Amt für Wald und Naturgefahren
Uffizi da guaud e privels da la natira
Ufficio foreste e pericoli naturali

Gemeinde Albula/Alvra

2

Tiefbauamt Graubünden (Plan Nr.: 720.13.4185)

Entwässerungsstollen Rutschung Brienz

SB_4_1702_0007

Bauprojekt

Technischer Bericht

Dok. Nr.: K102.201 **Dezember 2022**

Projektleitung	**Projektverfasser**	**Geologie**
Tiefbauamt Graubünden	Amberg Engineering AG	Büro für Technische Geologie AG
Abteilung Strassenerhaltung		
Grabenstrasse 30	Ringstrasse 18	Grossfeldstrasse 74
7001 Chur	7000 Chur	7320 Sargans

Format: A4 Datum: 16.12.2022 Version 1.0

Zusammenfassung

Das Dorf Brienz/Brinzauls in der Gemeinde Albula/Alvra befindet sich auf einer permanenten Rutschung, die vom Maiensässgebiet über Brienz (ca. 1'800 m ü.M.) bis hinunter an die Albula (ca. 870 m ü.M.) reicht. Die Rutschung Brienz umfasst eine Fläche von etwa 2.4 km^2 und ein Volumen von knapp 170 Mio. m^3. Der untere Teil der Rutschung, auf welchem sich das Dorf Brienz/Brinzauls befindet, wird als Rutschung Dorf bezeichnet und der obere Teil der Rutschung, von welchem eine latente Fels- und Bergsturzgefahr ausgeht, als Rutschung Berg.

Aufgrund der seit dem Jahr 2000 stetig zunehmenden Geländebewegungen wird die Rutschung Brienz seit 2009 messtechnisch überwacht. Das Überwachungsdispositiv wurde der zunehmenden Verschärfung der Gefahrensituation entsprechend laufend angepasst. Der bisher letzte Ausbau des Überwachungssystems wurde von der Regierung mit Beschluss vom 23. Februar 2021 (Prot. Nr. 181/ 2021) genehmigt.

Die anhaltend hohen Bewegungen der Rutschung Brienz verursachen erhebliche Schäden an Gebäuden und Infrastrukturen und mittelfristig ist damit zu rechnen, dass die Gebäude unbewohnbar werden und Infrastrukturanlagen aufgegeben werden müssen. Mit Beschluss vom 15. August 2017 (Prot. Nr. 705 / 2017) und 2. Juni 2020 (Prot. Nr. 480 / 2020) hat die Regierung die detaillierte Untersuchung der Rutschungen Dorf und Berg genehmigt. In der Folge wurden die beiden Rutschungen von 2018 bis 2021 im Rahmen von geologischen Detailuntersuchungen mit 12 bis zu 340 m tiefen Sondierbohrungen und verschiedensten Untersuchungsmethoden erkundet und detailliert untersucht. Ziel der Untersuchungen war, die zur Erarbeitung eines möglichen Sanierungsprojekts erforderlichen Daten- und Modellgrundlagen zu erheben. Die umfassenden geologischen Detailuntersuchungen wurden per Ende 2021 plangemäss abgeschlossen und haben grundlegend zum Verständnis der Rutschung Brienz und deren Einflussfaktoren beigetragen.

Infolge der durch die zunehmenden Bewegungsgeschwindigkeiten gegebenen Dringlichkeit, sind Anfang 2020 parallel zu den geologischen Detailuntersuchungen umfassende Machbarkeitsabklärungen hinsichtlich möglicher Sanierungsmassnahmen gestartet worden. Im Laufe der Untersuchungen verdichteten sich die Hinweise, dass erhöhte Wasserdrücke inner- und unterhalb der Rutschmasse für die Rutschbewegungen in Brienz verantwortlich sind. Erhöhte Wasserdrücke im Untergrund wurden weltweit bei Rutschungen ähnlicher Grösse und Disposition als Hauptursache identifiziert. Eine Reduktion der Wasserdrücke hatte in den untersuchten Fallbeispielen durchwegs eine Abnahme der Bewegungen zur Folge. Basierend auf diesen Erkenntnissen und den Resultaten der Detailuntersuchungen wird eine Tiefenentwässerung am Standort Brienz als erfolgversprechendste Sanierungsmassnahme erachtet.

Die Regierung genehmigte in der Folge mit Beschluss vom 16. März 2021 (Prot. Nr. 247 / 2021) den Bau eines Sondierstollens im Westen der Rutschung Dorf, mit welchem insbesondere die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse des stabilen Gebirges und der darüberliegenden Rutschmasse erkundet und hinsichtlich der Gebirgsdrainierbarkeit beurteilt werden sollen. Aufgrund der seit 2017 stark zunehmenden Bewegungsraten und der sich dadurch stetig verschärfenden Situation war man gezwungen, mit dem Bau des Sondierstollens noch vor Abschluss der geologischen Detailuntersuchungen zu beginnen. Die Bauarbeiten starteten im Mai 2021 mit der Erschliessung und der Baustelleninstallation und der eigentliche Stollenvortrieb im September 2021. Aus talseitig angeordneten Bohrnischen wurden parallel zum Stollenvortrieb mehrere Erkundungs- und Drainagebohrungen ins stabile Gebirge ausgeführt. Der 2% steigende Vortrieb erfolgte im Sprengvortrieb und durchgehend

im stabilen Fels (Flysch). Mit einem umfassenden Überwachungsdispositiv wurden Wirkungsradius und Wirkungsgrad der Gebirgsdrainage, Verlangsamungen der Geländebewegungen, Geländesetzungen sowie Beeinträchtigungen von Quellen überwacht und beurteilt. Die bisher erhobenen Messdaten zeigen, dass die Porenwasserdrücke unterhalb der Rutschmasse durch den Stollen und die daraus erstellen Drainagebohrungen signifikant gesenkt werden konnten und sich dadurch die Bewegungsgeschwindigkeiten im Einflussbereich des Sondierstollens bislang um bis zu 50% reduziert haben. Die Untersuchungen im Sondierstollen sind noch nicht abgeschlossen und beinhalten noch die Ausführung von Drainagebohrungen aus dem Sondierstollen in die Rutschmasse. Der Sondierstollen allein ist aber keine Sanierungsmassnahme im eigentlichen Sinne, sondern dient der vorgängigen Wirksamkeitsprüfung einer Tiefenentwässerung. Erhärtet sich der Befund, dass eine Tiefenentwässerung als Sanierungsmassnahme funktioniert, so ist der Sondierstollen bereits darauf ausgelegt, in einer späteren Phase zu einem Entwässerungsstollen ausgebaut zu werden.

Ziel und Zweck einer zukünftigen Sanierungsmassnahme ist eine möglichst rasche und andauernde Verlangsamung der Geländebewegungen im Gebiet der Rutschung Dorf auf unter 10 cm/Jahr. Im Idealfall wirkt sich eine Reduktion der Rutschgeschwindigkeiten im Gebiet Dorf durch den Entwässerungsstollen positiv auf die Bewegungsraten der Rutschung Berg aus und führt damit zu einer Beruhigung der absturzgefährdeten Felsmassen resp. instabilen Felskompartimente im Gebiet Berg. Der zur Wirksamkeitsprüfung von Tiefenentwässerungsmassnahmen zwischen September 2021 und Juni 2022 erstellte Sondierstollen hat im Westteil der Rutschung Dorf bislang eine signifikante Verlangsamung erzielt und damit den Wirksamkeitsnachweis einer Tiefenentwässerung im stabilen Fels unterhalb der Rutschmasse am Standort Brienz/Brinzauls erbracht. Ob die Zielsetzung einzig mit einer Entwässerung des stabilen Gebirges unterhalb der Rutschmasse erreicht werden kann und sich die damit erzielte Verlangsamung positiv auf die Bewegungen und Sturzszenarien der Rutschung Berg auswirkt, ist Bestandteil laufender Untersuchungen und kann zum heutigen Zeitpunkt nicht abschliessend beurteilt werden.

Gestützt auf die bisherigen, erfolgversprechenden Erkenntnisse aus dem Sondierstollen sowie aus Gründen der Dringlichkeit (zunehmende Schäden aufgrund der anhaltend hohen Bewegungsraten im Gebiet Dorf), war es erforderlich bereits im Frühling 2022, noch vor Abschluss der Untersuchungen im Sondierstollen, mit der Planung und Projektierung eines Entwässerungsstollens als eigentliche Sanierungsmassnahme zu beginnen.

Der Entwässerungsstollen ist eine Verlängerung des Sondierstollens und wird über das bestehende Portal erschlossen. Ab dessen Stollenende besteht der Entwässerungsstollen aus einem 374 m langen Nordarm und verzweigt sich danach in einen 725 m langen Ostarm und einen 550 m langen Westarm. Die gesamte Vortriebslänge beträgt 1'649 m (exkl. Nischen) resp. 2'284 m ab dem Stollenportal. Der über die gesamte Stollenlänge steigende Vortrieb (mit 2% minimaler und 12% maximaler Steigung) erfolgt im Sprengvortrieb (Vollausbruch) und durchgehend im stabilen Fels (Flysch) mit einem Ausbruchquerschnitt von 17 m^2 (Hufeisenprofil mit gekrümmten Paramenten und einer Gesamthöhe von 4.81 m). Entlang der Stollenarme werden zeitgleich zum Stollenvortrieb in regelmässigen Abständen 19 Bohrnischen sowie gesamthaft 71 Drainagebohrungen in den stabilen Fels und nach Abschluss der Vortriebsarbeiten 33 Drainagebohrungen in die Rutschmasse erstellt (teils aus Bohrnischen und teils aus dem Regelprofil). Die Projektphase C (Bau Entwässerungsstollen) beinhaltet den Vortrieb des Nord- und Ostarms sowie Ausbruch der Bohrnischen und den erstellten Drainagebohrungen in den stabilen Fels mit nachfolgendem Vortrieb des Westarms inkl. Ausbruch der Bohrnischen und den daraus erstellten Drainagebohrungen in den stabilen Fels.

Die Drainagebohrungen aus dem Regelprofil in den stabilen Fels werden jeweils nach Vortriebsende der jeweiligen Stollenarme ausgeführt, jene in die Rutschmasse bei ungenügender Wirksamkeit der Drainagebohrungen im stabilen Fels nach Einbringen der Betonsohle. Für den Bau des Entwässerungsstollens (Phase C) mit den dazugehörigen Drainagebohrungen ist eine Bauzeit von 42 Monaten geplant. Frühestmöglicher Baubeginn des Entwässerungsstollens ist März 2024.

Für das anfallende Ausbruchmaterial (ca. 60'000 m3) aus dem Entwässerungsstollen Brienz ist eine projektbezogene Deponie geplant. Auf der Deponie "Tgampi", welche sich südöstlich von Alvaschein befindet, wird das herangeführte Material für eine Wiederverwendung aufbereitet oder eingebaut bzw. endgelagert. Diese projektbezogene Deponie ist ausschliesslich für das Ausbruchsmaterial des Entwässerungsstollens der Rutschung Brienz vorgesehen. Nach Fertigstellung bzw. Inbetriebnahme des Entwässerungsstollens wird die projektbezogene Deponie Tgampi abgeschlossen und endgestaltet und anschliessend der bisherigen, landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt.

Für den Bau des Entwässerungsstollens inkl. Drainagebohrungen und Überwachungsmassnahmen sind Gesamtkosten von 39.83 Mio. Fr. veranschlagt. Mit Grossratsbeschluss vom 7. Dezember 2022 über einen Verpflichtungskredit für die Realisierung eines Entwässerungsstollens in Brienz/Brinzauls wurden die finanziellen Mittel dafür reserviert. Der Grundsatzentscheid über den Bau des Entwässerungsstollen wird im Sommer/Herbst 2023 erwartet.

Inhalt

1 Einleitung ... 9
1.1 Begründung Bauvorhaben ... 10
1.2 Bohr- und Drainagekonzept Entwässerungsstollen ... 11
1.3 Überwachungsmassnahmen Entwässerungsstollen ... 12
2 Grundlagen ... 14
2.1 Projektgebiet ... 14
2.2 Berichte und Dokumente ... 15
3 Zusammenfassung der Vorakten ... 16
3.1 Erkenntnisse aus der Vorstudienprüfung ... 16
3.2 Projektziele ... 16
4 Geologie, Baugrund ... 17
4.1 Übersicht ... 17
4.2 Verbleibende geologisch-geotechnische Baugrundrisiken, Unsicherheiten ... 17
4.3 Hydrogeologie ... 18
5 Materialbewirtschaftung und Abfälle ... 19
5.1 Grundsätze, Deponie und Bewirtschaftung ... 19
5.2 Ober- / Unterboden ... 19
5.3 Überschüttung Portalbauwerk und Hinterfüllung Stützmauern ... 19
5.4 Ausbruchmaterial Stollen und Nischen ... 20
5.5 Abfall und Materialentsorgung ... 20
5.6 Deponie Typ A ... 20
5.7 Materialfluss und Materialbilanz ... 21
6 Erläuterung der baulichen Massnahmen ... 24
6.1 Stollen ... 25
6.1.1 Bestand ... 25
6.1.2 Bau- und Betriebs-Phasen ... 25
6.1.3 Allgemeine Linienführung und Stationierung ... 26
6.1.4 Horizontale Linienführung ... 26
6.1.5 Vertikale Linienführung ... 27
6.1.6 Querschnittsgestaltung / Normalprofile ... 27
6.1.7 Konstruktion Stollen ... 30
6.1.8 Konstruktion Nischen ... 30
6.1.9 Konstruktion Trafo-Nische (Sm 1’003) ... 31
6.2 Abdichtung und Entwässerung ... 32

6.2.1 Allgemein ... 32
6.2.2 Stollen und Nischen ... 32
6.2.3 Messschacht, Funktionsweise im Endzustand ... 33
6.3 Portalbauwerk mit Lüftungskamin ... 35
6.4 Erschliessungsstrasse ... 35
6.5 Projektbezogene Deponie «Tgampi» ... 36
6.5.1 Ausgangslage ... 36
6.5.2 Standortbedingungen ... 36
6.5.3 Deponiegestaltung ... 37
6.5.4 Deponiebau & Rekultivierung ... 37
6.6 Erschliessung Deponie «Tgampi» ... 37
6.6.1 Situation ... 37
6.6.2 Längenprofil ... 37
6.6.3 Querschnittsgestaltung / Normalprofil ... 38
6.6.4 Strassenentwässerung ... 38
6.7 Betriebs- und Sicherheitsausrüstung ... 39
6.7.1 Phase C, Bau des Entwässerungsstollens ... 39
6.7.2 Phase D, Betrieb und Unterhalt des Entwässerungsstollens ... 40
6.8 Bauarbeiten und Bauwerke im Bereich von Freileitungen ... 42
7 Betriebs- und Nutzungsphase ... 43
7.1 Entwässerung ... 43
7.2 Erschliessungsstrasse ... 43
7.3 Wasserversorgung ... 43
7.4 Betriebs- und Sicherheitsausrüstung ... 43
8 Bauausführung ... 44
8.1 Bauablauf ... 44
8.2 Baustelleneinrichtung ... 45
8.2.1 Installationsfläche ... 45
8.2.2 Baustellenerschliessung ... 45
8.3 Ver- und Entsorgung ... 45
8.3.1 Baustrom ... 45
8.3.2 Brauchwasser ... 46
8.3.3 Kommunikation ... 46
8.3.4 Baustellenentwässerung / Wasserhaltung ... 46
8.3.5 Abwasser ... 47
8.4 Vortriebskonzept ... 47
8.5 Erschütterungen ... 48
8.6 Ausbruchsicherung und Verkleidung ... 48
9 Umweltbelange mit Erläuterungen ... 50

9.1 Vorbemerkungen ... 50
9.2 Relevanzmatrix ... 51
9.3 Grundwasser / Quellen ... 52
9.3.1 Erkenntnisse aus dem Sondierstollen ... 52
9.3.2 Hydrogeologische Beurteilung und Massnahmen ... 52
9.3.3 Fazit ... 56
9.4 Oberflächengewässer und Entwässerung ... 56
9.4.1 Baustellenabwasser (inkl. Bergwasser) ... 56
9.4.2 Strassenentwässerung ... 58
9.4.3 Oberflächengewässer / Gewässerraum, Fischerei ... 58
9.5 Materialbewirtschaftung und Abfälle ... 59
9.5.1 Materialbewirtschaftungskonzept (MBW-Konzept) ... 59
9.5.2 Entsorgung von Abfällen ... 60
9.5.3 Massnahmen für die Bauausführung ... 61
9.5.4 Fazit Materialbewirtschaftung ... 61
9.6 Natur und Landschaft ... 62
9.7 Boden, Landwirtschaft, Neophyten ... 63
9.8 Luft, Lärm, Erschütterungen ... 64
9.9 Störfallvorsorge, Naturgefahren ... 66
9.10 Weitere Umweltbereiche ... 67
9.11 Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen ... 67
9.12 Umweltbaubegleitung ... 68
9.13 Grundlagenverzeichnis Umwelt ... 69

10 Landerwerb ... 70

11 Kosten und Termine ... 71
11.1 Kostenvoranschlag ... 71
11.2 Wirtschaftlichkeit (qualitativ) ... 72
11.3 Finanz- und Terminplan ... 73

12 Nutzniesser und deren Beteiligung ... 74

13 Projektausführung ... 75
13.1 Bauprogramm ... 75
13.2 Projektorganisation Bauprojekt ... 76

Anhang:

Anhang 1: Bauprogramm

Anhang 2: Bestandteile Auflageprojekt

1 Einleitung

Die anhaltend hohen Geländebewegungen der Rutschung Brienz verursachen erhebliche Schäden an Gebäuden, Versorgungs- und Infrastrukturanlagen und ziehen umfangreiche Instandsetzungs- resp. Instandhaltungsarbeiten nach sich. Deshalb werden seit April 2020 mögliche Sofort- und Sanierungsmassnahmen zur Reduktion der Rutschbewegungen evaluiert und vorangetrieben ([2], [3]). Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen und Untersuchungen wird eine Tiefenentwässerung als erfolgversprechendste Sanierungsmassnahme für die Rutschung Brienz erachtet.

Mit dem zwischen September 2021 bis Juni 2022 ausgebrochenen, 635 m langen Sondierstollen westlich des Dorfes Brienz/Brinzauls, wurden bislang die geologisch-geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse (Bergwasserzutritte, Wasserdrücke, Gebirgsdurchlässigkeiten, präferenzielle Fliesswege) erkundet sowie die Drainierbarkeit des stabilen Gebirges unterhalb der Rutschung untersucht. Der Sondierstollen und die daraus erstellten Drainagebohrungen führten im stabilen Gebirge unterhalb der Rutschmasse zu einer markanten Absenkung der Wasserdrücke und einer damit einhergehenden signifikanten Verlangsamung der Rutschbewegungen in der darüber liegenden Rutschmasse. Damit kann der Nachweis einer wirksamen Tiefenentwässerung unterhalb der Rutschmasse am Standort Brienz erbracht werden. Ob diese als alleinige Massnahme für eine Reduktion der Rutschbewegungen unter 10 cm/Jahr ausreichend ist, kann basierend auf dem heutigen Kenntnisstand nicht beurteilt werden. Im Frühjahr 2023 soll die Drainierbarkeit der Rutschmasse und die damit einhergehenden Auswirkungen auf die Geländebewegungen mit weiteren Versuchsbohrungen aus dem Sondierstollen in die Rutschung hinein, untersucht und abschliessend beurteilt werden.

Basierend auf der geologischen Machbarkeits- und Variantenstudie [7] sowie den bisherigen Erkenntnissen und Untersuchungen aus dem Bau und Betrieb des Sondierstollens hat die Gemeinde Albula/Alvra in Absprachen mit den zuständigen kantonalen Instanzen entschieden, als eigentliche Sanierungsmassnahme das Projekt "Entwässerungsstollen Brienz" (Erweiterung des Sondierstollens) voranzutreiben und zu erstellen.

Diese damit verbundenen Projektierungsarbeiten inkl. der nachfolgenden Projektgenehmigung erfolgen demzufolge im Wissen, dass der definitive Bauentscheid zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen wird. Mit dieser vorgezogenen Projektierung wird erwirkt, dass beim definitiven Entscheid so schnell wie möglich mit den Bauarbeiten begonnen werden kann. Der definitive Entscheid wird voraussichtlich im Spätsommer 2023 vorliegen.

1.1 Begründung Bauvorhaben

Ziel / Zweck: Durch den Bau und Betrieb des Entwässerungsstollens und der daraus erstellten Drainagebohrungen soll der anstehende Fels unterhalb der Rutschmasse sowie gegebenenfalls die Rutschmasse selbst über die gesamte Breite der Rutschung Dorf dauerhaft entwässert werden. Die Tiefenentwässerung hat zum Ziel, die Wasser-(über-)drücke im stabilen Gebirge unterhalb der Rutschung sowie falls nötig in der Rutschmasse selbst zu reduzieren und dadurch eine signifikante Verlangsamung der Rutschbewegungen herbeizuführen. Im besiedelten Gebiet der Rutschung Dorf wird eine Reduktion der Geländebewegungen unter 10 cm/Jahr angestrebt. Im Idealfall wirkt sich eine Reduktion der Rutschgeschwindigkeiten im Gebiet Dorf durch den Entwässerungsstollen positiv auf die Bewegungsraten der Rutschung Berg aus und führt damit zu einer Beruhigung der absturzgefährdeten Felsmassen resp. instabilen Felskompartimente im Gebiet Berg.

Dringlichkeit: Aufgrund der anhaltend hohen und sich generell beschleunigenden Geländebewegungen im Gebiet der Rutschung Dorf, erreichen die Schäden an Gebäuden, Versorgungseinrichtungen (insbesondere Strom-, Wasser- und Abwasserleitungen) und Infrastrukturanlagen (insbesondere Strassen- und Bahnanlagen) ein Ausmass, welches betreffend Instandstellungs- und Instandsetzungsarbeiten sowohl für die lokale Bevölkerung wie auch für die betroffenen Verkehrs-, Versorgungs- und Kommunikationsbetreiber nicht mehr tragbar ist. Zusätzlich führen die anhaltend hohen Geländebewegungen im Gebiet Berg zu einer zunehmenden Destabilisierung absturzgefährdeter Felskompartimente und damit zu einer Verschärfung der Gefährdung hinsichtlich dem Eintreten von mittel- bis grossvolumigen Sturz- und Schuttströmen, welche eine zusätzliche Gefahr für das gesamte Albulatal zwischen Surava und Tiefencastel darstellen. Daher müssen sowohl die Projektierung als auch die Bauausführung des Entwässerungsstollens und damit verbundenen Untersuchungen und Überwachungsmassnahmen möglichst schnell und effizient vorangetrieben resp. umgesetzt werden.

Standortgebundenheit: Die Lage und der Verlauf der horizontalen und vertikalen Linienführung des Entwässerungsstollens sind das Resultat einer umfassenden Machbarkeits- und Variantenstudie ([7]). Sowohl die neusten Erkenntnisse aus den laufenden Untersuchungen im Sondierstollen als auch die aktuellsten Daten- und Modellgrundlagen zur Rutschung Brienz sind in die Standortevaluation des Entwässerungsstollens eingeflossen. Die über den Sondierstollen und dessen Portal erschlossene Linienführung des Entwässerungsstollens stellt damit aus heutiger Sicht die erfolgversprechendste Ausführungsvariante bezüglich der angestrebten Wirksamkeit resp. Zielsetzung einer Tiefen-entwässerung in Brienz/Brinzauls dar.

1.2 Bohr- und Drainagekonzept Entwässerungsstollen

Mit dem 635 m langen Sondierstollen wurden zwecks Prüfung und Beurteilung der Gebirgsdrainierbarkeit und der damit verbundenen Wirksamkeit von Tiefenentwässerungsmassnahmen im Westteil der Rutschung Dorf nur ca. 340 m der Rutschmasse unterfahren (entspricht ca. ⅓ der lateralen Ausdehnung der Rutschung Dorf). Mit dem geplanten Entwässerungsstollen als eigentliche Sanierungsmassnahme soll der stabile Fels unterhalb der Rutschmasse und falls erforderlich resp. bohrtechnisch möglich die Rutschmasse selbst auf der gesamten Breite der Rutschung Dorf entwässert werden. Aus bautechnischen Gründen soll der Entwässerungsstollen komplett im stabilen Fels erstellt werden.

Der Entwässerungsstollen wird in jenem Bereich der Rutschung Dorf erstellt, in welchem sowohl im stabilen Fels als auch in der darüberliegenden Rutschmasse die höchsten Wasserdrücke gemessen werden. Die Linienführung des Entwässerungsstollens wird massgeblich vom Verlauf der Rutschbasis (Mächtigkeit Rutschmasse resp. Tiefenlage stabiler Fels) vorgegeben. Ausgehend vom Stollenende des Sondierstollens wird in einem ersten Schritt (Phase C1) das Dorf Brienz unterirdisch mit dem Entwässerungsstollen zuerst mit einem 374 m langen Nordarm und nachfolgend mit einem 725 m langen Ostarm umfahren (vgl. Beilage 21, [9]). Gleichzeitig mit dem Stollenvortrieb werden sowohl aus dem Nord- als auch aus dem Ostarm, aus speziell dafür vorgesehenen Bohrnischen zur Gewährleistung eines möglichst uneingeschränkten Stollenvortriebs, bis 200 m lange Drainagebohrungen erstellt. Sämtliche Drainagebohrungen der Phase C1, sowie der nachfolgenden Phasen C2-C4 (vgl. folgender Abschnitt) werden in den stabilen Felsuntergrund abgeteuft, womit das Risiko eines Abscherens entlang der basalen Gleitfläche entfällt.

In einer zweiten Phase (C2) wird der 550 m lange Westarm ausgebrochen (vgl. Anhang 1) und nachfolgend (Phase C3) aus den entsprechenden Bohrnischen bis 150 m lange Drainagebohrungen ausgeführt. Zeitgleich zum Ausbruch des Westarms werden zwischen den Bohrnischen im Nord- und Ostarm zusätzliche Drainagebohrungen (ca. 100 m lang) aus dem Regelprofil erstellt. Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten werden auch im Westarm zusätzliche Drainagebohrungen aus dem Regelprofil ausgeführt (Phase C4).

In der letzten Phase (C5) sollen, nachdem die Auftriebsdrücke im stabilen Felsuntergrund reduziert und die Rutschgeschwindigkeiten signifikant verringert wurden, aus den Bohrnischen und dem Regelprofil des Nord-, Ost- und Westarms zusätzliche Drainagebohrungen in die Rutschmasse abgeteuft werden.

Mit der zeitlich versetzten Ausführung der Tiefenentwässerungsmassnahmen wird in den ersten Phasen (C1-C4) ausschliesslich der stabile Fels unterhalb der Rutschung entwässert, dessen Drainage gemäss den bisherigen Ergebnissen aus dem Sondierstollen nachweislich möglich und wirksam ist. Im Idealfall kann mit Abschluss der Phasen C1 bis C2 resp. C1 bis C4 die Zielsetzung (vgl. Kap. 3.2) bereits erreicht werden. Noch ausstehende Untersuchungen im Sondierstollen werden zeigen, ob die in der Phase C5 geplante Entwässerung der Rutschmasse mittels Drainagebohrungen (aus dem Stollen) bohrtechnisch möglich sind und deren Wirksamkeit für die Erreichung der Zielsetzung zusätzlich erforderlich ist.

1.3 Überwachungsmassnahmen Entwässerungsstollen

Mit den für den Bau (Phase C) und Betrieb (Phase D) des Entwässerungsstollens vorgesehenen Überwachungsmassnahmen (vgl. Beilage 22, [10]) sollen der Wirkungsradius und der Wirkungsgrad des Entwässerungsstollens sowie die Funktionstüchtigkeit der Drainagebohrungen laufend überwacht und beurteilt werden. Zusätzlich gilt es allfällige, im Zusammenhang mit einer permanenten Grundwasserabsenkung unvermeidbaren, negative Auswirkungen durch die Gebirgsdrainage auf die Umwelt mit geeigneten Überwachungsmassnahmen räumlich und zeitlich zu überwachen und zwecks Beweissicherung resp. Nachweiserbringung messtechnisch zu erfassen.

