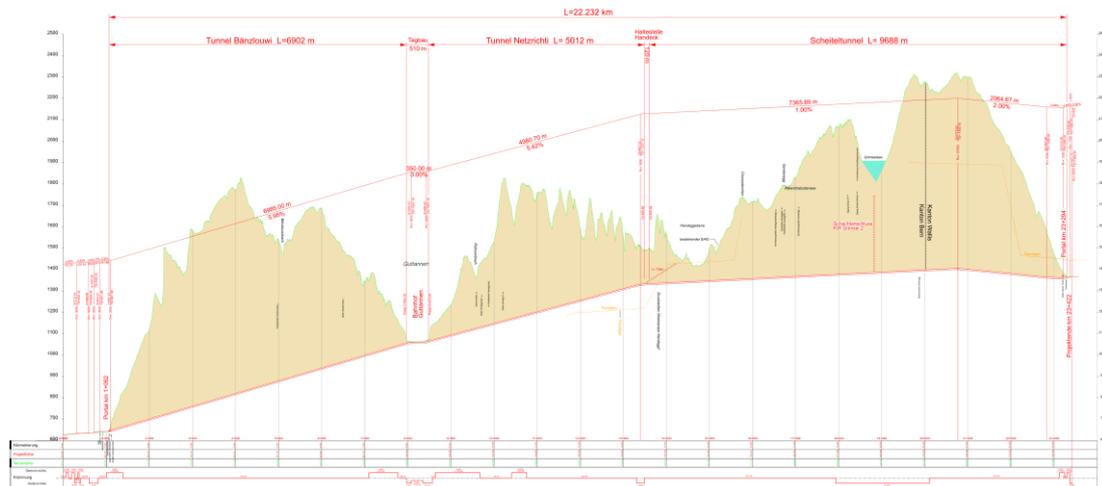


Abbildung 10: Längenprofil Grimselbahn

### 6.3 Tagbauabschnitt Innertkirchen

Die Linienführung im Tagbauabschnitt Innertkirchen, d.h. vom Haltepunkt im Dorfzentrum bis zum bergmännischen Portal des Bänzlouwitunnels, wurde in den vertieften Abklärungen zu Linienführung [Beilage D29] untersucht und festgelegt. Dabei wurden in einem Variantenstudium vier mögliche Linienführungen (siehe Abbildung 11) erarbeitet und in einem Vergleich bewertet.

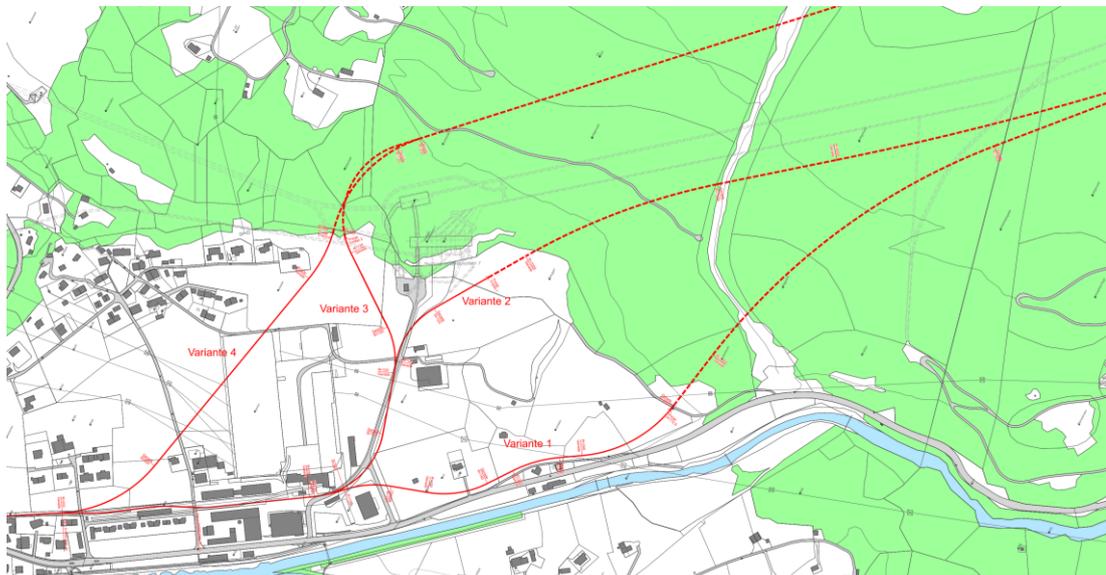


Abbildung 11: Untersuchte Linienführungsvarianten 1 - 4 im Raum Innertkirchen

Als Bestlösung stellte sich dabei die Variante 3 mit einem Portal nördlich der beiden KWO-Kavernenzentralen (Innertkirchen 1 und 1E) und deren bergseitiger Umfahrung dar. Diese Linienführung zeichnet sich durch die sehr gute Geologie und damit die geringsten bautechnischen Risiken aus. Beim Portal im Raum Zwiseler ist der Fels sehr oberflächennah anstehend, wodurch ein aufwändiger Lockergesteinsvortrieb entfällt. Aufgrund der günstigen Geologie hat die Variante trotz Mehrlänge keinen Kostennachteil zu den direkteren Linienführungen mit dem Portal in Achenlouwi (Var. 1) resp. Blänggen (Var. 2). Detailliertere Informationen zum Variantenstudium und der Herleitung der Linienführung in Innertkirchen sind dem oben genannten Fachbericht zu entnehmen.

In Abbildung 12 ist die Linienführung in Innertkirchen ab der Hofkreuzung bis zum Portal des Banzlouwitunnels dargestellt.

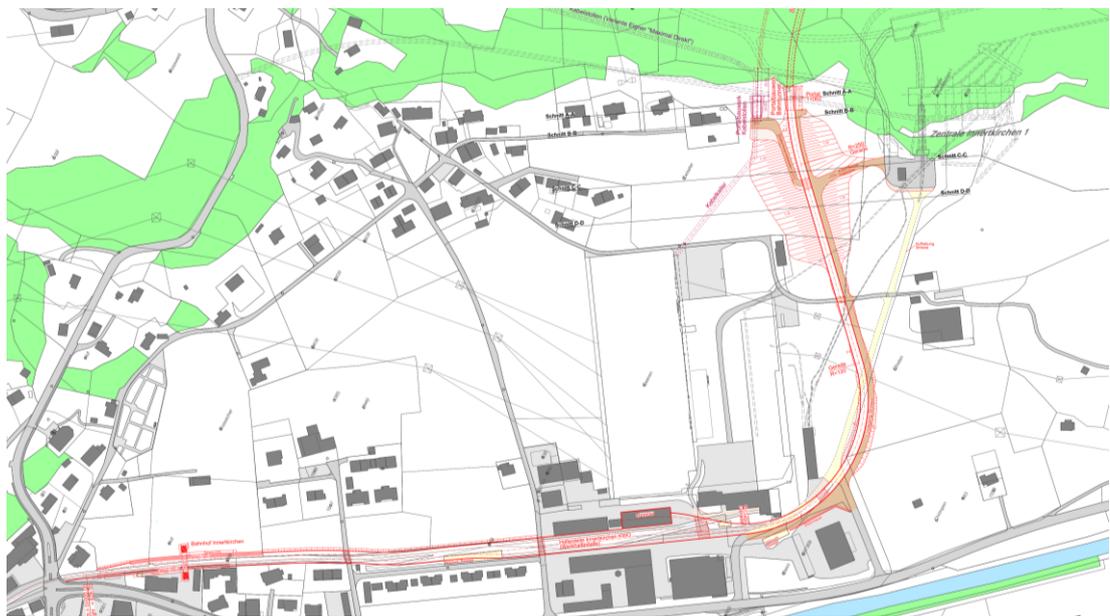


Abbildung 12: Situation und Linienführung Innertkirchen

Nach der Hofkreuzung wird das bestehende Bahntrasse mittels einer Weiche auf zwei Spuren erweitert und führt in den neu zu erstellenden Bahnhof Innertkirchen (siehe Abs. 7.4.3). Der Bahnhof wird mit Aussenperrons von jeweils 120 m Länge ausgeführt. Die Erschliessung erfolgt mittels einer Personenunterführung sowie Rampen und Treppen auf die Perrons.

Ab dem Bahnhof Innertkirchen führt das Trasse zweispurig weiter bis zum bestehenden Haltepunkt Innertkirchen KWO. Dieser bleibt als Werkshaltepunkt bestehen. Der Ausstieg erfolgt auf die bestehende Perronkante nördlich der Geleise.

Auf dem Werksgelände der Kraftwerke Oberhasli ist zudem die Stationierung des Lösch- und Rettungszuges der Grimselbahn im bestehenden KWO-Baumagazin vorgesehen (siehe Abs. 10.4).

Anschliessend folgt das Trasse einspurig über eine Linkskurve (Radius 120 m) entlang der bestehenden Zufahrtstrasse zu den Kavernenzentralen und danach über die Landwirtschaftszone zum Tunnelportal im Raum Zwiseler. Dabei sind bauliche Massnahmen beim KWO-Gelände (neue Stützmauer, Abbruch Garagen) als auch die Umlegung der Zufahrtstrasse zu den Zentralen erforderlich. Die Zufahrt wird neu parallel zum Bahntrasse geführt, wodurch der Landverschnitt und damit der Verlust an Kulturland minimal gehalten wird. Auf den letzten rund 150 m vor dem Portal ist eine Dammschüttung im Bereich der bestehenden

Geländemulde erforderlich. Dabei werden die Dämme sehr flach (Neigung ca. 1:10) geschützt, wodurch diese weiterhin bewirtschaftet werden können. Die flachen Böschungen haben zudem den Vorteil der besseren optischen Einpassung ins Gelände.

Aufgrund der Systemwahl (siehe Kapitel 3) sind im Raum Zwiseler zwei Portalbauwerke zu erstellen, eines für den Bahntunnel, sowie eines für den parallel verlaufenden Kabelstollen. Beim Portalbauwerk des Kabelstollens besteht zudem die mögliche Synergie mit der Leitungseinführung der nördlichen Leitungen (siehe Abs. 8.7).

## 6.4 Tagbauabschnitt Guttannen

Im Tagbauabschnitt Guttannen erfolgt der Bau des als offene Galerie ausgebildeten Bahnhofs Guttannen. Der Tagbauabschnitt hat eine Länge von 510 m. Die Kabelstollen der beiden Tunnel Bänzlowwi und Netzrichti werden zu den Tunnelanschlagswänden nahe an den Bahntunnel herangezogen und in der Tagbaustrecke in einem in Bauwerk integrierten seitlichen Kabelkanal weitergeführt. Die Linienführung im Tagbauabschnitt, sowie die Lage des Bahnhofs wurden bereits in der Machbarkeitsstudie 2015 [Beilage D1] festgelegt. Dies wurde im Rahmen der vertieften Untersuchungen Linienführung 2022 [Beilage D29] noch einmal geprüft und als optimal beurteilt. Jedoch wurde im Zuge dieser Untersuchungen die Linienführung des weiterführenden Tunnel Netzrichti angepasst und bergwärts verschoben. Diese Anpassung war aufgrund der geologischen Prognose erforderlich, sodass der Vortrieb bei der Unterquerung des Mallouwigrabens vollständig im Fels zu liegen kommt.

Der Bahnhof wird zweigleisig mit Aussenperrons von 120 m Länge ausgeführt. Gemäss heute vorgesehenem Fahrplankonzept ist nur das talseitige Gleis/Perron für den Betrieb vorgesehen, das bergseitige Gleis dient der Fahrplanstabilität bei ausserplanmässigen Ereignissen. Zum bergseitigen Perron sind gesicherte Gleisübergänge am Anfang und Ende der Perrons vorgesehen. Weiterführende Informationen zum Betrieb des Haltepunkts sind in Abs. 7.4.4 dieses Berichts erläutert.

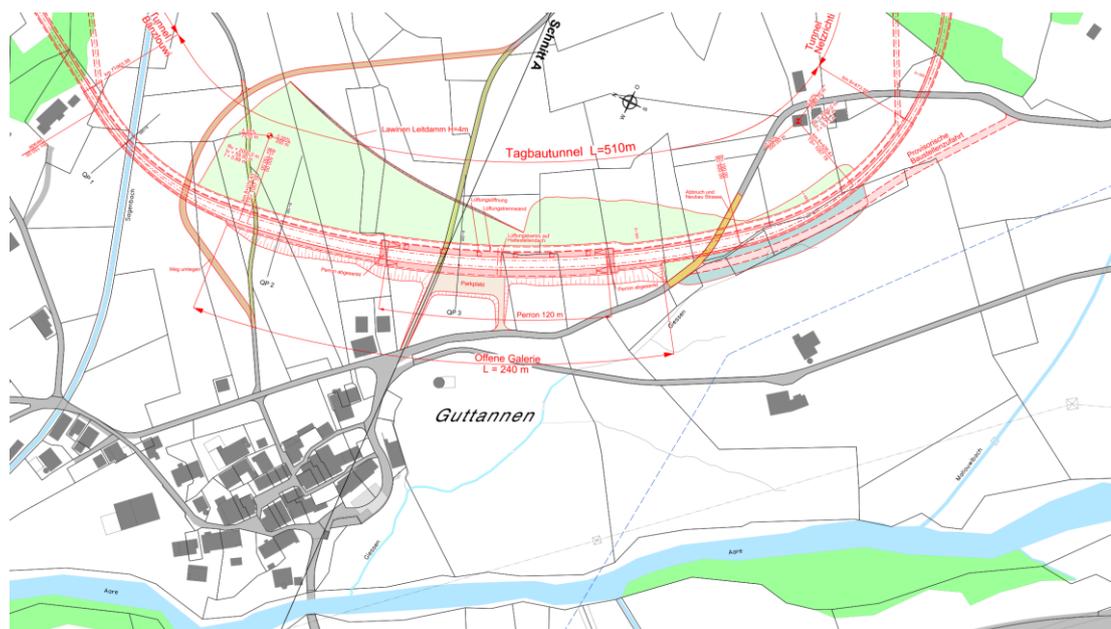


Abbildung 13: Situation Guttannen mit Bahnhof in der Kurve (Radius 500 m) als offene Galerie

## 6.5 Haltestelle Handeck

Die Haltestelle Handeck wird in einer unterirdischen Kaverne rund 400 m östlich des Kraftwerks Handeck 1 erstellt. Die Haltestelle ist über einen rund 430 m langen Zugangsstollen erschlossen. Der Anschluss des Unterwerks Handeck erfolgt über einen separaten ca. 350 m langen Kabelstollen. Die beiden Stollen sind lüftungstechnisch vom Haupttunnel getrennt und werden mittels separater Lutte belüftet. Für die Ablagerung des Ausbruchmaterials ist ein 740 m langer Schutterstollen zur Deponie Handeggli geplant. Somit kann das Ausbruchmaterial direkt ohne Strassentransport in die Deponie eingebracht werden. Die Deponie bietet ein nutzbares Volumen von rund 1.5 Mio. Kubikmeter.

In Abbildung 14 ist die Situation im Bereich der Haltestelle Handeck mit der Erschliessung über den Zugangsstollen, sowie die Lage von Kabelstollen und Schutterstollen dargestellt.

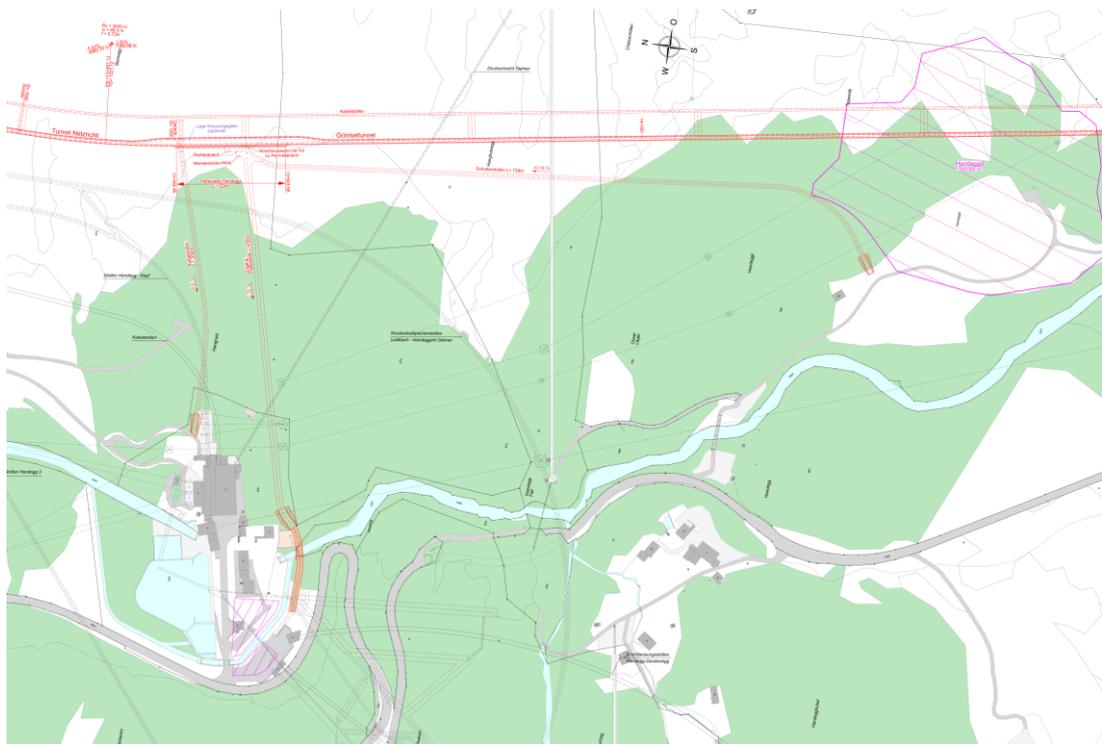


Abbildung 14: Situation Handeck mit unterirdischer Haltestelle

Die eigentliche Haltestelle wird mit einer Perronlänge von 120 m und einer Perronbreite von 3.0 m ausgeführt. Zusätzlich wird angrenzend an die Haltestelle ein vom Fahrraum abgetrennter Warteraum erstellt. Fahrgäste können somit ausserhalb des Luftzuges der starken natürlichen Tunnellängslüftung auf den ankommenden Zug warten. Die Haltestelle wird einleisig ausgeführt, jedoch soll beim Bau die Haltestellenkaverne bergseitig grösser ausgebrochen werden, womit zu einem späteren Zeitpunkt die Möglichkeit für den Einbau eines zusätzlichen Kreuzungsgleises besteht. Siehe dazu auch die Erläuterungen im Fachbericht Linienführung [Beilage D29].

## 6.6 Schachtanschluss Grimsel

Der Tunnel unterfährt den Grimselsee in einer Tiefe von rund 500 m. Für den Anschluss der Schaltanlage Grimsel bedarf es aufgrund der Höhenlage daher eines rund 400 Meter langen Schachtes (siehe Abbildung 15).

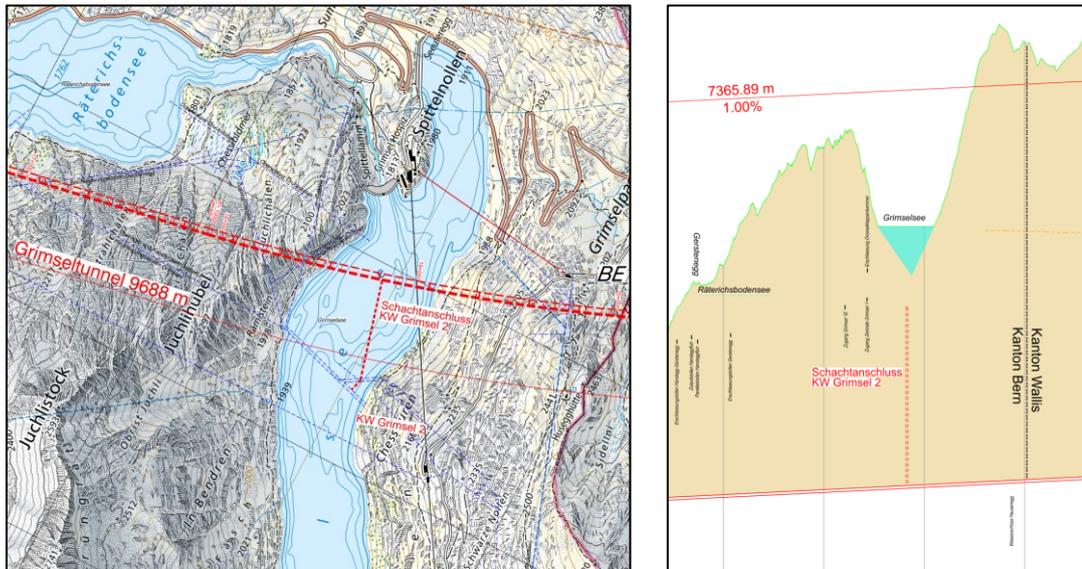


Abbildung 15: Situation (links) und Längenprofil (rechts) mit Schachtanschluss Grimsel

## 6.7 Anschluss Bahnhof Oberwald

Die Einfahrt in den Bahnhof Oberwald war gemäss der ursprünglichen Planung der Machbarkeitsstudie 2015 [Beilage D1] aus dem Westen mittels eines Viadukts über die Rhone-Ebene vorgesehen. Dies wurde als landschaftlich nicht verträglich angesehen, und im Rahmen des Richtplanungsprozesses hat der Kanton Wallis eine Wiedererwägung der Wahl der Linienführung verlangt. Die untersuchten Varianten sind in Abbildung 16 abgebildet.

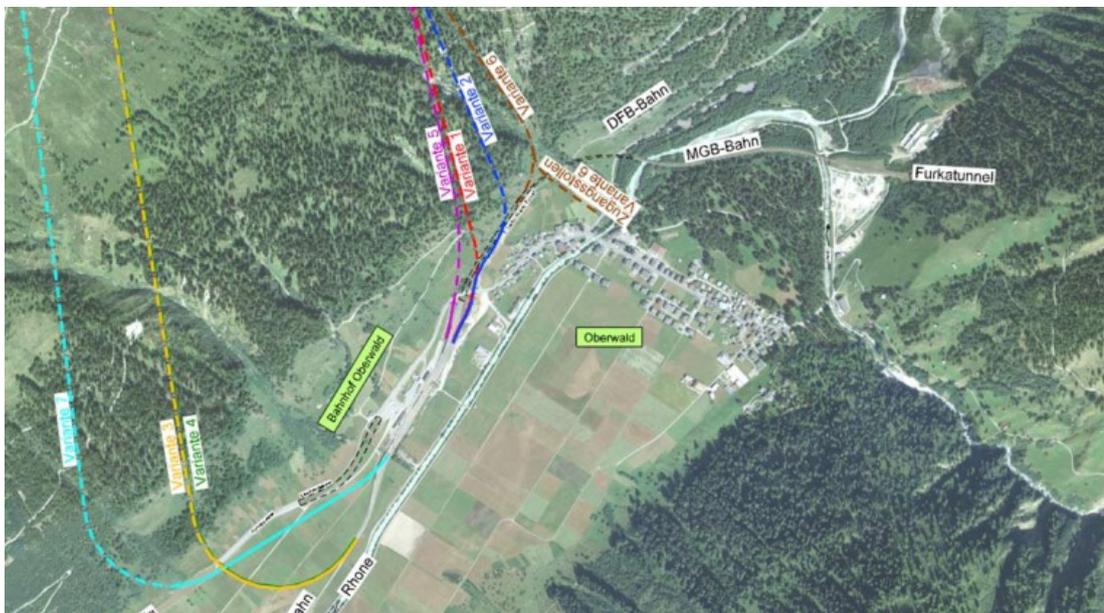


Abbildung 16: Untersuchte Varianten des Anschlusses im Bahnhof Oberwald

Die Evaluation der verschiedenen Varianten, unter Gewichtung der landschaftlichen Kriterien und in enger Absprache mit der Gemeinde Obergoms, führte schliesslich zur Wahl der Variant 1 (tief) mit der Einfahrt von Osten her und der Unterfahrung des Stefan-Holzer-Tunnels der MGB [Beilagen D30 und D31].

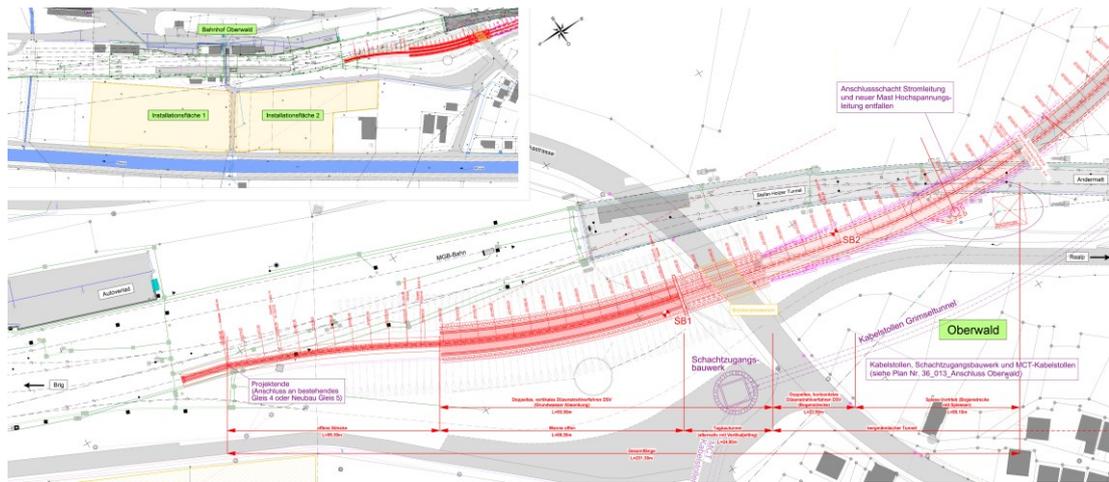


Abbildung 17: Situation Einfahrt Oberwald (Plan SPI mit Ergänzungen aufgrund System 3)

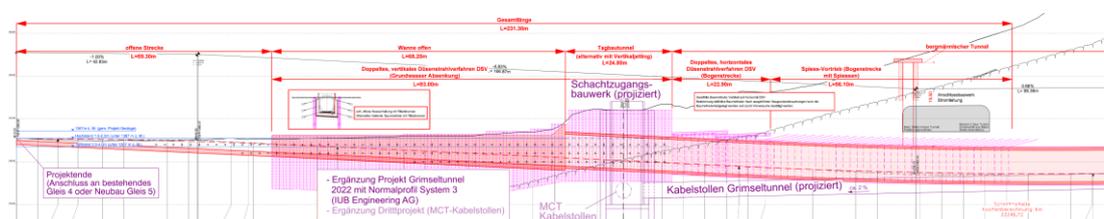


Abbildung 18: Längenprofil Einfahrt Oberwald (Plan SPI mit Ergänzungen aufgrund System 3)

In Abbildung 17 und Abbildung 18 ist die Einfahrt in den Bahnhofsbereich von Oberwald dargestellt. Der Grimseltunnel unterquert sowohl die Furkastrasse wie auch den Stefan-Holzer-Tunnel. Der Tunnel liegt auf den ersten Metern im Lockergestein und anschliessend in oberflächlich geklüfteten Fels. In diesem Abschnitt erfolgt der Vortrieb mit diversen Bauhilfsmassnahmen wie Düsenstrahlverfahren und Spiessschirm-Vortrieb. Ab dem Tunnelportal wird das Bahntrasse in einer Wanne auf das bestehende Geländeniveau geführt und schliesst dort an ein neu zu erstellendes Gleis 5 im Bahnhof Oberwald an.

