

# 380-kV-Leitung Chippis - Mörel

Neubau

Teilverkabelungsstudie Agarn - Mörel

Eigentümerin und Bauherrin

**swissgrid**

Swissgrid AG

Planerin

**ALPIQ**

Alpiq EnerTrans AG

29.06.2018

## Kontaktpersonen

**Eigentümerin und Bauherrin** **swissgrid**

**Swissgrid AG**

Projektierung Leitungen  
Bleichemattstrasse 31 | Postfach  
5001 Aarau

**Planerin**

**ALPIQ**

**Alpiq EnerTrans AG**

Leitungen Ost  
Oltnerstrasse 61  
5013 Niedergösgen

**Tiefbau**

**VWI INGENIEURE AG**  
Bauingenieure ETH SIA USIC

**VWI Ingenieure AG**

Kiesweg 2  
3904 Naters

**Umwelt**

**RAUMPLANUNG  
+UMWELT**

**Raumplanung + Umwelt AG**

Sebastiansplatz 1  
3900 Brig

**Geologie**

<b>RP</b> <i>geol</i>	<b>Rovina + Partner AG</b> <i>Geologie - Geotechnik - Hydrogeologie</i>
--------------------------	--

**Rovina und Partner AG**

St. Martinistrasse 3  
3930 Visp

## Technischer Bericht

Autor: Alpiq EnerTrans AG, Fabian Rüegg

Erstelldatum: Juni 2018

Version: 1.1

---

### Verteiler:

Name	Firma	Bemerkung	Termin
------	-------	-----------	--------

---

Fritz Hug	Swissgrid		
-----------	-----------	--	--

---

### Geprüft:

Name	Firma	Datum	Unterschrift
------	-------	-------	--------------

---

Marco Hutz	Alpiq EnerTrans AG		
------------	--------------------	--	--

---

### Freigegeben:

Name	Firma	Datum	Unterschrift
------	-------	-------	--------------

---

Martin Weibel	Alpiq EnerTrans AG		
---------------	--------------------	--	--

---

### Überarbeitungen:

Version	Datum	Autor / Abteilung	Abschnitt
1.0	22.12.2018	F. Rüegg	Ersterstellung
1.1	30.05.2018	F. Rüegg	Überarbeitung nach Korrekturen Swissgrid (S. Dinser)

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>0</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>AUSGANGSLAGE</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>EINGABEPROJEKT (FREILEITUNG)</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>KABELDIMENSIONIERUNG</b>	<b>12</b>
3.1	Thermische Auslegung	12
3.2	Polymerkabel	13
3.3	Kompensationsanlage	13
<b>4</b>	<b>KABELVERLEGUNG</b>	<b>14</b>
4.1	Übersicht der verwendeten Verlegearten	14
4.2	Rohrblock	15
4.2.1	Normalprofil ebenes Gelände	16
4.2.2	Normalprofil Gelände mit Quergefälle	17
4.3	Bergmännischer Tunnel	18
4.3.1	Normalprofil Bergmännischer Tunnel	19
4.3.2	Leitungsanordnung im Bergmännischen Tunnel	20
4.4	Mikrotunnelverfahren	21
<b>5</b>	<b>INFRASTRUKTUR ZU KABELVERLEGUNG</b>	<b>23</b>
5.1	Übergang bei Wechsel der Verlegeart	23
5.2	Muffenverbindungen	23
5.2.1	Muffenschächte bei System Rohrblock	23
5.2.2	Muffenschächte bei System bergmännischer Tunnel	24
5.3	Lüftung für Tunnel, Stollen und Infrastrukturkanal	25
5.3.1	Natürliche Lüftung	25
5.3.2	Zwangsbelüftung	25
5.4	Crossbonding	26
5.5	Übergangsbauwerke Kabel-Freileitung	27
5.6	Blindleistungs-Kompensationsanlagen	28
<b>6</b>	<b>TRASSEBESCHREIBUNG</b>	<b>29</b>
6.1	Abschnitt 1: Leuk, Pfynwald bis Turtmann, Milachru	30
6.1.1	Standort Übergangsbauwerk	31
6.1.2	Linienführung	31
6.1.3	Bauverfahren	35
6.1.4	Schutzzonen	36
6.1.5	Geologische Beurteilung	37



<b>6.2</b>	<b>Abschnitt 2: Turtmann, Milachru bis Turtmann, Tännu .....</b>	<b>40</b>
6.2.1	Linienführung .....	41
6.2.2	Bauverfahren .....	42
6.2.3	Schutzzonen .....	42
6.2.4	Geologische Beurteilung .....	43
<b>6.3</b>	<b>Abschnitt 3: Turtmann, Tännu bis Niedergesteln, Unner Turtig .....</b>	<b>45</b>
6.3.1	Linienführung .....	46
6.3.2	Bauverfahren .....	49
6.3.3	Schutzzonen .....	49
6.3.4	Geologische Beurteilung .....	50
<b>6.4</b>	<b>Abschnitt 4: Niedergesteln, Unner Turtig bis Visp West.....</b>	<b>52</b>
6.4.1	Linienführung .....	52
6.4.2	Bauverfahren .....	54
6.4.3	Schutzzonen .....	55
6.4.4	Geologische Beurteilung .....	55
<b>6.5</b>	<b>Abschnitt 5: Visp, West bis Visp, Staldbach .....</b>	<b>57</b>
6.5.1	Nutzung bestehender Autobahntunnel .....	58
6.5.2	Linienführung .....	60
6.5.3	Bauverfahren .....	60
6.5.4	Schutzzonen .....	61
6.5.5	Geologische Beurteilung .....	62
<b>6.6</b>	<b>Abschnitt 6: Visp, Staldbach bis Eyholz, Grosshüs .....</b>	<b>64</b>
6.6.1	Linienführung .....	65
6.6.2	Bauverfahren .....	67
6.6.3	Schutzzonen .....	68
6.6.4	Übergangsbauwerk 220kV-Leitung Stalden – Mörel (TR1740).....	69
6.6.5	Geologische Beurteilung .....	70
<b>6.7</b>	<b>Abschnitt 7: Eyholz, Grosshüs bis Brig-Glis, Ännerholz/Oberli.....</b>	<b>71</b>
6.7.1	Linienführung .....	72
6.7.2	Bauverfahren .....	76
6.7.3	Schutzzonen .....	76
6.7.4	Geologische Beurteilung .....	78
<b>6.8</b>	<b>Abschnitt 8: Brig-Glis, Ännerholz bis Termen, Fäldgrabe .....</b>	<b>81</b>
6.8.1	Linienführung .....	82
6.8.2	Bauverfahren .....	84
6.8.3	Schutzzonen .....	85
6.8.4	Geologische Beurteilung .....	86
<b>6.9</b>	<b>Abschnitt 9; Termen, Fäldgrabe bis Mörel-Filet, UW Mörel.....</b>	<b>88</b>
6.9.1	Linienführung .....	89
6.9.2	Bauverfahren .....	90
6.9.3	Schutzzonen .....	91
6.9.4	Geologische Beurteilung .....	91

<b>6.10 Erschliessung und Zufahrten .....</b>	<b>92</b>
6.10.1 Abschnitt 1 .....	92
6.10.2 Abschnitt 2 bis 6 West.....	92
6.10.3 Abschnitt 6 Ost und 7.....	93
6.10.4 Abschnitt 8 .....	94
6.10.5 Abschnitt 9 .....	95
6.10.6 Tabellarische Zusammenfassung der Zufahrtsmöglichkeiten.....	96
<b>7 WIRTSCHAFTLICHKEIT .....</b>	<b>98</b>
<b>7.1 Kostenschätzung Erstinvestitionen .....</b>	<b>98</b>
<b>7.2 Kostenschätzung Kabelersatz .....</b>	<b>99</b>
<b>7.3 Gesamtkosten.....</b>	<b>99</b>
<b>8 UMWELT .....</b>	<b>100</b>
<b>8.1 Luft.....</b>	<b>100</b>
8.1.1 Ausgangslage.....	100
8.1.2 Projektauswirkungen Bauphase .....	100
8.1.3 Projektauswirkungen Betriebsphase .....	100
8.1.4 Massnahmen / Zusatzabklärungen .....	101
8.1.5 Beurteilung .....	101
<b>8.2 Lärm .....</b>	<b>102</b>
8.2.1 Ausgangslage .....	102
8.2.2 Projektauswirkungen Bauphase .....	102
8.2.3 Projektauswirkungen Betriebsphase .....	102
8.2.4 Schutz-/ Minderungsmaßnahmen .....	103
8.2.5 Beurteilung / Pflichtenheft .....	103
<b>8.3 Licht .....</b>	<b>103</b>
<b>8.4 Nichtionisierende Strahlung .....</b>	<b>104</b>
8.4.1 Ausgangslage.....	104
8.4.2 Projektauswirkungen Bau und Betrieb .....	104
8.4.3 Beurteilung / weitere Abklärungen .....	105
<b>8.5 Gewässer .....</b>	<b>106</b>
8.5.1 Gewässerschutzbereich Au.....	106
8.5.2 Grundwasserschutzzonen .....	107
8.5.3 Oberflächengewässer .....	109
<b>8.6 Boden .....</b>	<b>110</b>
8.6.1 Ausgangslage.....	110
8.6.2 Projektauswirkungen Bauphase .....	110
8.6.3 Projektauswirkungen Betriebsphase .....	110
8.6.4 Massnahmen / Weitere Abklärungen .....	111
8.6.5 Beurteilung .....	111

<b>8.7</b>	<b>Altlasten</b>	<b>111</b>
<b>8.8</b>	<b>Abfälle</b>	<b>112</b>
8.8.1	Projektauswirkungen Bauphase	112
8.8.2	Projektauswirkungen Betriebsphase	112
8.8.3	Minderungsmaßnahmen / weitere Abklärungen	112
8.8.4	Beurteilung	112
<b>8.9</b>	<b>Umweltgefährdende Stoffe</b>	<b>113</b>
<b>8.10</b>	<b>Störfälle</b>	<b>113</b>
<b>8.11</b>	<b>Wald</b>	<b>113</b>
8.11.1	Ausgangszustand	113
8.11.2	Projektauswirkungen Bauphase	114
8.11.3	Projektauswirkungen Betriebsphase	115
8.11.4	Massnahmen/ zusätzliche Abklärungen	115
8.11.5	Beurteilung	115
<b>8.12</b>	<b>Vegetation</b>	<b>116</b>
8.12.1	Ausgangszustand	116
8.12.2	Projektauswirkungen Bauphase	118
8.12.3	Projektauswirkungen Betriebsphase	119
8.12.4	Beurteilung	119
<b>8.13</b>	<b>Vögel</b>	<b>119</b>
<b>8.14</b>	<b>Fauna</b>	<b>119</b>
<b>8.15</b>	<b>Fischerei</b>	<b>119</b>
<b>8.16</b>	<b>Landschaft</b>	<b>120</b>
8.16.1	Ausgangslage	120
8.16.2	Projektauswirkungen Bau	120
8.16.3	Projektauswirkungen Betrieb	120
8.16.4	Minderungsmaßnahmen / weitere Abklärungen	120
8.16.5	Beurteilung	120
<b>8.17</b>	<b>Landwirtschaft</b>	<b>121</b>
<b>8.18</b>	<b>Erholung</b>	<b>121</b>
<b>8.19</b>	<b>Kulturgüter</b>	<b>122</b>
<b>8.20</b>	<b>Logistik</b>	<b>122</b>
<b>8.21</b>	<b>Visuelle Beeinträchtigung (Landschaftsschutz)</b>	<b>123</b>
<b>8.22</b>	<b>Entsorgung</b>	<b>123</b>
<b>8.23</b>	<b>Erdarbeiten</b>	<b>123</b>
<b>9</b>	<b>BETRIEB, INSTANDHALTUNG UND VERFÜGBARKEIT</b>	<b>124</b>
<b>9.1</b>	<b>Normalbetriebszustand</b>	<b>124</b>
<b>9.2</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>124</b>
<b>9.3</b>	<b>Periodische Kontrolle von Kabelanlagen</b>	<b>124</b>
<b>9.4</b>	<b>Einfluss von Tiefbauarbeiten</b>	<b>124</b>
<b>9.5</b>	<b>Schadensbehebung an Kabelanlagen</b>	<b>124</b>

<b>10</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG.....</b>	<b>125</b>
<b>11</b>	<b>ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>126</b>
<b>11.1</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>126</b>
<b>11.2</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>129</b>
<b>11.3</b>	<b>Quellennachweis.....</b>	<b>130</b>
<b>11.4</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>131</b>
<b>ANHANG</b>	<b>.....</b>	<b>132</b>

## **0 Zusammenfassung**

### **Ausgangslage**

Mit dem Bundesratsbeschluss vom 31. Oktober 2012 hat der Bundesrat den SÜL-Korridor zwischen Chippis und Mörel definiert und als Freileitungskorridor festgesetzt. Anlässlich der Projektvorstellungen bei den Gemeinden hat sich herausgestellt, dass die Forderung nach einer Verkabelung weiterhin besteht.

Bereits im Rahmen des SÜL-Verfahrens hat Swissgrid eine Vollverkabelung Chippis – Mörel und eine Verkabelung im Raum Pfywald untersucht.

Swissgrid, als Netzeigentümerin und Bauherrin, hat die Alpiq EnerTrans AG mit der Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für eine Verkabelung des Abschnittes von Agarn bis Mörel. Diese Studie wird zusätzlich zu der Projektierung der Freileitung erstellt und ist nicht Teil der Unterlagen für das PGV.

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie soll eine möglich Verkabelungsvariante entwickelt und deren Realisierungskosten aufgezeigt werden. Die Linienführung muss in Abschnitte unterteilt werden, bei welchen sich die jeweiligen Abschnittsenden in der Nähe des SÜL-Korridors der Freileitung befinden - dadurch ist eine Teilverkabelung möglich.

### **Fazit**

Die vorliegende Studie zeigt, dass der Bau einer 380-kV-Teilverkabelung von Agarn bis Mörel technisch machbar ist. Das Trasse verläuft teilweise in steilem, geologisch anspruchsvollem und schwer zugänglichem Terrain, was den Bau aufwendig und teuer macht. Es werden mehrere Gewässer unterquert. Aufgrund der schwierigen Terrainverhältnisse müssen insgesamt fünf bergmännische Tunnel mit einer Gesamtlänge von 11.7 km gebaut werden.

Der untersuchte Abschnitt Agarn – Mörel ist in neun Abschnitte unterteilt, wobei jeder dieser Teilabschnitte unabhängig realisiert werden kann. Dieser Umstand verlangt, dass das untersuchte Kabeltrasse sich in der Nähe des festgesetzten SÜL-Korridors befindet. Swissgrid zeigt in der vorliegenden Studie eine mögliche Trasseeführung auf. Zudem werden teilweise alternative Linienführungen aufgezeigt.

Die Realisierungskosten, für die in dieser Studie entwickelte Verkabelung, betragen ca. 1.3 Mia. CHF und sind somit um etwa das 10-fache grösser als eine vergleichbare Freileitung.

## 1 Ausgangslage

In der Ausbauplanung der ehemaligen Netzeigentümer ist seit 1986 eine neue 380-kV-Verbindung zwischen den Unterwerken Romanel bei Lausanne und Lavorgo in der Leventina als Ersatz für eine bestehende 220-kV-Verbindung vorgesehen. Einzelne Abschnitte wurden bereits realisiert (Romanel-Chamoson und Ulrichen-Airolo). Die Abschnitte Mörel-Ulrichen und Airolo-Lavorgo sind in verschiedenen Phasen des Genehmigungsprozesses. Im Jahr 2006 wurde die eos SA (später Alpiq réseau SA) mit den Vorabklärungen im Abschnitt Chippis – Mörel beauftragt. Eine erste Vorstudie für den Leitungsneubau ging im Rahmen des SÜL-Verfahrens an die vorgesehenen Behörden und Gremien zur Stellungnahme. Sowohl die Umweltverbände als auch viele Gemeinden verlangten bereits damals eine Verkabelung der neuen Leitung. Deshalb wurde die Vorstudie entsprechend durch eine Grobanalyse der Verkabelung auf der ganzen Länge und durch eine Detailstudie im Bereich des BLN-Gebietes Pfynwald ergänzt. Durch die Festsetzung eines Freileitungskorridors auf der ganzen Strecke durch den Bundesrat am 31. Oktober 2012 wurde der SÜL-Prozess ohne weitere Forderung nach Detailstudien für eine teilweise Verkabelung abgeschlossen.

In der Zwischenzeit hat Swissgrid als heutige Netzeigentümerin und Bauherrin die Alpiq EnerTrans AG mit der Detailplanung für den Abschnitt Chippis-Mörel beauftragt. Der Entwurf des Bauprojektes wurde 2017 einzelnen Gemeinden vorgestellt. Einige Gemeinden erneuerten dabei ihre Forderung nach einer Verkabelung. Um auf potentielle Einsprachen im Verlaufe des PG-Verfahrens eine Antwort bereit zu haben, hat Swissgrid die Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für eine Verkabelung des Abschnittes Agarn – Mörel in Auftrag gegeben.

Für die Verkabelungsstudie wurden Kabelwerke im In- und Ausland für Kabeldaten angefragt. Zusätzlich wurde für die Ermittlung der Machbarkeit und der Kosten des Tiefbaus die Firma VWI Ingenieure AG, Naters beauftragt.

Für die vorliegende Studie sind die folgenden Schritte erforderlich:

- Identifikation möglicher Standorte für die Übergangsbauwerke und deren Optimierung im Hinblick auf Platzbedarf und Umweltbeeinträchtigungen.
- Ermittlung möglicher Linienführungen für die Kabeltrasse und Identifikation der möglichen Bauverfahren
- Optimierte Auslegung der Kabelanlagen, sodass alle Anforderungen im Hinblick auf Übertragungsvermögen, Netzverhalten, Beeinflussungsarmut (thermisch, magnetisch), Zuverlässigkeit, Betriebsverhalten und Sicherheit erfüllt werden.
- Optimierte Auslegung der Kabelanlagen, sodass keine relevanten Schutzzonen beeinträchtigt werden.
- Ermittlung der Umweltbeeinträchtigungen (Zufahrtswege, Rodungen, optische Beeinträchtigungen, Boden, Hydrologie usw.)
- Das Kabeltrassees soll in mehrere Abschnitte aufgeteilt werden. Die Abschnittsenden des Kabeltrassees sollen sich so am SÜL-Korridor der Freileitung orientieren, dass Teilverkabelungen der neuen Freileitung möglich wären.
- Kostenschätzung Verkabelung Agarn - Mörel
- Kostenschätzung Kabelersatz nach 40 Jahren

## 2 Eingabeprojekt (Freileitung)

Im Jahr 2001 wurde das Projekt in den Sachplan Übertragungsleitungen (SÜL) aufgenommen. Die EOS SA (ursprünglicher Netzeigentümer) begann daraufhin im Jahr 2006 mit der Planung der Leitung, resp. des SÜL-Verfahrens. Die Festsetzung des SÜL-Korridors durch den Bundesrat erfolgte dann am 31. Oktober 2012.

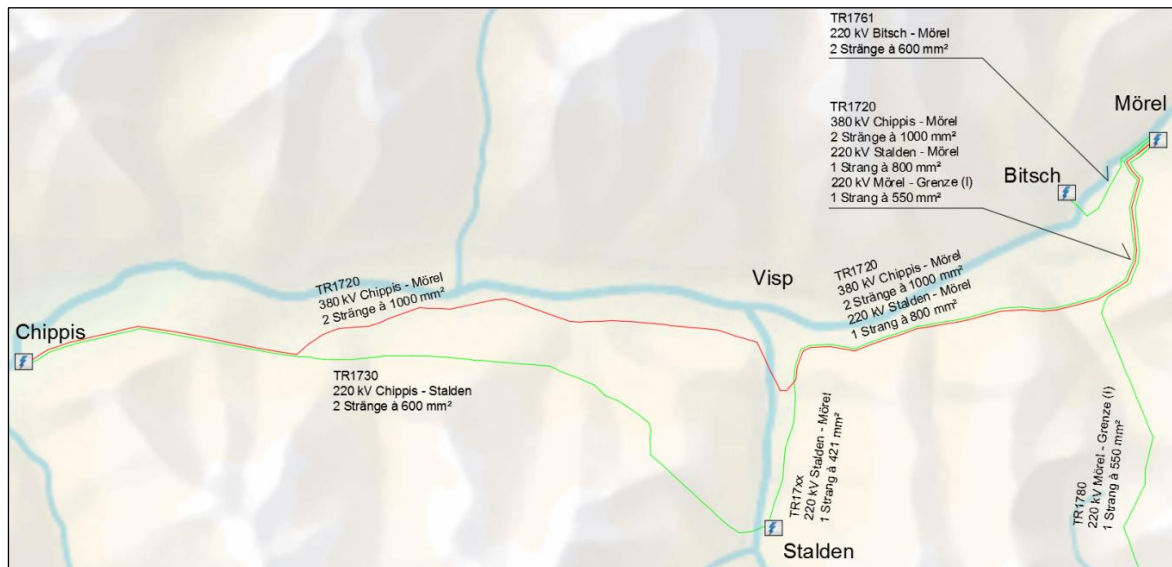


Abbildung 1: Eingabeprojekt Freileitung

Wie in der Abbildung 1 ersichtlich beabsichtigt Swissgrid, die bestehende zweisträngige 220-kV Hochspannungsleitung zwischen Chippis und Mörel-Filet durch eine neue 380-kV-Leitung zu ersetzen. Zudem soll im Abschnitt zwischen Chippis und Turtmann die bestehende 65-kV-Leitung der Valgrid auf das gleiche Gestänge aufgelegt werden. Im Weiteren wird die 220-kV-Leitung Stalden – Mörel-Filet ab Visp / Staldbach und die 220-kV-Leitung Gaby / Serra – Mörel-Filet ab Ried-Brig ebenfalls auf das gleiche Gestänge aufgelegt.

Die bestehende 220-kV-Leitung Chippis – Mörel-Filet, welche mehrheitlich im Talboden verläuft, wird komplett demontiert. Im Pfywald wird die zum Teil parallel verlaufende Leitung Chippis – Stalden im Abschnitt Chippis bis „Emsbach“ in den gleichen Korridor verlegt. Die 65-kV-Leitungen Leuk – Löttschen, wie auch die 20-kV- und 9-kV-Leitungen, werden im BLN-Gebiet 1716 verkabelt.

## 3 Kabeldimensionierung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Dimensionierung der, für dieses Projekt benötigten, Hochspannungskabel für zwei 380-kV- bzw. ein 220-kV-System.

Reserverohre für Erdverbindungen und Datenleitungen sind bei Verkabelungen notwendig. Diese werden in der weiteren Projektplanung dimensioniert und sind in den Skizzen der vorliegenden Studie nicht enthalten.

### 3.1 Thermische Auslegung

Für die Auslegung der Kabelsysteme hat Swissgrid die nachfolgend aufgeführten technischen Vorgaben angegeben. Diese beruhen auf der Forderung, dass die Kabelleitung ohne erhöhte Einschränkungen im Netzbetrieb die Freileitung 1:1 ersetzen kann.

- Maximalstrom der 380-kV-Systeme ( $I_{\text{therm}@10^{\circ}\text{C}}$ ) 1: 2'940 A
- Maximalstrom des 220-kV-Systems ( $I_{\text{therm}@10^{\circ}\text{C}}$ ) 2: 1'470 A
- Massgebender Betriebsstrom ( $I_{\text{therm}@40^{\circ}\text{C}}$ ) des 380-kV-Systems 1: 2240 A
- Massgebender Betriebsstrom ( $I_{\text{therm}@40^{\circ}\text{C}}$ ) des 220-kV-Systems 2: 1120 A
- Lastfaktor: 0.8
- Beim 380-kV-System sind pro Phase zwei identische Kabel zu installieren.  
Ein System besteht somit aus 6 Kabeln mit zwei Teilsystemen à 3 Kabeln und einem Reservekabel für den Störfall.
- Beim 220-kV-System ist pro Phase ein Kabel zu installieren.  
Ein System besteht somit aus 3 Kabeln und einem Reservekabel für den Störfall.
- Kabeltyp: Einleiter Kunststoffkabel XLPE
- Leiterquerschnitt: 1 x 2'500 mm<sup>2</sup> Cu
- Schirmquerschnitt: ca. 200 mm<sup>2</sup> Cu
- Spannung  $U_o/U$  ( $U_m$ ): 220/380 (420) kV
- Isolationsmaterial: VPE (vernetztes Polyethylen)
- Maximale Leitertemperatur: 90°C
- Die Stromrichtung der zwei Systeme wird als gleichgerichtet angenommen. Die Unterschiede zwischen gleich- und gegengerichteten Systemen sind bei Kabelleitungen aber untergeordnet.



### 3.2 Polymerkabel

Im Jahr 1986 wurden in Frankreich zum ersten Mal 380-kV-Kabel mit einer Isolierung aus thermoplastischem Polyethylen (PE) installiert. In Deutschland wurden 380-kV-Kabel mit einer Isolierung aus thermoelastischem vernetzten Polyethylen (VPE) im Jahr 1997 zum ersten Mal installiert. Weltweit hat sich inzwischen, dass für höhere Betriebstemperaturen von 90°C geeignete, VPE als Kabelisolierung durchgesetzt. Dieser Kabeltyp gilt zurzeit als Stand der Technik.

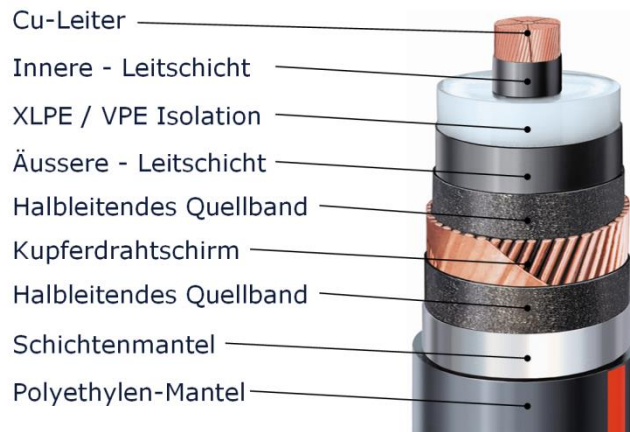


Abbildung 2: Aufbau Polymerkabel (Quelle: Brugg Cables, 2017)

Damit die Übertragungskapazität gewährleistet werden kann, muss der Kabelquerschnitt der thermischen Situation in einem Rohrblock bzw. Tunnel angepasst werden. Bei einer Verlegung im Tunnel kann die Abwärme mittels einer aktiven oder passiven Lüftung abgeführt werden.

Der Kupferleiter kann durch Aluminium ersetzt werden. Es muss jedoch beachtet werden, dass der Leiterquerschnitt für die gleiche Energieübertragung dementsprechend vergrössert werden muss.

### 3.3 Kompensationsanlage

Um die Blindleistung zu kompensieren, müssen je nach Länge der Kabelleitung am Anfang und Ende der Kabelstrecke eine Kompensationsdrossel installiert und an die beiden Teilsysteme parallel angeschlossen werden.

## 4 Kabelverlegung

Dieses Kapitel beschreibt die verwendeten Verlegungsarten für die vorliegende Verkabelungsvariante. Zudem werden die jeweiligen Vor- bzw. Nachteile zu den einzelnen Verlegungsarten aufgezeigt.

### 4.1 Übersicht der verwendeten Verlegearten

Die folgenden Kabelverlegungen werden in dieser Verkabelungsvariante verwendet:

- **Rohrblock**  
Generelle Verlegungsart auf dem gesamten Trassee.
- **Bergmännischer Tunnel**  
Wird auf den Abschnitten 5, 6, 8 und 9 angewendet (siehe Kap.6.5, 6.6, 6.8, 6.9).
- **Mikrotunnel**  
Wird verwendet um Hindernisse wie z.B. Flüsse, Bäche, historische Bauten (siehe Kap.6.7) zu unterqueren.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Kabelverlegungsarten genauer beschrieben.

## 4.2 Rohrblock

Für die Anordnung im Rohrblock wurde die magnetische Flussdichte nach NISV sowie die thermischen Eigenschaften berechnet. Diese Anordnung muss für die Einhaltung des IGW in der ungünstigsten Form (Variante 05-06 mit Umschaltung auf Reserveleiter) 1.3 m unter Boden (Zentrum der Kabelachse und oberste Ebene) angeordnet werden. Dies ergibt eine Überdeckung des Rohrblocks von ca. 1.1 m. Dabei wird eine maximale magnetische Flussdichte 20 cm über Boden von 95.7  $\mu\text{T}$  erreicht. Die berechnete maximale Leitertemperatur, bei der Annahme von Umgebungsmaterial Erde und Beton, ist mit 75°C ausreichend. Der berechnete Untersuchungsperimeter ( $B < 1 \mu\text{T}$ ) bei 1830 A pro System beträgt 7.5 m beidseitig parallel zur Leitungsachse.

Beschreibung:

- Der Betonrohrblock besteht aus einem nichtarmierten Beton und Kunststoffrohre mit einem Durchmesser von 250 mm.
- Die Kabel werden nachträglich in die Kunststoffrohre eingezogen.

Gefährdungspotential der Kabel:

- kleines Gefährdungspotential

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Zum Teil sehr grosser Aufwand (je nach Platzierung der Kabel)
- Freilegen des Rohrblocks
- Kabel umlegen
- Falls eine Freilegung nicht möglich ist, muss die gesamte Kabellänge ausgebaut und ersetzt werden.

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Grundsätzlich relativ einfach. Probleme ergeben sich insbesondere durch Verkalkungen und Verschmutzungen, sodass die Kabel festsitzen.

Diese Verlegung ist geeignet für:

- besiedelte Gebiete
- bewaldete Gebiete
- Strassen

In den nachfolgenden Normalprofilen wird von 2 bzw. 3 Kabelrohrblöcken ausgegangen. Diese haben einen gegenseitigen Abstand von 3.5 m. Pro Kabelblock werden acht Kabelschutzrohre verlegt und einbetoniert. Die Kabel werden nachträglich in die Kunststoffrohre eingezogen.

Nachfolgend werden schematisch zwei verschiedene Normalprofile unterschieden:

- Normalprofil in flachem Gelände
- Normalprofil in steilem Gelände

#### 4.2.1 Normalprofil ebenes Gelände

Zwischen den beiden Kabelblöcken mit Abstand von ca. 3.5 m ist für eine Transport- und Baupiste nicht genügend Platz vorhanden. Die erforderliche Baupiste wird somit seitlich des Trassees erstellt. Der Humus wird abgetragen und seitlich deponiert. Der Aushub wird ausgeführt und ebenfalls seitlich deponiert. Das überschüssige Aushubmaterial (Verdrängung durch Kabelblock) wird abtransportiert. Der Aushub für die Kabelblöcke selber wird möglichst senkrecht ins Terrain ausgeführt, die Leerrohre verlegt und der Kabelblock direkt gegen das Erdreich betoniert. Mit dieser Ausführungsart können die Aushubmenge reduziert und vor allem die seitlichen Schalungen für die Kabelblöcke eingespart werden. Der Aushub wird wieder eingebracht und verdichtet, sowie der Humus wieder angelegt. Die Baupiste wird zurück gebaut. Der gesamte Platzbedarf beträgt ca. 25.5 m Breite. Bei 2 Systemen werden diese gleichzeitig erstellt. Bei 3 Systemen werden zuerst deren 2 eingebaut und aufgefüllt, bevor das dritte System erstellt wird. Mit dieser Baumethode wird die Breite des Baustellenbedarfs in Grenzen gehalten.

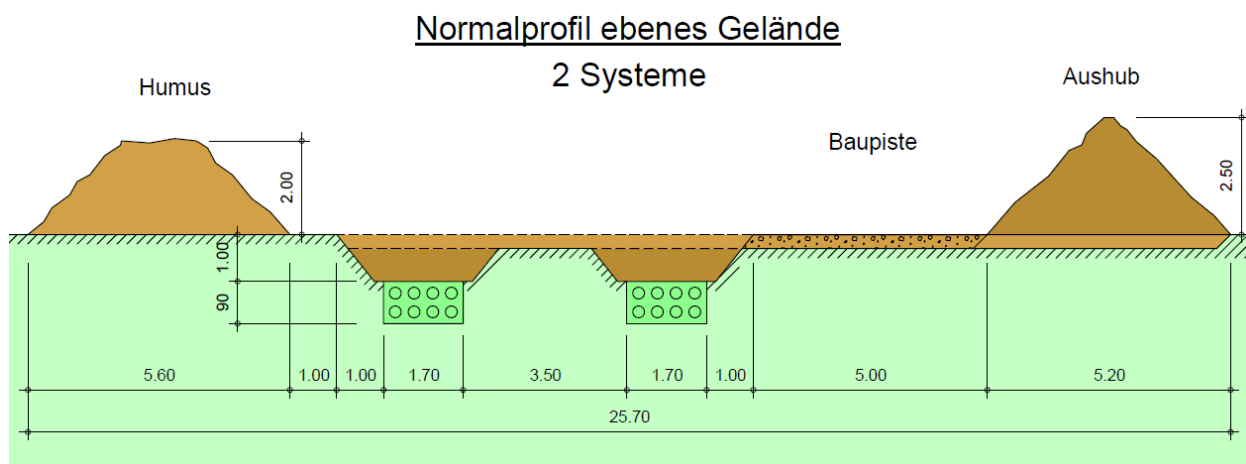


Abbildung 3: Normalprofil bei 2 Systemen im flachem Gelände

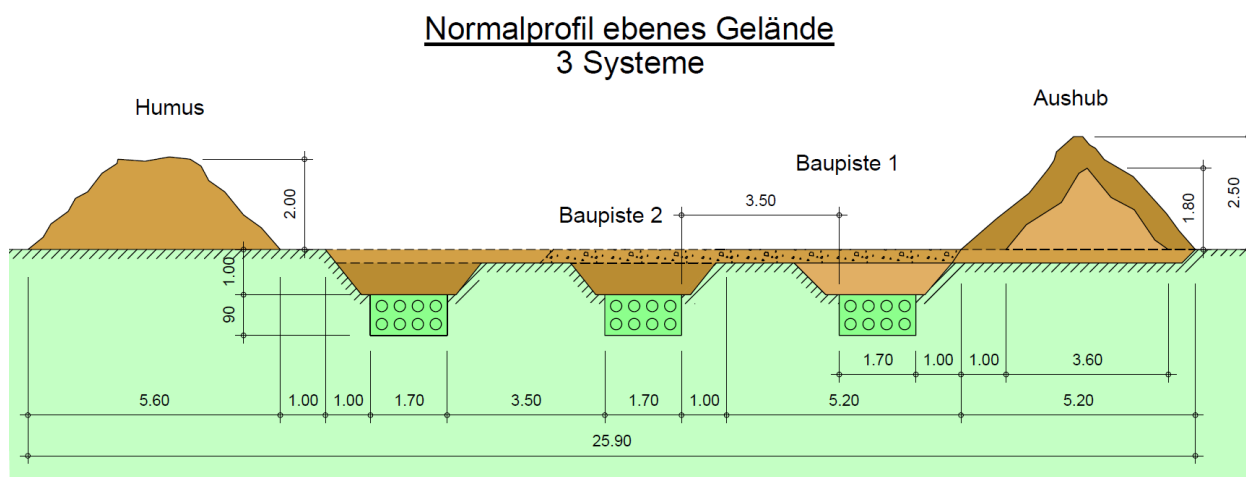


Abbildung 4: Normalprofil bei 3 Systemen im flachem Gelände

#### 4.2.2 Normalprofil Gelände mit Quergefälle

Im Gelände mit Querneigung müssen die Kabelblöcke in mehreren Etappen erstellt werden. Im untersuchten Perimeter zwischen Visp und Mörel kann sich die Hangneigung variieren. Im Typenprofil wird eine mittlere Hangneigung von  $30^\circ$  angenommen. Pro Kabelrohrblock muss eine Etappe ausgeführt werden.

Für die erste Bauetappe wird der Humus auf der erforderlichen Breite der ersten Etappe abgetragen und möglichst oberhalb deponiert. Der Aushub für die erste Phase wird ausgeführt und unterhalb als Aufschüttung für die Baupiste deponiert und verdichtet. Für die Baupiste selber wird Koffermaterial angeliefert, welches entsprechend verdichtet wird. Der Aushub für den ersten Kabelblock wird möglichst senkrecht ins Terrain ausgeführt, die Leerrohre verlegt und der Kabelblock direkt gegen das Erdreich betoniert. Mit dieser Ausführungsart können die Aushubmenge (teils im Fels) reduziert und vor allem die seitlichen Schalungen für die Kabelblöcke eingespart werden.

Mit dem Aushubmaterial der ersten und der zweiten Phase und dem Koffermaterial der Baupiste wird einerseits die offene Baugrube der ersten Phase wieder aufgefüllt und andererseits die talseitige neue Baupiste für die zweite Phase aufgeschüttet und verdichtet. Der oberhalb der ersten Etappe zwischendeponierte Humus wird parallel dazu runtergezogen und angelegt. Der Aushub für den zweiten Kabelblock wird ebenfalls senkrecht ins Terrain ausgeführt, die Leerrohre verlegt und der Kabelblock direkt gegen das Erdreich betoniert. In sehr steilem Gelände müssen die Böschungen eventuell mit Spritzbeton, Vernagelungen und/oder Verankerungen gesichert werden.

Die dritte Bauetappe wird analog der zweiten Bauetappe ausgeführt. Abschliessend wird der Humus über alle drei Bauetappen sauber angelegt. Die Baupiste der dritten Bauetappe wird zurück gebaut. Der gesamte Platzbedarf beträgt für 2 Gruppen ca. 24.0 m, für 3 Gruppen ca. 29.0 m.

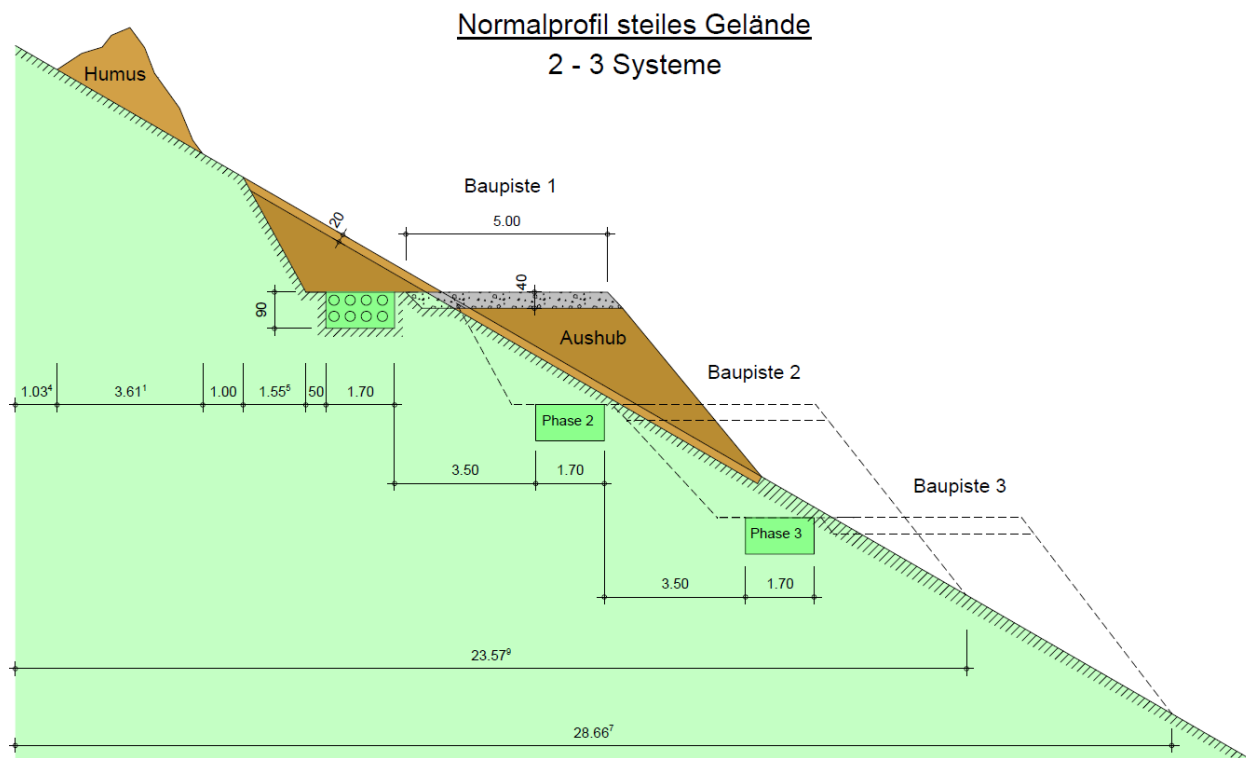


Abbildung 5: Normalprofil bei 2-3 Systemen im steilen Gelände mit Quergefälle

### 4.3 Bergmännischer Tunnel

Für die Anordnung im Tunnel wurde die magnetische Flussdichte nach NISV sowie die thermischen Eigenschaften berechnet. Diese Anordnung muss für die Einhaltung des IGW in der ungünstigsten Form (Variante 05-06 mit Umschaltung auf Reserveleiter)<sup>1</sup> 1.5 m unter Boden (Zentrum der Kabelachse und oberste Ebene) angeordnet werden. Siehe generelle Berechnungen zu Kabelstudien. Dabei wird eine maximale magnetische Flussdichte 20 cm über Boden von 96.0  $\mu\text{T}$  erreicht. Die maximale Leitertemperatur kann mit einer aktiven Lüftung unter 90°C gehalten werden. In der Machbarkeitsstudie wurden die Bodendaten noch nicht erhoben. Somit kann keine Berechnung mit verbindlichen Aussagen erstellt werden. Der berechnete Untersuchungsperimeter ( $B < 1 \mu\text{T}$ ) bei 1830 A pro System beträgt 5.9 m beidseitig parallel zur Leitungsachse.

Beschreibung:

- Bergmännisch erstellte, begehbare Tunnel kommen nur dort zum Einsatz, wo alle anderen Möglichkeiten wegfallen. Dabei sind sowohl ein Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine (TBM) als auch die herkömmliche Methode mit Sprengungen möglich.
- Der Vorteil dieser Bauweise liegt vor allem in der Umweltverträglichkeit, insbesondere, weil nur wenige Landressourcen am Tunnelanfang und am Tunnelende benötigt werden.
- Im Rahmen der Detailprojektierung sind für diese Ausführungsvariante umfangreiche geologische Abklärungen notwendig.

Grabenprofil:

- Durchmesser ca. 3.5 m bei 2 Systemen und ca. 4.1 m bei 3 Systemen.

Gefährdungspotential der Kabel:

- Sehr geringes Gefährdungspotential

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Relativ einfache Behebung der Schadstelle
- Ortung der Schadstelle gut, da gesamte Kabelanlage begehbar ist
- Relativ einfache Reparatur

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Grundsätzlich relativ einfach
- Probleme mit den in Betrieb befindlichen benachbarten Kabeln

Diese Verlegung ist geeignet für:

- besiedeltes Gebiete
- bewaldete Gebiete
- Schutzgebiete
- Strassen

---

<sup>1</sup> Bericht Alpiq EnerTrans AG, Generelle Berechnungen zu Kabelstudien, April 2014 V1.1

#### 4.3.1 Normalprofil Bergmännischer Tunnel

Bergmännisch erstellte und begehbare Tunnels kommen nur dort zum Einsatz, wo alle anderen Möglichkeiten wegfallen. Beim bergmännischen Stollenvortrieb erfolgt der Ausbruch je nach Geologie mittels Fräsen, Bohren und/oder Sprengungen. Als Sicherung finden Ausbaubögen aus Rundstahl oder speziellen Stahlprofilen, die in den Stollenquerschnitt gestellt werden, Anwendung. Die Sicherung wird je nach Material entweder von Hand oder maschinell vorausgehend eingeschlagen bzw. vorgepresst oder entsprechend dem Bodenabbau an der Ortsbrust in Intervallen nachgetrieben und kraftschlüssig gegen die Ausbaubögen verkeilt. Zur Vermeidung von Setzungen sind verbleibende Hohlräume im Baugrund bzw. Fehlstellen im Verzug gegen ein Herausrieseln des Bodens z.B. durch Spritzbeton zu sichern. Der gelöste Boden und Abraum werden je nach Grösse des Stollens durch Schubkarren, Bandförderung, Kübelförderung mit oder ohne Gleis abtransportiert.

Ein wesentlicher Vorteil des bergmännischen Stollenvortriebs ist, dass er vor Ort flexibel an sich verändernde Baugrundverhältnisse anpassbar ist und auch grössere Steigungen eher bewältigt werden können als mittels Rohrvortrieb oder mittels Tunnelbohrmaschine. Allerdings ist ein hoher personeller Aufwand erforderlich und eine niedrigere Vortriebsgeschwindigkeit zu erwarten. Vorhandenes Wasser muss abgefangen und abgeleitet werden. Insgesamt ist gegenüber dem Stollenbau mit Tunnelbohrmaschine eher mit höheren Kosten pro Tunnelmeter zu rechnen. In der folgenden Trassenanalyse wird der bergmännische Stollenvortrieb für folgende Teilstücke betrachtet:

Tabelle 1: Übersicht der geplanten Tunnels

Standort	Abschnitt	Länge
Tunnel Visp West	5	2'700 m
Tunnel Hochtenn	6	3'800 m
Tunnel Saltina West	8	774 m
Tunnel Saltina Ost	8	789 m
Tunnel Mattigrabu	9	2'290 m

Im Rahmen einer Detailprojektierung sind für diese Ausführungsvariante umfangreiche geologische und geotechnische Abklärungen erforderlich.



Abbildung 6: Kabeltragelemente (Quelle: nkt cables, Referenzen / Beddington, London, 2016)

#### 4.3.2 Leitungsanordnung im Bergmännischen Tunnel

Die Leitungsanordnung im Stollen für insgesamt drei Systeme ist herausfordernd. Die insgesamt je sieben 380-kV-Rohre der beiden Systeme (zwei Doppelsysteme mit jeweils einem Reservekabel) können links und rechts im Stollenprofil mit einem Achsabstand von 40 cm angeordnet werden.

Die sieben Rohre des 220-kV-Kabelsystems (Leitung Stalden) werden ebenfalls links und rechts im Stollenprofil mit einem gegenseitigen Abstand von 40 cm verteilt. Somit werden sämtliche der 21 Leitungen rundum an der Tunnelwand befestigt.

Neben der mechanischen und thermischen Auslegung des Leitungsgangs spielt die Frage des betrieblichen Magnetfeldes im Zusammenhang mit der Begehbarkeit des Leitungsgangs, beispielsweise zu Reparatur- oder Wartungszwecken, eine wichtige Rolle. Der gesetzlich definierte Grenzwert der magnetischen Induktion zum Schutz des eigenen Personals für die Zugangsberechtigung beträgt 500  $\mu\text{T}$ . Damit stellt sich die Frage, ob bei den vorgesehenen Kabelanordnungen dieser Grenzwert im freien Durchgangsquerschnitt des Leitungsstollens eingehalten werden kann. Für diesen freien Durchgangsquerschnitt ist von einer Mindestbreite von 1.0 m und einer Mindesthöhe von 2.0 m auszugehen.