Folgende, durch die drainierende Wirkung des Entwässerungsstollens und der daraus erstellten Drainagebohrungen, erzeugten mechanischen und hydraulischen Auswirkungen resp. Gefährdungen werden im Zusammenhang mit einer permanenten Tiefenentwässerung als massgebend erachtet und müssen vor, während und nach Abschluss aller baulichen Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Entwässerungsstollen messtechnisch überwacht und laufend beurteilt werden:

Überwachung der Rutschbewegungen: Die Überwachung der Geländebewegungen erfolgt mittels permanenter GNSS-Messstationen (Installation und Betrieb von 2 zusätzlichen Messstationen) und mittels periodischer GPS-Messungen (Installation und Messung von ca. 10 zusätzlichen Messpunkten). Sowohl die permanenten als auch die periodischen Messpunkte werden in das bereits existierende Überwachungsdispositiv mit integriertem Online-Portal des Frühwarndienstes integriert.

Überwachung der Geländesetzungen: Da ein wirksamer Entwässerungsstollen grundsätzlich immer zu Setzungen und damit verbundenen Schiefstellungen, Zerrungen und Pressungen an der Geländeoberfläche führt, müssen diese während dem Bau und während dem Betrieb des Entwässerungsstollens periodisch überwacht und zur Beweissicherung dokumentiert werden. Aufgrund der durch die Rutschbewegungen erzeugten, natürlichen Setzungen, Zerrungen und Pressungen müssen für deren Unterscheidung von den durch den Entwässerungsstollen induzierten Geländesetzungen, die vertikalen Verschiebungskomponenten der periodischen und permanenten GPS-Messungen ausgewertet und beurteilt werden.

Überwachung der Wasserdrücke: Die mittels dem Entwässerungsstollen und den daraus erstellten Drainagebohrungen angestrebte, permanente Absenkung der Wasserdrücke unterhalb sowie gegebenenfalls innerhalb der Rutschmasse, sind die Grundvoraussetzung für eine wirksame Verlangsamung der Rutschgeschwindigkeiten und müssen daher bereits während dem Bau des Entwässerungsstollens zwecks Planung resp. Optimierung der daraus erstellten Drainagebohrungen laufend überwacht und bezüglich Wirkungsgrad und Wirkungsradius beurteilt werden. Die permanente Überwachung der Wasserdrücke im stabilen Fels unterhalb der Rutschmasse erfolgt mittels digitalen Manometern, welche auf ausgewählten Drainagebohrungen installiert werden. Die permanente Überwachung der Wasserdrücke innerhalb der Rutschmasse erfolgt mittels Porenwasserdruckgebern (PWD) in von der Geländeoberfläche abgeteuften und mit Piezometer zu Grundwassermessstellen ausgebauten Überwachungsbohrungen.

Überwachung der Wasserzutritte: Die Wasserzutritte im Entwässerungsstollen und den daraus erstellten Drainagebohrungen werden systematisch gemessen und hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit der Drainagebohrungen beurteilt. Zusätzlich wird der gesamte Abfluss aus dem Entwässerungsstollen am Portal in einem separat dafür erstellten Messschacht mittels Pegelsonde und kalibriertem Überlauf permanent aufgezeichnet und überwacht.

Überwachung von Oberflächenquellen und oberirdischen Gewässern: Mit dem Bau und Betrieb des Entwässerungsstollens und den daraus erstellen Drainagebohrungen werden sowohl die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse unterhalb der Rutschung sowie gegebenenfalls auch innerhalb der Rutschmasse gegenüber dem natürlichen, unbeeinflussten Zustand permanent verändert. Diese Veränderung im hydrogeologischen Regime kann im klein- sowie im grossräumigen Einflussbereich des Entwässerungsstollens zu Beeinträchtigungen von Quellen, Oberflächengewässern, Drainagegräben/-leitungen sowie von Weidebrunnen/Viehtränken führen. Um allfällige negative Auswirkungen einer Gebirgsdrainage durch den Entwässerungsstollen und die daraus erstellten Drainagebohrungen auf genutzte oder nutzbare Wasseraustritte an der Geländeoberfläche messtechnisch nachzuweisen, wurden diese im erweiterten Projektgebiet hinsichtlich ihrer Gefährdung beurteilt. Das Risiko einer Beeinträchtigung durch den Bau des Entwässerungsstollens wurde projektspezifisch abgeschätzt (vgl. Beilage 23, [11]) und darauf basierend ein entsprechendes Überwachungsprogramm für die Phasen C und D erstellt.

Erschütterungsmessungen: Der Entwässerungsstollen mit den daraus erstellten Nischen wird im Sprengvortrieb erstellt. Durch den Sprengvortrieb induzierte Erschütterungen an der Geländeoberfläche können bei einer objektspezifischen Überschreitung der maximal zulässigen Beschleunigungen zu potenziellen Schäden an Gebäuden und/oder Infrastrukturanlagen führen. Zur Nachweiserbringung resp. Beweissicherung der effektiv an der Geländeoberfläche induzierten Beschleunigungen des lokalen Untergrundes werden diese mittels Erschütterungsmessgeräten permanent aufgezeichnet, beurteilt und gegebenenfalls Massnahmen zu deren Verminderung (Anpassung des Sprengdispositivs) eingeleitet.

2 Grundlagen

2.1 Projektgebiet

Die im Rahmen des vorliegenden Bauprojekts ausgearbeitete Linienführung des Entwässerungsstollens Brienz stellt eine Optimierung der Untervarianten 1a und 1b aus dem Machbarkeits- und Variantenstudium [7] dar.

Das Portal des Entwässerungsstollens entspricht demjenigen des Sondierstollens und liegt auf der orografisch rechten Seite der Albula zwischen Tiefencastel und Brienz/Brinzauls im Gebiet Lauas auf rund 970 m ü. M. Der Portalstandort befindet sich rund 60 m westlich des Rutschungsrandes der Rutschung Dorf. Das Dorf Brienz/Brinzauls liegt ca. 1 km vom Stollenportal entfernt.

Mit dem bereits ausgebrochenen, 635 m langen Sondierstollen wurde der Westteil und somit der aktuell schnellste Bereich der Rutschung Dorf auf einer Länge von rund 340 m im stabilen Fels unterhalb der Rutschmasse unterfahren. Mit dem Entwässerungsstollen, bestehend aus einem der Reihe nach ausgebrochenen Nord-, Ost- und Westarm, soll der bestehende Sondierstollen um rund 1.65 km auf 2.285 km verlängert und die Rutschung Brienz auf der ganzen Breite unterfahren werden.

Nebst dem Entwässerungsstollen umfasst das Projekt die Erstellungen der projektspezifischen Deponie «Tgampi» südlich von Alvaschein. Die bestehende, im Rahmen des Sondierstollens erstellte Infrastruktur (Versorgungsleitungen, Entwässerungsleitungen, Erschliessungs-strasse) wird mit dem Entwässerungsstollen ebenfalls genutzt.

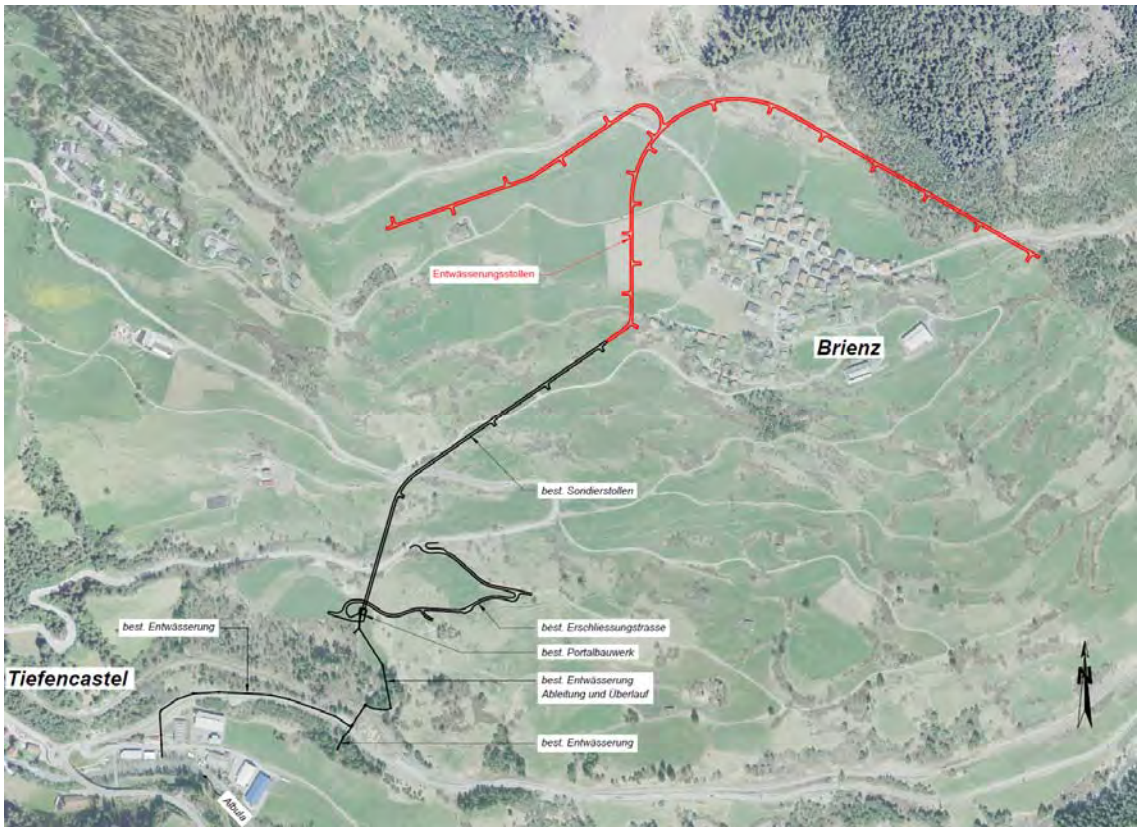


Abbildung 1: Übersicht Gesamtprojekt
(projektierter Entwässerungsstollen rot, bereits ausgeführter Sondierstollen schwarz)

2.2 Berichte und Dokumente

Die wichtigsten Dokumente, welche die Basis für das vorliegende Bauprojekt bilden, sind in der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 1) aufgelistet.

Sämtliche Unterlagen können beim Amt für Wald und Naturgefahren – Region 4 eingesehen werden.

Tabelle 1: Grundlegende Berichte und Dokumente

Unterlagen	Herkunft	Datum
[1] Bericht Nr. 5897-3: Rutschung Brienz/Brinzauls GR, Quellenkataster, Hydrogeologischer Bericht.	BTG AG	14. Februar 2020
[2] Bericht Nr. 5897-4: Rutschung Brienz/Brinzauls GR, Literaturstudie Sanierung, Geologischer Bericht.	BTG AG	4. Mai 2020
[3] Bericht Nr. 5897-7: Rutschung Brienz/Brinzauls GR, Massnahmenbeurteilung für Sanierung, Geologischer Bericht.	BTG AG	26. Juni 2020
[4] Bericht Nr. 5897-19: Rutschung Brienz/Brinzauls, Geologische Detailuntersuchungen 2018 bis 2021: Geologisch-kinematisches Modell, Geologischer Synthesebericht	BTG AG	1. Februar 2022
[5] Bericht Nr. 5897-20: Rutschung Brienz/Brinzauls, Geologische Detailuntersuchungen 2018 bis 2021: Hydrogeologisches Modell, Hydrogeologischer Synthesebericht	BTG AG	1. Februar 2022
[6] Bericht Nr. 5897-21: Rutschung Brienz/Brinzauls, Geologische Detailuntersuchungen 2018 bis 2021: Zusammenfassende Synthese Geologie, Kinematik, Hydrogeologie, Geologisch-Hydrogeologischer Schlussbericht	BTG AG	1. Februar 2022
[7] Bericht Nr. 5897-22: Rutschung Brienz/Brinzauls, Machbarkeits- und Variantenstudium Entwässerungsstollen, Geologischer Bericht	BTG AG	4. Mai 2022
[8] Bericht Nr. 5897-26: Rutschung Brienz/Brinzauls, Entwässerungsstollen: Geologische Grundlagen Stufe Bauprojekt, Geologisch-geotechnischer Bericht	BTG AG	16. Dezember 2022
[9] Bericht Nr. 5897-27: Rutschung Brienz/Brinzauls, Entwässerungsstollen: Bohr- und Drainagekonzept, Technischer Bericht	BTG AG	16. Dezember 2022
[10] Bericht Nr. 5897-28: Rutschung Brienz/Brinzauls, Entwässerungsstollen: Geologisch-hydrogeologisches Überwachungskonzept, Geologischer Bericht	BTG AG	16. Dezember 2022
[11] Bericht Nr. 5897-29: Rutschung Brienz/Brinzauls, Entwässerungsstollen: Gefährdungsabschätzung und Überwachung (Oberflächen-) Quellen, Hydrogeologischer Bericht	BTG AG	16. Dezember 2022
[12] Bauprojekt Sondierstollen Rutschung Brienz	AE AG	18. Dezember 2020

3 Zusammenfassung der Vorakten

3.1 Erkenntnisse aus der Vorstudienprüfung

Der Entwässerungsstollen wurde im Machbarkeits- und Variantenstudium auf Stufe Voruntersuchung [7] im vorliegenden Gebirge (Flysch) aus geologisch-geotechnischer Sicht als gut machbar beurteilt.

Die bisherigen Erkenntnisse des Sondierstollens haben gezeigt, dass eine Drainage des stabilen Felsens unterhalb der Rutschmasse dauerhaft möglich (massgebende Verminderung Porenwasserdrücke) und wirksam ist (signifikante Reduktion der Rutschgeschwindigkeiten). Ob die Entwässerung des stabilen Felsens als alleinige Massnahme genügt oder zusätzlich auch eine Entwässerung der Rutschmasse erforderlich und machbar ist, ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

3.2 Projektziele

Mit dem gesamthaft 2’285 m langen Entwässerungsstollen (inkl. bereits erstelltem Sondierstollen) und der daraus erstellten Drainagebohrungen soll mit der Methode einer grossräumigen Tiefenentwässerung die Rutschgeschwindigkeit der Rutschung Dorf langfristig auf unter 10 cm/Jahr verringert werden. Im Idealfall wirkt sich eine Reduktion der Rutschgeschwindigkeiten im Gebiet Dorf durch den Entwässerungsstollen positiv auf die Bewegungsraten der Rutschung Berg aus und führt damit zu einer Beruhigung der absturzgefährdeten Felsmassen resp. instabilen Felskompartimente im Gebiet Berg.

Mit dem Entwässerungsstollen soll dabei in einem ersten Schritt das anstehenden Gebirges unterhalb der Rutschung Dorf, sowie in einem zweiten Schritt die Rutschmasse selbst drainiert werden. Mit einem auf den Entwässerungsstollen abgestimmten Überwachungsdispositiv sollen der Wirkungsradius und der Wirkungsgrad der Drainage räumlich und zeitlich erfasst und fortlaufend beurteilt werden. Dies erlaubt eine laufende Validierung, zielgerichtete Ausführung und bei Bedarf eine Optimierung der geplanten Massnahmen.

Basierend auf den Ergebnissen der Tiefendrainage und den Überwachungsmessungen werden die mit einer grossräumigen Tiefenentwässerung einhergehenden Gefährdungen (Geländesetzungen, Quellversiegen, etc.) überwacht.

4 Geologie, Baugrund

4.1 Übersicht

Der Entwässerungsstollen wird vollständig im stabilen Fels, bestehend aus nordpenninischem Flysch ausgebrochen (vgl. Beilage 20, [8]).

Beim Flysch handelt es sich um eine Wechsellagerung aus schwarz-grauem, sehr feinkörnigem, Tonschiefer und grauem, fein- bis mittelkörnigem, kalkigem Sandstein, häufig durchsetzt mit Quarz-Kalzit-Linsen/-Adern. Das Verhältnis Tonschiefer zu Sandstein ist wechselhaft, wobei der Tonschieferanteil generell überwiegt.

Der Flysch ist häufig (offen bis überwiegend isoklinal) verfaltet und vorwiegend schiefrig-plattig bis untergeordnet dünn gebankt ausgebildet. Die Schieferung als relevante und geotechnisch massgebende Trennfläche fällt im Mittel flach bis mittelsteil in Richtung SE ein. Der Flysch ist mehrheitlich gering geklüftet. Die häufigsten Klüfte (K1) fallen steil in Richtung W bis SW.

Es liegt generell ein mässig wechselhaftes Stollengebirge (aufgrund Verfaltung, Wechsellagerung von kompetenten Kalksandsteinen mit weichen Tonschiefern) mit stark anisotropen Eigenschaften vor. Die geotechnischen Gebirgsverhältnisse entlang der Stollenachse werden über weite Strecken als günstig beurteilt.

Trennflächenbedingte Hohlrauminstabilitäten (gravitatives Ablösen, Abgleiten, Kippen und Knicken von Kluftkörpern und Schichtplatten im intakten, geklüfteten Fels und lokale Niederbrüche im Bereich von Störzonen) stellen Untertage das massgebende Gefährdungsbild dar.

4.2 Verbleibende geologisch-geotechnische Baugrundrisiken, Unsicherheiten

Als weitere geologische Gefährdungsbilder mit einer mittleren bis hohen Eintretenswahrscheinlichkeit gelten:

- Beeinträchtigung von Quellen (vgl. Beilage 23, [11])
- Bergwasserzutritte (und Auswaschung von Kakiriten)
    - Im Entwässerungsstollen wird folgender permanenter Wasseranfall prognostiziert:
        - Szenario 1 (nur Drainagebohrungen im Fels): 150 – 300 l/min
        - Szenario 2 (Drainagebohrungen im Fels und in die Rutschmasse): 300 – 600 l/min
        - Die initialen Wasserzutritte (Quellen, Drainagebohrung) werden auf 100 l/min (Szenario 1) resp. 300 l/min (Szenario 2) geschätzt
- Setzungen an Oberfläche
- Quarzgehalt (Staubbelastung und Abrasivität)

Unsicherheiten:

Das Auftreten von dm bis wenige Meter mächtigen Störzonen ist unwahrscheinlich aber nicht gänzlich auszuschliessen. Dabei kann der genaue Stollenmeter der Durchörterung aufgrund der teils bescheidenen Aufschlussverhältnisse an der Geländeoberfläche (Lockergesteins-überdeckung) nicht prognostiziert werden

4.3 Hydrogeologie

Die im Projektperimeter bekannten Quellen sind in einem Quellenkataster ([1], [11]) erfasst. Der Projektperimeter erstreckt sich vom Fluss Albula im Süden, zur Val da Prada/Rand im Westen, der Val Malera im Nordwesten, Plans im Osten bis nach Fops im Norden und umfasst die gesamte Rutschung Brienz sowie deren nähere Umgebung.

Der Quellenkataster zur Rutschung Brienz wurde in den Jahren 2018 und 2019 erarbeitet und ist in [1] dokumentiert. Zwischen dem Frühjahr 2020 und dem Herbst 2021 sind infolge der Instandstellungsarbeiten am Oberflächenentwässerungssystem Propissi/Pigni, zusätzlicher Feldbegehungen im gesamten Untersuchungsgebiet, Meldungen von Grundeigentümern sowie infolge der hydrogeologischen Synthesearbeiten 14 Quellen zusätzlich in den Quellenkataster aufgenommen und sieben Quellen aus dem Quellenkataster gelöscht worden.

Momentan umfasst der Quellenkataster insgesamt 73 Quellen (Stand November 2022). Zu Quellen werden Lockergesteins-, Misch-, Kluft- und Karstquellen sowie Oberflächengewässer und Drainageleitungen gezählt.

Für alle Quellen im Quellenkataster wurde eine Gefährdungsabschätzung und Risikobeurteilung hinsichtlich einer Beeinflussung durch den Bau des Entwässerungsstollens vorgenommen (vgl. Beilage 23, [11]). In die Gefährdungsabschätzung sind die Kriterien Quelltyp, Lage bezüglich Bauwerksachse (horizontal, vertikal), Schüttmenge und geologische Verhältnisse mit unterschiedlicher Gewichtung eingeflossen. Für die Risikobeurteilung wurde zudem die Nutzung der Quellen berücksichtigt.

Die Gefährdungsabschätzung hat für eine Quelle ein hohe Gefährdung, für 19 Quellen eine mittlere Gefährdung, für 42 Quellen eine geringe Gefährdung und für 11 Quellen eine sehr geringe Gefährdung durch den Stollenbau ergeben. Die Risikobeurteilung, unter Berücksichtigung der Quellnutzung, ergab für 14 Quellen ein mittleres Risiko, für 25 Quellen ein geringes Risiko und für 34 Quellen ein sehr geringes Risiko. Je nach ermitteltem Risiko müssen die Quellen vor, während und eine gewisse Zeit nach den Vortriebsarbeiten am Entwässerungsstollen überwacht werden (mittleres Risiko = 6-mal jährlich; geringes Risiko = 3-mal pro jährlich; sehr geringes Risiko = keine Überwachung).

Insgesamt müssen hinsichtlich dem Bau und Betrieb des Entwässerungsstollens 39 Quellen überwacht werden. Davon werden 30 Quellen bereits für den Sondierstollen und 10 Quellen im Rahmen der Weiterführung Messüberwachung messtechnisch überwacht. Folglich sind nur 3 der insgesamt 39 zu überwachenden Quellen noch nicht in einem bestehenden Überwachungsdispositiv enthalten.

5 Materialbewirtschaftung und Abfälle

Für die Materialbewirtschaftung werden folgende Materialbewegungen berücksichtigt:

- Ausbruchmaterial aus dem Stollen- und Nischenvortrieb
- Zwischengelagertes Ausbruchmaterial aus Vortrieb Sondierstollen auf Installationsplatz
- Material für Überschüttung Portalbauwerk und Hinterfüllung Stützmauern
- Depot Ober- / Unterboden auf Installationsplatz

5.1 Grundsätze, Deponie und Bewirtschaftung

Das Ausbruchmaterial aus dem Stollenvortrieb wird in die projektbezogene Deponie «Tgampi» überführt und dort zur Wiederverwendung aufbereitet oder endgelagert.

Die projektbezogene Deponie «Tgampi» wird im vorliegenden Technischen Bericht in Kapitel bis 6.5 zusammengefasst erläutert.

Durch den Bau des Entwässerungsstollens fällt rund 70'000 m^3 (lose) Ausbruchmaterial an. Das anfallende Ausbruchmaterial (Flysch, Bündnerschiefer) kann gestützt auf die geologischen Prognosen und Erfahrungswerten der Projektphasen A und B grossmehrheitlich nur für anspruchslose Schüttungen und Hinterfüllungen verwertet werden (Materialklasse 3). Der verwertbare Anteil wird auf rund 30% des Gesamtanfalls geschätzt. Die effektive Verwertbarkeit steht jedoch in direkter Abhängigkeit zur Nachfrage von Dritten an Schütt- und Hinterfüllmaterial. Die Nachfrage ist schwierig vorherzusehen. Mit der Dimensionierung der Deponie «Tgampi» auf ein Volumen von 60'000 m^3 wird dieser Unsicherheit Rechnung getragen.

5.2 Ober- / Unterboden

Im Bereich der Baustelle für den Stollenvortrieb wird kein neuer Ober- und Unterboden abgetragen. Der bereits auf dem Installationsplatz zwischengelagerter Ober- und Unterboden aus dem Projekt Sondierstollen wird weiterhin unverändert belassen und am Ende der Bauarbeiten des Entwässerungsstollens für das Wiederanlegen auf den Installationsflächen genutzt (1'838 m^3 (lose)).

5.3 Überschüttung Portalbauwerk und Hinterfüllung Stützmauern

Der Voreinschnitt für den Stollen wurde bereits mit dem Projekt Sondierstollen realisiert. Es fallen keine weiteren Aushubkubaturen an.

Für die Überschüttung des Portalbauwerks und die Hinterfüllung der Stützmauer sowie die Geländegestaltung wird Ausbruchmaterial aus dem Stollen verwendet. Diese Kubaturen von ca. 840 m^3 (lose) werden vor Ort auf dem Installationsplatz zwischengelagert oder ab der Deponie «Tgampi» zugeführt.

Voreinschnitt, Portalbauwerk mit Messschacht und Stützmauern wurden bereits mit dem Projekt Sondierstollen Rutschung Brienz genehmigt und teilweise ausgeführt.

5.4 Ausbruchmaterial Stollen und Nischen

Das Ausbruchmaterial aus dem Felsvortrieb ist auf dem Zwischenlager auf der Baustelle zwischenzulagern und nach Abklingen der allfälligen Nitritbelastung der projektbezogenen Deponie Typ A «Tgampi» zu übergeben. Der Deponie «Tgampi» darf ausschliesslich sauberes Ausbruchmaterial in der Qualität für Deponie Typ A zugeführt werden.

Ein kleiner Teil sind verschmutzte Abfälle (Schlämme, Spritzbetonrückprall, Sohlenmaterial etc.), welche nicht der Deponie «Tgampi» zugeführt werden können und gesetzeskonform zu entsorgen sind.

Die Schutterung erfolgt mittels Pneubetrieb und der Transport auf die Deponie Typ A «Tgampi» mit Lastwagen.

Die Prognose der geologischen Verhältnisse ist im Geologisch-Geotechnischer Bericht, Nr. 5897-26, 16.12.2022, BTG aufgezeigt.

Die Verteilung der Materialklassen und die Wiederverwendbarkeit des Ausbruchmaterials sind in Kap. 5.8 der Beilage Nr. 20 (Geologisch-Geotechnischer Bericht, Nr. 5897-26, 16.12.2022, BTG) definiert.

5.5 Abfall und Materialentsorgung

Verschmutztes Aushub- und Ausbruchmaterial, Spritzbetonrückprall, Schlämme, Sohlenmaterial des Stollens, weitere mineralische und andere Bauabfälle werden gemäss VVEA entsorgt.

Ausbruchmaterial wird vor den Sicherungsarbeiten abgeführt, um eine Verunreinigung des Ausbruchmaterials zu vermeiden.

Schlamm aus dem Stollenvortrieb wird im Absetzbecken der Abwasserbehandlungsanlage zurückgehalten und gepresst, um den Wassergehalt auf ein Minimum zu reduzieren. Der gepresste Schlamm ist demzufolge verschmutzt und wird nach erfolgter Beprobung gem. Vorordnung VVEA gesetzeskonform entsorgt.

5.6 Deponie Typ A

Das Ausbruchmaterial aus dem Stollenvortrieb wird in der projektbezogenen Deponie Typ A «Tgampi» (2'761'900, 1'171'260) wiederverwendet oder endgelagert.

Für die Zuführung des Ausbruchmaterials in die Deponie Typ A «Tgampi» sind die gesetzlichen vorgeschriebenen Grenzwerte nach VVEA und projektspezifischen Grenzwerte (Ammonium, Nitrit usw.) einzuhalten.

Es wird davon ausgegangen, dass zwischen 66'268 und 69’727 m^3 (lose) Ausbruchmaterial aus dem Stollenvortrieb und dem Zwischenlager auf der Baustelle der Deponie Typ A «Tgampi» zugeführt werden, je nach Anteil verschmutztem Ausbruchmaterial, welcher der Deponie Typ B oder E zugeführt werden muss.

5.7 Materialfluss und Materialbilanz

In nachfolgender Tabelle ist der Materialfluss dargestellt und die Volumina der einzelnen Materialverschiebungen aufgezeigt.