Der parallele Kabelstollen endet nach der Unterquerung der Furkastrasse in einem rund 20 m tiefen Schacht. In diesem wird für den Endzustand ein Schachtzugangs-bauwerk erstellt. Dieses erfüllt mehrere Zwecke: Im Ereignisfall dient es als Notausgang für die Evakuierung von flüchtenden Personen. Im Betrieb erfolgt die Entwässerung sowohl des Bahntunnels (über letzten Querschlag) als auch des Kabelstollens in den Schacht, von wo das anfallende Bergwasser in den Rotten gepumpt wird. Zudem dient das Bauwerk als Zugang und Logistiköffnung für Unterhalts- und Reparaturarbeiten.

Während dem Bau dient der Schacht als Startbaugrube für den Vortrieb des talquerenden MCT-Kabelstollens (siehe nachfolgender Abs. 6.8), welcher anschliessend auch für die Förderung des anfallenden Ausbruchmaterials auf die Deponie Löwwene genutzt werden kann.

## 6.8 Weiterführung Swissgrid-Trasse

Die Kabelleitung führt aus dem Kabelstollen in den oben erwähnten Schacht und von dort in einem Microtunneling-Stollen weiter auf die gegenüberliegende Talseite zum neuen Übergangsbauwerk auf die Freileitung. Das Übergangsbauwerk kann in die Deponieschüttung Löwwene integriert werden, zugunsten eines Sicht- und Schallschutzes. Die Situation in Oberwald mit der Weiterführung des Swissgrid-Trasses ist in Abbildung 19 dargestellt.



Abbildung 19: Situation Oberwald mit Grimseltunnel (Bahn & Kabel), MCT-Kabelstollen und Deponie Löwwene

Ab dem Übergangsbauwerk wird die Swissgrid Leitung als Freileitung nach Ulrichen weitergeführt.

## 6.9 Baugrundrisiken in Bezug zur gewählten Linienführung

Wie in Kapitel 5 erläutert, erfolgt der gesamte Vortrieb in den kristallinen Gesteinen des Aarmassivs. Die Geologie und die daraus resultierenden Gefährdungsbilder sind aus den Stollenbauten der KWO-Kraftwerke sowie der Transitgas sehr gut bekannt, und dies auf der gesamten Länge des Grimseltunnels. In der nun festgelegten Linienführung (siehe Abs. 6.3, 6.4) im Bereich Portal Innertkirchen, sowie im Raume Guttannen bei der Unterquerung des Malouwigrabens können Tunnelvortriebe im Lockergestein ausgeschlossen werden. Lediglich bei der Einfahrt in den Bahnhof Oberwald ist ein kurzer Lockergesteinsvortrieb erforderlich. Dank dieser günstigen geologischen Gegebenheiten sind die bautechnischen Risiken gering, und es besteht eine gute Kostensicherheit.

## 7 Fachbereich Bahn

### 7.1 Einleitung: Struktur der Abklärungen und Vorgehensweise

**Grundlagen:** Bericht 'Fachbereich Bahn' [Beilage D7], sowie 'Technische und betriebliche Datenbasis' [Beilage D8].

Ausgangsbasis für die Abklärungen im Fachbereich Bahn bilden die früheren Abklärungen im Rahmen der Machbarkeitsstudie 2015 und der Systemwahlstudie 2019, sowie die FABI-Eingabe 2017. Im Weiteren, aus der aktuellen Projektarbeit, das Lüftungskonzept (Kapitel 9) und das Sicherheitskonzept (Kapitel 10).

In einer Serie von Workshops befasste sich eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Fachspezialisten der Zentralbahn (zb), der Matterhorn Gotthard Bahn (MGB) sowie weiterer Experten, mit folgenden Themen:

- Bahnbetriebs- und Unterhaltskonzept;
- Anforderungen an die Bahninfrastruktur und den Bahnbetrieb, abgeleitet aus dem Lüftungs- und Sicherheitskonzept;
- Bahntechnische und bahnbetriebliche Spezifikationen des Grimseltunnels und seiner Zulaufstrecken, als Verbindung der Meterspurnetze der zb und der MGB;
- Nutzenstudien Grimseltunnel, erstellt durch die SMA und die HSG;
- Kostenschätzung zur bahntechnischen Infrastruktur.

Projektperimeter ist die Neubaustrecke von Innertkirchen bis Oberwald, inklusive aller Haltepunkte. Den Abschnitt von Meiringen nach Innertkirchen (Gleichstrom, frühere MIB) will die zb unabhängig von der Realisierung des Grimseltunnels in ihr Netz integrieren, inklusive Durchbindung in Meiringen. Dafür wird mit Projektkosten von rund 20 Mio. CHF gerechnet. Die Umsetzung ist für 2027/28 vorgesehen.

### 7.2 Netzzusammenschluss zb – MGB

#### 7.2.1 Allgemeine Systemmerkmale

Die zb und die MGB verkehren mit der gleichen Spurweite aber mit teilweise unterschiedlichen technischen Systemen, gemäss Tabelle 4.

Die Strecke Meiringen – Innertkirchen befindet sich bis heute noch auf dem Stand der seinerzeitigen Kraftwerks-Bahn. Seit 2021 betreibt die zb diese Strecke. Bis zum möglichen Realisierungszeitpunkt des Grimseltunnel soll der Abschnitt mit dem zb-Netz harmonisiert werden.

Tabelle 4: Technische Systemmerkmale

Merkmal	zb	MGB
Stromsystem	15 kV, 16.7 Hz AC	11 kV, 16.7 Hz AC
Zahnstangen	System Riggerbach	System Abt
Perronhöhen ab Schienenoberkante	P 35 cm	P 37 cm

## 7.2.2 Rollmaterialanforderungen

Der Grimseltunnel wird als Adhäsionsstrecke realisiert. Somit ist es möglich, dass sowohl die MGB wie die zb mit Fahrzeugen, die auf beiden Stromsystemen verkehren können, den Tunnel durchfahren. Fahrzeuge der beiden Bahnen sind kuppelbar soweit sie über das gleiche Kupplungssystem verfügen.

Weder die MGB noch die zb verfügen derzeit über Rollmaterial, das den Anforderungen des Grimseltunnels mit dem angestrebten Fahrplankonzept entspricht. Die zb beabsichtigt bis 2031 neue Fahrzeuge zu beschaffen. Die neuen Fahrzeuge sollen auf den Betrieb durch den Grimseltunnel ausgerichtet werden. Folgende spezifischen Anforderungen müssen neben den allgemein zu beachtenden Normen erfüllt sein:

- Zulassung auf die Stromsysteme von zb und MGB;
- Minimale Geschwindigkeiten berg- und talwärts von 60-70 km/h bei 60 ‰ Gefälle;
- Einhaltung der Bremstabelle S 2020;
- Zulassung für die Perronhöhen P35 und P37.

## 7.2.3 Verbindungsmöglichkeiten

Die unterschiedlichen Zahnstangensysteme schränken die Verbindungsfreiheit mit durchgehenden Zügen ein. Via Grimseltunnel lässt sich vorderhand nur die Verbindung Interlaken-Ost bis Andermatt ohne Zahnrad befahren. Falls in Zukunft Rollmaterial entwickelt werden kann, welches in der Lage ist, Strecken bis zu 120-130 ‰ Gefälle ohne Zahnrad zu überwinden, sind weitere direkte Verbindungen durch den Grimseltunnel möglich.

## 7.2.4 Unterschiedliche Stromsysteme

Die unterschiedlichen Stromsysteme sind kein bedeutendes Hindernis. Bei künftigen Flottenergänzungen von MGB und zb und Realisierung des Grimseltunnels wird es sinnvoll sein, Triebfahrzeuge für den Einsatz auf beiden Stromsystemen zu beschaffen.

Der Fahrleitungs-Übergang zwischen den beiden Stromsystemen erfolgt mittels bewährter technischer Lösungen. Zu bestimmen ist der geeignete Ort dieser Systemtrennung (Abs. 7.5.4).

## 7.2.5 Unterschiedliche Perronhöhen

Die unterschiedlichen Perronhöhen limitieren den Einsatz des Rollmaterials der jeweiligen Bahn. Der Unterschied von lediglich 2 cm lässt es als machbar erscheinen, mit neuem Rollmaterial eine technische Lösung am Fahrzeug zu finden, um diesbezügliche Einschränkungen zu eliminieren.

## 7.3 Betriebskonzept

**Grundlage:** Grimselbahn, Nutzenstudie, SMA [Beilage D5].

### 7.3.1 Fahrplankonzept

Die SMA hat im Rahmen der Nutzenstudie die Einbindung der Grimselbahn in das AK 2035 (Referenzfahrplan) untersucht. Dabei wurde Fahrplankonzept aus der Untersuchung verschiedener Varianten herauskristallisiert. Dieses Fahrplankonzept ist massgebend für die Festlegung von Kreuzungsstellen sowie für die Definition von Infrastrukturen an den Haltepunkten.

Die Fahrplanstudie orientierte sich an den folgenden Rahmenbedingungen:

- Anwendbare Bestimmungen: AB-EBV Bremstabelle S2020;
- Längenprofil des Grimseltunnels mit einem Gefälle von bis zu 60 ‰ (Adhäsionsstrecke);
- 10 % Fahrzeitreserven;
- Beispielfahrzeuge: FINK (zb), ORION (MGB); die heutigen Fahrzeuge erfüllen jedoch nicht alle Anforderungen des Grimseltunnels.

Die Fahrplanstudie verfolgte folgende Ziele:

- Bessere Erreichbarkeit des oberen Goms und der Sportregion Andermatt-Sedrun aus den Zentren des Schweizer Mittellandes;
- Bessere und wintersichere Erschliessung und Erreichbarkeit der Grimselregion;
- Möglichst geringe Kosten in Bezug auf Infrastruktur und Betrieb.

Die nachfolgend dargestellte Variante ging aus einer Evaluation von 11 Varianten hervor. Sie weist folgende Merkmale auf:

- Durchbindung des Regionalzuges von Interlaken-Ost bis nach Oberwald;
- Die Reisezeit zwischen Meiringen und Oberwald beträgt 28 – 30 Minuten;
- Schlanke Anschlüsse in Meiringen von und nach Luzern;
- Schlanker Anschluss in Oberwald von und nach Andermatt, allenfalls mit Anschluss auf den Bus nach Fiesch;
- Der Fahrplan bleibt auf den Zulaufstrecken unverändert, ausgenommen Oberwald – Andermatt;
- Nachteilig sind die Standzeiten des Regionalzuges in Meiringen und des Regionalzuges der MGB in Oberwald. Diesbezügliche Optimierungen werden später möglich sein; ohnehin ist auch mit gewissen Änderungen beim Referenzfahrplan zu rechnen.
- Ausserhalb der Neubaustrecke sind keine Infrastrukturmassnahmen erforderlich (falls solche aber aus anderer Motivation vorgenommen werden, lässt sich das Fahrplankonzept optimieren);

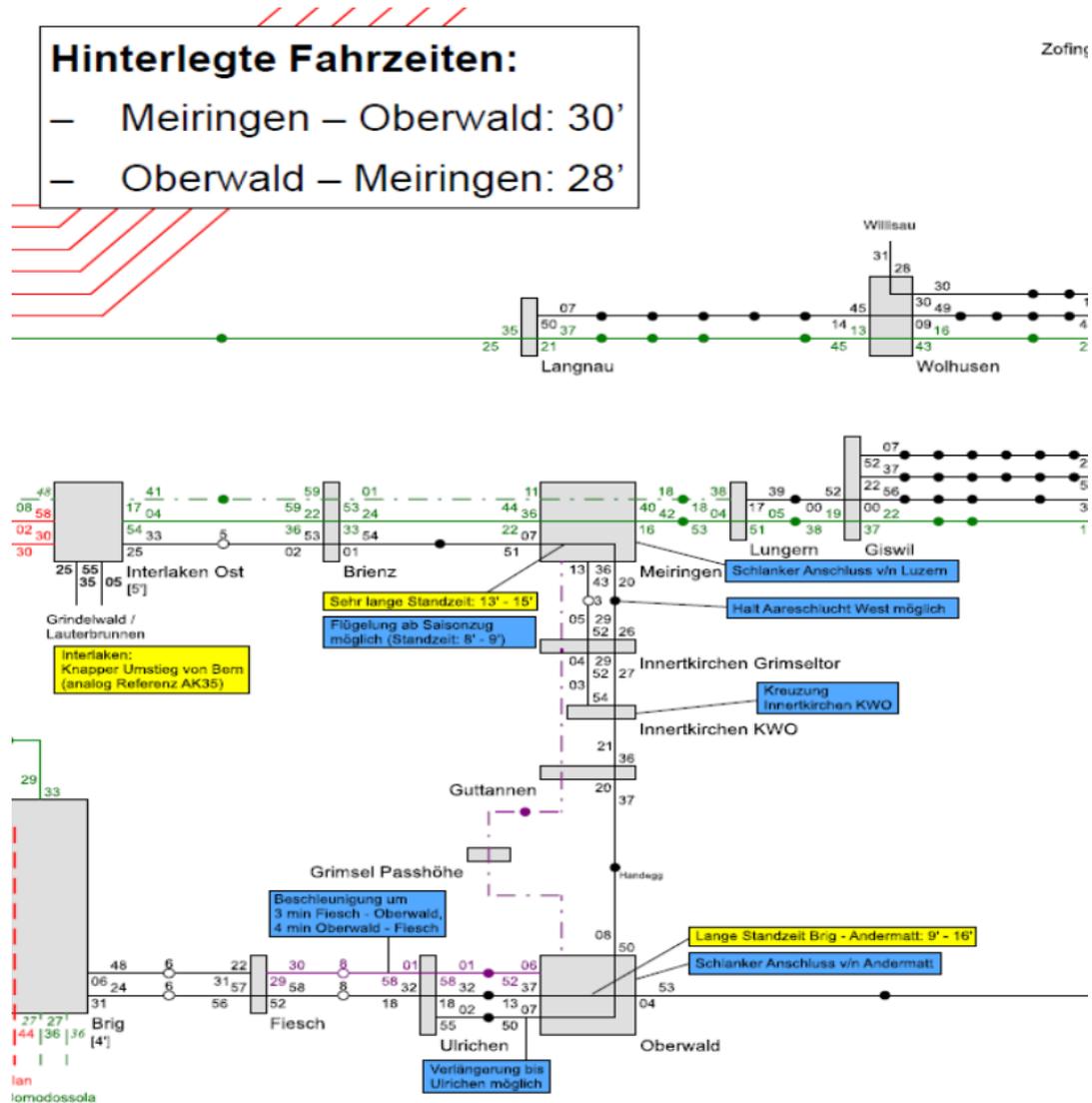


Abbildung 20: Fahrplankonzept, beste Lösung aus einer Variantenstudie

Aus dem Fahrplankonzept wird folgender Infrastrukturbedarf abgeleitet:

- Haltepunkt Meiringen: Durchbindung zb – Innertkirchen mit verlängerter Perronkante realisieren; Wegstellmöglichkeit für den Pendelzug Meiringen – Innertkirchen (Halbstunden-Takt) sichern. Diese Investitionen erfolgen im Zuge der Integration der ehemaligen MIB in das zb-Netz und sind nicht Teil des vorliegenden Projektes.
- Haltepunkte Innertkirchen: Doppelspurabschnitt zwischen Bahnhof Innertkirchen und Innertkirchen KWO als dynamische Kreuzungsstelle.
- Haltepunkt Guttannen: Kreuzungsstelle zugunsten der Verfügbarkeit eines zusätzlichen Trasses pro Stunde sowie für Kreuzungsverschiebungen im Verspätungsfall.
- Haltepunkt Handegg: Verbreiterung des Profils der Kaverne zur Schaffung der Möglichkeit für den späteren Einbau einer Kreuzungsstelle (Verfügbarkeit zusätzlicher Trassen).
- Haltepunkt Oberwald: Zusätzliche Perronkante, wegen der Auslastung der bestehenden Infrastruktur durch die Auto-Pendelzüge des Furkatunnels sowie der Möglichkeit einer gleichzeitigen Kreuzung mit dem Glacier-Express.

Weitere Ausführungen zu den einzelnen Haltepunkten folgen in den nächsten Abschnitten.

## 7.4 Haltepunkte

### 7.4.1 Allgemeine Annahmen

Die Überlegungen zu den einzelnen Haltepunkten berücksichtigen die folgenden technischen Annahmen:

- Perronlängen: 120 m mit der Option zur Verlängerung auf 190 m (sofern topografisch möglich);
- Perronhöhe: P35 (35 cm ab Schienenoberkante);
- Kreuzungslängen: 200 m

### 7.4.2 Bahnhof Meiringen

Im Rahmen der Integration der Strecke Meiringen – Innertkirchen in das zb-Netz wird die Durchbindung im Bahnhof Meiringen realisiert und die entsprechende Perronkante verlängert. Das Projekt liegt ausserhalb des Projektperimeters der Grimselbahn.

### 7.4.3 Haltepunkte Innertkirchen

Zwischen dem Bahnhof Innertkirchen und dem Haltepunkt Innertkirchen KWO ist ein Doppelspurabschnitt vorgesehen, welcher das dynamische Kreuzen ermöglicht. Im Bahnhof Innertkirchen werden zwei Aussenperrons realisiert. Diese werden durch eine Personenunterführung verbunden, welche auf Wunsch der Gemeinde auch der Verbindungen der Baugebiete westlich und östlich der Bahnlinie dienen soll.

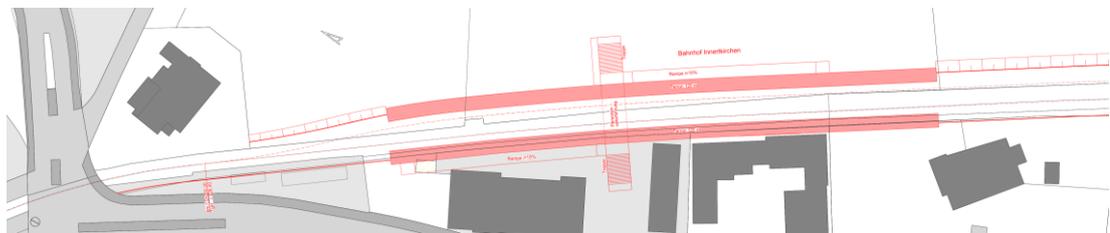


Abbildung 21: Bahnhof Innertkirchen

Im Haltepunkt Innertkirchen KWO hält und wendet der Pendelzug zwischen Meiringen und Innertkirchen. Ein vorhandenes Aussenperron kann genutzt werden. Die Verbindungen durch den Grimseltunnel halten nicht an dieser Stelle.

Der Haltepunkt Innertkirchen KWO ist Standort des Lösch- und Rettungszuges (LRZ). Er wird in einer umgebauten Halle des Kraftwerks untergebracht und kann direkt Richtung Grimseltunnel ausfahren.

### 7.4.4 Bahnhof Guttannen

Der Bahnhof Guttannen befindet sich in einer seitlich offenen, im Tagbau erstellten Galerie, in einer leichten Kurve ( $R = 500$  m). Er beinhaltet eine Kreuzungsstelle. Reguläre Kreuzungen sind hier allerdings nicht vorgesehen.



Abbildung 22: Bahnhof Guttannen

Fahrplanmässig verkehrende Züge halten an der talseitigen Perronkante. Bei nicht plan-mässigen Kreuzungen hält der zweite Zug an der bergseitigen Perronkante. Die beiden Perrons sind an ihren Enden mit Niveauübergängen verbunden. Diese werden mit Schranken gesichert. Bei nichtplanmässiger Kreuzung von Personenzügen ist durch betriebliche Massnahmen sicherzustellen, dass die Passagiere die Gleise gefahrlos überqueren können.

#### 7.4.5 Haltestelle Handeck

Die unterirdische Haltestelle Handeck ist zunächst mit nur einem Gleis ausgebaut. Das Profil der Kaverne ist allerdings so breit vorgesehen, dass später bei Bedarf ein Kreuzungsgleis ohne Perronkante eingebaut werden kann. Damit kann eine zusätzliche Trasse pro Stunde und Richtung ermöglicht werden.

Erschlossen ist die Haltestelle über einen Zugangsstollen ab Vorplatz der dortigen Kraftwerke. Im Ereignisfall dient der Kabel-Abzweigstollen zum Unterwerk Handeck als zweiter Fluchtweg.

Der dritte Anschlussstollen, der Schutterstollen zur Deponie Handeggli, würde als Rauchabzug dienen, falls ein Kreuzungsgleis eingebaut wird (siehe Lüftungskonzept, Kapitel 9).

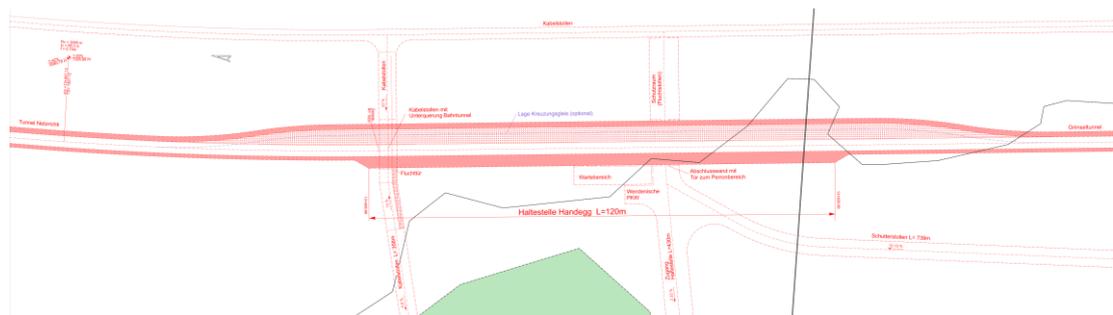


Abbildung 23: Haltestelle Handeck

Die Länge des Zugangsstollens beträgt 430 m, die Neigung von 2.3 %. Der Zugangsstollen ist gegenüber dem Bahntunnel mit Türen abgeschlossen, damit in letzterem die natürliche Lüftung nicht unterbrochen wird. Der Zugangsstollen ist separat belüftet und steht unter leichtem Überdruck. Dadurch wird vermieden, dass im Ereignisfall bei Rauch eintritt. Am Ende des Zugangsstollens bietet sich den Passagieren ein Warteraum, damit sie nicht dem Luftstrom im Bahntunnel ausgesetzt sein müssen. Der Zugangsstollen ist mit Fahrzeugen befahrbar.

## 7.4.6 Bahnhof Oberwald

**Grundlage:** Technische Machbarkeit Integration Grimselbahn in Bahnhof Oberwald, Emch+Berger [Beilage D10].

Zur Integration der Grimselbahn wird der Bahnhof Oberwald mit einer zusätzlichen Perronkante auf der Südseite erweitert. Angestrebt wird ein perrongleiches Umsteigen zwischen der MGB und der Grimselbahn. Der vorgesehene Mittelperron liegt gegenüber dem Gleis 4 mit der Perronhöhe P37 und gegenüber dem Gleis 5 mit Perronhöhe P35. Alternativ kommt ein Aussenperron zum Gleis 5 in Betracht. Welcher Variante der Vorrang gegeben werden soll, ist in der nächsten Planungsphase zu klären. Dabei sind der Personenfluss und die betriebliche Umsetzung noch genauer zu beurteilen. Auf die geschätzten Kosten hat die Variantenwahl aber keine erheblichen Auswirkungen.

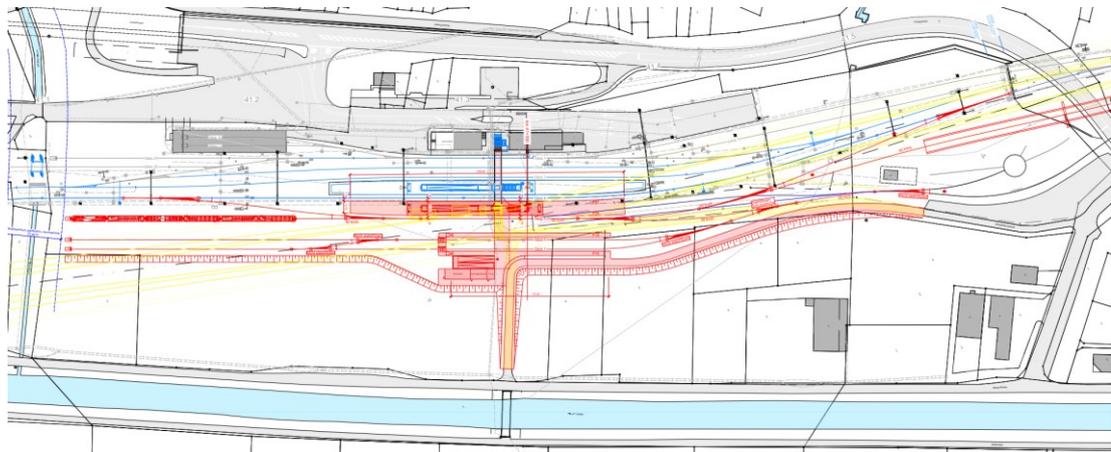


Abbildung 24: Situation Bahnhof Oberwald (Plan E+B aus Beilage D10)

Für die Grimselbahn wird ein 105 m langes Abstellgleis vorgesehen, um Kompositionen weg- resp. abzustellen.

Weitere flankierende Massnahmen im Zusammenhang mit der Ausdehnung des Bahnhofs nach Süden sind die Verlängerung und partielle Verbreiterung der Personenunterführung sowie Ersatzbauten für die bestehende Technikkabine, den bestehenden Schaltposten und die bestehende Trafostation des Elektrizitätswerkes. Diese Technikgebäude sollen mit der Erweiterung der Personenunterführung in den hindernisfreien Zugang zu den Perronanlagen der DFB integriert werden.

Der Bau der Anlagen der Grimselbahn bedingt auch eine Verschiebung des Bahnhofes der Dampfbahn, DFB, und der Trasse Richtung Süden. Dabei sollen die Bahnhofsanlagen der DFB auf die gleiche Höhenkote wie der Bahnhof der Grimselbahn und der MGB angehoben werden: Das Terrain wird mit Ausbruchsmaterial aus dem Tunnel angehoben, wozu ein Volumen von rund 18'000 m<sup>3</sup> erforderlich ist. Die Kosten dafür sind über die Kosten für die Deponierung des Tunnelausbruches abgedeckt.

Die Frage nach der bestgeeigneten Stelle für die Trennung der unterschiedlichen Systeme der Fahrstromversorgung ist in der nächsten Planungsphase zu vertiefen (siehe Abs. 7.5.4).

## 7.5 Ausrüstung Bahntechnik

### 7.5.1 Stellwerktechnik/Zugbeeinflussungssystem

Die Ausrüstung erfolgt nach dem heutigen Stand der Technik für Meterspurbahnen. Es werden elektrische Stellwerke und das schweizerische Zugsicherungssystem ZBMS für Meterspurbahnen eingesetzt.

Die heutigen Stellwerke in Meiringen und Oberwald müssen an die Erfordernisse der Grimselbahn angepasst werden. Die entsprechende Detailplanung ist in den kommenden Projektphasen vorzusehen. Dabei geht es beim Stellwerk in Meiringen um die Ergänzung mit den Anlagen in Innertkirchen und dem Grimseltunnel und bei jenem in Oberwald um den Anschluss der Grimselbahn mit Programmierung von neuen Fahrstrassen für die Ein- und Ausfahrten mit vier zusätzlichen Signalen.

### 7.5.2 Aussensignale

Die Strecke durch den Grimseltunnel wird mit einem Minimum an Signalen (Typ L) ausgerüstet. Die Zugfolgezeiten erfordern keine enge Blocksignaldichte.

### 7.5.3 Funksystem

Der Tunnel wird mit dem GSM-R Roaming Funksystem ausgerüstet. Für den Funkverkehr mit der MGB wird eine Schnittstelle zu deren PMR-System sichergestellt. Für die Interventionskräfte wird zusätzlich der schweizerische Interventionsfunk PMR eingebaut.

Bei den Funkkabeln im Tunnel ist das erhöhte Korrosionsrisiko wegen Feuchtigkeit bei der Materialwahl zu berücksichtigen.