Es bleibt zu prüfen, ob für Reparatur- oder Wartungsarbeiten eines der Systeme temporär abgestellt werden muss, damit die magnetische Induktion die vorgegebenen Grenzwerte zum Schutz des eigenen Personals nicht übersteigt. Dies hätte allerdings während diesen Reparatur- und Wartungsarbeiten einen Ausfall des jeweiligen Systems zur Folge.

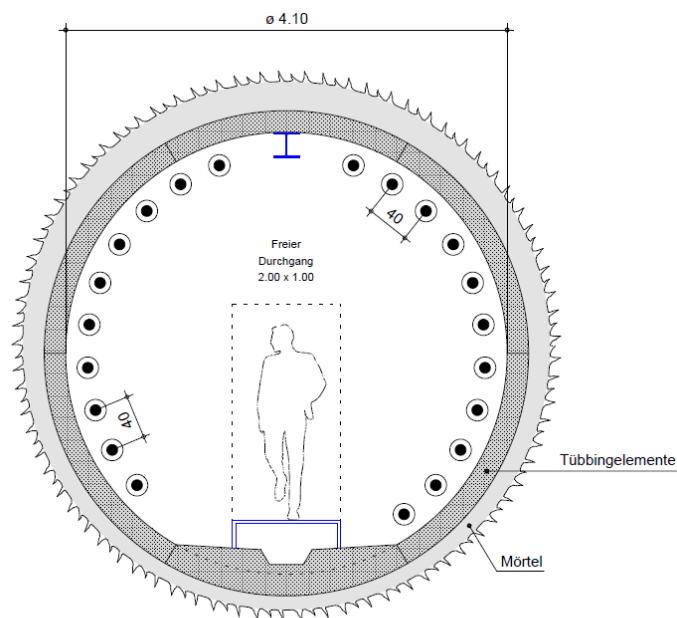


Abbildung 7: Mögliche Kabelanordnung bei 3 Systemen im Stollenquerschnitt



## 4.4 Mikrotunnelverfahren

Da die Anordnungen und Umgebungsbedingungen für diese Variante stark variieren können, ist eine magnetische und thermische Berechnung in der Machbarkeitsstudie nicht sinnvoll. Es sind aber diverse Anordnungen mit diesem Verfahren möglich.

Beschreibung:

- Das Mikrotunnelverfahren kommt in denjenigen Fällen zum Einsatz, in welchen die Verhältnisse keine offene Bauweise erlauben. Mit dieser Bauweise können auch Naturschutzzonen, Gewässer, Eisenbahnen, Autobahnen und andere Infrastrukturen unterquert werden. Voraussetzung ist, dass die Kabelanlage nicht zwingend begehbar sein muss, wobei bei dieser Baumethode auch eingeschränkt begehbare Tunnel denkbar sind.
- Es sind Durchmesser von 200 – 3'200 mm möglich, wobei die minimalen Teilstrecken länger werden, je grösser der Durchmesser ist. Bei Durchmessern grösser 1'600 mm sind Teillängen bis zu 1'000 m möglich. Es sind minimale Kurvenradien von 250 m möglich.
- Die Vermessungstechnik erlaubt höchste Präzision und einen zielgenauen Vortrieb (Abweichungen von maximal 200 mm).
- Als Vortriebsrohre können verschiedene Rohrtypen gewählt werden, wobei in der Regel Stahlbetonrohre eingesetzt werden.
- Es ist empfehlenswert, nach dem Einzug der Leerrohre den ganzen Tunnel zu injizieren, wobei spezielle, thermisch stabilisierte Werkstoffe (Mörtel) zum Einsatz kommen.
- Die Mindestverlegetiefe beim Mikrotunnel beträgt ca. den doppelten Rohrdurchmesser (Stabilität der Überdeckung).
- Am Anfang und Ende jeder Teilstrecke sind je ein Start- und Zielschacht notwendig.
- Grundsätzlich ist Mikrotunnel in fast allen geologischen Verhältnissen möglich. Je nach Untergrund kommen jedoch verschiedene Bohrköpfe zum Einsatz. Damit die richtigen Bohrköpfe vor Baubeginn bestimmt werden können, sind umfangreiche geologische Untersuchungen notwendig.
- Das Verfahren ist im Grundwasser anwendbar. Es sind keine Grundwasserabsenkungen notwendig.

Gegebenenfalls ist der Einbau einer Wasserkühlung notwendig, um die Abwärme der belasteten Kabel abzuführen. Dies bedingt eine entsprechende Infrastruktur für die Kühlanlage (Wasser, Strom).

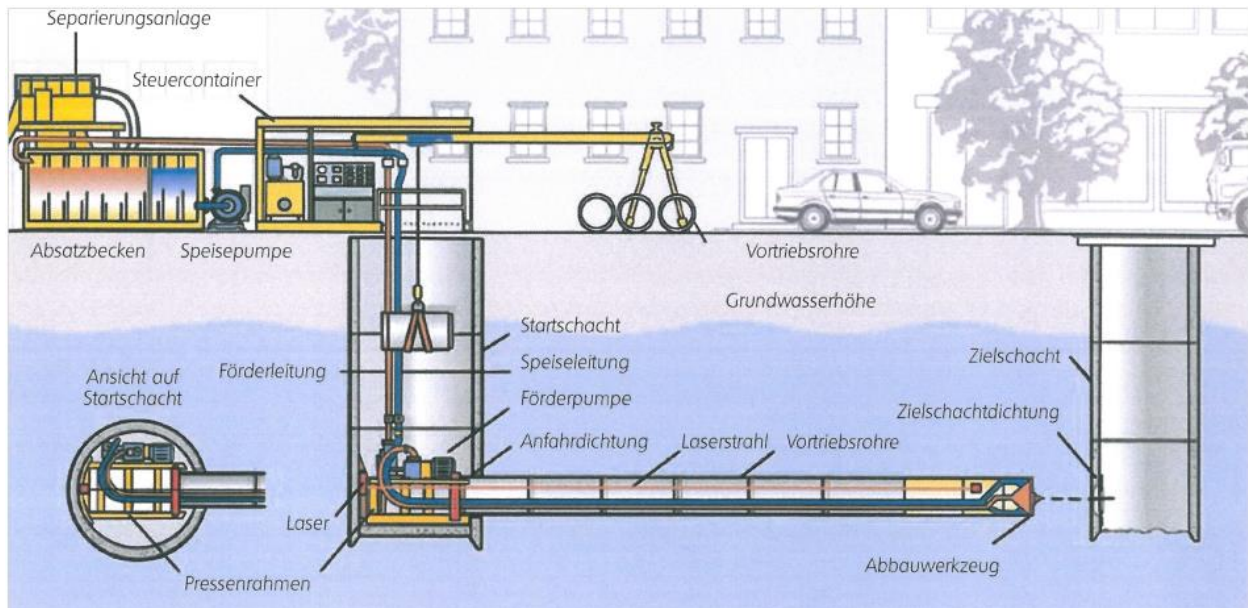


Abbildung 8: Mikrotunnel (Quelle: unbekannt)

Gefährdungspotential der Kabel:

- Sehr geringes Gefährdungspotential

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Es ist nur ein Totalersatz möglich (Kabel nicht oder schlecht zugänglich)

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Grundsätzlich relativ einfach. Probleme ergeben sich insbesondere durch Verkalkungen und Verschmutzungen, sodass die Kabel feststecken.

Diese Verlegung ist geeignet für:

- besiedelte Gebiete
- bewaldete Gebiete
- Schutzgebiete
- Strassen

## **5 Infrastruktur zu Kabelverlegung**

### **5.1 Übergang bei Wechsel der Verlegeart**

Beim Wechsel der einzelnen Baumöglichkeiten sind für den Kabelzug grundsätzlich keine Schächte vorgesehen. Nachdem die verwendeten Systeme alle mit Rohren ausgestattet sind, kann die Durchlässigkeit für die Kabelzüge gewährleistet werden.

Im Übergangsbereich zwischen Rohrblock und begehbarem Tunnel muss ein Zwischenschacht (projektspezifisch) erstellt werden.

### **5.2 Muffenverbindungen**

Je nach Transport- und Zugangsmöglichkeiten können die Lieferlängen der Kabel zwischen 500 m und 1300 m liegen. Da sich im Abschnitt zwischen Visp und Mörel topografisch schwieriges Gelände mit eingeschränkten Zufahrtsmöglichkeiten befindet, ist eher von Kabellängen zwischen 600 – 900 m auszugehen. Aufgrund der begrenzten Kabellänge sind somit ca. alle 600 – 900 m Muffenverbindungen einzuplanen.

Muffen von Hochspannungsrohrleitungen können nicht einfach in die Rohrtrassen (Rohrblock oder Tunnel) integriert werden und sind die heikelsten Bestandteile einer Kabelleitung. Eine 380-kV Muffe hat strenge Einbaubedingungen (Reinraum) und braucht für die Montage entsprechend Platz. Zudem muss der Zugang zu den Muffen für Reparatur- und Unterhaltsarbeiten jederzeit mit schwerem Gerät möglich sein. Nachfolgend werden die Muffenschächte beim System Rohrblock und beim System Tunnel beschrieben.

#### **5.2.1 Muffenschächte bei System Rohrblock**

Ein Muffenschacht muss so ausgebildet werden, dass die Aufschiebe-Muffen korrekt montiert werden können. Im Weiteren werden auch die Stromkabel über die Muffenschächte in die bereits erstellten Kabeltrassen eingeführt. Eine 380kV Muffe hat eine Länge von ca. 3 m und benötigt rund 10 m für deren Montage. Die Kabel müssen mit Verankerungsbriden befestigt werden, um die Zug- und Druckkräfte der Längendilatation der Kabel aufzunehmen. Aus diesen Gründen müssen die Muffenschächte mit schwerem Gerät zugänglich sein. Die Kabel werden auf Kabeltrommeln (Bobinen) aufgewickelt und über gut befestigte Zufahrtsstrassen transportiert und zu den Muffenschächten angeliefert. Ein 800 m langes 380kV Stromkabel hat ein Gewicht von ca. 28 Tonnen (35 kg/m'), ohne Gewicht des Transportfahrzeuges. Somit müssen die Zufahrtsstrassen tragfähig sein, die maximal zulässigen Steigungen einhalten und ausreichende Kurvenradien aufweisen. Pro Muffenschacht werden bei drei Kabelsystemen insgesamt 21 Kabel angeliefert und eingezogen. Die gleichen Aufwendungen werden bei Zweitinvestitionen erneut fällig. Hinzu kommt noch die Entsorgung der alten eingebauten Kabel. Deshalb müssen die Muffenschächte für Unterhaltszwecke und Reparaturen jederzeit mit entsprechenden Fahrzeugen und Lastwagen zugänglich und erreichbar sein, auch im Winter.

Die Muffen werden in Längsrichtung um 2.0 m gegeneinander versetzt angeordnet. Dies ergibt bei vier Kabeln pro Seite eine erforderliche Länge der Muffenkammer von ca. 19.6 m (5 x 2.0 m plus 4 x 2.4 m). Eine optimierte Anordnung lässt die Länge der Muffenkammer vielleicht auf 15 – 18 m reduzieren. Die Breite einer Muffenkammer beträgt 2.6 – 3.0 m inklusive freier Arbeitsbereich. Pro

System sind aus sicherheitstechnischen Gründen zwei Kammern erforderlich. Somit ergeben sich für die drei vorliegenden Systeme insgesamt sechs Kammern.

Hier nicht dargestellt oder berücksichtigt ist der Übergang von der ebenen Kabelanordnung im Rohrblock in die seitliche vertikale Wandanordnung. Hierfür ist entsprechend Platz vorzusehen.

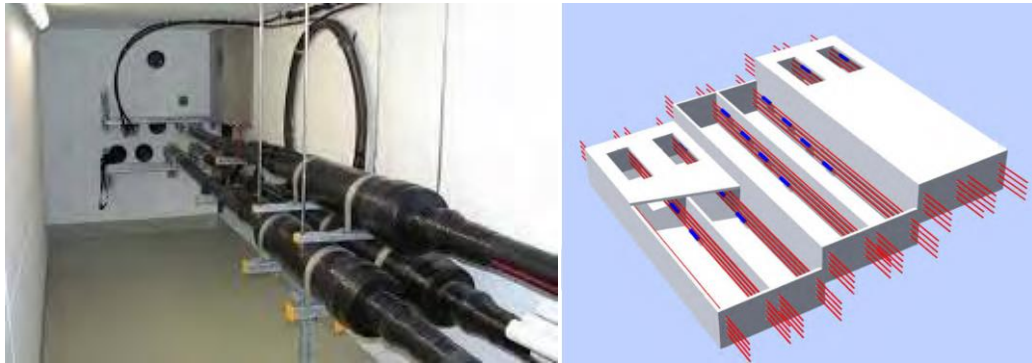


Abbildung 9: Blick in Muffenschacht-Kammer und Modell Muffenschacht mit 3 Systemen (Quelle: unbekannt)

### 5.2.2 Muffenschächte bei System bergmännischer Tunnel

In Abständen von 600 – 900 m müssen die Kabel auch im Tunnel mit Muffen gestossen werden. Aufgrund des grossen Tunnelquerschnitts von 4.1 m Durchmesser können die Muffen ohne Tunnelaufweitung integriert werden. Dabei werden jeweils drei seitliche Kabel zur Mitte des Tunnels hin positioniert. Es ist darauf zu achten, dass der erforderliche freie Arbeitsbereich von 1.0 m Breite und 2.0 m Höhe gewährleistet bleibt.

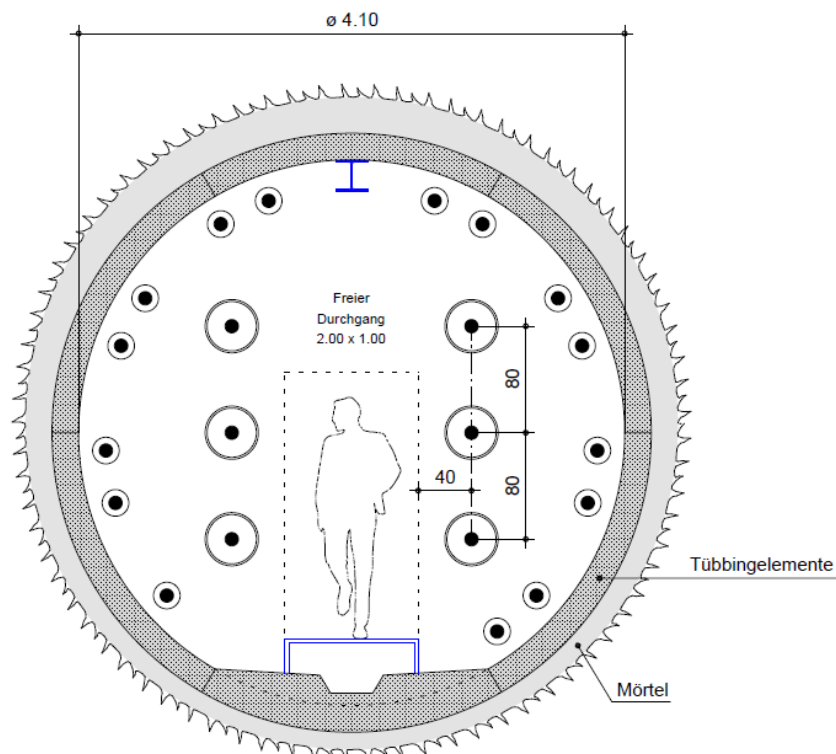


Abbildung 10: Mögliche Kabelanordnung bei 3 Systemen im Stollenquerschnitt im Bereich der Muffen

## 5.3 Lüftung für Tunnel, Stollen und Infrastrukturkanal

Bei Lüftungen für Tunnel, Stollen und Infrastrukturkanälen wird zwischen den zwei folgenden Lüftungsarten unterschieden.

### 5.3.1 Natürliche Lüftung

Das System der natürlichen Lüftung enthält keine elektromechanischen Lüftungskomponenten. Bei der natürlichen Lüftung stellt sich durch die unterschiedlichen Temperaturen und meteorologischen Drücken an den Portalen eine Längsströmung im Tunnel ein. Ein Luftaustausch erfolgt ausschliesslich über die Tunnelportale.<sup>2</sup>

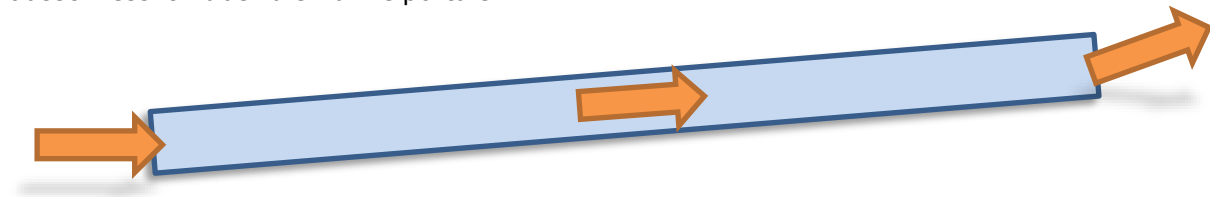


Abbildung 11: System der natürlichen Lüftung

### 5.3.2 Zwangsbelüftung

Die Tunnellüftung besteht aus einem Axialventilator, welcher in einem Servicegebäude beim unteren Portal untergebracht wird. Damit wird die Abwärme der Kabel sicher nach aussen geführt, sodass die maximale Stollentemperatur von 45°C nicht überschritten wird. Die Energiekosten für die Belüftung sind nicht unerheblich.



Abbildung 12: Zwangsbelüftung von Tunneln (Quelle: [www.wolterfans.de](http://www.wolterfans.de), 2016)

<sup>2</sup> -Bundesamt für Strassen ASTRA, Lüftung der Strassentunnel (Ausgabe 2008 V2.03), 2008

## 5.4 Crossbonding

Ein Crossbonding-System besteht aus einem ein- bis mehrfachen von jeweils drei gleich langen Abschnitten mit einem zyklischen Tausch der Mantelerde nach jedem Abschnitt. Die Endpunkte sind fest mit der Erde verbunden. In jedem Abschnitt wird eine Spannung induziert. Im Idealfall sind die drei Streckenlängen identisch, so dass keine Restspannung durch den Mantel fließt. Die Mantelverluste können mit diesem Verfahren sehr gering gehalten werden. Sehr lange Streckenlängen können aus mehreren vernetzten Systemen hintereinander angereicht werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, feste Verbindungen an den Enden zu montieren, sodass im Störfall keine hohen Überspannungen auftreten. Neben dem Vernetzen der Mantelerde können die Leiterphasen zyklisch übertragen werden. Diese Lösung ist besonders für sehr lange Kabelsysteme oder bei parallelen Kabelleitungen angebracht.

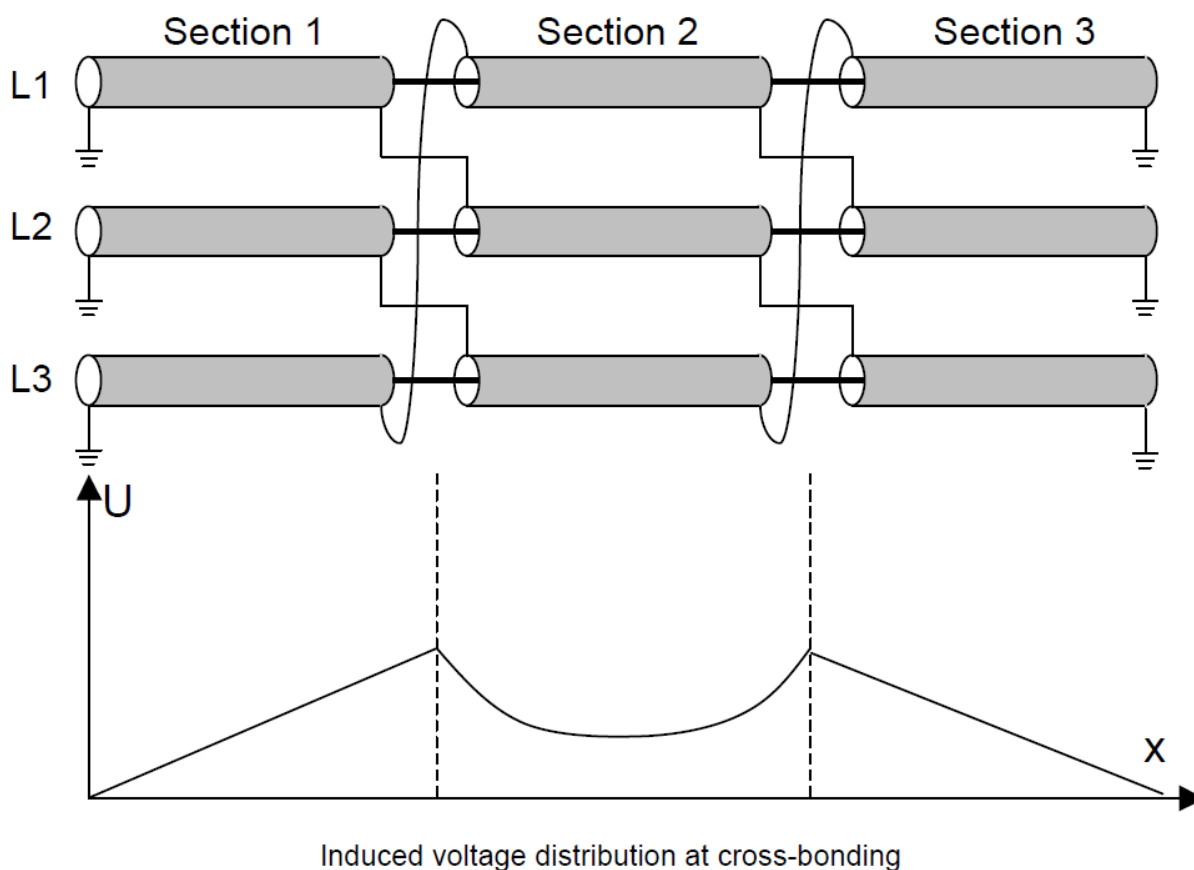


Abbildung 13: Crossbonding bei drei Phasen (Quelle: Brugg Cables, 2016)

Die Verlustreduktion durch Crossbonding entfällt teilweise beim Einsatz des Reservekabels. Die konkreten Auswirkungen sind nicht Bestandteil dieser Studie.

## 5.5 Übergangsbauwerke Kabel-Freileitung

Für den Übergang von der Freileitung auf das Kabel sind spezielle Bauwerke, sogenannte Übergangsbauwerke, erforderlich.

Von den bestehenden Freileitungsmasten werden die Kabel über ein Übergangsbauwerk abgespannt und zum Anfangs- bzw. Endschacht der Verkabelung geführt. Grundsätzlich benötigen die Übergangsbauwerke einen Freileitungsmast (Abspannungsmast oder Abspanngerüst zum Abfangen der Freileitungsseile), einen Endverschluss pro Kabel (insgesamt 12 Stk. + 2 Stk. Reservehaltung für 2 Systeme, oder 18 Stk. + 3 Stk. Reservehaltung für 3 Systeme), einen Überspannungsableiter pro Kabel zum Schutz vor unzulässig hohen Spannungen (ebenfalls 14 bzw. 21 Stk.) und eine Umzäunung zur Verhinderung von unbefugtem Zugang.

Für die Schutztechnik sind zusätzlich Messwandler um einen Fehler auf der Kabelstrecke zu erkennen. So kann im Falle eines Kabelfehlers die automatische Wiedereinschaltung blockiert werden.

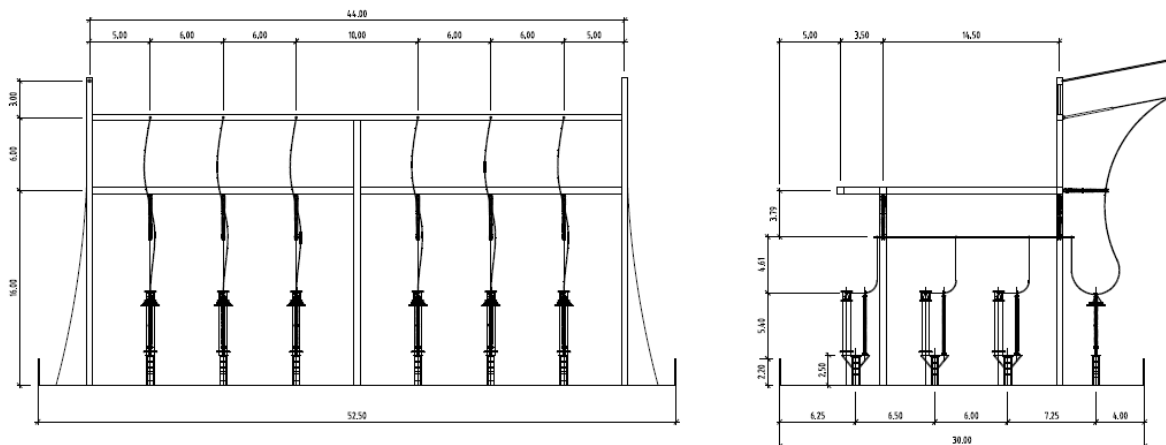


Abbildung 14: Übergangsbauwerk (Quelle: Swissgrid 380-kV-Leitung Beznau – Birr Gde. Riniken)

In Gutachten zu anderen Machbarkeitsstudien wurde aufgezeigt, dass die Übergangsbauwerke mit vertiefter Unterbringung in einer Mulde mit Umgebungsbepflanzung realisiert werden kann. Die Einsehbarkeit wird durch eine geeignete Bepflanzung sicherlich verringert, jedoch wird die Störungsanfälligkeit durch Sturm, Wasser oder Schnee erheblich vergrößert.

Bei der Ausführung des Übergangsbauwerkes in einer gasisolierten Schaltanlage sind aus heutiger Sicht der Stoffverordnung folgende kritischen Punkte zu berücksichtigen:

- Es sind künftig Abgaben auf SF<sub>6</sub> Gas möglich.
- Ein Havariefall mit SF<sub>6</sub>-Gas hat für die Umwelt schwerwiegende Folgen.
- Die Notwendigkeit eines geschlossenen Raumes ergibt höhere Anforderungen an Baubewilligungen.
- Die Instandstellung nach einem Ereignis (z.B. Kurzschluss) wird eine längere Reparaturdauer in Anspruch nehmen. Dies beinhaltet den Austausch des betroffenen und beschädigten Kabelabschnittes und den Austausch der Endverschlüsse.



Bei der vorliegenden Verkabelungsstudie sind zwei Übergangsbauwerke vorgesehen. Beim ersten Übergangsbauwerk in Visp, Blättji erfolgt der Wechsel von zwei Freileitungssystemen zu zwei Kabelsystemen. Ein Übergangsbauwerk für zwei 380-kV-Systeme benötigt eine Fläche von mind. 2'400 m<sup>2</sup> (z.B. 30 x 80 m oder 50 x 50 m). Das entspricht zirka einem halben Fussballfeld.

Das zweite Übergangsbauwerk befindet sich bei Visp, Staldbach vor dem Eingang des bergmännischen Tunnels. Ab diesem Übergangsbauwerk wird die Freileitung Visp-Stalden als Kabelleitung mitgeführt. Anschliessend verlaufen die drei Systeme im bergmännischen Tunnel weiter. Das Übergangsbauwerk für zwei 380-kV-Systeme und einem 220-kV-System benötigt eine Fläche von mind. 4'000 m<sup>2</sup> (z.B. 50 x 80 m). Das entspricht circa  $\frac{3}{4}$  eines Fussballfeldes.

## **5.6 Blindleistungs-Kompensationsanlagen**

Im Realisierungsfall muss die Notwendigkeit sowie eine allfällige Dimensionierung der Kompensationsanlage auf Basis einer Netzstudie überprüft werden. Diese Überprüfung ist nicht Gegenstand dieser Studie. Die Kosten für die Blindleistungskompensationsanlage sowie die Kosten für die Energieverluste sind in dieser Studie nicht enthalten.



## 6 Trassebeschreibung

In diesem Kapitel wird der Verlauf der Verkabelung abschnittsweise beschrieben. Wichtige technische Entscheidungskriterien bei der Wahl des Trassees sind insbesondere:

- Topografie bzw. Gefällesituation aus topografischen Karten und 3D-Grundlagen
- Art und Schutzbedürftigkeit der Oberflächen (Bebauung, Vegetation, Schutzzonen)
- Baugrundsituation aus geologischen Karten, aus Erfahrung sowie aufgrund der Beurteilung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse durch den Geologen Rovina + Partner
- Zugänglichkeit der Baustelle
- Mögliche Standorte von Übergangsbauwerken, Muffenschächte, Belüftungsschächte usw.



Abbildung 15: Übersicht Trasseverlauf Verkabelung Agarn - Mörel

Die Gesamtlänge des Kabeltrassees beträgt ungefähr 39.1 km und ist in neun Abschnitte vom östlichen Ende des Pfywalds westlich von Agarn (Übergangsbauwerk) bis zum Unterwerk Mörel aufgeteilt. Nachfolgend werden die neun Abschnitte genauer beschrieben.

## 6.1 Abschnitt 1: Leuk, Pfywald bis Turtmann, Milachru

Die Abschnittslänge beträgt 4'750 m. Das Trasse beginnt beim Übergangsbauwerk im oberen Pfywald in «Obere Abschlacht» auf 737 m ü. M. Nach einem kurzen Verlauf im Pfywald unterquert das Trasse den Ilgraben. Unmittelbar nach der Querung des Ilgrabens unterquert das Trasse die bestehende Gasleitung und führt anschliessend mehrere hundert Meter parallel zur bestehenden Gasleitung durch mehrheitlich landwirtschaftlich genutzte Gebiete (teils Landschafts- und Naturschutzzonen) des Weilers Feithieren bis nach Agarn.

Nach einer erneuten Querung der Gasleitung führt der Trasseverlauf in Agarn südlich der Bauzonen des Dorfes in vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen bis zur Zentrale der Kraftwerksanlage Argessa AG. Im Gemeindegebiet von Agarn unterquert das Trasse die beiden Bäche Märetschibach und Emsbach.

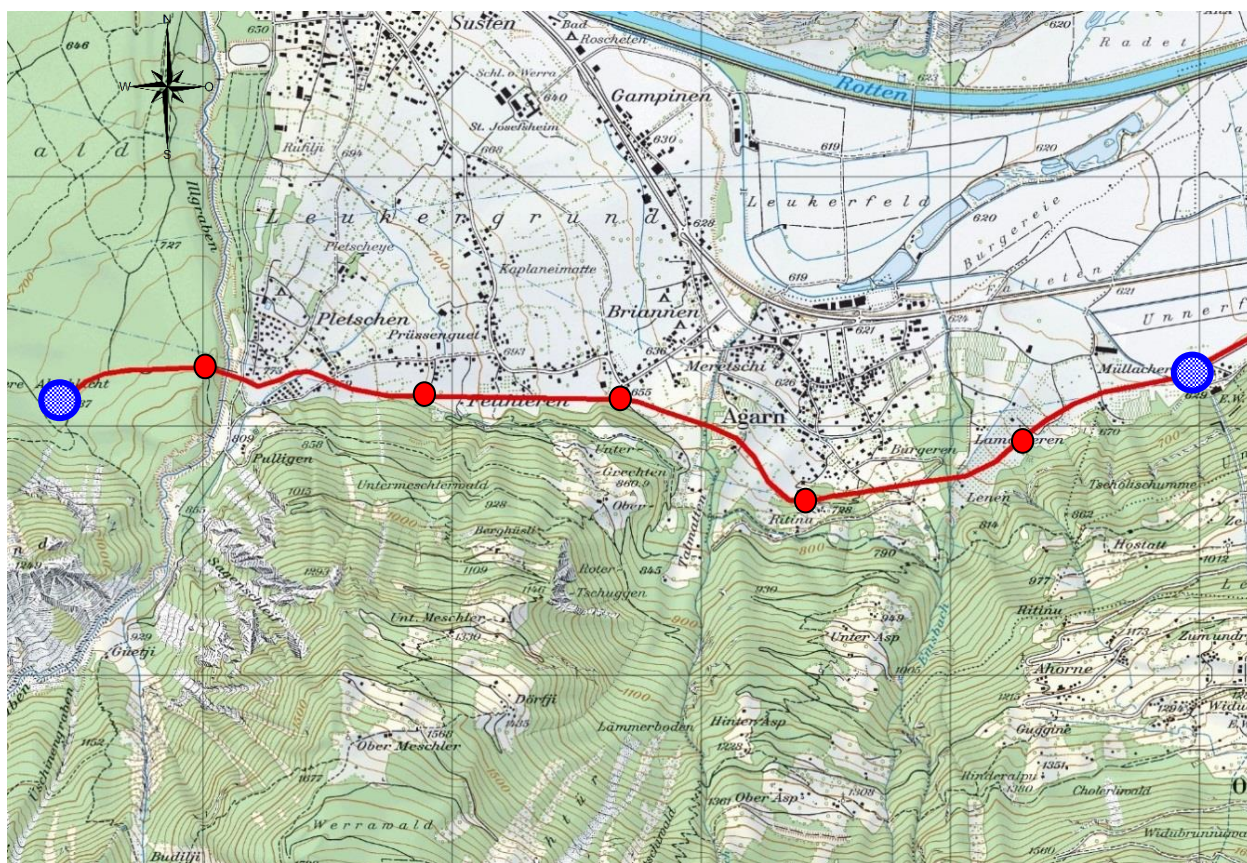





Abbildung 16: Verlauf des ersten Abschnittes von Leuk (Pfywald) bis Turtmann (Milachru)

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht



### 6.1.1 Standort Übergangsbauwerk

Das westliche Übergangsbauwerk befindet sich im Pfywald auf 737 m ü. M.

Argumente für diesen Standort:

- Gute Zugänglichkeit infolge bestehender Flur- und Forststrassen
- Mehrheitlich ebenes Gelände
- Keine optische Beeinträchtigung für das Siedlungsgebiet
- Ausserhalb der roten Gefahrenzone des Illgrabens

Argumente gegen diesen Standort:

- Pfywald (Landschaftsschutzgebiet von nationaler Bedeutung)

### 6.1.2 Linienführung

*Kilometrierung: 0 – 450 m*

Der Kabelrohrblock führt vom Übergangsbauwerk auf 737 m ü. M. 450 m durch den Pfywald bis zum Illgraben. Das Gelände steigt mit ca. 8% leicht an. Unmittelbar vor der Querung des Illgrabens ist ein Muffenschacht vorgesehen. Der Standort des Muffenschachts ist über Forststrassen gut zugänglich.

*Kilometrierung: 450 – 600 m*

In diesen 150 m wird der Illgraben gequert. Die Unterquerung muss in einer ausreichenden Tiefe erfolgen, damit eine genügend dicke Erdüberdeckung das Trasse vor Erosion schützt. Der Illgraben wird im Kapitel 6.1.4 genauer beschrieben.

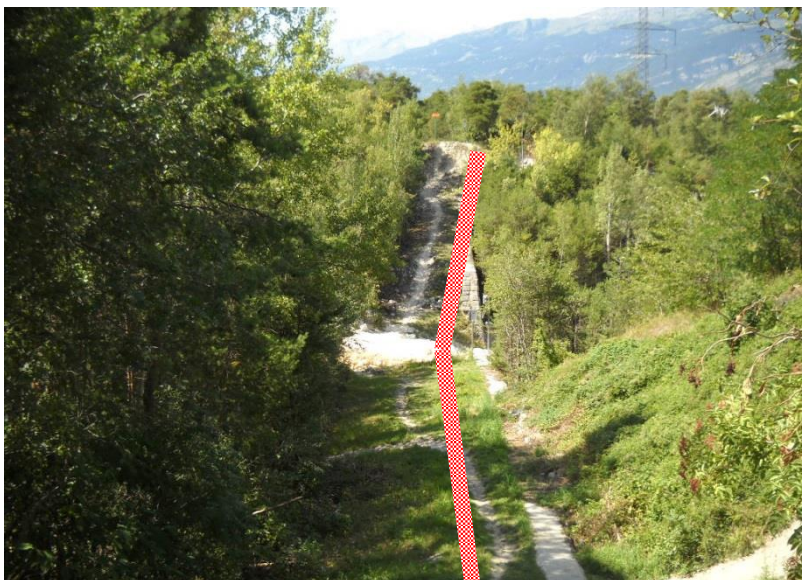


Abbildung 17: Verlauf der Querung des Illgrabens



Abbildung 18: Illgraben mit eingegrabenem Gerinne

*Kilometrierung: 600 – 2'400 m*

Unmittelbar nach der Unterquerung des Illgrabens muss das Trasse die bestehende Gasleitung der Swisssgas AG queren. Die minimale Unterquerungstiefe der Gasleitung beträgt 2 m. Zudem sollte die Unterquerung möglichst 90° zur Gasleitung erfolgen. Die Unterquerung der Gasleitung muss bei einer Realisierung der Kabelleitung detaillierter betrachtet werden. Nach der Querung der Gasleitung führt das Trasse durch vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen mehrheitlich parallel zur bestehenden Gasleitung. Das Gefälle in diesem Bereich beträgt ca. 7%. In diesem Bereich sind zwei Muffenschächte vorgesehen. Die Zugänglichkeit zu diesen beiden Muffenstandorten ist gewährleistet.

Bei Kilometrierung 2'400 m erfolgt eine erneute Querung der Gasleitung.



Abbildung 19: Beispiel für eine im Boden verlegte Gasleitung (Quelle: [www.swissgas.ch/](http://www.swissgas.ch/), 2017)





Abbildung 20: Trasseverlauf durch landwirtschaftliche Flächen im Abschnitt 1



Abbildung 21: Trasseverlauf vor der zweiten Querung mit der Gasleitung



Abbildung 22: Querung des Kabeltrassees (rot) mit der Gasleitung (blau)

*Kilometrierung: 2'400 – 4'750 m*

Nach der Querung der Gasleitung führt das Trassee südlich von Agarn durch vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Durch die südliche, bogenförmige Linienführung werden die Bauzonen und die bestehenden Wohngebäude der Gemeinde Agarn umgehen. Das Trassee steigt in diesem Teilbereich 55 m an (Steigung ca. 7%) und fällt anschliessend um 80 m (Gefälle ca. 8%) ab.

In diesem Teilstück werden auch die beiden Bäche Märetschibach und Emsbach unterquert. Beide Bäche erlauben eine Bauausführung im offenen Grabenbau. Die drei vorgesehenen Standorte der Muffenschächte sind gut zugänglich.



Abbildung 23: Trasseeverlauf südlich von Agarn





Abbildung 24: Trasseverlauf vor der Zentrale der Argessa AG beim Abschnittsende

### 6.1.3 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren

Tabelle 2: Bauverfahren Abschnitt 1

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
0	-	-	Rodung, Aushub, Erdwall Hochwasserschutz (blaue Zone)	Wald. Zugänglichkeit über Forststrassen gewährleistet.
0 - 450	+8 %	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Gleichmässiges Terrain. Wald. Zugänglichkeit über Forststrassen gewährleistet.
450 - 600	-	-	Vertikalschacht und Mikrotunnelling. Tiefe > 2 m unter Gasleitung	Unterquerung Illgraben und Gasleitung. Zugänglichkeit gewährleistet
600 - 2'400	- 7 %	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen
2'400	-	-	Vertikalschacht und Mikrotunnelling. Tiefe > 2 m unter Gasleitung	Landwirtschaftsflächen
2'400 - 4'750	+ 7 % - 8 %	Bis 20 %	Teilweise etappierter Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen mit kleinen Baumgruppen. Querungen Märetschibach und Emsbach

#### 6.1.4 Schutzzonen

*Kilometrierung: 0 – 2'200 m*

Das Übergangsbauwerk befindet sich in der blauen Gefahrenzone Hochwasser (vgl. Abbildung unten). Es sind für das Übergangsbauwerk dementsprechend Objektschutzmassnahmen vorzusehen. Die Grundwasservorkommen liegen unterhalb des Aushubbereichs.

Der Muffenschacht MS01, welcher sich unmittelbar vor der Querung des Illgrabens befindet, ist zudem ausserhalb der roten Gefahrenzone zu positionieren. Der Illgraben ist einer der aktivsten Wildbäche der Alpen. Er entspringt unweit vom Gipfel des Illhorns (2716 m ü. M.) und mündet in der Talebene in die Rhone (610 m ü. M.). Jedes Jahr ereignen sich im Illgraben mehrere Murgänge. Diese ereignen sich vorwiegend während dem Sommerhalbjahr, d.h. in den Monaten März bis Oktober. Bei diesen plötzlich auftretenden Ereignissen werden grosse Mengen an Geschiebe und gröberem Gesteinsmassen in Form von Murgängen («Schlammlawinen») befördert. Der Illgraben schneidet sich bei diesen Ereignissen z. T. sehr tief ins bestehende Gerinne ein.

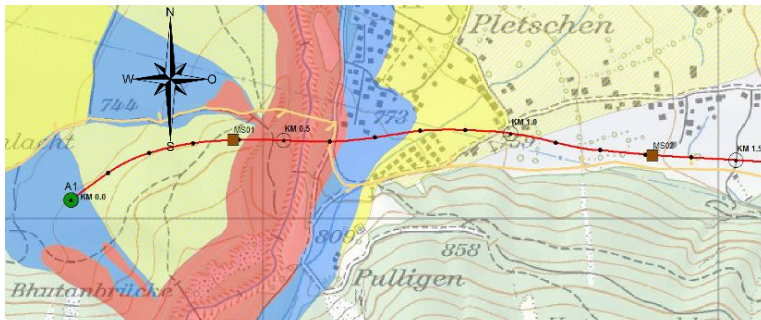


Abbildung 25: Gefahrenzonen Hochwasser beim Wildbach Illgraben

*Kilometrierung: 2'200 – 4'750 m*

Der Grundwasserspiegel ist schwierig einzuschätzen. Er dürfte sich jedoch auf dem Grossteil des Streckenabschnitts, auf einer Tiefe von mehreren Metern unter der Terrainoberfläche befinden und somit unterhalb von der Aushubkote für den Graben liegen.

In den Alluvialböden des Rhonetals, durch welche die letzten rund 500 m des Streckenabschnitts verlaufen, liegt der Grundwasserspiegel generell sehr oberflächennah und ist starken saisonalen Schwankungen unterworfen. Der Flurabstand kann im Frühsommer bei Grundwasser-Hochstand (Frühsommer) sogar weniger als 1 m betragen. Im Extremfall muss sogar mit vollständig gesättigten Verhältnissen bis an die Terrainoberfläche gerechnet werden.

Die Quellschutzzonen bei Lamonieren und Müllackeren werden mit der Leitungsführung nördlich umgangen. Somit werden auf dem Abschnitt keine Quellschutzzonen tangiert. Die letzten 900 m dieses Streckenabschnitts verlaufen durch den Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>.



### 6.1.5 Geologische Beurteilung

*Kilometrierung: 0 – 2'200 m*

Oberflächengeologie:

- Gemäss geologischem Atlas der Schweiz verläuft die Leitung auf dem gesamten Teilabschnitt 1.1 durch die Ablagerungen des Illgrabens.
- Es handelt sich hierbei um Murgang-Ablagerungen. Die Korngrösse reicht von der Siltfraktion bis zum Block/Grossblock. Es sind sowohl matrixgestützte, als auch korngestützte Bereiche zu erwarten. Die Ablagerungen weisen zudem typischerweise eine dichte Lagerung auf.
- Die Blöcke der Murgang-Ablagerungen bestehen zu einem Grossteil aus Quarziten sowie Gneisen/Schiefern (stark abrasiv). Untergeordnet sind auch Dolomite, Rauhvaccken und Kalke/Kalzitmarmore zu erwarten.

Spezielle Bemerkung:

- Es ist zu prüfen, ob der Pressvortrieb (Mikrotunneling) parallel (schräg) zur Geländeoberfläche erfolgen kann. Ansonsten ist für einen der zwei Schächte mit einer hohen Baugrube zu rechnen.

Beurteilung:

- Es sind für den Grabenaushub und das Mikrotunneling in den Illgraben-Ablagerungen Erschwernisse, insbesondere für den Abbau von Blöcken (stark abrasiv, hart) einzurechnen.
- Aufgrund der erosiven Tätigkeit des Illgrabens ist das Gerinne in ausreichender Tiefe zu queren. Es wird zudem empfohlen den Illgraben aufgrund seiner Erosionstätigkeit – analog zur Swissgas-Leitung – im Bereich einer Schwelle (s. Fotoaufnahme unten) zu queren. Es ist davon auszugehen, dass die Schwelle noch zusätzlich verstärkt werden muss.



**Abbildung 26: Fotoaufnahme Gerinne Wildbach Illgraben, Schwelle 20**

- Aufgrund der erwarteten Blöcke dürfte es schwierig sein, allenfalls erforderliche Baugrubenabschlüsse (Start- und Zielschacht Mikrotunneling) mit Hilfe von Spundwänden zu realisieren. Aus diesem Grund schlagen wir eine Sicherung mittels Nagelwänden oder Pfahlwänden vor.

- Aufgrund der topographischen Verhältnisse müssen die Position von Start- und Zielschacht für ein allfälliges Mikrotunneling in einer weiteren Projektstufe vertieft abgeklärt werden. Falls der Mikrotunnel lediglich im Gerinne-Bereich vom Illgraben und zur anschliessenden Querung der Swisssgas-Leitung realisiert wird, ergibt sich eine Länge des Mikrotunnels von rund 235 m. Allerdings resultieren in diesem Fall für den Start und Zielschacht sehr grosse Baugrubenhöhen von nahezu 20 bis 25 m. Ansonsten müsste der Mikrotunnel auf annähernd 550 m erweitert werden.

#### Optimierung Leitungsführung:

- Es wird empfohlen die Leitungsführung so anzupassen, dass der Illgraben im Bereich einer bestehenden Schwelle gequert werden kann.
- Entlang vom Hangfuss ist der Leitungsverlauf so gut wie möglich der Geländetopographie anzupassen.

#### Fazit:

Die grosse Herausforderung dieses Abschnitts stellt die Querung des stark erosiven Gerinnes des Illgarbens dar. Die Problematik der erosiven Wirkung des Illgrabens ist bei der weiteren Projektierung zu berücksichtigen. Wie die Querung der Swisssgas-Leitung unmittelbar unterhalb zeigt, ist dies mit angepassten Bauhilfsmassnahmen technisch machbar.