Die Auflockerungsfaktoren werden aus Erfahrungswerten von vergleichbaren Projekten mit ähnlichen geologischen Verhältnissen wie folgt angenommen:

- Auflockerung Fels aus Sprengvortrieb: 1.70
- Auflockerungsfaktor Lockergestein: 1.30
- Verdichtungsfaktor auf der Deponie verdichtet: 1.20

  (Verdichtungsfaktor lose auf Deponie geschüttet: 1.15)

Auf der Baustelle Sondierstollen wurden 1'838 m^3 (lose) Ober- und Unterboden zwischengelagert. Diese entstammen aus der Realisierung des Sondierstollens (Installationsflächen) und werden für die Dauer der Bauarbeiten Entwässerungsstollen unverändert belassen und nach Bauende für die Wiederherstellung der Installationsflächen wieder angelegt.

Auf dem Zwischenlager auf der Baustelle lagern ca. 1'400 m^3 (lose) Ausbruchmaterial. Dieses Ausbruchmaterial stammt aus dem realisierten Sondierstollen und war für die spätere Überschüttung des Portalbauwerks und für die Hinterfüllung der Stützmauern auf der Baustelle belassen worden. Aufgrund der vorgesehenen Verlängerung des Sondierstollens als Entwässerungsstollen wurden Portalbauwerk und Stützmauern nicht ausgeführt und das Überschütt- und Hinterfüllmaterial somit nicht verwendet. Dieses Ausbruchmaterial wird vor Vortriebsbeginn in die Deponie «Tgampi» abgeführt, womit das Zwischenlager leer ist und dem Bauunternehmer für die Zwischenlagerung des Ausbruchmaterials aus dem Entwässerungsstollen und für das Abklingen von Nitrit zur Verfügung steht. Das Portalbauwerk und die Stützmauern werden nach Vortriebsende und Sohleneinbau im Entwässerungsstollen realisiert. Für die Überschüttung und Hinterfüllung dieser Bauwerke benötigte Kubaturen von 840 m^3 (lose) werden aus den letzten Abschlägen auf der Baustelle zurückbehalten.

Aus dem Sprengvortrieb Entwässerungsstollen fallen insgesamt 69'167 m^3 (lose) Ausbruchmaterial an. Davon werden 840 m^3 (lose) für Überschüttung und Hinterfüllung von Portalbauwerk bzw. Stützmauern auf der Baustelle zurückbehalten. Es werden somit 68'327 m^3 (lose) Ausbruchmaterial abgeführt.

Es wird angenommen, dass davon mindestens 95% oder 64'868 m^3 (lose) als unverschmutztes Material anfallen wird und der projektbezogenen Deponie Typ A «Tgampi» zugeführt wird. Die restlichen maximal 5% oder 3’459 m^3 (lose) als verschmutzt angenommenes Ausbruchmaterial wird der Deponie Typ B (oder Typ E) zugeführt.

Die maximale Menge, welche der Deponie «Tgampi» zugeführt wird, beträgt somit 69'727 m^3 (lose), inkl. dem aus dem Projekt Sondierstollen zwischengelagerten Ausbruchmaterial auf der Baustelle.

Tabelle 2: Materialbilanz

Stand: 29.11.2022

*) Auflockerungsfaktor Fels SPV 1.7
**) Verdichtungsfaktor 1.2
***) Deponie Typ A: projektbezogene Deponie Tgampi
Zuführen von Kies, Sand, Koffermaterial und Baustoffen wird hier nicht bilanziert.

				Quelle	Verbraucher			
				Volumen	*Deponie Typ A Tgampi****	*Deponie Typ B Unternehmer*	*Deponie Typ E Unternehmer*	*Wiedereinbau*
Ausbruchmaterial				[m³ lose]	[m³ fest]**	[m³ fest]**	[m³ fest]**	[m³ fest]**
Ausbruch Entwässerungs-stollen Fels* 69'167 m³ lose	MKL 2 (15%) 10'375 m³ lose	>95%	Deponie Typ A	9'856	8'213	-	-	-
		<5%	Deponie Typ B	519	-	433	-	-
	MKL 3 (75%) 51'875 m³ lose	>95%	Deponie Typ A	48'441	40'368	-	-	-
			für Hinterfüllung und Eindeckung Portalbauwerk	840	-	-	-	700
		<5%	Deponie Typ B	2'594	-	2'162	-	-
	MKL 4 (10%) 6'917 m³ lose	>95%	Deponie Typ A	6'571	5'476	-	-	-
		<5%	Deponie Typ B	346	-	288	-	-
Ausbruch Sondierstollen auf Zwischenlager 1'400 m³ lose	MKL alle 1'400 m³ lose	100%	Deponie Typ A	1'400	1'167	-	-	-
Total Ausbruchmaterial				**70'567**	**55'223**	**2'883**	**-**	**700**
Weitere Materialien					[m³ fest]	[m³ fest]	[t]	[m³ lose]
Ober- und Unterboden [m³ lose]			auf Zwischenlager für Wiederanlegung	1'838	-	-	-	1'838
Pressschlamm [t]			Deponie Typ E	770	-	-	770	-
Rückprall Spritzbeton [m³ fest]			Deponie Typ B	898	-	898	-	-
Abbruch Spritzbeton Ortsbrust [m³ fest]			Deponie Typ B	307	-	307	-	-
Total weitere Materialien					**-**	**1'205**	**770**	**1'838**

In der Materialbilanz in Tabelle 2 sind die vorgesehene Wiederverwertung sowie Massenverschiebungen für die Erstellung der Deponie «Tgampi» und deren Erschliessung nicht berücksichtigt.

Auf die Deponie Typ A «Tgampi» werden je nach Verschmutzungsgrad zwischen 9'856 und 10’375 m^3 (lose) Materialklasse 2, zwischen 48'441 und 51’035 m^3 (lose) Materialklasse 3 und zwischen 6'571 und 6’917 m^3 (lose) Materialklasse 4 zugeführt. Die Beurteilung deren Wiederverwendbarkeit ist dem geologisch-geotechnischen Bericht zu entnehmen.

Zusätzlich werden schätzungsweise ca. 898 m^3 (fest) Spritzbetonrückprall und ca. 307 m^3 (fest) Abbruch von Spritzbeton aus der Ortsbrustsicherung anfallen, welche gesetzeskonform und voraussichtlich in einer Deponie Typ B zu entsorgen sind.

Zugeführtes Material, wie Sand oder Koffermaterial wird hier nicht bilanziert.

Die Volumenangaben und Zuteilungen basieren auf den theoretischen Massen des Stollens, dem angenommenen bautechnisch bedingten Überprofil, den Auflockerungsfaktoren und der in der geologischen Prognose angegebenen Materialklassenverteilung. Überprofil und Auflockerungsfaktoren sowie Anteil des verschmutzten Ausbruchmaterials sind Erfahrungswerte aus Projekten mit vergleichbaren Stollen im Sprengvortrieb und ähnlichen geologischen Verhältnissen. Aufgrund dieser Annahmen können die effektiven Volumina von den angegebenen Werten abweichen.

6 Erläuterung der baulichen Massnahmen

Das Projekt «Entwässerungsstollen Rutschung Brienz» erstreckt sich ab dem Ende des «Sondierstollen Rutschung Brienz» mit Stollenmeter Sm 635 über eine Länge von insgesamt zusätzliche 1'649 Meter. Diese Länge ist unterteilt in einen 1'099 m langen Nord- und Ost-Arm (Sm 635 bis Sm 1'734) sowie einen 550 m langen West-Arm (Sm 2'000 bis Sm 2’550), welcher bei Sm 1'009 aus dem Nord-Arm in Richtung Westen abzweigt. Sm 0.00 bildet das bereits realisierte bergmännische Stollenportal.

Zusätzlich werden 20 Nischen ausgebrochen.

Die gesamte Vortriebslänge für Entwässerungsstollen und Nischen misst damit 1'915 m.

Das Projekt setzt sich aus folgenden Elementen zusammen:

- Entwässerungsstollen (L =1'649 m)
- 19 Bohr- und Wendenischen (L = 10 m)
- 1 Trafonische, mit Ortbetoninnengewölbe (L = 10 m)
- 71 Drainagebohrungen im Fels (L = je 100 m bzw. 150 – 200 m)
- 33 Drainagebohrungen in die Rutschmasse (L = je 50 – 100 m)

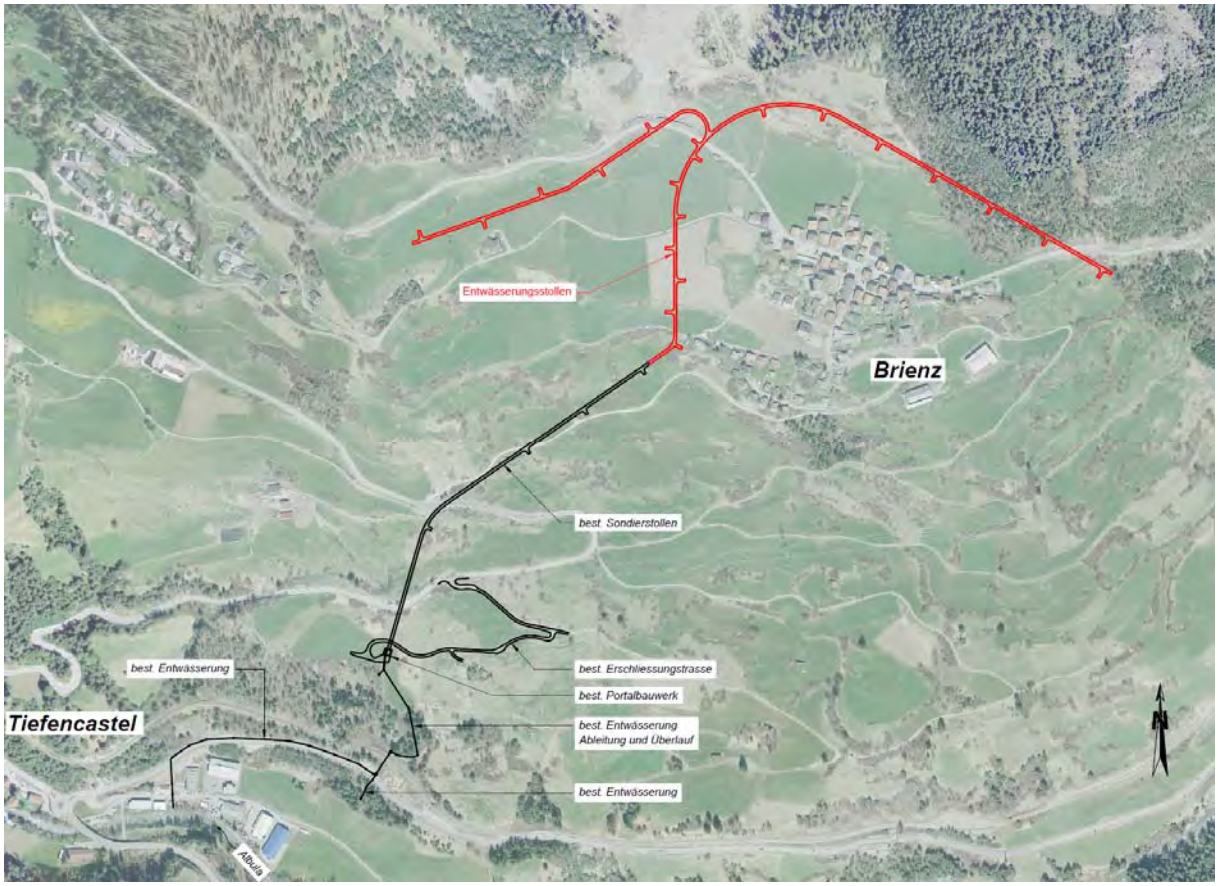


Abbildung 1: Übersicht Gesamtprojekt
(projektierter Entwässerungsstollen rot und bereits ausgeführter Sondierstollen schwarz dargestellt)

6.1 Stollen

6.1.1 Bestand

(vgl. Beilagen Nr. 5 und 7)

Im Sommer 2022 wurde der 635 m lange Sondierstollen fertiggestellt und verläuft ab dem Voreinschnitt konstant steigend Richtung Dorf Brienz. Die Erschliessungsstrasse ab der Kantonsstrasse wurde für die Bauarbeiten sowie den späteren Betrieb und Unterhalt ertüchtigt. Das Portalbauwerk mit Stützmauern wurde mit dem Projekt «Sondierstollen Rutschung Brienz» genehmigt, jedoch noch nicht erstellt. Dieses wird nach Vortriebsende des Entwässerungsstollens realisiert und überschüttet.

6.1.2 Bau- und Betriebs-Phasen

Die Form und Grösse des Querschnitts des Entwässerungsstollens richtet sich nach jenen des Sondierstollens. D.h. das Normalprofil des projektierten Entwässerungsstollens entspricht jenem des realisierten Sondierstollens.

Zusätzlich ist über die gesamte Länge von Sondier- und Entwässerungsstollen eine 7 cm starke Schicht Verkleidungsspritzbeton vorgesehen.

Der Stollen durchläuft in der Zeit seiner Erstellung und seines Betriebs unterschiedliche Phasen, welche in die Phasen A bis D gegliedert sind.

Die Phase A (Bau des Sondierstollens) wurde bereits ausgeführt und ist somit abgeschlossen.

Die Phase B (Betrieb des Sondierstollens) ist aktuell in Ausführung und wird mit Aufnahme des neuen Vortriebs abgeschlossen sein (voraussichtlich Ende Februar 2024).

Die Phase C beinhaltet die Erstellung des Entwässerungsstollens Brienz inkl. den Drainagebohrungen aus dem Stollen seitlich in den Fels und nach oben in die Rutschmasse. Ebenfalls Bestandteil der Phase C bildet die Erstellung, der Betrieb (Wiederaufbereitung oder Deponieeinbau) sowie die Rekultivierung (inkl. Rückgabe nach Abschluss an die Grundeigentümer) der projektbezogenen Deponie Tgampi.
Mit der Fertigstellung des Entwässerungsstollens Brienz und dessen Übergabe an die Bauherrschaft endet die Phase C.

Die Phase D bildet letztendlich den Betrieb und den Unterhalt des Entwässerungsstollens Brienz ab.

Das vorliegende Projekt "Entwässerungstollen Brienz" beinhaltet lediglich die Phase C. Damit wird der Entwässerungsstollen Brienz derart gebaut und eingerichtet, dass er folglich ohne weitere bauliche Massnahmen für die letzte Phase D übernommen werden kann. Dementsprechend sind die Phasen A (Bau des Sondierstollens), B (Betrieb des Sondierstollens) und D (Betrieb und ordentlicher und ausserordentlicher Unterhalt des Entwässerungsstollens) nicht Bestandteil des vorliegenden Projektes.

6.1.3 Allgemeine Linienführung und Stationierung

(vgl. Beilagen Nr. 4 und 6)

Der Entwässerungsstollen Rutschung Brienz (folgend «Stollen» genannt) ist die Fortsetzung des bestehenden 635 m langen Sondierstollens. Nach einem ersten Abschnitt Richtung Norden («Nord-Arm») verzweigt sich dieser in einen «Ost-Arm» und einen «West-Arm».

Der Vortrieb erfolgt zuerst Richtung Osten, weshalb diese Stationierung durchgehend verläuft mit Sm 635 bis Sm 1'734. Der nachfolgend ausgeführte Vortrieb Richtung Westen erfolgt ab der Verzweigung bei Sm 1009. Die Stationierung des «West-Arms» verläuft ab dem neu definierten Sm 2'000 bis Sm 2'550, wobei Sm 2'000.00 («West-Arm») dem Sm 1009.33 («Ost-Arm») entspricht.

6.1.4 Horizontale Linienführung

(vgl. Beilage Nr. 6)

Der Stollen beginnt ab dem Ende des bereits fertiggestellten Sondierstollens (Sm 635) und wird als Stichstollen mit zwei Enden ausgeführt. Nach ca. 374 m verzweigt sich der Stollen in zwei Arme nach Osten und Westen. Der Zugang im Bau- und Endzustand erfolgt über das bestehende Portal des Sondierstollens (Sm 0.00) und die Erschliessungsstrasse ab der Kantonsstrasse.

Ab dem Ende des Sondierstollens (Sm 635) verläuft der Stollen in einer kurzen Geraden bis Sm 669, danach folgt eine 29 m lange Linkskurve (R = 30 m). Ab Kurvenende bei Sm 698 verläuft der Stollen in Richtung Norden bis Sm 884 und schliesst an eine 367 m lange Rechtskurve (R = 175 m) Richtung Osten an. Ab Sm 1'251 verläuft der Ost-Arm in einer 484 m langen Geraden bis ans östliche Stollenende (Sm 1’734). Die Gesamtlänge des Nord-Ost-Arms misst 1'099 m. Bei Sm 1'009 verzweigt sich der Stollen in den oben beschriebenen Ost-Arm und in den West-Arm. Für den West-Arm entspricht der Sm 1'009 dem Sm 2’000. Der West-Arm beginnt mit einer engen (R = 30 m) und fast 180° langen Linkskurve nach Westen. Ab dem Kurvenende bei Sm 2'086 verläuft der Stollen in zwei Geraden, welche bei Sm 2'294 mit einer kurzen Kurve (R = 30 m) verbunden sind, Richtung Westen bis an das Stollenende bei Sm 2'550.

Auf der gesamten Stollenlänge werden in regelmässigen Abständen 19 Nischen für Drainagebohrungen und für die Baulogistik erstellt. Die ca. 15 m langen Nischen sind rechtwinklig zum Stollen ausgerichtet und steigen mit 2%. Die sieben Nischen im Nordarm (Sm 635 bis 1'009, Nischen Nr. 5 bis 11) sind wechselseitig im Abstand von 50 m angeordnet. Jene sieben im Ost-Arm (Sm 1'009 bis 1’734, Nischen Nr. 12 bis 18) weisen einen Abstand von 100 m zueinander auf und sind ausschliesslich nach Süden (rechts) ausgerichtet. Die fünf Nischen im West-Arm (Sm 2'000 bis 2’550, Nischen Nr. 19 bis 23) mit einem Abstand von ebenfalls 100 m sind wechselseitig angeordnet. Für das Wenden von Baumaschinen sind jeweils an den beiden Stollenenden Nischen vorgesehen. Zusätzlich wird unmittelbar vor der Verzweigung eine Trafo-Nische (Sm 1’003) für den Betriebszustand erstellt.

Die horizontale Linienführung des Stollens und die Stationierung der Nischen können je nach geologischem Befund nach den Erfordernissen für die Drainage des Untergrundes geringfügig angepasst, bzw. verschoben werden.

6.1.5 Vertikale Linienführung

(vgl. Beilagen Nr. 8 und 9)

Der bestehende Sondierstollen wurde mit konstanter Steigung von 2.0% ausgeführt und endet bei Sm 635 auf einer Höhe von 977.70 m ü.M. (OK Ortbetonsohle).

Zur Gewährleistung der gravitativen Entwässerung beträgt das Längsgefälle immer mindestens 2.0% gegen das Portal. Aus baulogistischen Gründen wird die Längsneigung von 12.0% nicht überschritten.

Ab dem Ende des Sondierstollens steigt der projektierte Entwässerungsstollen mit 2.0% bis zur Nische Nr. 9 (Sm 884). Zwischen Sm 884 und Sm 1'251 im Ost-Arm beträgt die Steigung 2.6% und geht anschliessend in eine steilere Steigung von 8.7% über, welche bis an das Stollenende (Sm 1'734) geführt wird. Die beiden Gefällswechsel mit Neigungsdifferenzen von 0.6 bzw. 6.1% erfordert keine vertikalen Ausrundungen.

Ab der Verzweigung (Sm 2'000) auf Höhe 985.94 m.ü. M folgt eine 47 m lange vertikale Ausrundung (Rv = 500 m) in den West-Arm, welche in eine Steigung von 12.0% übergeht.

Die rechtwinklig angeordneten Bohr- und Wendenischen steigen ab dem Stollen mit 2%.

Die Entwässerung kann somit gravitativ bis an das bergmännische Stollenportal erfolgen und erfordert keine Pumpenanlagen im Stollen.

Der Stollen weist über seine gesamte Länge ab dem Tiefpunkt am bergmännischen Portal bis zum westlichen Stollenende eine maximale Höhendifferenz von ca. 85 m auf.

Die vertikale Linienführung des Stollens kann je nach geologischem Befund nach den Erfordernissen für die Drainage des Untergrundes geringfügig angepasst, bzw. verschoben werden.

Die maximale Geländeüberlagerung über dem Stollenfirst befindet sich im Ost-Arm und beträgt knapp 200 m (ca. Sm 1’200). Jene im West-Arm misst ca. 170 m (ca. Sm 2’052). Die minimale Gelände- und Felsüberlagerung misst ca. 56 bzw. ca. 15 m am östlichen Stollenende (Sm 1’734). Die vom Geologen prognostizierte maximale Felsüberlagerung über dem Stollenfirst befindet sich im West-Arm und beträgt ca. 60 m (ca. Sm 2’082). Jene im Ost-Arm misst ca. 50 m (ca. Sm 1’555).

6.1.6 Querschnittsgestaltung / Normalprofile

(vgl. Beilage Nr. 10)

Das Normalprofil des Stollens wird unterschieden in die Phase C (Bauphase) und Phase D (Betriebsphase).

- Phase C (Bauphase) zeigt den Zustand während den Vortriebsarbeiten (mit zentraler Rigole, Lutten, ohne Ortbetonsohle).
- Phase D (Betriebsphase) zeigt den Zustand nach Fertigstellung (mit Verkleidungsspritzbeton, seitliche Rigolen, zentrale Entwässerungsleitung, Ortbetonsohle, Betriebslüftung und definitive Werkleitungen)

Das Normalprofil der Bohr- und Wendenischen ist identisch jenem des Stollens, jedoch ohne zentrale Entwässerungsleitung.

Die erforderliche Grösse des Stollenprofils ergibt sich durch folgende unterschiedliche Nutzungsanforderungen:

- In Phase C: Baulogistik / Baustellenver- und -entsorgung, Baulüftung, Vortriebsfahrzeuge und Arbeitssicherheit
- In Phase D: Geräte und Maschinen für die Erkundungsbohrungen, Unterhaltsfahrzeuge, Betriebslüftung, Betonsohle mit zentraler Entwässerungsleitung, Bergwasserableitung

Diese Anforderungen wurden bereits in den analogen Phasen A und B des Sondierstollens für eine allfällige Verlängerung zum Entwässerungsstollen berücksichtigt.

Bauphase (Phase C):

Für die Vortriebsarbeiten ist ein minimales Lichtraumprofil (LRP) von B x H = 2.70 x 3.10 m für Fahrzeuge erforderlich.

Am Parament, ausserhalb des LRP, ist Raum für die Ver- und Entsorgungsleitungen für den Vortrieb vorgesehen.

Im Abstand von 0.20 m über dem LRP sind die beiden Lutten für die Baulüftung angeordnet. Voraussichtlich werden Luttendurchmesser von 1.00 bis 1.10 m erforderlich.

Eine Rigole in der Sohlenmitte sammelt das Bau- und Bergwasser und leitet dieses an das Portal zur Reinigung. Die zentrale Rigole misst mind. B x H = 0.40 x 0.25 m

Der Vortrieb erfolgt durchgehend im Fels (Flysch, Bündnerschiefer) mit einem Ausbruchquerschnitt von 17.0 m^2 und Ausbruchumfang von 15.8 m.

Für die Ausbruchsicherung am Gewölberand sind maximal 15 cm für Spritzbeton vorgesehen.

Auf der Sohle werden wöchentlich mind. 5 cm Ortbeton als Baupiste bis in den Vortriebsbereich eingebaut.

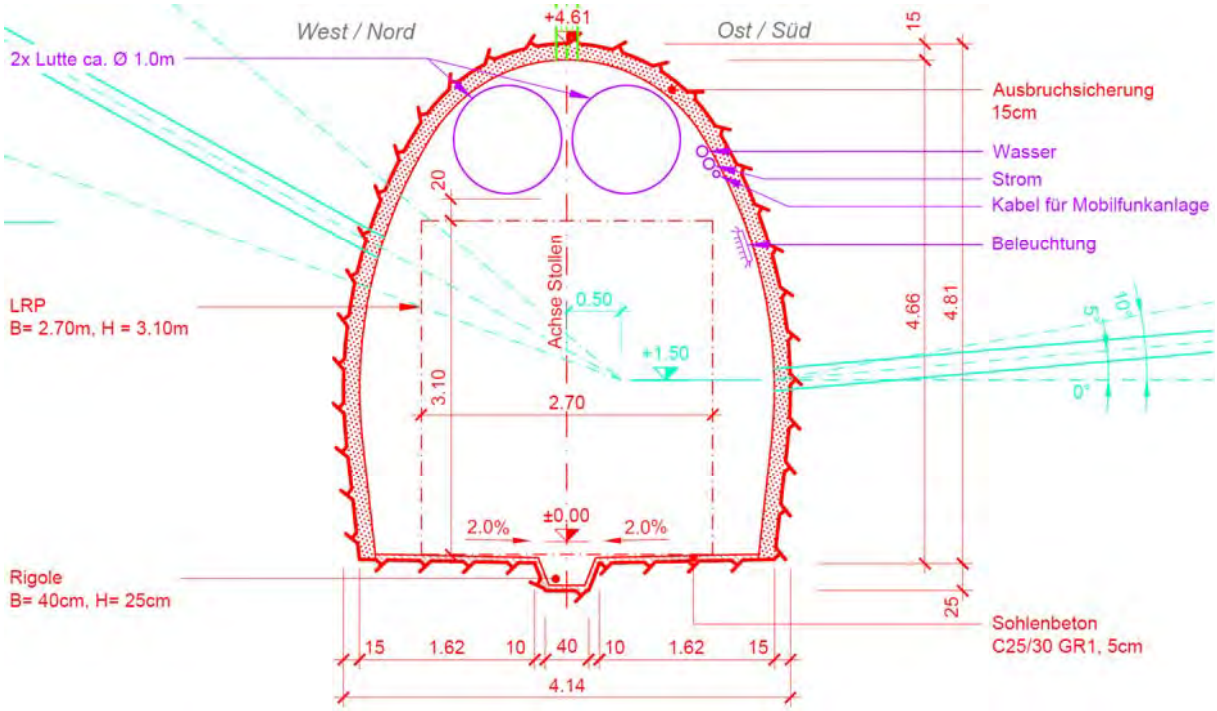


Abbildung 2: Normalprofil Stollen, Phase C

Betriebsphase (Phase D):

Für die Betriebsphase ist ein minimales Lichtraumprofil (LRP) von B x H = 2.40 x 3.30 m erforderlich. (Unterhaltsfahrzeuge und Geräte für Drainagebohrungen)

Im First, oberhalb des LRP, wird ein formstabiles Lüftungsrohr mit Durchmesser 1.00 m für die Betriebslüftung montiert (nicht in den Nischen). Im Parament neben dem LRP werden Kabeltrasse für vier Kabelschutzrohre, Kommunikation und Beleuchtung sowie die Wasserversorgungsleitung (PEHD NW 160 mm) befestigt.

Seitlich neben dem LRP werden die vertikalen Rohrleitungen für die Ableitung Entwässerung des Drainagewassers aus dem First in die seitlichen Rigolen geführt. Für die Leitungsführung können lokale Abbrüche der Ausbruchsicherung erforderlich sein. Es wird von maximalem Rohrdurchmesser von 160 mm (PEHD) ausgegangen.

Zwei seitliche Rigolen in der Sohle sammeln das Stollenwasser und leiten dieses an das Portal zur Weiterleitung in den Vorfluter. Zusätzlich wird in der Sohlenmitte eine zentrale Entwässerungsleitung mit PEHD NW 315 mm geführt. Diese erhöht die Kapazität (nebst den beiden Rigolen) und ermöglicht die allfällig getrennte Ableitung von sauberem Bergwasser und verschmutztem Bohrwasser.

Nach Vortriebsende wird der Sondier- und Entwässerungsstollen mit einer 7 cm starken Spritzbetonschicht verkleidet.

Die bewehrte Ortbetonsohle ist je nach Erfordernis 2.70 m bis 3.30 m breit und ca. 0.15 m dick.