### 7.5.4 Fahrleitung und Systemtrennung

Die Dimensionierung der Fahrleitung und der Systemtrennung richtet sich nach den einschlägigen Vorschriften der AB-EBV zu Art. 44 EBV sowie technischen Normen. Der Tunnel soll mit einer Deckenstromschiene ausgerüstet werden, die offenen Strecken mit einem Kettenwerk.

Die Grimselbahn verkehrt unter einer Spannung von 15'000 V / 16,7 Hz und die MGB unter einer solchen von 11'000 V / 16,7 Hz. Für die Systemtrennung sind die zwei folgenden Varianten als geeignet erkannt worden:

1. Systemtrennung im Tunnel vor dem Einfahrtsignal in Oberwald;
2. Systemtrennung nach dem Einfahrtssignal im offenen Tagbauabschnitt der Einfahrt Oberwald und 3. Umschaltbare Stromversorgung im Gleis 5.

In der nächstfolgenden Projektphase muss der Variantenentscheid gefällt werden, aufgrund vertiefter Abklärung.

Für den Übergang vom neuen Gleis 5 auf die DFB kommen die heutigen Betriebsprozesse zur Anwendung, wie sie jetzt für den bestehenden Übergang auf das Gleis 4 festgelegt sind. Eine Signalisation gemäss FDV (Fahrdienstvorschriften) ist erforderlich. Die DFB verkehrt ohne Strom.

## 7.6 Stromversorgung

**Grundlage:** Bericht 'Versorgung Grimseltunnel', SBB Energie Systemdesign [Beilage D9].

Die Strecke durch den Grimseltunnel, von Meiringen bis zu einer Systemtrennung in Oberwald, wird mit der Fahrleitungsspannung der zb von 15 kV betrieben.

### 7.6.1 Bestehende Anlagen

Das Fahrleitungsnetz der zb wird ab dem Umformerwerk Wimmis über Interlaken sowie ab dem Unterwerk Emmenbrücke versorgt. In Lungern und Obermatt bestehen zwei zusätzliche Einspeisungen. Zwischen Brünig und Brienzwiler kürzt eine Speiseleitung die Strecke nach Meiringen ab.

Zur Einspeisung der Fahrleitungen der MGB dient im Unterwerk Ulrichen ein 10-MVA-Transformator 132/11 kV. Diese Versorgung der MGB ist durch das Projekt nicht betroffen.

### 7.6.2 Neue Anlagen

In der Studie der SBB werden die Grundlagen zum geplanten Betrieb und der Stromversorgung des Grimseltunnels ermittelt. Die Studie hält fest, dass der Leistungsbedarf des Verkehrs der Grimselbahn gering ist.

Für die Versorgung der Grimselbahn wurden zwei Varianten in Betracht gezogen. Beide Varianten gründen auf einer Einspeisung ab dem neuen SBB-Unterwerk in Ulrichen, sie unterscheiden sich jedoch in der Spannungsebene zwischen Ulrichen und Oberwald:

1. Eine 132/15-kV-Transformierung im SBB-Unterwerk Ulrichen, mit einer 15-kV-Speiseleitung nach Oberwald.
2. Ein 11/15-kV-Kupftransformator in Oberwald verbunden mit einer Verstärkung der 11-kV-Fahrleitung ab Ulrichen bis Oberwald.

Beide Varianten decken den Leistungsbedarf der Grimselbahn ab. Variante 1 ist jedoch hochwertiger und kann auch wesentlich zur Spannungshaltung und zur Versorgungssicherheit, resp. Redundanz im Raume Meiringen beitragen. Die Studie der SBB empfiehlt diese Variante. Nachteil dieser Variante ist die Notwendigkeit einer «fremden» Speiseleitung auf dem Fahrleitungsgestänge der MGB.

In der nächsten Projektphase ist zu klären, in welcher Weise der Grimseltunnel ab dem SBB-Unterwerk Ulrichen versorgt werden kann und welche ergänzenden Massnahmen auf der Nordseite erforderlich sind.

## 8 Kabelanlage

### 8.1 Koordination mit Swissgrid, Abgrenzung

In enger Zusammenarbeit mit Swissgrid wurden jene Elemente des Projekts entwickelt, welche den Grimseltunnel als Trägerinfrastruktur für die Kabelleitung qualifizieren. Dies betrifft insbesondere die Netztopologie (Anzahl Stromkreise, Anschlusspunkte/Abzweigstollen), die Belastbarkeitsanforderung und die konkrete Auslegung der Kabel (Wärmeeintrag und Anforderung an Lüftung), die Schirmbehandlung und das Erdungskonzept im Zusammenhang mit der Bahninfrastruktur sowie der Einzug und die Anordnung der Kabel und Muffen im Stollen.

Entscheidende Relevanz für den Grimseltunnel hat der Prozess zum Leitungsabschnitt Innertkirchen – Ulrichen im Sachplan Übertragungsleitungen. Dieser begann mit einer ersten Sitzung der Begleitgruppe im November 2020 und dürfte demnächst mit der Festsetzung durch den Bundesrat enden. Der Antrag der Begleitgruppe unter der Führung des BFE lautet: Verkabelung im Korridorabschnitt Innertkirchen – Oberwald und Freileitung im Abschnitt Oberwald – Ulrichen. Mit einer entsprechenden Festsetzung im Sachplan wird die Grundlage für das Vorhaben Grimseltunnel als multifunktionale Infrastruktur geschaffen sein. Dies betrifft nicht nur die Technologie der Verkabelung an und für sich, sondern mit der Festsetzung des Korridors auch die geografische Kompatibilität mit dem Grimseltunnel, d.h. der ortsgleiche Verlauf auf der gesamten Länge des Grimseltunnels.

Im Anschluss an die bundesrätliche Festsetzung wird Swissgrid die Projektierung der Leitung aufnehmen. Folglich wird das Vorhaben Grimseltunnel in der zukünftigen Projektierungsphase die Leitung nur noch indirekt beinhalten, als Beitrag seitens Swissgrid.

Das Konzept der Kabelleitung gemäss vorliegendem Kapitel stellt den Stand der Projektvorbereitung dar, auf welchem die Projektierung der Swissgrid aufbauen kann. Das hier beschriebene Konzept der Kabelleitung liegt insbesondere den Lösungen zugrunde, welche in den Themenbereichen Wärmeabfuhr und Lüftung (Kapitel 9) sowie Sicherheit- und Rettung (Kapitel 10) entwickelt wurden. Diese Themenbereiche beinhalten die eigentlichen technischen Herausforderungen der Bündelung von Bahn und Leitung.

Gemäss der in Kapitel 3 dargelegten Systemwahl beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen ausschliesslich auf System 3 mit Anordnung der Kabelleitung in separatem parallelem Stollen.

### 8.2 Auslegung der Kabelleitung und Belastbarkeit

Netztopologie und Belastbarkeitsanforderungen für die Leitung Innertkirchen - Ulrichen wurden von Swissgrid abgeklärt. Die Resultate sind im Dokument 'Technische Anforderungen Innertkirchen – Ulrichen' [Beilage D11] zusammengefasst.

Die Netztopologie gemäss diesem Dokument zeigt Abbildung 25. Es handelt sich dabei um eine erste Etappe des Ausbaus der Leitung, welche allerdings eine Zeitperspektive von Jahrzehnten aufweist. In dieser ersten Etappe ist ein Betrieb in 220 kV vorgesehen, mit zwei Stromkreisen, welche beide in die Unterwerke Handeck und Grimsel eingeschlaucht sind. Längerfristig sind zwei weitere Stränge in 380 kV geplant.

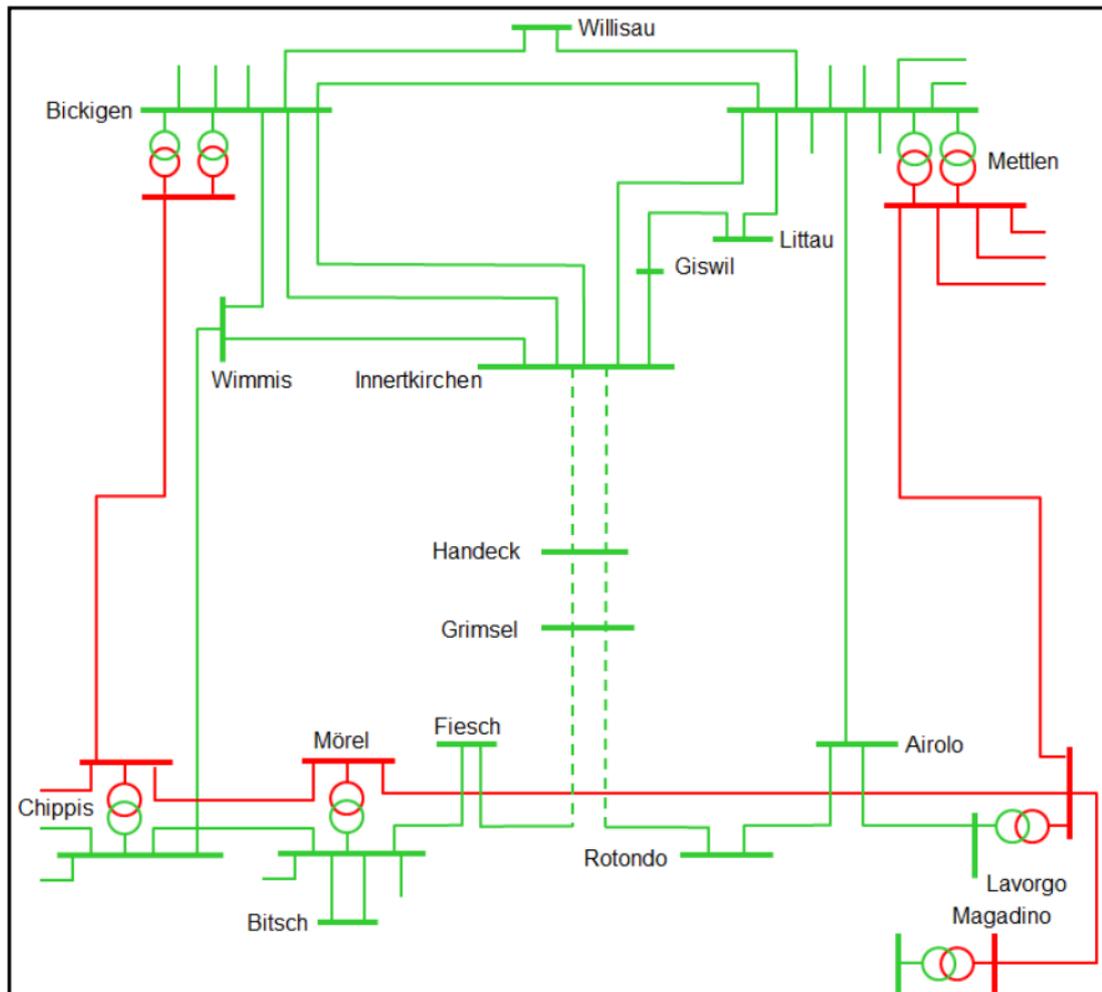


Abbildung 25: Netztopologie der Leitung Innertkirchen – Ulrichen, gemäss Beilage D11, erste Etappe in 220 kV

Hinsichtlich Belastbarkeit der Leitung, resp. Wärmeabfuhr und Lüftung bedeutet die erste Ausbauetappe mit nur zwei Stromkreisen in 220 kV den Worst Case. In dieser Netztopologie sind die höchsten Ströme zu erwarten, weil sich Transit und Kraftwerksproduktion auf den gleichen Stromkreisen addieren.

Die Belastbarkeitsanforderungen wurden gemäss dem Konzept des Swissgrid-Baukastens wie folgt als Auslegungs-Lastfall definiert: Dauerstrom entsprechend dem höchsten 30-Tage-rms-Wert sowie Maximalstrom während mindestens 8 Stunden entsprechend dem höchstmöglichen Strom im ungünstigsten N-1-Fall.

Gemäss o.g. Dokument beträgt der Dauerstrom 480 A und der Maximalstrom 1870 A. Allerdings verlangt das Dokument im Blick auf zukünftige Entwicklungen, dass ein Maximalstrom von 2000 A während 'längerer Zeit' möglich sein muss.

Die Verifikation der geforderten Belastbarkeit der Leitung erfolgte durch umfangreiche thermische Berechnungen zu Wärmeabfuhr und Lüftung, welche in Kapitel 9 beschrieben sind. Für diese Untersuchungen wurde angenommen, dass die Kabelleiter mit 2'500 mm<sup>2</sup> Kupfer ausgelegt seien. Für die Berechnungen kam ein thermodynamisches Modell zum Einsatz, welches im Kontext des Swissgrid-Baukastens entwickelt wurde.

Als Kriterium für die Belastbarkeit der Leitung galt eine maximale Lufttemperatur im Stollen von 40 Grad. Diese Temperaturgrenze ist bedingt durch die Forderung, dass im Ereignisfall ein Zug evakuiert werden kann. Die Luft im Kabelstollen wird dann zur Lüftung der

Personenschutzräume verwendet, und der Kabelstollen selbst als Fluchtweg (siehe Kapitel 10). Damit unterscheidet sich die multifunktionale Infrastruktur von einem reinen Kabelstollen, in welchem die Grenze der Belastbarkeit durch die maximal zulässige Leitertemperatur von 90 Grad definiert ist, wobei die Temperatur der Luft im Stollen auf bis zu 60 Grad ansteigen kann.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass der definierte Auslegungslastfall ohne weiteres gewährleistet werden kann, mit einer Wärmeabfuhr auf Grundlage natürlicher Lüftung im geneigten Stollensystem. Mittels Sensitivitätsuntersuchen wurden die über den Auslegungslastfall hinausgehenden Reserven ausgelotet. Dabei zeigte sich, dass diese Reserven selbst bei natürlicher Lüftung gross sind und mit mechanischer Lüftung noch wesentlich erweitert werden können [siehe Kapitel 9 und Beilage D19]. Der Grund für die hohe Belastbarkeit der Leitung im Grimseltunnel sind die günstigen Bedingungen für die Lüftung im geneigten Stollensystem.

### 8.3 Lieferlängen, Einzug und Montage

**Grundlage:** Technischer Dialog mit Kabelwerke Brugg AG und mit NKT in Köln.

Lange Lieferlängen zur Minimierung der Anzahl Muffen ist die zentrale Voraussetzung für eine hohe Zuverlässigkeit der langen Kabelleitung. Soweit Kabel in Tunneln überhaupt einem Störungsrisiko unterliegen, rührt dieses von den lokal gefertigten Muffen. Fremdeinwirkungen, welche üblicherweise die Störungsstatistiken anführen, können unter den Bedingungen des Grimseltunnels mit Kabelverlegung in einem separaten Stollen ausgeschlossen werden.

Die maximal möglichen Lieferlängen sind abhängig von der Fabrikations-Infrastruktur der Lieferanten, namentlich der Gewichtsgrenzen an den Maschinen und auf den Böden.

Bezüglich der Strassentransporte kann man sich auf die Erfahrungen aus Transporten von grossen Transformatoren mit Gewichten von typischerweise 120 Tonnen beziehen. Bei spezifischen Gewichten der Kabel von rund 40 kg/m sind Liefereinheitslängen von 2,5 bis 3 Kilometern technisch machbar. Entsprechende Transportmittel stehen in Entwicklung.

Massgebend beim Strassentransport von Norden her nach Innertkirchen sind die letzten Kilometer von Meiringen über den Kirchet. Von Süden her sind die Voraussetzungen schwieriger. Bestimmungsorte der Transporte sind die logistisch geeigneten Portale der Tunnelanlage, namentlich Innertkirchen und Handeck. Dort ist Platz vorgesehen, um die Transportbobinen aufzustellen und abzuwickeln.

Für den Einzug der einzelnen Liefereinheiten in den Kabelstollen kann ein Rollen-Gurten-System mit einer Schiene in der Kalotte verwendet werden. Eine solche Deckenschiene kann ausserdem in der Betriebsphase für ein Monorail-Transportmittel verwendet werden. Als Alternative für den Einzug kommt ein Zugrohr in Betracht, welches am Parament oder seitlich auf der Sohle befestigt wird.

Die Verlegung der Kabel erfolgt auf Sätteln im offenen Dreieck. Um die Kabel in Position zu bringen, bedarf es einer Hebeeinrichtung. Die Verlegung im offenen Dreieck ist im Grimseltunnel wie folgt motiviert: Die nicht-berührende Anordnung der drei Phasen gewährleistet eine gute Luftumströmung und damit eine vorteilhafte Wärmeabgabe, und ausserdem vermeidet sie Zusatzverluste infolge von gegenseitig induzierten Wirbelströmen in den Schirmen. Im Weiteren sorgt die Anordnung im Dreieck, trotz Distanz der Phasen, für eine gewisse Reduktion des Magnetfeldes (besser als bei der üblichen Verlegung in Ebene). Letzteres ist

geboten zur Einhaltung des SUVA-Grenzwertes, sowie im Blick auf die Nutzung des Kabelstollens als Fluchtweg [Beilage D13].

Die Muffen werden direkt am Parament montiert, aus Platzgründen gegeneinander längs-versetzt.

## 8.4 Erdungskonzept und Kabel-Schirmbehandlung

**Grundlage:** Studien von FKH, Fachkommission für Hochspannungsfragen, Zürich.

Die Erdungen von Kabel und Bahn müssen derart ausgelegt sein, dass bei einem Erd- oder Kurzschluss keine personengefährdenden Berührungsspannungen entstehen können. Dazu werden in der Tunnelanlage sämtliche Erdungen sowie alle metallischen Strukturen regelmässig miteinander verbunden.

Der durchgehenden Erdung dienen insbesondere die Kabelschirme, welche im Crossbonding geschaltet sind. Ein parallel zur Kabelanlage verlaufender Erdleiter ist im vorliegenden Fall, entgegen der Usanz, nicht erforderlich, da genügend andere längslaufende Erdungselemente vorhanden sind.

Die Bahn führt regelmässig einen Erdleiter parallel zur Fahrleitung mit. Dieser wird in das Erdungsnetz eingebunden. Im gleichen Sinne sind auch die Geleise Teil des Erdungssystems.

Die Schirme von Niederspannungs- sowie Signalkabeln werden generell beidseitig geerdet. Die beidseitige Erdung der Schirme von Niederspannungskabeln ist auch eine entscheidend wichtige Voraussetzung zur Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit der Bahnanlage mit den der Übertragungsleitung (siehe nachfolgender Abs. 8.5).

Die zahlreichen längs verlaufenden und regelmässig quervermaschten Erdungen bilden innerhalb des Tunnels gewissermassen einen faradayschen Käfig. Dank dessen können innerhalb der Tunnelanlage keine Berührungsspannungen auftreten.

Die Abschnittslängen des Crossbondings müssen nach Massgabe der maximal möglichen Liefereinheitslängen bestimmt werden, in Verbindung mit der Bedingung zur Unterteilung der Gesamtlänge in ein Vielfaches von Drei. Die langen Crossbonding-Abschnitte werfen die Frage nach den Schirmspannungen auf. Eine Berechnung von Brugg zeigte, dass die zulässigen Grenzen der Schirmspannungen ohne weiteres eingehalten werden. Dies dank der Verlegung im nur leicht geöffneten Dreieck. Die Schirmtrennungen an den Auskreuzungsstellen sind mit Ableitern zu schützen.

Die Installation ist derart auszulegen, dass im Betrieb eine periodische Mantelprüfung vorgenommen werden kann. Ein intakter Mantel ist essentiell, um Funkenschlag gegenüber der metallenen Folie des Schichtenmantels und damit deren Perforation auszuschliessen. (Feuchtigkeitszutritt ist der Alterungsfaktor von Kunststoffisolationen.)

## 8.5 Elektromagnetische Verträglichkeit

**Grundlage:** Expertise EMV, Modellbeschreibung und Ergebnisse, Studie Firma ENOTRAC, Thun, 22.8.2018 [Beilage D15].

In der o.g. Studie wurde untersucht, ob die elektromagnetischen Einwirkungen der Kabelleitung auf die verschiedenen Elemente der Bahnanlage (u.a. Fahrleitung, Signalanlagen, Stromversorgung) deren spezifizierte elektrische Festigkeiten überschreiten können. Dabei

wurden der Normalbetrieb der Kabelleitungen mit maximalem Strom sowie der einpolige Fehlerfall betrachtet. In einem hierfür konzipierten Modell wurden die in den verschiedenen parallellaufenden Leitern induzierten Ströme und Spannungen sowie die resultierenden magnetischen Feldstärken berechnet.

Die ermittelten Beeinflussungen der Kabelleitungen im Bahnsystem wurden anschliessend mit den eigenen, innerhalb des Bahnsystems normalerweise auftretenden Beeinflussungen verglichen. Dabei zeigte sich, dass unter dem beschriebenen Erdungskonzept die von der Übertragungsleitung hervorgerufenen Beeinflussungen nicht grösser sind als jene, mit welchen innerhalb eines Bahnsystems selber gerechnet werden muss.

Die Studie hält aber fest, dass die Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit dennoch spezifiziert werden müssen, da nicht alle Standardkomponenten einer Meterspurbahn den strengeren Anforderungen entsprechen.

Die Tatsache, dass die Übertragungsleitung trotz hoher Transport- und Kurzschlussleistungen keine ausserordentliche elektromagnetische Belastung der Bahnanlage darstellt, ist wie folgt zu erklären: Massgebend für die Beeinflussungen im Erdschlussfall, bei welchem die höchsten Feldstärken entstehen, ist primär die Amplitude des Stromes. Dabei liegen die Fehlerströme im Bahnnetz nur wenig tiefer als im Übertragungsnetz. Ausserdem ist bei der verkabelten Übertragungsleitung und bei beidseitig geerdetem Kabelschirm (mittels Crossbonding) Hin- und Rückstrom in enger Schlaufe geschlossen, so dass nur wenig magnetischer Fluss ausgekoppelt wird. Dabei ist beidseitige Schirmerdung die entscheidende Voraussetzung für eine problemlose elektromagnetische Verträglichkeit von Bahnanlage und Kabelleitungen.

## 8.6 **Blindleistungskompensation, Einschalt-Transienten, Schwarzstartfähigkeit**

Die besonderen elektrotechnischen Aspekte der langen Höchstspannungsleitung im Grimselfunnel wurden in der Systemwahlstudie 2019 [Beilage D3] behandelt, im Sinne einer Abklärung der Machbarkeit. Bei diesen Aspekten handelt sich um die Kompensation der Blindleistung, Die Beherrschung von Einschalt-Transienten und der Resonanz-Phänomene sowie die Gewährleistung der Fähigkeit zum Schwarzstart des Netztes mittels der KWO-Kraftwerksanlage. In der Studie konnten Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt und damit die Machbarkeit grundsätzlich bestätigt werden.

Die weitere Abklärung dieser Aspekte und die Ausarbeitung konkreter Lösungen obliegt nun der Swissgrid.

## 8.7 **Anschluss der Schaltanlage Innertkirchen**

In den vertieften Abklärungen zur Linienführung [Beilage D29] wurden mehrere Varianten in Innertkirchen untersucht. Als beste Lösung erwies sich dabei die Variante mit Portalstandort direkt nördlich der Kraftwerke in Innertkirchen, im Raume Zwiseler. Der entscheidende Vorteil dieses Portalstandortes ist der oberflächennahe Felshorizont, resp. die geringe Mächtigkeit der Felsüberdeckung mit Lockermaterial.

Gleichzeitig bietet dieser Portalstandort auch Vorteile bezüglich der Kabelführung, namentlich ein Anschluss an das Unterwerk Innertkirchen in kurzer Distanz. Dieser Anschluss muss über einen Tagbau-Leitungskanal erfolgen. Dabei besteht die Möglichkeit, Portal und

Leitungskanal derart zu gestalten, dass sie von den drei nördlich von Innertkirchen verlaufenden Leitungen (Mettlen, Bickigen, Wilderswil) mitbenutzt werden können, sofern das laufende SÜL-Verfahren zum Leitungsvorhaben Innertkirchen – Mettlen ergibt, dass diese Leitungen mittels Kabel eingeführt werden sollten. Eine solche Kabeleinführung der nordseits von Innertkirchen verlaufenden Leitungen könnte über den alten Unterwasserstollen Innertkirchen 1 oder über einen parallel dazu verlaufenden neuen und grösseren Stollen erfolgen. In beiden Fällen wäre die erwähnte Kombination eine passende Lösung mit erheblichen Kostenvorteilen (siehe Abbildung 26).



Abbildung 26: Portal Innertkirchen mit Leitungskanal zur Schaltanlage. Konzept-Vorschlag für eine gemeinsame Führung der Kabelleitungen des Grimseltunnels mit den verkabelten Leitungseinführungen von Norden her.

## 9 Wärmeabfuhr und Lüftung

### 9.1 Einleitung

**Grundlage:** Fachbericht Wärmeabfuhr und Lüftung [Beilage D19]

Die Lüftung, resp. die Thermodynamik des Tunnelsystems, ist das Bindeglied zwischen Bahn und Kabelleitung in der multifunktionalen Infrastruktur. Der Lüftung fallen namentlich folgende Aufgaben zu: Die Abfuhr der Verlustwärme der Kabelleitung und dabei die Einhaltung der für den Bahnbetrieb maximal zulässigen Lufttemperatur; die Sicherung der geforderten Belastbarkeit der Kabelleitung mit einer möglichst grossen Reserve darüber hinaus; die Gewährleistung der Voraussetzungen für Flucht und Rettung bei einem Brandereignis im Bahnstollen sowie letztlich auch die Einhaltung der klimatischen und hygienischen Bedingungen für den Erhaltungsbetrieb.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist die Bestätigung der geforderten Belastbarkeit der Kabelleitung unter den spezifischen Voraussetzungen der multifunktionalen Anlage sowie die Entwicklung eines allen Anforderungen gerecht werdenden Konzepts für die Lüftung, inklusive technischer Spezifikation und Kostenschätzung.

Die Untersuchungen betrafen alle drei in Betracht gezogenen Systeme für die Bündelung der beiden Infrastrukturen. Der vorliegende Synthesebericht bezieht sich jedoch nur noch auf das schliesslich gewählte System 3, jenes mit separaten, parallelen Stollen für Bahn und Kabelleitung.

Ein besonderer Aspekt des Grimseltunnels ist die ausgeprägte Neigung mit einer Höhendifferenz zwischen den Portalen von 720 Metern. Dank dieser Neigung entsteht eine kräftige natürliche Luftströmung infolge thermischen Auftriebs. Diese natürliche Lüftung spielt eine zentrale Rolle.

Das Lüftungskonzept ist eng verbunden mit dem Sicherheits- und Rettungskonzept (Kapitel 10). Letzteres sieht vor, dass der Parallelstollen/Kabelstollen als Fluchtweg dient zur sicheren Verbindung der Personenschutzräume, zwecks Verteilung der Flüchtenden auf die verschiedenen Schutzräume sowie zur Rettung von Personen in Schutzräumen auf der verrauchten Seite des Brandereignisses. Aufgrund dieser Konzeption ist vorgesehen, die Personenschutzräume aus dem Parallelstollen heraus zu belüften. Dieses Sicherheits- und Rettungskonzept bedingt, dass die Lufttemperatur auf maximal 40 Grad begrenzt werden kann.

### 9.2 Erläuterungen

Der Grimseltunnel wird lüftungstechnisch in zwei Abschnitte aufgeteilt. Natürliche Trennstelle ist dabei der Haltepunkt Guttannen, welcher im Tagebau als seitlich offene Galerie erstellt wird. Der Haltepunkt Handeck ist unterirdisch und bildet lüftungstechnisch einen freien Durchgang, indem der Zugangsstollen zur Haltestelle sowie der Kabel-Anschlussstollen und der Schutterstollen vom Bahnstollen, resp. Kabelstollen abgetrennt sind.