#### Kilometrierung: 2'200 – 4'750 m

#### Oberflächengeologie:

- Der Teilabschnitt 1.2 verläuft zum Grossteil in den Bachschuttablagerungen des Meretschi- und Emsbaches. Es sind hauptsächlich kiesige Lockergesteine zu erwarten, welche mit siltigen z.T. feinsandigen Einschaltungen alternieren. Die Lockergesteinsablagerungen können zudem Steine und grössere Blöcke enthalten.
- Im Gebiet «Ritinu» (ca. zwischen Kilometer 2.9 und Kilometer 3) ist gemäss geologischem Atlas der Schweiz eine quartäre Rutschung kartiert. Eine erste Grobanalyse (Auswertung von InSAR3-Daten) hat ergeben, dass die «Rutschungsmasse» im Bereich vom Hangfuss gegenwärtig inaktiv ist. Gemäss Gefahrenkarte des Kantons Wallis<sup>4</sup> ist dieser Bereich ebenfalls nicht als Rutschung ausgeschieden.
- Die letzten rund 500 m des Streckenabschnitts verlaufen in der alluvialen Talfüllung des Rhonetals. Grundsätzlich handelt es um einen mehrschichtigen Aufbau mit einer alternierenden Wechsellagerung aus feinkörnigen, schlecht durchlässigen Ruhigwassersedimenten (Überschwemmungsböden) und kiesigen, fluviatilen, meist gut durchlässigen Ablagerungen (Rhoneschottern). Die Abfolge von Kiesen, Sanden und Silten ist mehrere 100 m mächtig. In der Region wird im oberen Bereich des Untergrundes meist eine bis zu einigen Metern mächtige, feinkörnige Deckschicht angetroffen, welche aus feinanteilreichem Sand bis Silt besteht (Ruhigwassersedimente). Es handelt sich bei diesen feinkörnigen Sedimenten um Ablagerungen mit ungünstigen Scherparametern und hoher Setzungsempfindlichkeit.

<sup>3</sup> Interferometric Synthetic Aperture Radar (*Radarinterferometrie*)

<sup>4</sup> Geologische Gefahrenkarte und Lawinengefahrenkarte. Dienststelle für Wald und Landschaft (DWL), Kanton Wallis, Sitten, unter <https://www.vs.ch/web/sfp/cartes-de-dangers> (abgerufen im Januar 2017)

#### Spezielle Bemerkungen:

- Bei KM 3.0 m und KM 3.9 m führt die Leitung in der Nähe von bestehenden Gebäuden durch. Die Leitungsführung sollte in diesen Bereichen in einer weiteren Projektphase im Detail untersucht werden.

#### Beurteilung:

- Für die Querung der Bäche ist eine Bauausführung in der offenen Grabenbauweise vorgehen. Dies bedingt höchstwahrscheinlich die Erstellung von tieferen Baugruben (inkl. Wasserhaltung).
- Da der Abschnitt zwischen KM 2.9 bis KM 3.3 gemäss Gefahrenkarte des Kantons Wallis<sup>5</sup> nicht als Rutschung ausgeschieden ist und die InSAR-Daten ebenfalls darauf hinweisen, dass der Bereich stabil ist, gehen wir aufgrund des heutigen Kenntnisstandes davon aus, dass eine Verlegung eines Kabelrohrblock-Systems möglich ist. Allerdings wäre dieser Bereich in einer weiteren Projektstufe in Bezug auf allfällige Hangbewegungen näher zu studieren.
- Aufgrund der Grundwasserverhältnisse hat der Aushub auf den letzten rund 500 m des Streckenabschnitts von Vorteil im Winter bei GW-Tiefstand zu erfolgen. Es muss mit Erschwernissen für den Grabenaushub (z.B. Kanaldielen mit einer entsprechenden Wasserhaltung) gerechnet werden.

#### Optimierung Leitungsführung:

- Zwischen KM 3.0 und KM 3.9 führt die Leitung in der Nähe von bestehenden Gebäuden durch. Die Leitungsführung sollte in diesen Bereichen in einer weiteren Projektphase im Detail untersucht werden.
- Es ist zu prüfen, ob der Pressvortrieb (Mikrotunneling) bei der Querung der Gasleitung in Agarn (ca. KM 2.4) der Geländetopographie angepasst werden kann. Andernfalls ist mit einer tiefen Baugrube für den topographisch höher gelegenen Schacht zu rechnen.

#### Fazit:

Im Gebiet «Ritinu» (ca. KM 2.9 bis KM 3.3) ist gemäss geologischem Atlas der Schweiz eine quartäre Rutschung kartiert. Da der Bereich gemäss Gefahrenkarte des Kantons Wallis nicht als Rutschung ausgeschieden ist und die InSAR-Daten ebenfalls darauf hinweisen, dass der Hangfuss stabil ist, gehen wir aufgrund des heutigen Kenntnisstandes davon aus, dass die Verlegung eines Kabelrohrblock- Systems möglich ist.

Auf den letzten rund 500 m ist aufgrund der Grundwasserverhältnisse mit zusätzlichen baulichen Massnahmen (Spundwände mit entsprechender Wasserhaltung) für die Realisierung des Aushubs zu rechnen.

Der Muffenschacht MS5 liegt wahrscheinlich zeitweise im Grundwasser, somit ist die Auftriebsproblematik zu prüfen.

---

<sup>5</sup> Geologische Gefahrenkarte und Lawinengefahrenkarte. Dienststelle für Wald und Landschaft (DWL), Kanton Wallis, Sitten, unter <https://www.vs.ch/web/sfp/cartes-de-dangers> (abgerufen im Januar 2017)

## 6.2 Abschnitt 2: Turtmann, Milachru bis Turtmann, Tännu

Die Abschnittslänge beträgt 3'820 m. Der Abschnitt beginnt bei der Zentrale der Argessa AG und endet unmittelbar vor dem Weiler «Tännu». Im gesamten Abschnitt verläuft das Trassee in der Talebene durch landwirtschaftlich genutzte Flächen ohne Überwindung von nennenswerten Höhenunterschieden. Bei 1'200 m muss die Turtmänner unterquert werden. Insgesamt steigt das Trassee in diesem Abschnitt um lediglich 20m an und hat drei Muffenschächte.

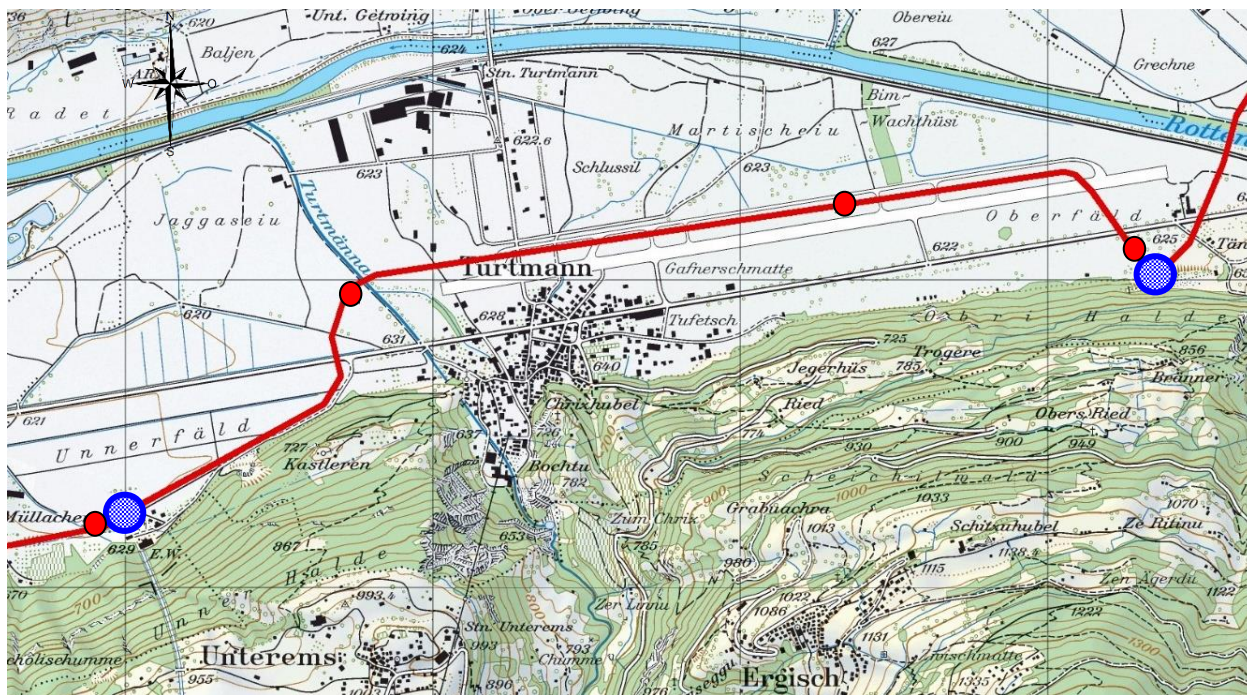


Abbildung 27: Übersicht Abschnitt 2

Legende:



Abschnittsbeginn, -ende



Kabeltrassee, Linienführung



Muffenschacht



## 6.2.1 Linienführung

*Kilometrierung: 4'750 – 8'570 m*

Der Kabelrohrblock führt vom Abschnittsbeginn beim Kraftwerk Argessa AG in der Rhonetalebene durch landwirtschaftlich genutzte Flächen bis zur Querung der Kantonsstrasse.



Abbildung 28: Trasseeführung nach dem Kraftwerk Argessa AG

Nach der Querung der Kantonsstrasse wird ein Muffenschacht erstellt und bei Kilometrierung 5'900 m wird die Turtmänner unterquert. Die Unterquerung kann in offener Bauweise mit entsprechender Wasserhaltung sowie Unterfangungen und Wiederaufbau der seitlichen Ufermauern erstellt werden.

Nach der Unterquerung der Turtmänner führt die Trasse auf einer Länge von ca. 2'100 m parallel zum ehemaligen Flugplatz Turtmann durch die Rhonetalebene. In diesem Bereich wird ein Muffenschacht erstellt. Die Abstände der Muffenschächte können in diesem Abschnitt aufgrund der guten Zugänglichkeiten auf ca. 1'300 m vergrößert werden.

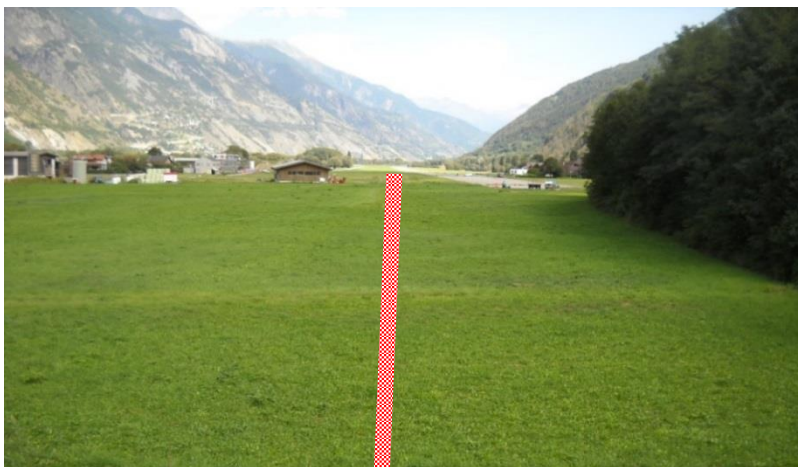


Abbildung 29: Trasseeführung in Richtung Flugplatz Turtmann

Am östlichen Ende des Flugfeldes führt der Trasseeverlauf gegen den südlichen Berghang, unterquert die Kantonsstrasse und gelangt zum Abschnittsende beim Weiler Tännu.



Abbildung 30: Trasseeführung bis zum Abschnittsende

## 6.2.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 3: Bauverfahren Abschnitt 2

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
4'750 - 5'900	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen, Querung der Kantonsstrasse
5'900	-	-	Wasserhaltung, Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Unterquerung der Turtmänna
5'900 - 8'570	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen, Querung der Kantonsstrasse

## 6.2.3 Schutzzonen

In den Alluvialböden des Rhonetals liegt der Grundwasserspiegel wie bereits in Kapitel 6.1.4 beschrieben generell sehr oberflächennah und ist starken saisonalen Schwankungen unterworfen. Der Flurabstand kann im Frühsommer bei Grundwasser-Hochstand weniger als 1m betragen. Im Extremfall muss sogar mit vollständig gesättigten Verhältnissen bis an die Terrainoberfläche gerechnet werden. Der gesamte Streckenabschnitt liegt im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>.

## 6.2.4 Geologische Beurteilung

*Kilometrierung: 4'750 – 8'570 m*

Oberflächengeologie:

- Abgesehen vom Bachschuttkegel der Turtmäna verläuft die gewählte Leitungsführung gemäss geologischem Vektordatensatz des Bundes<sup>6</sup> durch die alluviale Talfüllung der Rhone-Talebene. Wie bereits im Abschnitt 6.1.4 beschrieben, handelt es sich hierbei um eine mehrere 100 m mächtige Abfolge von Kiesen, Sanden und Silten. Neben relativ grobkörnigen, unter hoher Schleppkraft des Flusses abgelagerten kiesigen bis grobsandigen, gut durchlässigen Schichten (im folgenden «Rhoneschotter» genannt), liegen die unter kleiner Energie abgelagerten, feinkörnigen Überschwemmungssedimente (auch «limnische Ablagerungen» genannt) vor.
- In der Region wird im oberen Bereich des Untergrundes typischerweise eine bis zu einigen Metern mächtige, feinkörnige Deckschicht angetroffen. Diese Deckschicht überlagert die «oberen Rhoneschotter» und besteht aus feinanteilreichem Sand bis Silt. Es handelt sich bei diesen feinkörnigen Sedimenten, um Ablagerungen mit ungünstigen Scherparametern und hoher Setzungsempfindlichkeit.

Spezielle Bemerkung:

- Die Turtmäna wurde in dem Bereich, wo ihre Querung vorgesehen ist, kürzlich renaturiert. Ausserdem wurde auf der orographisch rechten Flussseite eine zweispurige Zufahrtsstrasse zum Industriequartier erstellt. Diesen Punkten ist bei der Planung der Querung Rechnung zu tragen.



Abbildung 31: Orthophoto im Bereich der Querung der «Turtmäna», (Quelle:map.geo.admin.ch, 2017)

<sup>6</sup> Geologische Vektordatensätze 1:25'000. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Bern, unter: <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen im Januar 2017)

#### Beurteilung:

- Aufgrund von vorhandenen Baugrundsondierungen (Baggerschlitz, Bohrungen) ist davon auszugehen, dass sich die Grabensohle für die Erstellung des Kabelrohrblocks bereichsweise in den feinkörnigen, setzungsempfindlichen Ablagerungen der Deckschicht befindet. Auf anderen Abschnitten erfolgt der Grabenaushub – aufgrund der variablen Mächtigkeit der feinkörnigen Deckschicht – bis in die oberen Rhoneschotter (setzungsunempfindlich).
- Die Arbeiten sind von Vorteil während dem Winterhalbjahr bei Grundwasser-Tiefstand auszuführen.
- Aufgrund der Grundwasserverhältnisse muss jedoch damit gerechnet werden, dass der Grabenaushub teilweise im Grundwasser erfolgen muss. So sind entsprechende bauliche Massnahmen (z.B. Kanaldielen mit einer entsprechenden Wasserhaltung) vorzusehen.
- Es ist davon auszugehen, dass sich der Kabelrohrblock und die Muffenschächte zeitweise im Grundwasser befinden. Insbesondere für die Muffenschächte ist in einer weiteren Projektphase die Auftriebsproblematik zu prüfen.
- Falls für die Muffenschächte eine Auftriebssicherung z.B. in Form von Mikropfählen erforderlich wird, ist für den Übergang zum Kabelrohrblock in einer weiteren Projektierungsphase die Setzungsproblematik näher zu untersuchen (differentielle Setzungen).

#### Prüfung Leitungsführung:

- Zwischen KM 5.0 und KM 5.25 verläuft die aktuelle Leitungsführung durch eine künstliche Schüttung eines Holzlagerplatzes (Höhe Schüttung: ca. 2 bis 3 m). Es wird empfohlen, die Leitungsführung so anzupassen, dass der Lagerplatz umgangen werden kann.
- Der Muffenschacht MS08 wurde in der Fahrbahnmittle der Zufahrtsstrasse zur ehemaligen Militäranlage positioniert. Es ist zu prüfen, ob der Schacht so belassen werden kann.

#### Fazit:

Es muss damit gerechnet werden, dass der Grabenaushub im Grundwasser erfolgt. Somit ist für den ganzen Abschnitt mit zusätzlichen, baulichen Hilfsmassnahmen für den Grabenaushub (z.B. Kanaldielen mit entsprechender Wasserhaltung) zu rechnen.

Da davon auszugehen ist, dass die Muffenschächte zeitweise im Grundwasser liegen, ist in einer weiteren Projektphase die Auftriebsproblematik zu prüfen.



### 6.3 Abschnitt 3: Turtmann, Tännu bis Niedergesteln, Unner Turtig

Die Abschnittslänge beträgt 5'840 m. Der Abschnitt beginnt beim Weiler «Tännu» und endet nach dem Belagswerk Oberwallis (Bewo) im Weiler «Unners Turtig» in Niedergesteln. Im gesamten Abschnitt verläuft das Trasse in der Talebene durch vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen oder durch Industriegebiet. Bei 400 m wird die Autobahn A9, das Trasse der SBB und die Rhone unterquert. Bei 1'600 m wird der Fluss Lonza unterquert und bei 5'100 m wird wiederum die Rhone, das Trasse der SBB sowie die Autobahn A9 unterquert. Schlussendlich führt das Trasse südwärts gegen den Berghang zum Abschnittsende im «Unneren Turtig». Auf dem gesamten Abschnitt wird eine Höhe von lediglich 16m überwunden und es sind insgesamt sechs Muffenschächte vorgesehen.

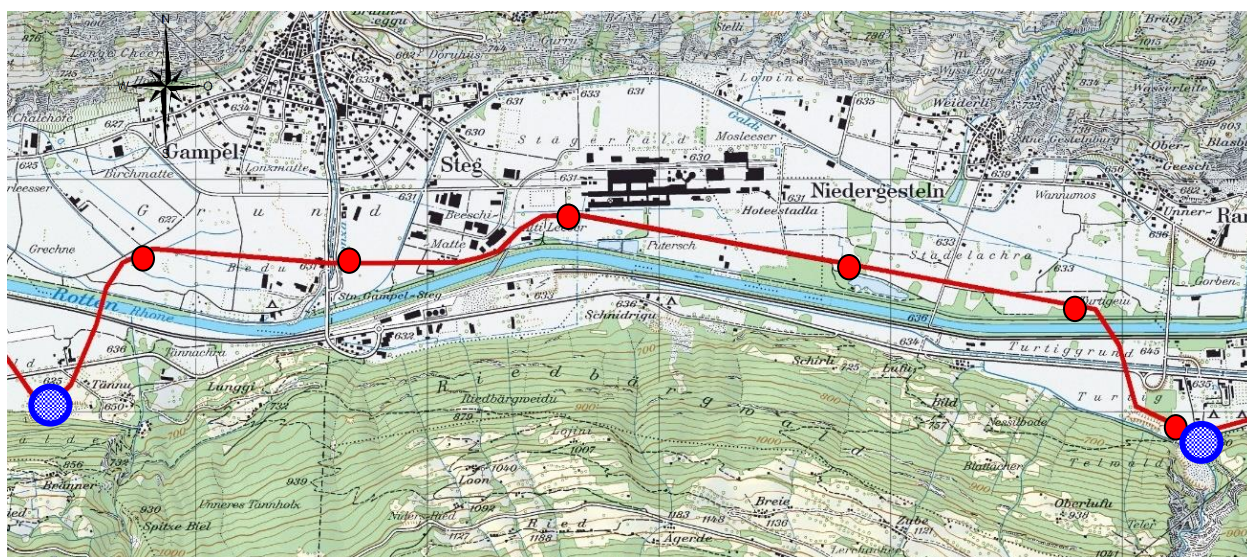





Abbildung 32: Verlauf des dritten Abschnittes

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht

### 6.3.1 Linienführung

*Kilometrierung: 8'570 – 9'300 m*

Auf den ersten 400 m des Abschnitts 3 führt der Rohrblock durch landwirtschaftlich genutzte Flächen bis zur Autobahn A9. Hier muss das Trassee auf einer Länge von 200 m die Autobahn, die Geleise der SBB sowie die Rhone mittels Mikrotunneling unterqueren.



Abbildung 33: Trasseeverlauf bis zur Autobahn A9

*Kilometrierung: 9'300 – 10'300 m*

Nach der Querung der Rhone führt das Trassee während 1'000 m durch landwirtschaftliche Flächen. Danach steht die Querung des Flusses Lonza und der beiden Kantonsstrassen beidseitig der Lonza nach Gampel und Steg mittels Mikrotunnel auf 100m bevor.



Abbildung 34: Trasseeverlauf zwischen der Querung der Rhone und der Querung der Lonza





**Abbildung 35: Querung der Lonza**

*Kilometrierung: 10'300 – 14'700 m*

Nach der Querung des Flusses Lonza führt das Trasse während ca. 3'500 m durch vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Industriezonen und die Landwirtschaftszonen. Bei Kilometrierung 11'300 m ist der Platzbedarf zwischen Rhoneufer und dem bestehenden Industriegebäude der Landi sehr schmal (40 bis 50 m). Die Trasseführung und die Kabelanordnung ist in diesem Bereich vertiefter zu überprüfen. Anschliessend ist wiederum eine Querung der Rhone, der Geleise der SBB und der Autobahn A9 mittels Mikrotunneling erforderlich. Nach der Querung der Autobahn A9 führt das Trasse durch Grünflächen bis zum Abschnittsende im «Unneren Turtig».



**Abbildung 36: Trasseführung nach der Querung der Lonza durch Industriezone**



**Abbildung 37: Trasseeführung durch die Industriezone von Steg-Hohtenn**



**Abbildung 38: Trasseeführung**

### 6.3.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 4: Bauverfahren Abschnitt 3

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
8'570 – 9'100	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen. Querung Kantonsstrasse
9'100 – 9'300	-	-	Mikrotunneling	Querung Autobahn A9, Geleise der SBB sowie der Rhone. Länge Mikrotunneling ca. 200m
9'400 – 10'200	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen.
10'200 – 10'300	-	-	Mikrotunneling	Querung der Lonza. Länge Mikrotunneling ca. 100 m
10'300 – 13'700	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen.
13'700 – 13'900	-	-	Mikrotunneling	Querung Autobahn A9, Geleise der SBB sowie der Rhone. Länge Mikrotunneling ca. 300m
13'900 – 14'410	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen.

### 6.3.3 Schutzzonen

In den Alluvialböden des Rhonetals liegt der Grundwasserspiegel wie bereits in den vorherigen Abschnitten beschrieben sehr oberflächennah und ist starken saisonalen Schwankungen unterworfen. Im Extremfall muss sogar mit vollständig gesättigten Verhältnissen bis an die Terrainoberfläche gerechnet werden. Der gesamte Streckenabschnitt befindet sich im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>. Der Muffenschaft MS14, welcher sich unmittelbar vor dem Abschnittsende befindet, ist so zu positionieren, dass dieser ausserhalb der roten Gefahrenzone Hochwasser zu liegen kommt. Die Muffenschächte MS12 und MS14 liegen zudem in der blauen Gefahrenzone Hochwasser. Es sind dementsprechend Objektschutzmassnahmen vorzusehen.



Abbildung 39: Gefahrenzonen Hochwasser beim Milibach im Gebiet «Unners Turtig»

### 6.3.4 Geologische Beurteilung

*Kilometrierung: 8'570 – 14'410 m*

Oberflächengeologie:

- Gemäss dem geologischen Vektordatensatz des Bundes<sup>7</sup> handelt es sich beim Gebiet südwestlich der Bahnstation Gampel-Steg um eine zerrüttete Sackungsmasse. Der betroffene Hang wird durch die im Bau befindliche Autobahn mit einem Tunnel durchquert. Während des Tunnelvortriebs traten aufgrund von Hangbewegungen verschiedene bautechnische Schwierigkeiten auf. Aufgrund dieser schwierigen geologischen Randbedingungen und wegen den sehr begrenzten Platzverhältnisse am Hangfuss, hat man sich für eine Leitungsführung auf der gegenüberliegenden Flussseite entschieden, wo eine Verlegung in der offenen Grabenbauweise möglich ist.
- Mit Ausnahme der Bachschuttkegelablagerungen der Lonza (KM 10 bis KM 10.5) und des Milibachs (KM 14.1 bis KM 14.4) verläuft die gewählte Leitungsführung gemäss geologischem Vektordatensatz des Bundes erneut durch die alluviale Talfüllung der Rhone-Talebene. Für eine nähere Beschreibung dieser Ablagerungen wird auf die vorherigen Abschnitte (s. Kapitel 6.1.4 und 6.2.3) verwiesen.

Spezielle Bemerkung:

- Ab KM 10.1 führt das Leitungstrasse durch eine aufstrebende «Mischzone mit Wohnen». In dieser Zone wurden in der kürzeren Vergangenheit mehrere neue Bauten erstellt.
- Im Rahmen der 3. Rhonekorrektur ist zwischen Gampel und Raron eine Aufweitung des Flussbettes geplant. Die Leitungsführung ist in diesem Bereich im Rahmen einer Detailuntersuchung näher abzuklären. Insbesondere auf dem Streckenabschnitt zwischen KM 10.8 und KM 11.1 muss das Leitungstrasse gegen Norden hin, durch die bestehenden Bauten der Gewerbezone hindurch, verschoben werden. Zudem sind die Unterquerungen der Rhone im Hinblick auf die Flussaufweitung im Detail zu studieren (allfällige Verlängerung Mikrotunnel).
- Die Linienführung geht in Steg (~KM 11.0 bis KM 12.5) unmittelbar vor dem stillgelegten Werksareal der Metallwerke der Rio Tinto AG (ehemals Alcan) durch. Aus diesem Grund besteht das Risiko, dass das Aushubmaterial auf dem Streckenabschnitt in der Nähe vom Werkareal belastet ist (Mehrkosten: Deponie Aushubmaterial).

Beurteilung:

- Die Arbeiten sind von Vorteil während dem Winterhalbjahr bei Grundwasser-Tiefstand auszuführen. Aufgrund der Grundwasserverhältnisse ist jedoch mit Erschwernissen für die Erstellung des Grabenaushubs zu rechnen (Versetzen von Kanaldielen mit entsprechender Wasserhaltung).
- Es ist davon auszugehen, dass sich der Kabelrohrblock und die Muffenschächte zeitweise im Grundwasser (GW-Schwankungsbereich) befinden. Insbesondere für die Muffenschächte ist in einer weiteren Projektphase die Auftriebsproblematik zu prüfen.

---

<sup>7</sup> Geologische Vektordatensätze 1:25'000. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Bern, unter: <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen im Januar 2017)



- Falls für die Muffenschächte eine Auftriebssicherung z.B. in Form von Mikropfählen erforderlich wird, ist für den Übergang zum Kabelrohrblock in einer weiteren Projektierungsphase die Setzungsproblematik näher zu untersuchen (differentielle Setzungen).

#### Optimierung Leitungsführung:

- Bei Abschnittbeginn (ca. KM 8.6 bis KM 8.7) verläuft die Linienführung durch eine künstliche Schüttung. Es wird empfohlen, die Leitungsführung so anzupassen, dass diese umgangen werden kann.
- Es würde sich anbieten, den Mikrotunnel im Bereich Turtig (~ KM 14.0) um rund 80m zu verlängern. Somit könnte die Kantonsstrasse und der Grossgrundkanal (jahreszeitlich unabhängiger Abfluss von ca. 2.6 m<sup>3</sup>/s bis 5.2 m<sup>3</sup>/s) auch noch mit Hilfe des Mikrotunnels unterquert werden.

#### Alternative Linienführung:

- Alternativ zur oben beschriebenen Linienführung könnte die Sackungsmasse vom Riedberg (Rutschung) auch mit Hilfe eines bergmännischen Tunnels umgangen werden. Dieser Tunnel würde bei Beginn vom Abschnitt 3 in den Hang vom Riedbergwald hineinführen. Nach Querung der beiden Bäche Milibach und Löübach würde man östlich der Campinganlagen von Turtig nach einem geeigneten Portalbereich suchen. Die Tunnelstrecke würde eine Länge in der Grössenordnung zwischen rund 6km und 7km aufweisen.

Durch eine solche Tunnellösung könnten verschiedene andere Konflikte (wie z.B. Querung Rhone sowie diverser Infrastrukturanlagen, Gewerbezone, Mischzone mit Wohnen, Camping etc.) gelöst werden. Aufgrund der anspruchsvollen, geologischen Randbedingungen (Rutschung) ist eine solche Tunnellösung als sehr anspruchsvoll zu erachten. Für die Ausarbeitung einer möglichen Linienführung wären somit umfangreichere, geologische Abklärungen erforderlich. Dies übersteigt jedoch die Stufe der jetzigen Projektierungsphase (Stufe: Machbarkeit). Der genaue Streckenverlauf einer Tunnellösung wäre daher zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen einer Detailstudie zu definieren.

#### Fazit:

Es muss damit gerechnet werden, dass der Grabenaushub im Grundwasser erfolgt. Somit ist für den ganzen Abschnitt mit zusätzlichen, baulichen Hilfsmassnahmen (z.B. Kanaldielen mit entsprechender Wasserhaltung) zu rechnen. Da die Bauwerke zeitweise im Grundwasser liegen, ist zudem der Auftriebsproblematik (insbesondere für die Muffenschächte) Rechnung zu schenken.

Die Linienführung geht in Steg unmittelbar vor einem ehemaligen Metallwerk durch. Es besteht das Risiko, dass das Aushubmaterial auf diesem Teilabschnitt belastet ist. Es ist mit Mehrkosten für die Deponie des Aushubmaterials zu rechnen.

## 6.4 Abschnitt 4: Niedergesteln, Unner Turtig bis Visp West

Die Abschnittslänge beträgt 4'920 m. Der Abschnitt beginnt beim «Unneren Turtig» und endet nach der militärischen Anlage (Zeughaus Grosseye) in Visp West. Auf dem gesamten Abschnitt wird die Höhe von lediglich 24 m überwunden und es sind insgesamt fünf Muffenschächte vorgesehen. Während der ersten 1'000 m führt das Trassee durch zwei Campinganlagen, bevor die Kantonsstrasse gequert wird. Anschliessend führt das Trassee durch knapp 4'000 m Landwirtschaftsflächen mit Querungen der Gasleitung und der Kantonsstrasse am Schluss des Abschnitts.

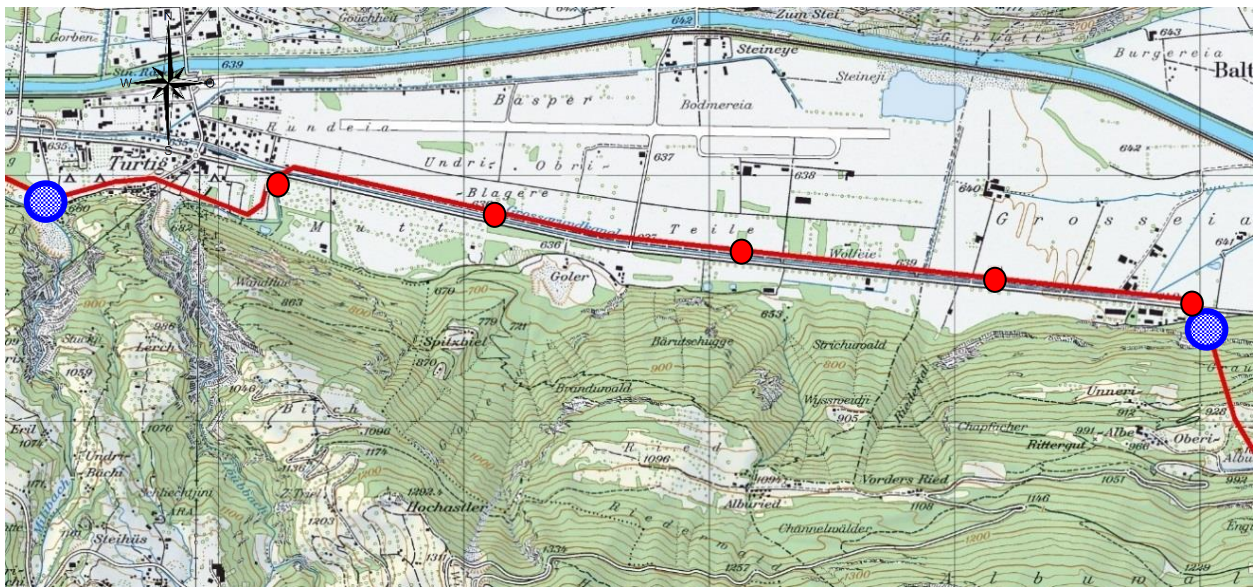





Abbildung 40: Verlauf des vierten Abschnittes im Bereich Turtig/Raron bis nach Visp West

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht

### 6.4.1 Linienführung

Kilometrierung: 14'410 – 19'330 m

Auf den ersten 1'000 m des Abschnitts 4 führt der Rohrblock durch zwei Campinganlagen und durch landwirtschaftlich genutzte Flächen bis zur ersten Querung der Kantonsstrasse. Unmittelbar vor der Querung der Kantonsstrasse ist der erste Muffenschacht vorgesehen. Nach der Querung der Kantonsstrasse führt das Trassee parallel zur Kantonsstrasse und zur bestehenden Gasleitung. Die vorgesehenen drei Muffenschächte in diesem Bereich sind alle gut zugänglich. Am Schluss des Abschnitts quert das Trassee die Gasleitung und die Kantonsstrasse und führt bis zum Abschnittsende in Visp West an den Fuss der südlichen Bergflanke. In diesem Bereich ist der fünfte Muffenschacht sowie das Tunnelportal für den Tunnel Visp West vorgesehen.





Abbildung 41: Verlauf des Trassees durch Campinganlage (eingezeichnete Linienführung nur symbolisch)



Abbildung 42: Verlauf des Trassees durch landwirtschaftlich genutzte Flächen



Abbildung 43: Trasseverlauf bei Querung der Kantonsstrasse (eingezeichnete Linienführung nur symbolisch)



Abbildung 44: Trasseverlauf parallel zur Gasleitung (eingezeichnete Linienführung ist nur symbolisch)

## 6.4.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 5: Bauverfahren auf dem 4. Abschnitt

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
14'410 – 15'450	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Campinganlagen und Landwirtschafts-flächen. Querung der Kantonsstrasse.
15'450 – 19'330	-	-	Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen.

### 6.4.3 Schutzzonen

In den Alluvialböden des Rhonetals liegt der Grundwasserspiegel wie bereits in den vorherigen Abschnitten beschrieben sehr oberflächennah und ist starken saisonalen Schwankungen unterworfen. Im Extremfall muss sogar mit vollständig gesättigten Verhältnissen bis an die Terrainoberfläche gerechnet werden. Der gesamte Streckenabschnitt befindet sich im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>. Die Muffenschächte MS15 liegt in der blauen Gefahrenzone Hochwasser. Es sind dementsprechend Objektschutzmassnahmen vorzusehen.

### 6.4.4 Geologische Beurteilung

*Kilometrierung: 14'410 – 19'330 m*

Oberflächengeologie:

- Mit Ausnahme der Bachschuttkegelablagerungen des «Milibachs» und des «Löübbachs» verläuft die gewählte Leitungsführung gemäss geologischem Vektordatensatz des Bundes<sup>8</sup> erneut durch die alluviale Talfüllung der Rhone-Talebene. Für eine nähere Beschreibung dieser Ablagerungen wird auf die Kapitel 6.1.4 und 6.2.3 verwiesen.

Spezielle Bemerkung:

- Bei Abschnittsbeginn führt die Leitungstrasse durch zwei Campinganlagen. Zudem führt die Leitung bei KM 19.0 im Bereich von zwei Gebäuden vorbei.
- Auf dem Teilabschnitt, welcher parallel zum Grossgrundkanal verläuft (KM 15.5 bis KM 19.0), ist insbesondere auf den obersten 0.5 m bis 1m mit belastetem Aushubmaterial zu rechnen (Mehrkosten: Deponie Aushubmaterial).

Beurteilung:

- Der Grossgrundkanal besitzt einen jahreszeitlich unabhängigen Abfluss von ca. 2.6 m<sup>3</sup>/s bis 5.2 m<sup>3</sup>/s. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse bei KM 15.5 wird eine Querung in der offenen Grabenbauweise als äusserst schwierig erachtet. Es wird empfohlen für diesen Bereich einen Mikrotunnel vorzusehen (Länge: ca. 100m).
- Bei KM 19.0 wird neben Grossgrundkanal und Kantonsstrasse die Gasleitung gequert, weshalb hier ebenfalls ein Mikrotunneling erforderlich wird (Länge: ca. 100 m).
- Die Arbeiten sind von Vorteil während dem Winterhalbjahr bei Grundwasser-Tiefstand auszuführen.
- Aufgrund der Grundwasserverhältnisse ist mit Erschwernissen für die Erstellung des Grabenaushubs zu rechnen (Erstellung von Kanaldielen mit Wasserhaltung). Zudem ist der Auftriebsproblematik (insbesondere bei den Muffenschächten) Rechnung zu schenken.
- Falls für die Muffenschächte eine Auftriebssicherung z.B. in Form von Mikropfählen erforderlich wird, ist für den Übergang zum Kabelrohrblock in einer weiteren Projektierungsphase die Setzungsproblematik näher zu untersuchen (differentielle Setzungen).

---

<sup>8</sup> Geologische Vektordatensätze 1:25'000. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Bern, unter: <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen im Januar 2017)

#### Optimierung Leitungsführung:

- Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse bei KM 19.0 (Gebäude, Gasleitung sowie Grossgrundkanal) ist zu prüfen, ob eine Querung bereits 120m weiter westlich stattfinden kann.

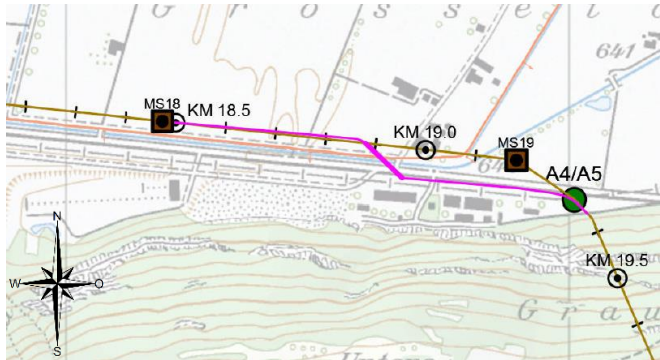


Abbildung 45: Alternative Leitungsführung (Vorschlag) beim Ende von Abschnitt 4

#### Fazit:

Aufgrund der ständigen Wasserführung des Grossgrundkanals und wegen den begrenzten Platzverhältnissen ist eine Querung in der offenen Bauweise äusserst schwierig. Es wird empfohlen für beide Querungen ein Mikrotunneling vorzusehen.

Auf den 3.5 km, welche parallel zum Grossgrundkanal verlaufen, muss mit belastetem Aushubmaterial (Quecksilber) gerechnet werden. Dies verursacht Mehrkosten (Deponie Aushubmaterial).

Zudem ist wie bereits in den vorherigen Abschnitten mit Erschwernissen für den Grabenaushub zu rechnen (hoher Grundwasserspiegel). Da die Bauwerke zeitweise im Grundwasser liegen, ist zudem der Auftriebsproblematik Rechnung zu schenken.



## 6.5 Abschnitt 5: Visp, West bis Visp, Staldbach

Die Abschnittslänge beträgt 2'950m. Das Trasse verläuft in einem bergmännischen Tunnel in südöstlicher Richtung. Der Tunnel hat eine Länge von 2'700 m und endet beim Sportplatz im «Chatzuhüüs» vor der Vispa. Anschliessend wird die Vispa mittels Mikrotunneling unterquert.

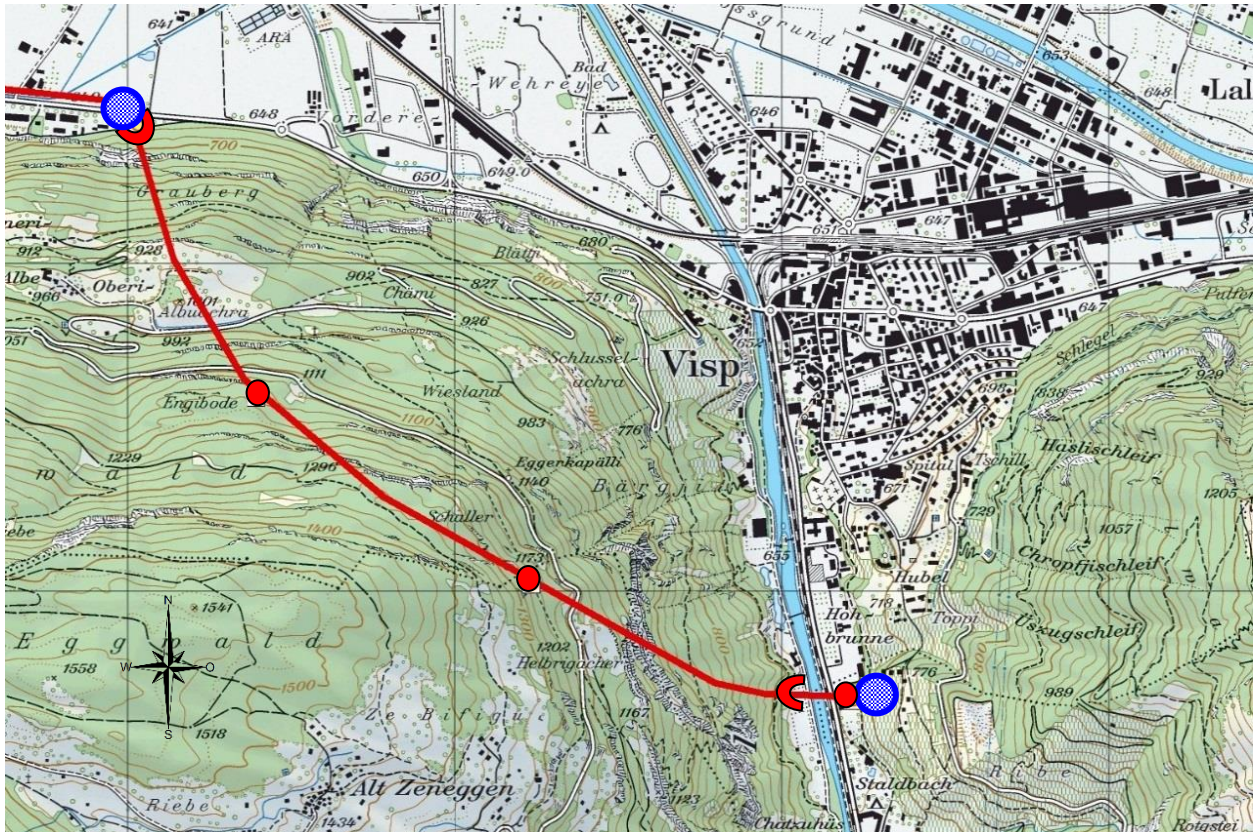





Abbildung 46: Abschnitt 5. Verlauf des Tunnels bei Visp West und der Querung der Vispa

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht

### 6.5.1 Nutzung bestehender Autobahntunnel

Zwischen dem heutigen Autobahnende in Siders Ost und dem Bildackerkreisel in Brig sind im Oberwallis im Rahmen der Netzzvollendung des schweizerischen Nationalstrassennetzes noch rund 32 km der Autobahn A9 zu realisieren. Dabei wurde die zu erstellende Gesamtstrecke organisatorisch in drei Teilstrecken unterteilt: Siders Ost – Leuk Ost / Leuk Ost – Visp West und Visp West – Visp Ost. Die Teilstrecken sind aktuell grösstenteils in der Ausführungsphase und werden sukzessive eröffnet.

Im Bereich Visp West - Visp Ost befinden sich auch die Abschnitte 5 und 6 der Teilverkabelungsstudie Agarn - Mörel. Abschnitt 5 startet in der Nähe des Zeughauses Grosseye. Das Tunnelportal des Tunnels Visp liegt etwas östlich davon. Der Abschnitt endet beim Sportplatz «Chatzuhüüs» nördlich des Tunnelportals. Der Abschnitt 6 der Teilverkabelungsstudie beginnt in unmittelbarer Nähe des Tunnelportals des Tunnels Eyholz Nordröhre und führt, gleich wie der Autobahntunnel, in den Bereich von Grosshüs.

Aufgrund des ähnlichen Verlaufs der Autobahntunnel und der erdverlegten Hochspannungsleitungen stellt sich die Frage, ob die Autobahntunnel Platz bieten, um die Hochspannungskabel aufnehmen zu können.

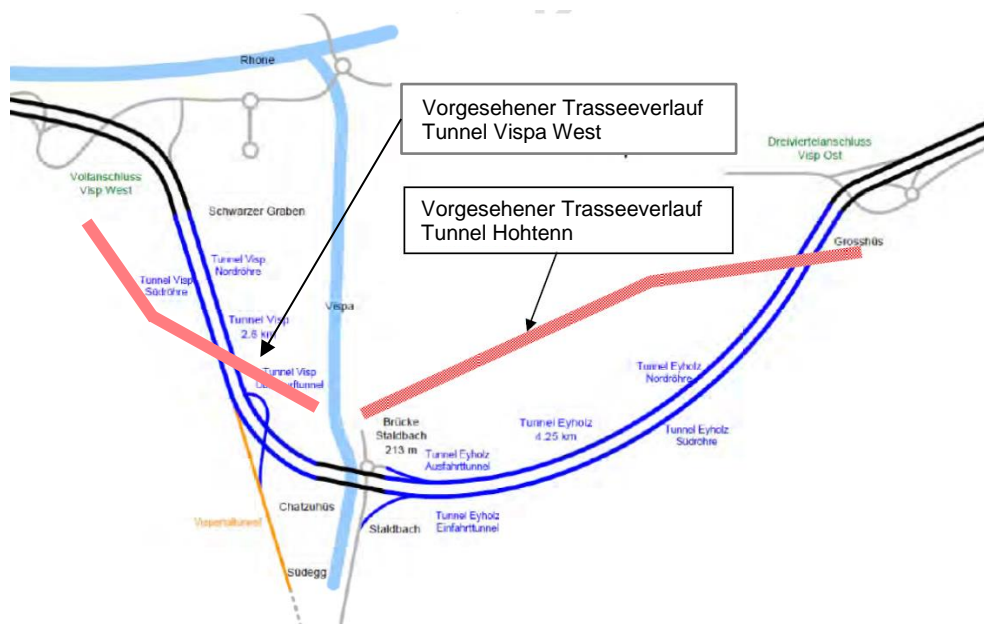


Abbildung 47: Übersicht des Autobahnteilstücks Visp West – Visp Ost sowie des möglichen Trasseeverlaufs der Hochspannungskabel

Die Bauarbeiten im Teilstück Visp West – Visp Ost und somit auch der beiden Tunnels von Eyholz sind weit fortgeschritten. Seit Dezember 2012 sind die beiden je 4.2 km langen Tunnelröhren ausgebrochen. Ebenso ist der Innenausbau weitgehend abgeschlossen. Der Tunnel Eyholz wurde am 13.04.2018 offiziell eröffnet. Die Ausbauarbeiten im Tunnel Visp sind weit fortgeschritten. Die Tunnels weisen einen Ausbruchquerschnitt zwischen 110 und 130 m<sup>2</sup> pro Tunnelquerschnitt auf. Die Innenausbau-Arbeiten bestehen im Anbringen einer Abdichtung, dem Betonieren des 80 cm dicken Innenrings sowie der Sohle mit dem begehbaren, ca. 2.0 m hohen Werkleitungskanal (WLK). Im Scheitel befindet sich eine Zwischendecke für die spätere Montage der Tunnellüftung.

