

Gondosolar

BAUGESUCH

Gesuchsteller

Projektverfasser
geoformer igp AG

Name:

Name:

Name:

Objekt Gondosolar

Auftraggeber Gondosolar

Geologischer Bericht

	Datum	Sig	Gepr.
Gez.	15.12.2023	ubu	dst
Geändert	A	_____	_____
	B	_____	_____
	C	_____	_____
	D	_____	_____
	_____	_____	_____

Gondosolar, Baugesuch

- Photovoltaik-Anlage Alpjerung
- Energieableitung
- Materialeilbahn
- Personenseilbahn

Geologischer Bericht



Auftraggeberin:

Gondosolar
c/o Energie Electricque du Simplon SA
Av. de France 10
1950 Sitten

Brig, 15. Dezember 2023/ Version 3.0

Verteiler (per E-Mail)

Sharepoint Alpiq

Verteiler (per Post)

-

Version

Version 1 vom 21.12.2022

. Erstversion

Version 2 vom 28.07.2023

. Anpassungen an Bauprojekt (Perimeter PV-Anlage, Stützenstandorte Seilbahnen)

Version 3 vom 15.12.2023

. Baugesuch

. Anpassungen an neue Maststandorte Energieableitung

. Anpassungen an Geologie und Lockergesteinsbedeckung nach Begehung und Ankerbohrungen bei der Testanlage

Impressum

Titelbild: Alpjerung (geoformer igp AG 11.10.2022)

Autoren: Patrick Hammel, Ulrich Burchard

Projekt: B10431

Datei: Ber_B10431_Geologie_Baugesuch_20231215_rev.3.0

Inhaltsangabe

1	Ausgangslage und Mandat	1
2	Grundlagen	2
3	Methodik und Prognoseunsicherheiten	2
4	Baugrundbeschreibung	3
4.1	Geologische Übersicht	3
4.2	Felslithologien	5
4.2.1	Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke	5
4.2.2	Kalkmarmor der penninischen Trias.....	5
4.2.3	Bündnerschiefer der penninischen Unterjura	5
4.2.4	Zweiglimmergneis und -schiefer der Lebendun-Decke.....	5
4.2.5	Unterer Zweiglimmergneis der Lebendun-Decke	6
4.3	Trennflächen	6
4.4	Lockergestein.....	7
4.4.1	Deckschicht.....	7
4.4.2	Moräne	7
4.4.3	Hangschutt	8
4.5	Baugrundwerte / Felskennziffern	8
4.6	Anker und Pfähle	10
5	Hydrogeologie.....	10
5.1	Hangwasser	10
5.2	Gewässerschutzzone	11
6	Permafrost.....	11
7	Beurteilung Geologie/Baugrund	12
7.1	PV-Anlage	12
7.1.1	Bereich A.....	12
7.1.2	Bereich B.....	13
7.1.3	Bereich C	14
7.1.4	Bereich D	14
7.2	Energieableitung	15
7.2.1	Mast M1.....	15
7.2.2	Mast M2.....	15
7.2.3	Mast M3.....	15
7.2.4	Mast M4.....	16
7.2.5	Mast M5.....	16
7.2.6	Mast M6.....	16
7.2.7	Mast M7.....	17
7.2.8	Mast M8.....	17
7.2.9	Mast M9.....	18

7.2.10 Mast M10	18
7.3 Materialeilbahn (BSB).....	19
7.3.1 Verankerung V1 (Tal).....	19
7.3.2 Stütze S1.....	19
7.3.3 Stütze S2.....	19
7.3.4 Stütze S3.....	20
7.3.5 Stütze S4.....	20
7.3.6 Stützen S5 und S6.....	20
7.3.7 Stütze S7.....	21
7.3.8 Stütze S8.....	21
7.3.9 Stütze S9.....	21
Verankerung V2 (Berg).....	22
7.4 Personenseilbahn (LSB)	22
7.4.1 Verankerung V1 (Tal).....	22
7.4.2 Stütze S1.....	22
7.4.3 Stütze S2.....	23
7.4.4 Stütze S3.....	23
7.4.5 Stütze S4.....	24
7.4.6 Stütze S5.....	24
7.4.7 Stütze S6.....	25
7.4.8 Stütze S7.....	25
7.4.9 Verankerung V2 (Berg)	25
8 Frosttiefe	26
9 Fazit/Empfehlungen	27
9.1 PV-Anlage Alpjerung	27
9.2 Energieableitung, Seilbahnen	27