Der insgesamt ca. 22 km lange Tunnel besteht also lüftungstechnisch aus dem Abschnitt Inerterkirchen – Guttannen mit einer Länge von knapp 7 km und dem Abschnitt Guttannen – Oberwald mit knapp 15 km Länge (Abbildung 27). Die Höhendifferenz von ca. 720 m teilt sich etwa hälftig auf die beiden Abschnitte auf.

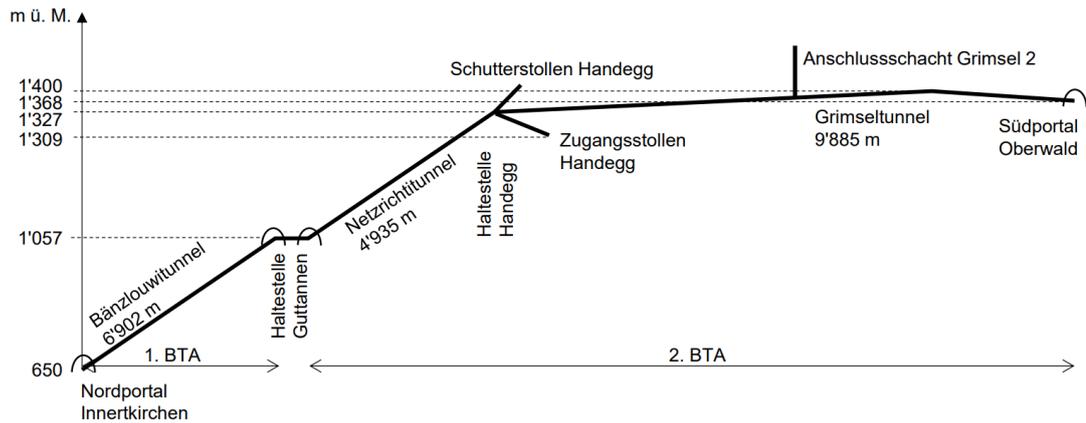


Abbildung 27: Übersicht Tunnelsystem mit erstem Abschnitt Innerktirchen – Guttannen und zweitem Abschnitt Guttannen - Oberwald

Das Temperaturgeschehen im Tunnel wird primär von den thermischen Eigenschaften des umliegenden Felses bestimmt. Die wesentlichen Parameter sind die ungestörte Gebirgstemperatur sowie der thermische Charakter des Gesteins. In Abbildung 28 werden die den Berechnungen zugrunde gelegten Felstemperaturen dargestellt. Dabei wurde die örtliche Felstemperatur näherungsweise mit einem konservativ (gross) bemessenen Gradienten von 3 Grad pro 100 Meter Überdeckung ermittelt, ausgehend von der lokalen Bodentemperatur. Als Bodentemperatur wurde der Jahresmittelwert der Aussentemperatur verwendet, höhenkorrigiert.

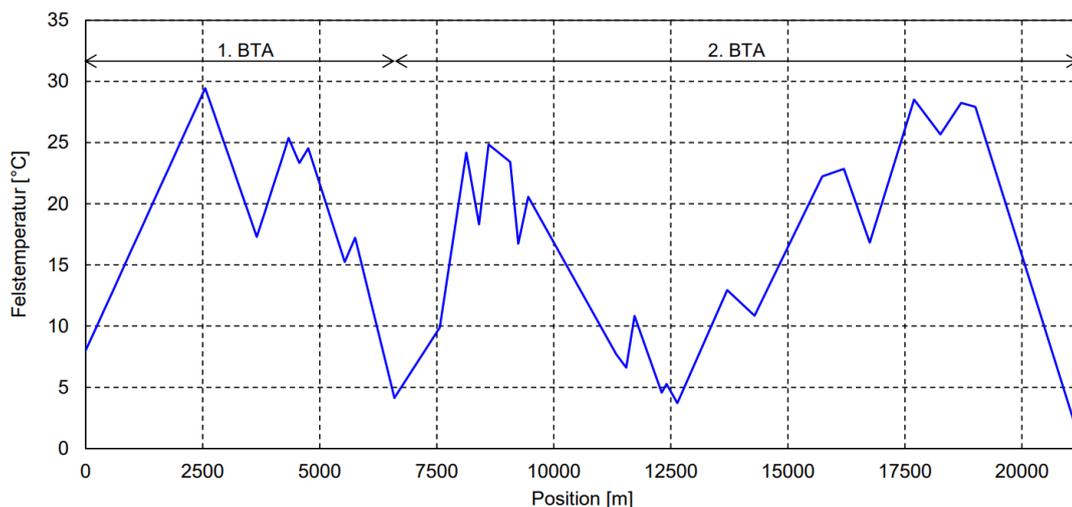


Abbildung 28: Felstemperaturen entlang des Tunnels, auf Grundlage eines Gradienten von 3 Grad pro 100 m Überdeckung

Für die relevanten physikalischen Felseigenschaften wurden folgende Werte eingesetzt: Wärmeleitfähigkeit 2.0 W/mK, spezifische Wärmekapazität 1'000 J/kgK, Dichte 2'500 kg/m<sup>3</sup>.

Aus dem Bau des Transitgasstollen ist bekannt, dass im Bereich der Grimsel-Passhöhe eine hydrothermale Störungsbrekkzie verläuft. Hierbei ist mit deutlich erhöhten Untergrundtemperaturen zu rechnen. Diese können gemäss Expertise [Beilage D28] bis zu 45 °C betragen. Die Lage und das Ausmass der Störung sind erst approximativ bekannt. Im Rahmen von Sensitivitätsuntersuchungen wurden die Auswirkungen der Störung untersucht.

## 9.3 Thermische Berechnungen

Die thermischen Berechnungen decken folgende Aspekte ab: Den Eintrag an Kabelverlustwärme unter den verschiedenen interessierenden Lasten, die Temperaturen der Kabelleiter unter Berücksichtigung des entsprechenden Grenzwertes von 90 Grad, die Geschwindigkeit der natürlichen Luftströmung und die sich daraus ergebende Temperatur der Luft unter Berücksichtigung eines Grenzwertes von 40 Grad. Dabei wurden die Sensitivitäten bezüglich Temperatur der Aussenluft, barometrischer Druckdifferenz zwischen den Portalen sowie Änderungen der Felstemperatur analysiert.

Die durchgeführten Untersuchungen sind sehr umfangreich. Vorliegend werden nur jene Elemente beschrieben, welche für die Gesamtbeurteilung der Machbarkeit des Grimseltunnel essentiell sind. Im Übrigen sei auf den Fachbericht verwiesen.

Zur Ermittlung des Wärmeeintrags der Kabelleitung wird der dynamische Netzbetrieb mit einem vereinfachten Last-Modell nachgebildet, gemäss Baukasten Swissgrid. Dieses Modell besteht aus einer Dauerlast (RMS / quadratischer Mittelwert) im ungestörten Netzbetrieb sowie einer temporären Maximallast im gestörten Netzbetrieb (N-1-Fall).

Swissgrid hat den Auslegungslastfall in einer Netzstudie ermittelt. Gemäss dieser Studie beträgt der äquivalente Dauerstrom (RMS-Strom) bei normaler Netzverfügbarkeit 420 A. Der Maximalstrom N-1 beträgt 1750 A. Der massgebende Fall hinsichtlich Netzstörung ist der Unterbruch der Verbindung Handeck – Rotondo, sprich eines der beiden Stränge der Verbindung Oberwald – Innertkirchen. Die Dauer der Höchstlast beträgt gemäss Baukasten der Swissgrid mindestens 8 Stunden.

Um das Potential für höhere Belastung der Leitung auszuloten, wurde das thermische Verhalten zusätzlich mit folgenden Werten berechnet: Dauerlast von 840 A, als doppelter Wert der nominalen Anforderung. Maximallast von 2'600 A, als maximal zulässiger Strom eines 380-kV-Kabels mit einem Leiterquerschnitt von 2500 mm<sup>2</sup> in freier Luft, resp. bei idealer Lüftung. Dauer der Maximallast 164 Stunden, resp. 7 Tage.

Die thermischen Berechnungen wurden mittels der IEC-Normen sowie mit dem Berechnungsprogramm BAUKLIMA (Entwickelt durch die HBI Haerter AG) durchgeführt. Das Programm BAUKLIMA dient der Berechnung der aero- / thermodynamischen Vorgänge im Stollen und im Untergrund. Die IEC-Normen dienen der Berechnung der Verlustwärme sowie der Leitertemperaturen.

Die verwendeten Werkzeuge berücksichtigen die zeitabhängige Interaktion von Wärmefreisetzung der Kabelanlage, Wärmeübertragung aufgrund der Luftströmung und Wärmeaufnahme durch den Fels. Die Werkzeuge wurden für den spezifischen Anwendungsfall gelüfter Stollen in Zusammenarbeit mit Swissgrid ausgebaut und validiert.

## 9.4 Ergebnisse

Im gewählten Bündelungssystem mit zwei parallelen Stollen sind Bahntunnel und Kabelstollen thermisch und Lüftungstechnisch entkoppelt. Dementsprechend ist der Kabelstollen alleine für das Temperaturgeschehen verantwortlich.

Abbildung 29 zeigt den Verlauf der Temperaturen im zweiten Abschnitt, welcher aufgrund seiner grösseren Länge massgebend ist. Dargestellt sind die Temperaturen von Kabelleiter, Kabeloberfläche, Luft und Felsoberfläche. Die Luftströmung innerhalb des Kabelstollens wird

dabei einzig durch die thermischen Effekte erzeugt und beträgt in diesem Fall ca. 1.6 m/s. Die Lufttemperatur liegt maximal bei 27 Grad.

Die Temperatur der Luft und jene der Felsoberfläche sind beinahe identisch (die beiden Kurven liegen in der Abbildung übereinander). Grund dafür sind einerseits die grosse Wärmekapazität der umliegenden Felsmasse und andererseits der für die Wärmeabgabe hinreichende Luftzirkulation. Dagegen ist das Temperaturgefälle im Kabel gross, wegen des thermischen Widerstand von Kabelisolation und -mantel. Dennoch liegt die Leitertemperatur mit ca. 66 Grad weit unter dem Grenzwert von 90 Grad.

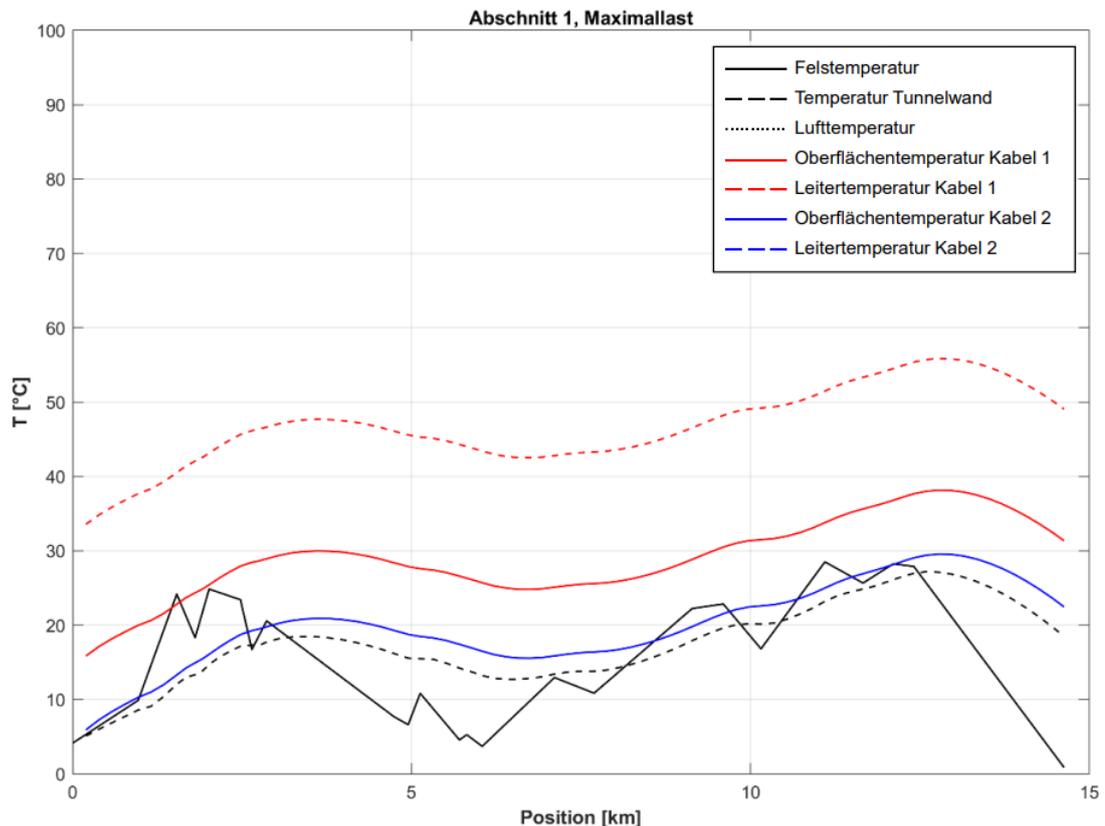


Abbildung 29: Zweiter Tunnelabschnitt, Verlauf der Temperaturen von Kabelleiter, Kabeloberfläche, Luft und Fels-oberfläche

Im ersten Tunnelabschnitt liegen die entsprechenden Temperaturen ca. 10 % tiefer. Obwohl dieser Abschnitt weniger als die halbe Länge des zweiten Abschnitts aufweist, sind die Temperaturunterschiede relativ klein. Dies gibt Zeugnis von der Tatsache, dass die Abfuhr der Wärme grösstenteils radial von der Kabeloberfläche in den Fels erfolgt – und nur in sehr geringem Masse longitudinal mit der Strömung zum Portal.

Die für den Auslegungslastfall und die darüberhinausgehenden Lasten berechneten Leitertemperaturen sowie Luftgeschwindigkeiten sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Die Ergebnisse zeigen, dass jenseits des Auslegungslastfalls noch ein grosses Potential besteht. Bei den höchsten angenommenen Strömen (840 A Dauerlast und 2600 A Maximallast) wird der Grenzwert von 90 Grad für die Leitertemperatur und jener für die Lufttemperatur (40 Grad) nur leicht überschritten. Mit dem Einsatz einer mechanischen Lüftung mit Luftgeschwindigkeiten > 2.5 m/s kann diese Grenzwertüberschreitung verhindert werden.

Tabelle 5: Zweiter Tunnelabschnitt, Berechnungsergebnisse für Luftgeschwindigkeit und Leitertemperatur

Normallast			Maximallast		
Strom [A]	Natürliche Luftgeschwindigkeit [m/s]	Leitertemperatur [°C]	Strom [A]	Natürliche Luftgeschwindigkeit [m/s]	Leitertemperatur [°C]
420	1.5	30	1750	1.6	56
840	1.8	42	1750	1.8	62
420	1.5	30	2600	1.8	88
840	1.8	42	2600	2.0	94

Schwankungen der Aussentemperatur, tägliche und saisonale, haben lediglich im talseitigen Portalbereich von etwa 500 m einen Einfluss auf das Temperaturgeschehen. Im Inneren des Stollens werden die Ergebnisse vollständig von der Felstemperatur bestimmt.

Ein kleinerer Gradient der Felstemperatur, z.B. 1.5 Grad pro 100 m Überdeckung, vergrößerte den Temperaturunterschied zwischen Kabel und Fels, was eine positive Auswirkung auf die Wärmeabfuhr hat. Eine reduzierte Felstemperatur hat aber auch eine reduzierten natürlichen Auftriebsströmung zur Folge, was die Wärmeabfuhr negativ beeinflusst. Insgesamt überwiegt aber bei einer reduzierten Felstemperatur der positive Effekt.

Die Dauer der Maximallast auf der Kabelleitung hat nur einen geringen Einfluss auf die Temperaturen. Der markante Anstieg findet unmittelbar nach dem Lastsprung statt. Die erhöhte Temperaturdifferenz zwischen Kabel und Felsoberfläche intensiviert die Wärmeübertragung und den natürlichen Luftstrom. Nach dem Lastsprung steigen die Temperaturen zwar weiter an, jedoch nur sehr langsam, wegen der grossen thermischen Trägheit der umgebenden Felsmassen. Dieser Sachverhalt ist exemplarisch in Abbildung 30 für den ersten Tunnelabschnitt dargestellt, wobei ein extremer Maximallastfall von 168 Stunden, bzw. 7 Tagen simuliert wurde.

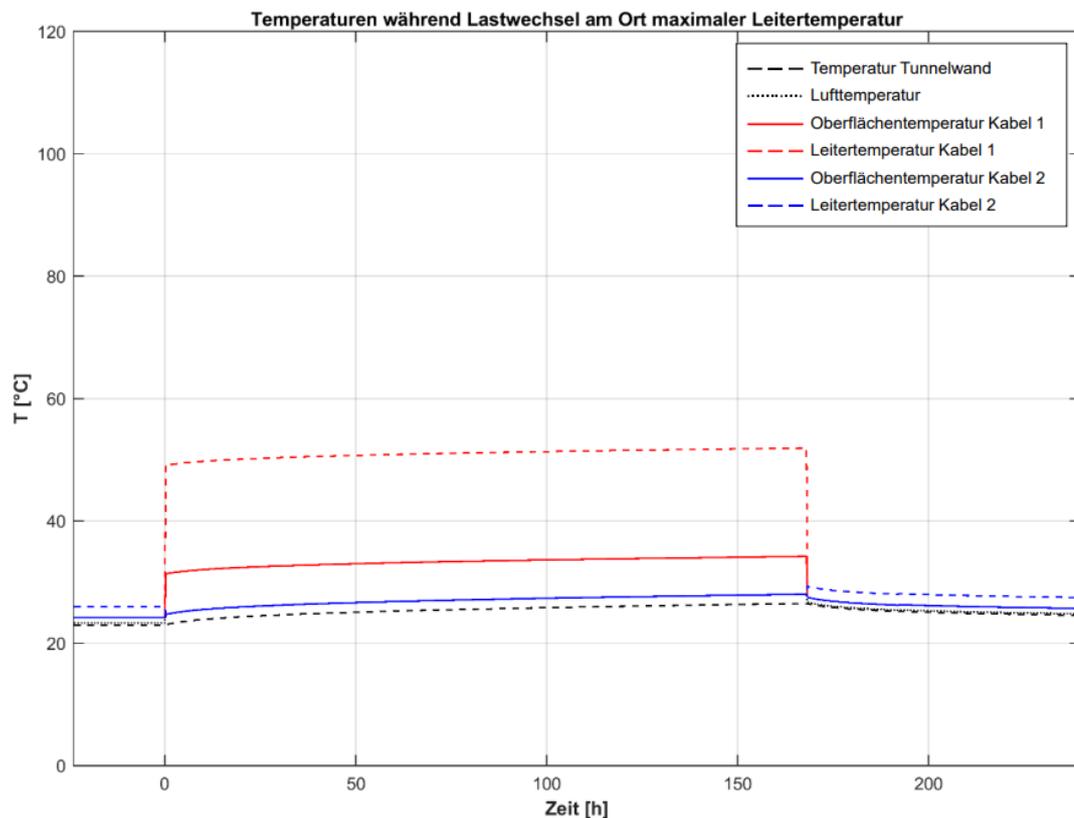


Abbildung 30: Erster Tunnelabschnitt, Temperaturverläufe in Funktion der Zeit am Ort höchster Temperatur bei einem Maximallastereignis von 7 Tagen

Die barometrische Druckdifferenz kann im zweiten Tunnelabschnitt, welcher das Grimselmassiv durchstösst, Einfluss auf die Grösse oder gar die Richtung der natürlichen Strömung nehmen. Hinsichtlich Wärmeabfuhr ist die barometrische Druckdifferenz nur so weit relevant, als stets eine minimale Strömung im Bahntunnel bzw. Kabelstollen gewährleistet sein muss; die Richtung der Strömung ist irrelevant. Die Berechnungen haben gezeigt, dass bei Normallast und bei einem Temperaturgradient von 3 Grad pro 100 m Überdeckung die Strömungsumkehr bei einem Gegendruck von 200 – 250 Pa auftritt. Dieser Wert ist jedoch stark abhängig von den effektiven Felstemperaturen und im Kabelstollen auch von der eingebrachten Verlustwärme. Ohne konkrete Barometrische Messungen kann Strömungsumkehr nicht eindeutig ausgeschlossen werden.

Durch den Bau der Transitgasleitung ist bekannt, dass im Bereich unter Grimselpasshöhe eine hydrothermale Störungsbrekkzie vorhanden ist. Gemäss einer geothermischen Expertise [Beilage D28] ist davon auszugehen, dass die Felstemperatur in diesem Bereich bis auf 45 Grad ansteigen kann. Die genaue Ausdehnung der Störung ist nicht bekannt. Ebenfalls ist nicht bekannt, wie gross die Wasserführung ist. Letztere, resp. die baulichen Möglichkeiten zur Abdichtung sind massgebend für die Temperatur an der Felsoberfläche.

Die genannte geologische Expertise rät im Weiteren, den Gradienten für die Felstemperatur auf 2.5 Grad pro 100 m Überdeckung (statt 3 Grad) anzusetzen.

In Abbildung 31 sind die Verläufe der unterschiedlichen Temperaturen bei Berücksichtigung der Störungsbrekkzie und des leicht reduzierten Temperaturgradienten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Auswirkungen primär lokaler Natur sind, dort aber zu deutlich grösseren Luft und Leitertemperaturen führen. Bei Maximallast steigt die Lufttemperatur lokal auf ca. 40 Grad. Die maximale Leitertemperatur bei Maximallast wird um ca. 10 °C erhöht. Mit

mechanischer Lüftung können die Temperaturen auch bei hoher Kabelbelastung in den zulässigen Grenzen gehalten werden.

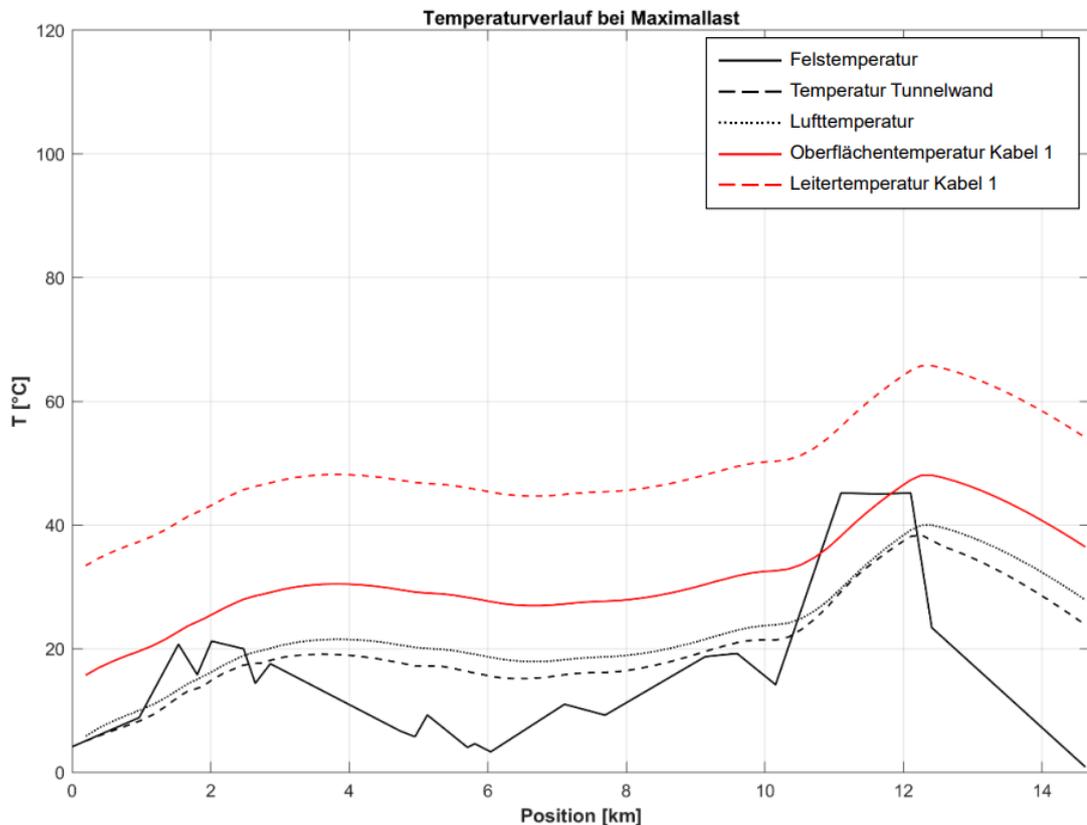


Abbildung 31: Temperaturverläufe mit Berücksichtigung der Störzone von 45 Grad im Raume Grimselpasshöhe

Die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigen, dass die Lufttemperatur im Kabelstollen bei natürlicher Lüftung in einem sehr weiten Bereich des Lastflusses unterhalb von 40 °C bleibt. Damit ist die Voraussetzung erfüllt, die Personenschutzräume aus dem Kabelstollen heraus zu belüften und den Parallelstollen, resp. Kabelstollen als Lüftungs- sowie Fluchtstollen zu nutzen.

Im Weiteren bestätigen die Ergebnisse, dass die Kabelleitung mit natürlicher Lüftung deutlich über den Auslegungslastfall hinaus belastbar ist. Mit mechanischer Lüftung kann die Belastbarkeit noch weiter gesteigert werden, unter Einhaltung der Grenze von 40 Grad für die Lufttemperatur. Ein Überschreiten dieser Temperaturgrenze ist allerdings nicht ganz ausgeschlossen, im Falle sehr lang andauernder Höchstlast oder verspätetem Einsatz der mechanischen Lüftung.

Die natürliche Lüftung in der geeigneten Tunnelanlage kann die Funktion der Brandlüftung gewährleisten. Allerdings lässt sich mit heutigem Erkenntnisstand eine wetterbedingte Strömungsumkehr noch nicht gänzlich ausschliessen. Deshalb ist einstweilen eine mechanische Brandlüftung vorgesehen.

## 9.5 Lüftungskonzept

Grundlagen des Lüftungskonzepts sind die Aufteilung der Stollen in zwei Lüftungsabschnitte gemäss Abbildung 27, sowie die Anforderungen seitens Sicherheits- und Rettungskonzept, wie in Abs. 9.1 beschrieben.

Die Lüftung des Bahntunnels und jene des Kabelstollens sind separate Anlagen. Die Lüftung des Kabelstollens dient der Wärmeabfuhr der Kabelanlage sowie der Gewährleistung der Lufthygiene, resp. Rauchfreiheit in den sicheren Bereichen. Die Brandlüftung im Bahntunnel dient der Sicherheit im Ereignisfall. Abbildung 32 zeigt das grundsätzliche Schema der mechanischen Lüftung.

Das Konzept umfasst die folgenden wesentlichen Lüftungskomponenten:

- Bahntunnel: Strahlventilatoren in den Portalbereichen beider Bahntunnelabschnitte, d.h. bei Innertkirchen, Guttannen und Oberwald. Angeordnet in der Kalotte gemäss Abbildung 33. Total 15 Einheiten.
- Kabelstollen: Lüftungszentralen mit Axialventilatoren am Portal Innertkirchen und beim Bahnhof Guttannen zur bedarfsgerechten Luftzufuhr.
- Personenschutzräume: Je ein Zuluftventilator in der Abschlusswand zwischen Kabelstollen und Personenschutzraum für Frischluftzufuhr aus dem Kabelstollen (Abbildung 34).

Die Belüftung des Kabelstollens wäre auch mit Strahlventilatoren möglich. Aufgrund der nötigen Anzahl, der Kosten sowie auch der negativen Auswirkungen auf die Personenflucht (hohe Luftgeschwindigkeiten im Bereich der Strahlventilatoren, Lärm) erscheinen Axialventilatoren zum jetzigen Zeitpunkt vorteilhafter.