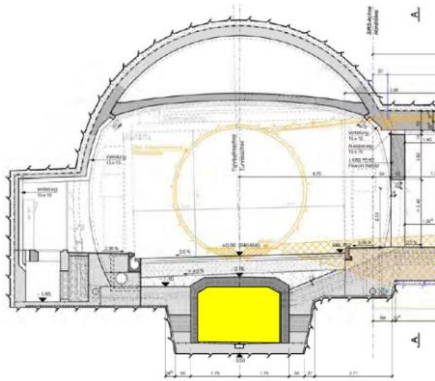


Abbildung 48: Tunnelquerschnitt mit Werkleitungskanal (gelb)



Abbildung 49: Werkleitungstunnel im Tunnel Eyholz (Quelle: 1815.ch, Mai 2018)

Der in Frage kommende Werkleitungskanal hat Innenmasse von ca. 2.0 m Höhe und ca. 3.0 m Breite. Aufgrund der Dimensionen des Kanals wäre die Verlegung von zwei Systemen möglich. Wie aber auf dem oberen Bild ersichtlich, befinden sich im Kanal technische Schaltanlagen, Lüftungen und Kabel für den Tunnelbetrieb. Somit gibt es nicht genügend Platz um zwei (Abschnitt 5) bzw. drei (Abschnitt 6) Systeme im Kanal zu verlegen. Aus betrieblicher Sicht wäre zudem auch noch zu beachten, dass bei Reparatur- oder Instandhaltungsfällen im Tunnel die Systeme abgeschaltet werden müssten, damit das Servicepersonal den Werkleitungskanal betreten dürfte. Es ist ebenfalls nicht ausgeschlossen, dass die unter Strom stehenden 380-kV-Kabel einen störenden Einfluss auf die Installationskabel des Tunnels hätten. Dies müsste im Detail untersucht werden.

Eine Verlegung der Kabeltrassees im Autobahntunnel hätte zu einem früheren Zeitpunkt, während der Planungsphase der Autobahntunnel, geplant werden müssen.



## 6.5.2 Linienführung

*Kilometrierung: 19'330 – 22'280 m*

Der bergmännische Tunnel beginnt westlich von Visp beim Zeughaus Grosseye auf 658 m ü. M. und endet beim Sportplatz im «Chatzuhüüs» vor der Vispa auf 700 m ü. M. Der Tunnel hat eine Länge von 2'700 m und hat eine durchschnittliche Steigung von 1.5 % von West nach Ost. Der Tunnel des Hochspannungstrassees muss die bereits bestehenden Tunnelröhren der Autobahn A9 queren. Die grösste Überdeckung des Tunnels beträgt ca. 630 m.

Die anschliessende Unterquerung der Vispa erfolgt mittels Rohrvortrieb. Aufgrund der ausreichend breiten und ebenen Talsohle können beide Vortriebsschächte (Start- und Zielbaugruben) auf Flusshöhe errichtet werden. Im Bereich des Abschnittsendes auf der östlichen Seite der Vispa wird ein Muffenschacht erstellt. In diesem Bereich wird auch die Hochspannungsleitung aus Stalden über ein Übergangsbauwerk ins Kabeltrasse eingeführt. Ab dem Ende des Abschnitts 5 sind drei Kabelsysteme vorhanden.



Abbildung 50: Bereich Ende Abschnitt 5 mit dem Tunnelportal, der Vispaquerung und dem Muffenstandort

## 6.5.3 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 6: Bauverfahren auf dem 5. Abschnitt

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
19'330 – 22'030	1.5 %	-	Bergmännischer Tunnel	Tunnel aufgrund des sehr steilen und unwegsamen Geländes. Tunnellänge ca. 2'700 m.
22'030 – 22'280	0 %	0 %	Mikrotunneling mittels beidseitiger Vortriebsschächte.	Flussquerung Vispa. Horizontaler Rohrvortrieb (Mikrotunneling) von ca. 125 m.



### 6.5.4 Schutzzonen

Auf der östlichen Seite der Vispa ist das Übergangsbauwerk der Leitung aus Stalden vorgesehen. Dieser Standort befindet sich in der Sonderzone Fruchtfolgeflächen, womit eine entsprechende Umzonung erforderlich ist. Beim Weiler «Albe» befindet sich oberhalb der Tunnelstrecke eine Quelle mit ausgeschiedenen Quellsschutzzonen.

In der Talebene befindet sich die Leitungsführung im Einflussbereich des Fassungsbrunnens «Hohbrunne», welcher zur Trinkwasserversorgung der Gemeinde Visp genutzt wird. Der Mikrotunnel, welcher in diesem Bereich zur Unterquerung der Vispa und der Infrastrukturanlagen vorgesehen ist, tangiert die Gewässerschutzzone S3 des Brunnens.

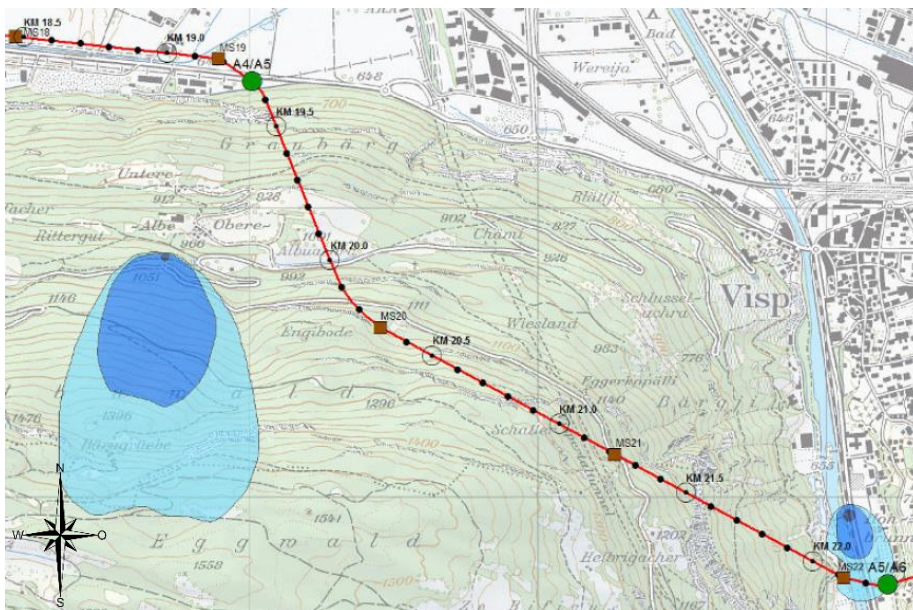


Abbildung 51: Quellsschutzzonen Abschnitt 5

Der Portalbereich wurde so gewählt, dass er ausserhalb der roten Gefahrenzone Blocksturz zu liegen kommt. Er befindet sich in der gelben Gefahrenzone Blocksturz.

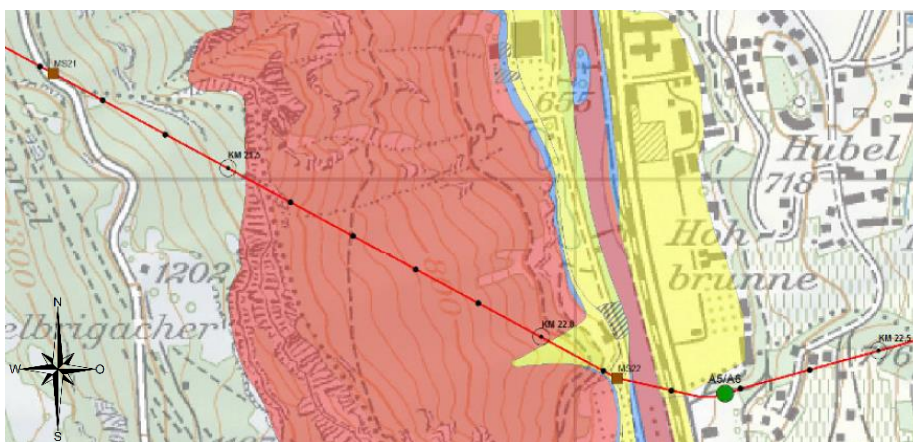


Abbildung 52: Gefahrenzone (Blocksturz) Abschnitt 5

### **6.5.5 Geologische Beurteilung**

*Kilometrierung: 19'330 – 22'280 m*

Oberflächengeologie:

- Es ist anzunehmen, dass der Grossteil des Tunnels im Festgestein verläuft. Aufgrund der Oberflächengeologie und der Kenntnisse aus dem angrenzenden Autobahntunnel ist zu erwarten, dass der Tunnel von Norden her zuerst in Kalkglimmerschiefern verläuft. Anschliessend werden wahrscheinlich Kalkglimmerschiefer mit Prasinitlinsen sowie Phyllite angefahren. Als besonders anspruchsvoll ist die Querung der Rhone-Simplon-Störung (stark tektonisierter, geschwächter Fels) zu erachten, auf welche auch die Mineure beim Bau der Autobahn getroffen sind. Auf dem letzten Drittel der Tunnelstrecke sind aufgrund der Oberflächengeologie Prasinite und Triasgesteine zu erwarten, bevor man in der Nähe des Portals «Chatzuhüs» erneut auf Kalkglimmerschiefer trifft. Im Portalbereich sind auf den letzten Tunnelmetern Lockergesteinsablagerungen zu erwarten.
- In der Talebene beim Abschnittsende wird der Baugrund von den Alluvionen der Vispa aufgebaut. Gemäss den zur Verfügung stehenden Bohrprofilen handelt es sich hierbei vorwiegend um saubere Sande und (Grob-)Kiese, welche Steine und Blöcke enthalten können.

Beurteilung:

- Es besteht ein geringes Risiko, dass die Quelle, welche sich oberhalb der geplanten Tunnelachse befindet, durch den Tunnelvortrieb drainiert wird. Es wird im Sinne einer Beweissicherung eine Quellüberwachung empfohlen.
- Der Tunnel verläuft in anspruchsvollen geologischen Verhältnissen. Der Bau des benachbarten Autobahn-Tunnels Visp hat jedoch gezeigt, dass die vorliegenden geologischen Verhältnisse mit angepassten Bauhilfsmassnahmen beherrschbar sind.
- Das Leitungstrasse verläuft durch die GW-Schutzzone S3 des Fassungsbrunnens «Hohbrunne». Mögliche Ansätze zur Lösung des Konflikts wären:
  - Suche nach einer alternativen Linienführung zur Umgehung der Quellschutzzone
  - Temporäre Ausserbetriebnahme des Brunnes während der Bauzeit
  - Erstellung eines Ersatzbrunnens an einem alternativen Standort und Aufheben des jetzigen Brunnes.

#### Optimierung Leitungsführung:

- Die Linienführung im Bereich der Vispa ist von verschiedenen Randbedingungen abhängig (u.a. GW-Schutzzone, Gefahrenzone Blockschlag, Bauen in Gewässernähe, Einleitung der 220-kV-Leitung von Stalden). In der jetzigen Projektstufe (Machbarkeit) wurde - trotz des vorliegenden Konfliktes mit der GW-Schutzzone S3 - auf eine Anpassung der Linienführung verzichtet. Die genaue Linienführung auf diesem Teilabschnitt ist unter Berücksichtigung aller Einflussgrössen zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen einer Detailstudie festzulegen.

#### Fazit:

Der Bau des bergmännischen Tunnels erfolgt in anspruchsvollen und komplexen geologischen Verhältnissen. Der Bau des benachbarten Autobahn-Tunnels hat jedoch gezeigt, dass diese mit angepassten Bauhilfsmassnahmen zu bewältigen sind.

Das geplante Leitungstrasse quert die GW-Schutzzone S3 des Fassungsbrunnens «Hohbrunne». Falls eine Anpassung der Leitungsführung im Bereich der GW-Schutzonen aufgrund der übrigen Einflussgrössen nicht möglich sein sollte, stellen eine temporäre Ausserbetriebnahme des Brunnens oder die Erstellung eines Ersatzbrunnens mögliche Lösungsansätze dar.



## 6.6 Abschnitt 6: Visp, Staldbach bis Eyholz, Grosshüs

Die Abschnittslänge beträgt 4'090 m und beginnt beim Abspanngerüst zwischen «Hohbrunne» und «Staldbach» auf ca. 661 m ü. M. wo die Leitung Stalden-Visp dazukommt. Das Trasse verläuft in einem bergmännischen Tunnel in Ost Nordöstlicher Richtung unter dem «Hohtenn». Der Tunnel endet bei «Grafuwald» in Eyholz, das Trasse folgt anschliessend dem steilen Hang südlich der Archäologischen Schutzzone bis oberhalb von «Grosshüs» auf 900 m ü. M.

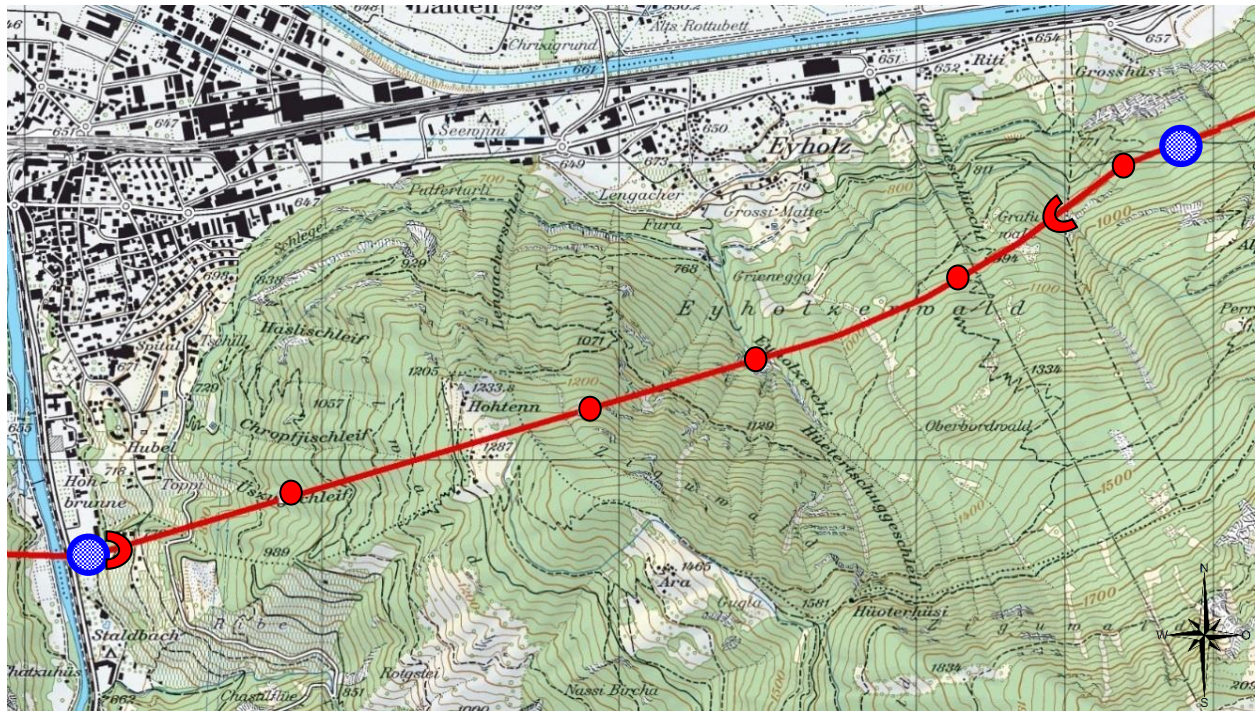






Abbildung 53: Übersicht Abschnitt 6 mit den beiden Tunnelportalen des Tunnels Hohtenn

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht
-  Ein-/Ausgang Bergmännischer Tunnel

### 6.6.1 Linienführung

*Kilometrierung: 22'280 – 26'080 m*

Eine Führung des Kabelrohrblocks um den sich östlich von Visp befindenden Berghügel von «Hohtenn» ist wegen seiner felsigen Steilheit technisch kaum machbar. Aus diesem Grund beginnt bei Abschnittsbeginn auf 660 m ü. M. der Bergmännische Tunnel und endet im Bereich «Grafuwald» auf 900 m ü. M. oberhalb von Eyholz. Der Tunnel hat eine Länge von 3'800 m und hat eine durchschnittliche Steigung von ca. 5.0 %. Der tiefere Punkt der beiden Tunnelportale liegt auf der westlichen Seite bei «Staldbach». Von dieser Seite her wird der Tunnelvortrieb erstellt. Die maximale Überdeckung des Tunnels beträgt ca. 485 m.



**Abbildung 54: Berghügel „Hohtenn“, der mit einem Tunnel unterquert wird**

Zu Beginn des Projekts endete der Tunnel nach erfolgter Unterquerung vom Berghügel „Hohtenn“ im Gebiet „Grossi Matte“ oberhalb von Eyholz. Für den anschliessenden Streckenabschnitt war in einer ersten Projektphase eine Realisierung in der offenen Grabenbauweise vorgesehen. Gemäss GeoCover Vektordatensatz des Bundes<sup>9</sup> führte das ursprüngliche Leitungstrasse auf diesem Streckenabschnitt durch eine zerrüttete Sackungsmasse (Bergsturz- Ablagerungen von Eyholz), welche laut Gefahrenkarte Rutschung des Kantons Wallis<sup>10</sup> als Zone mit einer geringen Rutsch-Gefährdung (gelb) ausgeschieden ist (Rutsch-Geschwindigkeiten von <2 cm/Jahr). Die Mächtigkeit dieser Bergsturz-Ablagerungen wird, aufgrund der Erkenntnisse vom Bau des Autobahn-Tunnels A9, auf bis zu 100 m geschätzt. Aufgrund der zu erwartenden Hangbewegungen und den geringen Toleranzen vom Kabelrohrblocksystem hinsichtlich Deformationen wurde der Tunnel „Hohtenn“ verlängert und Hang einwärts verschoben. Durch diese Massnahme kann die Sackungsmasse mit einem Tunnel unterquert werden.

<sup>9</sup> Geologische Vektordatensätze 1:25'000. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Bern, unter: <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen im Januar 2017)

<sup>10</sup> Geologische Gefahrenkarte und Lawinengefahrenkarte. Dienststelle für Wald und Landschaft (DWL), Kanton Wallis, Sitten, unter <https://www.vs.ch/web/sfp/cartes-de-dangers> (abgerufen im Januar 2017)



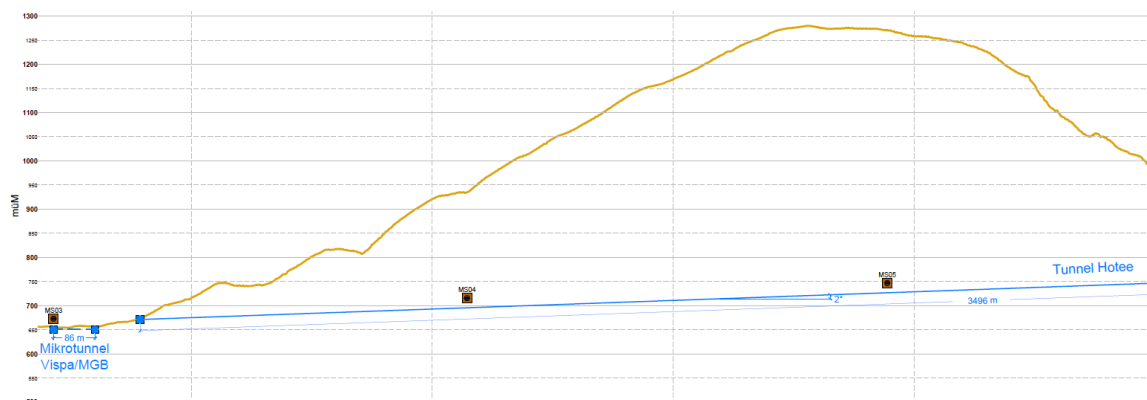


Abbildung 55: Längsprofil Tunnel Hohtenn, Eingangsportal

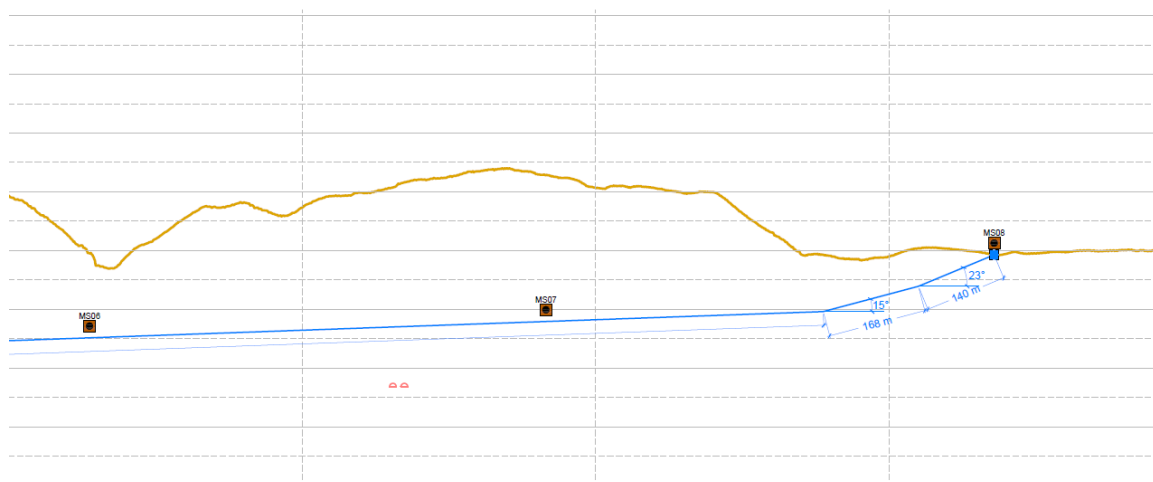


Abbildung 56: Längsprofil Tunnel Hohtenn, Ausgangsportal

Kilometrierung: 26'080 – 26'370 m

Nach dem Tunnelausgang auf der Seite Eyholz wird ein Muffenschacht erstellt. Die Zugänglichkeit zu diesem Standort muss durch eine neue Strasse ab der bestehenden Forststrasse erreicht werden. Der Kabelrohrblock führt von diesem Standort mehrheitlich entlang der bestehenden Höhenlinie von 900 m ü. M. bis zum Abschnittsende. Die topografischen Verhältnisse in diesem Abschnitt sind nicht einfach. Mehrere Geländemulden und Hangeinschnitte wechseln sich ab, so dass die Trasseeführung dem Gelände angepasst werden muss und somit eine mäandrierende Linienführung bewirkt. Die Vegetation in diesem Abschnitt besteht ausschliesslich aus Wald, so dass entsprechende Rodungen erforderlich sind.

Im gesamten Abschnitt 6 sind insgesamt fünf Muffenschächte erforderlich, vier davon im Tunnel. Die Zugangsmöglichkeiten zu diesen Muffenschächten ist nachfolgende in einem separaten Kapitel beschrieben. Oberhalb «Grosshüs» auf 900 m ü. M. endet der Abschnitt 6.

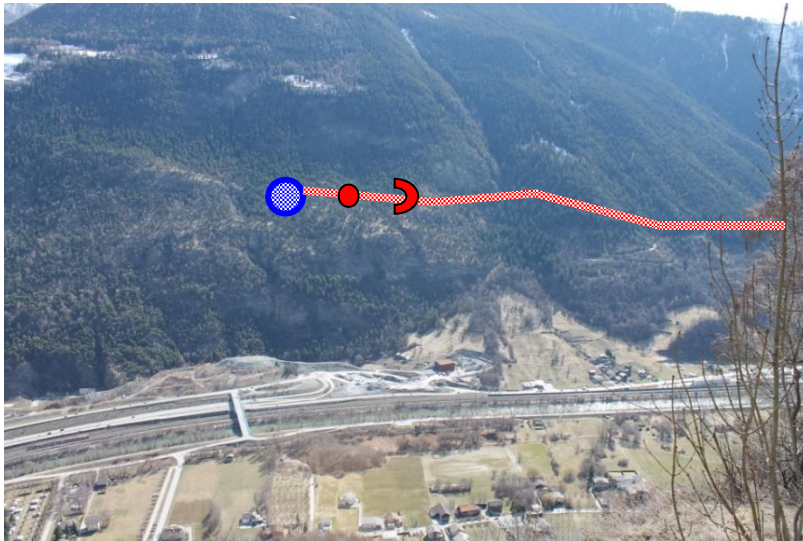


Abbildung 57: Trasseführung beim Ende des Abschnitts 6 oberhalb „Grosshüs“

## 6.6.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 7: Bauverfahren auf dem 6. Abschnitt

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
22'280- 26'080	5 %	-	Bergmännischer Tunnelbau	Tunnel aufgrund des sehr steilen und unwegsamen Geländes des Berghügels „Hohtenn“. Tunnellänge ca. 3'800 m.
26'080 - 26'370	0 %	30-40 %	Etappiertes Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Unregelmässiges Gelände mit Hangeinschnitten und Geländemulden. Wald. Zugänglichkeit über Forststrassen nur teilweise gewährleistet. Leistungsfähigkeit der bestehenden Forststrassen ist zu überprüfen.

### 6.6.3 Schutzzonen

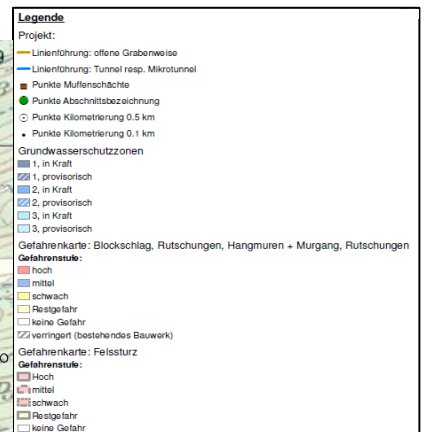
Beim Graben «Eyholzerchi» befindet sich unmittelbar oberhalb der geplanten Linienführung eine Quelle mit ausgeschiedenen Schutzzonen(Quellüberwachung). Die archäologische Schutzzone bei Eyholz wird durch die bergmännische Linienführung nicht tangiert.



Abbildung 58: Schutzzonen Anfang Abschnitt 6 (mit alter Kilometrierung)



Abbildung 59: Schutzzonen Ende Abschnitt 6 (mit alter Kilometrierung)





#### 6.6.4 Übergangsbauwerk 220kV-Leitung Stalden – Mörel (TR1740)

Beim Beginn des Abschnitts 6 befindet sich das Übergangsbauwerk von der 220-kV-Freileitung Stalden - Mörel in das Kabeltrasse der 380-kV-Leitung. Im Bereich «Hohbrunne» befindet sich eine grosse Ebene, die landwirtschaftlich genutzt wird. Hier besteht topografisch die Möglichkeit, eine horizontale Fläche bis ca. 60 x 80 m für das Übergangsbauwerk zu nutzen. Dies entspricht einer Fläche von 4'800 m<sup>2</sup>. In diesen Bereich führt auch das Kabeltrasse aus dem Abschnitt 5 mittels Mikrotunnelling und hier befindet sich auch das Portal West des Tunnels «Hohtenn».

Um die bestehende Hochspannungsleitung zum Übergangsbauwerk umzuleiten, bedarf es eines neuen Hochspannungsfreileitungs-Abschnittes. Im Bereich des bestehenden Mastes unterhalb der St. Jodern Kellerei auf ca. 850 m ü. M. wird ein neuer Hochspannungsmast erstellt. Von diesem führt die neue ca. 750 m lange Freileitung hinunter in das Übergangsbauwerk. Vom neuen Hochspannungsmast werden die Hochspannungskabel zu dem ca. 600 m weiter südlich bestehenden Mast geführt. Die bestehende Hochspannungsleitung von Stalden wird dann ab dem Mast unterhalb der St. Jodern Kellerei demontiert.

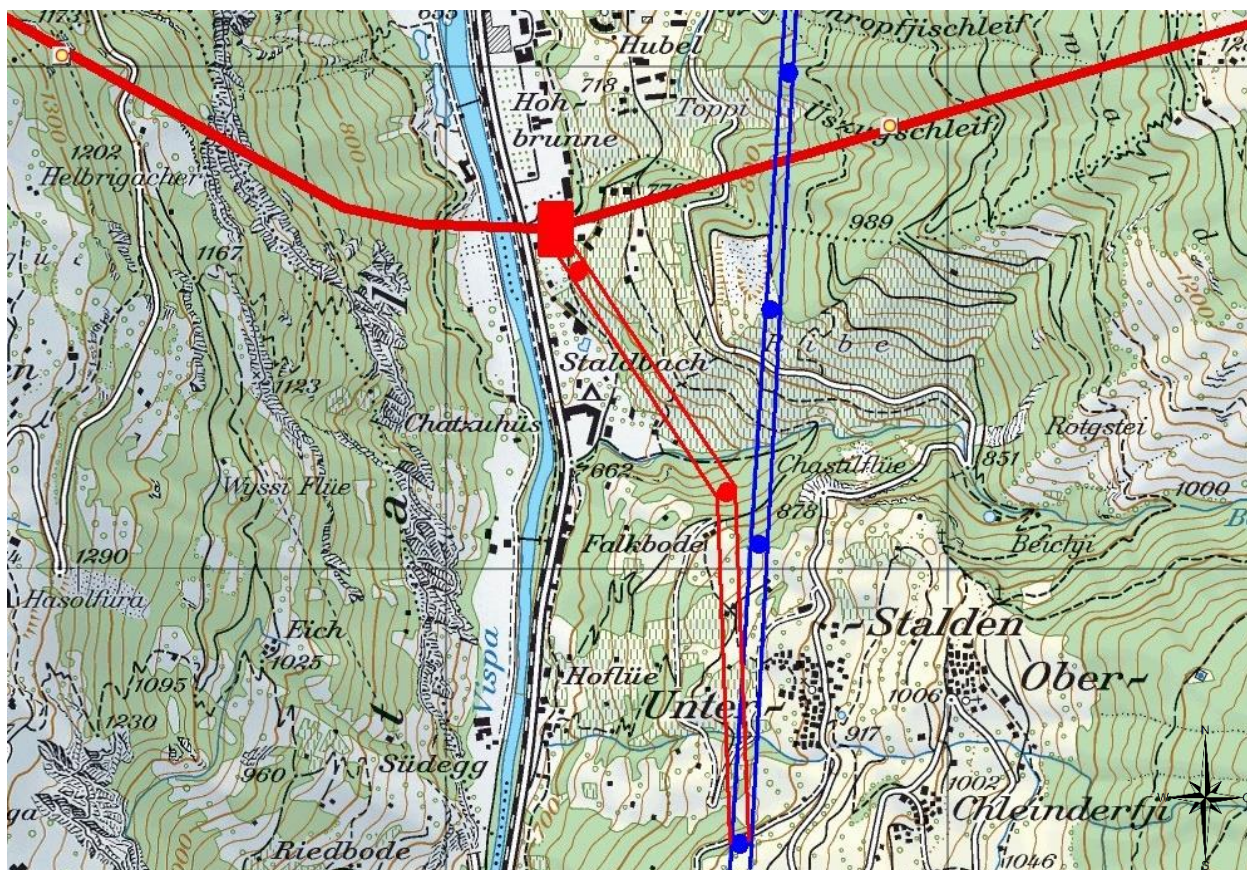


Abbildung 60: Ausschnitt Freileitung Stalden mit möglichem neuen Standort für das Übergangsbauwerk

## 6.6.5 Geologische Beurteilung

*Kilometrierung: 22'280 – 26'370 m*

Oberflächengeologie:

- Beim Bau des Tunnels sind komplexe geologische Verhältnisse zu queren.
- Es ist anzunehmen, dass der Grossteil des Tunnels im Festgestein verläuft. Die Oberflächengeologie und der Bau des benachbarten Autobahn-Tunnels Eyholz lassen jedoch darauf schliessen, dass dieses unregelmässig geklüftet und von Brüchen, Verwerfungen und kakiritischen Störzonen (evtl. Ausläufer Rhone-Simplon-Störung) durchzogen ist, was zu einer Schwächung des Felsverbandes führt und den Bau des Tunnels erschwert.
- Beim Festgestein sind aufgrund der Oberflächengeologie vorwiegend sandig, kalkige Schiefer sowie Kalkschiefer und Brekzien zu erwarten. Zudem können stellenweise dunkle Tonschieferlagen sowie schwarze, plattige Schiefer auftreten.
- Bei Querung von Störzonen ist mit vermehrtem Wasseranfall zu rechnen.
- Die letzten rund 200 m, welche in der offenen Bauweise realisiert werden, verlaufen gemäss Vektordatensatz des Bundes<sup>11</sup> teilweise im Lockergestein (Hangschutt) und stellenweise im Fels.

Beurteilung:

- Obwohl der geplante Tunnel in anspruchsvollen und komplexen geologischen Verhältnissen verläuft, hat der Bau des benachbarten Autobahn-Tunnels Eyholz und des zuvor erstellten Sondierstollens gezeigt, dass diese vorliegenden geologischen Verhältnisse mit angepassten Bauhilfsmassnahmen, auch bei grösserem Tunnelquerschnitt als im vorliegenden Fall, beherrschbar sind.
- Es besteht die Gefährdung, dass die Quelle, welche sich beim Graben «Eyholzerchi» oberhalb der geplanten Tunnelachse befindet, durch den Tunnelvortrieb drainiert wird.

Optimierung Leitungsführung:

- Es wird empfohlen, die Lage der Tunnelportale so zu wählen, dass diese möglichst senkrecht zum Hang orientiert sind und die Portalbereiche nicht in einem Tälchen/Rinne (potentiell aufgelockerter Bereich mit Schwäche-/Störzonen) zu liegen kommen.
- Da man auf den ersten rund 300 m eine eher geringe Überdeckung hat, wird empfohlen die Tunnelachse aufgrund der Setzungs-Gefährdung sofern möglich unter nicht besiedeltem Gebiet (keine Häuser) durchzuführen.

Fazit:

Der Bau des bergmännischen Tunnels erfolgt in anspruchsvollen und komplexen geologischen Verhältnissen. Der Bau des benachbarten Autobahn-Tunnels hat jedoch gezeigt, dass diese mit angepassten Bauhilfsmassnahmen zu bewältigen sind.

<sup>11</sup> Geologische Vektordatensätze 1:25'000. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Bern, unter: <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen im Januar 2017)



## 6.7 Abschnitt 7: Eyholz, Grosshüs bis Brig-Glis, Ännerholz/Oberli

Die Abschnittslänge beträgt 5'060 m und führt teilweise durch schwierige topografische Verhältnisse. Zudem ist die Zugänglichkeit erschwert. Der Abschnitt 7 beginnt oberhalb «Grosshüs» auf 900 m ü. M. Der Trasseeverlauf führt entlang des Berghanges vorbei an Brandboni bis zur Gamsa. Die Gamsa muss ebenso wie die danach folgende historische Landmauer von Gamsen unterquert werden. Anschliessend folgt das Trasse wieder dem Hangverlauf Richtung Osten. Das Ende des Abschnitts befindet sich beim «Ännerholzgraben» oberhalb von Brig-Glis auf einer Höhe von 840 m ü. M.

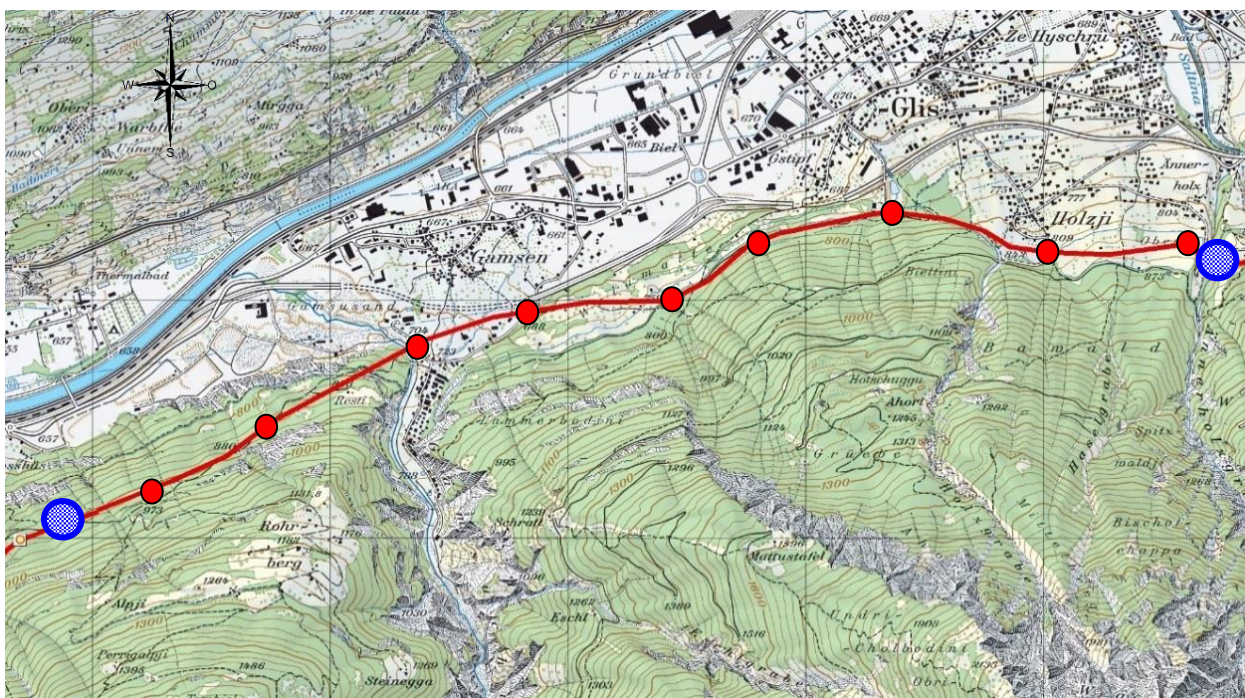


Abbildung 61: Verlauf des Abschnitts 7 südlich von Gamsen und Glis

Legende:



Abschnittsbeginn, -ende



Kabeltrasse, Linienführung



Muffenschacht

### 6.7.1 Linienführung

*Kilometrierung: 26'370 – 27'850 m*

Auf den ersten 200 m des Teilstücks führt der Rohrblock entlang der Höhenlinie von 900 m ü. M. Anschliessend beginnt der Abstieg bis zum Fluss Gamsa auf 710 m ü. M. Das durchschnittliche Gefälle von Abschnittsbeginn bis zum Fluss Gamsa beträgt 11.5 %, wobei das Gefälle nicht gleichmässig ist. Im letzten 400 m langen Teilstück, unterhalb der „Resti“ bis zum Fluss Gamsa, beträgt das Gefälle bis 30 %. Die topografischen Verhältnisse in diesem insgesamt 1480 m langen Teilstück sind schwierig. Die Trasseeführung muss dem sich ständig wechselndem Gelände angepasst werden, wobei auch lokal steilere und felsige Bereiche durchquert werden müssen. Die Vegetation in diesem Teilstück besteht ausschliesslich aus Wald, so dass entsprechende Rodungen erforderlich sind.

In diesem Teilstück sind zwei Muffenschächte erforderlich. Die Zugangsmöglichkeiten zu diesen beiden Muffenschächten sind nicht vorhanden. Der östliche der beiden Muffenschachtstandorten ist zwar durch eine Forststrasse von der Seite Gamsen her zugänglich. Diese Strasse ist aber äusserst steil und nur mit geländegängigen Fahrzeugen fahrbar. Somit ist diese Zugänglichkeit für die Bedürfnisse eines Muffenschachtes nicht geeignet. Die Zugänglichkeit zu diesen beiden Muffenschächten muss demzufolge durch eine neue Fahrmöglichkeit von Westen her ab der bestehenden Forststrasse erstellt werden.



Abbildung 62: Trasseeführung oberhalb der Lonzadeponie (rot umkreist) mit Abstieg zur Gamsa



*Kilometrierung: 27'850 – 28'420 m*

Das Teilstück hat eine Länge von 570 m und beginnt beim Fluss Gamsa auf einer Höhe von 710 m ü. M. In diesem Bereich ist ein Muffenschacht erforderlich. Die Zugänglichkeit dieses Muffenschachts ist über die Zufahrtsstrasse zum Areal der SSE (Société Suisse des Explosifs) gewährleistet. Die Querung des Flusses Gamsa sowie der historischen Landmauern von Gamsen wird mittels Mikrotunnelverfahren erstellt. Anschliessend führt der Rohrblock durch landwirtschaftlich genutzte Flächen mit einem gleichmässigen leichten Gefälle von 5 % bis zur Querung der Fabrikstrasse. An dieser Stelle ist ein geeigneter Standort für einen Muffenschacht, da die Zugänglichkeit durch die Fabrikstrasse gewährleistet ist.



**Abbildung 63: Trasseverlauf Querung Gamsa bis zur Querung der Fabrikstrasse**



**Abbildung 64: Querung Gamsa mittels Mikrotunneling**

*Kilometrierung: 28'420 – 30'580 m*

Dieses Teilstück hat eine Länge von 2160 m und beginnt bei der Querung der Fabrikstrasse auf einer Höhe von 680 m ü. M. und führt bis zum Ende des Lawinendamms oberhalb vom «Holzji».

Vom Beginn dieses Teilstücks an steigt der Rohrblock während 500 m mit einer gleichmässigen durchschnittlichen Steigung von 14 % durch landwirtschaftlich genutzte Flächen bis auf eine Höhe von 750 m ü. M. An dieser Stelle befindet sich eine bestehende Forststrasse, so dass die Zugänglichkeit für einen Muffenschacht gewährleistet ist.

Von diesem Muffenschacht an führt der Kabelrohrblock während ca. 1'160 m mehrheitlich horizontal und parallel zur bestehenden Forststrasse durch landwirtschaftlich genutzte Flächen. In diesem Teilstück ist die Zugänglichkeit für einen Muffenschacht gewährleistet. Das Ende dieses flachen Teilstückes befindet sich oberhalb «Gstipf» beim Geschieberückhaltebecken. An dieser Stelle ist die Zugänglichkeit über die bestehende Forststrasse für einen Muffenschacht gewährleistet.

Vom Geschieberückhaltebecken steigt das Gelände wieder an. Der Rohrblock steigt auf einer Länge von ca. 500 m mit einer durchschnittlichen Steigung von 16 % auf 830 m ü. M. in den Bereich des Beginns des Lawinendamms. Hier muss die Dammflanke durchquert werden. Unmittelbar nach dem Lawinendamm ist ein geeigneter Standort für einen Muffenschacht, da die Zugänglichkeit durch die Erschliessungsstrasse vom «Holzji» gewährleistet ist.



**Abbildung 65: Teilstück von der Querung Fabrikstrasse hinauf bis auf Höhe 750 m ü. M.**





Abbildung 66: Teilstück oberhalb Glis

*Kilometrierung: 30'580 – 31'430 m*

Das Teilstück hat eine Länge von 850 m und beginnt beim Muffenschacht oberhalb «Holzji». Der Kabelrohrblock führt mit einer leichten Steigung mäandrierend durch vorwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen. Zum Schluss führt der Rohrblock hinunter an den «Ännerholzgraben», zum Ende des dritten Abschnittes.



Abbildung 67: Teilstück vom Muffenschacht oberhalb „Holzji“ bis zum „Ännerholzgraben“

## 6.7.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

**Tabelle 8: Bauverfahren auf dem 7. Abschnitt**

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
26'370 – 27'850	11.5 % (max. 30%)	30-40 %	Etappierter Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Unregelmässiges Gelände mit Hangeinschnitten und Geländemulden. Wald. Lokal steile und felsige Bereiche möglich. Zugänglichkeit zu den beiden Muffenschächten nicht vorhanden, müssen von Westen her neu erstellt werden.
27'850	-	-	Mikrotunneling	Querung Saltina und Unterquerung historische Gamsamauer. Bestehende Betonquader als Uferschutz (Erosion, Kolkschutz) vorhanden. Länge Mikrotunneling ca. 90 m.
27'850 – 28'420	5 %	3 %	Etappierter Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen. Zugänglichkeit gewährleistet.
28'420 – 30'580	14 % / Horiz. / 16 %	25 % / 55 %	Etappierter Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	3/4 der Strecke Landwirtschaftsflächen. 1/4 der Strecke in bestehendem „Bachlauf“ / Lawinenkanal. Querung Flanke Lawinendamm. Zugänglichkeiten gewährleistet.
30'580 – 31'430	0 %	-25 %	Etappierter Aushub, Rohrblock aus Ortbeton, Hinterfüllung	Landwirtschaftsflächen. Zugänglichkeiten gewährleistet.

## 6.7.3 Schutzzonen

Bereich Gamsen:

Die Trasseeführung durchquert oberhalb Gamsen die Gefahrenzone „Überschwemmung“. Die Gamsa hat in den letzten Jahren mehrmals Hochwasser geführt. Es handelt sich also um eine Überschwemmungsgefahr aus Hochwasser. Entsprechende Hochwasserschutzmassnahmen wurden vor wenigen Jahren ausgeführt. Es wurden grosse Betonblöcke in die uferseitigen Böschungen eingesetzt, so dass die seitlichen Erosionen eingedämmt werden können. Diese Betonblöcke haben schätzungsweise eine Dimension von 3 x 3 x 3 m und sind vollständig eingegraben. Bei einer Unterquerung der Gamsa müssten diese Blöcke unterquert werden oder behindern zumindest die Bauarbeiten. Der vorgesehene Muffenschacht ist auf die östliche Seite der Landmauer zu positionieren (ausserhalb Gefahrenbereich).

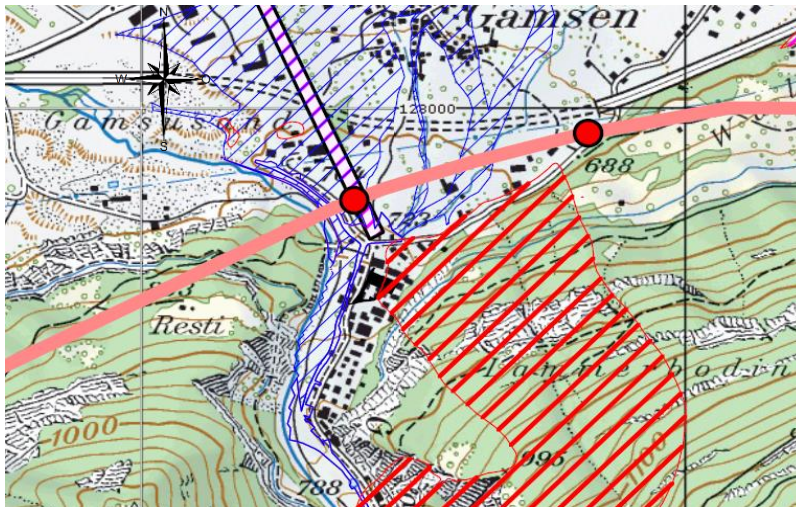


Abbildung 68: Schutzzone bei Gamsen

Im Weiteren muss die historisch wertvolle Landmauer von Gamsen unterquert werden. Diese Landmauer ist aufgrund ihrer historischen Bedeutung durch eine archäologische Zone geschützt. Eine lokale Unterquerung dieser Mauer ist mit baulichen Massnahmen möglich (Mikrotunneling). Für entsprechende zusätzliche Infos siehe [www.landmauer.ch](http://www.landmauer.ch).