Der bautechnische Nutzraum t = 10 cm setzt sich zusammen aus dem Raum für Abweichungen a = 5 cm und dem Raum für spätere bauliche Massnahmen b = 5 cm.

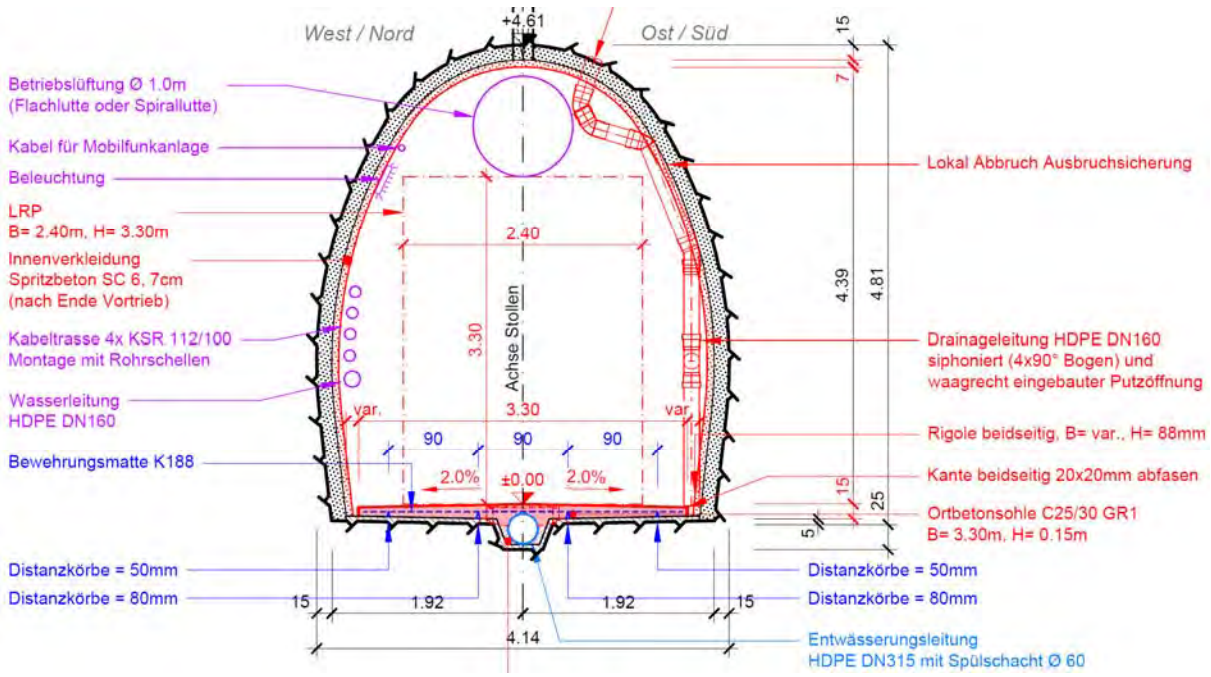


Abbildung 3: Normalprofil Stollen, Phase D

Die Form und Grösse des Ausbruchquerschnitts und des Normalprofils des Entwässerungsstollens sind identisch jenen des Sondierstollens, ebenso das Lichtraumprofil für die Bauphase (C). Das Lichtraumprofil für die Betriebsphase (D) wurde aufgrund des grösseren erforderlichen Lüftungsrohrs im First in der Höhe um 20 cm auf 3.30 m reduziert. Die Breite bleibt unverändert, wie im Sondierstollen. Die in der Betriebsphase zum Einsatz gelangenden grossen Geräte - hauptsächlich für Drainagebohrungen – waren bei einer Lichtraumprofilhöhe von 3.10 m bereits in der Phase A (Bau des Sondierstollens) im Einsatz und werden dies auch in Phase C (Bau des Entwässerungsstollens) sein. Die reduzierte Höhe beeinträchtigt die Nutzung des Stollens im Betriebszustand demnach nicht.

6.1.7 Konstruktion Stollen

(vgl. Beilage Nr. 10)

Vortrieb

Für die gesamte Stollenlänge weist das symmetrische Ausbruchprofil eine lichte Höhe von 4.81 m zzgl. 25 cm zentraler Entwässerungsgraben in der Sohle auf; die lichte Ausbruchbreite misst 4.14 m. Die engste Krümmung liegt im First und misst 1.62 m im Radius. Die Sohle wird in einem negativen Dachgefälle ausgebrochen, welches gegen die zentrale Entwässerungsrinne gerichtet ist. Der Ausbruchquerschnitt beträgt 17.0 m^2, der Ausbruchumfang 15.8 m.

Der Vortrieb erfolgt gemäss geologischer Prognose über die gesamte Stollenlänge im stabilen Fels (Flysch, Bündnerschiefer) und im Vollausbruch sowie im steigenden Sprengvortrieb.

Die Ausbruchsicherung im Gewölbe erfolgt mit Bewehrungsmatten, Felsankern und Spritzbeton, wo erforderlich mit Stahlbogen. Die maximale Stärke der Ausbruchsicherung misst 15 cm.

Ausbau

Die Gewölbeverkleidung wird nach Vortriebsende in Spritzbeton ohne Stahlfaser in einer Stärke von 7 cm aufgebracht.

Die bewehrte Ortbetonsohle mit Dachgefälle (2%) ist 2.70 bis 3.30 m breit, zentrisch angeordnet und 15 cm stark. Beidseitig verlaufen die Rigolen.

Zusätzlich ist zentral in der Sohle eine Entwässerungsleitung PEHD NW 315 mm einbetoniert.

Die Konstruktion gilt für den Stollen, als auch für die Bohr- und Wendenischen, lediglich mit dem Unterschied, dass in den Nischen keine zentrale Entwässerungsleitung einbetoniert wird.

6.1.8 Konstruktion Nischen

(vgl. Beilage Nr. 11)

Insgesamt werden 20 Nischen ausgeführt. 19 Nischen werden für die Bohrarbeiten der Drainagebohrungen und für baulogistische Zwecke genutzt. Die Bohrungen können somit bereits während den laufenden Vortriebsarbeiten ausgeführt werden, ohne dass sich Vortrieb und Bohrarbeiten gegenseitig behindern. Eine Nische wird als Traforaum im Endzustand genutzt. (vgl. dazu nachfolgendes Kap. zur Trafo-Nische) Die Nischen werden berg- oder talseitig angeordnet und alle weisen dieselbe Querschnittsgeometrie auf, wie der Stollen,

jedoch ohne zentrale Rigole, bzw. Entwässerungsleitung. Die Nischen sind alle ca. 13.28 m lang und die Längsneigung fällt mit 2.0% gegen den Stollen.

Die Nischen bieten ausreichend Raum für das Erstellen von Drainagebohrungen in beide Nischenlängsrichtungen, ohne die Vortriebsarbeiten zu behindern.

Die Ausbruchsicherung richtet sich nach den Ausbruchsicherungstypen des Entwässerungsstollens. Zudem werden systematisch zusätzliche Ausbruchsicherungsmittel im Bereich des Anschlusses der Nische an den Stollen vorgesehen.

Der Endausbau entspricht jenem des Stollen, jedoch ohne zentrale Entwässerungsleitung und Betriebslüftung. Das Überfahren der Rigole im Stollen im Anschlussbereich der Nische wird mit einem Gussrost gewährleistet. Das Quergefälle der Betonsohle in der Nische ist mit 2.0% gegen das Portal, somit entfällt auch eine der beiden seitlichen Rigolen.

6.1.9 Konstruktion Trafo-Nische (Sm 1’003)

(vgl. Beilage Nr. 12)

Elektromechanischer Zweck und Funktion werden in Kap. 6.7 erläutert.

Für die Stromversorgung im Betriebszustand ist ein Raum für einen Transformator mit Elektroschränken erforderlich.

Die Geometrie und Ausführung der Trafo-Nische ist in der Bauphase identisch den anderen Nischen. Im Endzustand wird die Nische als Trafo-Nische genutzt und entsprechend dicht ausgeführt (Dichtigkeitsklasse 1) und mit den elektromechanischen Anlagen ausgerüstet. Der eigentliche Traforaum wird mit einem Ortbetoninnengewölbe ausgeführt. Zwischen der Ausbruchsicherung und dem Ortbetoninnengewölbe wird eine Abdichtungsfolie aufgebracht und an die seitlichen Gewölbedrainagen angeschlossen. Diese Gewölbedrainagen auf der gesamten Nischenlänge führen das saubere Bergwasser in die Rigole des Entwässerungsstollens.

Der lichte Raum für die elektromechanischen Anlagen misst in der Länge ca. 9 m. Der Raum ist 2.80 m breit und mindestens 2.66 m hoch. Die Betonsohle wird horizontal ausgeführt.

Die Einführungen der Kabel erfolgt über einen Kabelschacht vor dem Traforaum.

Allfällig notwendige Raumteiler, Türen und Doppelboden werden in Metallbau ausgeführt.

Aus der Trafo-Nische dürfen keine Bohrungen ausgeführt werden.

6.2 Abdichtung und Entwässerung

6.2.1 Allgemein

(vgl. Beilagen Nr. 15 und 16)

Der Stollen wird nicht abgedichtet. Das anfallende Wasser (Berg- und Betriebswasser) wird gefasst (lokale Wasserzutritte mittels Vorabdichtung, d.h. mit Omega-Halbschalen), gesammelt und ans Portal geleitet und am Portal zusammen mit dem Sickerwasser aus der abgedichteten Portalstation in die Entwässerungsleitung übergeben, welche in die Albula entwässert.

Im Stollen fallen im Normalbetrieb kaum verschmutzte Wässer an. Sollte dies dennoch der Fall sein, läuft das Wasser im Portalbauwerk durch einen Mineralölabscheider (Tauchwand).

Im Messschacht am Portal kann Sauber- und Schmutzwasser aus dem Stollen bei Bedarf getrennt gefasst, behandelt und abgeführt werden.

6.2.2 Stollen und Nischen

Der Stollen dient primär Drainagezwecken und hat keinen erhöhten Dichtigkeitsanforderungen zu genügen. Wasserzutritte sind zulässig, bzw. für die Erzielung einer Drainagewirkung im Gebirge resp. der Rutschmasse erforderlich.

Wasserzuritte sind zulässig, bzw. vom Geologen ausdrücklich erwünscht, um die angestrebte Drainagewirkung zu erzielen. Wasserzutritte sollen den Vortrieb und den Betrieb nicht behindern und die Dauerhaftigkeit nicht verkürzen. Lokale Wasserzutritte werden gefasst und in die seitlichen Rigolen eingeleitet, um Tropfwasser direkt auf der Ortbetonsohle zu vermeiden (Rutschgefahr, Vereisung). Für den Stollen gilt die Dichtigkeitsklasse 4 «feucht bis nass» (Feucht- und Tropfstellen zugelassen) gemäss Norm SIA 197. Der Stollen wird nicht abgedichtet.

Das anfallende Kluft- und Bergwasser fliesst über das Gewölbe oder wenn möglich nach lokaler Fassung in Halbschalen weiter in die seitlich angeordneten Rigolen. Die Entwässerung des Stollens erfolgt über die gesamte Stollenlänge mit Längsgefälle zwischen 2.0 und 12.0% in den beiden seitlichen Rigolen neben der Betonsohle mit Dachgefälle (2%) an das Portal. Zusätzlich wird zentral eine einbetonierte Rohrleitung PEHD NW 315 mm geführt. Alle ca. 50 m wird die Rohrleitung durch einen Spülschacht geführt. Rigolen und Rohrleitung verlaufen getrennt voneinander bis an das Portal. Am Portal entwässern beide Systeme in den Messschacht im Portalbauwerk, aus welchem das Wasser in die Albula weitergeleitet wird. Mittels einem Bypass kann z.B. das saubere Bergwasser in den Rigolen direkt in die Albula geleitet werden und das verschmutzte Bohrwasser zurückgehalten und gereinigt oder entsorgt werden.

Der mit mindestens 2% Längsgefälle zum Portal fallende Stollen ermöglicht über die gesamte Stollenlänge gravitative Entwässerung. Auf Pumpen mit Motoren und Stromversorgung kann verzichtet werden.

Gem. geologischer Prognose [Kap. 5.7.2 in Beilage Nr. 20] ist ein permanenter (dauerhafter) Bergwasseranfall auf die gesamte Stollenlänge mit Nischen (2'592 m) von 300 bis 600 l/min (5 bis 10 l/s) zu erwarten.

Für das Portalbauwerk gilt die Dichtigkeitsklasse 1 «vollständig trocken» (keine Feuchtstellen an den trockenseitigen Bauwerksoberflächen zugelassen) gemäss Norm SIA 197.

6.2.3 Messschacht, Funktionsweise im Endzustand

Der Messschacht ist nicht Bestandteil des vorliegenden Projektes. Der Messschacht sowie dessen Funktion in Bau- und Betriebszustand wurden bereits im Rahmen des Projektes «Sondierstollen Rutschung Brienz» genehmigt.

Da im Endzustand (nach Phase C) die Entwässerung von sauberem Bergwasser und auch von verschmutztem Bohrwasser aus dem Entwässerungsstollens über den Messschacht läuft, wird nachfolgend dessen Funktionsweise erläutert.

Um den Abfluss des anfallenden Bergwassers messen zu können, läuft dieses über einen Messüberfall im Portalbauwerk. Dieser Messüberfall befindet sich im Messschacht, welcher aus 3 Kammern besteht: Die Inspektionskammer wird durch einen Schachteinstieg begangen zur Ablesung des Messüberfalls und für Unterhaltsarbeiten an den beiden anderen Kammern; der oberwasserseitigen Messkammer und der unterwasserseitigen Auslaufkammer. Das Wasser aus dem Stollen wird durch die voneinander getrennt verlaufenden Leitungen aus den seitlichen Rigolen und aus der zentralen Rohrleitung in der Sohle durch einen Tauchbogen in die Messkammer eingeleitet. Darin beruhigt sich das Wasser, staut sich auf und überfällt den Messüberfall in die Auslaufkammer. In der Auslaufkammer fliesst das Wasser weiter in die Entwässerungsleitung, welche in die Albula mündet.

Die beiden Mess- und Auslaufkammern sind ebenfalls durch Schachtzustiege begehbar.

Der Messüberfall kann auch umgangen werden und das Wasser in der Messkammer kann durch eine geöffnete Schieberklappe direkt in die Auslaufkammer und weiter in die Entwässerungsleitung geführt werden.

Ein weiterer Bypass für beide Zuleitungen ermöglicht die Umgehung der Messkammer und das direkte Einleiten in die Auslaufkammer. Damit kann z.B. sauberes Bergwasser aus den seitlichen Rigolen getrennt von verschmutztem Bohrwasser aus der zentralen Rohrleitung gesammelt und über diesen Bypass direkt der Auslaufkammer zugeführt werden. Das Schmutzwasser aus der Messkammer kann abgepumpt und der Reinigung / Entsorgung zugeführt werden, sofern das Bohrwasser im Stollen gesammelt und in einen Spülschacht der zentralen Rohrleitung im Stollen eingeleitet wird.

Da die Entwässerungsleitung (NW 400 mm) nach dem Messschacht zu Unterhaltszwecken abgeschiebert werden kann und um die Kapazität der Ableitung zu erhöhen, sodass der Stollen und das Portalbauwerk nicht geflutet werden können, wird ein Notüberfall vorgesehen. Dieser kann aus Sicherheitsgründen nicht abgeschiebert werden und entwässert ab höher liegendem Niveau direkt in den darunter liegenden Wald. Mit dem prognostizierten maximalen Wasseranfall aus dem Stollen springt der Notüberfall mit NW 400 mm noch nicht an.

Die Tauchwand in der Messkammer kann ein Volumen von ca. 500 Liter Mineralöl zurückhalten, das an der Oberfläche abgesaugt und entsorgt werden kann.

Das Wasser im Messschacht wird in die Entwässerungsleitung geleitet, welche in die Albula mündet.

Es wird davon ausgegangen, dass in Phase D (Betrieb des Entwässerungsstollens) - ohne Bohrarbeiten im Stollen - ausschliesslich Sauberwasser im Stollen anfällt und nach dem

Durchlaufen einer Neutralisation mit CO_2 zur Regelung des pH-Wertes im Messschacht dieses Wasser direkt dem Vorfluter zugeführt werden kann.

Werden im Betriebszustand (Phase D) nachträgliche Bohrungen im Stollen ausgeführt, ist mit verschmutztem Wasser aus dem Stollen zu rechnen, welches nach o.g. Funktionsweise gesondert abgeleitet und der Reinigung zugeführt werden muss.

Für diese mobile und temporäre Gewässerschutzanlage, worin das Schmutzwasser aus dem Messschacht abgepumpt und eingeleitet wird, ist vor dem Portalbauwerk ausreichend Platz im Freien freigehalten.

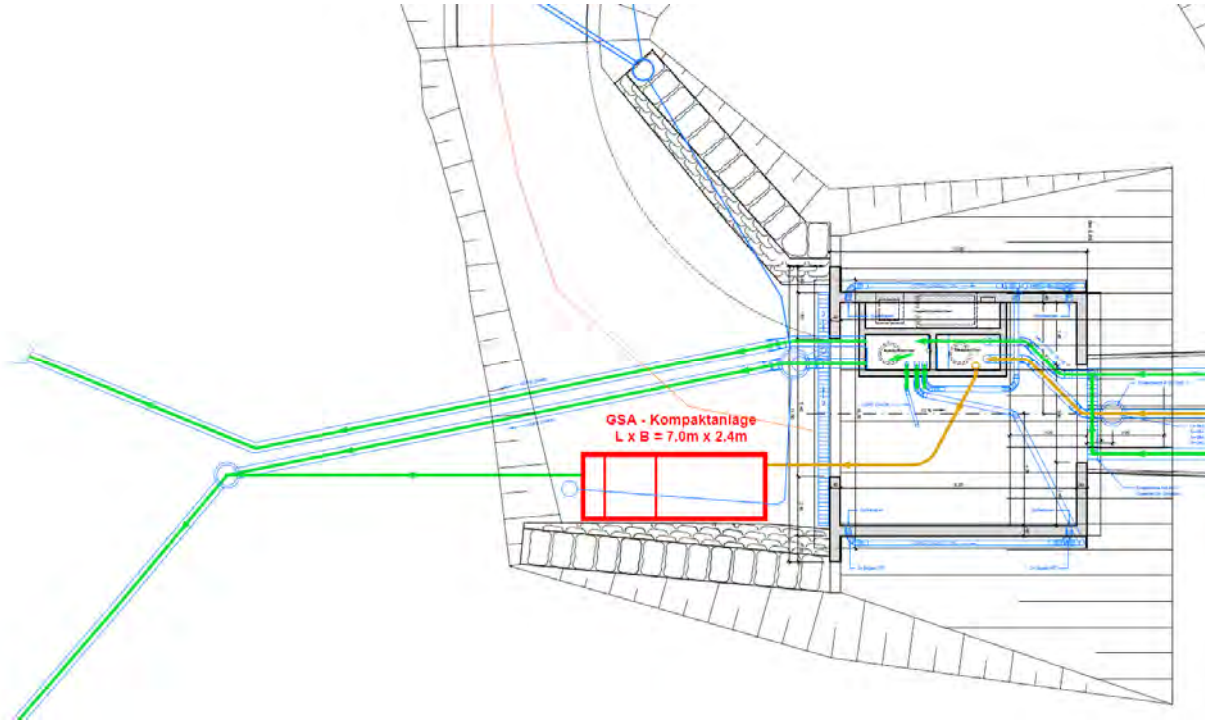


Abbildung 4: Positionierung GSA-Kompaktanlage

Bauzustand

Im Bauzustand des Entwässerungsstollens (Phase C) wird das verschmutzte Wasser aus dem Stollen der Gewässerschutzanlage der Baustelleneinrichtung des Bauunternehmers zugeführt, gereinigt und dem Vorfluter übergeben. Die Überwachung der einzuhaltenden Grenzwerte erfolgt an der Gewässerschutzanlage.

6.3 Portalbauwerk mit Lüftungskamin

(vgl. Beilage Nr. 14)

Das Portalbauwerk mit seitlichen Stützmauern ist nicht Bestandteil dieses Projektes. Dieses wurde bereits im Rahmen des Projektes «Sondierstollen Rutschung Brienz» genehmigt.

Die Bauausführung des Portalbauwerks mit Stützmauern erfolgt im Rahmen des vorliegenden Projekts.

Für die Ansaugung von Frischluft für die Belüftung des Entwässerungsstollens im Endzustand ist neu ein Lüftungskamin in Blechausführung projektiert. Dieser Kamin ist zentral oberhalb des Tors und auf der Decke des Portalbauwerks angeordnet. Der Kamin überragt das Terrain ca. 4 m und hat einen Rohrdurchmesser von 2 m. Um den Kamin werden Hecken angepflanzt.

6.4 Erschliessungsstrasse

(vgl. Beilage Nr. 13)

Die 560 m lange Erschliessungsstrasse ab der Kantonsstrasse bis an das Portalbauwerk ist nicht Bestandteil dieses Projektes und wurde bereits im Rahmen des Projektes «Sondierstollen Rutschung Brienz» genehmigt und realisiert.

Das vorliegende Projekt beinhaltet die neu erforderliche Ertüchtigung der Erschliessungsstrasse für die weitergehenden Vortriebsarbeiten des Entwässerungsstollens. Dazu ist folgender Strassenaufbau erforderlich:

Fahrbahn:

0.10 m	Bankett (mit bergseitiger Sickerleitung 0.50m)
3.30 m	Fahrbahn + V (Kurvenverbreiterung)
0.50 m	Bankett

Oberbau:

9 cm	Belag ACT 22 N B70/100
7 cm	Planie RC A
40 cm	Fundation Zementstabilisation (Mix in place) 130 kg Zement/m^3

6.5 Projektbezogene Deponie «Tgampi»

6.5.1 Ausgangslage

Beim Bau des rund 1'650 m langen Entwässerungsstollens werden insgesamt ca. 70'000 m^3 (lose) Ausbruchmaterial anfallen. (>95% Material Typ A)

Beim Bau des Sondierstollens, der dieselben geologischen Einheiten durchfuhr, konnte rund 30% des Materials verwertet werden und rund 70% des Materials wurde in die bestehende Deponie Crappa Naira eingebaut. Da einerseits die Materialklassierung auf Annahmen basiert und andererseits die Nachfrage nach Ausbruchmaterial für anspruchslose Schüttungen und Hinterfüllungen starken Schwankungen unterliegt und demzufolge schwer kalkulierbar ist, ist zur Bewältigung des Materialanfalls beim Bau des Entwässerungsstollens die Erstellung einer projektbezogenen Deponie mit einem Volumen von 60'000 m^3 zu planen.

Diese projektbezogene Deponie ist ausschliesslich für das Ausbruchsmaterial des Entwässerungsstollens der Rutschung Brienz vorgesehen. Nach Fertigstellung bzw. Inbetriebnahme des Entwässerungsstollens wird die projektbezogene Deponie Tgampi abgeschlossen und endgestaltet und anschliessend der bisherigen, landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt.

6.5.2 Standortbedingungen

Die Evaluation möglicher Standorte für eine projektbezogene Deponie ergab, dass der bestgeeignete Standort in der Geländekammer «Tgampi» liegt. Der Standort «Tgampi» befindet sich östlich des Ostportals des Alvaschein-Tunnels, direkt südlich angrenzend an die Nationalstrasse N29.

Die besondere Eignung dieses Standorts ergibt sich insbesondere aus einer Kombination folgender Kriterien:

- Keine Gewässerschutzzonen (S1-S3, SS), -areale (SA), -bereiche (Ao, Au)
- Kein Schutzwald, kein Wald, keine Biotopinventare, geringe Auswirkungen auf das Landschaftsbild (eingeschränkte Einsehbarkeit)
- Erneute Nutzung bzw. Erweiterung eines früheren Deponiestandortes für Material Typ A
- Geringe bauliche/geotechnischen Anforderungen an den Deponiebau
- Räumliche Nähe zum Ort des Materialanfalls; Materialtransport mittels LKW mehrheitlich ausserhalb von Siedlungsgebieten und gänzlich ohne Dorfdurchfahrten

Die Erschliessung erfolgt über die Nationalstrasse N29, je eine neu zu erstellende Aus- und Einfahrt sowie zweckmässig ausgebaute Abschnitte der bestehenden Bewirtschaftungswege.

Das Bauprojekt zur projektbezogenen Deponie inkl. Erschliessung unterliegt nicht der UVP-Pflicht. Die dennoch erfolgten Abklärungen zu den Umweltaspekten ergeben keine Umweltauswirkungen, die das vorliegende Bauprojekt in Frage stellen würden.

6.5.3 Deponiegestaltung

Die Gestaltung des Deponiekörpers erfüllt folgende Ansprüche:

- Nutzungsvolumen 60'000 m^3 (Entwässerungsstollen Rutschung Brienz)
- Deponiekörper von W nach E entlang der Nationalstrasse N29 zwischen Ostportal Alvaschein-Tunnel und Unterquerung durch Werkausfahrt sowie von N nach S von der Nationalstrasse N29 bis zur bestehenden Flurstrasse (S-E) bzw. bestehender Böschung (SW)
- Deponieoberfläche ab Kote Nationalstrasse N29 minus 0.5 m (mögliche Ausfahrt Folgeprojekt mit Breite min. 4 m), ohne interne Böschungen, mit Oberflächengefälle 4% in Richtung SSW
- Deponiemächtigkeit 5 – 7 m
- Böschungsneigungen 1:2

Auffahrt von Flurstrasse auf Deponieoberfläche (Breite min. 3 m, Neigung 20%) für spätere Bewirtschaftung mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen:

- Keine Überschüttung der bestehenden Flurstrasse, Gewährleistung Zugang zur RhB-Linie über Flurstrasse (Interventionsfall)

6.5.4 Deponiebau & Rekultivierung

Das angelieferte Ausbruchmaterial wird auf Platz klassiert und dem entsprechenden Verarbeitungsweg zugeführt (direkte Aufbereitung oder Verwertung, direkter Einbau).

Der Bau des Deponiekörpers erfolgt grob von West/Nordwest nach Ost/Südost. Das Bodenschutzkonzept sieht einen Abtrag des Bodens in 2 Etappen mit einer Anlegung in Boden-Walldepots jeweils auf der gegenüberliegenden Seite des Deponieperimeters vor. Nach erfolgtem Bodenabtrag wird das Material lagenweise eingebaut und verdichtet.

Nach Abschluss des Materialeinbaus wird der gesamte Deponieperimeter rekultiviert (Anlegung von Boden und Ansaat mit Wiese). Die Rekultivierungsarbeiten sind nach Abschluss der Etappen (West: Frühjahr 2025, Ost: Sommer 2026) auszuführen.

6.6 Erschliessung Deponie «Tgampi»

6.6.1 Situation

Die projektierte Erschliessung der Deponie «Tgampi» erfolgt ab der Nationalstrasse N29 über eine neu zu erstellende Werkein- und Werkausfahrt. Sowohl die Werkausfahrt als auch die Werkeinfahrt werden für das Befahren mit 4-Achs-LKWs (40 t) ausgelegt.

Die Ausbaubreite beträgt 3.00 m. Wo erforderlich kommt kurveninnenseitig eine Kurvenverbreiterung dazu. Dies ist ausschliesslich bei der Kurve mit Radius 10 m der Werkausfahrt der Fall. Die zugehörige Verbreiterung beträgt 3.20 m.

6.6.2 Längenprofil

Das projektierte Längenprofil richtet sich in erster Linie sowohl bei der Werkausfahrt als auch bei der Werkeinfahrt an die bestehende Nationalstrasse N29 und hat ein Längsgefälle von 3.3% bis max. 10.0%. Die bestehende Flurstrasse wird wo erforderlich angepasst.

6.6.3 Querschnittsgestaltung / Normalprofil

Die Querschnittsgestaltung richtet sich an die Projektierungsgrundlagen des Tiefbauamtes Graubünden für Verbindungsstrassen. Die Ausbaubreite der Fahrbahn beträgt 3.00 m. Hinzu kommt beidseitig ein Bankett von je 0.50 m Breite.