Beilagen

Plan Nr. B10431_2_1b: Lockergesteinsmächtigkeit PV-Anlage

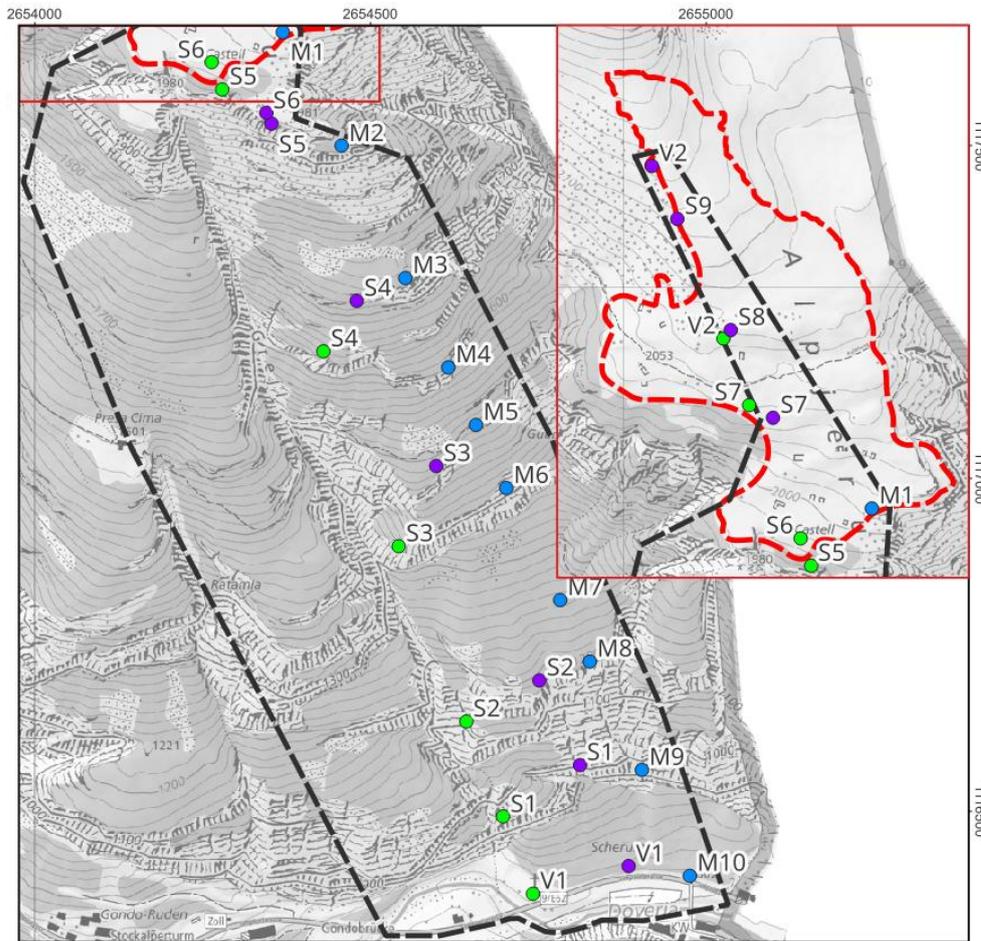
Plan Nr. B10431_2_2b: Geologische Karte Projektperimeter

1 Ausgangslage und Mandat

Im vorliegenden Bericht werden die Geologie und die Baugrundverhältnisse beschrieben und die möglichen Folgerungen für die verschiedenen Projektelemente formuliert. Der Bericht dient als Grundlage für die Dimensionierungen von Fundationen und anderen Bauteilen.

Die geplanten Projektelemente sind:

- > Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) Alpjerung
- > Energieableitung (Strom-Freileitung zwischen Alpjerung und Gondo/San Marco)
- > Materialseilbahn BSB, temporär (zwischen Alpjerung und Gondo/San Marco)
- > Personenseilbahn LSB, temporär (zwischen Alpjerung und Gondo/San Marco)



Energieableitung

- Energieableitung

Seilbahnen

- Materialseilbahn
- Personenseilbahn

Perimeter

- ▭ Perimeter PV-Anlage
- ▭ Beurteilungsperimeter Trassen

0 100 200 m

Geodaten:
© swisstopo
© Kanton Wallis

Abbildung 1

Übersicht des Projektperimeters mit dem Perimeter der PV-Anlage, der Energieableitung und den temporären Seilbahnen (Grundlagen [1], [2], [3], [4]).

2 Grundlagen

Projektgrundlagen

- [1] IED Gruppe AG, EVWR Energiedienststelle Visp-Westlich Raron AG: Maststandorte der Energieableitung Variante 4, Stand Dezember 2023.
- [2] Von Rotz & Wiedemar AG: Stützenstandorte Personenseilbahn, Stand Juli 2023.
- [3] Von Rotz & Wiedemar AG: Stützenstandorte Materialseilbahn, Stand Juli 2023.
- [4] i.n.n.: PV-Anlagedesign, Situationsplan Berg (Alpjerung), 04.12.2023.