Abbildung 69: Bild der historischen Landmauer von Gamsen

#### *Bereich Holzji:*

Die Trasseeführung durchquert im Bereich «Holzji» mehrmals die Gefahrenzonen von Lawinen. Die erdverlegten Leitungen sind durch Lawinen nicht gefährdet, da sie durch ihre unterirdische Lage ausreichend geschützt sind.



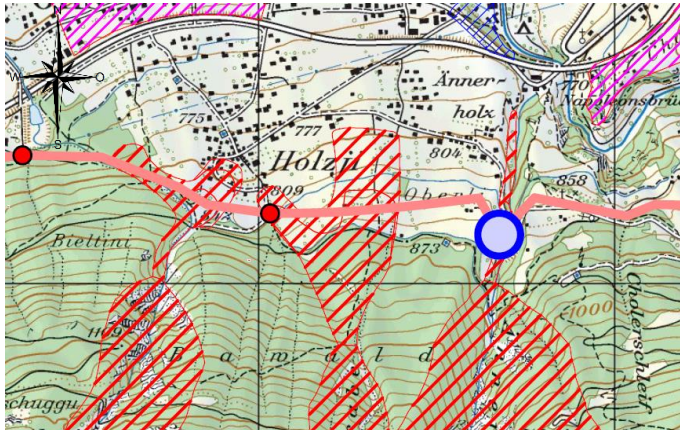


Abbildung 70: Schutzzone Bereich Holzji

Einzig die Standorte der vorgesehenen Muffenschächte oberhalb «Holzji» und im «Ännerholzgraben» müssten so platziert werden, dass sie ausserhalb der Gefahrenzonen der Lawinen zu liegen kommen, so dass die Zugänglichkeit auch bei grosser Lawinengefahr möglich bleibt.

#### 6.7.4 Geologische Beurteilung

Kilometrierung: 26'370 – 27'870 m

Oberflächengeologie:

- Gemäss Ausschnitt aus der geologischen Karte (siehe Anhang) verläuft der Abschnitt zu einem Grossteil im Lockergestein (Moräne, Hangschutt).
- Es gibt jedoch auch steilere Passagen im Fels (Kalkschiefermarmore, Quarzite, Glimmerschiefer und Kalkglimmerschiefer) zu bewältigen.
- Erwähnenswert ist zudem ein grossräumiger Erosionsrand, welcher im Gebiet «Brandbodini» die Leitung quert.

Beurteilung:

- Lokal sind steile Abschnitte im Fels zu queren, zudem verläuft die Leitung im Gebiet «Brandbodini» durch einen Erosionsrand. Es ist unbekannt wie aktiv dieser Bereich ist.

Optimierung Leitungsführung:

- Es ist zu prüfen, ob die Leitungsführung auf dem Streckenabschnitt optimiert werden kann, damit die steilen, felsigen Abschnitte möglichst umgangen werden können (evtl. Verlauf parallel zu bestehender Forststrasse).
- Insbesondere auf den letzten rund 200 m dieses Teilabschnitts sind zwei steile Felsstufen zu überqueren. Es ist zu überprüfen, ob diese weiter nördlich (im Bereich der bestehenden Forststrasse) umgangen werden können.

Fazit:

Aufgrund der topographischen Verhältnisse als geotechnisch anspruchsvoll zu erachtender Streckenabschnitt.



*Kilometrierung: 27'870 – 28'270 m*

Oberflächengeologie:

- Der gesamte Streckenabschnitt verläuft in den Bachschuttkegel-Ablagerungen der Gamsa.

Spezielle Bemerkungen:

- Leitungsführung führt nach Unterquerung der Landmauer in unmittelbarer Nähe eines Gebäudes durch. Es ist zu klären, ob der Platzbedarf hier ausreichend ist.

Beurteilung:

- In den Bachschutt-Ablagerungen ist grundsätzlich mit vielen Steinen und hohem Blockanteil zu rechnen.
- Aufgrund der Kolk-Problematik ist der Fluss in ausreichender Tiefe zu unterqueren.

Fazit:

Aus geologisch-geotechnischer Sicht grundsätzlich günstige Baugrundverhältnisse und eher unproblematischer Streckenabschnitt.

*Kilometrierung: 28'270 - 31'430 m*

Oberflächengeologie:

- Gemäss den geologischen Karten im Anhang, ist aufgrund der Oberflächengeologie davon auszugehen, dass diese beiden Abschnitte fast ausschliesslich im Lockergestein verlaufen.
- Es handelt sich hierbei um Moränen-, Bergsturz- und Bachschuttablagerungen. Somit ist auf dem gesamten Abschnitt mit einem hohen Blockanteil zu rechnen.
- Der Streckenabschnitt zwischen ca. KM 28.9 und KM 30.1 befindet sich in den Bergsturzablagerungen von Glis. Gemäss Gefahrenkarte des Kantons Wallis<sup>12</sup> ist dieser Bereich jedoch nicht als Rutschung ausgeschieden.
- Ein kurzer Streckenabschnitt bei KM 28.5 verläuft im Gips.

Spezielle Bemerkungen:

- Der Muffenschacht MS35 beim Holzji und der Schacht MS36 beim Ännertholzgraben müssen ausserhalb der Gefahrenzone Lawine positioniert werden.

---

<sup>12</sup> Geologische Gefahrenkarte und Lawinengefahrenkarte. Dienststelle für Wald und Landschaft (DWL), Kanton Wallis, Sitten, unter <https://www.vs.ch/web/sfp/cartes-de-dangers> (abgerufen im Januar 2017)

Beurteilung:

- Da die Bergsturz-Ablagerungen von Glis nicht als Rutschung ausgeschieden sind, gehen wir aufgrund des heutigen Kenntnisstandes davon aus, dass eine Verlegung eines Kabelrohrblock-Systems möglich ist.
- Da in solchen Ablagerungen (Sackungsmasse) jedoch bisweilen Hangbewegungen beobachtet werden, muss dies in einer nächsten Projektphase noch eingehender untersucht werden, damit dieses Gefährdungsbild gänzlich ausgeschlossen werden kann.
- Ein kurzer Streckabschnitt bei KM 28.5 verläuft im Gips. In diesem Bereich besteht die Gefährdung von Verkarstungserscheinungen sowie der Quellfähigkeit vom Gestein.
- Der restlichen Streckabschnitte sind aus geotechnischer Sicht als eher unproblematisch einzustufen.

Fazit:

Das Leitungstrasse verläuft durch die Bergsturzablagerung von Glis (Sackungsmasse). Da diese Ablagerungen nicht als Rutschungszone ausgeschieden sind, gehen wir aufgrund des heutigen Kenntnisstandes davon aus, dass eine Verlegung eines Kabelrohrblock-Systems möglich ist. Für den restlichen Streckenabschnitt, mit Ausnahme des kurzen Streckenabschnitts im Gips, ist aus geotechnischer Sicht mit keinen grösseren Schwierigkeiten zu rechnen.

## 6.8 Abschnitt 8: Brig-Glis, Ännerholz bis Termen, Fäldgrabe

Der Abschnitt 8 beginnt beim «Ännerholzgraben» auf ca. 840 m ü. M. Das Ende des Abschnitts befindet sich beim «Fäldgrabe» oberhalb von Termen auf einer Höhe von ca. 1050 m ü. M. Die Gesamtlänge des Abschnitts 8 beträgt ca. 4'050 m.

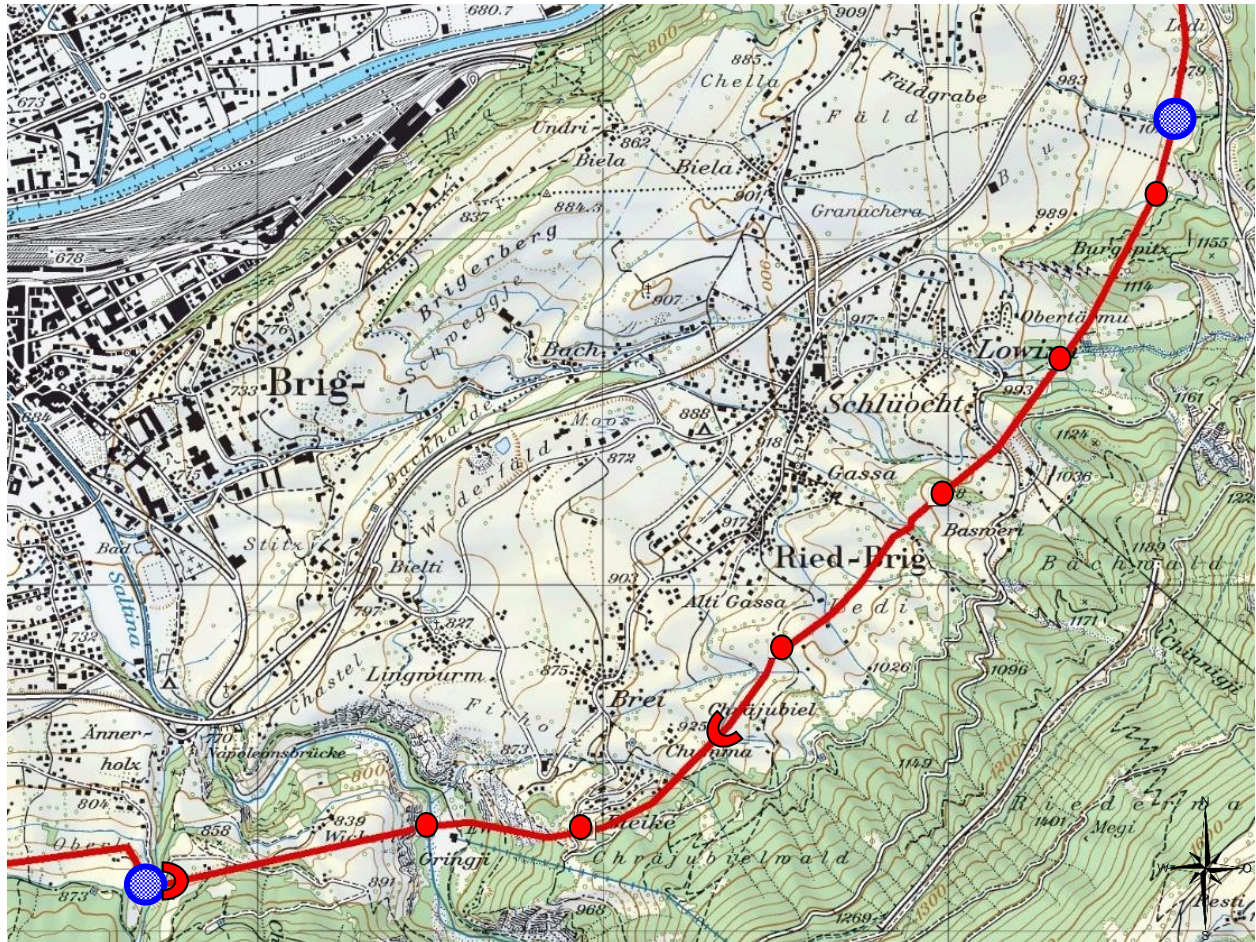






Abbildung 71: Verlauf des Abschnitts 8

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht
-  Ein-/Ausgang Bergmännischer Tunnel

### 6.8.1 Linienführung

Kilometrierung: 31'430 – 33'130 m

Der Beginn des Abschnitts 8 liegt bei der Querung des «Ännerholzgraben». An dieser Stelle wird ein Muffenschacht erstellt. Die Zugänglichkeit ist über die Strasse «Holzji» – «Ännerholz» gewährleistet.

Nach dem «Ännerholzgraben» folgt ein sich ständig ändernder topografischer Verlauf bis zum steilen Abhang der Saltinaschlucht. Die Querung der Saltinaschlucht könnte teils mit einem bergmännischen Tunnel, teils mit Mikrotunnelverfahren und/oder teils mit offenem Rohrblock überwunden werden. Um ein ständiger Systemwechsel mit mehreren Längsknicen des Trasseeverlaufs zu verhindern, wird vom «Ännerholzgraben» bis auf die östliche Seite der Saltinaschlucht bis in die «Chumma» ein bergmännischer Tunnel erstellt.

In der Talsohle der Saltinaschlucht ist die Zugänglichkeit gewährleistet und ausreichend Platz vorhanden, um einen Muffenschacht im Tagbau zu erstellen, zumal der Tunnel in geringer Tiefe die Saltina quert. Es ist abzuklären, ob die Flussquerung selber im bergmännischen Tunnelverfahren oder in einer offenen Bauweise mit einem Kastenquerschnitt ausgeführt wird. Beide Verfahren sind möglich.

Der gesamte Tunnel vom Ännerholzgraben bis auf die Ostseite der Saltinaschlucht besteht aus zwei Teilbereichen:

Tabelle 9: Tunnel Saltina West und Ost

Teilbereich	Bezeichnung	Länge	Gefälle
1	Tunnel Saltina West	774 m	13 %
2	Tunnel Saltina Ost	789 m	33 %

Beide Tunnelteilstrecken werden von der Saltina Mitte (Talgrund Saltinaschlucht) aus bergmännisch erstellt. Hier ist die Zugänglichkeit über die bestehende Strasse zur Kraftwerkszentrale «Gringji» gewährleistet und ausreichend Platz vorhanden.

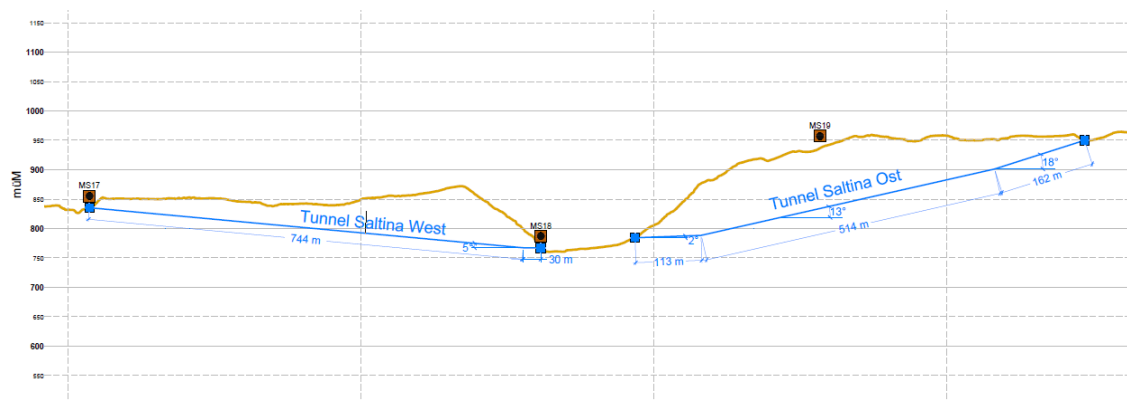


Abbildung 72: Längsprofil Tunnel Saltina West und Ost





Abbildung 73: Querung der Saltinaschlucht (Westflanke) mittels Tunnel (Teilstrecke Ännerholzgraben – Saltina Mitte)



Abbildung 74: Querung der Saltinaschlucht (Ostflanke) mittels Tunnel (Saltina Mitte – Saltina Ost)

*Kilometrierung: 33'130 – 35'480 m*

Dieses Teilstück beginnt beim Tunnelende Saltina Ost auf 955 m ü. M. und führt bis zum «Fäldgrabe» oberhalb von Termen auf 1'030 m ü. M. Das durchschnittliche Gefälle auf diesem 2'350 m langen vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Teilstück beträgt ca. 2.5 %, wobei der Kabelrohrblock den sich ständig wechselnden topografischen Gegebenheiten anpasst. Gegen Ende des Teilstücks wird der sich in der archäologischen Schutzzone befindende «Burgspitz» mittels Mikrotunnelverfahren auf einer Länge von ca. 250 m unterquert. In diesem Teilstück sind insgesamt vier Muffenschächte vorgesehen. Der erste Muffenschacht wird im «Chräjubiel» erstellt, wo die Zugänglichkeit über eine bestehende Flurstrasse gewährleistet ist. Der zweite Muffenschacht wird in der «Gassa» erstellt, wo ebenfalls eine Flurstrasse die Zugänglichkeit ermöglicht. Der dritte und vierte Muffenschacht wird bei Tunnelbeginn und bei Tunnelende im Mikrotunnel „Burgspitz“ erstellt. Die Zugänglichkeit dieser beiden Standorte muss durch neu zu erstellende Zufahrtswege sichergestellt werden. Diese Zufahrten können teilweise über bestehende Flurstrassen erfolgen, von welchen dann entsprechende neue Zufahrten über landwirtschaftlich genutzte Flächen erstellt werden müssen.



Abbildung 75: Trasseeführung im Bereich „Basweri“

## 6.8.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 10: Bauverfahren auf dem 8. Abschnitt

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
31'430 – 33'130	13 % bzw. 33 %	-	Bergmännischer Tunnelbau Teilbereich 1 Teilbereich 2	Ännerholzgraben -Querung Saltinaschlucht – Saltina Ost Länge Teilbereich 1: 774 m Länge Teilbereich 2: 789 m
33'130 – 35'790	4 %	20-25 %	Etappiertes Aushub, Rohrblock aus Ort beton, Hinterfüllung.  Mikrotunneling (ca. 250 m)	80 % Landwirtschaftsflächen / 20 % Wald. Zugänglichkeit vorwiegend über Flurstrassen gewährleistet.  Unterquerung Burgspitzhügel



### 6.8.3 Schutzzonen

Die Leitungsführung wurde so gewählt, dass das Leitungstrasse im Bereich von Ried-Brig (ca. KM 33.2 bis KM 34.4) unterhalb der zahlreichen Quellen inkl. Schutzzonen verläuft. Es werden mit dem Leitungsverlauf somit keine Quellschutzzonen tangiert.

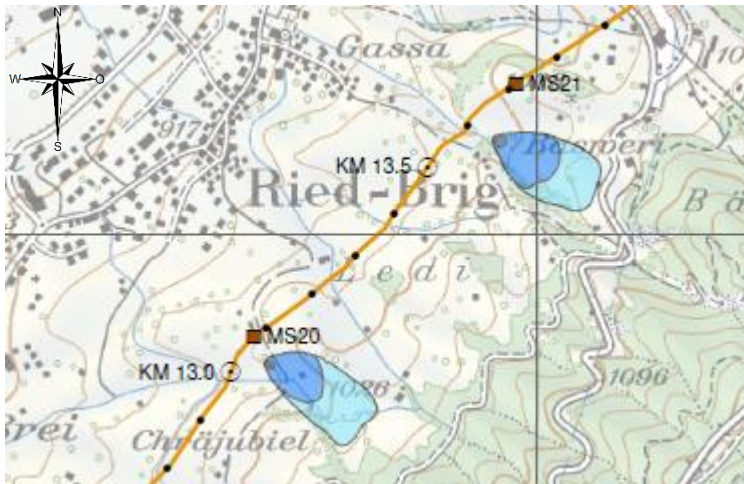


Abbildung 76: Quellschutzzonen im Bereich Ried-Brig (mit alter Kilometrierung)

Die Trasseeführung durchquert im Bereich «Lowina» die Gefahrenzonen von Lawinen. Die erdverlegten Leitungen sind durch Lawinen nicht gefährdet, da sie durch ihre unterirdische Lage ausreichend geschützt sind. Dasselbe gilt für den vorgesehenen unterirdischen Muffenschacht. Unmittelbar an die Lawinenzone folgt eine archäologische Schutzzone beim Burgspitzhügel. Die beiden Muffenschächte können so platziert werden, dass sich beide ausserhalb der archäologischen Schutzzone befinden. Der archäologisch geschützte Burgspitzhügel selber wird mittels Mikrotunnelverfahren unterquert.

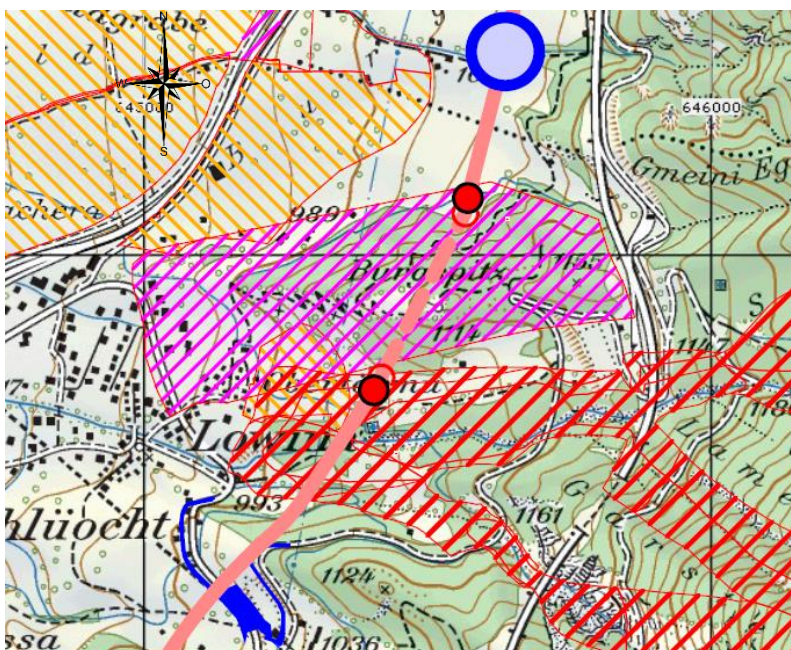


Abbildung 77: Schutzzone im Bereich Lowina

#### **6.8.4 Geologische Beurteilung**

*Kilometrierung: 31'430 – 33'180 m*

Oberflächengeologie:

- Aufgrund der Oberflächengeologie wird vermutet, dass der Tunnel West in schwarzen Tonschiefern sowie Gipsen und Rauwacken der Grenztrias liegt. Die Gesteine sind stark verfaltet und weisen zum Teil eine sehr engständige, steilstehende bis fast senkrechte Schieferungsfläche auf.
- An der Ostflanke sind an der Oberfläche Moränen-Ablagerungen aufgeschlossen. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen ist nicht bekannt. Aufgrund der geringen Überlagerung ist jedoch ein Verlauf dieses Tunnelabschnitts in Lockergesteinsablagerungen möglich.

Beurteilung:

- Sehr anspruchsvolle geologische und geotechnische Verhältnisse (stark verfaltete und geschieferte Gesteine und Moränenablagerungen). Es handelt sich um einen der anspruchsvollsten Teilabschnitte auf dem ganzen Leitungstrasse.
- In den Gipsen und Rauwacken sind Verkarstungsphänomene sowie die Quellen der Gesteine als relevante Gefährdungsbilder zu berücksichtigen.
- Um das Risiko eines Tagbruchs zu minimieren, ist darauf zu achten, dass der Tunnel eine genügende Überlagerung aufweist. Dies ist aufgrund der mässigen Hangneigung insbesondere auf der Ostflanke relevant.

Optimierung Leitungsführung:

- Das Tunnelportal des Tunnels Saltina West wurde so angeordnet, dass es in den schwarzen Tonschiefern zu liegen kommt.
- Die Tunnelachse vom Tunnel Saltina Ost wurde so angepasst, dass er nördlich von der Druckleitung zu liegen kommt (Minimierung von Setzungen im Bereich der Druckleitungs-Fundamente).
- Für die Querung der Saltina-Schlucht selber, ist aus geotechnischer Sicht eine Realisierung in der offenen Bauweise einfacher zu bewerkstelligen.
- Der Tunnel Saltina Ost befindet sich gemäss Längsprofil (siehe Anhang) an einem Hang mit grösstenteils geringer bis mässiger Hangneigung (15° bis 25°). Aus diesem Grund ergibt sich eine geringe Überlagerung des Tunnels. Darum wird vorgeschlagen den Tunnel auf den ersten rund 100 m mit geringerem Gefälle zu erstellen, damit rasch eine ausreichende Überdeckung erreicht wird.

Fazit:

Die beiden Tunnel zur Querung der Saltina-Schlucht sind in geologisch und geotechnisch anspruchsvollen Verhältnissen zu bewerkstelligen. Unter Zuhilfenahme von geeigneten Baumassnahmen wird die Erstellung der Tunnel aus geologisch-geotechnischer Sicht jedoch als machbar erachtet.



*Kilometrierung: 33'180 – 35'480 m*

Oberflächengeologie:

- postglaziale Moränenablagerungen

Spezielle Bemerkungen:

- Der Zielschacht vom Mikrotunneling scheint in der archäologischen Schutzzone vom Burgspitzhügel zu liegen. Aus diesem Grund ist zu prüfen, ob der Mikrotunnel verlängert werden muss.
- Der Muffenschacht MS41 ist ausserhalb der Lawinenzonen anzuordnen.

Beurteilung:

- Die stark ausgeprägten Terrainunterschiede führen zu erheblichen Schwierigkeiten/Erschwernissen bei der Realisierung der Erdverlegung.

Fazit:

Der Leitungsverlauf ist auf diesem Streckenabschnitt so gut wie möglich an die unregelmässige Geländeoberfläche anzupassen. Ansonsten ist mit hohen Böschungsanschnitten zu rechnen.

## 6.9 Abschnitt 9; Termen, Fäldgrabe bis Mörel-Filet, UW Mörel

Die Abschnittslänge beträgt 3'600m und die Zugänglichkeit ist teilweise erschwert. Das Trasse verläuft von «Fäldgrabe», oberhalb von Termen auf einer Höhe von 1'050 m ü. M., nach Norden bis zur Nationalstrasse (9 E62 N9), welche unterquert wird. Die Linienführung verläuft weiter Richtung Norden durch «Ze Obre Matte», «Ze Dornu» und oberhalb «Schinnuholz». Anschliessend unterquert das Trasse in einem bergmännischen Tunnel den «Tunetschgraben». Aufgrund der steilstehenden Felswände des Mattigrabus und aufgrund des aktiven Erosionsgebiets, welches sich im Hang direkt oberhalb der Rhone befindet, wird das Trasse in den letzten ca. 2.3km in einem bergmännischen Tunnel bis zum Unterwerk in Mörel geführt.

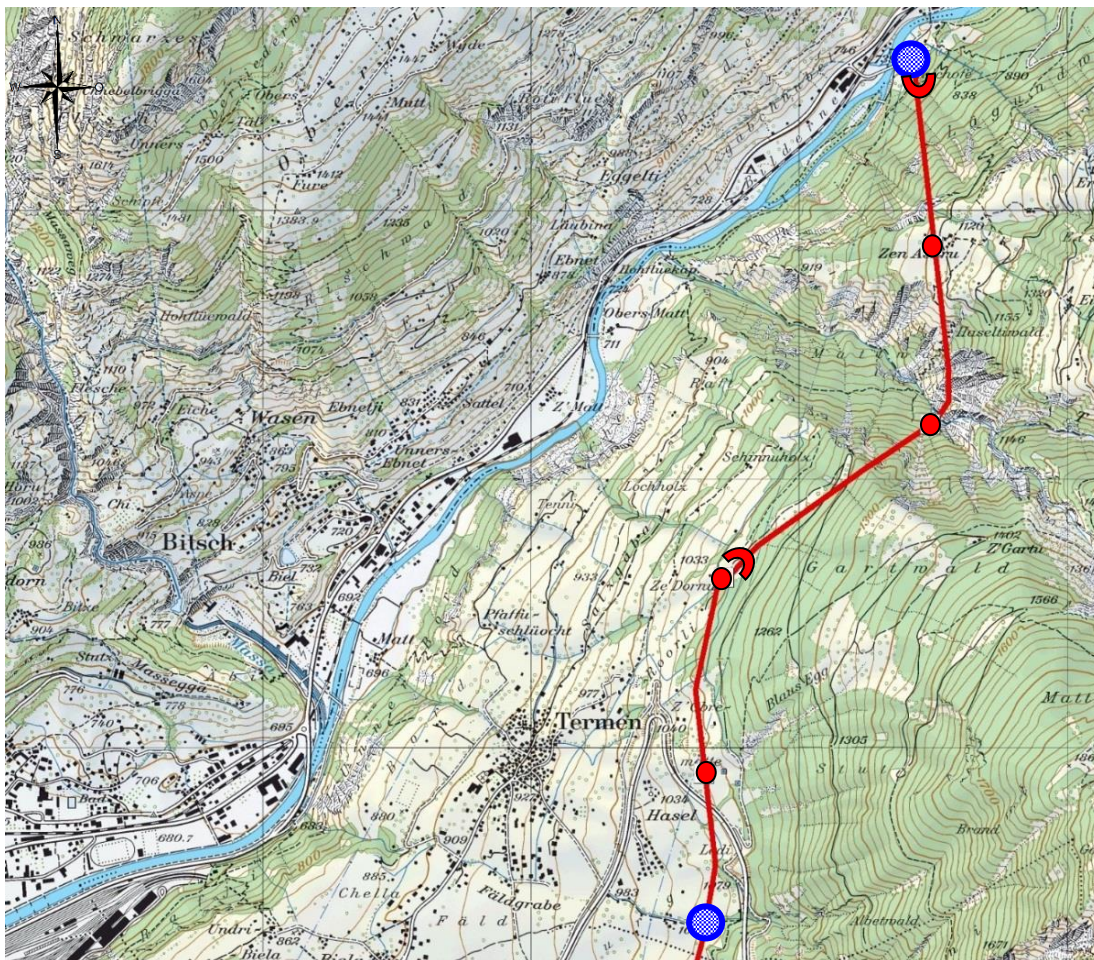






Abbildung 78: Verlauf des Abschnitts 9

Legende:

-  Abschnittsbeginn, -ende
-  Kabeltrasse, Linienführung
-  Muffenschacht
-  Ein-/Ausgang Bergmännischer Tunnel

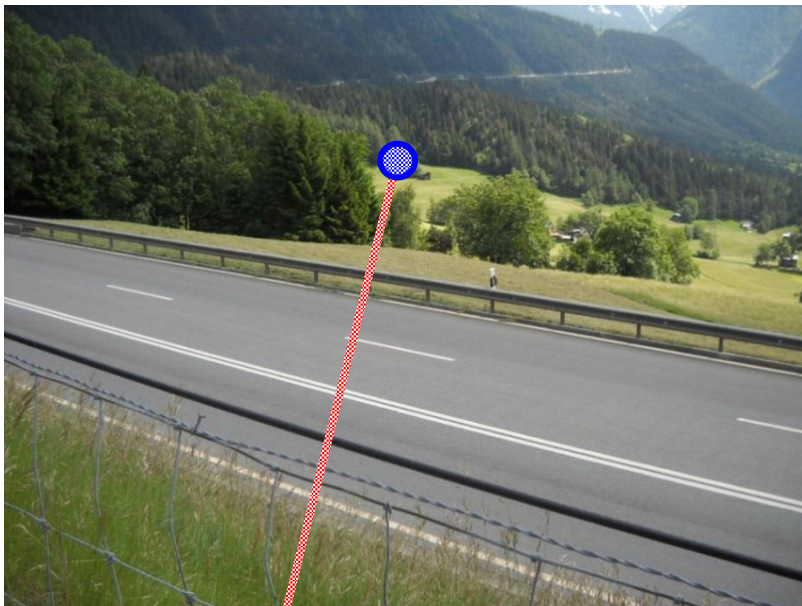
### 6.9.1 Linienführung

*Kilometrierung: 35'480 – 36'910 m*

Dieses Teilstück beginnt beim «Fäldgrabe» oberhalb von Termen auf 1'030 m ü. M. und endet beim Tunnelportal West des Tunnels «Mattigrabu» auf 1'130 m ü. M. Das durchschnittliche Gefälle auf diesem 1'430 m langen, teils landwirtschaftlich genutzten und teils bewaldetem Gebiet, beträgt ca. 6 %.

In diesem Teilstück sind insgesamt zwei Muffenschächte vorgesehen. Der erste Muffenschacht wird oberhalb vom «Hasel» erstellt. Die Zugänglichkeit zu diesem Muffenschacht ist über die Unterhaltsstrasse der Nationalstrasse gewährleistet. Der zweite Muffenschacht kommt im Bereich oberhalb von «Ze Dornu» zu stehen. Dieser Standort muss durch eine neue Zufahrtsstrasse ab der bestehenden Fortstrasse durch bewaldetes Gebiet erschlossen werden.

Der gesamte Trasseeverlauf befindet sich entweder in landwirtschaftlich genutzten Flächen oder in bewaldeten Gebieten. Zwischen dem Abschnittsbeginn und dem ersten Muffenschacht muss die bestehende Nationalstrasse mittels Mikrotunnelling unterquert werden.



**Abbildung 79: Querung Nationalstrasse A9 mit Trasseführung**



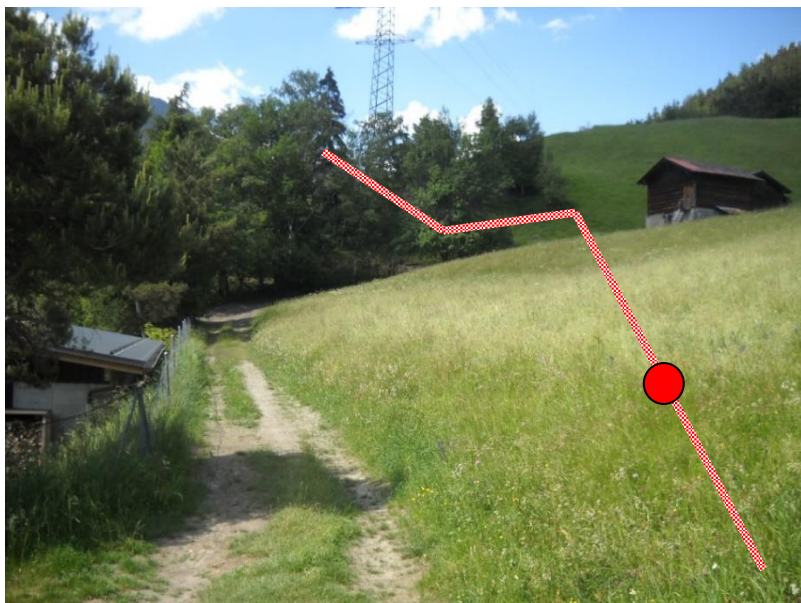


Abbildung 80: Trasseeführung mit Standort des Muffenschachts

Kilometrierung: 36'910 – 39'080 m

Der letzte Teil des Abschnitts 9 wird mit einem bergmännischen Tunnel von 2'170 m Länge erstellt. Das durchschnittliche Gefälle des Tunnels beträgt 16 %. Der Tunnel unterquert den geologisch und topografisch anspruchsvollen «Tunetschgraben» und umgeht das Auenschutzgebiet am südlichen Rhoneufer.

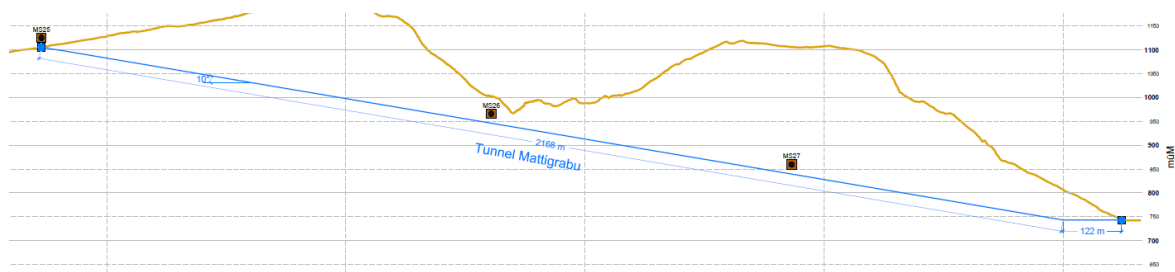


Abbildung 81: Längsschnitt des Tunnels «Mattigrabu»

## 6.9.2 Bauverfahren

Trasseabschnitte, Gefällsangaben und Bauverfahren.

Tabelle 11: Bauverfahren auf dem 9. Abschnitt

Kilometrierung	Längsgefälle	Hangneigung	Bauverfahren	Bemerkungen
35'480 – 35'910	5 %	15-20 %	Etappiertes Aushub, Rohrblock aus Ort beton, Hinterfüllung	Landwirtschaftlich genutzte Flächen
35'910			Mikrotunneling	Querung Nationalstrasse. (L=50m)
35'910 – 36'910	2.5 %	40-45 %	Etappiertes Aushub, Rohrblock aus Ort beton, Hinterfüllung	Vorwiegend Waldflächen.
36'910 – 39'080	15 %	-	Bergmännischer Tunnel	Tunnel „Mattigrabu“ Länge = 2290 m



### **6.9.3 Schutzzonen**

Die Trasseeführung tangiert keine Schutzzonen. Durch die Trasseeführung mittels bergmännischem Tunnel wird eine archäologische Schutzzone, eine bewaldete Wildruhezone, sowie ein Auenschutzgebiet umgangen.

### **6.9.4 Geologische Beurteilung**

*Kilometrierung: 35'480 – 39'080 m*

Oberflächengeologie:

- Auf dem Streckenabschnitt für den eine Realisierung in der offenen Grabenbauweise vorgesehen ist, sind an der Oberfläche Moränen-Ablagerungen aufgeschlossen. Beim Aushub in den Moränen-Ablagerungen ist generell mit hohem Blockanteil zu rechnen.
- Der Mikrotunnel, der zur Querung der Nationalstrasse vorgesehen ist, befindet sich ebenfalls in Moränenablagerungen.
- Die steilen Böschungen vom «Mattigrabu» werden von Festgestein aufgebaut. Es handelt sich hierbei um Termen-Kalkschiefer und um Gipse sowie Rauwacken.
- Es kann nicht ausgeschlossen, dass der letzte Streckenabschnitt des Tunnels im Lockergestein verläuft.

Beurteilung:

- Es handelt aus geologisch-geotechnischer Sicht, gemeinsam mit der Querung der Saltina-Schlucht, um einen der anspruchsvollsten Streckenabschnitte auf dem ganzen Leitungstrasse.

Fazit:

Die Querung des Mattibachgrabu und die anschliessende Verlegung des Kabelrohrblockes durch ein Gebiet mit aktiven Erosionsrändern wird aus geologisch-geotechnischer Sicht als kaum machbar eingestuft. Aus diesem Grund hat man sich dazu entschlossen für die Realisierung der letzten rund 2.3 km der Erdverlegung bis ins Unterwerk in Mörel einen bergmännischen Tunnel vorzusehen.

Dieser Tunnel ist in geologisch und geotechnisch anspruchsvollen Verhältnissen zu bewerkstelligen. Unter Zuhilfenahme von geeigneten Baumassnahmen wird die Erstellung des Tunnels aus geologisch-geotechnischer Sicht jedoch als machbar erachtet.

## 6.10 Erschliessung und Zufahrten

### 6.10.1 Abschnitt 1

Die Zufahrten zu den ersten drei Muffenstandorten sind durch bestehende Strassen vorhanden und gewährleistet. Zu den Muffenstandorten MS04 und MS05 müssen neue Zufahrten mit folgenden Längen erstellt werden:

- Baustrasse Ritinu (MS04): L = 350 m
- Baustrasse Lamonieren (MS05): L = 200 m

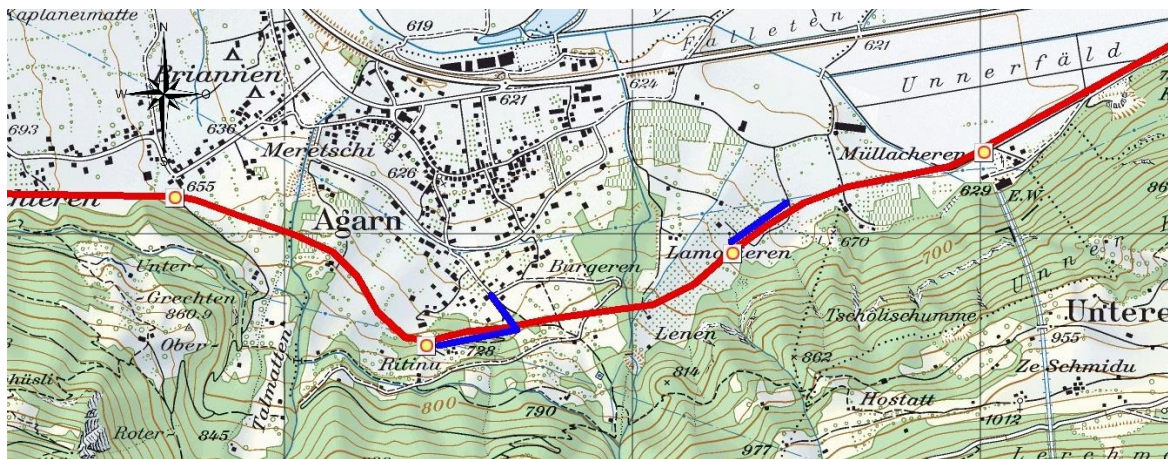


Abbildung 82: Ausschnitt Abschnitt 1 mit den erforderlichen neuen Zufahrtsstrassen

### 6.10.2 Abschnitt 2 bis 6 West

Sämtliche Zufahrten zu den Standorten der Sonderbauwerke sowie zum Trasseeverlauf in den Abschnitten 2 bis 6 West (Tunnelportal Tunnel Hohtenn) sind durch bestehende Strassen, Flur- oder Forststrassen grundsätzlich vorhanden und gewährleistet. Lokale Ergänzungen oder Verbreiterungen sowie Massnahmen auf den Strassenoberflächen sind allenfalls erforderlich.

### 6.10.3 Abschnitt 6 Ost und 7

Der Standort des östlichen Tunnelportals des Tunnels unter «Hohtenn» ist nur teilweise über eine bestehende asphaltierte Strasse oberhalb von Eyholz erreichbar. Ab ca. 700 m ü. M. muss die bestehende Forststrasse verbreitert und angepasst werden, um das erforderliche Transportaufkommen aufnehmen zu können. Ab ca. 760 m ü. M. muss eine neue Baustrasse bis zum Tunnelportal und zum letzten Muffenschacht des Abschnitts 6 (MS28) errichtet werden.

Die anzupassende und neue Baustrasse bis zum Tunnelportal bzw. zum letzten Muffenschacht des Abschnitts 6 hat eine Totallänge von ca. 1'600 m. Die Baustrassen befinden sich in teils steilem, unwegsamem Waldgelände mit einem Quergefälle von 50 – 60 %.

Die Zufahrten zu den weiteren Muffenschächten des Abschnitts 7 werden über das zu erstellende Bustrasse gewährleistet.

- Bustrasse Eyholz Ost: L = 1'600 m

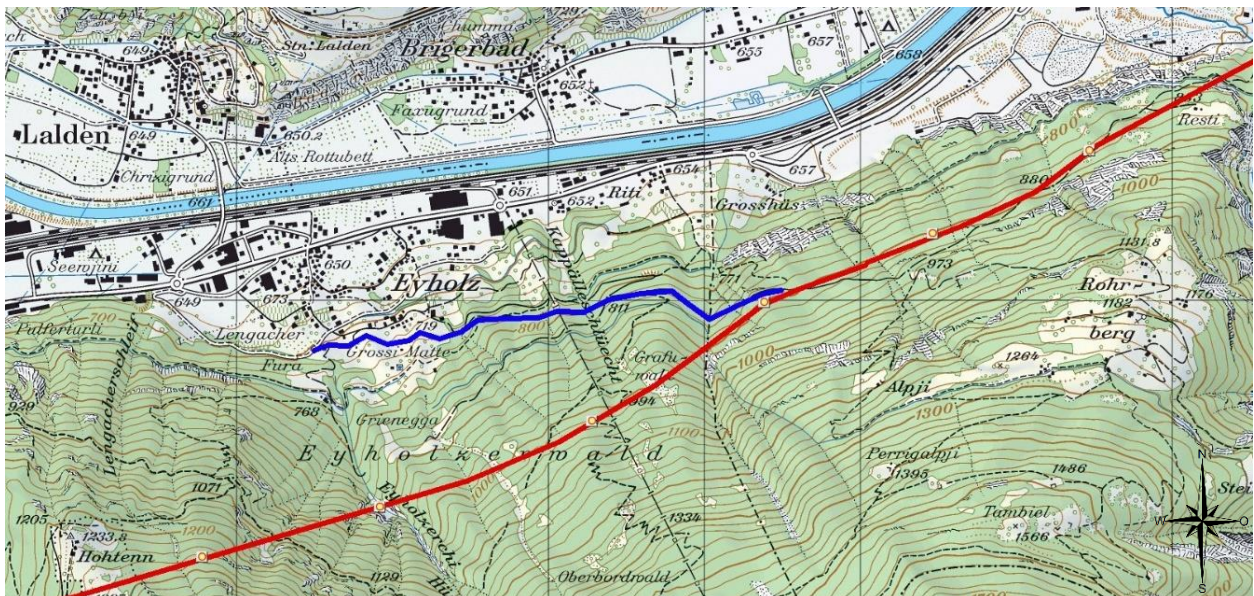


Abbildung 83: Ausschnitt Abschnitt 6 Ost und 7 mit der auszubauenden oder neuen Zufahrtsstrasse



### 6.10.4 Abschnitt 8

Die beiden bergmännischen Tunnels zur Querung der Saltina werden vom «Gringji» aus erstellt. Das «Gringji» ist über eine bestehende (nicht asphaltierte) Strasse, welche die bestehende Kraftwerkszentrale erschliesst, erreichbar.