Der Oberbau setzt sich zusammen aus einer Fundationsschicht (ungebundenes Gemisch 0/45) mit einer Mindeststärke von 80 cm und einer darüberliegenden Deckschicht (HMT 0/22) von 9 cm Belagsdicke. Die Fundationsschicht wird auf der ganzen Fläche durch ein Geogewebe vom Untergrund getrennt.

Das Quergefälle wird einseitig ausgebildet und beträgt auf der ganzen Länge 3% mit talseitiger Neigungsrichtung. Das Planumsgefälle richtet sich nach dem Quergefälle mit einer minimalen Neigung von 4%.

6.6.4 Strassenentwässerung

Die Entwässerung der Fahrbahn erfolgt überall mit einem talseitigen Quergefälle von 3.0% über die Schulter. Wo erforderlich (in Einschnitte) wird das Wasser über Entwässerungsgräben abgeführt und ausserhalb des Strassenkörpers versickert.

In Abschnitten mit unterirdisch gegen den Strassenkörper sickernden Wassers sowie zur Stabilisierung von Böschungen respektive bei Hangwasser werden Drainageleitungen eingelegt. Die Notwendigkeit und der Umfang von diesen werden im Zuge der Bauausführung durch die Bauleitung detailliert festgelegt und angeordnet.

6.7 Betriebs- und Sicherheitsausrüstung

6.7.1 Phase C, Bau des Entwässerungsstollens

Baustromversorgung

Während der Bauphase C (Bau des Entwässerungsstollens) und für Erkundungsbohrungen steht die vorhandene TBA Baustromtransformatorenstation mit einer Leistung von 630kVA für die elektrische Versorgung der Baustelle bauseits zur Verfügung.

Die Energieversorgung derselben erfolgt ab einer bestehenden 11kV-Freileitung der Elektrizitätswerke der Stadt Zürich EWZ. Der Leitungsabgriff erfolgt ab Holzmast Nr. 40 (Spissagger 2'764'183/1'170’591) via eine Grabenleitung bis auf den Installationsplatz im Portalbereich zur TBA Baustromtransformatorenstation. Die Energieabgabe an die Baustelle erfolgt ab gemessenem Niederspannungsabgang Netzebene 7 mit 3x400/230 Volt, 50Hz.

Es gelten die Vorgaben des TBA GR, insbesondere «Vorschriften für Energiebezüger auf den Baustellen der Nationalstrassen und der Kantonsstrassen», Anhang 5 der besonderen Bestimmungen Teil 2 (BB2). Für die Baustromversorgung der bergmännischen Arbeiten der Bauphase C und für Erkundungsbohrungen während der Bauphase C, ist der Baumeister eigenverantwortlich. Im Übergang zur Phase D (Betrieb und Unterhalt des Entwässerungsstollens) respektive während der Ausrüstungszeit der definitiven Stromversorgung für den Betrieb und Unterhalt des Entwässerungsstollens, soll die Baustromversorgung der Bauphase C mit möglichst kleinen Anpassungen weiterbetrieben werden können. Der Baumeister hat die Baustromversorgung für diese Zeit vorzuhalten und die Umrüstung auf die definitive Installation der Phase D koordinativ zu begleiten. Für diese Umrüstung wird mit einer Übergangsfrist von maximal drei Monaten gerechnet. Die Installationen für die Baustromversorgung sollen nach Möglichkeit an der rechte Stollenwand angebracht werden.

Stollenbaulüftung

Für die Stollenlüftung der bergmännischen Arbeiten und für Erkundungsbohrungen während der Bauphase C ist der Baumeister eigenverantwortlich. Im Übergang zur Phase D respektive während der Ausrüstungszeit der definitiven Stollenlüftung für den Betrieb und Unterhalt des Entwässerungsstollens, soll die Baulüftung der Bauphase C mit möglichst kleinen Anpassungen weiterbetrieben werden können. Der Baumeister hat die Baulüftung für diese Zeit vorzuhalten und die Umrüstung auf die definitive Installation der Phase D koordinativ zu begleiten. Für diese Umrüstung wird mit einer Übergangsfrist von maximal drei Monaten gerechnet.

Baubeleuchtung

Für die Stollenbeleuchtung der bergmännischen Arbeiten der Bauphase C ist der Baumeister eigenverantwortlich. Der Baumeister installiert eine stollentaugliche und hinreichende Beleuchtung mit geeignetem Schutzgrad. Im Übergang zur Phase D respektive während der Ausrüstungszeit der definitiven Stollenbeleuchtung für den Betrieb und Unterhalt des Entwässerungsstollens, soll die Baubeleuchtung der Bauphase C mit möglichst kleinen Anpassungen weiterbetrieben werden können. Der Baumeister hat die Baubeleuchtung für diese Zeit vorzuhalten und die Umrüstung auf die definitive Installation der Phase D koordinativ zu begleiten. Für diese Umrüstung wird mit einer Übergangsfrist von maximal drei Monaten gerechnet. Die Installationen für die Baubeleuchtung sollen nach Möglichkeit an der rechten Stollenwand angebracht werden.

Versorgung Kommunikation (Mobile)

Für die Phase C ist vorgesehen, mittels einer geeigneten Mietanlage die bestehende temporäre Mobilefunkversorgung aus dem Freifeld (Aussenbereich) resp. aus der Vorphase A&B etappiert in den Stollen hinein zu erweitern. Dies erfolgt mit geeigneten Antennenanlagen und würde in Abhängigkeit vom Baufortschritt von einem lokalen Spezialisten installiert und unterhalten. Für den Entwässerungsstollen wird ein zusätzlicher Mobilfunkrepeater mit entsprechendem Abstrahlsystem nötig sein. Damit besteht für die sich im Stollen befindlichen Personen die Möglichkeit sich mittels Mobiltelefon zu verständigen oder auch einen Notruf zu tätigen. Es werden alle 3 Provider (Swisscom, Sunrise und Salt) unterstützt.

Erdung / Potentialausgleich

Im gesamten Bauwerk sind die Erdungen und der Potentialausgleich entsprechend den geltenden Vorschriften auszuführen. Dazu benötigt die Baustromtransformatorenstation im Aussenbereich des Portals eine einwandfreie Erdung. Alle metallischen Installationen im und um das Stollenbauwerk sind mittels Potentialausgleichsleitern bestmöglich elektrisch leitend miteinander zu verbinden. Es ist kein äusserer Blitzschutz erforderlich.

6.7.2 Phase D, Betrieb und Unterhalt des Entwässerungsstollens

Stromversorgung

Für die Phase D wird die Portalstation des Stollenbauwerkes mit einer eigenständigen dauerhaften Transformatorenstation mit 400kVA Leistung für die Energieversorgung des Stollenbetriebes ausgerüstet. Die provisorischen Baustrominstallationen des Baumeisters und des TBA wird rückgebaut. Im Stollen wird beim Verzweigungspunkt zum Ost- und West-Arm des Entwässerungsstollens für den späteren Bohrbetrieb eine zusätzliche Transformatorenstation mit 630kVA Leistung erforderlich.

Die Energieversorgung der Transformatorenstationen ab der 11kV-Freileitung EWZ wird nach Möglichkeit so belassen.

Energieverteilung im Stollen

Jede zweite Nische ab Sm 510 erhält einen Hochstrom Wandanschluss 400A, 4p, 400V und einen Elektroverteilkasten 63A, 400V (CEE 63/5; 32/5; 16/5; T23) zum Anschluss des Bohrateliers. Damit sollen nebst dem Bohrgerät auch die Zubehörgerätschaften wie Hochdruckpumpe, Misch-/ Spültank und Injektionsmischer angeschlossen werden können. Die Feinerschliessung der einzelnen Verbraucher ab diesen Nischenversorgungen zum Bohrort ist Sache der ausführenden Unternehmung der Bohrarbeiten. Dabei beträgt die Distanz von einer Versorgungsnische bis zum Bohrort maximal 100m im Ost- und West-Arm resp. maximal 50m im südwärts, in Richtung Stollenportal, führenden Zuführungsast.

In den Nischen erfolgt die Stromversorgung ab einem mobilen 990V Transformatorencontainer mit 250kVA Leistung und einer Abgabespannung von 3x400/230 Volt, 50Hz.

Die Stromversorgung erlaubt, ab maximal zwei Nischen gleichzeitig Bohrungen vorzunehmen.

Stollenbetriebslüftung

Für die Phase D ist vorgesehen, im Portalbauwerk eine Frischluftansaugstelle mit einem Bergbauventilator zur Stollenbewetterung fest zu installieren und die Frischluft mittels einer luftdichten formstabilen Ventilationslutte mit Durchmesser 1'000mm bis ans Ende des Stollens

zu führen. Von hier aus wird die Frischluft in den Stollen gedrückt und entströmt in Richtung Eintrittsportal des Stollens. Beim Bau der Portalstation ist der Standort des Ventilators mit den benötigten Schalldämpferkulissen entsprechend zu berücksichtigen. Die Ventilationslutte für die Frischluftversorgung wird mit möglichst wenigen Richtungsänderungen und keinen Verjüngungen im Scheitelbereich des Stollens angebracht.

Zur Anwendung kommt die Dimensionierung auf die erforderliche Luftmenge zur Verdünnung der Abgase des eingesetzten Lastwagens mit Dieselmotor und zur Sicherstellung der Mindestluftmenge für 6 Personen im Entwässerungsstollen (SIA196, EKAS 6514).

Für die Betriebslüftung wird davon ausgegangen, dass jeweils am Ende des West- und des Ost-Arms gleichzeitig eine Luftmenge von 6.7 m^3/s eingeblasen wird. Es stellt sich dann pro Arm eine Luftströmungsgeschwindigkeit von mindestens 0.54m/s vom Stollenende in Richtung Portal ein. Bei der Verzweigung addieren sich die beiden Luftströmungen aus dem West- und dem Ost-Arm. Der addierte Luftstrom bewirkt eine Strömungsgeschwindigkeit von min. 1.1 m/s im Entwässerungsstollen ab der Verzweigung in Richtung Portal.

Betriebsbeleuchtung

Für die Stollenbeleuchtung der Phase D wird eine stollentaugliche und hinreichende Beleuchtung mit geeignetem Schutzgrad installiert. Es ist vorgesehen eine Beleuchtung mit ca. 60Lux Mindestlichtstärke und einer vernünftigen Längsgleichmässigkeit zu installieren. Ab dem Elektroverteilkasten in den Nischen können zudem zur punktuellen Aufhellung weitere mobile Strahler angeschlossen werden. Jede dritte Leuchte wird zudem als batteriegestützte Notleuchte ausgeführt. Somit muss das Betriebspersonal nicht zwingend eine Stollenlampe mitführen.

Versorgung Kommunikation (Mobile)

Gleich wie in Phase C. Zusätzlich kann überlegt werden, ob bei Bedarf auch das Polycom Sicherheitsfunknetz im Stollen nachgerüstet werden soll.

Erdung / Potentialausgleich

Im gesamten Bauwerk sind die Erdungen und der Potentialausgleich entsprechend den geltenden Vorschriften auszuführen. Dazu benötigen die beiden definitiven Transformatorenstationen im Portalbauwerk und beim Verzweigungsbauwerk im Stollen eine einwandfreie Erdung. Alle metallischen Installationen im und um das Stollenbauwerk sind mittels Potentialausgleichsleitern bestmöglich elektrisch leitend miteinander zu verbinden. Es ist kein äusserer Blitzschutz erforderlich.

6.8 Bauarbeiten und Bauwerke im Bereich von Freileitungen

Es sind folgende Vorgaben bzgl. Freileitungen in der Bauphase einzuhalten:

- Es dürfen keine Bauten direkt unterhalb des Strangs platziert werden. Bauten sind zu erden.
- Seitlich sind mind. 4.10 m Abstand von Gebäude zu Strang einzuhalten.
- Geräte, Personen und Anlagen müssen seitlich und in der Höhe mind. 4.10 m Abstand zum Strang einhalten. (Gefahrenzone)
- Die Gefahrenzone ist mittels Signalisation (freie Durchfahrtshöhe) und / oder Seil mit Wimpel zu kennzeichnen.
- Die Stromkabel der Baustromversorgung dürfen das Freileitungstrassee nicht unterqueren.

Es sind folgende Vorgaben in der Betriebsphase (Endzustand) einzuhalten:

- Es dürfen keine Bauten direkt unterhalb des Strangs platziert werden. Bauten sind zu erden.
- Seitlich sind mind. 5 m Abstand von Gebäude zu Strang einzuhalten.

7 Betriebs- und Nutzungsphase

7.1 Entwässerung

Im Betriebszustand wird das Wasser aus den Drainagebohrungen in die seitlichen Rigolen und allenfalls auch in die zentrale Entwässerungsleitung eingeleitet. Das Längsgefälle im Stollen von mind. 2.0% ermöglicht eine gravitative Ableitung des Wassers in den Messschacht im Portalbauwerk und weiter via Entwässerungsleitung in den Vorfluter (Albula).

Die seitlichen Rigolen und die zentrale Entwässerungsleitung im Sondierstollen sowie der Messschacht und die weiterführende Entwässerungsleitung in den Vorfluter wurden bereits im Rahmen des Projektes Sondierstollen realisiert.

Die unterschiedlichen Funktionsweisen des Messschachtes sind in Kap. 6.2.3 erläutert.

7.2 Erschliessungsstrasse

Die Erschliessung der Baustelle bzw. des Portals ab der Kantonsstrasse wird als befestigte Strasse mit Asphaltbelag ausgeführt. Dies gewährleistet in der Bauphase Vortrieb- bzw. Schutter- und Transportarbeiten, ohne dass die Erschliessung beschädigt wird. Im Endzustand gewährleistet die befestigte Strasse die Erschliessung über die bis zu 12% steile Zufahrt zum Portal für Betriebs- und Unterhaltszwecke, sowie für allfällig künftige Bohrarbeiten.

7.3 Wasserversorgung

Im Endzustand ist eine Wasserversorgung im Stollen vorgesehen. Eine Wasserleitung PEHD NW 160 mm wird am Parament geführt. Bei jeder Nische ist eine Wasserentnahmestelle vorgesehen.

7.4 Betriebs- und Sicherheitsausrüstung

Die in Phase D erforderliche Betriebs- und Sicherheitsausrüstung ist in Kap. 6.7 beschrieben.

8 Bauausführung

8.1 Bauablauf

(vgl. Anhang 1)

Das übergeordnete Ziel des Entwässerungsstollens ist die möglichst frühzeitige und rasche Drainage des Untergrundes zu ermöglichen, um die Verlangsamung der Rutschung zu erzielen. Die dazu erforderlichen Drainagebohrungen erfolgen aus dem Stollen und dessen Nischen heraus.

Vorgängig zum Start des Stollenvortriebs ist die projektbezogene Deponie Typ A «Tgampi» und deren Erschliessung zu erstellen.

Installationsflächen, Baustrom- und Brauchwasserzuleitungen sowie Entwässerungsleitung sind bereits aus dem Projekt «Sondierstollen Rutschung Brienz» vorhanden und können für das vorliegende Projekt genutzt werden.

Für Bauzeiten und Termine wird auf Kap. 13.1 und 13.2 sowie Anhang 1 verwiesen.

Zuerst erfolgt der Stollenvortrieb des Nord-Ost-Arms, danach jener für den West-Arm ab der Verzweigung. Die Nischen werden spätestens 30 m hinter der Ortsbrust ausgebrochen, sodass diese möglichst frühzeitig für die Ausführung der Drainagebohrungen genutzt werden können.

Drainagebohrungen aus dem Stollen erfolgen während den Winterpausen des Stollenvortriebs oder nach Fertigstellung des Stollenvortriebs.

Erst nach vollständigem Ausbruch des Stollens und der Nische werden die zentrale Entwässerungsleitung und die Betonsohle eingebaut sowie der Verkleidungsspritzbeton aufgebracht.

Im Anschluss darauf wird das Portalbauwerks mit Stützmauern erstellt und hinterfüllt sowie die Wasserversorgung im Stollen installiert.

Die Umgebungsarbeiten und die Deinstallationsarbeiten schliessen die Bauarbeiten ab.

Zuletzt werden der Stollen und das Portalbauwerk mit BSA ausgerüstet, d.h. die Transformatoren im Portalbauwerk und in der Trafo-Nische, die Stromversorgung und Betriebslüftung werden installiert.

Danach ist die Phase C (Bau) abgeschlossen und der Stollen kann der Phase D (Betrieb) übergeben werden. Weitergehende Arbeiten im Stollen, wie zusätzliche Drainagebohrungen sind nicht Bestandteil der Phase C und bedürfen neuer Baustelleninstallationen.

8.2 Baustelleneinrichtung

8.2.1 Installationsfläche

(vgl. Beilage Nr. 17)

Die Fläche für die Baustelleneinrichtungen befindet sich direkt westlich angrenzend an die Erschliessungsstrasse beim Stollenportal. Die vorgesehene Fläche ist zusammenhängend und misst ca. 6'100 m^2. Die Fläche ist geneigt und kann vom Unternehmer für die Bauzeit terrassiert werden. Der ursprüngliche Zustand wird nach Bauende wiederhergestellt.

Die Erschliessung des Installationsplatzes und des Portals erfolgt ab der Kantonsstrasse (Julierstrasse) über die bestehende Erschliessungsstrasse im Eigentum der Gemeinde Albula/Alvra.

Innerhalb der Installationsflächen ist der Ober- und Unterboden ab dem Installationsplatz der früheren Baustelle Sondierstollen zwischengelagert. Dieser wird belassen und nach Fertigstellung des Entwässerungsstollens wieder angelegt. Zudem ist Ausbruchmaterial aus dem Sondierstollen zwischengelagert, welches ursprünglich für die Überschüttung des Portalbauwerks und zur Hinterfüllung der Stützmauern vorgesehen war. Dieses Material wird vor Vortriebsbeginn in die Deponie «Tgampi» abgeführt und die Zwischenlagerfläche für Ausbruchmaterial für den Vortrieb Entwässerungsstollen freigegeben.

8.2.2 Baustellenerschliessung

Die Erschliessung des Installationsplatzes und des Portals erfolgt ab der Kantonsstrasse über die bestehende Erschliessungsstrasse.

Die ertüchtigte Strasse macht die Befahrung mit Fahrzeugen bis 32 Tonnen möglich.

Die Baustellenerschliessung dient nach der Bauvollendung der Erschliessung des Stollens mit Unterhaltsfahrzeugen.

8.3 Ver- und Entsorgung

Bzgl. Entsorgung von Aushub- und Ausbruchmaterial siehe Kap. «Materialbewirtschaftung und Abfälle»

8.3.1 Baustrom

(siehe auch Kap. 6.7.1 Abschnitt Baustromversorgung)

Für die Bauphase wird die Versorgung ab der bestehenden TBA Transformatorenstation 400/230 Volt, 50 Hz, Netzebene 7 gewährleistet.

Es steht während der Phase C die TBA Transformatorenstation mit 630 kVA in 11 kV Ausführung bauseits zu Verfügung.

Im zur Verfügung gestellten Container hat optional max. ein 1 MVA Transformator Platz (nicht bauseits).

8.3.2 Brauchwasser

Die Brauchwasserversorgung steht auf dem Installationsplatz (Baustellenhydrant) für die Bauarbeiten zur Verfügung.

8.3.3 Kommunikation

(siehe auch Kap. 6.7.1 Abschnitt Versorgung Kommunikation (Mobile))

Die Baustellenkommunikation auf der Baustelle und im Stollen wird durch den Unternehmer sichergestellt.

Während der Phase C wird zudem eine GSM-Abdeckung im Stollen durch die Bauherrschaft erstellt.

8.3.4 Baustellenentwässerung / Wasserhaltung

Das anfallende Wasser im Voreinschnitt und im Stollenvortrieb (Kluft- und Bergwasser, Bohrwasser) wird gefasst und in den Rigolen gravitativ an das Portal abgeleitet. Am Portal wird das Wasser einer Abwasserbehandlungsanlage übergeben. Nach Durchlaufen der Reinigung wird das Wasser der Transportleitung übergeben, welche das Wasser nach Einhaltung der Einleitbedingungen in die Albula einleitet.

Wenn bei dauerhaftem und grossem Kluft- und Bergwasseranfall (unverschmutzt) im Stollen das Wasser lokal gefasst werden kann, wird dieses separat ans Portal geleitet und ohne Durchleitung durch die Abwasserbehandlungsanlage dem Vorfluter übergeben.

Für die Angabe der zu erwartenden Bergwassermengen werden zwei Szenarien unterschieden:

- Szenario 1:
  nur Drainagebohrungen in Fels
  voraussichtlich zwischen März 2024 und April 2026
- Szenario 2:
  Drainagebohrungen in Fels und Rutschmasse
  voraussichtlich zwischen Mai und Dezember 2026

Gem. geologischer Prognose [Kap. 5.7.2 in Beilage Nr. 20] ist folgender permanenter (dauerhafter) Bergwasseranfall auf die gesamte Stollenlänge mit Nischen (2'592 m) zu erwarten:

- Szenario 1: 150 – 300 l/min (2.5 bis 5 l/s)
- Szenario 2: 300 – 600 l/min (5 bis 10 l/s)

Folgender initialer (anfänglicher) Bergwasseranfall (Quellen, Drainagebohrungen) ist zu erwarten:

- Szenario 1: 100 l/min (1.7 l/s)
- Szenario 2: 300 l/min (5 l/s)

Die Gewässerschutzanlage des Bauunternehmers ist auf einen Bergwasseranfall von 10 l/s (600 l/min) zzgl. Prozesswasser zu dimensionieren.

8.3.5 Abwasser

Bei Abwasser sind einerseits die Grenzwerte für Baustellenabwasser, andererseits die Grenzwerte für die Wasserqualität im Gewässer einzuhalten.

Die Überwachung der Einleitbedingungen erfolgt einerseits bei der Abwasserbehandlungsanlage, andererseits vor der Einleitung in die Albula. Sanitärabwasser von Toiletten- und Baubaracken ist in dichten Behältern aufzufangen und zu entsorgen.

Der Bauunternehmer erarbeitet ein Abwasserbehandlungs- und Entwässerungskonzept gemäss der SIA-Empfehlung 431 zur Entwässerung von Baustellen. Das Konzept ist dem ANU vor Baubeginn einzureichen.

Schlamm bzw. dessen Filterkuchen aus dem Tunnel ist in einem Schlammsammler, bzw. Abwasserbehandlungsanlage zu sammeln und gesetzeskonform zu entsorgen.

Notfallableitung: Im Havariefall der Abwasserreinigungsanlage ist eine Notausleitung in den Wald vorgesehen. Dies, um eine Gewässerverschmutzung der Albula (Fischgewässer) auch im Störfall verhindern zu können.

8.4 Vortriebskonzept

Grundlagen:

Länge Nord-Ost-Arm	1'099.33 m (Sm 635 bis 1'734.33)
Anzahl Nischen Nord-Ost-Arm	15 Nischen à 13.28 m (199.20 m)
Länge West-Arm	550.00 m (Sm 2'000 bis Sm 2’550)
Anzahl Nischen West-Arm	5 Nischen à 13.28 m (66.40 m)
Total Vortriebslänge	1'914.63 m
Total Stollenlänge	*2'591.63 m (inkl. Sondierstollen)*
Ausbruchquerschnitt	17.0 m^2
Neigung	2.0 bis 12.0% steigend
Geologie	1’914.63 m Fels (Flysch, Bündner Schiefer)

Der Vortrieb erfolgt ab dem Ende des bestehenden 635 m langen Sondierstollens.

Der Stollen als Stichstollen mit nur einem Portal wird in steigendem Sprengvortrieb ausgebrochen. Gem. geologischer Prognose ist über die gesamte Stollenlänge mit Fels (Flysch, Bündnerschiefer) zu rechnen, welcher im Vollausbruch abgebaut wird.

Zuerst wird der Nord-Ost-Arm ausgebrochen.

Die Nischen werden während dem Stollenvortrieb jeweils spätestens 30 m hinter der Ortsbrust ausgebrochen.

Nach fertig ausgebrochenem Nord-Ost-Arm wird ab der Verzweigung der West-Arm mit den Nischen ausgebrochen.

Es wird ein Zweischichtbetrieb während fünf Tagen pro Woche vorausgesetzt.

Die Vortriebsarbeiten erfolgen im Pneubetrieb (mit Dieselverbrennungsmotoren).

Die Abschlagslängen betragen maximal 4 Meter.

Die Ausbruchsicherung erfolgt mit Bewehrungsmatten, Felsankern und Spritzbeton, wo erforderlich mit Stahlbögen.

Die Schutterung des Ausbruchmaterials erfolgt auf das Zwischenlager auf dem Installationsplatz und der Materialtransport weiter auf die projektbezogene Deponie Typ A «Tgampi» zur Endlagerung oder späteren Wiederverwendung.

Leistungsannahmen bei Vollausbruch, Zweischichtbetrieb und fünf Arbeitstagen (AT) pro Woche:

- Felsvortrieb 4.0 m/AT
- Felsvortrieb in Störzone 2.0 m/AT

8.5 Erschütterungen

An mehreren Gebäuden im Dorf Brienz werden Erschütterungsüberwachungen während den Vortriebsarbeiten im betroffenen Abschnitt durchgeführt.

Die Grenzwerte für Bauten und für Empfinden von Mensch und Tier werden auf Basis folgender Normen festgelegt:

- Schweizer Norm SN 640 312a, Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke, April 1992
- DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999

Vor Baubeginn werden an bestehenden Infrastrukturen und Gebäuden im betroffenen Gebiet vorsorgliche Beweissicherungen (Zustandsaufnahmen, Rissprotokolle) durchgeführt und dokumentiert. Zwischenmessung werden vor Baubeginn ausgeführt.

8.6 Ausbruchsicherung und Verkleidung

Die Ausbruchsicherung im Gewölbe erfolgt nach jedem Abschlag mit Bewehrungsmatten, Felsankern und Spritzbeton, wo erforderlich mit Stahlbogen. Trennflächenbedingte Hohlrauminstabilitäten (gravitatives Ablösen, Abgleiten, Kippen und Knicken von Kluftkörpern und Schichtplatten) machen eine systematische Ankerung erforderlich. Für mögliche Dezimeter bis wenige Meter mächtige Störzonen, deren genaue Lage, Orientierung und Ausbildung nicht prognostiziert sind, werden insbesondere Stahlbogen als Ausbruchsicherungsmittel vorgesehen.

Die Ausbruchsicherung wird in vier unterschiedlich starke Ausbruchsicherungstypen unterteilt, in denen die zum Einsatz gelangenden Sicherungsmittel spezifiziert sowie deren Anzahl, Anordnung und Ausdehnung definiert sind.

Die Verteilung der Ausbruchsicherungstypen über die gesamte Stollenlänge, inkl. Nischen ist abgestützt auf die Prognose der geologischen und geotechnischen Verhältnisse und ist wie folgt definiert:

Tabelle 3: Verteilung Ausbruchsicherungstypen

Ausbruchsicherungstyp	Länge [m]	Verteilung [%]
ST-1	191	10%
ST-2	1'053	55%
ST-3	479	25%
ST-4	191	10%

Die maximale Stärke der Ausbruchsicherung misst 15 cm.

Die Sohle wird nicht gesichert und bleibt während den Vortriebsarbeiten unverkleidet. Es wird eine Ortbetonsohle eingebaut.

Ortsbrustsicherung mit langen Brustankern und Spritzbeton ist grundsätzlich nicht vorgesehen, kann bei Bedarf – z.B. bei mächtigen Störzonen - jedoch angeordnet werden.

9 Umweltbelange mit Erläuterungen

9.1 Vorbemerkungen

Der Entwässerungsstollen hat zum Ziel, die Wasserdrücke im Gebirge unterhalb der Rutschung sowie in der Rutschmasse selbst zu reduzieren und dadurch eine Verlangsamung der Rutschbewegung herbeizuführen.