Die Lüftung der Personenschutzräume dient dazu, einen Rauchübertritt vom Bahntunnel in den Personenschutzraum zu verhindern. Dazu wird Luft aus dem Kabelstollen in den Personenschutzraum gefördert. Bei geschlossenen Türen führt dies zu einem Überdruck im Personenschutzraum, bei geöffneten Türen stellt sich eine Strömung durch die offene Tür ein. Die Lüftung hat dabei eine Strömung von im Mittel 2 m/s durch die offene Tür zu erreichen, wobei berücksichtigt ist, dass beide Türen gleichzeitig offen sein können.

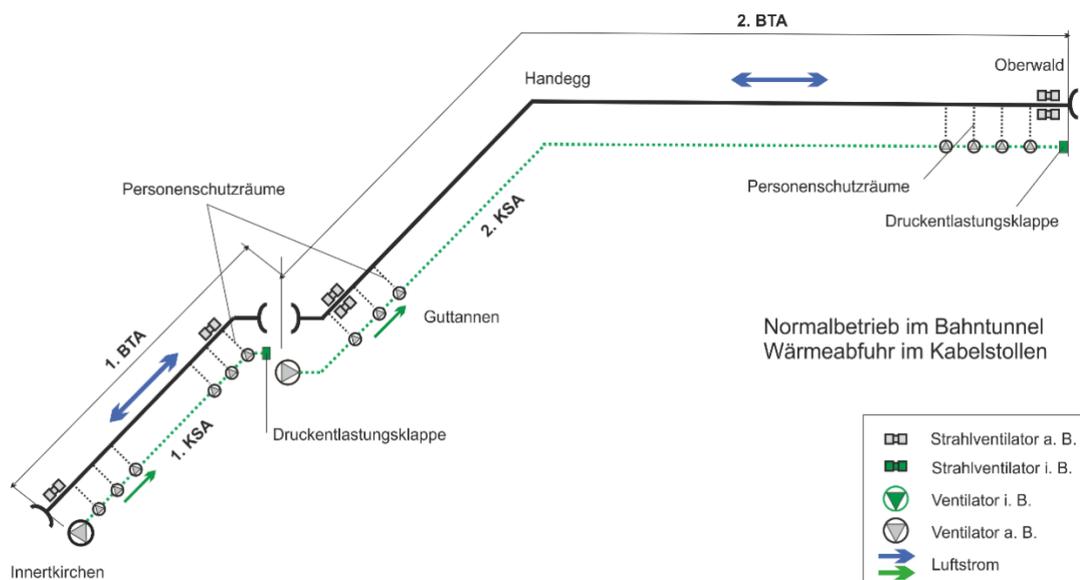


Abbildung 32: Schema des Lüftungskonzepts

Im aktuellem Projektstand ist eine Brandlüftung vorgesehen, welche die natürliche, bergwärts gerichtete Luftströmung unterstützt und nötigenfalls auch eine meteorologisch bedingte Richtungsumkehr verhindert. In den folgenden Projektphasen soll deren Notwendigkeit geprüft werden: Falls auf der Grundlage barometrischer Präzisionsmessungen nachgewiesen werden kann, dass der thermische Auftrieb in allen denkbaren Situationen hinsichtlich Wetter und Zugbewegungen eine zuverlässige Rauchabfuhr nach Süden gewährleistet, kann auf die mechanische Lüftung im Bahntunnel verzichtet werden.

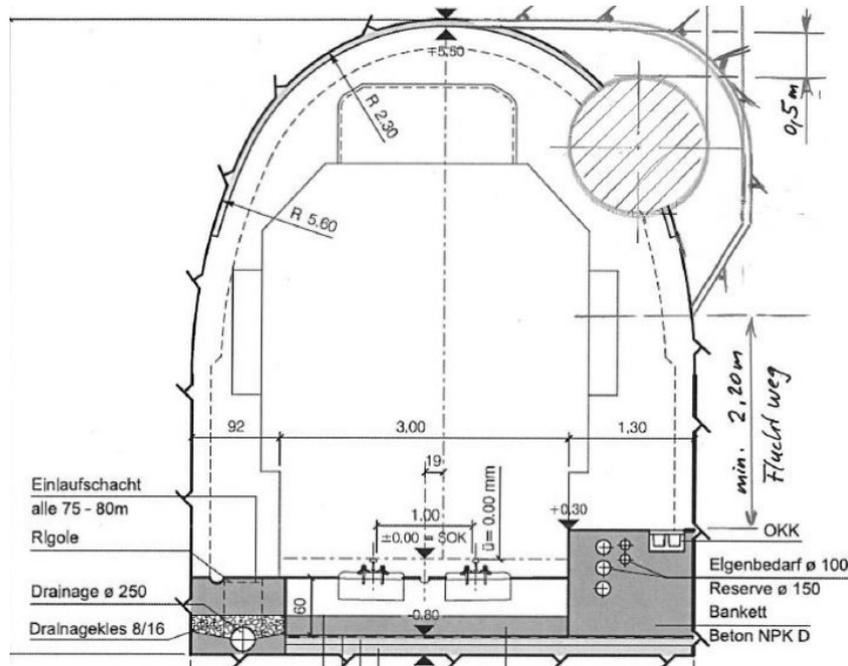


Abbildung 33: Anordnung der Strahlventilatoren für die Brandlüftung im Bahntunnel

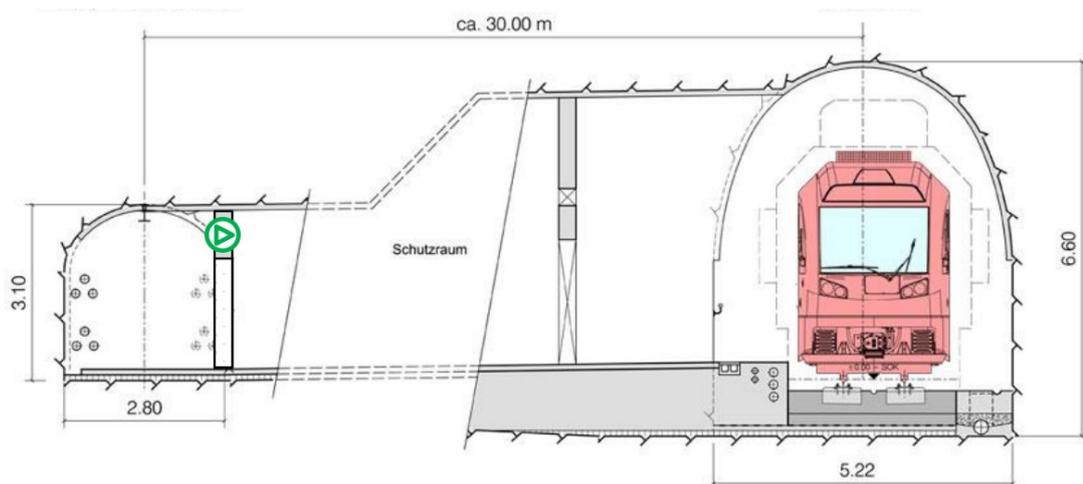


Abbildung 34: Zuluftventilator zum Personenschutzraum zur Gewährleistung von dessen Rauchfreiheit

Der Zugangsstollen zum Haltepunkt Handeck sowie die Kabel-Anschlussstollen Handeck und Grimsel sind lüftungstechnisch von der Tunnelanlage getrennt, d.h. sind separate Lüftungsabschnitte. Sie erfordern je einen Zuluftventilator, welcher die Luft mittels einer Lutte an die portalabgewandte Seite fördert. Der Zugangsstollen Handeck mit seinen Türen zum Haltepunkt ist dadurch gegenüber einem Raucheintritt geschützt.

Bezüglich Erhaltungsbetrieb (Arbeiten im Tunnel) kann man davon ausgehen, dass die natürliche Strömung ausreichend Frischluft zuführt.

Die Ausrüstung der Tunnelanlage mit mechanischen Lüftern gemäss beschriebenem Konzept ist im Fachbericht spezifiziert (Lüfter-Typ, Leistung, Anzahl Positionierung). Dazu findet sich im Fachbericht auch die Kostenschätzung.

## 10 Sicherheits- und Rettungskonzept

### 10.1 Einleitung

**Grundlage:** Sicherheits- und Rettungskonzept [Beilage D13]

Das Sicherheits- und Rettungskonzept dieser Projektphase soll den Nachweis erbringen, dass die multifunktionale Infrastruktur, welche in dieser Kombination erstmalig geplant wird, aus sicherheitstechnischer Optik machbar ist. Für die drei in Betracht gezogenen Varianten zur Bündelung von Bahn und Höchstspannungsleitung wurde je ein Sicherheits- und Rettungskonzept erstellt und bewertet. Daraus wurde die Empfehlung der Bestvariante abgeleitet, namentlich System 3 mit zwei parallelen Stollen. Die nachfolgenden Ausführungen betreffen diese Bestvariante.

In der bevorstehenden Phase der Projektierung soll das Sicherheitskonzept für die gewählte Bündelungsvariante detailliert ausgearbeitet werden, als Bestandteil des Plangenehmigungsgesuchs.

Die Untersuchungen legen im Ergebnis dar, wie die Sicherheit der Bahnreisenden bei den relevanten Ereignisszenarien, unter Mitberücksichtigung der Risiken der Höchstspannungsleitung, gewährleistet werden kann. Dabei stellt die geforderte hohe Verfügbarkeit der Übertragungsleitung im europäischen Verbundnetz einen massgebenden Faktor dar.

Bei der gewählten Bündelungsvariante, System 3, befindet sich die Höchstspannungsleitung separat in einem Kleinstollen parallel zum Bahnstollen, mit ca. 30 m Distanz. Zwischen den beiden Stollen bestehen Querverbindungen im Abstand von höchstens 500 m. Der Parallelstollen soll gleichzeitig als Fluchtweg für die Passagiere dienen und die Querverbindungen sollen als Personenschutzräume ausgebaut werden. Verwurzelt ist dieses System mit zwei parallelem Stollen im Bauprozess, für welchen es dank Synergien eine wirtschaftliche Lösung darstellt: Aufgrund der Geologie des Gebirges (Granit und Gneis) ist das Auffahren der Stollen mittels Sprengtechnik vorteilhaft. Der Parallelstollen wird gleichzeitig mit dem Bahntunnel mit derselben Bauinstallation vorgetrieben. Dabei dient der zweite Stollen der Lüftung, Entwässerung und Personensicherheit, so dass im Hauptsollen Anforderungen an Ausbauten und an Raum für Lüftungseinrichtung entfallen. Dank dessen sind die Mehrkosten für die Zwei-Stollen-Lösung im einstelligen Prozentbereich. Im Betrieb bietet dieses System bedeutende Vorteile hinsichtlich Personensicherheit sowie Verfügbarkeit der Höchstspannungsleitung – wie nachfolgend ausgeführt.

### 10.2 Ereignisszenarien

Der Bahnbetrieb ist ausschliesslich als Personenverkehr vorgesehen, d.h. es gibt weder Güterverkehr noch einen Autoverlad.

In der multifunktionalen Infrastruktur sind die folgenden spezifischen Ereignisszenarien zu berücksichtigen:

Ereignisszenarien seitens Bahn:

- Brand eines Zuges
- Entgleisung eines Zuges
- Zusammenstoss zweier Züge

Ereignisszenarien seitens Höchstspannungsleitung mit Auswirkungen auf Reisende (die Auswirkungen auf die Leitung selber werden hier nicht betrachtet):

- Hohe Lufttemperatur aufgrund ausserordentlicher Maximallast
- Isolationsdurchschlag → Plasmastrahl
- Erdschluss und Rückstrom durch das Erdungssystem des Tunnels → Berührungsspannungen

Weitere Ereignisse, wie beispielsweise ein Kabelbrand oder der Brand eines Transportmittels im Kabelstollen, bestimmen das Risiko nicht massgeblich.

### 10.3 Spezifische Gegebenheiten Grimseltunnel

Einer der kritischen Aspekte der Kabelleitung in Bezug auf das Schutz- und Rettungskonzept für die Bahnpassagiere stellt die Abfuhr der Verlustwärme der Kabelleitung dar, resp. die daraus resultierende Lufttemperatur im Tunnel. Die Ausrüstung des Tunnels in der ersten Phase mit nur zwei Kabelsträngen stellt diesbezüglich den Worst Case dar, weil sich in diesem Fall die Transit- und die Kraftwerksleistungen auf denselben zwei Strängen addieren. Die Verlustleistung ist proportional zum quadratischen Wert des Stromes.

Betreffend die Lastfälle der Höchstspannungsleitung muss unterschieden werden zwischen:

- Auslegungslastfall: Die Kabelanlage und die Lüftung wird derart ausgelegt, dass die Temperaturgrenze von 40 Grad nicht überschritten wird.
- Ausserordentlicher Maximallastfall: Die Last geht bis an die Grenze der Kapazität des Kabels und dauert ausserordentlich lang (Tage bis Wochen). Eine Leitertemperatur von 105 °C setzt die oberste Grenze der Belastbarkeit. Das ist ein sehr seltenes Ereignis, welches nur dann zu erwarten ist, wenn im Netz aufgrund zahlreicher Leitungsausschaltungen eine Krisensituation besteht. Die Lufttemperatur im Parallelstollen kann sich dabei über 40 Grad hinaus erhöhen, so dass die Voraussetzungen für eine ordentliche Evakuierung im Brandfall nicht mehr erfüllt wären.

Aus der Optik der Swissgrid resp. des Netzbetriebs ist die Verfügbarkeit der Stromleitung, insbesondere in einem Fall besonders hoher Last, der wesentliche Faktor bei der Beurteilung der Zweckmässigkeit einer Bündelung im Grimseltunnel. Deshalb wurden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

Im Zusammenspiel zwischen Bahn und Stromleitung hat die Verfügbarkeit der Leitung Priorität vor der Verfügbarkeit des Bahnbetriebs, ohne jedoch bei der Bahnsicherheit Kompromisse in Kauf zu nehmen. Folglich können seltene Fälle eintreten, bei welchen der Bahnbetrieb einzustellen ist, um Einschränkungen seitens Leitung auszuschliessen. Die Häufigkeit solcher Fälle wird für den zukünftigen Bahnbetreiber aber als akzeptierbar eingeschätzt (siehe unten).

Im Sinne obiger Ausführungen stellt sich auch folgende Frage: Ist es hinsichtlich Magnetfeld akzeptabel, den Parallelstollen als Fluchtstollen zu nutzen, unter der Bedingung, dass die Höchstspannungsleitung nicht ausgeschaltet werden muss? Im Parallelstollen kann zwar der SUVA-Grenzwert für das Magnetfeld eingehalten werden, jedoch nicht der Immissionsgrenzwert gemäss NISV von 100 Mikrottesla, welcher für die allgemeine Bevölkerung gilt. Die Nachfrage beim BAFU, Sektion NIS, hat ergeben, dass dies zulässig ist in einem Fall, in welchem das Risiko der Magnetfeldexposition gegenüber jenem eines Brandes abzuwägen ist. Ein akutes Risiko der kurzzeitigen Magnetfeldexposition besteht nur für Personen mit

Herzschriftmachern (im unwahrscheinlichen Fall einer hohen Kabelbelastung im Zeitpunkt eines Brandereignisses). Am Übergang vom Personenschutzraum zum Parallelstollen ist ein entsprechender Warnhinweis anzubringen: Schutzsuchende mit Herzschriftmacher sollen im ersten erreichten Schutzraum verbleiben.

## 10.4 Sicherheits- und Rettungskonzept

Für die Zusammenstellung der normativen Anforderungen an ein Sicherheits- und Rettungskonzept sei auf den entsprechenden Fachbericht verwiesen [Beilage D13].

Infrastrukturmassnahmen für das Schutz- und Rettungskonzept sind wie folgt vorgesehen:

**Fluchtwege ins Freie** bestehen über die Tunnelportale Innertkirchen und Oberwald, den Bahnhof Guttannen sowie den Zugangsstollen Handeck. Weitere Ausgänge ins Freie sind aufgrund der Schnee- und Lawinensituation nicht möglich.

Innerhalb des Tunnels sind **sichere Bereiche** für den Aufenthalt der Passagiere vorgesehen. Namentlich sind die Querverbindungen zwischen Bahn- und Parallelstollen als **Personenschutzräume** ausgebaut, und der Parallelstollen gewährleistet die sichere Verbindung zwischen den verschiedenen Personenschutzräumen. Der Abstand zwischen den Querverbindungen beträgt maximal 500 m. Aus bauleistungsrechtlichen Gründen ist aber anzunehmen, dass geringere Abstände realisiert werden. Bei vollständiger Belegung eines Personenschutzraumes besteht die Möglichkeit, via Parallelstollen in weitere Personenschutzräume zu gelangen (Abbildung 35). Aus dem Bahnstollen sind die Personenschutzräume über den Fluchtweg erreichbar.

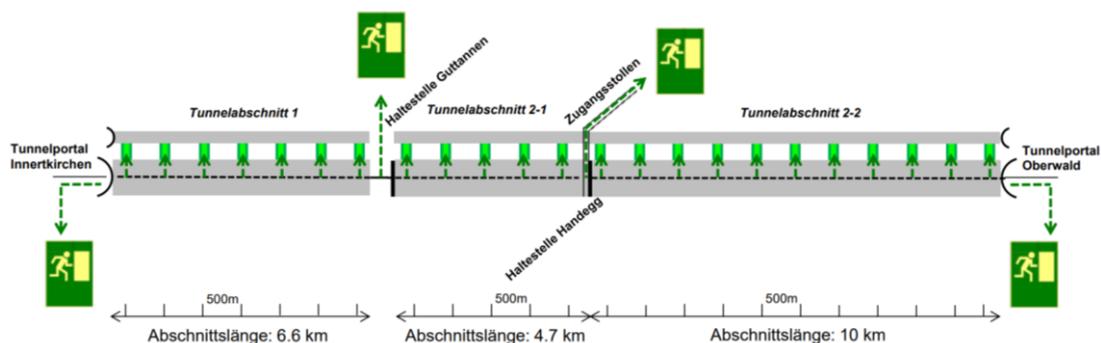


Abbildung 35: Schema Rettungskonzept

Die Grösse der Querverbindungen, resp. der Personenschutzräume wird sich im Wesentlichen aus dem bauleistungsrechtlichen Konzept ergeben. Bei der voraussichtlichen Grundfläche der Querverbindungen werden sich die 450 Passagiere einer voll besetzten Komposition mit Verstärkungsmodul auf etwa 5 Personenschutzräume verteilen. Pro Person wird mit einem Platzbedarf von 2.0 m<sup>2</sup> gerechnet.

Die markante Neigung der Tunnelanlage gewährleistet eine **natürliche Luftströmung** bergwärts, resp. in südlicher Richtung (Kamineffekt). Deshalb ist für den Normalbetrieb keine Betriebslüftung notwendig. Sofern sich die Stabilität dieser Luftströmung bestätigt, ist auch für den Brandfall keine mechanische Lüftung vorgesehen. In der Selbstrettungsphase nach einem Brandereignis ist die natürliche Strömung vorteilhaft, da sie weniger turbulent ist als eine forcierte Lüftung und damit in der Anfangsphase eines Ereignisses eine bessere

Rauchsichtung ermöglicht. Dies erleichtert die Selbstrettung in die Personenschutzräume auf der südlichen verrauchten Seite des Brandes. Die nördliche Seite bleibt stets rauchfrei.

Zur Gewährleistung der Sicherheit der Reisenden in den Personenschutzräumen und im Parallelstollen wird die mechanische Lüftung der Kabelanlage eingesetzt. Sie gewährleistet die nötige Luftqualität und -temperatur und dient der Belüftung der Personenschutzräume via einem Zuluventilator aus dem Parallelstollen in den Schutzraum. Damit wird jeder Personenschutzraum mit einer mechanischen Belüftungsanlage aus dem Parallelstollen mit Frischluft versorgt und unter Überdruck gegenüber dem Bahntunnel gehalten. Die Belüftung der Schutzräume startet automatisch bei Öffnung einer Verbindungstüre, oder sie startet auf Befehl der Leitstelle.

Eine Optimierungsmöglichkeit dieser Variante wäre in der kommenden Projektphasen noch zu prüfen: Namentliche die Frage, ob die Querverbindungen gegenüber dem Parallelstollen nur mit einem Gittertor abgeschlossen und damit lüftungstechnisch verbunden werden könnten, so dass die Ventilatoren in den Querverbindungen entfallen würden. Dafür müsste die Lüftung im Kabelstollen genügenden Druck gegenüber dem Bahnstollen aufbauen können.

Die **Selbstrettung** gestaltet sich wie folgt: Die Personen entfernen sich auf dem Bankett-Fluchtweg vom Brandort und flüchten auf der verrauchten Seite in den nächstliegenden, maximal 500 m entfernten Schutzraum, oder allenfalls über das Portal ins Freie. Eine Verteilung auf weitere Schutzräume erfolgt via Parallelstollen. Ein längerer Aufenthalt im Parallelstollen ist nicht vorgesehen; mittels Signalisierung und Ausgestaltung der Örtlichkeiten wird dies verständlich gemacht.

Die **Fremdrettung** erfolgt von der rauchfreien Nordseite aus. Die Stationierung des Lösch- und Rettungszuges ist in Innertkirchen vorgesehen. Nach der Selbstrettung befinden sich die Personen in den Schutzräumen, oder auf der rauchfreien Seite evtl. im Tunnel. Der Ablauf der Fremdrettung gestaltet sich wie folgt: Der Lösch- und Rettungszug und/oder ein geeigneter Evakuierungszug fährt von der nördlichen, rauchfreien Seite bis an den Ereignisort ein. Via Parallelstollen werden zuerst jene Personen herausgeführt, welche sich in den Schutzräumen südlich des Ereignisortes in Personenschutzräumen befinden. Danach werden die Personen auf der Nordseite via Bahnstollen evakuiert.

Die Stationierung eines LRZ auf der Südseite ist aus Sicht des vorliegenden Konzepts ist eine später zu prüfende Option für Ereignisse mit geringer oder gar keiner Rauchentwicklung.

## 10.5 Beurteilung der Ereignisszenarien

**Brand:** Die Distanzen zwischen den sicheren Bereichen, den Personenschutzräumen, betragen maximal 500 m, so dass Konformität mit den Normen besteht. Die Schutzräume können auch auf der verrauchten Seite i.d.R. dank nur mässiger Distanz und Rauchsichtung gut erreicht werden. Das Risiko liegt gemäss QRA (Abs. 10.6) deutlich im akzeptablen Bereich.

**Entgleisung oder Zusammenstoss** zweier Züge sind bei tiefen Geschwindigkeiten in der Regel auf Verletzungen und maximal einzelne Todesopfer beschränkt. Im Vergleich zum Zugbrand, bei welchem es wichtig ist, aufgrund der Verrauchung möglichst rasch in einen sicheren Bereich zu gelangen, ist dies bei diesem Ereignis nicht essentiell. Wichtig ist allerdings, dass die Einsatzkräfte rasch zum verunfallten Zug vordringen können und allenfalls verletzte Personen versorgen und evakuieren können.

**Überschreitung der Grenze für die Lufttemperatur** infolge maximaler und langanhaltender Last auf der Kabelleitung ist ein seltenes Ereignis. Aufgrund der grossen thermischen

Trägheit der umgebenden Felsmasse steigt die Temperatur nur sehr langsam an (siehe Kapitel 9). Im Falle eines solchen Ereignisses muss der Bahnbetrieb unterbrochen werden, da die Bedingungen für ordentliche Evakuierungen im Brandfall nicht mehr erfüllt sind. Die Einschätzung der Relevanz eines solchen Ereignisses für den Bahnbetrieb wird anhand eines Fallbeispiels unter folgenden pessimistischen Annahmen abgeschätzt:

Ausfall benachbarter Leitungen (N-1-Fall) aufgrund statistischer Daten alle 1 bis 5 Jahre. Dabei ausserordentlicher Maximallastfall in jedem 3. bis 10. N-1-Fall. Dauer der Temperatur über 40 Grad: 8 Stunden beim 1-jährlichen Ereignis; 24 Stunden beim 5-jährlichen Ereignis.

Unter diesen pessimistischen Annahmen ergeben sich Bahnbetriebsausfälle aufgrund eines ausserordentlichen Maximallastfalls alle 3 bis 10 Jahre von 8 Stunden bzw. alle 15 bis 50 Jahre von 24 Stunden. Ausfälle dieses Umfangs werden als akzeptabel angesehen, insbesondere auch deshalb, weil auf der Tunnelstrecke keine sonstigen Umwelteinflüsse vorhanden sind, die den Betrieb beeinträchtigen könnten.

**Isolationsdurchschlag:** Die Gefährdung ergibt sich durch den vom Lichtbogen verursachten Plasmastrahl (unter hoher Temperatur verdampfte Materie). Gefährdet sind Personen im Parallelstollen im Falle einer Evakuierung, sowie dort befindliches Betriebspersonal.

Diese Risiken wurden in einer separaten Studie detailliert analysiert (Physik des Ereignisses, Häufigkeit von Isolationsversagen) und mit einer quantitativen Risikoanalyse beurteilt [Beilage D16]. Die Studie hat ergeben, dass die Risiken aufgrund von Isolationsdurchschlägen in Kabeln oder Muffen im akzeptablen Bereich liegen. Dabei wurde die konservative Annahme getroffen, dass sich die Passagiere im Parallelstollen und nicht in den Personenschutzräumen aufhalten.

**Erdschluss und Berührungsspannungen:** Ein Erdschluss der Leitung ausserhalb des Tunnels ist ein häufiges Ereignis, welches mit einer Kurzunterbrechung meist schadlos beseitigt wird. Beim Erdschluss vor dem Tunnel fliesst der Rückstrom durch das Erdungssystem des Tunnels. Dieser Strom kann gefährliche Berührungsspannungen zwischen geerdeten Teilen verursachen und ist deshalb ein relevantes Ereignis. Dieses Ereignis kann allerdings mit einer einfachen Massnahme beherrscht werden: Das Erdungssystem wird vollständig vermascht, und sämtliche metallischen Konstruktionselemente werden konsequent miteinander und dem Erdungssystem verbunden. Das von einem Erdschluss ausgehende Risiko kann durch diese Massnahmen vollständig beseitigt werden.

## 10.6 QRA

**Grundlage:** Quantitative Risikoanalyse Grimseltunnel [Beilage D12]

Abbildung 36 zeigt das Ergebnis der Analyse sämtlicher Risiken für den zweiten, längeren Tunnelabschnitt Guttannen – Oberwald im Wahrscheinlichkeits-Ausmass-Diagramm. Die Abbildung zeigt das Risikoprofil für die gewählte Bestvariante in Blau sowie jenes für die anderen beiden Varianten, Systeme 1 und 2, in Rot. Die Unerheblichkeitslinie ist die untere der eingezeichneten gestrichelten Linien.

Bei den mittleren und hohen Ausmassen ( $> 0.4$ ) weist die Bestvariante (Blau) deutlich tiefere Risiken aus, mit einer Reduktion um bis zu einen Faktor 13. Grund dafür sind die wesentlich verkürzten Fluchtdistanzen von 500 Metern statt jener von 2 Kilometern bei den Personenschutz-Kavernen der Systeme 1 und 2. Die Vorteile der Bestvariante liegen aber nicht nur bei

der Personensicherheit, sondern auch bei der Verfügbarkeit der Hochspannungsleitung, welche im Parallelstollen von Ereignissen der Bahn unbeeinflusst bleibt.

Die Risikoanalyse zeigt, dass mit allen Varianten ein akzeptables Sicherheitsniveau erreicht werden kann; namentlich liegen sämtliche Risikoprofile unterhalb der Unerheblichkeitslinie. Dabei zeichnet sich aber die Bestvariante dadurch aus, dass sie vollumfänglich dem Stand der Technik entspricht. Sie gewährleistet in jeder Hinsicht einen sicheren Bahnbetrieb, auch bei einer allfälligen Verdichtung des Fahrplanes in einer späteren Phase, und erfüllt die sicherheitsrelevanten Normen für Eisenbahntunnel.