Die sich östlich des Tunnels Saltina befindenden Muffenschachtstandorte sowie die Standorte der Pressschächte für den Mikrotunnel unter dem Burgspitzhügel sind durch vier neue bzw. auszubauende Strassen zu erschliessen. Die Baustrassen befinden sich in vorwiegend hügeligem, landwirtschaftlich genutzten Gebiet. Insgesamt sind in diesem Teilstück vier Baustrassen erforderlich:

- Baustrasse Chräjubiel: L = 460 m
- Baustrasse Basweri: L = 260 m
- Baustrasse Lowina/Burgspitz: L = 450 m
- Baustrasse Ledi/Burgspitz: L = 500 m

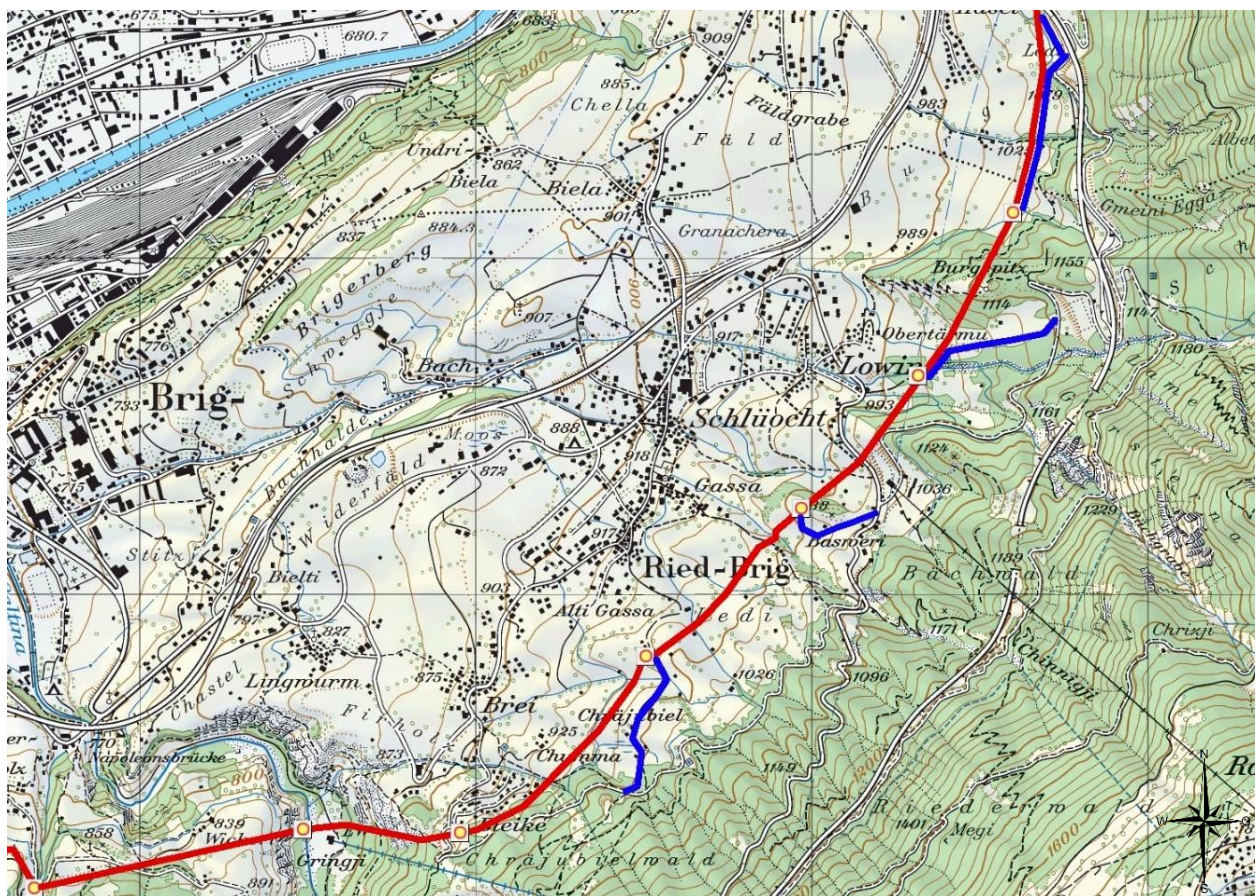


Abbildung 84: Ausschnitt Abschnitt 8 mit den vier neuen Zufahrtsstrassen



### 6.10.5 Abschnitt 9

Der westliche Standort des Pressschachts für die Querung der A9 ist durch eine neue Zufahrtsstrasse mit einer Länge von 150 m zu erschliessen. Der östliche Standort des Pressschachts ist über eine bestehende Forststrasse gut erschlossen, ebenso der folgende Muffenstandort.

Der Muffenstandort bei «Ze Dornu», wo sich auch das westliche Tunnelportal des Tunnels «Mattigrabu» befindet, muss durch eine neue Zufahrtsstrasse ab der bestehenden Fortstrasse erschlossen werden. Die neue erforderliche Zufahrts- und Baustrasse hat eine Länge von 900 m und befindet sich grösstenteils in steilem Waldgelände.

- Baustrasse Hasel:  $L = 150 \text{ m}$
- Baustrasse Ze Dornu:  $L = 900 \text{ m}$

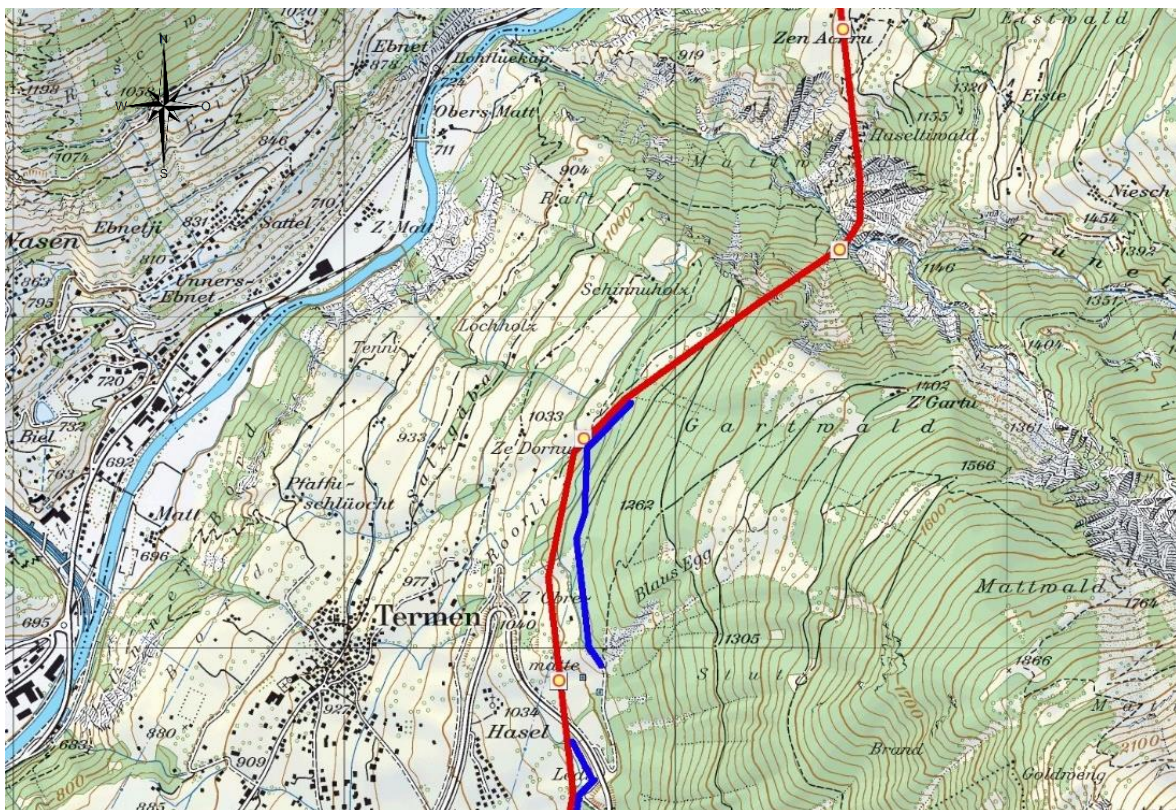


Abbildung 85: Ausschnitt Abschnitt 9 mit den beiden neuen Zufahrts- und Baustrassen

### 6.10.6 Tabellarische Zusammenfassung der Zufahrtsmöglichkeiten

Die folgenden zwei Tabellen zeigen alle Zufahrtsmöglichkeiten zu den Übergangsbauwerken, Tunnelportalen und Muffenschächten auf. In den Abschnitten 1 bis 5 sind insgesamt 700 m bestehende Zufahrten auszubauen oder zu verbreitern und 650 m neue Zufahrts- und Baustrassen zu errichten.

**Tabelle 12: Übersicht der Zufahrtsmöglichkeiten Abschnitte 1 bis 5**

Abschnitt	Sonderbauwerk	Zufahrtsmöglichkeit			Bem.
		bestehend	aus-zubauen	neu zu erstellen	
1	ÜBW	100 %	100	-	
1	MS 01	100 %	-	-	
1	MT (Illgraben) West + Ost	100 %	100	-	
1	MT (Querung Gasleitung)	100 %	-	-	
1	MS 02 / 03	100 %	-	-	
1	MT (Querung Gasleitung)	-	-	100	
1	MS 04	-	-	350	
1	MS 05	-	100	200	
2	MS 06 / 07 / 08 / 09	100 %	-	-	
3	MT (Rhone) West + Ost	100 %	200	-	
3	MS 10	100 %	-	-	
3	MT (Lonza) West + Ost	100 %	-	-	
3	MS 11 / 12 / 13 / 14	100 %	-	-	
3	PS (Rhone Turtig) West + Ost	100 %	200	-	
3	MS 15	100 %	-	-	
4	MS 16 / 17 / 18 / 19	100 %	-	-	
4	MT (Querung Gasleitung)	100 %	-	-	
4	MS 20	100 %	-	-	
5	TP (Tunnel Vispताल) West	100 %	-	-	
5	MS 21 / 22	100 %	-	-	Tunnel
5	TP (Tunnel Vispताल) Ost	100 %	-	-	
5	MT (Vispa) West + Ost	100 %	-	-	
5	MS 23	100 %	-	-	
<b>Total</b>			<b>700 m</b>	<b>650 m</b>	

In den Abschnitten 6 bis 9 sind insgesamt 750m bestehende Forststrassen auszubauen oder zu verbreitern und 5220m neue Zufahrts- und Baustrassen zu errichten.

**Tabelle 13: Übersicht der Zufahrtmöglichkeiten Abschnitte 6 bis 9**

Abschnitt	Sonderbauwerk	Zufahrtmöglichkeit			Bem.
		bestehend	aus-zubauen	neu zu erstellen	
6	TP (Hohtenn) West	100 %	-	-	
6	MS 24 / 25 / 26 / 27	100 %	-	-	Tunnel
6	TP (Hohtenn) Ost	-	600	1'000	
7	MS 28 / 29 / 30	-	-	1'100	
7	PS (Gamsa) West + Ost	100 %	-	-	
7	MS 31 - 37	100 %	-	-	
8	TP (Saltina West) West + Ost	100 %	-	-	
8	MS 38	100 %	100	-	
8	TP (Saltina Ost) West	100 %	-	-	
8	MS 39	100 %	-	-	Tunnel
8	TP (Saltina Ost) Ost	-	-	400	
8	MS 40	-	-	460	
8	MS 41	-	-	260	
8	MS 42 + MT (Burgspitz) West	-	-	450	
8	MS 43 + MT (Burgspitz) Ost	-	-	500	
9	MT (A9 Hasel) West + Ost	-	-	150	
9	MS 44	-	50	-	
9	MS 45 + MT (Mattigrabu) West	-	-	900	
9	MS 46 / 47	100 %	-	-	Tunnel
9	TP (Mattigrabu) Ost	100 %	-	-	
<b>Total</b>			<b>750 m</b>	<b>5'220m</b>	

## 7 Wirtschaftlichkeit

In diesem Kapitel werden die Kosten für die Realisierung der Teilverkabelung Agarn - Mörel geschätzt. Die Kosten für die einzelnen Verlegungsarten (Rohrblock, Tunnel und Mikrotunneling) und die Muffenschächte sind dem Anhang 2 zu entnehmen. Aus den definierten Einzelkosten werden die Gesamtkosten inkl. der Kabelkosten abschnittsweise berechnet. Ergänzend werden auch die Zweitinvestitionen betrachtet, welche nach ca. 40 Jahren infolge des notwendigen Kabelaustausches entstehen.

### 7.1 Kostenschätzung Erstinvestitionen

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht der Kosten für die in dieser Studie beschriebene Verkabelungsvariante. Die detaillierte Berechnung der Bau- und Kabelkosten sind dem Anhang 2.5 zu entnehmen. Gemäss SIA werden die Kosten bei einer Machbarkeitsstudie mit einer Genauigkeit von  $\pm 30\%$  angegeben, realitätsnäher ist jedoch  $-10\%$  und  $+30\%$ .

Tabelle 14: Zusammenfassung der Bau- und Montagekosten

	Trasseelänge [km]	Tunnellänge [km]	Länge Mikrotunnel [km]	Anzahl 380kV - Systeme	Anzahl 220kV - Systeme	Anzahl Muffenschächte	Anzahl Übergangsbauwerke	Kosten gerundet [KCHF]
<b>Abschnitt 1</b>	4.75	-	0.20	2	-	6	1	53'818
<b>Abschnitt 2</b>	3.82	-	-	2	-	3	-	38'456
<b>Abschnitt 3</b>	5.84	-	0.60	2	-	6	-	66'915
<b>Abschnitt 4</b>	4.92	-	0.05	2	-	5	-	50'349
<b>Abschnitt 5</b>	2.95	2.70	0.13	2	-	1	-	77'163
<b>Abschnitt 6</b>	4.09	3.80	-	2	1	1	1	116'079
<b>Abschnitt 7</b>	5.06	-	0.11	2	1	9	-	77'984
<b>Abschnitt 8</b>	4.05	1.56	0.25	2	1	5	-	90'436
<b>Abschnitt 9</b>	3.60	2.29	0.05	2	1	2	1	110'072
<b>Projektierung</b>								85'667
<b>Baunebenkosten</b>								49'946
<b>Total</b>	<b>39.08</b>	<b>10.35</b>	<b>0.98</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>3</b>	<b>816'886</b>

Die Baukosten des Kabeltrassees betragen gerundet 817 Mio. CHF.



## 7.2 Kostenschätzung Kabelersatz

Die nachfolgenden Kostenangaben basieren auf Erfahrungswerten und wurden ohne Reserve kalkuliert. Gemäss SIA werden die Kosten bei einer Machbarkeitsstudie mit einer Genauigkeit von  $\pm 30\%$  angegeben, realitätsnäher ist jedoch  $-10\%$  und  $+30\%$ .

Tabelle 15: Kostenschätzung Kabelersatz nach 40 Jahren

	Rohrblock 2 Systeme	Rohrblock 3 Systeme	Tunnel 2 Systeme	Tunnel 3 Systeme	Total
<b>Trasseelänge [km]</b>	18.6	8.8	3.7	8.0	39.1
<b>Tiefbau [kCHF]</b>	65'739	30'491	0	0	95'050
<b>Kabel inkl. Montage [kCHF]</b>	155'160	92'527	30'098	84'377	311'533
<b>Demontage der alten Leitung [kCHF]</b>	1'302	791	257	721	3'072
<b>Projektierung [kCHF]</b>	23'256	10'984	4'594	10'016	48'850
<b>Baunebenkosten [kCHF]</b>	18'084	8'541	3'572	7'789	37'986
<b>Total</b>					<b>492'118</b>

Für den Kabelersatz nach 40 Jahren muss nochmals mit Kosten von ca. 492 Mio. CHF gerechnet werden.

## 7.3 Gesamtkosten

Die Gesamtkosten der vorliegenden Verkabelungsstudie setzen sich aus den Baukosten und Kosten für den Kabelersatz nach 40 Jahren zusammen.

Tabelle 16: Gesamtkosten Verkabelung Agarn - Mörel

<b>Erstinvestitionen [kCHF]</b>		<b>816'886</b>
<b>Kabelersatz [kCHF]</b>		<b>492'118</b>
<b>Total [kCHF]</b>		<b>1'309'003</b>
<b>Total, gerundet [kCHF]</b>		<b>1'309'000</b>

Die Gesamtkosten betragen ca. 1.3 Mia. CHF. Dies entspricht in etwa dem 10fachen einer vergleichbaren Freileitung.

## 8 Umwelt

### 8.1 Luft

#### 8.1.1 Ausgangslage

Der Projektperimeter gehört zum inneralpinen Klimabereich. Hauptquelle der Luftverschmutzung ist der Strassenverkehr mit einem mässigen Anteil Schwerverkehr.

#### 8.1.2 Projektauswirkungen Bauphase

Die Bauarbeiten und die Bautransporte verursachen Schadstoff-Emissionen. Eine Abschätzung der Transportfahrten ist schwierig. Vor allem der Abtransport des Ausbruchmaterials und der Transport des Betons verursachen viele Fahrten. Folgende Hauptquantitäten werden für die gesamte Strecke angenommen:

• Rodungen Holzvolumen	20'000	m <sup>3</sup>
• Erdarbeiten, Aushub	700'000	m <sup>3</sup>
• Abtransport und Deponie Aushubmaterial	220'000	m <sup>3</sup>
• Abtransport und Deponie Tunnelausbruchmaterial	200'000	m <sup>3</sup>
• Lieferung Koffermaterial	70'000	m <sup>3</sup>
• Beton Kabelschächte und Rohrtrasse	100'000	m <sup>3</sup>
• Beton Tunnelauskleidung	50'000	m <sup>3</sup>
• Armierungen	950	To
• Rohre DM 250 mm	465'000	m'

Die obige Darstellung zeigt, dass sehr grosse Kubaturen und Mengen transportiert werden müssen. Alleine um diese Kubaturen und Mengen auf die Baustelle zu liefern und von der Baustelle zu transportieren, sind schätzungsweise gegen 70'000 Lastwagenfahrten erforderlich, exklusive des Verkehrs innerhalb der Baustelle.

#### 8.1.3 Projektauswirkungen Betriebsphase

Durch den Stromtransport entstehen keine Immissionen. Die Erwärmung der Kabel wird in den Tunnelstrecken über das aufsteigende Trasse weggeführt. Ob passive Lüftungen für die geplanten Tunnel ausreichend sind oder aktive Lüftungen mittels Ventilatoren (siehe Kapitel 5.3.2) notwendig sind, muss im Detailprojekt genauer untersucht werden.

### 8.1.4 Massnahmen / Zusatzabklärungen

Schutz-/Minderungsmassnahmen:

Für die Bauphase gelten die Massnahmen und Vorschriften der BAFU-Richtlinie Luftreinhaltung auf Baustellen<sup>13</sup>. Die Bauarbeiten sowie die Bautransporte werden der Massnahmenstufe B zugeordnet (Tabelle 5), da die Dauer, Fläche und Kubaturen deutlich über den Werten der Einstufung in die Massnahmenstufe B liegen.

**Tabelle 17: Kriterien hinsichtlich Luftreinhaltung zur Einstufung von Baustellen in die Massnahmenstufe B**

		Art und Grösse der Baustelle	
Lage der Baustelle:	Dauer der Baustelle	Fläche	Kubaturen
Ländlich	> 1.5 Jahre	> 10'000 m <sup>2</sup>	> 20'000 m <sup>3</sup>
Agglomeration / Innenstädtisch	> 1 Jahr	> 4'000 m <sup>2</sup>	> 10'000 m <sup>3</sup>

Mit der Massnahmenstufe B müssen die Baumaschinen auf der ganzen Baustelle, nicht nur im Tunnelbau, obligatorisch mit Dieselpartikelfiltern ausgerüstet sein.

Folgende Punkte sind in der weiteren Projekterarbeitung abzuklären:

- Wärmeableitung im Stollen
- Ausarbeitung Materialbewirtschaftungs- und Logistikkonzept zur Minimierung der Transportfahrten

### 8.1.5 Beurteilung

Während der Bauphase werden durch die eingesetzten Baumaschinen mit Verbrennungsmotoren und durch die Bautransporte Luftschadstoffe freigesetzt. Die zusätzliche Luftschadstoffbelastung aufgrund Transportfahrten wird als stark eingeschätzt. Im Betrieb bewirkt das Vorhaben keine zusätzlichen Emissionen.

---

<sup>13</sup> BAFU (Hrsg.) 2009: Luftreinhaltung auf Baustellen. Richtlinie über betriebliche und technische Massnahmen zur Begrenzung der Luftschadstoff-Emissionen von Baustellen (Baurichtlinie Luft). Inkraftsetzung: 1. September 2002. Aktualisierte Ausgabe vom 1. Januar 2009. Umwelt-Vollzug Nr. 0901. Bundesamt für Umwelt, Bern. 27 S.

## **8.2 Lärm**

### **8.2.1 Ausgangslage**

Hauptlärmquelle im Projektperimeter ist der Lärm der des Strassenverkehrs. Die Kabelstrecke verläuft in den Abschnitten 2, 3 und 4 relativ nahe der Kantonsstrasse resp. der Autobahn A9 (in Bau).

### **8.2.2 Projektauswirkungen Bauphase**

Lärmintensive Bauarbeiten:

Lärmintensive Bauarbeiten sind der Vortrieb des Kabelstollens und die Erdbewegungen entlang dem offenen Kabeltrasse. Die Baustellen befinden sich an verschiedenen Stellen nahe der Bauzone. Beim Tunnelvortrieb in den Abschnitten 5 und 6 ist eine Belüftung notwendig. Die Austrittstellen der Tunnellüftung befinden sich an den Tunnelportalen. Das Portal Hohbrunnen ist nahe den Wohngebieten. Bei der erdverlegten Strecke in den Abschnitten 3 und 4 wird vielerorts eine Wasserhaltung mit Spundwänden erforderlich sein. Das Einrammen der Larsen ist lärmintensiv.

Bautransporte:

Relevant ist primär der Abtransport des überschüssigen Ausbruchmaterials zum Deponiestandort. Alleine um diese Kubaturen und Mengen von der Baustelle zu transportieren, sind schätzungsweise gegen 50'000 Lastwagenfahrten erforderlich. Während der Bauphase kommt es deshalb zu einer erheblichen Zusatzbelastung in der Umgebung der Baustellen. Es ist auf Stufe Auflageprojekt abzuklären, ob durch die Transportfahrten eine spürbare Lärmzunahme resultiert.

### **8.2.3 Projektauswirkungen Betriebsphase**

Der Koronalärm der Freileitung bleibt auf die Umgebung der Übergangswerke beschränkt. In der unterirdischen Kabelstrecke resultiert keine dem Koronalärm vergleichbare Lärmbelastung. → Kompensationsanlagen verursachen Lärm.



## 8.2.4 Schutz-/ Minderungsmassnahmen

Die Bauarbeiten werden gemäss der untenstehenden Tabelle der Massnahmenstufe B zugeordnet (Tabelle 6), da sie mehr als 1 Jahr dauern und Gebiete der Empfindlichkeitsstufe II und III betreffen. Beim Bau gelten die Massnahmen und Vorschriften der Baulärmrichtlinie<sup>14</sup>.

**Tabelle 18: Massnahmenstufen Lärm**

<b>ES</b>	<b>1 bis 8 Wochen</b>	<b>9 Wochen bis 1 Jahr</b>	<b>Mehr als 1 Jahr</b>
<b>I</b>	B	B	C
<b>II und III</b>	A	B	B
<b>IV</b>	A	A	A

Durch Ablagerung oder Verwertung des überschüssigen Aushubmaterials in der Nähe des Projektperimeters kann die Anzahl Transportfahrten stark reduziert werden.

## 8.2.5 Beurteilung / Pflichtenheft

Die Erdbewegungen verursachen erheblichen Baustellenlärm, teilweise in der Nähe des Siedlungsgebietes. Es kommt zu spürbarem Mehrverkehr, durch Abtransport des Ausbruch- und Aushubmaterials und durch die Anlieferung des Betons und der Kupferkabel. Im Betrieb ist der Koronälärm nur in der Nähe der Übergangswerke hörbar.

## 8.3 Licht

Abgesehen von der Beleuchtung bei Nacharbeiten und bei den Tunnelportalen sind keine Auswirkungen in diesem Bereich zu erwarten.

---

<sup>14</sup> BAFU 2006: Baulärm-Richtlinie. Richtlinie über bauliche und betriebliche Massnahmen zur Begrenzung des Baulärms gemäss Artikel 6 der Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986. Stand 2011. Umwelt-Vollzug Nr. 0606. Bundesamt für Umwelt, Bern. 23 S.

## 8.4 Nichtionisierende Strahlung

### 8.4.1 Ausgangslage

Elektrische Leitungen (sowohl Frei- als auch Kabelleitungen) verursachen elektromagnetische Felder. Die Leitungen müssen so geplant werden, dass die gesetzlich bestimmten Mindestabstände zur Leitung eingehalten werden.

### 8.4.2 Projektauswirkungen Bau und Betrieb

Die folgende Grafik zeigt die Berechnung der magnetischen Feldstärke in der Verlegeart Rohrblock. Im linken Rohrblock wird der ungünstigste Fall für den Ausfall eines Leiters (Stromführung durch Reservekabel) angenommen.

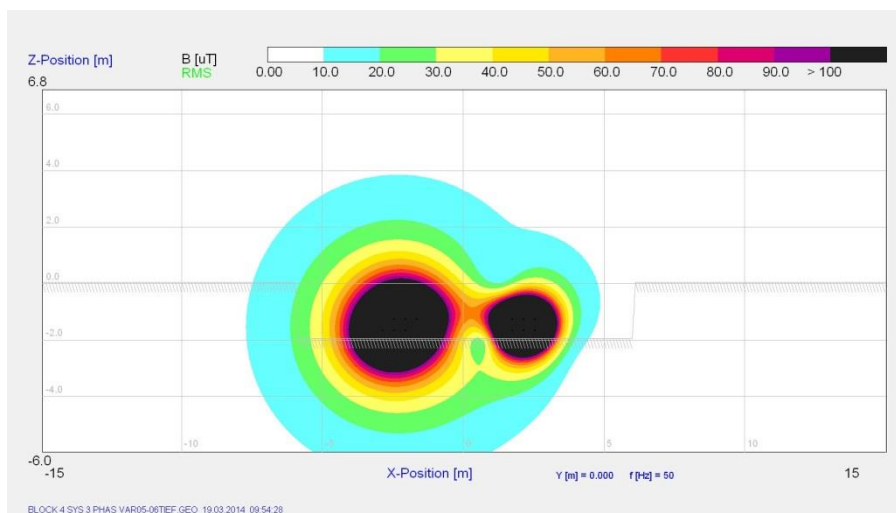
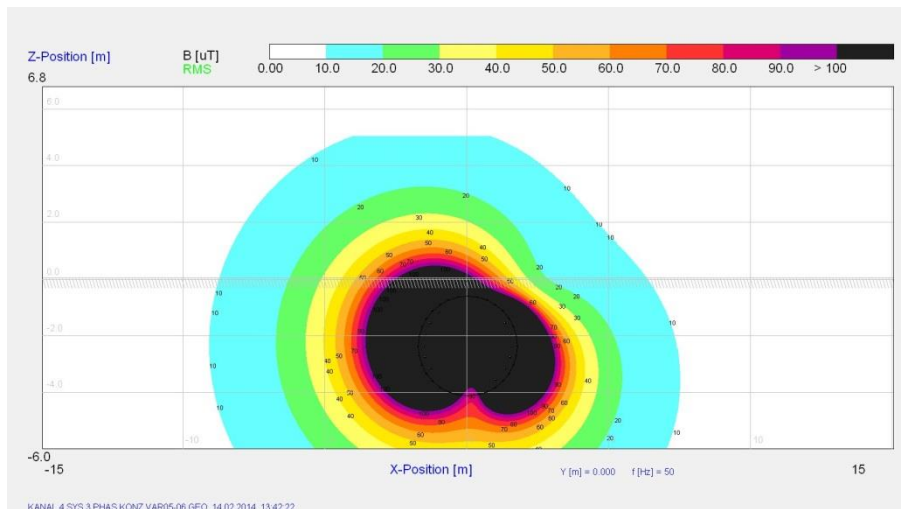


Abbildung 86: Kabelrohrblock 2 Systeme mit je 3 x 2 x 1'600 mm<sup>2</sup> Variante 05-06-tief mit Benutzung Ersatzkabel

Um bei der Variante 05-06 die NISV einzuhalten sind die Kabel (Zentrum der Kabelachse und oberste Ebene) auf einer Tiefe von 1.3 m zu verlegen. Dabei resultiert an der Oberfläche (20 cm über Boden) noch eine magnetische Flussdichte von 95.7  $\mu\text{T}$ . Seitlich (horizontal) ist ein Abstand von beidseits 10 m ab der Leitungsachse nötig, damit der Anlagegrenzwert von 1  $\mu\text{T}$  eingehalten wird. Die folgende Grafik zeigt die Berechnung der magnetischen Feldstärke in der Verlegeart Kabeltunnel. In diesem Beispiel wird ein Tunnel mit zwei Systemen aufgezeigt. Bei den vorgesehenen Tunnels dieser Studie sind 3 System pro Tunnel geplant. Im linken Bereich wird der ungünstigste Fall für den Ausfall eines Leiters (Stromführung durch Reservekabel) angenommen.



**Abbildung 87: Kabeltunnel 2 Systeme mit je 3 x 2 x 1'600 mm<sup>2</sup> Variante 05-06 mit Benutzung Ersatzkabel**

Um bei der Variante 05-06 die NISV einzuhalten sind die Kabel (Zentrum der Kabelachse und oberste Ebene) auf einer Tiefe von 1.50 m zu verlegen. Dabei resultiert an der Oberfläche (20 cm über Boden) noch eine magnetische Flussdichte von 96.0 µT. Die Linienführung wurde entsprechend so gewählt, dass zu allen OMEN und auch zu den nicht überbauten Bauzonen eine entsprechende Distanz eingehalten wird. Dies ist an folgenden Orten nicht möglich:

- Abschnitt 1: Pletschen, Briannu, Agarn (Wohnzone)
- Abschnitt 3: Stegerfeld (Arbeitszone)
- Abschnitt 4: Turtig (Wohnzone, Campingzone)
- Abschnitt 7: Gamsen (Arbeitszone), Holzji (Wohnzone)

Für eine weitere Detaillierung der Teilverkabelung muss die bereits bestehende und nicht im Verfahren stehende 220-kV-Mörel – Grenze (I) mitberücksichtigt werden. In der vorliegenden Studie gelten die berechneten Werte ohne Berücksichtigung der parallelen Leitung, da die Leitungsführung noch nicht genügend genau bestimmt ist. Es ist nicht davon auszugehen, dass durch die Parallelführung die Machbarkeit gefährdet ist. Die magnetischen Berechnungen aus dem Dokument „Generelle Berechnungen zu Kabelstudien“ gelten für gerade Strecken ohne weitere Einflüsse.

### 8.4.3 Beurteilung / weitere Abklärungen

Um den Anlagegrenzwert einhalten zu können, muss bei der erdverlegten Strecke ein Streifen von 15 – 20 m freigehalten werden. Die Linienführung der erdverlegten Strecke umgeht die Bauzonen oder quert sie unterirdisch in Tunnels. Damit werden die Vorschriften der NISV bis auf wenige Ausnahmen (Pletschu, Steg, Turtig, Gamsen) eingehalten. Auf Stufe Vorprojekt sind weitere Abklärungen betreffend OMEN und Detaillinienführung erforderlich.

## 8.5 Gewässer

### 8.5.1 Gewässerschutzbereich Au

Ausgangslage:

Der Gewässerschutzbereich Au umfasst die gesamte Rhoneebene und angrenzende potentielle Zuströmgebiete am Talhang. Aufgrund der weitläufigen Gewässerschutzzonierungen (Au) im Rhonetal ist es für die Erdverlegung ausgeschlossen eine Linienführung zu wählen, welche die Au nicht tangiert. Die gewählte Linienführung durchquert den Gewässerschutzbereich Au in mehreren Regionen:

- Mehrheitlich die gesamten Abschnitte 1-4 vom Pfywald bis Tunnelportal Visp West
- Südlich vom Gamsentunnel (Waldmatte) bis Holzji (7.Abschnitt)
- Von Wickert bis Grindji (8. Abschnitt)
- Beim Unterwerk Mörel (9. Abschnitt)

In der folgenden Abbildung sind die durchquerten Gewässerschutzbereiche gelb markiert.

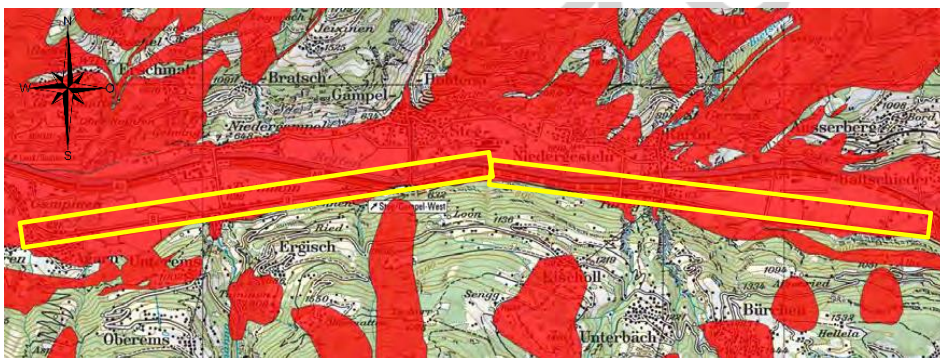


Abbildung 88: Gewässerschutzbereich Au, Abschnitte 1 – 5 (rot markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)

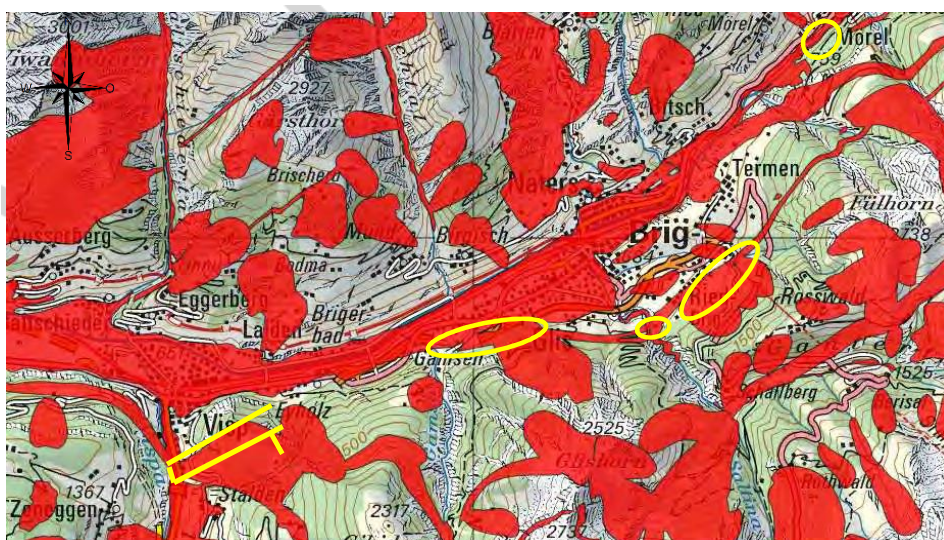


Abbildung 89: Gewässerschutzbereich Au, Abschnitte 6-9 (rot markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)



Projektauswirkungen Bau und Betrieb:

In der Rhoneebene ist je nach Jahreszeit in 1 - 3 m Tiefe mit Grundwasser zu rechnen. Der Kabelrohrblock wird in mindestens 2 m Tiefe verlegt. Bei einer Erdverlegung wird der Kabelrohrblock je nach Fliessrichtung als Barriere wirken. Dies ist besonders bei Talquerungen wie im Raum Turtmann – Raron und Staldbach relevant. Beim Bau ist speziell in den Abschnitten 2,3,4 bei hohem Grundwasserstand eine aufwändige Wasserhaltung erforderlich. Durch Ausführung bei tiefem Wasserstand kann die Wasserhaltung minimiert werden.

Die erdverlegte Strecke quert an mehreren Orten die Swissgasleitung. Aus Sicherheitsgründen ist bei einer Spannung von 380kV ein Abstand von 20m verlangt, was eine Unterquerung in entsprechender Tiefe bewirkt. Dabei wird mit grosser Wahrscheinlichkeit die grundwasserführende Schicht erreicht.

### 8.5.2 Grundwasserschutzzonen

#### Ausgangslage:

In folgenden Abschnitten verläuft die erdverlegte Strecke nahe der Grundwasserschutzzonen S2 und S3:

- Abschnitt 1: Millachern
- Abschnitt 5 und 6: Hohbrunnen
- Abschnitt 6: Eyholzerwald
- Abschnitt 7: Chumma, Ledi und Basmeri

In den nachfolgenden Abbildungen sind die kritischen Abschnitte blau markiert.

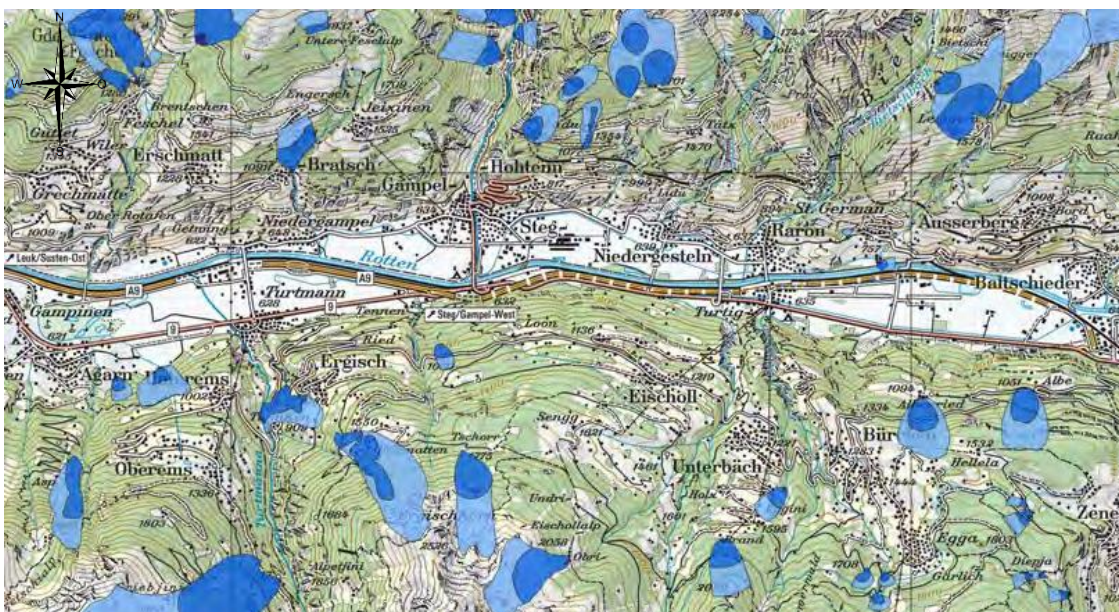


Abbildung 90: Gewässerschutzzonen (blau markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)

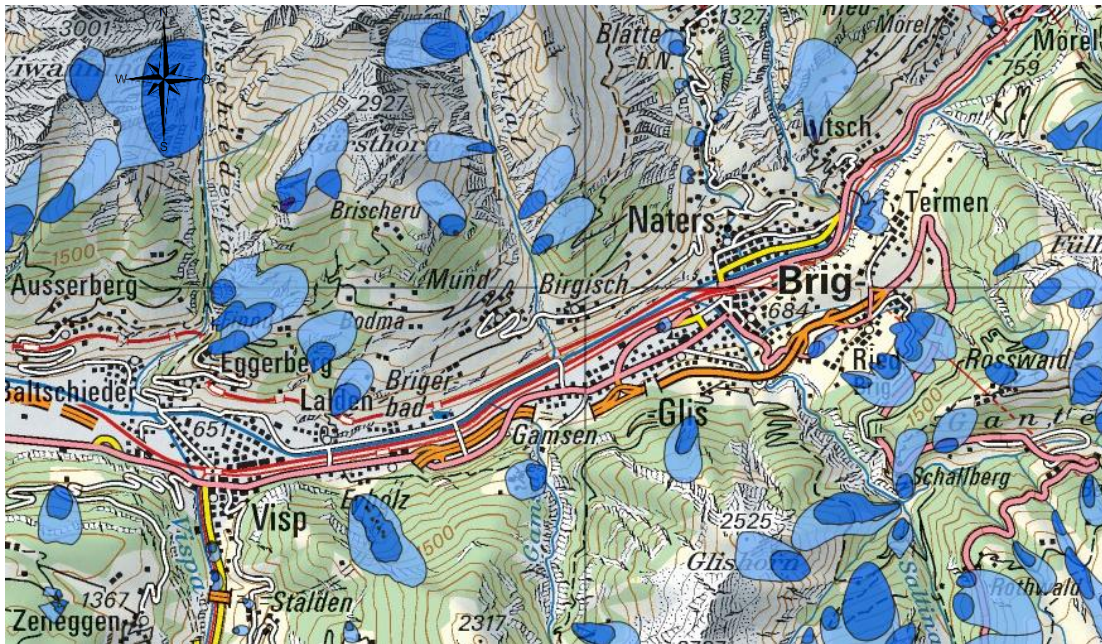


Abbildung 91: Gewässerschutzzonen (blau markiert) (Quelle:map.geo.admin.ch, 2017)

### Projektauswirkungen Bau und Betrieb:

Die Tunnelstrecken unterqueren Grundwasserschutzzonen S2 und S3 im Eyholzer Wald. Es ist mit austretendem Bergwasser zu rechnen.

### Massnahmen / weitere Abklärungen:

Folgende Abklärungen und Massnahmen sind für die weitere Projektierung und beim Bau erforderlich:

- Bei der Detailprojektierung ist die Linienführung der erdverlegten Strecken so festzulegen, dass die Schutzzonen S2 und S3 umgangen werden.
- Das Bergwasser ist in den Tunnels umzuleiten oder in einem separaten Kanal/Rohr abzuleiten.
- Das beim Vortrieb anfallende Abwasser ist zu recyceln und als Brauchwasser wiederzuverwenden. Falls dies nicht möglich ist, muss das Abwasser vor der Einleitung in ein Fließgewässer, entsprechend behandelt werden (Neutralisation, Absetzbecken usw.).
- Bei den Grabarbeiten ist Vorsicht geboten mit wasser- und bodengefährdenden Flüssigkeiten (Tanken, Umladen etc.). Entsprechende Behälter müssen dicht und mit Auffangwannen versehen sein. Die eingesetzten Maschinen müssen vor Baubeginn auf allfällige Lecks überprüft werden.

### Beurteilung:

Die Linienführung ist so festzulegen, dass die Grundwasserschutzzonen S1 – S3 umgangen oder unterirdisch gequert werden. Die Tunnelstrecken erfordern eine Abwasserbehandlung während der Bauzeit. Bei Wasserinfiltration sind Massnahmen zur Verhinderung der Trockenlegung oberirdischer Quelfassungen zu treffen.

### **8.5.3 Oberflächengewässer**

Die gewählte Linienführung beinhaltet folgenden Flussquerungen:

1. Abschnitt:

- Illgraben
- Märetschigraben
- Emsbach

2. Abschnitt:

- Turtmänna

3. Abschnitt:

- Rhone
- Lonza
- Galdikanal
- Rhone

4. Abschnitt:

- Grossgrundkanal wird zweimal gequert

5. Abschnitt:

- Vispa

6. Abschnitt:

- Keine Gewässerquerungen

7. Abschnitt:

- Gamsa
- Holzgruben
- Ännerholzgraben

8. Abschnitt:

- Saltina
- Rufigraben

9. Abschnitt:

- Fäldgraben

Für die Ausführung sind Wasserhaltungen während der Bauzeit einzuplanen, sowie die Ausgestaltung des Bachbettes bzw. Instandstellung der Strassenquerungen (Bergstrasse) nach dem Wiedereinfüllen des Kabelgrabens. Die Querungen der oben aufgeführten Bachläufe bedingen ein spezielles Vortriebsverfahren (Mikrotunneling), das im technischen Bericht beschrieben ist. Abschnitt 3 verläuft teilweise im Rhone-Freihalte-Korridor (Gewässerraum) der 3. Rhonekorrektur. In Niedergesteln ist gemäss dem Generellen Projekt R3 eine Aufweitung Richtung Norden geplant.



## 8.6 Boden

### 8.6.1 Ausgangslage

Im Abschnitt 1 verläuft das Trasse auf dem Schuttkegel des Illgrabens und weiterer kleiner Seitenbäche. Die Abschnitte 2, 3, 4 befinden sich in der Rhoneebene mit jungen Alluvionen, vorwiegend Feinsedimenten. Abschnitt 7 quert den Talhang mit Hangschuttanlagerungen. Die Abschnitte 8 und 9 der erdverlegten Strecke befinden sich vorwiegend auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die angetroffenen Bodentypen und Mächtigkeiten der verschiedenen Horizonte sind das Resultat der Bodenentwicklung aus dem geologischen Untergrund, der Bodennutzung und des inneralpinen Klimas.

### 8.6.2 Projektauswirkungen Bauphase

Die Projektauswirkungen konzentrieren sich auf die Übergangsfelder, Installationsplätze und den Kabelrohrblock, der oberflächennah verlegt wird. Bei einem Rohrblock resultiert eine temporäre Bodenbeanspruchung in einem Korridor von 22 – 25 m Breite. Vor allem in den Abschnitten 1 – 4 sind landwirtschaftliche Vorrangflächen der Talebene betroffen. Der Boden wird getrennt nach Ober- und Unterboden abgetragen und seitlich zwischengelagert. Bis auf die Zufahrtsstrassen, Muffenschächte und Übergangsbauwerke wird der abgetragene Boden wieder zur Rekultivierung der Eingriffsflächen verwendet.

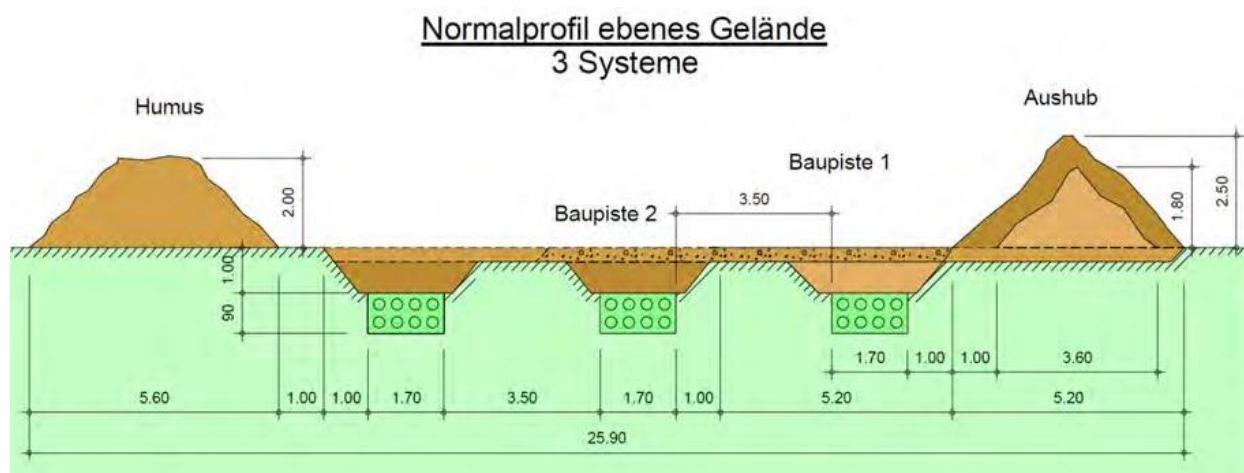


Abbildung 92: Beispiel Verlegung im Rohrblock (3 Systeme)

Der abgetragene Landwirtschaftsboden gilt in den Abschnitten 1, 7, 8 und 9 als unverschmutzt. In Abschnitt 2 (entlang Flugplatz Turtmann), Abschnitt 3 (Fluor, ehemaliges Alusuisse-Areal), Abschnitt 4 (Quecksilber entlang Grossgrundkanal) und Abschnitt 7 (Sprengstofffabrik Gamsen) sind Belastungen der Böden wahrscheinlich. Je nach Belastungsgrad und Gefährdungsabschätzung ist die Sanierung dieser Böden notwendig.