In den Projektphasen A und B (Bau und Betrieb des Sondierstollens) konnten wichtige Erkenntnisse gesammelt werden, welche in die Planung für den Entwässerungsstollen eingeflossen sind. Die Projektelemente des Sondierstollens wurden mit Beschluss Nr. 247 vom 16. März 2021 unter Auflagen von der Regierung des Kantons Graubünden genehmigt.

Für die Verlangsamung der Rutschbewegung sind die geologischen / hydrogeologischen Bedingungen im Rutschgebiet von grundlegender Relevanz. Diese bilden die zentralen Randbedingungen für die Planung der neuen Projektelemente (Entwässerungsstollen inkl. Drainagebohrungen, Überwachungs- und Sondierbohrungen etc.). Das vorliegende Auflageprojekt «Entwässerungsstollen» (Projektphase C) umfasst im Wesentlichen folgende neuen Projektelemente:

- **Bau des Entwässerungsstollen inkl. Drainagebohrungen**
  Stollen inkl. Nischen: Nordarm 375 m, Ostarm 725 m, Westarm 550 m
  Bohrungen: rund 71 Bohrungen im festen Fels und rund 33 Bohrungen in die Rutschmasse
- **Weitere Bohrungen und neue Überwachungsinstallationen:**
  2 Sondierbohrungen
  4 zusätzliche Überwachungsbohrungen
  2 permanenten GPS-Messstationen (lokale Kleininstallation)
- **Projektbezogene Deponie «Tgampi» (Deponie Typ A) und temporäre Materialaufbereitung auf der Deponie**:
  Deponievolumen: 60'000 m^3
- **punktuelle Anpassungen im Portalbereich:**
  Fahrbahnbelag, Lüftungskamin
- **Temporäre Infrastrukturen:**
  Weiterbeanspruchung der erstellten, temporären Infrastrukturen
  Rückbau Installationsplatz und Endgestaltung Portalbereich bei Abschluss der Projektphase C

Die Arbeiten der Projektphase C sind von August 2023 bis August 2027 vorgesehen.

Für die Umweltplanung wurden die Firmen Büro für Technischen Geologie (BTG) AG (Geologie und Quellen), ecowert AG (übrige Umweltbereiche; ohne projektbezogene Deponie) und Geotest AG (Umweltaspekte der projektbezogenen Deponie «Tgampi») beauftragt.

Nachfolgend werden die Umweltbelange des Entwässerungsstollens stufengerecht erläutert. Nicht erwähnte Umweltbereiche sind nicht von Relevanz. Bezüglich der Umweltaspekte zur projektbezogenen Deponie verweisen wir vollumfänglich auf die Beilage 25.

9.2 Relevanzmatrix

Vorliegendes Auflageprojekt umfasst die Projektphase C (Bau Entwässerungsstolle). Die Projektphase D (Betrieb- und Unterhalt des Entwässerungsstollens ab September 2027) wird dannzumal in einem späteren Verfahren beantragt. Planerische Aspekte zum Betrieb des Entwässerungsstollens sind, soweit möglich, bereits in das vorliegende Auflageprojekt eingeflossen. Dies im Sinne einer Gesamtbetrachtung und vorausschauenden Planung.

Nachfolgende Relevanzeinstufungen zur Betriebsphase sind als gutachterliche Einschätzung basierend auf dem heutigen Kenntnisstand einzuordnen. Der Bau des Entwässerungsstollens wird weitere Erkenntnisse liefern. Gestützt darauf ist die Umweltrelevanz zu überprüfen und stufengerecht zu konkretisieren.

Relevanzmatrix zum Entwässerungsstollen

Tabelle 4: Relevanzmatrix

Bereich	Grundwasser, Quellen (inkl. Nutzungen)	Oberflächengewässer und Entwässerung	Materialbewirtschaftung	Natur und Landschaft	Boden, Landwirtschaft, Neophyten	Luft, Lärm, Erschütterungen	Störfallvorsorge, Naturgefahren	Weitere Umweltbereiche	Ersatzmassnahme	Umweltbaubegleitung
Bauphase = Projektphase C	**x**	x	x	o	o	o	o	o	-	x
Betriebsphase = Projektphase D	***x***	x	*-*	*o*	*o*	*o*	*o*	*-*	*-*	*o*
Kapitel	9.3	9.4	*9.5*	*9.6*	*9.7*	*9.8*	*9.9*	*9.10*	*9.11*	*0*

Legende:
- keine Umweltauswirkungen (ohne Massnahmen)
- o Auswirkungen auf die Umwelt werden mit Standardmassnahmen begrenzt
- x Auswirkungen auf die Umwelt werden mit spezifischen Massnahmen begrenzt (**x** = massgeblichste Auswirkungen)

kursiv: Die Betriebsphase ist nicht Gegenstand des vorliegenden Auflageprojekts. Die Relevanzeinstufung bildet eine gutachterliche Einschätzung nach dem aktuellen Stand des Wissens. Diese ist dannzumal basierend auf den Erkenntnissen der Projektphase C zu überprüfen.

In vorliegendem Projekt massgebend sind die Umweltbereiche Grundwasser und Quellen. Dies sowohl in Bezug auf die Erreichung der Projektzielsetzungen als auch in Bezug auf direkte und allfällig indirekte Auswirkungen (Grundwasserabsenkung, Quellen, Wassernutzungen, Oberflächengewässer etc.). Zur Beobachtung der Auswirkungen und zur Festlegung erforderlicher Massnahmen sind umfangreiche Überwachungsmassnahmen vorgesehen.

Im Zusammenhang mit dem Stollenvortrieb sind spezifische Massnahmen zur gesetzeskonformen Materialbewirtschaftung und Entwässerung erforderlich. Auswirkungen auf die Umweltbereiche Luft / Lärm / Erschütterung, Störfallvorsorge, Natur und Landschaft, Boden / Landwirtschaft können weitgehend mit Standardmassnahmen begrenzt werden.

9.3 Grundwasser / Quellen

Der Entwässerungsstollen hat zum Ziel, die Wasser(über)drücke im stabilen Gebirge unterhalb der Rutschung sowie in der Rutschmasse selbst zu reduzieren und dadurch eine Verlangsamung der Rutschbewegungen herbeizuführen. Mit dem Bau- und Betrieb des Entwässerungsstollens und den daraus erstellten Drainagebohrungen werden sowohl die hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse innerhalb der Rutschmasse als auch im darunterliegenden Gebirge gegenüber dem natürlichen, unbeeinflussten Zustand permanent verändert. Diese Veränderung im hydro-geologischen Regime kann im Projektperimeter zu Beeinträchtigungen des Grundwassers und von Quellen im weiteren Sinne führen. Daher müssen die durch den Entwässerungsstollen induzierten hydrogeologischen und hydraulischen Veränderungen und die potenziell damit einhergehenden Gefährdungen mit geeigneten Massnahmen überwacht werden.

9.3.1 Erkenntnisse aus dem Sondierstollen

Während und nach den Vortriebsarbeiten wurden im Sondierstollen (SoSto) bisher neun Drainage- sowie zwei Vorauserkundungsbohrungen im stabilen Fels unterhalb der Rutschmasse erstellt. Mit Ausnahme einer Vorauserkundungsbohrung wurden in allen Bohrungen Wasserzutritte festgestellt. Die initialen Wasserzutritte in den Bohrungen lagen deutlich höher als die mittlerweile permanenten Wasserzuflüsse. Die chemische Zusammensetzung des Bergwassers unterscheidet sich dabei stark von der chemischen Zusammensetzung der Oberflächenquellen und des Hangwassers innerhalb der Rutschmasse und lässt daher auf eine andere Herkunft schliessen. Mittels Überwachungsbohrungen von der Geländeoberfläche werden sowohl die Wasserspiegel resp. die Wasserdrücke innerhalb der Rutschmasse als auch im stabilen Fels unterhalb der Rutschmasse gemessen. Der Sondierstollen mit den daraus erstellten Drainagebohrungen im stabilen Gebirge unterhalb der Rutschung führte lokal zu einer piezometrischen Druckabsenkung von bis zu 50 m bei unbeeinflussten Wasserspiegelständen in der darüberliegenden Rutschmasse. Dies ist ein weiteres Indiz für die hydraulische Entkopplung des Bergwassers unterhalb der Rutschung vom Hangwasservorkommen innerhalb der Rutschmasse. Bislang wurde keine Beeinträchtigung der überwachten Quellen durch den Sondierstollen und die daraus erstellten Drainagebohrungen festgestellt. Aussagen bezüglich der Drainierbarkeit der Rutschmasse können zum heutigen Zeitpunkt noch nicht gemacht werden, da die Drainagebohrungen aus dem Stollen in die Rutschmasse erst noch erfolgen.

9.3.2 Hydrogeologische Beurteilung und Massnahmen

Quellen (in weiteren Sinne)

Als Quellen im weiteren Sinne werden Lockergesteinsquellen, Mischquellen (Lockergestein/Fels), Felsquellen (Kluftquellen) und Karstquellen betrachtet. Oberflächengewässer, Drainagegräben/-leitungen sowie Weidebrunnen/Viehtränken wurden im Quellenkataster sowie bei der Gefährdungsabschätzung und Risikobeurteilung mitberücksichtigt.

Im Projektgenehmigungsgesuch für die Projektphasen A und B (Bau- und Betriebsphase Sondierstollen) wurden die im Projektperimeter bekannten Quellen im weiteren Sinne in einem Quellenkataster erfasst und eine Gefährdungsabschätzung sowie Risikobeurteilung

vorgenommen [1]. Für die Projektphasen C und D (Bau- und Betriebsphase Entwässerungsstollen) wurden diese Grundlagen aktualisiert und hinsichtlich der projektierten Linienführung des Entwässerungsstollens neu beurteilt. Zum Zeitpunkt der Gefährdungsbeurteilung und Risikoabschätzung umfasst der Quellenkataster 73 Quellen [1].

Die Gefährdungsabschätzung [11] hat für 1 Quelle eine hohe Gefährdung, für 19 Quellen eine mittlere Gefährdung, für 42 Quellen eine geringe Gefährdung und für 11 Quellen eine sehr geringe Gefährdung durch den Entwässerungsstollen ergeben. Die Risikobeurteilung, unter Berücksichtigung der Quellnutzung, ergab für 14 Quellen ein mittleres Risiko, für 25 Quellen ein geringes Risiko und für 34 Quellen ein sehr geringes Risiko. Je nach ermitteltem Risiko müssen die Quellen vor, während und eine gewisse Zeit (vgl. Ausführungen in Tabelle 11 in [11]) nach Bauvollendung des Entwässerungsstollens überwacht werden (vgl. Massnahmen in Kap. 7.1 in [11]).

Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen aus dem Sondierstollen, werden bei der Gebirgsdrainage des stabilen Felsens unterhalb der Rutschmasse keine Beeinträchtigung der Quellen, Oberflächengewässer, Drainagegräben/-leitungen und Weidebrunnen/ Viehtränken erwartet. Durch den Entwässerungsstollen und die daraus erstellten Drainagebohrungen im stabilen Fels werden vorwiegend die Wasser(über)-drücke unterhalb der Rutschmasse reduziert, welche vom Wasservorkommen innerhalb der Rutschmasse und damit auch von den Quellen und oberirdischen Gewässern an der Geländeoberfläche hydraulisch entkoppelt sind.

Bei den Drainagebohrungen aus dem Entwässerungsstollen in die Rutschung muss bei einer guten Drainierbarkeit der Rutschmasse (Stand heute noch nicht nachgewiesen) von einer signifikanten Absenkung des freien Hangwasserspiegels innerhalb der Rutschmasse ausgegangen werden. Entsprechend ist im hydraulischen Einflussbereich des Entwässerungsstollens mittel bis langfristig mit negativen Beeinträchtigungen von Quellen zu rechnen. Durch die mit dem Projekt angestrebte Drainage ist mit einem Rückgang des Drainagewassers in den Drainagegräben sowie den daraus gespiesenen Weidebrunnen-/Viehtränken und lokalen Vernässungen, bis hin zu deren Versiegen, zu rechnen. Eine Beeinträchtigung der Oberflächengewässer im Süden (Albula), im Westen (Bach Val da Prada/Rand) und im Osten (Bach Runtgeller) der Rutschung Brienz wird durch den Bau und Betrieb des Entwässerungsstollens nicht erwartet.

Im Falle einer negativen Beeinträchtigung von Quellen und Weidebrunnen/Viehtränken (insbesondere bei deren Versiegen), sind mögliche Ersatzmassnahmen zu prüfen (z.B. allfälliger Ausbau der bestehenden Versorgungsleitung von Lantsch/Lenz, Neufassen der bestehenden Quellen, Fassen von neuen Quellen in der näheren Umgebung, Nutzung des anfallenden Bergwassers aus dem Entwässerungsstollen).

Für weiterführende Informationen wird vollumfänglich auf den dazugehörigen hydrogeologischen Bericht [11] verwiesen.

Grundwasser (im weiteren Sinne)

Als Grundwasser im weiteren Sinne wird das Bergwasser im anstehenden Fels (ausserhalb und unterhalb der Rutschung), das Hangwasser in der Rutschmasse sowie das Lockergesteinsgrundwasser in der alluvialen Talfüllung betrachtet.

Aufgrund seiner Zweckbestimmung strebt der Entwässerungsstollen mit den daraus erstellten Drainagebohrungen im Gebiet der Rutschung Dorf eine permanente und möglichst grossräumige Reduktion der Wasserdrücke im Untergrund an. Dies kann nur über eine damit einhergehende Absenkung der piezometrischen Grundwasserspiegelstände erreicht werden. Eine permanente Grundwasserabsenkung bedarf einer gewässerschutzrechtlichen Bewilligung. Um die mittel- bis langfristigen Auswirkungen auf die Umwelt zu beurteilen, muss die durch den Entwässerungsstollen erzeugte Grundwasserabsenkung bis zum Erreichen des neuen Gleichgewichtszustandes (steady state) überwacht werden (vgl. Massnahmen im Kap. 3.3.2 in [10])

Mit dem Entwässerungsstollen und den daraus erstellten Drainagebohrungen wird sowohl der stabile Fels unterhalb der Rutschung, als auch die Rutschmasse selbst permanent entwässert. Damit werden sowohl die piezometrischen Druckwasserspiegel im stabilen Gebirge unterhalb der Rutschmasse als auch die piezometrischen Druck- und Freiwasserspiegel innerhalb der Rutschmasse signifikant gesenkt.

Bei der piezometrischen Druckabsenkung des gespannten Bergwasserspiegels unterhalb der Rutschmasse (im Sondierstollen nachweislich bis zu 50 m Absenkung) werden bei bescheidenen Wasserzutritten im Entwässerungstollen keine negativen Beeinträchtigungen auf die Umwelt erwartet. Die räumliche Ausdehnung der Druckabsenkung unterhalb der Rutschmasse wird auf einen ca. 300 – 400 m breiten Streifen entlang der Linienführung des Entwässerungsstollens geschätzt.

Bei guter Drainierbarkeit der Rutschmasse (Stand heute noch nicht nachgewiesen) ist von einer relevanten Absenkung des Hangwasserspiegels resp. des Grundwasservorkommens innerhalb der Rutschmasse mit einer entsprechend grossen räumlichen Ausdehnung auszugehen. Dies kann sowohl zu markanten Geländesetzungen als auch zu Beeinträchtigungen von Quellen, Drainagegräben/-leitungen sowie Weidebrunnen /Viehtränken innerhalb des Rutschungsperimeters führen.

Von einer Beeinträchtigung des Talgrundwasserträgers sowie den oberirdischen Gewässern westlich, südlich und östlich der Rutschung Brienz durch den Entwässerungsstollen wird nicht ausgegangen.

Massnahmen für die Bauausführung:

Massnahmen Quellen (im weiteren Sinne)

- Der Gefährdung resp. Beeinträchtigung von Quellen im weiteren Sinne durch den Bau- und Betrieb des Entwässerungsstollens kann einzig mit einer projektspezifischen Überwachung der Quellen, Drainagegräben/-leitungen und Weidebrunnen / Viehtränken im Projektperimeter begegnet werden. In der Tabelle 5 sind in Abhängigkeit vom jeweiligen Risiko einer Beeinträchtigung, für die verschiedenen Risikoklassen die entsprechenden Überwachungsintervalle vor, während und nach Bauvollendung des Entwässerungsstollens festgelegt. Die Quellüberwachung beginnt mindestens ein Jahr vor dem Stollenvortrieb (ca. Mai 2023) und endet je nach Erreichen des hydraulischen Gleichgewichtzustandes 4 bis 10 Jahre nach Bauvollendung des Entwässerungsstollens.

Tabelle 5: Quellüberwachung Entwässerungsstollen Rutschung Brienz

Risikoklasse		Anzahl Quellen	Massnahmen zur Überwachung			
			vor Baubeginn	während Bau	während Betrieb	
					1-3 Jahre	4-10 Jahre
1	sehr gering	34	keine	keine (ausser bei signifikanten Bergwasser-zutritten im Stollen)	keine	keine
2	gering	25	3-mal jährlich (ca. April/Mai, Juli/August, Oktober/November)			2-mal jährlich (ca. April/Mai, Oktober/November)
3	mittel	14	6-mal jährlich (alle 2 Monate) (ca. Januar, März, Mai, Juli, September, November)			3-mal jährlich (ca. April/Mai, Juli/August, Oktober/November)
4	hoch	--	monatlich			6-mal jährlich

- Im Falle einer negativen Beeinträchtigung von Quellen und Weidebrunnen/Viehtränken (insbesondere bei deren Versiegen), sind mögliche Ersatzmassnahmen zu prüfen (z.B. allfälliger Ausbau der bestehenden Versorgungsleitung von Lantsch/Lenz, Neufassen der bestehenden Quellen, Fassen von neuen Quellen in der näheren Umgebung, Nutzung des anfallenden Bergwassers aus dem Entwässerungsstollen). Für weiterführende Informationen wird vollumfänglich auf den dazugehörigen hydrogeologischen Bericht [11] verwiesen.
- Im Falle einer negativen Beeinträchtigung von offenen Drainagegräben, welche als Lebensraum für Fische dienen, sind insbesondere für den Drainagegraben ab Durchlass Albulastrasse im Gebiet Plang westlich des Dorfes Surava (vgl. Anhang 1 in [11]) flankierende Massnahmen zu treffen. Diese umfassen einerseits die permanente Überwachung der Wasserführung im Rahmen der Quellüberwachung (vgl. Tab. 5) während der Bau- und Betriebsphase des Entwässerungsstollens zur frühzeitigen Erkennung einer negativen Beeinträchtigung und andererseits die Prüfung einer Wasserzuleitung von ausserhalb des Rutschgebietes (aus dem Gebiet Surava) zur langfristigen Gewährleistung einer permanenten Wasserführung.

Massnahmen Grundwasser

- Die durch den Entwässerungstollen induzierten, permanenten Veränderungen im hydrogeologischen Regime werden innerhalb der Rutschmasse mittels Piezometerbohrungen von der Geländeoberfläche und unterhalb der Rutschung mittels Überwachungsbohrungen aus dem Entwässerungsstollen überwacht. Mit diesem Vorgehen ist eine mittel- bis langfristige Überwachung der Druck- resp. Freiwasserspiegel im hydraulischen Einflussbereich des Entwässerungsstollens innerhalb der Rutschmasse und im darunterliegenden anstehenden Gebirge gewährleistet.
- Installation Portal: Durch die weitere Nutzung der bestehenden Installationsfläche unmittelbar beim Portal (des Sondier- und Entwässerungsstollen) werden weiterhin keine Grundwasserschutzzone, -areale oder Gewässerschutzbereiche tangiert. Es sind die üblichen Vorsorgemassnahmen zum Schutz des Grundwassers zu treffen.

9.3.3 Fazit

Der Entwässerungsstollen hat zum Ziel, die Wasser(über)drücke im stabilen Gebirge unterhalb der Rutschung sowie in der Rutschmasse selbst zu reduzieren und dadurch eine Verlangsamung der Rutschbewegungen herbeizuführen. Das vorliegende Auflageprojekt stützt sich auf die neuesten Erkenntnisse aus dem Sondierstollen sowie die gesetzlichen und planerischen Randbedingungen und umfasst die nach heutigem Wissensstand erforderlichen Massnahmen zur Verlangsamung der Rutschbewegung Brienz. Die Erreichung der projektbedingten Zielsetzungen bedingen eine permanente Veränderung der hydrogeologischen Verhältnisse innerhalb der Rutschmasse sowie im darunterliegenden, stabilen Fels gegenüber dem Ist-Zustand. Damit einhergehende Auswirkungen auf das Grundwasser, auf Quellen sowie auf Drainagegräben und Weidebrunnen/Viehtränken sind als unvermeidbar einzustufen und mittel- / langfristig zu überwachen. Gestützt auf die daraus resultierenden Erkenntnisse sind die projektspezifisch definierten flankierenden Massnahmen bzw. Ersatzmassnahmen umzusetzen.

9.4 Oberflächengewässer und Entwässerung

9.4.1 Baustellenabwasser (inkl. Bergwasser)

Erkenntnisse aus dem Sondierstollen:

In den Projektphasen A und B (Bau- und Betrieb Sondierstollen) ist deutlich weniger Bergwasser angefallen als angenommen. Dies betraf sowohl den initialen Bergwasseranfall (Prognose: 50-75 l/s, Befund: max. 0.2 l/s (12 l/min)) als auch den permanenten Bergwasseranfall (Prognose: 15 l/s, Befund: max. rund 0.4 l/s (22 l/min)). Das Baustellenabwasser konnte ohne Havarieereignisse gefasst und gereinigt werden. In der Projektphase A und B wurden folgende Behandlungsstufen sichergestellt: Ölabscheider (für Kohlenwasserstoffe), Flockung und Schlammabsetzbecken (für Trübung) und pH-Neutralisation. Zudem war die Möglichkeit zur Nitritbehandlung während der Projektphase A (bei Bedarf) vorgesehen. Die Einleitung des gereinigten Abwassers erfolgte in die Albula. Bei Nichteinhaltung der Vorgaben gemäss GSchV wurde das gereinigte Abwasser in die ARA Tiefencastel abgeleitet. Dieses Abwasserreinigungs- und Entwässerungskonzept hat sich bewährt.

Hydrogeologische Überwachungsmessungen im Sondierstollen haben im Bergwasser erhöhte pH-Werte aufgezeigt. Die erhöhten pH-Werte werden auf den Kontakt mit dem Spritzbeton zurückgeführt. Das Bergwasser aus dem Sondierstollen nahm während dem Stollenvortrieb von anfänglich pH 13 auf pH 10 ab. Während dem Einbringen der Betonsohle stieg der pH-Wert nochmals kurzzeitig auf ca. pH 11 an. Nach dem Einbringen der Betonsohle nahm der pH-Wert innerhalb von 4 Monaten um ca. 0.5 ab. Das anfallende Bergwasser wurde während dem Bau und Betrieb des Sondierstollens gefasst und gereinigt.

Erfahrungswerte und Beurteilung der Projektphase C:

Während der Projektphase C wird sowohl Bergwasser als auch Abwasser aus dem Entwässerungsstollen anfallen. Der dauerhafte Bergwasseranfall wird gemäss BTG auf 150-300 l/min (Szenario 1, nur Drainagebohrungen im Fels) resp. 300-600 l/min geschätzt (Szenario 2, Drainagebohrungen im Fels und in die Rutschmasse). Initial ist ein Bergwasseranfall von bis zu 300 l/min zu erwarten.

Zu reinigen ist sowohl das verschmutzte Abwasser (Baustellen- und Bohrwasser) als auch das anfallende Bergwasser (aufgrund erhöhter pH-Werte). Die Abwasserreinigung mit folgenden

Behandlungsstufen hat sich beim Sondierstollen bewährt und ist auch in der Projektphase C vorgesehen: Ölabscheider (für Kohlenwasserstoffe), Flockung und Schlammabsetzbecken (für Trübung) und pH-Neutralisation sowie die Möglichkeit zur Nitritbehandlung (bei Bedarf).

Die Abwasserreinigungsanlage wird gemäss geologischer Prognose auf den maximalen Bergwasseranfall gemäss Szenario 2 dimensioniert (10 l/s). Die Ableitung erfolgt nach der Reinigung resp. Aufbereitung wie bisher in die Albula. Bei einer allfälligen Nichteinhaltung der Vorgaben gemäss GSchV ist erneut die Ableitung in die ARA Tiefencastel vorzusehen.

Mit dem vorgesehenen Entwässerungskonzept können unter Voraussetzung einer umsichtigen Ausführung und konsequenten Umsetzung der empfohlenen Massnahmen sowie einem durchgehenden Weiterbetrieb der Abwasserreinigungsanlage nachteilige Auswirkungen der Untertagebauarbeiten auf die Albula nach heutigem Kenntnisstand verhindert werden.

Erfahrungswerte und Hinweise für Projektphase D:

Für die Abwasserreinigung während der Betriebsphase des Entwässerungsstollens ist sowohl das Bergwasser (mit anfänglich erhöhten pH-Werten) als auch temporär anfallendes Bohr- und Spülwasser mit erhöhten Feinanteilen und ggf. Polymerzusätzen, infolge Unterhaltsarbeiten an bestehenden Drainagebohrungen oder infolge Nachbohrungen (Drainagebohrungen), massgebend.

Da im Entwässerungsstollen vergleichbare Sicherungsmassnahmen (insbesondere Spritzbeton) vorzusehen sind, ist auch in der Betriebsphase des Entwässerungsstollens zumindest anfänglich (ca. 1 – 2 Jahre) von Bergwasser mit erhöhtem pH-Wert auszugehen. In der Betriebsphase ist demnach eine pH-Neutralisation vorzusehen und über einen ausreichend langen Zeitraum (bis zum Erreichen der Einleitbedingungen in Oberflächengewässer) zu betreiben.

Beim Nachbohren von abgescherten Drainagebohrungen kommen unter Umständen Polymerzusätze zur Anwendung, welche über das Bohrwasser in den Stollen ausgetragen werden können. Die bisher eingesetzten Polymere sind biologisch abbaubar und stellen unter dieser Voraussetzung keine Gefährdung für die Umwelt dar. Im Falle von Polymerspülungen hat die Bohrunternehmung die Produktnachweise (Umweltverträglichkeitsnachweis), der einzusetzenden Produkte, vorzulegen.

Nach heutiger Einschätzung davon auszugehen, dass für die Abwasserreinigung in der Projektphase D Ölabscheider, Absetzbecken und pH-Neutralisation erforderlich sind. Gemäss Annahmen der Geologen zum Berg- und Bohrwasseranfall können die Anlagen der Projektphase D auf dem Vorplatz im Portalbereich angeordnet werden. Zusätzliche Flächen werden mutmasslich nicht erforderlich sein.

Massnahmen für die Bauausführung (Projektphase C):

- Das anfallende Bergwasser ist aufgrund erhöhter pH-Werte zu neutralisieren. Zum Schutz der Albula ist dieser Aspekt insbesondere auch beim Übergang der Projektphasen B und C zu beachten.
- Randbedingungen / Vorgaben zur Entwässerung sind in der Submission festzulegen.
- Durch die Unternehmung ist ein detailliertes Entwässerungskonzept gemäss den Randbedingungen aus der Ausschreibung zu erarbeiten und dem ANU zu Freigabe zuzustellen.

- Für die Entwässerung der Baustelle gelten die Vorgaben gemäss SIA-Empfehlung 431 und dem ANU-Merkblatt (BM006)
- Kontrolle und Unterhalt der Reinigungsstufen sind durch den Unternehmer zu dokumentieren und wird durch die UBB überwacht.
- Einleitbedingungen gemäss GSchV sind nach der Abwasserbehandlung automatisch zu überwachen und aufzuzeichnen. Die Überwachungsprotokolle der Wasseraufbereitungsanlage sind regelmässig der UBB und BL zur Prüfung zuzustellen.
- Die automatische Überwachung der Einleitbedingungen ist mittels regelmässiger Stichprobenmessungen (Handmessungen und ggf. Laboranalysen) durch die UBB zu kontrollieren.
- Bei einer allfälligen Nichteinhaltung der Vorgaben gemäss GSchV ist die Ableitung in die ARA Tiefencastel vorzusehen (analog Projektphasen A und B).
- *Hinweis für die Phase D:* Während der Betriebsphase des Entwässerungsstollens ist durch das Nachbohren von Drainagebohrungen (Unterhaltsarbeiten) temporär anfallendes Bohrwasser zu fassen und zu reinigen.