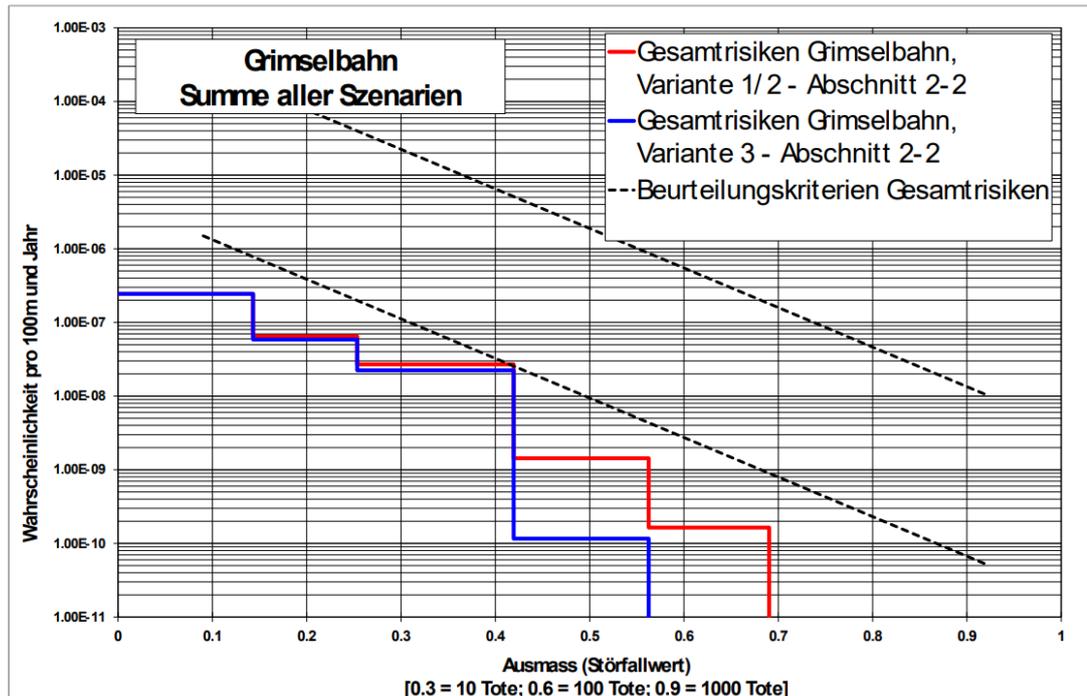


Abbildung 36: Risikoprofil für den zweiten, längeren Tunnelabschnitt. Bestvariante in Blau, andere Varianten (Systeme 1 und 2) in Rot. Untere gestrichelte Linie: Unerheblichkeitslinie.

Mit dem vorliegenden Sicherheits- und Rettungskonzept wird dargelegt, dass die multifunktionale Infrastruktur die Sicherheit der Reisenden und Verfügbarkeit der Übertragungsleitung gewährleistet, mit einem klaren Vorteil für die Zwei-Stollen-Lösung. Bahn und Leitung können parallel betrieben werden, ohne relevante Kompromisse, weder seitens Bahn noch seitens Leitung.

## 11 Raumplanung und Deponien

### 11.1 Richtplan Kanton Bern

Im Richtplan des Kantons Bern ist der Grimseltunnel als Massnahme R10 mit Objektblatt<sup>1</sup> und Erläuterndem Bericht enthalten. Die entsprechenden Aktivitäten unter der Leitung des kantonalen Amtes für Gemeinden und Raumplanung, AGR, waren bereits 2017 abgeschlossen. Für den Koordinationsstand Festsetzung fehlten aber gewisse Voraussetzungen, welche inzwischen erfüllt sind. Der entsprechende Beschluss des Berner Regierungsrates steht bevor.

Als wesentliche Voraussetzung für eine Festsetzung wurde seitens Bundesamts für Raumentwicklung, ARE, verlangt, dass auch die Materialbewirtschaftung in die entsprechende Raumplanung miteinbezogen wird. Dazu war ein Prozess in zwei Stufen erforderlich:

Erste Stufe: Festsetzung im Regionalen Richtplan ADT, Oberland-Ost: Anhand eines Materialbewirtschaftungskonzepts [Beilage D22] wurden die möglichen Deponiestandorte im Raume Aaretal – Grimsel auf Ihre Eignung geprüft. Ergebnis dieser Evaluation war die Konzentration auf die beiden Deponien Blänggen in Innertkirchen und Hangeggi in Guttannen. Blänggen ist aktuell in Betrieb und bietet noch ein nutzbares Volumen von 200'000 m<sup>3</sup>, geeignet für die Ablagerung aus dem Vortrieb des Tunnelabschnitts von Innertkirchen nach Guttannen. Dazu waren keine weiteren raumplanerischen Massnahmen erforderlich. Handeggli befand sich im Regionalen Richtplan Abbau, Deponie und Transporte, ADT, der Region Oberland-Ost auf Koordinationsstand Zwischenergebnis, ursprünglich bestimmt für Ausbauten der KWO. Das vorgesehene Volumen von 1'500'000 m<sup>3</sup> deckt den gesamten verbleibenden Deponiebedarf des Grimseltunnels ab. Aufgrund einer neuen Standorteingabe erfolgte eine Anpassung des Objektblattes für die Nutzung der Deponie durch den Grimseltunnel und 2018 die Festsetzung im ADT.

Zweite Stufe: Festsetzung im kantonalen Richtplan Massnahme C15<sup>2</sup>. Die Verankerung der Deponie Handeggli in der kantonalen Richtplanung erfolgte 2021 durch Aufnahme als Massnahme Nummer 89 in den kantonalen Richtplan C15 Abfallanlagen von kantonaler Bedeutung. Dieser befindet sich auf Koordinationsstufe Festsetzung.

### 11.2 Deponie Handeggli, Überbauungsordnung

Die Deponie Handeggli befindet sich innerhalb des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler, BLN. Bauvorhaben in solchen Schutzgebieten sind weitgehend ausgeschlossen, resp. nur unter besonderen Umständen und Bedingungen möglich. Fachinstanz in dieser Angelegenheit ist die Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission, ENHK.

Die Realisierbarkeit dieser Deponie ist ein entscheidender Aspekt der Machbarkeit des Vorhabens Grimseltunnel. Das entsprechende Bewilligungsverfahren ist zeitkritisch und, wie vorhin festgestellt, besonderen Normen unterliegend, d.h. kann nicht alleine nach Massgabe des Eisenbahngesetzes behandelt werden. Deshalb wurde zu dieser Deponie 2021 ein Bewilligungsverfahren mit dem Instrument einer Überbauungsordnung, UeO, lanciert.

<sup>1</sup> [https://www.raumplanung.dij.be.ch/content/dam/raumplanung\\_dij/dokumente/de/Kantonaler-Richtplan/Inhalt-des-Richtplans/r-10%20grimsel-tunnel-de.pdf](https://www.raumplanung.dij.be.ch/content/dam/raumplanung_dij/dokumente/de/Kantonaler-Richtplan/Inhalt-des-Richtplans/r-10%20grimsel-tunnel-de.pdf)

<sup>2</sup> [https://www.raumplanung.dij.be.ch/content/dam/raumplanung\\_dij/dokumente/de/Kantonaler-Richtplan/Inhalt-des-Richtplans/c-15%20abfallanlagen%20von%20kantonaler%20bedeutung%20\(sachplan%20abfall\)-de.pdf](https://www.raumplanung.dij.be.ch/content/dam/raumplanung_dij/dokumente/de/Kantonaler-Richtplan/Inhalt-des-Richtplans/c-15%20abfallanlagen%20von%20kantonaler%20bedeutung%20(sachplan%20abfall)-de.pdf)

Zu diesem Schritt wurde der Landeigentümer, die Bäuertgemeinde Guttannen, miteinbezogen. In einer beidseits unterzeichneten Vereinbarung wurden die Randbedingungen zum Bau der Deponie festgelegt.

Aktueller Stand des UeO-Prozesses ist die Mitwirkung auf der Gemeinde Guttannen ('Überbauungsordnung Handeggli', inkl. Erläuterungsbericht und Überbauungsplan [Beilage D24]). Grundlage dieser Mitwirkung waren eine Begehung mit den involvierten Fachstellen sowie ein darauf bauendes Gutachten der ENHK [Beilage D23]. In diesem Gutachten erklärt die ENHK die Voraussetzungen für eine Bewilligung der Deponie. Diese Voraussetzungen können erfüllt werden, so dass die Deponie als machbar verstanden werden darf.

Der Abschluss des UeO-Prozesses dürfte 2024 erfolgen.

Falls der Grimse tunnel nicht realisiert werden könnte, würde die Deponie Handeggli für den Neubau der Leitung Innertkirchen – Ulrichen in der eigenständigen Variante genutzt.

### 11.3 Richtplan Kanton Wallis

Im Richtplan des Kantons Wallis ist der Grimse tunnel im Koordinationsblatt D.3<sup>3</sup>, Schienennetze, enthalten. Der Koordinationsstand lautet auf Zwischenergebnis. Der Erläuternde Bericht datiert auf das Jahr 2017. Für den Schritt zu einer Festsetzung erwartet die Dienststelle für Raumentwicklung einen weiteren Koordinationsschritt. Dieser kann in der bevorstehenden Projektphase ausgelöst werden.

### 11.4 Deponie Löwwene

Deponiemöglichkeiten im Goms zur Ablagerung des Ausbruchsmaterials aus dem südseitigen Vortrieb des Grimse tunnels wurden 2022 gesucht [Beilage D25]. In der Evaluation der Möglichkeiten in Absprache mit der Standortgemeinde Obergoms erwies sich der Raum Löwwene klar als Bestvariante, siehe Abbildung 37. Das Potential zur Ablagerung beträgt hier 1'150'000 m<sup>3</sup>. Für den Grimse tunnel werden lediglich rund 400'000 m<sup>3</sup> benötigt.

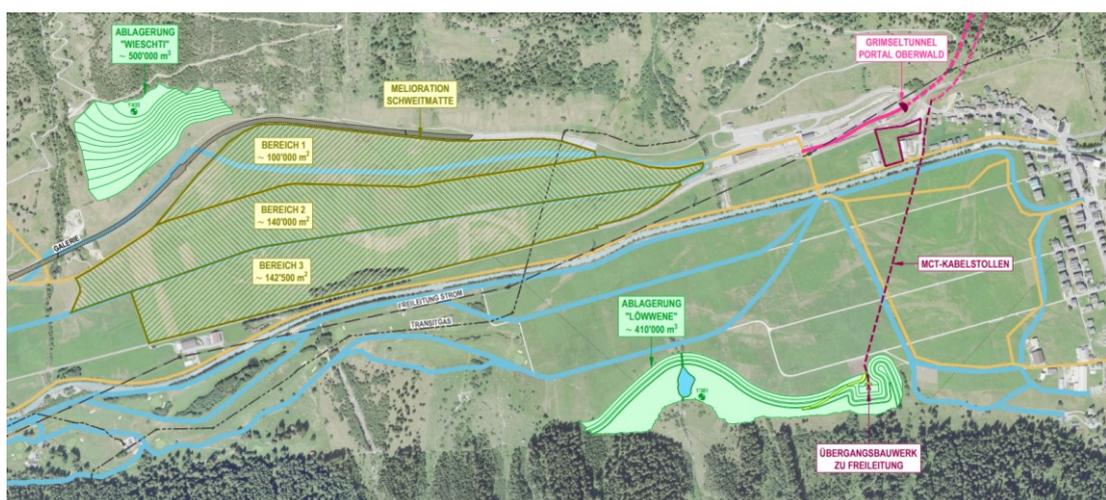


Abbildung 37: Deponiemöglichkeiten im Raum Oberwald mit Bestvariante Löwwene, Integration des Übergangsbauwerks zugunsten Sichtschutz

<sup>3</sup> <https://www.vs.ch/documents/515661/4871735/D.3.pdf/0660dfaa-e97b-4aad-92b3-1deca344f158?t=1555587012011>

Ein gewisser Teil des Ausbruchsmaterials, ca. 20'000 m<sup>3</sup>, ist zur Terrainanpassung im Bahnhof Oberwald vorgesehen. Der südliche Teil des Bahnhofs, in welchem sich heute die Anlagen der Furka Dampfbahn befinden, liegt ca. 3 Meter tiefer gegenüber den Gleisanlagen der MGB. Für den nötigen Ausbau des Bahnhofs wird dies aufgefüllt.

Der Korridor für die Kabelleitung führt gemäss SÜL in den Bereich dieses Deponiestandorts, wo dann das Übergangsbauwerk zum weiterführenden Freileitungsabschnitt zu liegen kommt. Es besteht deshalb die Möglichkeit, das Übergangsbauwerk in die Deponie zu integrieren, als Sicht- und Schallschutz gegenüber der Siedlung Oberwald.

Das Verfahren zur Deponie ist noch nicht geklärt. Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob die Deponie im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens gemäss Eisenbahngesetz behandelt werden soll, oder als eigenständiges Objekt im Sinne einer ortsfesten Anlage im Rahmen der kantonalen Richtplanung. Die verfahrensschritte im zweitgenannten Fall wären der Eintrag im kantonalen Richtplan, die Baubewilligung und die Betriebsbewilligung. Bei einem Ablagevolumen von mehr als 500'000 m<sup>3</sup> müsste auch eine Anpassung der Zonennutzungsplanung der Gemeinde erfolgen. Deshalb ist vorgesehen, nur das für den Grimseltunnel erforderliche Volumen anzustreben.

In einem ersten nächsten Schritt muss der Kontakt mit den Grundeigentümern aufgenommen werden. Die Gemeinde wird dies organisieren.

Weiters stellt sich die Frage, ob aus zeitlichen Gründen kurzfristig ein Eintrag in den Kantonalen Richtplan angestrebt werden sollte.

## 12 Umwelt

**Grundlage:** Bericht über die relevanten Umweltbereiche, Büro CSD Ingenieure AG Bern [Beilage D27].

Der Bericht wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie 2015 erstellt. Es handelt sich um eine leicht gekürzte Wiedergabe des Berichts.

### 12.1 Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt

Der engere Untersuchungsperimeter wird grundsätzlich durch den Projektperimeter selbst und seine unmittelbare Umgebung gebildet. Einige Umweltthemen erfordern jedoch einen weiteren Betrachtungsperimeter:

- Vor allem bezüglich der mit dem Verkehr zusammenhängenden Auswirkungen (Luft und Lärm), umfasst der Untersuchungsperimeter auch die Transportrouten zur und von der Baustelle.
- Zur Beurteilung des Betriebslärms müssen auch die benachbarten bewohnten Gebiete berücksichtigt werden.
- Aus Sicht Gewässerschutz sind die Auswirkungen auf das nahe Umfeld im Zu- und Abstrombereich des Projektperimeters zu berücksichtigen.
- Bezüglich Landschaft ist die Veränderung des Erscheinungsbildes aus der näheren und weiteren Umgebung (Einsehbarkeit) zu beurteilen.
- Aus Sicht Naturschutz ist der Einfluss des Vorhabens auch bezüglich allfälliger Beeinträchtigungen übergeordneter Vernetzungen zu beurteilen, insbesondere betreffend Amphibien und Wildtieren.

### 12.2 Relevanzmatrix zu den Umweltbereichen

In der nachfolgenden Abbildung 38 werden zur Übersicht die relevanten von den als nicht relevant beurteilten Umweltbereichen unterschieden. In den nachfolgenden Kapiteln werden die als relevant beurteilten näher beschrieben und ein Pflichtenheft für die nächste Verfahrensstufe vorgeschlagen.

Umweltbereich	Ausgangszustand	Bauphase	Endzustand
Luftreinhaltung	–	▲	–
Klima	–	–	–
Betriebslärm (inkl. Baulärm)	–	▲	▲
Verkehrslärm	–	▲	▲
Erschütterung/abgestrahlter Körperschall	–	▲	▲
Nichtionisierende Strahlung (NIS)	▲	▲	▲
Grundwasser	–	▲	▲
Oberflächengewässer	–	–	–
Entwässerung	–	▲	▲
Boden	–	▲	▲
Altlasten	–	–	–
Abfälle, umweltgefährdende Stoffe	–	▲	–
Umweltgefährdende Organismen	–	–	–
Störfallvorsorge/Katastrophenschutz	–	–	–
Wald	–	▲	▲
Flora, Fauna, Lebensräume	–	▲	▲
Landschaft und Ortsbild (inkl. Lichtimmissionen)	–	▲	▲
Kulturdenkmäler, archäologische Stätten	–	–	–

Legende:

- irrelevant, keine oder vernachlässigbare Auswirkungen
- ▲ Auswirkungen relevant, Umweltbereich ist im UVB im Detail zu behandeln

Abbildung 38: Relevanzmatrix zu den relevanten Umweltbereichen

## 12.3 Kurzbeschreibung der relevanten Umweltbereiche inkl. Pflichthefte

### 12.3.1 Luftreinhaltung

#### Ausgangslage

Der geplante Projektperimeter befindet sich grösstenteils untertage (Ausnahmen: Bahnhof Innertkirchen bis Nordportal des Bänzlowitunnels, Bahnhof Guttannen (Galerie) und Südportal des Grimseltunnels bis Einfahrt in den Bahnhof Oberwald. Zur Charakterisierung der bestehenden Luftbelastung werden im Projektgebiet die Immissionskonzentrationen von NO<sub>2</sub> (Stickstoffoxid) und PM<sub>10</sub> (lungengängiger Feinstaub) betrachtet. Aufgrund der verkehrsrarmen Lage ist davon auszugehen, dass die NO<sub>2</sub>-Immissionen und die Feinstaubimmissionen (PM<sub>10</sub>) unter dem LRV-Grenzwert von 30 resp. 20 µg/m<sup>3</sup> liegen.

#### Projektauswirkungen

Im Rahmen der Bauarbeiten ist u. a. der Einsatz von Maschinen mit Verbrennungsmotoren erforderlich. Weiter ist mit Staubemissionen zu rechnen, welche durch geeignete Massnahmen minimiert werden können. Im Rahmen der Hauptuntersuchung werden Standardmassnahmen gemäss Luftreinhalteverordnung und zugehöriger Mitteilung Nr. 14 vorgeschlagen.

Der Untertagetransport des Ausbruchmaterials erfolgt in den Bereichen mit geringem Längsgefälle Schienengebunden oder mit Förderband und in den Bereichen mit fast 6 % Längsgefälle mit Pneubetrieb. Der Transport Übertage erfolgt, je nach Deponiestandort, entweder mittels Förderbänder oder mit Lastwagen. Dies hat Luftschadstoffemissionen zur Folge. Wo

technisch möglich und betrieblich sinnvoll, sollen Förderbänder zum Einsatz kommen (z.B. Bauzugang Handeggli).

#### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Bestimmen der Massnahmen auf der Baustelle nach der Richtlinie «Luftreinhaltung auf Baustellen».
- Beurteilen der Bautransportemissionen anhand der Richtlinie «Luftreinhaltung bei Bautransporten».
- Erstellen einer Liste der voraussichtlich zum Einsatz kommenden Maschinen mit Angaben zu jeder Maschine: Art, Hersteller / Marke, Typ, Baujahr, Leistung (kW), Einsatzbereich, Partikelfilter, durchschnittliche Betriebsdauer pro Jahr (h) etc., resp. Definition der Richtvorgaben für die Submission.
- Erstellen einer Liste der voraussichtlich zum Einsatz kommenden Transportfahrzeuge mit Angaben betreffend Art, Hersteller / Marke, Typ, Baujahr, Leistung (kW), Euro-Norm, Fahrleistung etc., resp. Definition der Richtvorgaben für die Submission.
- Abschätzen der von den Baumaschinen und Transportfahrzeugen emittierenden jährlichen Schadstofffrachten von NO<sub>x</sub> (Stickoxid) und PM<sub>10</sub> (Partikel).

### **12.3.2 Betriebs- und Verkehrslärm (inkl. Baulärm)**

#### **Ausgangslage**

Das Vorhaben befindet sich, ausser im Bereich der Haltepunkte in Innertkirchen, Oberwald und Guttannen, ausserhalb von besiedeltem Gebiet. Der Bahnhof Guttannen (seitlich offene Galerie) ist in einer Entfernung von ca. 50 m zum nächstgelegenen, bewohnten Gebäude geplant.

#### **Projektauswirkungen**

Für die Ausführung des Vorhabens kommen Baumaschinen zum Einsatz und es entstehen Transporte von und zur Baustelle (z. B. der Transport der aufbereiteten Baumaterialien auf die Baustelle und der Abtransport von Ausbruchmaterial, sowie durch die Deponiebewirtschaftung). Dies hat Lärmemissionen zur Folge.

#### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Bestimmen der Massnahmen auf der Baustelle nach der Baulärm-Richtlinie.
- Ergänzen der Maschinenliste mit zusätzlichen Angaben zu jeder Maschine betreffend ihrer Schalleistung resp. Definition der Richtvorgaben für die Submission.
- Ermitteln und Beurteilen der Immissionen (Baumaschinen und Tätigkeiten bei den nächstgelegenen lärmempfindlichen Empfängern).
- Bestimmen der Massnahmen bei Transportfahrten nach der Baulärm-Richtlinie.
- Abschätzen des zusätzlich durch das Projekt generierten Verkehrs, aufgeteilt auf die betroffenen Strassenteilstücke in der nahen Umgebung und Gegenüberstellung mit der heutigen Verkehrsbelastung.
- Überprüfen von Art. 9, LSV: Beurteilen, ob der durch die vom Betrieb verursachte allfällige Mehrbeanspruchung der Verkehrsanlagen dazu führt, dass a) die Immissionsgrenzwerte

überschritten werden oder b) durch eine sanierungsbedürftige Verkehrsanlage wahrnehmbar stärkere Lärmimmissionen erzeugt werden.

- Definieren der Lärmschutzmassnahmen bei Bedarf.

### 12.3.3 Erschütterungen, abgestrahlter Körperschall

#### Ausgangslage

Im Bereich des geplanten Projektperimeters finden im Ausgangszustand i.d.R. keine erschütterungswirksamen Tätigkeiten statt. Das Gebiet ist somit hinsichtlich dieses Umweltaspekts nicht vorbelastet.

#### Projektauswirkungen

Im Rahmen der Bautätigkeiten werden erschütterungswirksame Tätigkeiten (z. B. Sprengvortrieb) notwendig sein. Da sich diese Arbeiten mit Baufortschritt von den Portalen und somit von den exponierten Orten entfernen, ist gemäss heutigem Kenntnisstand davon auszugehen, dass die Umweltauswirkungen während der Bauphase insgesamt gering sind. Weitere und insbesondere detailliertere Untersuchungen erfolgen gemäss Pflichtenheft (s.u.) in den nächsten Verfahrensstufen.

Während der Betriebsphase ist insbesondere auf den offenen Streckenabschnitten (v. a. im Bereich von Weichenanlagen) mit Erschütterungen zu rechnen. Im Rahmen der nächsten Verfahrensstufe sind diese zu berechnen und, je nach Ergebnis, geeignete Massnahmen vorzuschlagen.

#### Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen

- Beschreiben des Anlagentyps und der Verkehrszusammensetzung, -daten (Tag / Nacht), Eigenschaften (Weichenzonen, offene Strecke).
- Beurteilen der Situation hinsichtlich Erschütterungen / Körperschall auf Basis der Lage der Gleise und Weichen bezüglich der erschütterungsempfindlichen Gebäude.
- Allenfalls prüfen von (vorsorglichen) Schutzmassnahmen zur Verminderung der Immissionen und beurteilen anhand der Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen (BEKS, 1999).

### 12.3.4 Nichtionisierende Strahlung (NIS)

#### Ausgangslage

Ortsfeste Anlagen mit elektrischen und magnetischen Feldern mit Frequenzen von 0 Hz bis 300 GHz fallen unter die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, so z.B. auch Eisenbahnen und Freileitungen.

In den offenen Bereichen in Innertkirchen, Guttannen (seitlich offene Galerie) und Oberwald sind im Bereich des Planungsperrimeters bereits Freileitungen und Unterwerke vorhanden. Diese Gebiete sind hinsichtlich NIS wahrscheinlich bereits vorbelastet, wobei davon auszugehen ist, dass nicht nur die Immissionsgrenzwerte, sondern auch die Anlagegrenzwerte eingehalten werden.

Im Ausgangszustand verläuft die Hochspannungsleitung von Oberwald, via Grimselpass bis Innertkirchen oberirdisch. Da es sich um eine bestehende Anlage gemäss NISV handelt, ist davon auszugehen, dass die Anforderungen überall eingehalten werden. Ausser in den

besiedelten Gebieten sind auch keine sogenannten OMEN (Ort mit empfindlicher Nutzung, wie z. B. Wohnungen, Schule, Spitäler etc.) vorhanden.

### **Projektauswirkungen**

Das geplante Bahnprojekt gilt als sogenannte neue Anlage. Dies bedeutet, dass die neuen Fahrleitungsanlagen an Orten mit empfindlicher Nutzung (sogenannte OMEN, wie z. B. Wohnungen, Schulen, Spitäler etc.) im massgebenden Betriebszustand den Anlagegrenzwert einhalten müssen.

Wie bereits eingangs erwähnt, plant die Swissgrid seit längerer Zeit die Höchstspannungsleitung zwischen Innertkirchen und Ulrichen von 2 × 220 kV auf 2 × 380 kV auszubauen. Im Zusammenhang mit dem Grimselbahnprojekt ist nun geplant, die Höchstspannungsleitung in den parallel verlaufenden Kabelstollen zu verlegen und die Freileitung entsprechend rückzubauen.

Die Immissionsgrenzwerte müssen, nebst den Anlagegrenzwerten, ebenfalls überall eingehalten sein, wo sich Menschen aufhalten können. Erfahrungsgemäss sind die Immissionsgrenzwerte bei Eisenbahn-Fahrleitungen (Wechselstrom mit einer Frequenz von 16 2/3 Hz) sowie bei Freileitungen resp. verlegten Leitungen an allen zugänglichen Orten mit grosser Reserve eingehalten.

### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Beschreiben des Umfangs der Anlage, der für die NIS-Beurteilung massgebend ist.
- Beschreiben der Unterabschnitte mit unterschiedlichem Anlagestatus oder Konfiguration.
- Angabe aller Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN).
- Nachweis der Einhaltung der Immissionsgrenzwerte an allen Orten, wo sich Menschen aufhalten können und allenfalls festlegen von weitergehenden Massnahmen.

## **12.3.5 Grundwasser**

### **Ausgangslage**

Im Bereich des Bahnhofs Innertkirchen bis zum Nordportal des Bänzlowitunnels verläuft der Projektperimeter übertag im Gewässerschutzbereich AU. Ansonsten verläuft der Projektperimeter bis in den Bereich des Südportals des Grimseltunnels im Gewässerschutzbereich B (übrige Bereiche) resp. untertage. Der Abschnitt zwischen dem Südportal des Grimseltunnels und dem Bahnhof Oberwald befindet sich im Gewässerschutzbereich AU.

In der näheren Umgebung des Planungsperimeters befinden sich diverse Quellen (gefasst) sowie Fassungen.

### **Projektauswirkungen**

Zwischen Innertkirchen und Handegg sind keine Einbauten ins Grundwasser geplant, d.h. in dieses wird nicht direkt eingegriffen.

Die Deponiestandorte auf der Nordseite befinden sich, ausser jener in Innertkirchen, alle im Gewässerschutzbereich B. Im Gewässerschutzbereich AU (Innertkirchen) sind Ablagerung von Aushub-, Abraum und Ausbruchmaterial zulässig. Ebenso Deponien und Zwischenlager, wobei die Bestimmungen der TVA (Technische Verordnung über Abfälle) vorbehalten bleiben. Im Gewässerschutzbereich B gelten die gleichen Bedingungen, wobei auch Inertstoffdeponien zulässig sind. Grundsätzlich sind (Gross-) Baustellen, Bahnanlagen und

Untertagebauten unter Berücksichtigung der gesetzlich vorgeschriebenen Einschränkungen und mit Bewilligung der Behörden möglich.