### 8.6.3 Projektauswirkungen Betriebsphase

Die bleibenden Projektauswirkungen konzentrieren sich auf die Muffenschächte, Zufahrtsstrassen und die Übergangsfelder, die je ca. 1000 - 2'000 m<sup>2</sup> Landwirtschaftsboden definitiv beanspruchen.



#### **8.6.4 Massnahmen / Weitere Abklärungen**

Die Instandsetzung der temporär beanspruchten Landwirtschaftsflächen erfordert die Erarbeitung eines Bodenschutzkonzeptes und die Überwachung der Arbeiten durch eine kompetente Fachperson. Diese erarbeitet auf Stufe Auflageprojekt einen bodenschützerischen Begleitplan.

#### **8.6.5 Beurteilung**

Der erdverlegte Abschnitt bedingt grosse Bodenverschiebungen (Bodenabtrag, Zwischenlagerung, Auftrag), die eine fachgerechte Ausführung erfordern, um mittelfristig die Bodenfruchtbarkeit nicht zu beeinträchtigen. Die definitive Bodenbeanspruchung konzentriert sich auf die Muffenschächte, Zufahrtsstrassen und Übergangsfelder.

### **8.7 Altlasten**

Gemäss kantonalem Kataster der belasteten Standorte (KbS) des Kanton Wallis befinden sich im Projektperimeter verschiedene Altlasten- oder Altlastenverdachtsstandorte. Speziell zu erwähnen sind die ehemaligen Fabrikhallen der Alusuisse in Steg und der Grossgrundkanal zwischen Visp und Raron. Bei der Erdverlegung ist in diesen Abschnitten mit erheblichen Mengen an verschmutztem Aushubmaterial zu rechnen.

In diversen Abschnitten befinden sich in der Nähe des erdverlegten Kabels weitere Altlastenstandorte. Dort, wo das Kabelprojekt diese Altlastenstandorte quert, sind weitergehende Abklärungen notwendig.

## **8.8 Abfälle**

### **8.8.1 Projektauswirkungen Bauphase**

Beim Stollenausbruch und beim Bau des Kabelrohrblocks fallen grosse Mengen an Ausbruchmaterial an. Je nach Materialqualität ist nach der Aufbereitung eine Verwertung möglich. Das überschüssige Material ist auf eine bewilligte Deponie für unverschmutztes Aushubmaterial (Typ A) zu bringen. Für eine lokale Verwertung entlang der Strecke sind die Mengen zu gross. Bei der Erdverlegung ist mit folgenden Abfallarten zu rechnen:

- Aushub/Ausbruch unverschmutzt
- Aushub/Ausbruch verschmutzt
- Betonabbruch/Betonreste
- Alteisen/Altmetalle
- Brennbare Abfälle
- Kabelreste/Isolation

### **8.8.2 Projektauswirkungen Betriebsphase**

Die Kabel müssen nach frühestens 40 Jahren ersetzt werden. Die Kupferleiter werden wiederverwertet. Der Aussenmantel muss teilweise entsorgt werden.

### **8.8.3 Minderungsmassnahmen / weitere Abklärungen**

Während der Bauphase sind die anfallenden Bauabfälle umweltgerecht zu entsorgen (gemäss TVA, der Aushubrichtlinie des BAFU und der Richtlinie des BAFU über die Verwertung mineralischer Bauabfälle). Es gelten die Massnahmen der SIA Norm 430. Ein Abfall-Entsorgungskonzept wird für das Auflageprojekt ausgearbeitet. Dieses enthält nähere Angaben zu Mengen, Art und Entsorgungswegen der Abfälle. Darin eingeschlossen ist auch die Verwertung / Ablagerung des überschüssigen Ausbruch-/Aushubmaterials inkl. Umweltauswirkungen.

### **8.8.4 Beurteilung**

Neben den üblichen Bauabfällen entstehen grosse Mengen an überschüssigen Ausbruch-/Aushubmaterial. Je nach Materialqualität kann dieses Material verwertet werden oder ist auf einer noch zu bezeichnenden Deponie abzulagern.

## **8.9 Umweltgefährdende Stoffe**

Umweltgefährdende Organismen werden durch den Bau nicht freigesetzt. Bei der erdverlegten Strecke entsteht durch die baubedingten Störungen auf einer Breite von 25 m ein grosses Risiko, dass sich auf den Eingriffsflächen unerwünschte Neophyten wie die kanadische Goldrute oder die Robinien ausbreiten. In den Landwirtschaftsflächen wird durch eine standortgerechte Ansaat und die anschliessende Nutzung der Neophytenaufwuchs verhindert. Im Wald sind nach den Rodungen Massnahmen zur Verhinderung des Neophytenaufwuchs zu treffen. Die Erfahrungen der Vorbereitung des Baus der Autobahn A9 im Pfywald haben gezeigt, dass solche Rodungsflächen ideale Ausbreitungspunkte für unerwünschte Neophyten bilden.

## **8.10 Störfälle**

Die sicherheitstechnischen Aspekte der Kabelleitung werden nicht an dieser Stelle behandelt. Nähere Abklärungen zur Geologie und zur Gefährdung des Bauwerks durch Lawinen, Schneerutsche, Murgänge, Hochwasser usw. sind auf Stufe Auflageprojekt durchzuführen. Beim Bau sind die nötigen Sicherheitsmassnahmen zur Verhinderung einer Verschmutzung von Boden und Gewässer zu treffen. Ein entsprechendes Notfalldispositiv ist zu erarbeiten.

## **8.11 Wald**

### **8.11.1 Ausgangszustand**

Der Waldbestand wurde im Projektperimeter durch die landwirtschaftliche Nutzung auf die steileren Hangpartien und unzugänglichen Geländeeinschnitte zurückgedrängt, dehnt sich aber heute speziell in den Hanglagen wieder aus. Die Abgrenzung des Waldareals stützt sich auf Orthophotos. Als Endzustand (Klimax-Vegetation) dominiert in den Hangwäldern Föhrenwald, der als schützenswerter Lebensraum gemäss NHV gilt.

### 8.11.2 Projektauswirkungen Bauphase

Für die Verkabelung (Kabelrohrblock, Baustrasse, Zwischenlager Aushub und Boden) sind approximativ folgende temporäre Waldrodungen nötig.

Tabelle 19: Berechnung des Rodungsanteils pro Abschnitt

Ab-schnitt	Teilabschnitt	Trasseefläche		Waldanteil [%]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Fläche Baustrasse		Waldanteil [%]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Total Wald-anteil [m <sup>2</sup> ]
		L [m]	B [m]			L [m]	B [m]			
1	ÜBW	50	50	100	2'500	0			0	2'500
1	ÜBW - MS01	600	28	100	16'800	0			0	16'800
1	MS01 - MS06	4'350	28	0%	0	650	7	10%	455	455
										<b>19'755</b>
2	MS06 - MS09	3'950	28	0%	0	0			0	0
										<b>0</b>
3	MS09 - MS15	5'800	28	0	0				0	0
										<b>0</b>
4	MS15 - TP West	4'920	28	2	2'755					2'755
										<b>2'755</b>
5	Tunnel Visp West	2'800			0					0
5	TP Ost - MS23	200	28	0	0					0
										<b>0</b>
6	ÜBW	50	80	0	0				0	0
6	Tunnel Hohsteg	3'800			0				0	0
6	TP Ost - MS28	260	28	100	7'280	1'000	7	60	4'200	11'480
										<b>11'480</b>
7	MS28 - MS31	1'500	28	100	42'000	1'100	7	100	7'700	49'700
7	MS31 - MS33	1'040	28	5	1'456				0	1'456
7	MS33 - MS36	1'800	28	90	45'360				0	45'360
7	MS36 - MS37	720	28	0	0					0
										<b>96'516</b>
8	Tunnel Saltina West	900			0					
8	MS38	250	28	10	700					
8	Tunnel Saltina Ost	450			0					
8	TP Ost - MS40	500	28	0	0	400	7	10	280	280
8	MS40 - MS43	1'950	28	10	5'460	1'670	7	10	1'169	6'629
										<b>7'609</b>
9	MS43 - MS45	1'460	28	30	12'264	900	7	100	6'300	18'564
9	Tunnel Mattigrabu	2'170							0	0
9	ÜBW	50	80	50	2'000				0	2'000
										<b>20'564</b>
<b>Gesamttotal beanspruchte Waldfläche / Rodungsfläche</b>										<b>158'679</b>

Grössere Rodungen werden in den Abschnitten 1 (Pfywald), 6 (Eyholzerwald), 7 (Gamsen) und 9 (Bilderne) durchgeführt.



### **8.11.3 Projektauswirkungen Betriebsphase**

Die Flächen oberhalb der beiden Rohrblöcke dürfen ähnlich wie die Swissgasleitung nicht bestockt sein, damit keine Wurzeln in den Bereich des Rohrblocks reichen. Zum Unterhalt der erdverlegten Leitung muss eine Zufahrtsmöglichkeit zu den Muffenschächten bestehen bleiben. Deshalb wird eine Breite von 15 m für die definitive Rodung angenommen. Die gerodeten Waldflächen gehören zum Typ 6.4.3 Steppen-Föhrenwald (Ononido-Pinion) und 6.4.2 Kalkreicher Föhrenwald (Erico-Pinion sylvestris). Vereinzelt ist auch 6.3.4 Flaumeichenwald anzutreffen. Die temporären Rodungen wachsen auf dieser Höhenlage natürlich ein, erfordern aber eine aufwändige Neophytenüberwachung.

### **8.11.4 Massnahmen/ zusätzliche Abklärungen**

Das Rodungsdossier inkl. Rodungersatz sind auf Stufe Auflageprojekt festzulegen.

### **8.11.5 Beurteilung**

Die Erdverlegung verläuft zu ca. einem Drittel im Waldareal und erfordert beim Bau Rodungen in der Grössenordnung von mehr als 150'000 m<sup>2</sup>. Die Rodungen über dem Rohrblock, im Bereich der Zufahrtsstrassen entlang dem Trasse und zu den Muffenschächten bleiben definitiv.

## 8.12 Vegetation

### 8.12.1 Ausgangszustand

#### *Abschnitt 1 Illgraben – Turtmann:*

Vorwiegend artenarme und artenreiche Fettwiesen, letztere eher am Hangfuss. In der Talebene intensive landwirtschaftliche Nutzung.

#### *Abschnitt 2, 3, 4 Turtmann – Niedergesteln – Visp West:*

Artenarme Fettwiesen, intensive Nutzung, zweimalige Querung der Rhone mit Ufergehölzen

#### *Abschnitt 5, 6 Visp – Eyholz:*

Abgesehen von der Talquerung verläuft die Kabelstrecke im Tunnel.

#### *Abschnitt 7 Holzji:*

Westlich an den Ännerholzgrabe folgt der Teil Oberli und Holzji. Die Flächen sind gut zugänglich und es dominieren die artenreichen Fettwiesen und -weiden. Die Waldmatten westlich davon werden vorwiegend extensiv beweidet.



**Abbildung 93: Oberli; Artenreiche Fettwiesen dominieren, dazwischen Halbtrockenrasen**



**Abbildung 94: Holzji; wenig Halbtrockenrasen und viel artenreiche Fettwiesen.**



**Abbildung 95: Gstipf; Halbtrockenrasen und artenreiche Fettwiesen sind etwa zu gleichen Teilen vertreten**



**Abbildung 96: Waldmatten; Die Halbtrockenrasen dominieren, artenreiche Fettweiden sind auch häufig.**



**Abschnitt 8 Ried-Brig:**

In den Teilen Burg, Obertärnu und im vorderen Basweri dominieren die artenreichen Fettwiesen. Im Teil Basweri-Ledi-Chräjubiel-Chumma bestimmt die Topografie stark den Wiesentyp. Artenreiche Fettwiesen dominieren die zugänglichen Flächen, in Senken gibt es einzelne Feuchtwiesen und an den steileren Hängen wachsen Halbtrockenrasen.



**Abbildung 97: Artenreiche Fettwiesen dominieren**



**Abbildung 98: Basweri; es dominieren Artenreiche Fettwiesen. In den Senken wachsen auch Feuchtwiesen, an den südexponierten Hängen Halbtrockenrasen.**

**Abschnitt 9 Termen:**

In den hinteren Teilen des Abschnittes, Raft, Schinnuholz bis Ze Dornu dominieren die Halbtrockenrasen im Korridor des geplanten Kabelkanals. Im Abschnitt Ze Obre Matte sind auf flachgründigem Boden mit anstehendem Fels sogar Flächen mit Trockenrasen zu finden. Im vorderen Teil (Ledi, Hasel-Chumme) verteilen sich die Halbtrockenrasen entlang des Waldes. Im flacheren Teil dominieren Artenreiche Fettwiesen



**Abbildung 99: Raft; Weide mit Halbtrockenrasen**



**Abbildung 100: Bild: Schinnuholz; Halbtrockenrasen**



Abbildung 101: Ze Obre Matte; Weide mit Halbtrockenrasen;  
 hinten auch mit Trockenrasen



Abbildung 102: Hasel-Chumma; Artenreiche Fettwiesen gegen  
 Waldrand Halbtrockenrasen

### 8.12.2 Projektauswirkungen Bauphase

Folgende Lebensräume ausserhalb des Waldes werden durch die erdverlegte Strecke gequert:

Tabelle 20: Lebensraumtypen nach Abschnitt

Nr.	Abschnitt	Länge [km]	Breite [m]	Lebensraumtyp	%-Anteil
1	Illgraben - Millachera	4	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide 4.2.4 Halbtrockenrasen	90 10
2,3,4	Turtmann -Visp West	12	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide	100
5,6	Tunnel Visp	0.2	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide	100
7	Eyholz	0.5	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide 4.2.4 Halbtrockenrasen	80 20
8	Holzje	1	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide 4.2.4 Halbtrockenrasen	50 50
9	Ried-Brig	1.5	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide 4.2.4 Halbtrockenrasen 2.3.2 Nährstoffreiche Feuchtwiesen	70 28 2
10	Termen	1.2	25	4.5.1/3 Talfettwiese/weide 4.2.4 Halbtrockenrasen	20 80
<b>TOTAL</b>		<b>Ca. 20</b>	<b>25</b>	<b>4.5.1/3 Talfettwiese/weide 4.2.4 Halbtrockenrasen 2.3.2 Nährstoffreiche Feuchtwiesen</b>	<b>90 10 0.1</b>

Etwa 90 % der temporär beanspruchten Flächen gelten gemäss NHV als nicht schützenswert. Die restlichen 10 % gehören zu schützenswerten Halbtrockenrasen. Oberhalb Ried-Brig wird ein Naturschutzgebiet kommunaler Bedeutung auf mehr als 1'000 m Länge gequert. Im Grindje verläuft die Strecke auf 160m Länge durch ein Naturschutzgebiet kantonaler Bedeutung. Beide Abschnitte werden teils mit Mikrotunneling gequert.



### **8.12.3 Projektauswirkungen Betriebsphase**

In dieser Höhenlage ist die Wiederinstandstellung der temporär beanspruchten Lebensräume mit entsprechenden Massnahmen möglich. Es verbleibt ein Streifen von 5 m Breite, der für die Zufahrtsstrasse zu den Muffenschächten definitiv verloren geht. Je nach Bodenüberdeckung der Rohrböcke wird die Vegetation auch durch die Wärmeabstrahlung beeinflusst.

Minderungsmassnahmen / weitere Abklärungen:

- Sorgfältige Wiederinstandsetzung
- Ersatzmassnahmen gemäss Art. 18 NHG, da schützenswerte Biotope tangiert werden.

### **8.12.4 Beurteilung**

Die Erdverlegung führt zu terrestrischen Eingriffen auf 25 m Breite. Im Grünland oberhalb Ried-Brig und Termen werden schützenswerte Biotope gemäss Art. 18 NHG tangiert. Zudem umfassen viele Abschnitte im Wald schützenswerte Lebensräume. Biotope nationaler Bedeutung werden mit der Kabelvariante nicht tangiert.

## **8.13 Vögel**

Die erdverlegte Strecke kann einen Einfluss auf Bodenbrüter haben. Zudem werden unter Umständen durch die baubedingten Terrainveränderungen wertvolle Strukturelemente wie Hecken, Steinmauern usw. ausgeräumt. Zu erwähnen ist hier der Bereich der Waldmatten, der auch Gegenstand eines landschaftlichen Aufwertungsprojektes ist. Bei den Flussquerungen werden an mehreren Stellen Ufergehölze gerodet. Der Einfluss auf Bodenbrüter und Kleinstrukturen ist auf Stufe Vorprojekt abzuklären.

## **8.14 Fauna**

Die Vorkommen der terrestrischen Arten wurden auf Stufe Machbarkeit nicht inventarisiert. Während der Bauphase werden Biotope im Wald und auf Landwirtschaftsflächen vorübergehend beansprucht. Es kommt durch die Grabarbeiten und die Verlegung des Rohrblocks zu einer durchgehenden Biotopzerschneidung. In der Betriebsphase bleiben die Zufahrtsstrassen zu den Muffenschächten als trennendes Element. Die detaillierten Auswirkungen auf terrestrische Arten sind auf Stufe Vorprojekt abzuklären.

## **8.15 Fischerei**

Rhone, Vispa und weitere Seitenbäche sind Fischgewässer. Die Bachquerungen erfolgen mit Mikrotunneling, es erfolgen keine Bauarbeiten im Bachbett. Die detaillierten Auswirkungen auf Fischgewässer sind auf Stufe Vorprojekt abzuklären.

## **8.16 Landschaft**

### **8.16.1 Ausgangslage**

Die Abschnitte (Landschaftskammern) werden anhand einzelner Fotos im Technischen Bericht kurz beschrieben. Die gewählten Trasseen tangieren mit Ausnahme Illgraben kein BLN-Gebiet (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung).

### **8.16.2 Projektauswirkungen Bau**

Der landschaftliche Haupteingriff erfolgt bei der erdverlegten Strecke. Dort entsteht durch den Grabenaushub inkl. Baupiste und Zwischenlager Oberboden, Unterboden und Aushub im geneigten Gelände ein bis zu 30 m breiter Eingriffsstreifen, der mit dem Bau der Transitgasleitung vergleichbar ist. Das Kabeltrasse verläuft in den Abschnitten 1, 6, 7, 8 und 9 am mässig geneigten Hang. Je nach Topographie sind unterschiedliche Abtragungstiefen nötig, um die geforderte Überdeckung zu erhalten. In der Bauphase werden bei den Tunnelportalen grössere Flächen für Baustelleninstallationen usw. beansprucht. Die Auswirkungen sind vergleichbar mit anderen Tunnelbaustellen.

### **8.16.3 Projektauswirkungen Betrieb**

Bleibende Eingriffe bilden die Übergangsfelder, die aber teilweise unterirdisch oder an den Hang angelegt werden, und die Zufahrtsstrassen zu den Muffenschächten. Bei den erdverlegten Abschnitten ist die ursprüngliche Geländeform instand zustellen. Insbesondere im Abschnitt 8 oberhalb Ried-Brig sind wertvolle Kleinformen vorhanden. Im Hangwald entsteht eine 10 – 20 m breite Schneise, die aber teilweise durch den darunterliegenden Baumbestand verdeckt wird. Der Ablagerungsstandort des nicht verwertbaren, überschüssigen Ausbruchmaterials ist nicht bekannt. Wie bei anderen vergleichbaren Grossprojekten (NEAT, R3, A9) wird ein eigener Ablagerungsstandort gesucht, damit die wenigen bewilligten Deponien Typ A im Rhonetal nicht aufgefüllt werden. Demzufolge sind die landschaftlichen Auswirkungen der Materialablagerung im jetzigen Projektierungsstadium noch offen.

### **8.16.4 Minderungsmaßnahmen / weitere Abklärungen**

Die Übergangsfelder werden teils unterirdisch errichtet. In den landschaftlich heiklen Abschnitten wird die Linienführung optimiert. Die Wiederherstellung des Kleinreliefs wird sehr anspruchsvoll sein.

### **8.16.5 Beurteilung**

Temporär entstehen durch den Stollenbau und durch die erdverlegte Strecke Grossbaustellen. Der bleibende Eingriff beschränkt sich auf die Übergangsfelder, Muffenschächte und Zufahrtsstrassen. Im Wald entsteht durch die Rodungen eine hangparallele Schneise von 10 – 20 m Breite.



## 8.19 Kulturgüter

Die erdverlegte Strecke verläuft bei der Landmauer in Gamsen, im Burgspitz und in Turtig nahe an besonders wertvollen Kulturgütern. Diese Bereiche werden mit Mikrotunneling unterquert.

## 8.20 Logistik

In diesem Kapitel wird aufgezeigt welche logistischen Auswirkungen der Bau des Kabeltrassees mit sich bringen würde. Nachfolgend sind Grundlagen für die Berechnung der Hauptquantitäten und der Logistik aufgelistet:

- Querprofile und Dimensionen gemäss Kapitel 4
- Ladevolumen Lastwagen 3-Achser: 10 m<sup>3</sup>
- Ladevolumen Lastwagen 4-Achser: 12 m<sup>3</sup>
- Ladevolumen Betonfahrmischer 3-Achser: 6 m<sup>3</sup>
- Ladevolumen Betonfahrmischer 4-Achser: 9 m<sup>3</sup>
- Holzvolumen 0.12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>

Die folgende Auflistung zeigt die berechneten Hauptquantitäten für den Bau des Kabeltrassees:

- Rodungen Holzvolumen 20'000 m<sup>3</sup>
- Erdarbeiten, Aushub 700'000 m<sup>3</sup>
- Abtransport und Deponie Aushubmaterial 220'000 m<sup>3</sup>
- Abtransport und Deponie Tunnelausbruchmaterial 200'000 m<sup>3</sup>
- Lieferung Koffermaterial 70'000 m<sup>3</sup>
- Beton Kabelschächte und Rohrtrasse 100'000 m<sup>3</sup>
- Beton Tunnelauskleidung 50'000 m<sup>3</sup>
- Armierungen 950 To
- Rohre DM250 mm 465'000 m'

Die vorherige Auflistung zeigt, dass sehr grosse Kubaturen und Mengen transportiert werden müssen. Alleine um diese Kubaturen und Mengen auf die Baustelle zu liefern und von der Baustelle abzutransportieren, sind schätzungsweise gegen 70'000 Lastwagenfahrten erforderlich, exklusive des Baustellenverkehrs innerhalb der Baustelle. Dieser Vergleich zeigt, dass eine Erdverlegung der Hochspannungsleitung von Agarn nach Mörel eine grosse logistische Herausforderung darstellt. Dazu kommt erschwerend die Tatsache, dass sich die Baustelle grösstenteils in unwegsamen, schlecht zugänglichen Waldhängen befindet (vor allem die Abschnitte 6, 7 und 9). Die Erschliessung dieser Bereiche mit entsprechenden Zufahrtsstrassen ist sehr aufwendig.



Die Zugänglichkeit zu den Muffenschächten muss auch nach der Bauphase jederzeit gewährleistet sein. Eine Muffe hat eine statistische Lebensdauer von 5-10 Jahren. Geht man davon aus, dass auf der gesamten Strecke von Agarn nach Mörel in den Muffenschächten schätzungsweise zwischen 900 und 950 Muffen eingebaut werden, müssen im Durchschnitt gegen 125 Muffen pro Jahr ausgewechselt werden. Somit muss die Zugänglichkeit zu den Muffenschächten auch in den schneereichen Wintermonaten gewährleistet sein, was entsprechenden Schneeräumungen der Zufahrtsstrassen in diese Waldgebiete zur Folge hat.

## **8.21 Visuelle Beeinträchtigung (Landschaftsschutz)**

Die visuellen Beeinträchtigungen werden auch bei einer Teilverkabelung nicht komplett eliminiert. Die erforderlichen Übergangsbauwerke treten markant in Erscheinung. Das Trasse der Kabelleitung wird, je nachdem wie die Realisierung erfolgt (Abstand zu den Systemen), auch nach dem Bau sichtbar bleiben. Bei einer kompakten Bauweise kann im Winter im Bereich der Kabelführung Schnee etwas früher schmelzen. Im Frühjahr und Sommer kann die Vegetation durch den etwas trockeneren Boden allfällig spärlicher wachsen.

## **8.22 Entsorgung**

Sämtliche zur Anwendung kommenden Materialien einer Freileitung sind rezyklierbar. Bei den Kunststoffkabeln ist es so, dass die metallischen Komponenten recycelt werden können; hingegen ist das verwendete Polyäthylen, welches als Isolation und für den Mantel verwendet wird, nicht wieder verwertbar. Das Polyäthylen wird mechanisch zerkleinert und muss entsorgt werden. Durchschnittlich fallen pro 1'000 m Kabel 8 m<sup>3</sup> zu entsorgenden Kunststoff an. Der Rückbau der Rohrblockanlage und der Übergangsbauwerke bedingt, wie bereits beim Bau, einen unvergleichbar massiveren Eingriff in die Bodenstruktur als bei der Entfernung der Mastfundamente.

## **8.23 Erdarbeiten**

Wie in den vorhergehenden Kapiteln erläutert, benötigt eine Kabelleitung umfangreiche Tiefbauarbeiten. Zudem muss alle 700 – 1'200 m (je nach Kabelquerschnitt und Transportmöglichkeit) ein Muffenschacht erstellt werden. Die für Kabelanlagen erforderlichen Tiefbauarbeiten resp. Erdverschiebungen sind im Vergleich zu einer Freileitungstrecken um ein Vielfaches höher.

## **9 Betrieb, Instandhaltung und Verfügbarkeit**

### **9.1 Normalbetriebszustand**

Solange die Nennleistungen der einzelnen Leitungen nicht überschritten werden und keine Störungen auftreten, können im vorliegenden Fall aus betrieblicher Sicht Frei- und Kabelleitungen gleichbehandelt werden. Voraussetzung ist, dass Kompensationsanlagen mit der erforderlichen Blindleistung zur Verfügung stehen. Einschränkungen für den Betrieb und Unterhalt bestehen, wenn Störungen auftreten, Notsituationen beherrscht werden müssen oder Bautätigkeiten im Umfeld der Leitungen durchgeführt werden.

### **9.2 Sicherheit**

Um eine Beschädigung der Kabelanlage zu minimieren, muss ein Korridor mittels Bauverbote abgeschlossen werden. Zudem dürfen in der Nähe der Kabeltrasse keine tiefwurzelnden Pflanzen wachsen und Tiefbauarbeiten durchgeführt werden.

### **9.3 Periodische Kontrolle von Kabelanlagen**

Kabelanlagen müssen durch regelmässige Kontrollen überprüft werden. Kontrolliert werden insbesondere die Kabelendverschlüsse, die Überspannungsableiter und die Kabelmäntel, um allfällige Störungen durch Früherkennung vermeiden zu können.

Ebenfalls sind zur Früherkennung von Fehlern in der Kabelisolation regelmässig Teilentladungsmessungen durchzuführen, was eine Ausschaltung des Systems während der Prüfung zur Folge hat. Diese Prüfung muss durch den Kabellieferanten durchgeführt werden.

### **9.4 Einfluss von Tiefbauarbeiten**

Bei Kabelleitungen, die Strassen oder andere Tiefbauten kreuzen, können bei Tiefbauarbeiten an diesen Anlagen aus Sicherheitsgründen Leitungsabschaltungen notwendig werden, womit der Betrieb eingeschränkt wird.

### **9.5 Schadensbehebung an Kabelanlagen**

Diese Machbarkeitsstudie setzt ein Reservekabel pro System voraus. Somit ist ein kurzfristiger Weiterbetrieb der Kabelanlage über das Reservekabel möglich. Trotz diesem Umstand muss das schadhafte Kabel zeitnah repariert werden.

Die Schadensbeseitigung an einer Kabelanlage dauert wesentlich länger als bei einer Freileitung. Die Ortung des Fehlers erfordert eine besondere Messeinrichtung und muss von Spezialisten durchgeführt werden. Falls der Fehlerort nicht im Muffen- bzw. Endverschlussbereich ist, sind unter Umständen aufwendige Grabarbeiten notwendig. Bei Kabeln mit hohen Betriebsspannungen muss mit einer Reparaturdauer von einer Woche und mehr gerechnet werden. Die Erstellung von Ersatzkabeln bzw. dem Kabelzubehör benötigt mehrere Wochen. Eine Lagerung der Ersatzkomponenten ist nicht unproblematisch, da die Silikonteile (Stresskonus und Muffe) nach ca. 5 Jahren an ihre Lagergrenzen kommen. Die Ersatzteilhaltung für Kabel und Zubehör bindet hohe Investitionskosten und benötigt genügend Lagermöglichkeiten.

## **10 Schlussfolgerung**

Die vorliegende Studie zeigt eine technisch machbare Variante, wie die 380-kV-Leitung Chippis-Mörel auf dem Abschnitt Agarn bis Mörel verkabelt werden kann. Das Trasse verläuft vorwiegend im Rohrblock in zum Teil steilem und geologisch anspruchsvollem Terrain. Da der Talgrund im Leitungsgebiet häufig dicht besiedelt ist, befindet sich die Trasseelinie grösstenteils im Randgebiet des Talbodens oder bereits im Hang. Auf mehreren Teilabschnitten, in welchen eine Verlegung im Rohrblock aus geologischen Gründen nicht realisierbar ist, wird das Trasse durch neu zu bauende Tunnels geführt. Das ganze Trasse ist in neun Abschnitte aufgeteilt und insgesamt 39.1 km lang. Grundsätzlich ist die Leitungsführung so gewählt, dass nach jedem Abschnitt ein Wechsel auf die neu geplante Freileitung Chippis-Mörel möglich ist.

Die Gesamtkosten der Verkabelung (inkl. Kabelersatz) liegen schätzungsweise bei 1.3 Mia. CHF. Dies entspricht in etwa dem 10-fachen der Kosten für den Bau einer vergleichbaren Freileitung. Die Instandhaltungskosten sind bei einer Verkabelung gegenüber der Freileitung auch wesentlich höher, da mit einem kompletten Kabelaustausch nach spätestens 40 Jahren zu rechnen ist.

Während der Bauphase ist die Region durch die Logistik (Kabeltransport, Baumaschinen, etc.) und den Aushub-/Betonarbeiten stark belastet. Nach Inbetriebnahme der Kabelleitungen muss gewährleistet werden, dass die Muffenschächte bei Reparaturen jederzeit mit grossen Gerätschaften (bis 60 Tonnen) erreichbar bleiben. Da die Kabelleitung in siedlungsnähe geplant ist, hat dies ebenfalls einen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung des Gemeindegebietes.

Der Vorteil der Verkabelung ist, dass diese in der Natur nicht sichtbar ist und somit das Ortsbild nicht stört.

## **11 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

### **11.1 Abbildungsverzeichnis**

- Abbildung 1: Eingabeprojekt Freileitung
- Abbildung 2: Aufbau Polymerkabel (Quelle: Brugg Cables, 2017)
- Abbildung 3: Normalprofil bei 2 Systemen im flachem Gelände
- Abbildung 4: Normalprofil bei 3 Systemen im flachem Gelände
- Abbildung 5: Normalprofil bei 2-3 Systemen im steilen Gelände mit Quergefälle
- Abbildung 6: Kabeltragelemente (Quelle: nkt cables, Referenzen / Beddington, London, 2016)
- Abbildung 7: Mögliche Kabelanordnung bei 3 Systemen im Stollenquerschnitt
- Abbildung 8: Mikrotunnel (Quelle: unbekannt)
- Abbildung 9: Blick in Muffenschacht-Kammer und Modell Muffenschacht mit 3 Systemen (Quelle: unbekannt)
- Abbildung 10: Mögliche Kabelanordnung bei 3 Systemen im Stollenquerschnitt im Bereich der Muffen
- Abbildung 11: System der natürlichen Lüftung
- Abbildung 12: Zwangsbelüftung von Tunneln (Quelle: www.wolterfans.de, 2016)
- Abbildung 13: Crossbonding bei drei Phasen (Quelle: Brugg Cables, 2016)
- Abbildung 14: Übergansbauwerk (Quelle: Swissgrid 380-kV-Leitung Beznau – Birr Gde. Riniken)
- Abbildung 15: Übersicht Trasseeverlauf Verkabelung Agarn - Mörel
- Abbildung 16: Verlauf des ersten Abschnittes von Leuk (Pfywald) bis Turtmann (Milachru)
- Abbildung 17: Verlauf der Querung des Illgrabens
- Abbildung 18: Illgraben mit eingegrabenem Gerinne
- Abbildung 19: Beispiel für eine im Boden verlegte Gasleitung (Quelle: www.swissgas.ch/, 2017)
- Abbildung 20: Trasseeverlauf durch landwirtschaftliche Flächen im Abschnitt 1
- Abbildung 21: Trasseeverlauf vor der zweiten Querung mit der Gasleitung
- Abbildung 22: Querung des Kabeltrassees (rot) mit der Gasleitung (blau)
- Abbildung 23: Trasseeverlauf südlich von Agarn
- Abbildung 24: Trasseeverlauf vor der Zentrale der Argessa AG beim Abschnittsende
- Abbildung 25: Gefahrenzonen Hochwasser beim Wildbach Illgraben
- Abbildung 26: Fotoaufnahme Gerinne Wildbach Illgraben, Schwelle 20
- Abbildung 27: Übersicht Abschnitt 2
- Abbildung 28: Trasseeführung nach dem Kraftwerk Argessa AG
- Abbildung 29: Trasseeführung in Richtung Flugplatz Turtmann
- Abbildung 30: Trasseeführung bis zum Abschnittsende
- Abbildung 31: Orthophoto im Bereich der Querung der «Turtmäna», (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)
- Abbildung 32: Verlauf des dritten Abschnittes
- Abbildung 33: Trasseeverlauf bis zur Autobahn A9
- Abbildung 34: Trasseeverlauf zwischen der Querung der Rhone und der Querung der Lonza
- Abbildung 35: Querung der Lonza
- Abbildung 36: Trasseeführung nach der Querung der Lonza durch Industriezone
- Abbildung 37: Trasseeführung durch die Industriezone von Steg-Hohtenn
- Abbildung 38: Trasseeführung
- Abbildung 39: Gefahrenzonen Hochwasser beim Milibach im Gebiet «Unners Turtig»
- Abbildung 40: Verlauf des vierten Abschnittes im Bereich Turtig/Raron bis nach Visp West
- Abbildung 41: Verlauf des Trassees durch Campinganlage (eingezeichnete Linienführung nur symbolisch)
- Abbildung 42: Verlauf des Trassees durch landwirtschaftlich genutzte Flächen
- Abbildung 43: Trasseeverlauf bei Querung der Kantonsstrasse (eingezeichnete Linienführung nur symbolisch)



- Abbildung 44: Trasseeverlauf parallel zur Gasleitung (eingezeichnete Linienführung ist nur symbolisch)
- Abbildung 45: Alternative Leitungsführung (Vorschlag) beim Ende von Abschnitt 4
- Abbildung 46: Abschnitt 5. Verlauf des Tunnels bei Visp West und der Querung der Vispa
- Abbildung 51: Übersicht des Autobahnteilstücks Visp West – Visp Ost sowie des möglichen Trasseeverlaufs der Hochspannungskabel
- Abbildung 52: Tunnelquerschnitt mit Werkleitungskanal (gelb)
- Abbildung 53: Werkleitungstunnel im Tunnel Eyholz (Quelle: 1815.ch, Mai 2018)
- Abbildung 47: Bereich Ende Abschnitt 5 mit dem Tunnelportal, der Vispaquerung und dem Muffenstandort
- Abbildung 48: Quellschutzzonen Abschnitt 5
- Abbildung 49: Gefahrenzone (Blocksturz) Abschnitt 5
- Abbildung 50: Übersicht Abschnitt 6 mit den beiden Tunnelportalen des Tunnels Hohtenn
- Abbildung 54: Berghügel „Hohtenn“, der mit einem Tunnel unterquert wird
- Abbildung 55: Längsprofil Tunnel Hohtenn, Eingangsportal
- Abbildung 56: Längsprofil Tunnel Hohtenn, Ausgangsportal
- Abbildung 57: Trasseeführung beim Ende des Abschnitts 6 oberhalb „Grosshüs“
- Abbildung 58: Schutzzonen Anfang Abschnitt 6 (mit alter Kilometrierung)
- Abbildung 59: Schutzzonen Ende Abschnitt 6 (mit alter Kilometrierung)
- Abbildung 60: Ausschnitt Freileitung Stalden mit möglichem neuen Standort für das Übergangsbauwerk
- Abbildung 61: Verlauf des Abschnitts 7 südlich von Gamsen und Glis
- Abbildung 62: Trasseeführung oberhalb der Lonzadeponie (rot umkreist) mit Abstieg zur Gamsa
- Abbildung 63: Trasseeverlauf Querung Gamsa bis zur Querung der Fabrikstrasse
- Abbildung 64: Querung Gamsa mittels Mikrotunneling
- Abbildung 65: Teilstück von der Querung Fabrikstrasse hinauf bis auf Höhe 750 m ü. M.
- Abbildung 66: Teilstück oberhalb Glis
- Abbildung 67: Teilstück vom Muffenschacht oberhalb „Holzji“ bis zum „Ännerholzgraben“
- Abbildung 68: Schutzzonen bei Gamsen
- Abbildung 69: Bild der historischen Landmauer von Gamsen
- Abbildung 70: Schutzzonen Bereich Holzji
- Abbildung 71: Verlauf des Abschnitts 8
- Abbildung 72: Längenprofil Tunnel Saltina West und Ost
- Abbildung 73: Querung der Saltinaschlucht (Westflanke) mittels Tunnel (Teilstrecke Ännerholzgraben – Saltina Mitte)
- Abbildung 74: Querung der Saltinaschlucht (Ostflanke) mittels Tunnel (Saltina Mitte – Saltina Ost)
- Abbildung 75: Trasseeführung im Bereich „Basweri“
- Abbildung 76: Quellschutzzonen im Bereich Ried-Brig (mit alter Kilometrierung)
- Abbildung 77: Schutzzone im Bereich Lowina
- Abbildung 78: Verlauf des Abschnitts 9
- Abbildung 79: Querung Nationalstrasse A9 mit Trasseeführung
- Abbildung 80: Trasseeführung mit Standort des Muffenschachts
- Abbildung 81: Längsschnitt des Tunnels «Mattigrabu»
- Abbildung 82: Ausschnitt Abschnitt 1 mit den erforderlichen neuen Zufahrtsstrassen
- Abbildung 83: Ausschnitt Abschnitt 6 Ost und 7 mit der auszubauenden oder neuen Zufahrtsstrasse
- Abbildung 84: Ausschnitt Abschnitt 8 mit den vier neuen Zufahrtsstrassen
- Abbildung 85: Ausschnitt Abschnitt 9 mit den beiden neuen Zufahrts- und Baustrassen
- Abbildung 86: Kabelrohrblock 2 Systeme mit je  $3 \times 2 \times 1'600 \text{ mm}^2$  Variante 05-06-tief mit Benutzung Ersatzkabel
- Abbildung 87: Kabeltunnel 2 Systeme mit je  $3 \times 2 \times 1'600 \text{ mm}^2$  Variante 05-06 mit Benutzung Ersatzkabel
- Abbildung 88: Gewässerschutzbereich  $A_u$ , Abschnitte 1 – 5 (rot markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)

- Abbildung 89: Gewässerschutzbereich Au Abschnitte 6-9 (rot markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)
- Abbildung 90: Gewässerschutzzonen (blau markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)
- Abbildung 91: Gewässerschutzzonen (blau markiert) (Quelle: map.geo.admin.ch, 2017)
- Abbildung 92: Beispiel Verlegung im Rohrblock (3 Systeme)
- Abbildung 93: Oberli; Artenreiche Fettwiesen dominieren, dazwischen Halbtrockenrasen
- Abbildung 94: Holzji; wenig Halbtrockenrasen und viel artenreiche Fettwiesen.
- Abbildung 95: Gstipf; Halbtrockenrasen und artenreiche Fettwiesen sind etwa zu gleichen Teilen vertreten
- Abbildung 96: Waldmatten; Die Halbtrockenrasen dominieren, artenreiche Fettweiden sind auch häufig.
- Abbildung 97: Artenreiche Fettwiesen dominieren
- Abbildung 98: Basweri; es dominieren Artenreiche Fettwiesen. In den Senken wachsen auch Feuchtwiesen, an den südexponierten Hängen Halbtrockenrasen.
- Abbildung 99: Raft; Weide mit Halbtrockenrasen
- Abbildung 100: Bild: Schinnuholz; Halbtrockenrasen
- Abbildung 101: Ze Obre Matte; Weide mit Halbtrockenrasen; hinten auch mit Trockenrasen
- Abbildung 102: Hasel-Chumma; Artenreiche Fettwiesen gegen Waldrand Halbtrockenrasen
- Abbildung 103: Bauphase Rohrblock
- Abbildung 104: Bodenbewirtschaftung
- Abbildung 105: Direkt im Boden verlegt (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)
- Abbildung 106: Direkt im Boden verlegt unter Kabelsteinen (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)
- Abbildung 107: Direkt im Boden Verlegt eingesandet (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)
- Abbildung 108: Verlegung im Infrastrukturkanal (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)
- Abbildung 109: Ablauf grabenfreier Einzelrohrvortrieb (Quelle: schenkag.com, 2018)

## **11.2 Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der geplanten Tunnels
Tabelle 2: Bauverfahren Abschnitt 1
Tabelle 3: Bauverfahren Abschnitt 2
Tabelle 4: Bauverfahren Abschnitt 3
Tabelle 5: Bauverfahren auf dem 4. Abschnitt
Tabelle 6: Bauverfahren auf dem 5. Abschnitt
Tabelle 7: Bauverfahren auf dem 6. Abschnitt
Tabelle 8: Bauverfahren auf dem 7. Abschnitt
Tabelle 9: Tunnel Saltina West und Ost
Tabelle 10: Bauverfahren auf dem 8. Abschnitt
Tabelle 11: Bauverfahren auf dem 9. Abschnitt
Tabelle 12: Übersicht der Zufahrtsmöglichkeiten Abschnitte 1 bis 5
Tabelle 13: Übersicht der Zufahrtsmöglichkeiten Abschnitte 6 bis 9
Tabelle 14: Zusammenfassung der Bau- und Montagekosten
Tabelle 15: Kostenschätzung Kabelersatz nach 40 Jahren
Tabelle 16: Gesamtkosten Verkabelung Agarn - Mörel
Tabelle 17: Kriterien hinsichtlich Luftreinhaltung zur Einstufung von Baustellen in die Massnahmenstufe B
Tabelle 18: Massnahmenstufen Lärm
Tabelle 19: Berechnung des Rodungsanteils pro Abschnitt
Tabelle 20: Lebensraumtypen nach Abschnitt
Tabelle 21: Kostenschätzung Muffenschacht für 2 Systeme in ebenem Gelände
Tabelle 22: Kostenschätzung Muffenschacht für 2 Systeme in steilem Gelände
Tabelle 23: Kostenschätzung Rohrblock für 2 Systeme in ebenem Gelände
Tabelle 24: Kostenschätzung Rohrblock für 2 Systeme in steilem Gelände
Tabelle 25: Kostenschätzung Muffenschacht für 3 Systeme in ebenem Gelände
Tabelle 26: Kostenschätzung Muffenschacht für 3 Systeme in steilem Gelände
Tabelle 27: Kostenschätzung Rohrblock für 3 Systeme in ebenem Gelände
Tabelle 28: Kostenschätzung Rohrblock für 3 Systeme in steilem Gelände
Tabelle 29: Kostenschätzung Mikrotunnelverfahren
Tabelle 30: Kostenschätzung Tunnelverfahren
Tabelle 31: Kostenschätzung pro 380-kV (220-kV) - Kabel inkl. Montage
Tabelle 32: Kostenschätzung Abschnitt 1
Tabelle 33: Kostenschätzung Abschnitt 2
Tabelle 34: Kostenschätzung Abschnitt 3
Tabelle 35: Kostenschätzung Abschnitt 4
Tabelle 36: Kostenschätzung Abschnitt 5
Tabelle 37: Kostenschätzung Abschnitt 6
Tabelle 38: Kostenschätzung Abschnitt 7
Tabelle 39: Kostenschätzung Abschnitt 8
Tabelle 40: Kostenschätzung Abschnitt 9
Tabelle 41: Kostenschätzung Zusammenfassung

### **11.3 Quellennachweis**

- Prof. H. Brakelmann, Begutachtung der NOK Studie, Juli 2009  
Prof. H. Brakelmann, Anmerkungen zu den Stellungnahmen, Januar 2010  
Prof. H. Brakelmann, Stellungnahme zur Beschwerdeantwort der Axpo, Januar 2011  
Nordostschweizerische Kraftwerke, Studie Teilverkabelung Riniken, Mai 2004  
Nexans, ETG Fachtagung, April 2009  
Prof. K. Fröhlich, Transport elektrischer Energie mit Höchstspannung, April 2009  
Swissgrid AG, Freileitung und Erdverkabelung, Oktober 2011  
Holinger AG, Machbarkeitsstudie Baumassnahmen Abschnitt Lauerz 2012  
Geotest, Rutschung Windegg – Ober Rüti - Geologische Abklärungen 2013  
Alpiq EnerTrans AG, Verkabelungsstudie Airolo – Lavorgo, November 2012  
Alpiq EnerTrans AG, Teilverkabelungsstudie Airolo – Lavorgo, März 2013  
Alpiq EnerTrans AG, Generelle Berechnungen zu Kabelstudien, April 2014  
BUWAL Bern, Wegleitung Grundwasserschutz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 2004  
A. Steck, J.-L. Epard, Carte tectonique des Alpes de Suisse occidentale et des régions avoisinantes. 1:100'000. Feuille: 42 Oberwallis, 1999  
R. Marchant, Service hydrologique et géologique national, Berne, Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV), Stand: 2. Februar 2016.  
M. Burri, E. Frank, P. Jeanbourquin, T. Labhart, M. Liszkay & A. Streckeisen, Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Brig (LK 1289), Atlasblatt 93, (LK 1289) Schweizerische Geologische Kommission, 1993  
Rovina und Partner AG, Interaktion Grossgrundkanal – Grundwasser. Hydrogeologischer Kurzbericht, April 2016, Varen/Visp  
Bundesamt für Strassen ASTRA, Lüftung der Strassentunnel (Ausgabe 2008 V2.03), 2008

#### Internetadressen:

- Geologische Vektordatensätze 1:25'000. Bundesamt für Landestopographie swisstopo, Bern, unter <https://map.geo.admin.ch> (abgerufen im November 2017)  
Planerischer Gewässerschutz. Dienststelle für Umweltschutz (DUS), Kanton Wallis, Sitten, unter <https://www.vs.ch/web/spe/carte-protection-eaux-souterraines> (abgerufen im November 2017)  
Geologische Gefahrenkarte und Lawinengefahrenkarte. Dienststelle für Wald und Landschaft (DWL), Kanton Wallis, Sitten, unter <https://www.vs.ch/web/sfp/cartes-de-dangers> (abgerufen im Januar 2017)  
Autobahn A9: Geologie im Tunnel Visp. Amt für Nationalstrassenbau, Kanton Wallis, Brig-Glis, unter <https://www.a9-vs.ch> (abgerufen im November 2017)



## 11.4 Literaturverzeichnis

- Stromversorgungsverordnung (StromVV), Stand 1.10.2011
- Bundesamt für Energie, Objektblatt 106, Grundlagen für den Sachplan Übertragungsleitungen, Entwurf vom 23. Dezember 2011
- Bundesamt für Energie, Erläuternder Bericht zum Objektblatt 106, Grundlagen für den Sachplan Übertragungsleitungen, Entwurf vom 23. Dezember 2011
- Bundesgerichtsurteil zu „380/220-kV-Leitung Beznau-Birr, Teilstrecke Rüfenach (Mast Nr. 20 bis Mast Nr. 37)“ vom 5.4.2011 (1C\_398/2010)
- Bewertungsschema für Übertragungsleitungen, Eidgenössisches Departement UVEK, Bundesamt für Energie BFE, Datum 06.12.2011
- Handbuch „über das betriebliche Rechnungswesen, Kapitel 5.2.5, Nutzungsdauern für die kalkulatorische Abschreibung; Richtwerte“, V-02-70a, VSE-Kommission für Fragen der Kostenrechnung, 2002
- E. Peschke, R. v. Olshausen „Kabelanlagen für Hoch- und Höchstspannung“, Herausgeber Siemens AG, Publicis MCD Verlag, 1998
- Lothar Heinhold, Reimer Stubbe „Kabel und Leitungen für Starkstrom – Grundlagen und Produkt-Know-how für das Projektieren von Kabelanlagen“, Publicis Publishing, 1999
- Friedrich Kiessling et. al. „Freileitungen – Planung, Berechnung, Ausführung“, 5. Auflage, Springer-Verlag, 2001
- Undergrounding high voltage electricity transmission – The technical issues, von NationalGrid (Great Britain), Issue 2, August 2009
- Richtlinie „Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)“, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), Health Physics 74 (4): 494-522; 1998

## **Anhang**

<b>ANHANG 1</b>	<b>VERLEGUNGSARTEN ALLGEMEIN</b> .....	<b>133</b>
<b>Anhang 1.1</b>	<b>Anordnung in einer Ebene</b> .....	<b>133</b>
<b>Anhang 1.2</b>	<b>Direkt im Boden, erdverlegt</b> .....	<b>133</b>
<b>Anhang 1.3</b>	<b>Direkt im Boden, unter Kabelsteinen</b> .....	<b>134</b>
<b>Anhang 1.4</b>	<b>Eingesandet</b> .....	<b>136</b>
<b>Anhang 1.5</b>	<b>Infrastrukturkanal Tagbau / halb offene Bauweise</b> .....	<b>137</b>
<b>Anhang 1.6</b>	<b>Grabenfreier Einzelrohrvortrieb</b> .....	<b>139</b>
<b>ANHANG 2</b>	<b>KOSTENSCHÄTZUNG</b> .....	<b>141</b>
<b>Anhang 2.1</b>	<b>Kostenschätzung Rohrblock</b> .....	<b>141</b>
Anhang 2.1.1	Muffenschacht für 2 Systeme in ebenem Gelände .....	141
Anhang 2.1.2	Muffenschacht für 2 Systeme in steilem Gelände .....	142
Anhang 2.1.3	Rohrblock für 2 Systeme in ebenem Gelände .....	142
Anhang 2.1.4	Rohrblock für 2 Systeme in steilem Gelände .....	143
Anhang 2.1.5	Muffenschacht für 3 Systeme in ebenem Gelände .....	143
Anhang 2.1.6	Muffenschacht für 3 Systeme in steilem Gelände .....	143
Anhang 2.1.7	Rohrblock für 3 Systeme in ebenem Gelände .....	144
Anhang 2.1.8	Rohrblock für 3 Systeme in steilem Gelände .....	144
<b>Anhang 2.2</b>	<b>Kostenschätzung Mikrotunnelverfahren</b> .....	<b>144</b>
<b>Anhang 2.3</b>	<b>Kostenschätzung Tunnelverfahren</b> .....	<b>144</b>
<b>Anhang 2.4</b>	<b>Kostenschätzung pro 380-kV (220-kV) - Kabel inkl. Montage</b> .....	<b>145</b>
<b>Anhang 2.5</b>	<b>Zusammenfassung Kostenschätzung</b> .....	<b>146</b>
<b>ANHANG 3</b>	<b>SITUATIONSPLÄNE</b> .....	<b>149</b>
<b>ANHANG 4</b>	<b>LÄNGENPROFILE</b> .....	<b>149</b>
<b>ANHANG 5</b>	<b>SITUATIONSPLAN UMWELT</b> .....	<b>149</b>
<b>ANHANG 6</b>	<b>GEOLOGIE</b> .....	<b>149</b>
<b>ANHANG 7</b>	<b>GEFAHREN- UND GRUNDWASSERSCHUTZZONEN</b> .....	<b>149</b>

## Anhang 1 Verlegungsarten Allgemein

In diesem Kapitel werden die alternative Verlegungsarten für Stromkabel beschrieben, welche jedoch für die vorliegende Kabelvariante ungeeignet sind und daher nicht vorgesehen sind.