9.4.2 Strassenentwässerung

Die Erschliessung inkl. Strassenentwässerung wurde in den Projektphasen A und B bewilligt und erstellt. In der Projektphase C werden die bestehenden Infrastrukturen weitergenutzt. Die Erschliessung der Baustelle musste während der Projektphase A mit Asphaltbelag befestigt werden. Vorliegend werden die mit dem Belageinbau einhergehenden Anpassungen zur Strassenentwässerung beantragt (Kap. 6.6.4).

9.4.3 Oberflächengewässer / Gewässerraum, Fischerei

Der Bau und Betrieb des Entwässerungsstollens erfordert keine direkten Eingriffe in Oberflächengewässer. Zum Schutz der Oberflächengewässer vor indirekten Auswirkungen (Baustellenentwässerung, Drainage der Rutschmasse) sind flankierende Massnahmen und Überwachungsmassnahmen vorgesehen.

Erkenntnisse aus dem Sondierstollen:

Die Albula wurde beim Bau des Sondierstollens als Vorfluter für Bergwasser und gereinigtes Abwasser genutzt. Die Überwachung der Einleitbedingungen zeigte auf, dass die Abwasserreinigung zielführend umgesetzt werden konnten, d.h. sowohl die Einleitbedingungen nach Anhang 3 GSchV als auch die Anforderungen an die Wasserqualität in Fliessgewässer gemäss Anhang 2 GSchV sichergestellt werden konnten.

Beurteilung Projektphase C:

Albula (Fischgewässer):

Baustellenentwässerung: Die Erfahrungen aus dem Bau und Betrieb des Sondierstollen sind in das Entwässerungskonzept der Projektphase C eingeflossen. Zum Schutz der Albula sind diese Massnahmen konsequent umzusetzen (Kap. 9.4.1). Mit dem vorgesehenen Entwässerungskonzept können unter Voraussetzung einer umsichtigen Ausführung und

konsequenten Umsetzung der empfohlenen Massnahmen nachteilige Auswirkungen der Untertagebauarbeiten auf die Albula nach heutigem Kenntnisstand verhindert werden.

Hydrogeologie: Gemäss hydrogeologischer Einschätzung der BTG sind durch den Entwässerungsstollen und die Drainagebohrungen keine indirekten, nachteiligen Auswirkungen auf Albula zu erwarten (s. Kap. 9.3.2)

Übrige Gewässer:

Bezüglich allfällig indirekter Auswirkungen auf übrige Gewässer im Zusammenhang der Drainage der Rutschmasse verweisen wir auf das Kap. 9.4.

Massnahmen für die Bauausführung:

- siehe spezifische Massnahmen Grundwasser / Quellen (Kap. 9.3.2)
- siehe spezifische Massnahmen Entwässerung (Kap. 9.4.1)
- siehe spezifische Massnahmen Störfallvorsorge (Kap. 9.9)

9.5 Materialbewirtschaftung und Abfälle

Durch den Bau des Entwässerungsstollens fällt grossmehrheitlich Ausbruchmaterial an. Dies im um Umfang von rund 70’000 m^3 (lose). Auf kleinere Mengen an anfallendem Aushubmaterial wird vorliegend nicht eingegangen (s. Kap. 5.7).

Nachfolgend wird das vorgesehene Konzept zum Umgang mit dem anfallenden Ausbruchmaterial (Materialbewirtschaftungskonzept) beschrieben. Dieses stützt sich auf die geologischen Prognosen zum Entwässerungsstollen und Erfahrungswerte aus dem Projektphasen A und B sowie dem Verwertungsgebot und den Anforderungen der VVEA.

9.5.1 Materialbewirtschaftungskonzept (MBW-Konzept)

Das MBW-Konzept der Projektphase C sieht vor, das Ausbruchmaterial im Portalbereich zu triagieren und unverschmutztes Ausbruchmaterial auf die projektbezogene Deponie «Tgampi» (Deponie Typ A) zu führen. Das verwertbare Ausbruchmaterial soll dort aufbereitet und als Rohstoff der Bedarfsabdeckung durch Dritte zugeführt werden. Das übrige Ausbruchmaterial wird in die Deponie «Tgampi» eingebaut.

Materialanfall, Materialqualität und Verwertbarkeit:

Durch den Bau des Entwässerungsstollens fällt rund 70'000 m^3 (lose) Ausbruchmaterial an. Das anfallende Ausbruchmaterial (Flysch, Bündnerschiefer) kann gestützt auf die geologischen Prognosen und Erfahrungswerten der Projektphasen A und B grossmehrheitlich nur für anspruchslose Schüttungen und Hinterfüllungen verwertet werden (Materialklasse 3). Der verwertbare Anteil wird auf rund 30% des Gesamtanfalls geschätzt. Die effektive Verwertbarkeit steht jedoch in direkter Abhängigkeit zur Nachfrage von Dritten an Schütt- und Hinterfüllmaterial. Die Nachfrage ist schwierig vorherzusehen. Mit der Dimensionierung der Deponie «Tgampi» auf ein Volumen von 60'000 m^3 wird dieser Unsicherheit Rechnung getragen.

Materialtriage, Beprobung und Logistik:

Durch den Vortrieb können Rückstände im Ausbruchmaterial verbleiben (Ammonium, Nitrit etc.). Auf die projektbezogene Deponie «Tgampi» (Deponie Typ A) darf ausschliesslich unverschmutztes Ausbruch- und Aushubmaterial geführt werden, d.h. Material, das die Anforderungen gemäss Anhang 3 Ziff. 1 VVEA erfüllt. Um diese Anforderung zu erreichen, sind gezielte Massnahmen im Untertagebau zur Reduktion von Rückständen im Ausbruchmaterial vorzusehen (s. Massnahmen Untertagebau). Diese Massnahmen werden in der Baumeistersubmission berücksichtigt.

Essenziell ist zudem eine konsequente Triage der unterschiedlich belasteten Materialchargen aus dem Vortrieb (Ausbruchmaterial, Spritzbetonrückprall, Schlämme etc.). Der Portalbereich und die Installationsfläche sind so ausgelegt, dass eine saubere Triage von verschiedenen Materialchargen aus dem Vortrieb sichergestellt werden kann. Die triagierten Materialklassen sind zur gesetzeskonformen Verwertung und Entsorgung zu beproben. Die Beprobung des Ausbruchmaterials erfolgt auf dem Tageslager beim Tunnelportal durch die UBB. Die Probe wird anschliessend durch ein zertifiziertes Labor analysiert. Gestützt auf die Analyseergebnisse (nach rund 5 Arbeitstagen) und die Anforderungen gemäss VVEA wird das Ausbruchmaterial durch die UBB klassiert. Ausbruchmaterial, das die Anforderung gemäss Anhang 3 Ziff. 1 VVEA erfüllt, kann als unverschmutzt klassiert werden und für den Abtransport auf die projektbezogene Deponie «Tgampi» freigegeben werden. Verschmutztes Ausbruchmaterial ist gesetzeskonform zu entsorgen (Deponie Typ B).

Ausbruchmaterial wird zu Beginn des Vortriebs und nach rund 5'000 m^3_{fest} erneut beprobt. Ohne Grenzwertüberschreitungen ist das Ausbruchmaterial anschliessend in regelmässigem Intervall mind. alle rund 10'000 m^3_{fest} erneut zu beproben. Bei erhöhten Belastungen sind weiterführende Massnahmen zur Reduktion von Rückständen im Ausbruchmaterial vorzusehen und erneute Beprobungen durchzuführen (s. Kap. 9.5.3).

Der Transport des unverschmutzten Ausbruchmaterials zur projektbezogenen Deponie «Tgampi» erfolgt per LKW. Von März 2024 bis Mai 2026 ist im Mittel mit rund 10 LKW-Fahrten pro Tag zu rechnen. Auf der Deponie «Tgampi» wird das angelieferte Ausbruchmaterial dem entsprechenden Verarbeitungsweg zugewiesen (Aufbereitung oder direkter Einbau).

9.5.2 Entsorgung von Abfällen

Mit dem geplanten MBW-Konzept können Abfälle unter Voraussetzung einer umsichtigen Bauausführung und konsequenten Umsetzung der empfohlenen Massnahmen im Sinne der VVEA soweit möglich reduziert werden. Im Bau des Entwässerungsstollens sind gestützt auf den Erfahrungswerten der Projektphase A und B folgende Abfälle anzunehmen:

- Pressschlamm aus Abwasser und Tunnelsohle
  (Volumen: rund 800 m^3; Entsorgung: Deponie Typ B, ggf. Typ E)
- Einzelne verschmutzte Ausbruchmaterialchargen, Spritzbetonrückprall und Abbruch Ortsbrustspritzbeton
  (Total ca. 4'100 m^3; Entsorgung: Deponie Typ B, ggf. Typ E)

Dies sind Annahmen und Erfahrungswerte. Für die Entsorgung massgebend sind die effektiven Belastungen. Die Beprobung von Spritzbeton und Schlamm erfolgt durch die UBB. Die gesetzeskonforme Entsorgung der Abfälle nach VVEA erfolgt durch die zuständige Unternehmung.

9.5.3 Massnahmen für die Bauausführung

Massnahmen im Untertagebau:

- *Vortriebsmethode*: Nach Möglichkeit ist weiterhin patroniert zu sprengen.
  (Ziel: Reduktion von Stickstoffverbindungen (Ammonium und Nitrit) im Ausbruch und Abwasser).
- *Saubere Triage* der Materialarten (Ausbruchmaterial, Spritzbetonrückprall, Schlamm aus Tunnelsohle, Schlamm aus Abwasseranlage etc.)
- *Vorgaben zum Bauablauf*: Ausbruchmaterial unmittelbar nach der Sprengung abführen. Sicherungsmassnahmen mit Spritzbeton nach Möglichkeit erst nachlaufend
  (Ziel: Spritzbetonrückstände im Ausbruchmaterial minimieren)
- *Sprengbegleitung* durch die örtliche Bauleitung
  (Ziel: Sprengungen optimal durchführen und Emissionen an der Quelle reduzieren)
- *Beprobung* des Ausbruchmaterial auf Schadstoffrückstände auf dem Tageslager beim Stollenprotal (s. Beprobungskonzept)
- *Zwischenlagerung* des Ausbruchmaterials auf dem Tageslager (Tunnelportal) bis die Analyseergebnisse vorliegen und das Material durch die UBB freigegeben werden kann.

Beprobungs- und Überwachungskonzept für das Ausbruchmaterial:

- Beprobung des Ausbruchmaterials zu Beginn des Vortriebs und nach 5'000 m^3_{fest}; ohne Grenzwertüberschreitungen ist das Ausbruchmaterial in regelmässigem Intervall mind. alle 10’000 m^3_{fest} erneut zu beproben.
- Bei Überschreitung der Grenzwerte nach Anhang 3 Ziffer 1 VVEA sind weiterführende Massnahmen im Vortrieb zur Reduktion der Rückstände im Ausbruchmaterial vorzusehen und erneute Beprobungen durchzuführen.
- Abstimmung der Erkenntnisse aus dem Beprobungs- und Überwachungskonzept mit der zuständigen Behörde (ANU) (z.B. Massnahmenbedarf bei kurzzeitigen Überschreitungen von abbaubaren Stoffen wie Ammonium und Nitrit).

9.5.4 Fazit Materialbewirtschaftung

Mit dem vorgesehenen Materialbewirtschaftungskonzept kann nach heutiger Einschätzung davon ausgegangen werden, dass rund 95% des anfallenden Ausbruchmaterials auf die projektbezogene Deponie «Tgampi» geführt und dort aufbereitet bzw. eingebaut werden kann und rund 5% verschmutztes Material anfällt, dass auf einer Deponie Typ B oder Typ E zu entsorgen ist.

Mit dem geplanten Materialbewirtschaftungskonzept wird den Grundsätzen der VVEA unter Voraussetzung einer umsichtigen Bauausführung und der Umsetzung der empfohlenen Massnahmen unserer Beurteilung nach Rechnung getragen.

9.6 Natur und Landschaft

Primäre Projektelemente der Projektphase C sind der Bau des Entwässerungsstollens und die Drainagebohrungen. Es handelt sich hierbei um Bauten / Arbeiten im Untertagebau. Die Zufahrt zum Stollen ist auf der bereits ausgebauten Erschliessung und die Installationen sowie der Materialumschlag auf dem ebenfalls bereits erstellten Installationsplatz vorgesehen. Mit vorliegendem Auflageprojekt sind die Bewilligung für die Weiternutzung des temporären Installationsplatzes sowie punktuelle Anpassungen an den im Rahmen der Projektphase A bewilligten Infrastrukturen erforderlich (Belageinbau auf der bestehenden Erschliessung; Anpassung Lüftungskamin). Der temporäre Installationsplatz wird am Ende der Projektphase C rückgebaut.

Vorgängig zum Bau des Entwässerungsstollens sind Ende 2022 / Anfang 2023 zudem voraussichtlich zwei Sondierbohrungen als Grundlage für den Bau des Entwässerungsstollens auszuführen, welche ebenfalls in vorliegendem Bewilligungsverfahren zu beantragen sind.

Neues Projektelement im Tagbau bildet die projektbezogene Deponie «Tgampi». Bezüglich dieser Umweltaspekte verweisen wir vollumfänglich auf die Beilage 25.

Beurteilung Projektphase C:

Entwässerungsstollen: Der Entwässerungsstollen und die Drainagebohrungen werden im Untertagebau erstellt. Diese Arbeiten bedingen keine Eingriffe in geschützt / schützenswerte Biotope oder Landschaften.

Temporärer Installationsplatz: Der bestehende, im Rahmen des Sondierstollens bewilligte Installationsplatz liegt ausserhalb der TWW-Objekte Bualet (nationaler Bedeutung) und randlich der Heckenlandschaft Brienz Surava (regionaler Bedeutung). Der temporäre Installationsplatz wird für den Bau des Entwässerungsstollens weiterhin benötigt. Eine Vergrösserung des Installationsplatzes ist nicht erforderlich. Gegenüber den Projektphasen A und B sind damit keine zusätzlichen Eingriffe in die TWW-Objekte und die Heckenlandschaft Brienz - Surava erforderlich. Am Ende der Projektphase C wird der Installationsplatz rückgebaut und die Fläche rekultiviert. Diese Arbeiten sind in enger Zusammenarbeit mit der UBB umzusetzen (s. unten).

Punktuelle Anpassung an bewilligten Projektelementen (Belageinbau Erschliessung und Lüftungskamin): Der Bau des Sondierstollens hat neue Erkenntnisse geliefert, welche in der Projektphase C mitzuberücksichtigen sind. So hat sich gezeigt, dass auf der Zufahrt zum Sondierstollen ohne Asphaltbelag starke Verschlammungen aufgetreten sind, welche die Befahrbarkeit insbesondere im Winter stark erschwert haben und bei trockener Witterung wurden hohe Staubemissionen festgestellt. Um eine ganzjährig funktionierende Zufahrt zu gewährleisten, musste die Erschliessung im Rahmen des Sondierstollens als Sofortmassnahmen asphaltiert werden. Der Belag wird auch für die Projektphase C erforderlich sein und vorliegend beantragt. Mit Belag wird die Erschliessung landschaftlich etwas deutlicher in Erscheinung treten. Dies beurteilen wir als unvermeidbar.

Für eine ausreichende Stollenlüftung ist zudem ein horizontaler Lüftungskamin erforderlich. Auch dieses Element wird landschaftlich mutmasslich in Erscheinung treten. Wir empfehlen den Lüftungskamin mit der im Rahmen des Sondierstollens bewilligten Heckenpflanzung von rund 300 m^2 bestmöglich zu kaschieren.

Massnahmen für die Bauausführung:

Biotop und Artenschutz, Landschaft

- Entlang der Erschliessungsstrasse kommen ökologisch wertvolle Lebensräume auf. Geschütze Lebensräume entlang der Erschliessungsstrasse dürfen nicht genutzt werden (weder als Parkplätze noch für temporäre Materialzwischenlager). Der bewilligte Perimeter ist strikte einzuhalten.
- Der Installationsplatz ist weiterhin mit Zäunen abzugrenzen (Schutz der angrenzenden, geschützten Lebensräume).
- Zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit sind die Bodendepots gemäss Anweisung der UBB zu pflegen (s. auch Kap. 9.7)
- Die temporären Installationen sind nur solange nötig zu nutzen und spätestens am Ende der Projektphase C wieder rückzubauen und in enger Zusammenarbeit mit der UBB sorgfältig zu rekultivieren.
- Mit der anstehenden Heckenpflanzung im Portalbereich (in Projektphase B bewilligt) soll der Lüftungskamin bestmöglich in die Landschaft eingebunden werden.

9.7 Boden, Landwirtschaft, Neophyten

Beurteilung Projektphase C in Bezug auf Boden, Landwirtschaft:

Die Weiternutzung des bestehenden, temporären Installationsplatzes bedeutet eine weitere, mehrjährige Beanspruchung der Landwirtschaftsfläche mit entsprechendem Ertragsausfall. Der Ertragsausfall ist dem Bewirtschafter zu entschädigen. Zur Rekultivierung der Böden / Landwirtschaftsflächen bzw. zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit sind spezifische Massnahmen in enger Zusammenarbeit mit der UBB umzusetzen (s. unten).

Unter Voraussetzung einer umsichtigen Bauausführung und konsequenten Umsetzung dieser Schutzmassnahmen können die temporär beanspruchten Flächen nach Abschluss der Bauphase C nach heutiger Einschätzung wiederhergestellt und der landwirtschaftlichen Nutzung zurückgeführt werden.

Bezüglich Landwirtschaftsflächen bei der projektbezogenen Deponie verweisen wir auf die Beilage 25.

Beurteilung Projektphase C in Bezug auf Neophyten und Neobiota:

Im Projektperimeter sind keine nennenswerten Neophytenvorkommen vorzufinden. Mit den bisherigen Vorsorgemassnahmen in den Projektphasen A und B konnte das Aufkommen von Neophyten verhindert werden. Wir empfehlen diese Massnahmen weiterzuführen.

Massnahmen für die Bauausführung:

- Die Bodendepots sind zweimal jährlich zu mähen.
- Die Installationsfläche ist weiterhin mit Zäunen abzugrenzen.
- Die temporären Installationen sind nur solange nötig zu nutzen und spätestens Ende der Projektphase C wieder rückzubauen. Die Böden sind nach dem Rückbau der Installationen

wiederanzulegen und der landwirtschaftlichen Nutzung zurückzuführen. Die Erdarbeiten sind unter Beizug einer fachkundigen UBB/BBB umzusetzen.

- Für die rekultivierten Böden ist über einen Zeitraum von rund 2 bis 3 Jahre eine bodenschonende Folgebewirtschaftung vorzusehen (Fachberatung durch UBB/BBB). Ziel: Regeneration der Böden zur vollständigen Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit.
- Die landwirtschaftlichen Ertragsausfälle sind dem Bewirtschafter zu entschädigen.
- Entlang der Erschliessungsstrasse und der temporären Installationen ist das Aufkommen von Neophyten weiterhin durch die UBB zu beobachten. Bei Bedarf sind Bekämpfungsmassnahmen vorzusehen, um eine Ausbreitung von Neophyten zu verhindern.

9.8 Luft, Lärm, Erschütterungen

Luft und Lärm

Erkenntnisse aus den Projektphasen A und B:

Luft/Staub: Starke Staubentwicklung ist durch Fahrten auf der nicht asphaltierten Erschliessung zum Portal bei sehr trockenen Bedingungen aufgetreten. Mit dem Asphaltbelag (aufgrund von Verschlammungen) konnte bei trockenen Verhältnissen auch die Staubentwicklung reduziert werden.

Lärm: Auf der Stollenentlüftung wurde als Lärmschutzmassnahme ein Schalldämpfer installiert und die hohen Betriebsstufen der Lüftung auf die Schutterphasen begrenzt. Lärmintensiv waren erwartungsgemäss die ersten Sprengarbeiten im Tagbau. In der übrigen Bauzeit sind keine Meldungen über länger anhaltenden, störenden Baulärm eingegangen.

Beurteilung der Projektphase C:

Luft / Staub: Luftschadstoffemissionen und Staub sind unter Anwendung der Baurichtlinie Luft vorsorglich zu begrenzen /9/. Unter dieser Voraussetzung sind keine übermässigen Störungen zu erwarten bzw. wird dem Vorsorgeprinzip Rechnung getragen.

Lärm: Innerhalb von 600 m befinden sich einzelne Wohnhäuser, welche gemäss rechtskräftigem Zonenplan der Empfindlichkeitsstufe (ES) III zugeordnet sind. Diese nächstliegenden Wohnhäuser sind als massgebliche Empfangspunkte betrachtet.

Baulärm ist in der Projektphase C primär durch die Belüftung des Entwässerungsstollens, den Materialumschlag und durch den Baustellenverkehr zu erwarten. Die Sprengarbeiten für den Bau des Entwässerungsstollens finden im Berginnern (ab Stollenmeter 635) statt und werden bezüglich Lärmimmissionen an den massgebenden Empfangspunkten von untergeordneter Bedeutung sein.

Baulärm durch die Stollenbelüftung der Projektphase C, den Materialumschlag und den Baustellenverkehr ist als unvermeidbar einzustufen und unter Anwendung der Baurichtlinie Lärm /10/ und der bereits umgesetzten spezifischen Massnahmen (Schalldämpfer, angepasste Betriebszeiten) vorsorglich zu begrenzen.

Vibrationen und Erschütterungen

Durch Vortriebs- und Bohrarbeiten können Erschütterungen entstehen, welche bei dauerhafter und deutlicher Überschreitung der Richtwerte für Erschütterungen gemäss SN 640 312 die

Schadenswahrscheinlichkeit an Infrastrukturen vergrössern können. Vor Baubeginn des Sondierstollens erfolgte eine kreisamtliche Beweisaufnahme an sämtlichen Objekten des Projektperimeters. Diese vorsorgliche Beweissicherung wird vor Baubeginn des Entwässerungsstollens erneut durchgeführt.

Erkenntnisse aus der Projektphase A und B:

In den Projektphasen A und B wurden Erschütterungen beim Hof Spisagger, dem Gittermast der Freileitung (swissgrid), im Dorf Brienz (Kirchturm) und im Haus Casutt überwacht. Die Beurteilung der Erschütterungen erfolgte gemäss SN 640 312. Die Erschütterungsüberwachung hat keine Richtwertüberschreitungen durch den Stollenvortrieb aufgezeigt /14/. Spezifische Massnahmen zur Reduktion der Erschütterungen waren bisher entsprechend nicht angezeigt.

Beurteilung der Projektphase C:

Gestützt auf die Erkenntnisse der Erschütterungsüberwachung der Projektphasen A und B sind auch beim Bau des Entwässerungsstollens keine dauerhaften und deutlichen Überschreitungen der Erschütterungsrichtwerte zu erwarten. Im Sinne des Vorsorgeprinzips wird die Erschütterungsüberwachung für den Bau des Entwässerungsstollens weitergeführt und bei Bedarf Massnahmen ergriffen. Zudem wird vor Baubeginn erneut eine kreisamtliche Beweissicherung durchgeführt. Mit diesem Massnahmenkonzept wird dem Vorsorgeprinzip zur Begrenzung von Erschütterungen und der Beweissicherung unserer Beurteilung nach Rechnung getragen.

Massnahmen für die Bauausführung Projektphase C:

- Für den Bau des Entwässerungsstollens sind generell Standardmassnahmen gemäss dem aktuellen Stand der Technik einzuhalten (Massnahmenstufe A gemäss Baurichtlinie Luft) /9/[1].
- Zur vorsorglichen Reduktion des Baulärms sind geeignete Massnahmen gemäss Baurichtlinie Lärm (Massnahmenstufe B) auszuführen.
- Die nächsten Anwohner sind über das Bauprogramm sowie lärmige Bauphasen bzw. lärmintensive Bauarbeiten zu informieren.
- Maschinen und Geräte über Tag müssen dem anerkannten Stand der Technik entsprechen, Transportfahrzeuge der Normalausrüstung.
- Die Stollenlüftung (Ventilator) ist so zu betreiben, dass keine übermässigen Störungen entstehen (Schalldämpfer; Betriebszeiten auf die Schutterphasen anpassen)
- Kreisamtliche Beweisaufnahme an sämtlichen Objekten des Projektperimeters vor Baubeginn des Entwässerungsstollens.
- Erschütterungsüberwachungen werden bei mehreren Gebäuden im Projektperimeter installiert.
- Bei Bedarf sind Massnahmen zur Begrenzung von Erschütterungen vorzusehen (Anpassung Lademengen etc.).

[1] Umwelt-Vollzug „Luftreinhaltung auf Baustellen“; Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016.

Hinweis zur Projektphase D in Bezug auf Lärm:

Die Bewilligung für den Betrieb der definitiv installierten Stollenlüftung ist Gegenstand der Projektphase D. Die Installation der definitiven Stollenlüftung ist Ende der Projektphase C vorgesehen. Entsprechend wird bereits vorliegend auf Schallemissionen der Stollenlüftung eingegangen. Die Stollenlüftung wird in der Projektphase D nur bei Bedarf (nicht dauerhaft) in Betrieb sein.

Beim Portal ist ein Ventilator mit Kulissenschalldämpfer vorgesehen. Schallemissionen wurden gestützt auf folgendes Modell geprüft: HXBXL 1000x2000x3000mm, 2-teilig, 4 Kulissen a 230mm, Spalt 270mm. Gemäss Produktangaben der Firma HBI Haerter zum genannten Modell sind in 50 m Entfernung zur Luftansaugung Schallemissionen von 62 dB bzw. 56 dB in 100 m Entfernung zu erwarten /16/. Nächstliegende Empfangspunkte (ES III) zur Stollenbelüftung im Portalbereich befinden sich in rund 200 m Entfernung. In dieser Entfernung sind tagsüber deutlich tiefere Schallimmissionen d.h. Lärmimmissionen unterhalb den Belastungsgrenzwerte nach Anhang 6 Abs. 2 LSV zu erwarten[2]. Gestützt auf die genannten Grundlagen können die Anforderungen der LSV in Bezug auf die Stollenlüftung unserer Beurteilung nach eingehalten werden.

Massnahme:

- Bei Einbau eines anderen Ventilators bzw. Schalldämpfers ist der entsprechende Lärmnachweis zu erbringen.

9.9 Störfallvorsorge, Naturgefahren

Das Vorhaben bildet per se eine Massnahme zum Schutz vor Naturgefahren. Der Entwässerungsstollen bezweckt eine Reduktion der hohen jährlichen Rutschbewegungen im Gebiet Brienz. Für das Dorf Brienz und die unterhalbliegenden Infrastrukturen ist dieses Vorhaben von grösster Bedeutung. Mögliche Gefährdungsbilder im Kontext des Entwässerungsstollens wurden seitens BTG fundiert durchleuchtet und erforderliche Massnahmen ausgearbeitet (s. Kap. 9.3).

Entwässerung (Bergwasser): In den Projektphasen A und B ist deutlich weniger Bergwasser angefallen als angenommen. Initial rund 12 l/min, dauerhaft rund 22 l/min. Die Abwasserreinigungsanlage wird gemäss geologischer Prognose auf den maximalen Bergwasseranfall von 10 l/s (600 l/min) dimensioniert.

Gemäss Beurteilungskriterien zur Störfallverordnung (BAFU 2018) unterliegt der Bau und Betrieb des Entwässerungsstollens nicht der Störfallverordnung (StV). Es sind somit keine weiterführenden Risikoreduktionsmassnahmen gemäss StV vorzusehen.