Die Quellen und Fassungen auf der Berner Seite werden durch die geplante Linienführung nicht tangiert. Es ist somit, auch aufgrund des Abstands zu den Quellen und Fassungen, davon auszugehen, dass diese durch das Vorhaben weder qualitativ noch quantitativ beeinträchtigt werden.

In Oberwald sind im Tunnelausfahrtsbereich Einbauten (Rampe, Zugangsbauwerk) ins Grundwasser notwendig. Diese tangieren das hochstehende Grundwasser. Entsprechende Schutzmassnahmen sind im Rahmen der weiteren Projektierung zu definieren. In den Jahren 2018 bis 2022 wurde ein Monitoring des Grundwassers bei Bahnhof Oberwald vorgenommen [Beilage D26].

Da Grossbaustellen in der Regel ein erhebliches Gefährdungspotenzial für das Grundwasser darstellen (Lagerung wassergefährdender Stoffe, Zementrückstände im Betonwasser, Verdichtungen des Untergrunds, Abgrabungen etc.), sind aus gewässerschutztechnischen Gründen einige Punkte zum grösstmöglichen Schutz des Grundwassers einzuhalten. Diese Aspekte, wie auch die Aspekte der Baustellen-Entwässerung während der Bauphase werden im Kapitel «Entwässerung» behandelt.

#### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Beschreiben der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Rahmen des Baugrundgutachtens.
- Beurteilen der möglichen Auswirkungen des Projekts auf das Grundwasser in der Betriebsphase und im Endzustand.

### **12.3.6 Entwässerung**

#### **Ausgangslage**

Im Ausgangszustand ist dieser Umweltbereich nicht relevant, da das Wasser innerhalb des geplanten Projektperimeters entweder diffus oder über ein entsprechendes Entwässerungssystem versickert.

#### **Projektauswirkungen**

In der Bauphase fällt Baustellenwasser (Niederschlagswasser im Baustellenbereich) an, welches aufgrund der Bautätigkeiten bzw. der Nutzung von Bau- und Installationsplätzen teilweise verschmutzt sein kann.

Während der Bauphase könnten im Weiteren durch die unsachgemässe Handhabung oder Lagerung wassergefährdender Flüssigkeiten (z. B. Wartung / Betankung von Baumaschinen) sowie bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen das Grundwasser beeinträchtigt sein.

Für die Baustellenentwässerung wird ein Entwässerungskonzept gemäss SIA Empfehlung 431 zu erstellen sein, welches vor Baubeginn zur Genehmigung eingereicht wird. Das Entwässerungskonzept zeigt auf, wie mit dem Baustellenabwasser umgegangen wird (Ableitung bzw. evtl. Versickerung nach allfälliger Vorbehandlung), wie allfällig erforderliche Baugrubenentwässerungen geplant sind und wie die allfällige Lagerung wassergefährdender Flüssigkeiten vorgesehen ist. Daneben regelt es die Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Beteiligten sowie die notwendigen Massnahmen bei ausserordentlichen Ereignissen (Unfällen) oder Störungen.

Während der Betriebsphase fallen weitere Abwasser an, welche gemäss BAFU-Wegleitung «Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen» behandelt werden.

#### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Darlegen der in der Bauphase (beim Entwässerungskonzept nach SIA 431) zu berücksichtigenden Massnahmen bezüglich Entwässerung und Lagerung von wassergefährdenden Stoffen.
- Begründung der Entsorgungswege.
- Einleitung von verschmutztem Abwasser: Beschreiben der physikalisch-chemischen Qualität, der Menge, der Herkunft, der Art des zu beseitigenden Abwassers, der Vorbehandlungs- oder Rückhalteanlagen und der weiteren Massnahmen.
- Beschreibung des Gewässers, in welches das Abwasser eingeleitet wird.
- Versickerung von nicht verschmutztem Wasser: Beschreiben der physikalisch-chemischen Qualität, der Menge, der Herkunft, der Art des zu versickernden Abwassers, der Vorbehandlungs- oder Rückhalteanlagen und der weiteren Massnahmen, der Beschaffenheit des Bodens und des Versickerungssystems.
- Umgang mit möglichen unerwarteten Ereignissen beschreiben (z. B. Defekte / Unfälle mit verwendeten Baumaschinen, unbefugte Ablagerung von mit Schadstoffen oder mit organischem Material kontaminiertem Aushub).

### **12.3.7 Boden**

#### **Ausgangslage**

Der Projektperimeter verläuft grösstenteils untertage. Im Bereich zwischen dem Bahnhof Inertkirchen und dem Nordportal des Bänzlowitunnels sowie im Bereich des Bahnhofs Gutannen (Galerie) verläuft das Bahntrasse teilweise in der Landwirtschaftszone.

Gemäss aktuellem Kenntnisstand befinden sich innerhalb des Projektperimeters keine Altlasten. Im Bereich der Maststandorte ist zu prüfen, ob durch die Korrosionsschutzarbeiten allenfalls oberflächliche Bodenbelastungen entstanden sind. (Leitparameter: Cadmium, Kupfer, Zink).

#### **Projektauswirkungen**

Bei den bodenrelevanten Arbeiten (Abtrag, Zwischenlagerung und Auftrag inkl. Befahren des Bodens) können Schädigungen der Bodenstruktur (Verdichtungen) und Bodenverluste auftreten. Eine temporäre Bodenbeanspruchung ist unter Umständen für die Zwischenlagerung von Ober- und Unterboden nötig. Bei Berücksichtigung der vorgesehenen Bodenschutzmassnahmen (vgl. «Bodenschutz beim Bauen», BAFU 2001 und FSK-Rekultivierungsrichtlinie) können diese Auswirkungen gering gehalten werden. Im Bereich der Trassen wird Boden dauerhaft entfernt und nicht wieder an Ort und Stelle verwendet. Die Wiederverwendung für diese Böden wird im Rahmen der Nutzungsplanung geprüft und konkrete Verwendungszwecke vorgeschlagen.

Falls beim Rückbau der Hochspannungsleitung belasteter Boden anfällt, soll dieser an Ort und Stelle oder dann an einem Ort mit einer ähnlichen Belastung wieder verwendet werden. Ist dies nicht möglich, ist der Boden TVA-konform zu entsorgen. Erfahrungsgemäss müssen die Fundamente bis ca. 1 m unter Terrain rückgebaut und die Standorte anschliessend

rekultiviert werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Boden jeweils vor Ort wiederverwendet werden kann.

#### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Erheben des Ausgangszustands im Projektperimeter anhand von Baggersondierungen und ergänzenden Handsondierungen (Pürckhauer-Bohrer, Edelmann-Bohrer).
- Erarbeiten und darstellen des Kulturerdekonzepts: Zeitliche und örtliche Abfolge von Abtrag, Zwischenlagerung und Rekultivierung inkl. Erstellen einer Bodenbilanz.
- Aufzeigen der im Umgang mit dem Boden (Abtrag, Zwischenlagerung, Rekultivierung und Folgebewirtschaftung) gemäss FSKB-Richtlinie (FSKB 2001) zu berücksichtigenden Massnahmen entlang von Strassen (PAK, PCB) und Hochspannungsleitungen (Korrosionsschutz der Masten) ist die Schadstoffbelastung zu untersuchen.

### **12.3.8 Abfälle, umweltgefährdende Stoffe**

#### **Ausgangslage**

Innerhalb des Projektperimeters befinden sich gemäss heutigem Kenntnisstand keine Altlasten. Im Bereich der bestehenden Gleise muss mit Bodenbelastungen gerechnet werden (Belastungshinweis «Verkehrsträger»). Bei Brücken, Freileitungsmasten und entlang der bestehenden Bahnlinien ist aufgrund des Korrosionsschutzes ebenfalls mit belastetem Boden zu rechnen (Hinweis «Korrosionsschutzobjekte»).

Für die Behandlung von Bauabfällen sind grundsätzlich die Bestimmungen der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) massgebend. Für die Verwertung resp. Entsorgung von Bauabfällen (dazu gehören auch nicht wiederverwendbares Bodenmaterial) sind die Aushubrichtlinie (BAFU 1999), die Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (BAFU 2006), die Wegleitung Bodenaushub (BAFU 2001) sowie die Gleisaushubrichtlinie (BAV/BAFU 2002) massgebend. Sollen Schotter und Material aus dem Unterbau und dem Untergrund der bestehenden Gleise ausgehoben werden, unterstehen diese der Gleisaushubrichtlinie, welche die Planung von Gleisaushubarbeiten sowie die Beurteilung und Entsorgung von Gleisaushub regelt.

#### **Projektauswirkungen**

Beim geplanten Vorhaben wird Material unterschiedlicher Art wie Boden, Aushub und in geringer Menge Gleisaushub (Schotter) ausgehoben bzw. abgetragen. Dabei handelt es sich teilweise um belastetes Material. Die anfallenden Mengen sind zum jetzigen Projektzeitpunkt noch nicht bekannt. Ausserdem fallen auf der gesamten Streckenlänge von 23.42 km ca. 1.1 Mio. m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial an.

Parallel dazu werden die Masten der Hochspannungsleitung. Im Rahmen der nächsten Verfahrensstufe wird abgeklärt, wie resp. ob das rückgebaute Material (z. B. Masten, Fundamente) wiederverwertet werden kann. Falls eine Wiederverwertung nicht möglich ist, muss das Material TVA-konform entsorgt werden.

Im Rahmen der weiteren Projektentwicklung ist ein Materialbewirtschaftungskonzept zu erarbeiten, welches aufzeigt, wie das Ausbruchmaterial verwertet resp. deponiert wird. Gemäss Deponiekonzept sind im Bereich des Planungsperrimeters mehrere Deponien verfügbar resp. geplant. Im Falle eines worst-case-Szenarios (keine Verwertungsmöglichkeiten für Ausbruchmaterial) wäre Deponievolumen für das gesamte Ausbruchmaterial verfügbar (ISD-BS (resp. Deponietyp A) im Gewässerschutzbereich Au und evtl. ISD im Gewässerschutzbereich üB).

### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Erstellen eines Entsorgungskonzepts für die während der Bauphase anfallenden, definitiv abzuführenden Materialien gemäss [www.abfall.ch](http://www.abfall.ch).
- Bei Arbeiten im Bereich des Gleisfelds: Beprobung nach Gleichaushubrichtlinie (bildet u. a. eine Grundlage für das Entsorgungskonzept).
- Bestimmen der Mengen nach Abfallart und zeitlichem Aufkommen (bildet u. a. eine Grundlage für das Entsorgungskonzept).
- Prüfung von Verwertungsoptionen und -kapazitäten.
- Geschätzte Entsorgungskosten, falls für die Wahl des Entsorgungsweges ausschlaggebend.
- Vorgesehene Kontrollmassnahmen für umweltgerechte Entsorgung.

## **12.3.9 Wald**

### **Ausgangslage**

Das Nordportal des Bänzlowitunnels kommt in den Waldbereich zu liegen. Zudem wird im Rahmen der Bautätigkeit Waldareal beansprucht. Ansonsten verläuft die projektierte Bahnlinie gemäss heutigem Kenntnisstand grösstenteils untertage und beansprucht keine Waldflächen.

Die Hochspannungsleitung verläuft südseitig (bei Oberwald) und nordseitig (ab Handegg) immer wieder im Waldareal. Die Maststandorte wurden dazumal als sogenannte nichtforstliche Kleinbauten bewilligt und gelten demnach als Wald. Im Bereich der Leitungen gilt ein Niederhalteservitut, welches die maximale Höhe der Bäume und Sträucher zu den Leitungen definiert.

### **Projektauswirkungen**

Aufgrund der Portalsituation und der damit verbundenen Bautätigkeiten wird in Innertkirchen in geringem Umfang Waldareal beansprucht. Hierfür soll im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens das Rodungsgesuch erstellt werden.

Gemäss heutigem Kenntnisstand werden keine Waldreservate oder seltenen Waldgesellschaften tangiert. Gemäss Art. 7 Waldgesetz ist für jede Rodung in derselben Gegend mit standortgerechten Arten Realersatz zu leisten, ist dies nicht möglich, sind Massnahmen zugunsten von Natur- und Landschaft zu realisieren.

Die Deponie Handeggli beansprucht in grösserem Ausmass Waldareal. Dies ist allerdings Gegenstand des laufenden UeO-Verfahrens zur Deponie.

### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Aufzeigen der Rodungsvoraussetzungen gemäss Art. 7 Waldgesetz (Bedarfs- und Standortnachweis).
- Rahmenbedingungen für die Aufforstung und Endgestaltung ausarbeiten.
- Wald-Standortkartierung.

## 12.3.10 Flora, Fauna, Lebensräume

### Ausgangslage

Das geplante Bahnprojekt verläuft grösstenteils untertage. Einzig zwischen dem Bahnhof Innertkirchen und dem Nordportal des Bänzluowitunnels, im Bereich des Bahnhofs Guttannen (Galerie) und zwischen dem Südportal des Grimseltunnels und dem Einfahrtsbereich in den Bahnhof Oberwald ist der Trasseeverlauf übertage geplant.

Im Bereich des geplanten Projektperimeters befinden sich zahlreiche Schutzgebiete nationaler und regionaler Bedeutung, wie z. B. verschiedene Trockenstandorte, ökologische Ausgleichsflächen, Waldnaturschutzinventare und Wildtierkorridore.

Die Hochspannungsleitung tangiert heute zahlreiche Schutzgebiete nationaler und regionaler Bedeutung, wie z. B. Hoch- und Flachmoore nationaler Bedeutung, verschiedene Trockenstandorte, ökologische Ausgleichsflächen, Waldnaturschutzinventare und Wildtierkorridore.

### Projektauswirkungen

Gemäss heutigem Kenntnisstand tangiert das Vorhaben weder kommunale, regionale noch nationale Schutzgebiete oder Inventare und Planungen des Bundes. Ob durch das Vorhaben geschützte Flora und Fauna sowie deren Lebensräume tangiert werden, ist im Rahmen der nächsten Verfahrensstufe zu untersuchen.

Es ist davon auszugehen, dass die Arbeiten und die Infrastrukturen untertage auf die darüber liegenden Schutzgebiete (z. B. Trockenstandorte, Wildtierkorridore) keinen negativen Einfluss haben.

### Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen

- Grobes Beschreiben und Kartieren des Projektperimeters (Lebensräume gemäss Delarze 2008), Artenliste der bestehenden Bestände von Brutvögel, Amphibien, Reptilien, Libellen, Wild (Anfrage beim zuständigen Wildhüter); Artenzusammensetzung Flora: Baumschicht, Strauchschicht, Krautschicht.
- Abklären von allfälligen Schutzgebieten auf Gemeindeebene (Schutzonenplan).
- Kartieren von allenfalls vorkommenden invasiven Neophyten.
- Bilanzierung der ökologischen Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen im Betriebs- und Endzustand.
- Aufzeigen und beurteilen der Projektauswirkungen auf Flora, Fauna, Lebensräume. Insbesondere wird dargelegt, ob geschützte oder seltene Arten oder schützenswerte Lebensräume tangiert werden, die Auswirkungen des Betriebs auf Wildtiere werden beschrieben.

## 12.3.11 Landschaft und Ortsbild (inkl. Lichtimmissionen)

### Ausgangslage

Wie bereits mehrfach erwähnt, verläuft das geplante Projekt mehrheitlich in Tunnels, somit untertage und ohne Einfluss auf das Landschafts- und Ortsbild. Im Bereich zwischen dem Bahnhof Innertkirchen und dem Nordportal des Bänzluowitunnels, im Bereich des Bahnhofs Guttannen (Galerie) und im Bereich zwischen dem Südportal des Grimseltunnels und dem Bahnhof Oberwald verläuft das Trasse in einer offenen Linienführung und tangiert zum Teil Landwirtschaftsland und Wald.

Der Bereich der Handegg liegt in einem Bereich eines grösseren zusammenhängenden Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN), welches Objekte beinhaltet, die in besonderem Masse zu schützen sind. Ebenfalls in dieser Region befindet sich das UNESCO-Weltnaturerbe Gebiet Jungfrau-Aletsch. Die bestehende Hochspannungsleitung verläuft in diesen Bereichen und wird in der Landschaft als prägendes Element wahrgenommen.

### **Projektauswirkungen**

In den Bereichen der offenen Linienführung sowie im Bereich der Portale entstehen massive Eingriffe in geschützte und schützenswerte Landschafts- und Ortsbilder. Im Rahmen der nächsten Verfahrensstufe gilt es festzulegen, wie das Vorhaben bestmöglich in die Landschaft integriert werden kann, um das Landschaftsbild so wenig wie nötig zu beeinträchtigen.

Durch das Entfernen der heutigen Hochspannungs-Freileitung wird die ursprüngliche Unge-störtheit des Landschaftsbildes zu grossen Teilen wieder hergestellt.

### **Pflichtenheft für die vertiefteren Umweltuntersuchungen**

- Beschreiben der wesentlichen Landschaftselemente (inkl. Fotodokumentation).
- Beurteilen der Auswirkungen auf die Landschaft.
- Beurteilen der Einsehbarkeit in den Projektperimeter anhand der gewählten Etappierung sowie aufzeigen, ob und wenn ja, welche Sichtschutzmassnahmen notwendig sind.
- Beurteilen der Endgestaltung.

## **12.4 Fazit**

Die Erläuterungen zeigen, dass die Vorhaben Auswirkungen auf die Umwelt zur Folge haben. Die Betrachtung der Umweltaspekte zeigt jedoch, dass keine sogenannten Killerkriterien bestehen und mit einer detaillierten Planung und der Formulierung von geeigneten Massnahmen ein Projekt realisiert und anschliessend betrieben werden kann, das den gesetzlichen Anforderungen entspricht. Im Endeffekt wirkt sich der Rückbau der Hochspannungsleitung aus der Berglandschaft von aussergewöhnlicher Schönheit sehr positiv aus.

## 13 Bauablauf

Als Installationsplätze für den Vortrieb und Ausbau der drei Abschnitte Tunnel Bänzlowi, Tunnel Netzrichti sowie Scheiteltunnel stehen sämtliche vier Portal- resp. Haltepunkt-Standorte Innertkirchen, Guttannen, Handeck und Oberwald zur Verfügung. Alle Installationsplätze sind hinreichend gut über die Kantonsstrassen erschlossen. Die Installationsplätze in Guttannen und der Handeck sowie die Zufahrten dazu sind im Winter lawinengefährdet und müssen gegebenenfalls temporär geschlossen werden.

Als Deponiemöglichkeiten für die Ablagerung des Ausbruchsmaterials stehen die Deponie Blänggen in Innertkirchen, die Deponie Handeggli, sowie die Deponie Löwwene in Oberwald zur Verfügung. In Guttannen existiert direkt keine Deponiemöglichkeit, jedoch kann von dort das Ausbruchmaterial über die Kantonsstrasse zur Deponie Handeggli geführt werden. Somit gibt es aus Sicht der vorhandenen Ablagerungsmöglichkeiten keine Einschränkungen hinsichtlich der Angriffspunkte der Vortriebe. Es bestehen grundsätzlich folgende beiden Möglichkeiten für die Vortriebe:

### 1. Einseitiger Vortrieb der drei Tunnelabschnitte

- Tunnel Bänzlowi: Vortrieb ab Innertkirchen in Richtung Guttannen
- Tunnel Netzrichti: Vortrieb ab Handeck in Richtung Guttannen
- Scheiteltunnel: Vortrieb ab Handeck in Richtung Oberwald

### 2. Beidseitiger Vortrieb der drei Tunnelabschnitte

- Tunnel Bänzlowi: Vortrieb ab Innertkirchen sowie Guttannen bis ca. Tunnelmitte
- Tunnel Netzrichti: Vortrieb ab Guttannen sowie Handeck bis ca. Tunnelmitte
- Scheiteltunnel: Vortrieb ab Handeck sowie Oberwald bis ca. Tunnelmitte

Des Weiteren besteht auch die Möglichkeit einer Kombination, wie beispielsweise des beidseitigen Vortriebs des langen Scheiteltunnels, sowie des einseitigen Vortriebs der beiden Tunnel Bänzlowi und Netzrichti. Aufgrund von Überlegungen zur Optimierung der Bauzeit, ist zumindest ein beidseitiger Vortrieb des Scheiteltunnels angezeigt.

Für die Bauphasen **Innenausbau** sowie **Einbau von Gleistragplatte, feste Fahrbahn und Bahntechnik** ist gemäss den Überlegungen aus dem Richtpreisangebot Marti 2018 [Beilage D33] folgendes Vorgehen vorgesehen:

#### Tunnel Bänzlowi

- Innenausbau steigend Innertkirchen → Guttannen. Logistik über Portal Guttannen.
- Gleistragplatte / feste Fahrbahn / Bahntechnik steigend Innertkirchen → Guttannen. Logistik über Portal Guttannen.

#### Tunnel Netzrichti

- Innenausbau steigend Guttannen → Handeck. Logistik über Zugangsstollen Handeck.
- Gleistragplatte / feste Fahrbahn / Bahntechnik steigend Guttannen → Handeck. Logistik über Zugangsstollen Handeck.

#### Scheiteltunnel

- Innenausbau fallend Tunnelmitte → Handeck. Logistik über Zugangsstollen Handeck bzw. steigend / fallend Tunnelmitte → Oberwald. Logistik über Portal Oberwald.

- Gleistragplatte / feste Fahrbahn / Bahntechnik steigend / fallend Handeck → Oberwald. Logistik über Portal Oberwald.

Die Gesamtbauzeit der Tunnelanlage beträgt, unter Berücksichtigung von Variante 2 mit beidseitigem Vortrieb der drei Tunnelabschnitte, rund 5.5 Jahre.

In Bezug auf die Hochspannungsleitung ist mit Termindruck zu rechnen. Es besteht die Möglichkeit, mit dem Einzug der Leitung im Kabelstollen bereits während der noch laufenden Ausbauarbeiten im Bahntunnel zu starten. Diese Arbeiten an der Kabelleitung können nach Abschluss sämtlicher Vortriebe, sowie der erstellten Wandabschlüsse in den Querschlägen ca. Mitte bis Ende Jahr 3 nach Baustart beginnen.

## 14 Ablauf Phase Projektierung

Nachfolgende Abbildung 39 zeigt die gegenwärtige Zeitplanung für die bevorstehenden Projektphasen, um einen Baubeschluss erwirken zu können. Folgende Annahmen liegen der Zeitplanung zugrunde:

- Im Jahre 2023 fällt das Parlament den Entscheid zur Gesamtfinanzierung des Grimseltunnels.
- Das Konzessionsgesuch wird im Jahr 2023 eingereicht
- Die Projektvorbereitung wird im Jahr 2023 ohne Unterbruch weitergeführt.
- Die Gesuche für die Konzession und für die Plangenehmigung sind zielgenau und vollständig und ermöglichen ein effizientes Verfahren.
- Der Ablauf der Verfahrensschritte ist zeitlich optimiert.

Diese Zeitplanung ist weitgehend synchron mit jener von der Swissgrid AG für das Leitungsvorhaben Innertkirchen – Ulrichen. Dadurch können die Synergien aus der Bündelung optimal genutzt werden (keine parallelen Projektaktivitäten).

Falls der Baubeschluss gemäss diesem Zeitplan Ende 2027 gefällt werden kann, steht der Parallelstollen ab ca. 2031/2032 der Swissgrid für den Einbau der Kabelleitung zur Verfügung. Unter diesen Voraussetzungen sollte die Bündelung im Grimseltunnel keine Verzögerung des Leitungsvorhabens verursachen.

Der ambitionierte Zeitplan ist eine Herausforderung für alle Beteiligten, jedoch angesichts des fortgeschrittenen Standes der Projektvorbereitungen erreichbar.

Aktion	2023	2024	2025	2026	2027
Verfahren Deponien Handeggli und Löwwene	█				
Projekt-Vorbereitung	█				
Konzessionsgesuch Bahn	█				
Konzessions-Verfahren Bahn (BAV)		█			
Projekt Übertragungsleitung (Swissgrid)	█				
Vorprojekt Bau + Bahn		█			
Projekt + Submission Bau + Bahn			█		
Plangenehmigungsverfahren Bahn + Leitung (BAV)				█	

Abbildung 39: Zeitplan Projekt-Phase bis Baubeginn, unter Annahme eines Finanzierungsentscheides im Jahr 2023 sowie optimaler Abfolge der Verfahrensschritte

## Teil 2: Kostenberechnung

### 1 Kostengrundlagen

Für den Grimseltunnel existieren aufgrund der langen Projekthistorie mit Beginn der ersten Arbeiten Machbarkeitsstudie im Jahre 2013 mehrere Kostenschätzungen mit umfangreichen Kostengrundlagen. Es sind dies im Wesentlichen die Kostenschätzung der Machbarkeitsstudie 2015 [Beilage D1], die für die Systemwahlstudie 2019 [Beilage D3] beauftragte Richtofferte Bau 2018 [Beilage D33], sowie eine weitere Richtofferte Bau 2022 [Beilage D34].

Im Folgenden wird auf die jeweiligen Kostenschätzungen und Richtofferten eingegangen.

#### 1.1 Machbarkeitsstudie 2015

Für die Machbarkeitsstudie 2015 erfolgte die erste Kostenschätzung auf Basis der Pläne der Tunnel-Anlage mit einem detaillierten Mengengerüst und Einheitspreisen aufgrund von vorhandenen Referenzobjekten. Als Grundlage für die Berechnung der Baukosten dienten:

- Die Offerte für den Buechiwaldtunnel der Berner-Oberland-Bahnen
- Verschiedene Offerten für die Stollenbauten der KWO
- Offerte für den Giessbachtunnel (ASTRA)

Des Weiteren wurden in der Machbarkeitsstudie 2015 auch die Kosten für Planung (Bauherr, Honorar Dritte), Landerwerb, Baugrunduntersuchungen, Ausrüstung und Lüftung, Kabelanlagen Swissgrid, sowie die Bahntechnische Ausrüstung und die Inbetriebsetzung der Bahnanlage ermittelt.

#### 1.2 Richtofferte Bau 2018

Im Rahmen der Systemwahlstudie 2019 wurden die drei unterschiedlichen Tunnelsysteme (siehe Teil 1, Kapitel 3) untersucht und verglichen. Für den Vergleich wurden die Kosten jeweils für jedes System separat bestimmt. Um möglichst belastbare Kosteninformationen über den Streckenvortrieb und den Streckenausbau der untersuchten Systeme zu erhalten, wurde bei einer Bauunternehmung eine Richtpreisofferte in Auftrag gegeben. Dafür wurden auf Basis der Situation, Längenprofile sowie der Normalprofile je System und den dazugehörigen Sicherungstypen ein detailliertes Vorausmass nach Normpositionenkatalog (NPK) erstellt.

Die Marti Tunnel AG erstellte aus den vorgegebenen Leistungsverzeichnissen die Richtofferte Bau 2018 [Beilage D33].

#### 1.3 Richtofferte Bau 2022

Im Jahr 2022 wurde die Gasser Felstechnik AG mit der Erarbeitung einer weiteren unabhängigen Richtofferte Bau 2022 [Beilage D34] beauftragt. Die Firma hat bereits verschiedene Stollen an der Grimsel erstellt. Abweichend zur Richtofferte Marti 2018 wurde für diese Offertenanfrage kein Musterleistungsverzeichnis vorgegeben. Die Bauunternehmung erstellte auf Grundlage der aktuellen Pläne eine eigenständige Kostenschätzung mit Ermittlung der relevanten Vortriebs- und Kostenpositionen.

## 2 Zusammenstellung der Kosten

### 2.1 Erläuterungen

Auf Basis der in Kapitel 1 erläuterten Kostengrundlagen wurde die in diesem Bericht vorliegende Kostenberechnung Grimseltunnel erstellt. Die Berechnung ist zweiteilig aufgebaut, dem Teil I: Bau, sowie dem Teil II: Bahntechnik.