### Anhang 1.1 Anordnung in einer Ebene

Für die Anordnung in einer Ebene wurde die magnetische Flussdichte nach NISV sowie die thermischen Eigenschaften berechnet. Diese Anordnung muss für die Einhaltung des Immissionsgrenzwerts (IGW) in der ungünstigsten Form (Variante 03-07 mit Umschaltung auf Reserveleiter)<sup>15</sup> 2.1 m unter Boden angeordnet werden. Dabei wird eine maximale magnetische Flussdichte 20 cm über Boden von 96.3  $\mu\text{T}$  erreicht. Die berechnete, maximale Leitertemperatur bei der Annahme von Umgebungsmaterial Erde und Beton ist mit 75°C unterhalb der zulässigen Höchsttemperatur. Der berechnete Untersuchungsperimeter ( $B < 1 \mu\text{T}$ ) bei 1830 A pro System beträgt 6.1 m beidseitig parallel zur Leitungsachse.

### Anhang 1.2 Direkt im Boden, erdverlegt

Beschreibung:

- Die Kabel werden direkt, ohne Kabelschutzrohre, in das Erdreich verlegt.

Grabenprofil:

- |  |            |
|--|------------|
| • Überdeckung Kabel:                                     | min. 2.1 m |
| • Distanz zwischen den einzelnen Kabeln (Achse – Achse): | 0.4 m      |
| • Deponie Humus und Aushub:                              | min. 10 m  |
| • Kabelanordnung:  | 2 x 2.8 m  |
| • Distanz zwischen den Systemen:                         | 3.4 m      |
| • Baupiste:  | 5 m        |
| • Bauprofil für zwei Systeme:                            | ca. 24 m   |

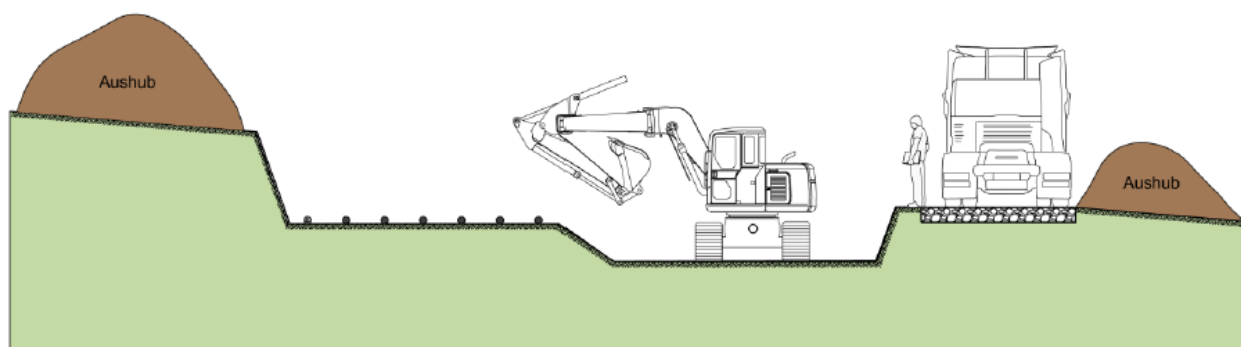


Abbildung 105: Direkt im Boden verlegt (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)

<sup>15</sup> Bericht Alpiq EnerTrans AG, Generelle Berechnungen zu Kabelstudien, April 2014 V1.1

Gefährdungspotential der Kabel:

- Sehr grosses Gefährdungspotential
- Beschädigung durch Einflüsse von Dritten (Bauarbeiten, Pfählungen, usw.)
- Beschädigung durch Steine
- Beschädigungen durch Pflanzen

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Relativ geringer Aufwand, da Kabel nebeneinander platziert werden.
- Nach der Ortung des Fehlers kann die Schadstelle ausgegraben und repariert werden.

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Aufwendig, da die Kabel komplett ausgegraben werden müssen.

Diese Verlegeart ist geeignet für:

- unbesiedelte Gebiete
- Gebiete mit sandigen Baugrundverhältnissen
- unbewaldete Gebiete

Für Höchstspannungsübertragungsnetz geeignet:

- nicht in der Schweiz, da zu dicht besiedelt und bewaldet

Zur Weiterverfolgung empfohlen:

- nein

## **Anhang 1.3 Direkt im Boden, unter Kabelsteinen**

Beschreibung:

- Die Kabel werden auf einer dünnen Sandschicht verlegt und anschliessend mit Kabelsteinen oder Kabeldecksteinen geschützt.
- Diese Verlegungsart wurde früher genutzt, als die Kunststoffrohre noch nicht die erforderlichen Dauerhaftigkeiten aufwiesen.

Grabenprofil:

- Überdeckung Kabel: min. 2.1 m
- Distanz zwischen den einzelnen Kabeln (Achse – Achse): 0.4 m
- Deponie Humus und Aushub: min. 10 m
- Kabelanordnung: 2 x 2.8 m
- Distanz zwischen den Systemen: 3.4 m
- Baupiste: 5 m
- Bauprofil für zwei Systeme: ca. 24 m



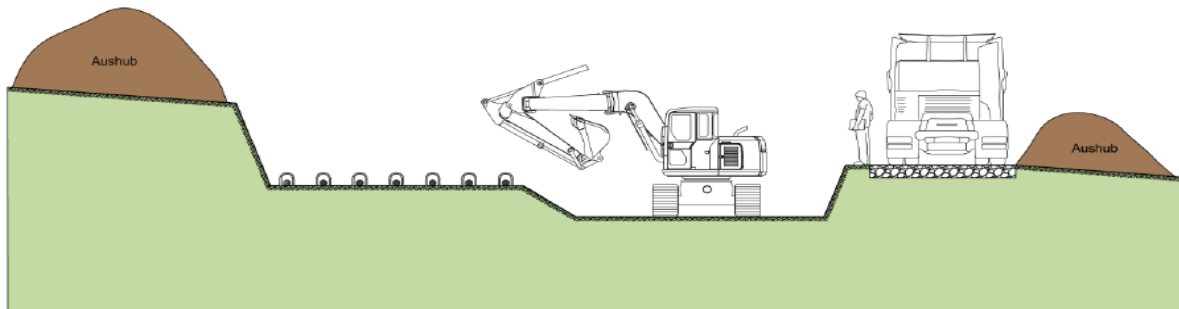


Abbildung 106: Direkt im Boden verlegt unter Kabelsteinen (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)

#### Gefährdungspotential der Kabel:

- Relativ grosses Gefährdungspotential
- Beschädigung durch Einflüsse von Dritten (Bauarbeiten, Pfählungen, usw.)
- Beschädigungen durch Pflanzen (insbesondere von unten)

#### Kabelersatz im Fehlerfall:

- Relativ geringer Aufwand, da Kabel nebeneinander platziert werden.
- Nach der Ortung des Fehlers kann die Schadstelle ausgegraben und repariert werden.

#### Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Aufwendig, da die Kabel komplett ausgegraben werden müssen.

#### Diese Verlegung ist geeignet für:

- unbesiedelte Gebiete
- Gebiete mit sandigen Baugrundverhältnissen
- unbewaldete Gebiete

#### Für Höchstspannungsübertragungsnetz geeignet:

- nicht in der Schweiz, da zu dicht besiedelt und bewaldet

#### Zur Weiterverfolgung empfohlen:

- nein

## Anhang 1.4 Eingesandet

Beschreibung:

- Die Kabel werden auf ein Sandbankett verlegt, ohne zusätzliche Kabelschutzrohre. Anschliessend wird Sand darüber geschüttet, verfestigt und mit Erdreich zugedeckt.

Grabenprofil:

- Überdeckung Kabel: min. 2.1 m
- Distanz zwischen den einzelnen Kabeln (Achse – Achse): 0.4 m
- Deponie Humus und Aushub: min. 10 m
- Kabelanordnung: 2 x 2.8 m
- Distanz zwischen den Systemen: 3.4 m
- Baupiste: 5 m
- Bauprofil für zwei Systeme: ca. 24 m

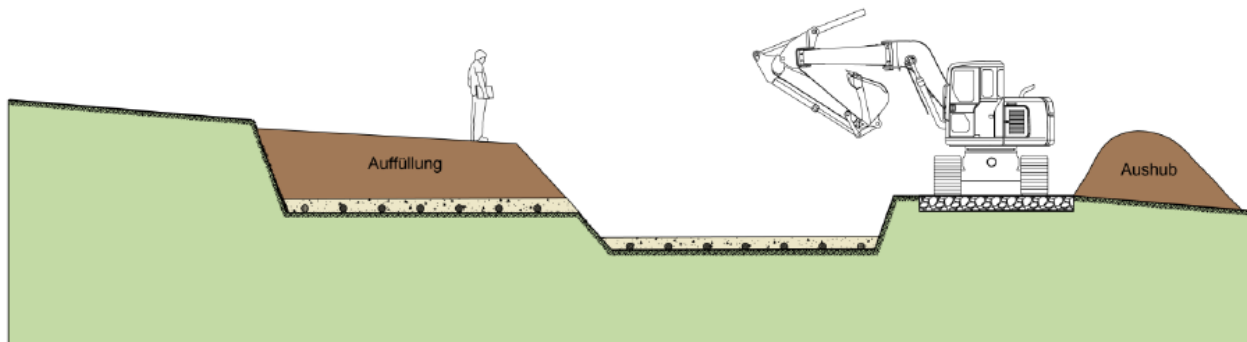


Abbildung 107: Direkt im Boden Verlegt eingesandet (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)

Gefährdungspotential der Kabel:

- Sehr grosses Gefährdungspotential
- Beschädigung durch Einflüsse von Dritten (Bauarbeiten, Pfählungen, usw.)
- Beschädigungen durch Pflanzen

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Relativ geringer Aufwand, da Kabel nebeneinander platziert werden.
- Nach der Ortung des Fehlers kann die Schadstelle ausgegraben und repariert werden.

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Aufwendig, da die Kabel komplett ausgegraben werden müssen.

Diese Verlegung ist geeignet für:

- unbesiedelte Gebiete
- Gebiet mit sandigem Baugrundverhältnissen
- unbewaldete Gebiete

Für Höchstspannungsübertragungsnetz geeignet:

- nicht in der Schweiz, da zu dicht besiedelt und bewaldet

Zur Weiterverfolgung empfohlen:

- nein

## Anhang 1.5 Infrastrukturkanal Tagbau / halb offene Bauweise

Für die Anordnung im Infrastrukturkanal wurde die magnetische Flussdichte nach NISV sowie die thermischen Eigenschaften berechnet. Diese Anordnung muss für die Einhaltung des IGW in der ungünstigsten Form (Variante 03-06 mit Umschaltung auf Reserveleiter)<sup>16</sup> 1.5 m unter Boden (Zentrum der Kabelachse und oberste Ebene) angeordnet werden. Siehe generelle Berechnungen zu Kabelstudien. Dabei wird eine maximale magnetische Flussdichte 20 cm über Boden von 94.2  $\mu\text{T}$  erreicht. Die maximale Leitertemperatur kann mit einer aktiven Lüftung unter 90°C gehalten werden. In der Kabelstudie wurden die Bodendaten noch nicht erhoben. Somit kann keine Berechnung mit verbindlichen Aussagen erstellt werden. Der berechnete Untersuchungsperimeter ( $B < 1 \mu\text{T}$ ) bei 1830 A pro System beträgt 4.7 m beidseitig parallel zur Leitungsachse.

Beschreibung:

- Die offene Bauweise als begehbare Kabelkanal ist eine, im Verhältnis zu der Tunnelvariante, günstigere Baumethode und kommt überall dort zum Einsatz, wo es die Verhältnisse zulassen und die Kabelanlage zwingend begehrbar sein muss.
- Die Vor- und Nachteile dieser Bauweise entsprechen weitgehend denjenigen der Kabelrohrblöcke, wobei die Kosten höher sind und die Bauzeit länger ist.

Grabenprofil:

- Überdeckung: min. 1.5 m
- Distanz zwischen den einzelnen Kabeln (Achse – Achse): 0.4 m
- Deponie Humus und Aushub: min. 10 m
- Kabelanordnung: 3.2 m
- Böschung: 2 x 3 m
- Baupiste: 5 m
- Bauprofil für zwei Systeme: ca. 24 m

---

<sup>16</sup> Bericht Alpiq EnerTrans AG, Generelle Berechnungen zu Kabelstudien, April 2014 V1.1

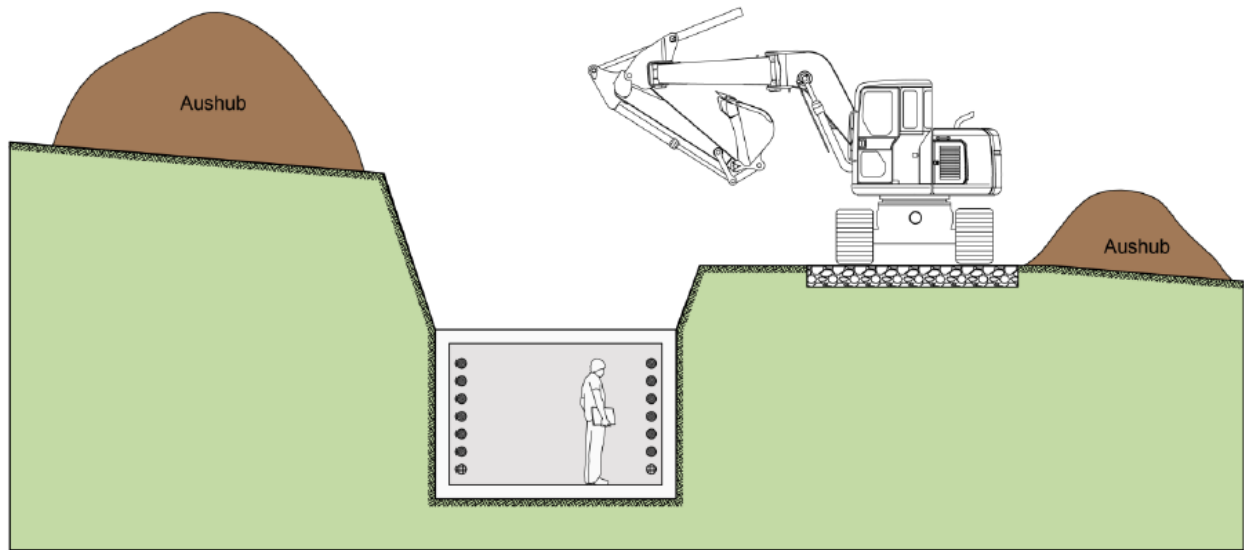


Abbildung 108: Verlegung im Infrastrukturkanal (Quelle: Pflichtenheft Kabelstudie Binnaquerung)

Gefährdungspotential der Kabel:

- Sehr geringes Gefährdungspotential

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Relativ einfache Behebung der Schadstelle
- Ortung der Schadstelle gut, da gesamte Kabelanlage begehbar ist
- Relativ einfache Reparatur

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Grundsätzlich relativ einfach
- Probleme mit den in Betrieb befindlichen benachbarten Kabeln

Diese Verlegung ist geeignet für:

- besiedelte Gebiete
- bewaldete Gebiete
- Schutzgebiete
- Strassen

Für Höchstspannungsübertragungsnetz geeignet:

- Ja

Zur Weiterverfolgung empfohlen:

- Ja



## Anhang 1.6 Grabenfreier Einzelrohrvortrieb

Da die Anordnungen und Umgebungsbedingungen für diese Variante stark variieren können ist eine magnetische und thermische Berechnung in der Machbarkeitsstudie nicht sinnvoll. Es sind aber diverse Anordnungen mit diesem Verfahren möglich.

Beschreibung:

- Horizontalbohrungen und Pressvortriebe sind bei tieferen Spannungen oder geringeren Stromstärken häufig eingesetzte Baumethoden für die Verlegung von Kabeln bei engen Platzverhältnissen oder zur Unterquerung von Infrastrukturhindernissen. In der Regel kommen gesteuerte Systeme zur Anwendung, da mit diesen die Ziele genau anvisiert werden können, während bei den ungesteuerten Systemen die Gefahr von Abweichungen besteht.
- Bei diesen Systemen frisst sich die Maschine resp. der Bohrkopf von einem Start- zum Zielschacht. Um Setzungen an der Oberfläche zu verhindern, ist eine Mindesttiefe notwendig. Diese hängt von den lokalen Gegebenheiten (z.B. Geologie) ab. Beim sogenannten Horizontalspülverfahren frisst sich das Pilotgestänge durch den Boden und zieht nach einer Aufweitungsphase im Rückzug die notwendigen Leerrohre ein, in welche später die Kabel eingezogen werden. Bei diesem Verfahren kommt Bentonit zum Einsatz, welches während der Bohrarbeiten als Stütz- und Fördersuspension dient.
- Je nach Anzahl der benötigten Leerrohre werden mehrere Bohrungen nebeneinander erstellt, wobei Durchmesser bis zu 100 cm möglich sind.
- Damit das geeignete Bohrverfahren vor Baubeginn bestimmt werden kann, sind umfangreiche geologische Untersuchungen notwendig. Alle Verfahren sind auch im Grundwasser anwendbar, es sind keine Grundwasserabsenkungen notwendig.

Grabenprofil:



Abbildung 109: Ablauf grabenfreier Einzelrohrvortrieb (Quelle: schenkag.com, 2018)

Gefährdungspotential der Kabel:

- Sehr geringes Gefährdungspotential

Kabelersatz im Fehlerfall:

- Es ist nur ein Totalersatz möglich (Kabel nicht zugänglich).

Kabelersatz nach Ablauf der Lebensdauer:

- Grundsätzlich relativ einfach. Probleme ergibt sich insbesondere durch Verkalkungen und Verschmutzungen, sodass die Kabel feststecken.

Diese Verlegung ist geeignet für:

- Dreileiterkabel
- bewaldete Gebiete
- Schutzgebiete
- Strassen
- Gewässer

Für Höchstspannungsübertragungsnetz geeignet:

- Nur bedingt (zu grosse Abweichungen bei vielen parallelen Bohrungen -> NISV)

Zur Weiterverfolgung empfohlen:

- Nein

## Anhang 2 Kostenschätzung

Dieses Kapitel zeigt die Details der Baukosten auf. Zuerst werden die Einzelkosten der verschiedenen Bauvarianten, Muffenschächte und Kabel aufgeführt. Anschliessend werden die Baukosten abschnittsweise aufgelistet und zusammengefasst.

### Anhang 2.1 Kostenschätzung Rohrblock

Die nachfolgenden Kostenangaben für die verschiedenen Typenprofile basieren auf Erfahrungswerten. Es werden folgende Bauteile und Typenprofile unterschieden:

2 Systeme:

- Muffenschacht für 2 Systeme in ebenem Gelände
- Muffenschacht für 2 Systeme in steilem Gelände
- Rohrblock für 2 Systeme in ebenem Gelände
- Rohrblock für 2 Systeme in steilem Gelände

3 Systeme:

- Muffenschacht für 3 Systeme in ebenem Gelände
- Rohrblock für 3 Systeme in ebenem Gelände
- Rohrblock für 3 Systeme in steilem Gelände

#### Anhang 2.1.1 Muffenschacht für 2 Systeme in ebenem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- ebenes Gelände, vorwiegend landwirtschaftliche Nutzflächen, ohne künstliche Hindernisse.
- Schacht mit 4 Kammern.
- Anteil Baustelleninstallationen und Regiearbeiten 15 %.
- Unvorhergesehenes wurde mit einem Zuschlag von 10 % berücksichtigt.
- natürliche Hindernisse wie Bäume, Sträucher, Bäche usw. wurden mit einem Zuschlag von 5 % berücksichtigt.

**Tabelle 21: Kostenschätzung Muffenschacht für 2 Systeme in ebenem Gelände**

Arbeitsbeschreibung	Quantität	Einheit	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Installationen und Regie ca. 15 %	1	pl	30'000	30'000
Erdarbeiten, Aushub	1'000	m <sup>3</sup>	8	8'000
Abtransport und Deponie Aushubmaterial	720	m <sup>3</sup>	35	25'200
Hinterfüllung Aushubmaterial	280	m <sup>3</sup>	14	3'920
Schalungen	660	m <sup>2</sup>	60	39'600
Beton	170	m <sup>3</sup>	250	42'500
Armierungen (100 kg/m <sup>3</sup> )	17'000	kg	2.50	42'500
Abdichtungen gegen Erdreich	190	m <sup>2</sup>	8	1'520
Rohreinlagen ø250mm	32	Stk.	40	1'280
Einstiegsschacht mit Leiter	1	Stk.	4'000	4'000
Kleinmaterial	1	pl	2'000	2'000
Unvorhergesehenes ca. 10 %	1	pl	20'000	20'000
Zuschlag natürliche Hindernisse ca. 5 %	1	pl	10'000	10'000
<b>Total Kostenschätzung [Fr] (gerundet)</b>				<b>230'000</b>

### Anhang 2.1.2 Muffenschacht für 2 Systeme in steilem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Kostenschätzung aus Anhang 2.1.1 um 30 % höher als im ebenen Gelände.

**Tabelle 22: Kostenschätzung Muffenschacht für 2 Systeme in steilem Gelände**

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Muffenschacht im ebenen Gelände	1	pl	230'000	230'000
Zuschlag EP steiles Gelände 30 %	1	pl	69'000	69'000
<b>Total Kostenschätzung [Fr] (gerundet)</b>				<b>300'000</b>

### Anhang 2.1.3 Rohrblock für 2 Systeme in ebenem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- ebenes Gelände, vorwiegend landwirtschaftliche Nutzflächen, mit vereinzelt künstlichen Hindernissen vor allem für die landwirtschaftliche Nutzung.
- Anteil Baustelleninstallationen und Regiearbeiten 15 %.
- Unvorhergesehenes wurde mit einem Zuschlag von 10 % berücksichtigt.
- natürliche Hindernisse wie Bäume, Sträucher, Bäche usw. wurden mit einem Zuschlag von 10 % berücksichtigt
- künstliche Hindernisse wie Zäune, bestehende Rohrleitungen, Berieselungen, Stützmauern, Strassen usw. wurden mit einem Zuschlag von 10% berücksichtigt.

**Tabelle 23: Kostenschätzung Rohrblock für 2 Systeme in ebenem Gelände**

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Installationen und Regie ca. 15 %	1	pl	350	350
Erdarbeiten, Aushub	15	m <sup>3</sup>	8	120
Lieferung und Einbau Koffermaterial	1.5	m <sup>3</sup>	55	82.50
Abtransport und Deponie Aushubmaterial	4.5	m <sup>3</sup>	35	157.50
Hinterfüllung Aushubmaterial	12	m <sup>3</sup>	14	168
Beton	3	m <sup>3</sup>	250	750
Rohre DM250mm	16	m'	40	640
Unvorhergesehenes ca. 10 %	1	pl	200	200
Zuschlag natürliche Hindernisse ca. 10 %	1	pl	200	200
Zuschlag künstliche Hindernisse ca. 10 %	1	pl	200	200
<b>Total Kostenschätzung [Fr/m']</b>				<b>2'868</b>



### Anhang 2.1.4 Rohrblock für 2 Systeme in steilem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- steiles Gelände, vorwiegend Wald mit Rodungen.
- Anteil Fels- und Böschungssicherungen auf ca. 20 % der Böschungen.
- natürliche Hindernisse wie Bäche, Steinblöcke usw. wurden mit einem Zuschlag von 5 % berücksichtigt
- künstliche Hindernisse wie Zäune, bestehende Rohrleitungen, Strassen usw. wurden mit einem Zuschlag von 5 % berücksichtigt.
- Einheitspreise 30 % höher als im ebenen Gelände.

Tabelle 24: Kostenschätzung Rohrblock für 2 Systeme in steilem Gelände

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Installationen und Regie ca. 15%	1	pl	450	450
Erdarbeiten, Aushub	23	m <sup>3</sup>	10.40	239.20
Hangsicherungen	1.5	m <sup>3</sup>	40	60
Lieferung und Einbau Koffermaterial	3	m <sup>3</sup>	71.50	214
Abtransport und Deponie Aushubmaterial	6	m <sup>3</sup>	45.50	273
Hinterfüllung Aushubmaterial	20	m <sup>3</sup>	18.20	364
Beton	3	m <sup>3</sup>	325	975
Rohre DM250mm	16	m'	52	832
Unvorhergesehenes ca. 10%	1	pl	350	350
Zuschlag natürliche Hindernisse ca. 5%	1	pl	200	200
Zuschlag künstliche Hindernisse ca. 5%	1	pl	200	200
<b>Total Kostenschätzung [Fr/m']</b>				<b>4'158</b>

### Anhang 2.1.5 Muffenschacht für 3 Systeme in ebenem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Kostenschätzung aus Anhang 2.1.1 wird anteilmässig erhöht.

Tabelle 25: Kostenschätzung Muffenschacht für 3 Systeme in ebenem Gelände

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Muffenschacht im ebenen Gelände	1	pl	230'000	230'000
Erhöhung (Faktor 1.5)	1	pl	115'000	115'000
<b>Total Kostenschätzung [Fr]</b>				<b>345'000</b>

### Anhang 2.1.6 Muffenschacht für 3 Systeme in steilem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Kostenschätzung aus Anhang 2.1.5 um 30 % höher als im ebenen Gelände.

Tabelle 26: Kostenschätzung Muffenschacht für 3 Systeme in steilem Gelände

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Muffenschacht im steilen Gelände	1	pl	345'000	345'000
Zuschlag EP steiles Gelände (+30%)	1	pl	103'500	103'500
<b>Total Kostenschätzung [Fr] (gerundet)</b>				<b>450'000</b>

### Anhang 2.1.7 Rohrblock für 3 Systeme in ebenem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Die Kostenschätzung aus Anhang 2.1.3 wird anteilmässig erhöht.

Tabelle 27: Kostenschätzung Rohrblock für 3 Systeme in ebenem Gelände

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Rohrblock 2 Systeme im ebenen Gelände	1	pl	2'868	2'868
Erhöhung (Faktor 1.5)	1	pl	1'434	1'434
<b>Total Kostenschätzung [Fr/m']</b>				<b>4'302</b>

### Anhang 2.1.8 Rohrblock für 3 Systeme in steilem Gelände

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Die Kostenschätzung aus Anhang 2.1.7 um 30 % höher als im ebenen Gelände.

Tabelle 28: Kostenschätzung Rohrblock für 3 Systeme in steilem Gelände

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Rohrblock 2 Systeme im steilen Gelände	1	pl	4'157.70	4'158
Zuschlag EP steiles Gelände (+30%)	1	pl	1'385.90	1'386
<b>Total Kostenschätzung [Fr/m']</b>				<b>5'544</b>

### Anhang 2.2 Kostenschätzung Mikrotunnelverfahren

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Kosten analog vergleichbarer Studien.

Tabelle 29: Kostenschätzung Mikrotunnelverfahren

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
<b>Total Kostenschätzung [Fr/m']</b>				<b>14'000</b>

### Anhang 2.3 Kostenschätzung Tunnelverfahren

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Tunnelinnenradius 4.1 m.
- Geologische Verhältnisse Fels.
- Kosten wurden mit lokalem Tunnel-Baumeister besprochen.
- Aufgrund der Steigung von 40 % muss im Bereich der Saltinaschlucht mit einem Faktor von 1.5 gerechnet werden.

Tabelle 30: Kostenschätzung Tunnelverfahren

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
<b>Total Kostenschätzung [Fr/m'] (150%)</b>				<b>20'000 (30'000)</b>

## Anhang 2.4 Kostenschätzung pro 380-kV (220-kV) - Kabel inkl. Montage

In dieser Kabelstudie werden insgesamt 3 verschiedenen Systeme verlegt:

- 2x 380-kV System
- 1x 220-kV System
- Beim 380-kV-System sind pro Phase zwei identische Kabel zu installieren. Ein System besteht somit aus sechs Kabeln mit zwei Teilsystemen à drei Kabeln und einem Reservekabel für den Störfall.
- Beim 220-kV-System ist pro Phase ein Kabel zu installieren. Ein System besteht somit aus drei Kabeln und einem Reservekabel für den Störfall.
- Kabeldimension ist für beide Systeme gleich

Tabelle 31: Kostenschätzung pro 380-kV (220-kV) - Kabel inkl. Montage

Arbeitsbeschreibung	Q	EH	EP [CHF]	Kosten [CHF]
Total Kostenschätzung [Fr/m <sup>1</sup> ]				500

## Anhang 2.5 Zusammenfassung Kostenschätzung

Die Baukosten und die Kabelkosten inkl. Montage werden aus den vorher ermittelten Einzelkosten berechnet:

Tabelle 32: Kostenschätzung Abschnitt 1

	Abschnitt 1					
Rodungen	19'755	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	158'040	Fr
Übergangsbauwerk	1	Stk	500'000	Fr/Stk	500'000	Fr
Rohrblock 2 Systeme eben	3'150	m'	2'868	Fr/m'	9'034'200	Fr
Rohrblock 2 Systeme steil	1'400	m'	4'158	Fr/m'	5'821'200	Fr
Muffenschacht 2 Systeme eben	5	Stk	230'000	Fr/Stk	1'150'000	Fr
Muffenschacht 2 Systeme steil	1	Stk	300'000	Fr/Stk	300'000	Fr
Mikrotunnel (Illgraben + Gasleitung)	200	m'	14'000	Fr/m'	2'800'000	Fr
Mikrotunnel, Zuschlag Grundwasser + Tiefe 20% (Ill)	150	m'	2'800	Fr/m'	420'000	Fr
Zufahrtsstrassen neu	650	m'	500	Fr/m'	325'000	Fr
Zufahrtsstrassen ausbauen	300	m'	200	Fr/m'	60'000	Fr
Kabel inkl. Montage (2x380-kV)	14x4'750	m'	585	Fr/m'	38'902'500	Fr
<b>Total Kosten Abschnitt 1 (exkl. MwSt.)</b>					<b>59'470'940</b>	<b>Fr</b>

Tabelle 33: Kostenschätzung Abschnitt 2

	Abschnitt 2					
Rodungen	0	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	0	Fr
Rohrblock 2 Systeme eben	3'820	m'	2'868	Fr/m'	10'955'760	Fr
Rohrblock 2 Systeme steil	0	m'	4'158	Fr/m'	0	Fr
Muffenschacht 2 Systeme eben	3	Stk	230'000	Fr/Stk	690'000	Fr
Muffenschacht 2 Systeme steil	0	Stk	300'000	Fr/Stk	0	Fr
Querung, Zuschlag Grundwasser 10% (Turtmäna)	50	m'	1'400	Fr/m'	70'000	Fr
Zufahrtsstrassen neu	0	m'	500	Fr/m'	0	Fr
Zufahrtsstrassen ausbauen	0	m'	200	Fr/m'	0	Fr
Kabel inkl. Montage (2x380-kV)	14x3'820	m'	585	Fr/m'	31'285'800	Fr
<b>Total Kosten Abschnitt 2 (exkl. MwSt.)</b>					<b>43'001'560</b>	<b>Fr</b>

Tabelle 34: Kostenschätzung Abschnitt 3

	Abschnitt 3					
Rodungen	0	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	0	Fr
Rohrblock 2 Systeme eben	4'940	m'	2'868	Fr/m'	14'167'920	Fr
Rohrblock 2 Systeme steil	300	m'	4'158	Fr/m'	1'247'310	Fr
Muffenschacht 2 Systeme eben	6	Stk	230'000	Fr/Stk	1'380'000	Fr
Muffenschacht 2 Systeme steil	0	Stk	300'000	Fr/Stk	0	Fr
Mikrotunnel (Q Rhone 1)	200	m'	14'000	Fr/m'	2'800'000	Fr
Mikrotunnel (Q Lonza)	100	m'	14'000	Fr/m'	1'400'000	Fr
Mikrotunnel (Q Rhone 2)	300	m'	14'000	Fr/m'	4'200'000	Fr
Mikrotunnel Zuschlag Grundwasser 10%	600	m'	1'400	Fr/m'	840'000	Fr
Zufahrtsstrassen neu	0	m'	500	Fr/m'	0	Fr
Zufahrtsstrassen ausbauen	0	m'	200	Fr/m'	0	Fr
Kabel inkl. Montage (2x380-kV)	14x5'800	m'	585	Fr/m'	47'829'600	Fr
<b>Total Kosten Abschnitt 3 (exkl. MwSt.)</b>					<b>73'864'830</b>	<b>Fr</b>



Tabelle 35: Kostenschätzung Abschnitt 4

	Abschnitt 4						
Rodungen	2'755	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	22'040	Fr	
Rohrblock 2 Systeme eben	4'870	m'	2'868	Fr/m'	13'967'160	Fr	
Rohrblock 2 Systeme steil	0	m'	4'158	Fr/m'	0	Fr	
Muffenschacht 2 Systeme eben	5	Stk	230'000	Fr/Stk	1'150'000	Fr	
Muffenschacht 2 Systeme steil	0	Stk	300'000	Fr/Stk	0	Fr	
Mikrotunnel (Q Gasleitung)	50	m'	14'000	Fr/m'	700'000	Fr	
Mikrotunnelverfahren Zuschlag Grundwasser 10%	50	m'	1'400	Fr/m'	70'000	Fr	
Zufahrtsstrassen neu	0	m'	500	Fr/m'	0	Fr	
Zufahrtsstrassen ausbauen	0	m'	200	Fr/m'	0	Fr	
Kabel inkl. Montage (2x380-kV)	14x4'920	m'	585	Fr/m'	40'294'800	Fr	
<b>Total Kosten Abschnitt 4 (exkl. MwSt.)</b>						<b>56'204'000</b>	<b>Fr</b>

Tabelle 36: Kostenschätzung Abschnitt 5

	Abschnitt 5						
Rodungen	0	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	0	Fr	
Rohrblock 2 Systeme eben	125	m'	2'868	Fr/m'	358'500	Fr	
Rohrblock 2 Systeme steil	0	m'	4'158	Fr/m'	0	Fr	
Muffenschacht 2 Systeme eben	1	Stk	230'000	Fr/Stk	230'000	Fr	
Muffenschacht 2 Systeme steil	0	Stk	300'000	Fr/Stk	0	Fr	
Mikrotunnel	125	m'	14'000	Fr/m'	1'750'000	Fr	
Mikrotunnel Zuschlag Grundwasser 10%	125	m'	1'400	Fr/m'	175'000	Fr	
Tunnelverfahren	2'700	m'	20'000	Fr/m'	54'000'000	Fr	
Zufahrtsstrassen neu	0	m'	500	Fr/m'	0	Fr	
Zufahrtsstrassen ausbauen	0	m'	200	Fr/m'	0	Fr	
Kabel inkl. Montage (2x380-kV)	14x2'950	m'	585	Fr/m'	24'160'500	Fr	
<b>Total Kosten Abschnitt 5 (exkl. MwSt.)</b>						<b>80'674'000</b>	<b>Fr</b>

Tabelle 37: Kostenschätzung Abschnitt 6

	Abschnitt 6						
Rodungen	11'480	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	91'840	Fr	
Übergangsbauwerk	1	Stk	500'000	Fr/Stk	500'000	Fr	
Rohrblock 3 Systeme eben	0	m'	4'302	Fr/m'	0	Fr	
Rohrblock 3 Systeme steil	290	m'	5'544	Fr/m'	1'607'644	Fr	
Muffenschacht 3 Systeme eben	0	Stk	345'000	Fr/Stk	0	Fr	
Muffenschacht 3 Systeme steil	1	Stk	450'000	Fr/Stk	450'000	Fr	
Mikrotunnel	0	m'	14'000	Fr/m'	0	Fr	
Mikrotunnel Zuschlag Grundwasser 10%	0	m'	1'400	Fr/m'	0	Fr	
Tunnelverfahren	3'800	m'	20'000	Fr/m'	76'000'000	Fr	
Zufahrtsstrassen neu	1'000	m'	500	Fr/m'	500'000	Fr	
Zufahrtsstrassen ausbauen	600	m'	200	Fr/m'	120'000	Fr	
Kabel (2x380-kV + 1x220-kV)	18x4'090	m'	585	Fr/m'	43'067'700	Fr	
<b>Total Kosten Abschnitt 6 (exkl. MwSt.)</b>						<b>122'337'184</b>	<b>Fr</b>

**Tabelle 38: Kostenschätzung Abschnitt 7**

	Abschnitt 7					
Rodungen	96'516	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	772'128	Fr
Rohrblock 3 Systeme eben	1'000	m'	4'302	Fr/m'	4'302'000	Fr
Rohrblock 3 Systeme steil	4'000	m'	5'544	Fr/m'	22'174'400	Fr
Muffenschacht 3 Systeme eben	3	Stk	345'000	Fr/Stk	1'035'000	Fr
Muffenschacht 3 Systeme steil	6	Stk	450'000	Fr/Stk	2'700'000	Fr
Mikrotunnel (Gamsa)	60	m'	14'000	Fr/m'	840'000	Fr
Mikrotunnel Zuschlag Grundwasser 10% (Gamsa)	50	m'	1'400	Fr/m'	70'000	Fr
Zufahrtsstrassen neu	1'100	m'	500	Fr/m'	550'000	Fr
Zufahrtsstrassen ausbauen	0	m'	200	Fr/m'	0	Fr
Kabel (2x380-kV + 1x220-kV)	18x5'060	m'	585	Fr/m'	53'281'800	Fr
<b>Total Kosten Abschnitt 7 (exkl. MwSt.)</b>					<b>85'725'328</b>	<b>Fr</b>

**Tabelle 39: Kostenschätzung Abschnitt 8**

	Abschnitt 8					
Rodungen	7'609	m <sup>2</sup>	8	Fr./m <sup>2</sup>	60'872	Fr
Rohrblock 3 Systeme eben	1'763	m'	4'302	Fr./m'	7'687'674	Fr
Rohrblock 3 Systeme steil	450	m'	5'544	Fr./m'	2'494'620	Fr
Muffenschacht 3 Systeme eben	2	Stk	6'453	Fr./Stk	12'906	Fr
Muffenschacht 3 Systeme steil	3	Stk	8'315	Fr./Stk	24'946	Fr
Mikrotunnel (Burgspitzhügel)	250	m'	14'000	Fr./m'	3'500'000	Fr
Tunnelverfahren	774	m'	20'000	Fr./m'	15'480'000	Fr
Tunnelverfahren	789	m'	30'000	Fr./m'	23'670'000	Fr
Zufahrtsstrassen neu	2'070	m'	500	Fr./m'	1'035'000	Fr
Zufahrtsstrassen ausbauen	100	m'	200	Fr./m'	20'000	Fr
Kabel (2x380-kV + 1x220-kV)	18x4'050	m'	585	Fr/m'	42'646'500	Fr
<b>Total Kosten Abschnitt 8 (exkl. MwSt.)</b>					<b>96'632'518</b>	<b>Fr</b>

**Tabelle 40: Kostenschätzung Abschnitt 9**

	Abschnitt 9					
Rodungen	20'564	m <sup>2</sup>	8	Fr/m <sup>2</sup>	164'512	Fr
Übergangsbauwerk	1	Stk	500'000	Fr/Stk	500'000	Fr
Rohrblock 3 Systeme eben	690	m'	4'302	Fr/m'	2'452'140	Fr
Rohrblock 3 Systeme steil	690	m'	5'544	Fr/m'	3'825'084	Fr
Muffenschacht 3 Systeme eben	1	Stk	345'000	Fr/Stk	345'000	Fr
Muffenschacht 3 Systeme steil	1	Stk	450'000	Fr/Stk	450'000	Fr
Mikrotunnel (A9)	50	m'	14'000	Fr/m'	700'000	Fr
Tunnelverfahren	2'290	m'	30'000	Fr/m'	68'700'000	Fr
Zufahrtsstrassen neu	1'050	m'	500	Fr/m'	525'000	Fr
Zufahrtsstrassen ausbauen	50	m'	200	Fr/m'	10'000	Fr
Kabel (2x380-kV + 1x220-kV)	18x3'600	m'	585	Fr/m'	37'908'000	Fr
<b>Total Kosten Abschnitt 9 (exkl. MwSt.)</b>					<b>115'579'736</b>	<b>Fr</b>

**Tabelle 41: Kostenschätzung Zusammenfassung**

<b>Total Kosten Abschnitt 1 bis 9 (exkl. MwSt.)</b>					<b>733'490'096</b>	<b>Fr</b>
<b>Total Kosten gerundet</b>					<b>733'490'000</b>	<b>Fr</b>

## **Anhang 3 Situationspläne**

- \*CH06 T001 &BLA 0600, Situationsplan Kabelstudie Agarn-Mörel (Blatt 1 bis 4)

## **Anhang 4 Längenprofile**

- Längsprofil (Beilage 2-1 bis 2-6, Rovina + Partner AG)

## **Anhang 5 Situationsplan Umwelt**

- Trassestudie (Raumplanung + Umwelt)

## **Anhang 6 Geologie**

- Geologie mit Linienführung (Beilage 3-1 bis 3-7, Abschnitt 5 bis 9, Rovina + Partner AG)
- Bemerkung: Abschnitte sind mit alter Nummerierung beschriftet!

## **Anhang 7 Gefahren- und Grundwasserschutzzonen**

- Gefahren- und Grundwasserschutzzonen (Beilage 4-1 bis 4-6, Abschnitt 5 bis 9, Rovina + Partner AG)
- Bemerkung: Abschnitte sind mit alter Nummerierung beschriftet!