Massnahmen für die Bauausführung:

- Umsetzung des umfangreichen hydrogeologischen Überwachungskonzepts (s. Kap. 9.3)
- 500 Liter Havarieflüssigkeit aus dem Stollen kann am Portal im Wassermessschacht zurückgehalten, abgesaugt und entsorgt werden (Tauchwand).
- Im Havariefall Notausleitung in den Wald, um Verunreinigungen der Albula (Fischgewässer) zu verhindern. Es handelt sich hierbei um eine Vorsorgemassnahme im Havariefall. In der Projektphase A musste diese nicht umgesetzt werden.

[2] Anhang 6 Abs. 2 LSV: Planungswert (Tag, ES III): 60 dB; Immissionsgrenzwert (Tag, ES III): 65 dB

9.10 Weitere Umweltbereiche

Wandern, Fussverkehr, Historische Verkehrswege

Für den Bau des Entwässerungsstollens werden die in den Projektphase A und B bewilligten und erstellten Infrastrukturen (Leitungen etc.) genutzt. Für den Bau des Entwässerungsstollens sind gemäss Projektgrundlagen demnach keine Arbeiten mit Relevanz in Bezug Langsamverkehr oder Historische Verkehrswege erforderlich.

Denkmalpflege, Archäologie und Ortsbildschutz

Für den Bau des Entwässerungsstollens werden die in den Projektphase A und B bewilligten und erstellten Infrastrukturen weitergenutzt. Die in den Projektphase A und B erstellten Infrastrukturen (Erschliessung, Portal) liegen teilweise im Randbereich des «UNESCO RhB Weltkulturerbe» /11/. Für den Bau des Entwässerungsstollens sind keine in Bezug auf das Weltkulturerbe massgebenden Änderungen gegenüber den Projektphasen A und B erkennbar. Mit Umsetzung der empfohlenen Massnahmen wird den Anforderungen an den Randbereich des UNESCO RhB Weltkulturerbe unserer Beurteilung nach Rechnung getragen.

Altlasten

Gemäss Kataster belasteter Standorte (KbS) /3/ sind im Projektperimeter keine belasteten Standorte vorzufinden. Anderweitige Hinweise auf Altlasten liegen ebenfalls nicht vor. Altlasten sind für den Bau des Entwässerungsstollens demnach nicht von Relevanz.

Rodung, Ersatzaufforstung

Für den Bau dee Entwässerungsstollens werden keine zusätzlichen Waldflächen tangiert. Rodungen sind somit nicht erforderlich.

9.11 Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen

Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen nach NHG sind im Kontext der bewilligten Projektphasen A und B (Bau- und Betrieb des Sondierstollens) umzusetzen. Die Umsetzung der Ersatzmassnahmen gemäss Regierungsbeschluss Nr. 247 vom 16. März 2021 ist im Gange. Das ANU wird über die jährlichen Zwischenberichte der UBB über den Stand der Arbeiten informiert.

Im Rahmen der vorliegenden Projektphasen C werden weitgehend die bereits erstellten Infrastrukturen weitergenutzt. Unter Voraussetzung einer umsichtigen Bauausführung und der empfohlenen Schutzmassnahmen ist in der Projektphase C nicht mit zusätzlicher Ersatzpflicht zu rechnen.

9.12 Umweltbaubegleitung

Das Vorhaben erfordert eine umfassende geologische und hydrogeologische Begleitung, Überwachung und Fachberatung. Dies ist im Projekt entsprechend vorgesehen (s. Kap. 9.3).

Für den Bau des Entwässerungsstollens ist auch in Bezug auf die weiteren Umweltbereiche (Materialbewirtschaftung, Entwässerung, Rekultivierung etc.) eine fachkundige Umweltbaubegleitung (UBB) beizuziehen. Zur umsichtigen Planung und Umsetzung von Massnahmen zum Schutz der Umwelt ist der Beizug einer Umweltfachperson in allen Projektphasen vorzusehen (Submission, Bau- und Betriebsphase). Damit soll eine stufengerechte Konkretisierung der Umweltschutzmassnahmen sichergestellt werden.

Für die Umsetzung der Umweltschutzmassnahmen in der Bauphase empfehlen wir folgende Projektorganisation:

- *Örtliche Bauleitung*: Die örtliche Bauleitung trägt die Verantwortung für die Umsetzung der projektbegleitenden Umweltmassnahmen. Dabei wird sie von der Umweltbaubegleitung UBB fachlich beraten und unterstützt.
- *Umweltbaubegleitung*: Die UBB berät, informiert und instruiert in Zusammenarbeit mit der örtlichen Bauleitung den ausführenden Bauunternehmer und die Bauarbeiter vor Ort und nimmt bei Bedarf an den Bausitzungen teil. Bei spezifischen Fragestellungen zieht sie u.U. weitere qualifizierte Fachpersonen bei.

Massnahmen für die Submission und Bauausführung:

- Für die weiteren Projektphasen (Submission, Bau- und Betriebsphase) ist eine fachkompetente Umweltfachperson bzw. UBB beizuziehen.
- Dem ANU sind jährlich Zwischenberichte über die Tätigkeit der UBB sowie ein Schlussbericht zur Bauphase C zuzustellen.

9.13 Grundlagenverzeichnis Umwelt

/1/ Natur- und Landschaftsinventar Kanton Graubünden, https://map.geo.gr.ch/gr_webmaps/wsgi/theme/Biotop-%20und%20Landschaftsinventar
/2/ Normalien des Amtes für Wald und Naturgefahren
/3/ Kataster belasteter Standorte Kanton Graubünden: https://map.geo.gr.ch/gr_webmaps/wsgi/theme/Kataster%20belasteter%20Standorte%20(KbS)
/4/ Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen, SR 814.600 https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20141858/index.html
/5/ Prüfperimeter chemische Bodenbelastung Kanton Graubünden: https://map.geo.gr.ch/gr_webmaps/wsgi/theme/Pruefperimeter%20chemische%20Bodenbelastungen
/6/ Fachpublikation «Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken»; Bundesamt für Umwelt BAFU, Reihe Umwelt-Wissen, 2015.
/7/ Leitfaden „Bodenschutz beim Bauen“; Bundesamt für Umwelt BAFU, 2001.
/8/ Neophyten Feldbuch; Info Flora: https://obs.infoflora.ch/app/neophytes/de/index.html
/9/ Umwelt-Vollzug „Luftreinhaltung auf Baustellen“; Bundesamt für Umwelt BAFU, 2016.
/10/ Umwelt-Vollzug «Baulärm-Richtlinie»; Bundesamt für Umwelt BAFU, 2006 / Stand 2011.
/11/ Nutzungsplanung - Kantonaler Darstellungsdienst, Kanton Graubünden, https://map.geo.gr.ch/gr_webmaps/wsgi/theme/Nutzungsplanung%20-%20Kantonaler%20Darstellungsdienst
/12/ Umwelt-Wissen «Umweltbaubegleitung mit integrierter Erfolgskontrolle»; Bundesamt für Umwelt BAFU, 2007.
/13/ Inventar historischer Verkehrswege (IVS); https://map.schweizmobil.ch/?lang=de&land=wanderland&route=all&layers=Wanderland&photos=yes&bgLayer=pk&logo=yes&season=summer&resolution=2.14&E=2764330&N=1170580
/14/ Überwachungsjournal: Sondierstollen Rutschung Brienz, BTG: Überwachungsjournale 1 bis 4
/15/ Mail vom 18.10.2022 z.H. des ANU und Stellungnamen des ANU vom 18.10.2022
/16/ Mail vom 27.10.2022 der Firma HBI Harter und Mail vom 28.10.2022 des TBA

10 Landerwerb

(vgl. Beilagen Nr. 18 und 19)

Für die Installationsflächen, den Stollenbau und die Drainagebohrungen ist temporärer Landerwerb erforderlich. Permanenter Landererb ist nicht vorgesehen.

Insgesamt werden durch die Gemeinde Albula/Alvra 7'491 m^2 Fläche temporär beansprucht:

Parzelle Nr. 2077 (Roland Bossi):	7'137 m^2
Parzelle Nr. 2082 (Christian Schnöller):	354 m^2

Dabei handelt es sich um die bereits im Rahmen des Projektes «Sondierstollen Rutschung Brienz» beanspruchten Flächen für Baustelleninstallationen.

Die temporäre Beanspruchung dieser Flächen dauert über die gesamte Bauzeit, d.h. voraussichtlich ca. 42 Monate, bis August 2027.

Weiter zu erwerbende Flächen für die projektbezogene Deponie «Tgampi» und deren Erschliessung ist in den Beilagen Nr. 31 und 32 ersichtlich.

11 Kosten und Termine

11.1 Kostenvoranschlag

(vgl. Beilage Nr. 24)

Die Gesamtkosten inkl. Projektierung/Bauleitung und Landerwerb belaufen sich auf 39.83 Mio. Fr., inkl. 7.7% MWSt.

Die Gesamtkosten teilen sich wie folgt auf:

Tabelle 6: Kostenaufteilung

Kostenaufteilung Gesamtprojekt			
inkl. 10 % Unvorhergesehenes			Betrag
1.	Projekt, Bauleitung und Verwaltung		4'406'139 CHF
2.	Landerwerb		342'000 CHF
3.	Bauausführung		30'220'879 CHF
3.1	Entwässerungsstollen	27'874'524 CHF	
	Stollenbau ohne Drainagebohrungen	*20'794'524 CHF*	
	Drainagebohrungen	*7'080'000 CHF*	
3.2	Deponie und Erschliessung Deponie «Tgampi»	2'346'355 CHF	
4.	Erstellung Überwachungsmassnahmen		431'200 CHF
5.	BSA		1'583'100 CHF
	Gesamttotal exkl. MWST		36'983'318 CHF
	MWST 7.7%		2'847'715 CHF
	Gesamttotal inkl. MWST		**39'831'033 CHF**

Preisbasis November 2022

Kostengenauigkeit +/-10%

Die Kostenprognosen mit Kostenvoranschlag und die Terminplanung basieren auf Erfahrungs- und Kennwerten der vergangenen Jahre sowie auf Offerten zu den marktüblichen Konditionen. Der Auftraggeber wird darauf aufmerksam gemacht, dass aktuell als Folge der weltweiten COVID-19-Pandemie sowie des Krieges in der Ukraine Verwerfungen auf den internationalen Beschaffungsmärkten zu beobachten sind. Die Folge hiervon sind nicht voraussehbare, teilweise kurzfristig auftretende und in ihrer Entwicklung nicht abschätzbare Erschwernisse bei der Beschaffung von Baumaterialien. Insbesondere kann es zu massiven Verteuerungen der Beschaffungskosten kommen und/oder zu erheblichen Verzögerungen bei den Lieferzeiten. Wiewohl der Beauftrage alles daransetzt, negative Auswirkungen so weit wie möglich zu vermeiden, kann ein erheblicher Einfluss auf das vorliegende Projekt nicht ausgeschlossen werden. Entsprechend kann der Beauftragte keine Gewähr übernehmen für die Korrektheit der Kostenprognosen und der Terminplanung.

11.2 Wirtschaftlichkeit (qualitativ)

Zum heutigen Zeitpunkt kann keine verlässliche Prognose abgegeben werden, ob eine Sanierung der Rutschung Brienz, d.h. eine Verlangsamung bis auf ca. 10 cm/Jahr, möglich ist. Zudem ist unklar, welche Wirkung eine Verlangsamung der Rutschung Dorf auf die Rutschung Berg und die aus ihr resultierenden Gefährdung durch Sturzereignisse hat. Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse aus dem Sondierstollen kann aus heutiger Sicht davon ausgegangen werden, dass eine Tiefenentwässerung mittels Stollen im stabilen Fels die erfolgversprechendste Variante ist. Noch nicht postuliert werden kann hingegen, ob eine Entwässerung des stabilen Felsens ausreicht, oder ob Drainagebohrungen in die Rutschmasse hinein erforderlich werden. Erkenntnisse hierzu werden die Drainagebohrungen aus dem Sondierstollen ab Sommer 2023 liefern.

Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten kann die Wirkung des Entwässerungsstollens nicht unmittelbar mit der Methodik der Kosten-Nutzen Betrachtung gemäss EconoMe-Tool des Bundes beurteilt werden. Es ist vorgesehen für die Beurteilung der Wirkung des Entwässerungsstollens auf die Rutschung Dorf, eine vergleichbare Methodik anzuwenden wie beim Sondierstollen. Dieses Vorgehen wurde mit dem BAFU abgesprochen und es werden die aktuellsten Grundlagen einbezogen. Parallel zur Projektierung und Ausführung des Entwässerungsstollens werden die möglichen Schäden und Risiken der Rutschung Brienz erfasst und bewertet. Damit können die maximalen Investitionskosten für eine Entwässerung, die noch wirtschaftlich sind, abgeschätzt werden.

Unter ausschliesslicher Berücksichtigung der durch die Rutschung Dorf verursachten Schäden und Risiken und einer angenommenen Verlangsamung der Rutschung auf unter 10 cm/Jahr können Gesamtinvestitionen bis zu einem Maximalbetrag von ca. 80 Mio. CHF als wirtschaftlich betrachtet werden (N-K-Faktor = 1). (Quelle: EBP Schweiz AG (2022): Risikoanalyse Rutschung Dorf Brienz/Brinzauls, Dokumentation, 31.03.2022)

11.3 Finanz- und Terminplan

Die Realisierung des Projekts ist folgendermassen geplant:

Tabelle 7: Finanz- und Terminplan

Jahr	Vorgesehene Arbeiten	Kosten
2023	Erschliessung Deponie «Tgampi», Vorbereitungsarbeiten Deponie «Tgampi»	ca. 3.0 Mio. Fr.
2024	Installation, Stollenvortrieb, Drainagebohrungen in stabilen Fels, Überwachung, Deponiebetrieb «Tgampi»	ca. 12.4 Mio. Fr.
2025	Stollenvortrieb, Drainagebohrungen in stabilen Fels, Überwachung, Deponiebetrieb «Tgampi»	ca. 9.6 Mio. Fr.
2026	Stollenvortrieb, Ortbetonsohle, Drainagebohrungen in stabilen Fels, Drainagebohrungen in Rutschmasse, Überwachung, Deponiebetrieb «Tgampi», Abschlussarbeiten Deponie «Tgampi»	ca. 9.1 Mio. Fr.
2027	Drainagebohrungen in Rutschmasse, Überwachung, Portalbauwerk, Installation BSA, Abschluss und Inbetriebnahme	ca. 5.7 Mio. Fr.
	Total inkl. 7.7% MWSt.	**39.8 Mio. Fr.**

Bei der Terminierung der Arbeiten gilt es zu beachten, dass der Baustart stark abhängig ist von den Erkenntnissen aus dem Sondierstollen, d.h. wann diese einen Entscheid hinsichtlich des Baus des Entwässerungsstollens zulassen.

12 Nutzniesser und deren Beteiligung

Seitens Bund und Kanton werden forstliche Beiträge von 90% in Aussicht gestellt. Die Finanzierung der Restkosten ist grundsätzlich Sache der Gemeinde.

Für die Restkostenfinanzierung des vorliegenden Projekts wird ab Frühling 2023 gestützt auf die Rahmenvereinbarung "Koordination Infrastrukturprojekte in Brienz/Brinzauls" ein risikobasierter Restkostenteiler erarbeitet, welcher den dannzumal aktuellsten Wissensstand zu den Sturzszenarien aus der Rutschung Berg berücksichtigt.

Für die Betriebsphase des Entwässerungsstollens muss der Restkostenteiler zwischen den Nutzniessern neu verhandelt werden.

13 Projektausführung

13.1 Bauprogramm

(vgl. Anhang 1 dieses Berichtes)

Die Gesamtbauzeit für den Entwässerungstollen (inkl. BSA) inkl. Portalbauwerk und die Drainagebohrungen dauert ca. 3 bis 4 Jahre. Zusätzliche vorangehende 3 Monate dauert die Erstellung der projektbezogenen Deponie «Tgampi» und deren Erschliessung.

Die Bauzeiten werden nachfolgend aufgezeigt und der Bauablauf der einzelnen Elemente wird im «Bauablauf» beschrieben.

Die Baustrom- und Brauchwasserversorgung sowie Entwässerungsleitungen sind bereits erstellt.

In der Bauzeit für den Stollenvortrieb sind jeweils sämtliche eidgenössischen, kantonalen und lokalen Feiertage sowie 6 Wochen Winterpause von Mitte Dezember bis Ende Januar berücksichtigt. Für die Ausführung der Drainagebohrungen ist keine Winterpause vorgesehen.

Leistungsannahmen bei Vollausbruch, Zweischichtbetrieb und fünf Arbeitstagen (AT) pro Woche:

- Felsvortrieb 4.0 m/AT
- Felsvortrieb in Störzone 2.0 m/AT

Es wird darauf hingewiesen, dass das gesamte Projektgenehmigungsverfahren sowie die Verfügbarkeit finanzieller Mittel über den genauen Projektverlauf entscheiden.

Die konkrete Realisierung des Vorhabens erfolgt im Rahmen von jährlichen Bauprogrammen.

13.2 Projektorganisation Bauprojekt

Tabelle 8: Organigramm

Bauherrschaft:	Gemeinde Albula/Alvra, Tiefencastel vertreten durch: Daniel Albertin
Projektleitung:	Tiefbauamt Graubünden, Chur (TBA GR) vertreten durch: Josef Kurath
Subventionsbehörde / Genehmigung:	Amt für Wald und Naturgefahren GR vertreten durch: Patrizia Köpfli
Geologie:	BTG Büro für Technische Geologie AG, Sargans vertreten durch: Daniel Figi
Umwelt:	ecowert GmbH, Chur vertreten durch: Elvira Hug
Projektverfasser Bau:	Amberg Engineering, Chur vertreten durch: Marco Fürer
Oberbauleitung:	Tiefbauamt Graubünden, Chur (TBA GR) vertreten durch: Josef Kurath
Örtliche Bauleitung	Tiefbauamt Graubünden, Chur (TBA GR) vertreten durch: noch nicht bestimmt
Technische Bauleitung	Amberg Engineering, Chur vertreten durch: Marco Fürer
Umweltbaubegleitung:	ecowert GmbH, Chur vertreten durch: Elvira Hug
Fachbauleitung Geologie/Hydrologie:	BTG Büro für Technische Geologie AG, Sargans vertreten durch: Daniel Figi
Deponie «Tgampi»	GEOTEST AG, Davos vertreten durch Roger Honegger
Erschliessung Deponie «Tgampi»	Planisaziun Sonder SA, Salouf vertreten durch Filip Sonder

Chur, den 16. Dezember 2022

Projektleiter TBA:

Josef Kurath
Projektleiter Tiefbauamt Graubünden

Projektleiter Projektverfasser:

Marco Fürer
Amberg Engineering AG

Die Bauherrschaft hat beschlossen, das vorliegende Projekt zur Subventionierung durch Kanton und Bund einzureichen. Sie verpflichtet sich – gestützt auf die gesetzlichen Subventionsbestimmungen – die Arbeiten projektgemäss innerhalb der festgesetzten Frist auszuführen und die forstlichen Bauten/Anlagen fortwährend in gutem Zustand zu erhalten (Art. 38, 50, 53 WaV, Art. 29 SuG, Art. 23 KWaG).

Bauherrschaft:

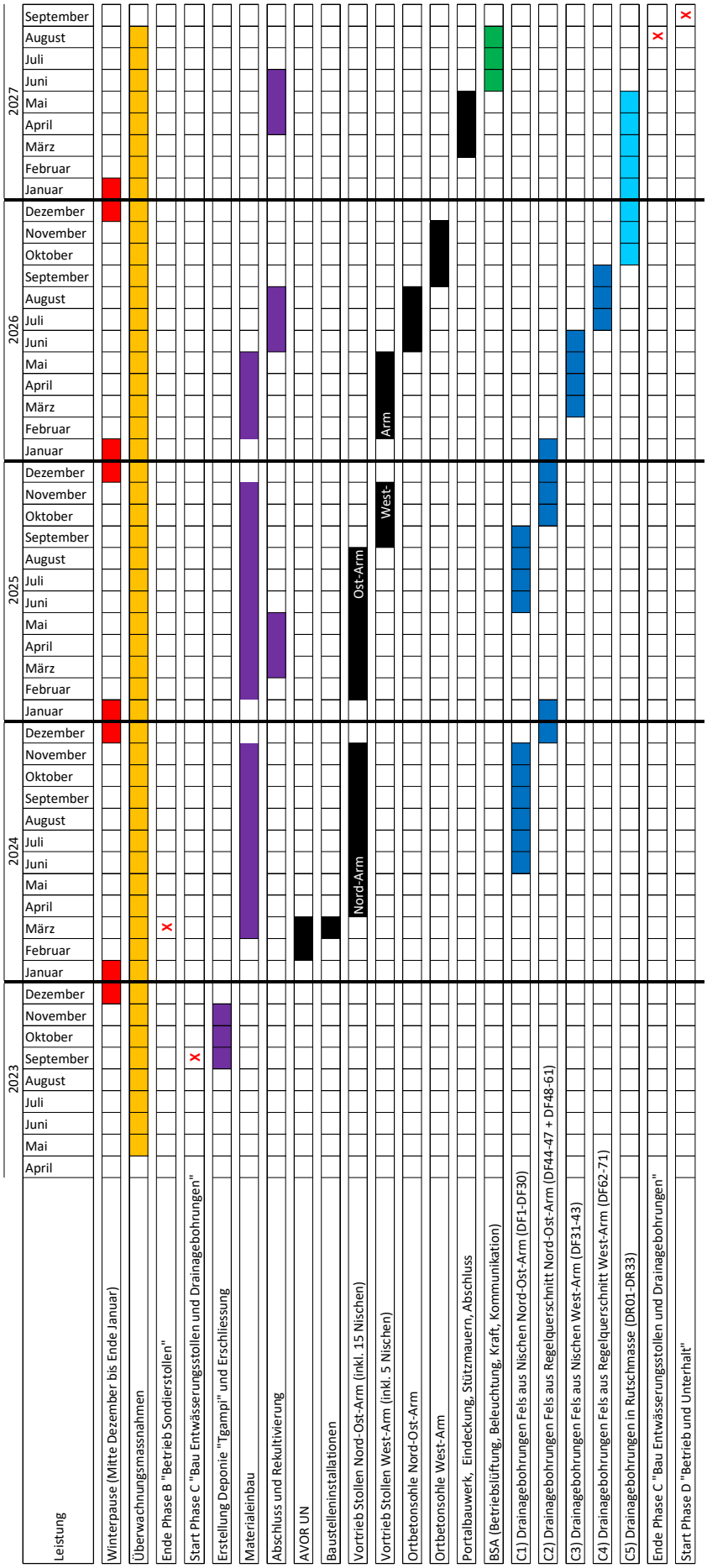
Daniel Albertin
Gemeindepräsident

Bauherrschaft:

Maurus Engler
Leiter Gemeindeverwaltung

W:\AE\PROJECT\10K\CH\00102 Brienz Stollen\Brienz EntwSto\Dossier BP AP EntwSto\00000_Abgaben\20230120_Abgabe_BP AP definitiv\02_230120_K102.201_Brienz_TB_EntwSto.docx

Anhang 1


2023
2024
2025
2026
2027
Dezember
November
Oktober
September
August
Juli
Juni
Mai
April
März
Februar
Januar
Leistung
Winterpause (Mitte Dezember bis Ende Januar)
Überwachnungsmassnahmen
Ende Phase B "Betrieb Sondierstollen"
Start Phase C "Bau Entwässerungsstollen und Drainagebohrungen"
Erstellung Deponie "Tgampi" und Erschliessung
Materialeinbau
Abschluss und Rekultivierung
AVOR UN
Baustelleninstallationen
Vortrieb Stollen Nord-Ost-Arm (inkl. 15 Nischen)
Nord-Arm
Vortrieb Stollen West-Arm (inkl. 5 Nischen)
West-
Arm
Ortbetonsohle Nord-Ost-Arm
Ortbetonsohle West-Arm
Portalbauwerk, Eindeckung, Stützmauern, Abschluss
BSA (Betriebslüftung, Beleuchtung, Kraft, Kommunikation)
C1) Drainagebohrungen Fels aus Nischen Nord-Ost-Arm (DF1-DF30)
C2) Drainagebohrungen Fels aus Regelquerschnitt Nord-Ost-Arm (DF44-47 + DF48-61)
C3) Drainagebohrungen Fels aus Nischen West-Arm (DF31-43)
C4) Drainagebohrungen Fels aus Regelquerschnitt West-Arm (DF62-71)
C5) Drainagebohrungen in Rutschmasse (DR01-DR33)
Ende Phase C "Bau Entwässerungsstollen und Drainagebohrungen"
Start Phase D "Betrieb und Unterhalt"

Bestandteile Auflageprojekt:

Anhang 2

Beilagen Nr.	Dok. Nr.			
1		Genehmigung Regierung Nr. …… Datum: ……		
2	K102. 201	Technischer Bericht Entwässerungsstollen		
3	K102. 202	Landeskarte		1:25'000
4	K102. 203	Übersichtsplan		1:5'000
5	K102. 204	Entwässerungsstollen	Situation bestehender Stollen	1:1'000
6	K102. 205	Entwässerungsstollen	Situation Nord-, Ost- und Westarm	1:1'000
7	K102. 206	Entwässerungsstollen	Längenprofil bestehender Stollen	1:1'000
8	K102. 207	Entwässerungsstollen	Längenprofil Nord- und Ostarm	1:1'000
9	K102. 208	Entwässerungsstollen	Längenprofil Westarm	1:1'000
10	K102. 209	Entwässerungsstollen	Normalprofil	1:50
11	K102. 210	Entwässerungsstollen	Nische	1:50
12	K102. 211	Entwässerungsstollen	Trafonische	1:50
13	K102. 212	Erschliessungstrasse	Situation	1:500
14	K102. 213	Portalbauwerk	Lüftungskamin	1:100
15	K102. 214	Entwässerungskonzept	Gesamtkonzept	1:500
16	K102. 215	Entwässerungskonzept	Funktionsweise Messschacht	1:50
17	K102. 216	Installationsplan		1:500
18	K102. 217	Landerwerb Entwässerungsstollen		1:500
19	K102. 218	Rechtserwerbstabelle Entwässerungsstollen		
20	K102. 219	Geologisch-geotechnischer Prognosebericht		
21	K102. 220	Technischer Bericht Bohr- und Drainagekonzept		
22	K102. 221	Geologisch-hydrogeologisches Überwachungskonzept		
23	K102. 222	Gefährdungsabschätzung und Überwachung Oberflächenquellen		
24	K102. 223	Kostenvoranschlag		
25	K102. 241	Technischer Bericht projektbezogene Deponie Tgampi		
26	K102. 242	Projektbezogene Deponie Tgampi	Landeskarte	1:25'000
27	K102. 243	Projektbezogene Deponie Tgampi	Situation Übersicht	1:1'000
28	K102. 244	Projektbezogene Deponie Tgampi	Situation Endzustand	1:1'000
29	K102. 245	Projektbezogene Deponie Tgampi	Längs- und Querprofile	1:500
30	K102. 246	Projektbezogene Deponie Tgampi	Situation Endgestaltung	1:1'000
31	K102. 247	Deponie + Erschliessung	Landerwerb	1:500
32	K102. 248	Deponie + Erschliessung	Rechtserwerbstabelle	
33	K102. 261	Erschliessung Deponie	Situation Werkausfahrt	1:500
34	K102. 262	Erschliessung Deponie	Längenprofil Werkausfahrt	1:500/100
35	K102. 263	Erschliessung Deponie	Querprofile Werkausfahrt	1:100
36	K102. 264	Erschliessung Deponie	Situation Werkeinfahrt	1:500
37	K102. 265	Erschliessung Deponie	Längenprofil Werkeinfahrt	1:500/100
38	K102. 266	Erschliessung Deponie	Querprofile Werkeinfahrt	1:100
39	K102. 267	Erschliessung Deponie	Normalprofil	1:25