**Teil I: Bau** beinhaltet die gesamte Tunnelstrecke vom Portal Nord in Innertkirchen bis zum Südportal in Oberwald exklusive der Bahntechnik. Des Weiteren beinhaltet die Kostenschätzung die Projektkosten der Erstellergesellschaft (Bauherr), die Planungskosten Bau, den Landerwerb, die Baugrunduntersuchungen, sowie die Ausrüstung im Tunnel wie Lüftung und Türen/Tore.

Dabei wurden insbesondere die Kosten der Vortriebs- und Ausbauarbeiten inklusive der Materialbewirtschaftung auf Basis der Richtofferten überprüft und wo erforderlich angepasst. Die beiden Richtofferten 2018 und 2022 wurden ausgewertet, auf die gleiche Preisbasis gestellt und je NPK-Kapitel miteinander verglichen. Somit konnten die neuen Laufmetereinheitspreise für die aktualisierte Kostenschätzung bestimmt werden.

Für die Kostenberechnung Bau wurde ein unabhängiges Review durch Roland Kobel (Kobel Bauconsulting) durchgeführt (siehe Kapitel 3, sowie Beilage D35).

**Teil II: Bahntechnik** beinhaltet die gesamte offene Strecke ausserhalb der Tunnel inklusive der Bahnhöfe und Haltestellen, die Bahntechnischen Anlagen im Grimseltunnel, die Planungskosten Bahntechnik, die Kosten für die Erstanschaffung des Lösch- und Rettungszugs, sowie die Kosten für die Inbetriebsetzung der Bahnanlage.

Die Kostenschätzung Bahntechnik beruht auf Experteneinschätzungen von MGB, zb und Dritten, der Abrechnung des Engelbergertunnels, Planwerten vom Täschertunnel, Planwerten für BLS-Bahnhofumbauten, sowie Pauschalen in Abhängigkeit der Gesamtsumme. Die Kostenschätzung wurde mit den beiden Bahnen MGB und zb diskutiert.

### 2.2 Umsetzung BAV-Leitfaden 'Ermittlung der Kosten von Ausbauvorhaben'

Die vorliegende Berechnung der Kosten folgt der Methodik und dem Aufbau gemäss 'Leitfaden zur Ermittlung der Kosten von Ausbauvorhaben' des Bundesamts für Verkehr. Der Leitfaden gewährleistet, dass die Kostenermittlung unterschiedlicher Infrastrukturmassnahmen auf einer einheitlichen Methodik basiert. Die Investitionsausgaben sollen schon in einer frühen Planungsphase möglichst realitätsnah geschätzt werden, sodass diese in der weiteren Planung und Umsetzung Bestand hat. D.h. die sukzessive zunehmende Planungstiefe soll nicht zu Kostensteigerungen führen.

Bei der Kostenermittlung werden in einem ersten Schritt die **Grundkosten (GK)** ohne Zuschläge und Unvorhergesehenes berechnet. Anschliessend werden durch den **Zuschlag Z1** die **Basiskosten (BK)** bestimmt. Der Zuschlag Z1 berücksichtigt die durch das Mengengerüst nicht erfassten Positionen. Weiters werden der **Zuschlag Z2** für quantifizierbare Risiken, sowie der **Zuschlag Z3** für nicht quantifizierbare Risiken berücksichtigt, was schliesslich die Gesamtkosten der Infrastrukturmassnahme definiert. Die Gesamtkosten weisen eine Wahrscheinlichkeitsverteilung auf. Es werden ein **Erwartungswert (E)**, sowie ein **unterer und oberer Kostenwert U / O** der Gesamtkosten bestimmt. Die unteren und oberen Kostenwerte

sind so festgelegt, dass die Wahrscheinlichkeit einer Unter- resp. Überschreitung der Gesamtkosten 10 % beträgt. D.h. die Wahrscheinlichkeit, dass die Gesamtkosten innerhalb der angegebenen Bandbreite liegen, beträgt 80 %.

Im folgenden Abschnitt 2.3 sind die nach der BAV-Methodik berechneten Kosten aufgeführt. Wo Abweichungen gegenüber den im Leitfaden vorgeschlagenen Zuschlags-Richtwerten vorgenommen wurden, wird dies textlich erläutert und begründet.

## 2.3 Kostenzusammenstellung

In Tabelle 6 sind die Gesamtkosten des Grimseltunnels nach den Vorgaben gemäss BAV-Leitfaden dargestellt. Der Erwartungswert der Gesamtkosten beträgt 661.0 Mio. CHF.

Tabelle 6: Kostenschätzung Grimseltunnel (in Mio. CHF, Preisbasis 2018, Kostengenauigkeit +/- 20%)

Kostenparameter	Teil I Bau	Teil II Bahntechnik	Gesamtkosten
1. Projektkosten Erstellergesellschaft	10.0		10.0
2. Honorar Dritte	26.2	10.0	36.2
3. Landerwerb	0.9	0.2	1.1
4 Baugrunduntersuchungen	0.5		0.5
5. Bauarbeiten	380.3	24.7	404.9
6. Bahntechnik, Stellwerke, Leittechnik		97.3	97.3
7. Ausrüstung (Lüftung, Türen/Tore)	7.3		7.3
8. Inbetriebsetzung Bahnanlagen		2.0	2.0
9. Erstanschaffung LRZ		3.0	3.0
<b>Grundkosten (GK)</b>	<b>425.2</b>	<b>137.2</b>	<b>562.3</b>
Zuschlag Z1 (10% von GK)	42.5	13.7	56.2
<b>Basiskosten (BK)</b>	<b>467.7</b>	<b>150.9</b>	<b>618.6</b>
Zuschlag Z2 (quantifizierbare Risiken)	4.0	7.5	11.5
1. Risiko: Ausserordentliche Preissteigerung Ausrüstung		Max. 15.0 EW: 7.5	Max. 15.0 EW: 7.5
2. Risiko: Ausserordentliche Preissteigerung Bau	Max. 23.0 EW: 11.5		Max. 23.0 EW: 11.5
3. Risiko: Geologische Risiken, höherer Sicherungsaufwand	Max. 8.0 EW: 4.0		Max. 8.0 EW: 4.0
4. Chance: Marktchance Bau (Wettbewerb)	Max. -23.0 EW: -11.5		Max. -23.0 EW: -11.5
Zuschlag Z3 (nicht quant. Risiken)	23.4	7.5	30.9
Projektanpassungen / kleinere Bestellungenänderungen (5% auf BK)	Max. 23.4 EW: 11.7	Max. 7.5 EW: 3.8	Max. 30.9 EW: 15.5
Technische Komplexität (5% auf BK)	Max. 23.4 EW: 11.7	Max. 7.5 EW: 3.8	Max. 30.9 EW: 15.5
<b>Gesamtkosten Erwartungswert E</b>	<b>495.1</b>	<b>165.9</b>	<b>661.0</b>
<b>Oberer Wert O</b>	<b>553.4</b>	<b>185.1</b>	<b>737.7</b>
<b>Unterer Wert U</b>	<b>436.7</b>	<b>146.8</b>	<b>584.2</b>

Als **Preisbasis** für die Kostenschätzung wurde 2018 angenommen. Gemäss BAV-Leitfaden gilt für den aktuellen Ausbauschnitt Preisbasis 12/2014. Die Bauteuerung zwischen 2014 und 2018 ist gering; gemäss schweizerischem Baupreisindex (BPI) Tiefbau beträgt diese 0.3 %.

Der **Zuschlag Z1** wird gemäss BAV-Leitfaden mit 10 % der Grundkosten berücksichtigt.

Für den **Zuschlag Z2** wurden folgende Risiken und Chancen berücksichtigt:

- Risiko 1: Es wird eine ausserordentliche Preissteigerung bei der Ausrüstung Bahntechnik von maximal 10 % der Basiskosten angenommen.
- Risiko 2: Es wird eine ausserordentliche Preissteigerung beim Bau von maximal 5 % der Basiskosten berücksichtigt.
- Risiko 3: Für geologische Risiken resp. eine ungünstige Verschiebung der Sicherungsklassenverteilung wird mit einem um 30 % grösseren Sicherungsaufwand (NPK-Kapitel 266: Ausbruchsicherung im Untertagbau) gerechnet.
- Chance 4: Beim Bau wird aufgrund des Wettbewerbs bei der Vergabe mit einer Marktchance im Umfang von 5 % der Basiskosten gerechnet.

Der **Zuschlag Z3** besteht aus den beiden Teilzuschlägen Projektanpassungen / kleinere Bestellungsänderungen sowie Technische Komplexität. In Abweichung zu den Richtwerten im BAV-Leitfaden wurden hier tiefere prozentuale Zuschläge angenommen:

- Projektanpassungen / kleinere Bestellungsänderungen: Hier wurde ein prozentualer Zuschlag von 5 % berücksichtigt. Die Risiken im Bewilligungsverfahren sind aufgrund der grösstenteils unterirdischen Linienführen stark reduziert und beschränken sich allenfalls auf die Portalbereiche. Zudem ist das Projekt weiter ausgereift als dies typischerweise für eine Machbarkeitsstudie der Fall ist. Des Weiteren wurden bereits Abklärungen mit Kantonen, Gemeinden und Anwohnern durchgeführt, das Projekt genießt eine grosse Akzeptanz und es ist nicht mit grösseren Einsprachen zu rechnen, die umfangreiche Projektanpassungen zur Folge hätten.
- Technische Komplexität: Hierfür wurde ein prozentualer Zuschlag von 5 % berücksichtigt. Dies entspricht dem im BAV-Leitfaden vorgegebenen Richtwert für die Phase Vor- und Bauprojekte. Für die Phase Konzept- und Objektstudie wird ein Richtwert von 10 % vorgeschlagen. Wie bereits oben erwähnt ist das Projekt bereits weiter ausgereift, als dies typischerweise in der Machbarkeitsstudie der Fall ist, daher kann der Ansatz für ein Vorprojekt begründet werden. Zudem ist die Technische Komplexität grösstenteils auf die Portalbereiche und Zugangstollen begrenzt. Der baukostenbestimmende Tunnelvortrieb hat aufgrund der grossen Länge bei geringer Variabilität der geologischen Verhältnisse einen Skalierungseffekt, d.h. die komplexen Probleme sind überall die gleichen.

Die **Kostengenauigkeit beträgt +/- 20 %**. Dies in Abweichung zu den vorgeschlagenen 30% im BAV-Leitfaden. Durch die Ermittlung der Baukosten auf Basis von drei unabhängigen Kostenschätzungen (Machbarkeitsstudie 2015, Richtpreisofferte 2018, Richtpreisofferte 2022) besteht eine sehr breite und verifizierte Kostengrundlage. Diese geht deutlich über das Niveau Machbarkeitsstudie hinaus. Die Annahme der Kostengenauigkeit hat keinen Einfluss auf den Erwartungswert der Kosten, jedoch auf den oberen und unteren Kostenwert.

Die Kostenberechnung enthält keine Mehrwertsteuer.

Die Details zur Kostenberechnung sind der **Beilage B1** (Kostenschätzung Grimselbahn 2022) zu entnehmen.

### 3 Review Kostenschätzung Bau

Für die Ermittlung der Grundkosten Bau wurde ein unabhängiges Kostenreview durchgeführt. Das Review betrifft vor allem die Kosten für den Bau der Stollen und Querverbindungen, da diese einerseits den Schwerpunkt der Kosten des Projekts darstellen und andererseits im Vergleich mit anderen Tunnelbauprojekten kostengünstig erscheinen.

Das Review wurde durch Roland Kobel (Kobel Bauconsulting) durchgeführt und ist Beilage D35 des Synthesedossiers.

Zur **Ermittlung der Grundkosten** wird im Review folgendes Fazit gezogen:

*«Die vorliegenden und in die Kostenberechnungen Grimseltunnel eingeflossenen Grundkosten Bau wurden mehrfach unabhängig ermittelt. Die Resultate weisen eine Bandbreite von -12%/+5% zu den ausgewiesenen Grundkosten\* Bau auf. Kostengenauigkeiten in dieser Grössenordnung entsprechen einem Projektierungsstand «Bauprojekt». Sie sind aus den oben aufgeführten Gründen realistisch, auch wenn sie vergleichsweise tief erscheinen mögen.»*

Betreffend die Zuschläge gemäss BAV-Leitfaden zieht das Review folgende Schlüsse:

#### **Zuschlag Z1:**

*«Ein Zuschlag 1 von 10% wird auch dem Projekt Grimseltunnel gerecht.»*

#### **Zuschlag Z2:**

*«Ohne die Chancen und Risiken ingenieurmässig quantifiziert zu haben, zeigt die vorstehende Auflistung eine Überzahl von Chancen (©) gegenüber Risiken (®). Somit darf von einem Erwartungswert beim Zuschlag 2 von nahe = 0% ausgegangen werden.»*

#### **Zuschlag Z3:**

*«Ein Zuschlag 3 von 5-10% auf die Basiskosten Bau ist aus unserer Sicht gerechtfertigt.»*

## Teil 3: Nutzen der Grimselbahn

### 1 Einschätzung der Nachfrage

#### 1.1 Schätzung des Marktvolumens durch die HSG

Die Studie der HSG [Beilage D4] schätzt das gesamte nichtrealisierbare und realisierbare Marktpotenzial für den Personenverkehr zwischen Meiringen und Oberwald auf rund 1.1 Mio. Fahrten. Das Potenzial umfasst die Einwohnenden und die Logiernächte im definierten Einzugsgebiet. Das nichtrealisierbare und das realisierbare Marktpotenzial wird eingeschätzt auf der Basis von verschiedenen Untersuchungen zur Mobilität der Einwohnenden und den inländischen und ausländischen Gästen sowie mittels einem auf die Distanzen ausgerichteten Gravitationsmodell. Die bestehende Nachfrage als Teil des realisierbaren Marktvolumens wird mit 100'000 Fahrten beziffert. Die zusätzliche Nachfrage wird zurückhaltend auf 300'000 Fahrten geschätzt. Gemäss den Überlegungen der Autoren ist diese Zurückhaltung durch folgende Aspekte begründet:

- Pendeln: Die neue Verbindung erschliesst schwach besiedelte Regionen, so dass kein deutlicher Pendlerstrom einsetzen wird;
- Touristische Erschliessung: Die touristische Erschliessung des Grimselgebiets ist bereits mit der bestehenden Nachfrage gegeben. Erst neue Angebote und deren Vermarktung können zu einer zunehmenden Zahl an Fahrten führen;
- Transitverkehre: Die neue Verbindung ermöglicht zwei Transitdimensionen; Luzern – Brig und Bern – Interlaken – Andermatt;
- Touristische Attraktivität der Verbindung selbst: Diese ist als begrenzt zu beurteilen, da sie weitgehend im Tunnel verläuft. Sie erschliesst jedoch touristisch attraktive Orte entlang des ganzen Meterspur-Netzwerks.

Insgesamt wird das realisierbare Nachfragepotenzial auf etwa 400'000 Fahrten geschätzt, was in etwa einer Ausschöpfung des gesamten Marktpotenzials von 36% entspricht.

#### 1.2 Schätzung der Nutzenstudie der SMA

Die Studie der SMA [Beilage D5] stützt sich bei ihrer Schätzung auf das Nationale Personenverkehrsmodell 2050. Datenbasis ist das Basisszenario der Verkehrsperspektiven 2050. Das Modell hat allerdings den Nachteil, dass es für die Verbindung Meiringen – Oberwald keine und teilweise nicht plausible Daten liefert (keine ganzjährige Verbindung).

Die Grimselbahn erhöht sich die Erreichbarkeit dieser Region signifikant. Reisezeiten und Anzahl Umstiege nehmen für zahlreiche Relationen innerhalb der Grimselregion sowie aus dem Mittelland zur Grimselregion deutlich ab. Dadurch vergrössert sich die Nachfrage auf dem Abschnitt Innertkirchen – Oberwald und auf allen Zulaufstrecken, insbesondere von Interlaken und Andermatt. Auf zahlreichen Relationen kann der Anteil des ÖVs am Modalsplit erhöht werden. Die Studie berücksichtigt, die vom Auto verlagerten, sowie die induzierten Wege und neue Routenwahlen aufgrund des verbesserten Angebots. Sie kommt zum Ergebnis, dass durchschnittlich ca. 800 Reisende täglich resp. ca. 300'000 Reisende pro Jahr den

Grimseltunnel benutzen (Querschnittsbelastung DTV). Der touristische Mehrwert wird in diesem Modell allerdings nicht berücksichtigt.

### 1.3 Einordnung der beiden Nachfrageschätzungen

Die zwei methodisch unterschiedlichen Ansätze zur Schätzung der Frequenzen der Grimselbahn ergeben jährliche Fahrten von rund 300'000 Personen (SMA) und 400'000 Personen (HSG, Laesser). Es bestehen gute Gründe, sich für die weiteren Überlegungen auf die Schätzung der HSG abzustützen [Beilage D4]:

- Eine Analyse der verfügbaren Postautofrequenzen und der verfügbaren Strassenverkehrsdaten zeigt, dass die Schätzung des bestehenden Verkehrs zwischen Meiringen und Oberwald durch die Studie der HSG näher bei der Realität liegt.
- Das Schätzmodell der HSG kam bereits bei verschiedenen neuen Tunnelbauten (Lötschberg und Gotthard) zum Einsatz. In allen Fällen lag später die konkrete Nachfrage deutlich über den Schätzungen der HSG.
- Das Modell der SMA bildet die touristische Nachfrageeffekte nicht ab.
- Das Innotour-Projekt 'Nutzen der Grimselbahn für den Tourismus' zeigt auf, dass mit neuen Paket-Angeboten entlang der Meterspurstrecken (Hotelunterkünfte, Bahntickets und freier Gepäcktransport) eine Nachfrage von 100'000 Fahrten pro Jahr mit der Grimselbahn generiert werden könnten. Diese Nachfragekomponente ist in der HSG-Studie noch nicht berücksichtigt.

## 2 Synergien bei den Meterspurbahnen

Mit der Realisierung des Grimseltunnels erwartet die zb in der betrieblichen Produktion eine Optimierung des Fahrzeugeinsatzes und eine Verkleinerung der Fahrzeugreserve. Je nach saisonalem Verkehrsaufkommen können insbesondere auf dem zb-Netz Züge gezielter und nachfrageflexibler eingesetzt werden, womit eine Verbesserung der Auslastung erwartet wird. Ebenfalls werden Synergien beim Fahrzeugunterhalt erwartet. Für die schwere Instandhaltung von Rollmaterial können sich längerfristig netzübergreifende Synergiepotenziale ergeben.

## Teil 4: Organisation

### 1 Einleitung

Der vorliegende Bericht mit der Projektdokumentation 2022 bildet den Abschluss der Studienarbeiten der Grimselbahn AG zur Bestätigung der Machbarkeit des Grimseltunnels. Ab Anfang 2023 beginnt eine Übergangsphase bis zur Parlamentsentscheid zur Finanzierung des Projekts. In dieser Übergangsphase will die Grimselbahn AG unter anderem einen zeiteffizienten Start des Vorprojekts vorbereiten. Dazu gehört die Bereitstellung der Organisation für die nächste Projektphase.

Mit Beginn der Phase der Projektierung soll die Organisation vom zukünftigen Konzessionär und Betreiber des Grimseltunnel geprägt sein. Zur Gestaltung der entsprechenden Organisation stellen sich die folgenden Fragen:

- Welches Bahnunternehmen nimmt die Grimselbahn in seine Strategie auf und tritt in die Funktion des Infrastrukturbetreibers?
- Welche Aufgabenteilung zwischen dem Infrastrukturbetreiber und der Grimselbahn AG ist in der kommenden Projektphase zweckmässig, in Anbetracht der Interessen und Ressourcen dieses Bahnunternehmens sowie dem Know-How der Grimselbahn AG?
- Welches sind die Implikationen des multifunktionalen Charakters der Infrastruktur?

Mit den beiden direkt involvierten Bahnunternehmen zb und MGB wurden obige Fragen in zahlreichen Gedankenaustauschen und Besprechungen reflektiert und schrittweise geklärt. Dies erfolgte auf operativer Ebene im Zuge der gemeinsamen fachlichen Arbeiten sowie auf strategischer Ebene. Das Ergebnis wird nachfolgend dargestellt.

Das Vorhaben Grimseltunnel steht nun vor drei Phasen: 1. Projektierung, 2. bauliche Realisierung und 3. Betrieb. Die Überlegungen zur Organisation beschränken sich auf die erste Phase, jene der Projektierung, bis hin zum Punkt, an welchem eine Realisierung entschieden werden kann. Diese Phase der Projektierung wird voraussichtlich etwa 5 Jahren dauern (siehe Teil 1, Kapitel 14).

Während der Projektierungsphase werden sich die Rahmenbedingungen zur Bauphase sukzessive klären, namentlich auch hinsichtlich der Aspekte der Bündelung. Deshalb ist es sinnvoll, die Organisation für die Bauphase erst später zu klären.

### 2 Infrastrukturbetreiber zb

Die Zentralbahn, zb, hat ein strategisches Interesse am Grimseltunnel. Durch die neuliche Integration der Strecke Meiringen – Innertkirchen in das Netz der zb wird der Grimseltunnel zur natürlichen Verlängerung des zb-Netzes bis nach Oberwald und ermöglicht dort den Zusammenschluss der Meterspurnetze im Alpenraum. Der Verwaltungsrat hat diese neue Bahnverbindung in die Unternehmensstrategie aufgenommen.

Die Zentralbahn AG erklärt sich gegenüber der Grimselbahn AG bereit, den Betrieb der neuen Infrastruktur zu übernehmen. Sie will namentlich die hierfür notwendigen Konzessionen beantragen und eine führende Rolle in der weiteren Projektentwicklung einnehmen (Absichtserklärung der zb betreffend Betrieb Infrastruktur, Beilage A2).

Die MGB hat eine Fortsetzung der Zusammenarbeit in der Projektentwicklung zugesagt. Dabei hat sie Kenntnis genommen von der Absicht der zb, sich rechtzeitig um die Infrastrukturkonzession zu bemühen.

Die Erstellung und der Betrieb des Grimseltunnels in der Verantwortung der zb steht auch im Einklang mit den technischen Gegebenheiten und den äusseren Rahmenbedingungen dieser Infrastruktur: Aufgrund der markanten Neigung des Tunnels und der dadurch gegebenen natürlichen Luftströmung von Norden nach Süden muss sich der Interventions-Stützpunkt im Norden befinden, d.h. auf der stets rauchfreien Seite. Dort, in Meiringen und z.T. auch in Innertkirchen, betreibt die zb Infrastrukturen für Instandhaltung und Intervention.

Für den Verkehr durch den Grimseltunnel muss das Rollmaterial spezifische Anforderungen erfüllen, welche die zb in das Beschaffungskonzept für neues Rollmaterial Ende dieses Jahrzehnts integrieren will.

### **3 Erstellergesellschaft Grimselbahn AG**

Sofern der zb die Infrastrukturkonzession zugesprochen wird, beabsichtigt sie, die Grimselbahn AG als Erstellergesellschaft mit der Planung zu beauftragen. Dabei soll die zb im Verwaltungsrat der Grimselbahn AG Einsitz nehmen.

Die Umsetzungsvereinbarung mit dem UVEK schliesst die Grimselbahn AG als von der zb beauftragte Erstellergesellschaft ab.

## **4 Projektorganisation**

### **4.1 Struktur**

Die angedachte Organisation für die Phase der Projektierung ist in Abbildung 40 dargestellt. Der zb als Infrastrukturbetreiberin obliegt die Funktion des Auftraggebers. Dabei wird der Auftrag in zwei Dokumente gefasst, einer Projektierungsvereinbarung sowie einer Projektspezifikation (Abs. 4.2).

Auf analoger Ebene der Verbindlichkeit ist Swissgrid AG Vertragspartner der Grimselbahn AG hinsichtlich der Ausgestaltung des Grimseltunnels als Trägerinfrastruktur für die Kabelleitung. Dieser Aspekt wird in eine Nutzungsvereinbarung (inkl. Projektspezifikation) gefasst.

Die zb nimmt Einsitz im Verwaltungsrat der Grimselbahn AG, wie in obigem Abschnitt festgestellt. Im Weiteren delegiert die zb einen Projektingenieur in das Team der operativen Projektleitung der Grimselbahn AG. Gleiches erfolgt auch seitens Swissgrid. Die MGB engagiert sich themenbezogen im Projektleitungsteam (z.B. bezüglich Bahnhof Oberwald).

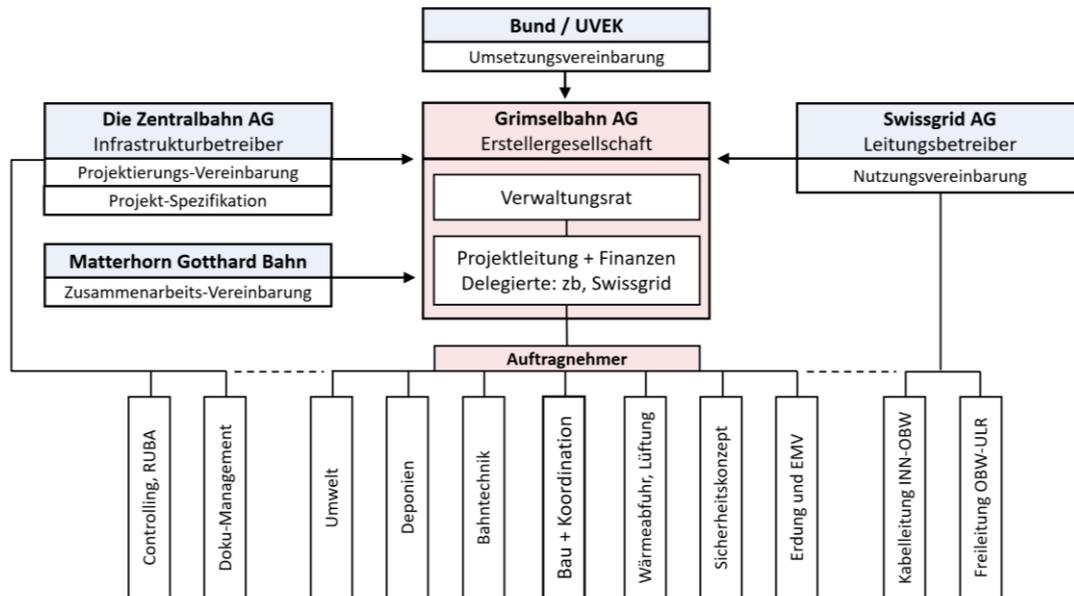


Abbildung 40: Organigramm für die Phase der Projektierung

## 4.2 Formale Grundlagen der Projektorganisation

**Projektierungs-Vereinbarung zwischen zb und Grimselbahn AG:** Definition des Auftragsverhältnisses mit Festlegung von Organisation, Verantwortlichkeiten, Ressourcen sowie Struktur der Zusammenarbeit.

**Projekt-Spezifikation zb:** Festlegung der essentiellen Vorgaben für die Ausgestaltung des Grimseltunnels als Bahninfrastruktur.

**Nutzungsvereinbarung mit Swissgrid:** Festlegung der essentiellen Vorgaben für die Ausgestaltung des Grimseltunnels als Trägerinfrastruktur für die Übertragungsleitung, sowie Vereinbarung hinsichtlich Installation, Betrieb und Instandhaltung der Kabelleitung. Festlegung der Prinzipien der Kostentragung.

**Zusammenarbeits-Vereinbarung mit MGB:** Vereinbarung der Zusammenarbeit in der Projektleitung.

## 4.3 Anwendung RUBA sowie Dokumentenmanagement

Es ist vorgesehen, dass Controlling und Reporting nach Massgabe von RUBA sowie das Dokumentenmanagement durch die zb wahrgenommen werden. Dadurch wird letztlich auch die Führung des Vorhabens durch den Infrastrukturbetreiber gestärkt.

Bern, im Januar 2023

**Grimselbahn AG / IUB Engineering AG**