Richtlinien / Diverse andere Grundlagen

- [5] Geologischer Atlas der Schweiz 25, Blatt Nr. 61 Simplon LK 1309, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 1972.
- [6] Geologischer Atlas der Schweiz 25, Erläuterungen Blatt Nr. 61 Simplon LK 1309, Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 1972.
- [7] SLF, Robert Kenner: Permafrost- und Bodeneiskarte.
- [8] WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF: Bauen im Permafrost, ein Leitfaden für die Praxis, 2009.
- [9] René Hantke: Eiszeitalter, Band 3, Ott Verlag Thun, 1983.
- [10] GeoVal Ingenieure – Géologues SA: Verschiebung Zollstation Gondo: Machbarkeitsstudie betreffend Steinschlaggefährdung, Teil A, April 2005.

3 Methodik und Prognoseunsicherheiten

Die vorliegende geologische Beurteilung basiert auf den Erkenntnissen einer Geländebegehung des Bereiches der projektierten PV-Anlage und der zugänglichen projektierten Mast- und Stützenstandorten. Für die 12 Testbäume wurden lokal destruktive Ankerbohrungen, jedoch keine spezifischen Sondierungen ausgeführt. Einzig bei den Fundationsarbeiten der Wetterstation konnte die Felsoberfläche in einer Tiefe von 0.7 – 0.9 m dokumentiert werden. Bei den Aushub- und Verankerungsarbeiten der Testanlage (bis 1.3 m ab Terrainoberfläche) auf dem markanten Geländerrücken auf ca. 2'120 m ü. M. wurde der Felsen nicht erreicht. Folgende Mast- und Stützenstandorte konnten aufgrund der schwierigen Zugänglichkeit oder nachträglicher Standortänderungen **nicht zu Fuss begangen werden**:

- > Energieableitung: M2, M3, M4, M6, M7, M8 und M9
- > Materialseilbahn: S1, S2, S4, S5 und S6
- > Personenseilbahn: S1, S2, S3, S4, S5 und S6

Diese Standorte wurden anhand von Orthofotos und Drohnenaufnahmen beurteilt, so dass bei jenen Standorten die nachfolgenden Baugrundmodelle, Beurteilungen, Empfehlungen und

Schlussfolgerungen mit Unsicherheiten behaftet sind. Alle Perimeter, Mast- und Stützenstandorte waren anlässlich der Geländebegehung noch nicht abgesteckt oder markiert. Es ist vorgesehen, im Frühling 2024 alle Mast- und Stützenstandorte zu überprüfen. Allenfalls müssen dann die Baugrundmodelle etwas angepasst werden.

Sollten Standorte im Laufe der Projektierung ändern, ist die vorliegende geologische Beurteilung zu überprüfen. Dies betrifft bezüglich Baugrundstabilität vor allem die Mast- und Stützenstandorte nahe an exponierten Geländekanten.

4 Baugrundbeschreibung

4.1 Geologische Übersicht

Die PV-Anlage, die Energieableitung und die beiden Seilbahnen befinden sich geologisch gesehen im Unterpenninikum. Im Projektperimeter sind zwei Decken und penninische Sedimente aufgeschlossen (Abbildung 2). Im Süden bei Gondo bis hin nach Alpjerung sind kristalline Glimmergneise der Antigorio-Decke aufgeschlossen. Auf Alpjerung befindet sich der Übergang zu mesozoischen Sedimenten (Kalzitmarmor, Bündnerschiefer) und der Lebendun-Decke. Die mesozoischen Sedimente sind mehrheitlich durch quartäre Sedimente bedeckt und nur sehr lokal im Gelände aufgeschlossen. Die Bündnerschiefer, im Hangenden der Kalzitmarmore, sind im Projektperimeter nicht aufgeschlossen [5]. Die stark tektonisierten Bündnerschiefer sind nördlich der Alpe Vallescia (500 m östlich des Perimeters PV-Anlage) im scharfen Kontakt zum Kalzitmarmor aufgeschlossen. Es ist zu vermuten, dass diese im Bereich der PV-Anlage ebenfalls unter einer Lockergesteinsschicht vorhanden sind. Oberhalb der Sedimente folgt die Lebendun-Decke, deren Gesteine sich weiter gegen Norden bis hinter die Punta Valgrande erstrecken. Sie besteht im Projektperimeter massgeblich aus Glimmergneisen und -schiefern. Auf dem Geländerücken bei Alpjerung, auf welchem die PV-Anlage zu liegen kommt, ist der Fels mit glazialen Sedimenten überdeckt. Zur Zeit der letzten maximalen Vereisung (LGM, ehemals Würm-Stadium) war Alpjerung mit rund 100 m Eis überdeckt. Auf Alpjerung sind mehrere Moränenwälle ersichtlich, welche nach der letzten maximalen Vereisung durch lokale Gletscher entstanden sein müssen. Nach [9] reichte der Alpjengletscher im Spätwürm (ca. 16'000 -10'000) noch bis auf 1'600 m nach Alpjien hinunter. Die Hänge unterhalb Alpjerung, über welche die Energieableitung und die Seilbahntrassen führen, sind lokal durch Hangschutt überdeckt, wobei dieser das Produkt von Verwitterung und Sturzprozessen ist. Die Lockergesteinsbedeckung ist ebenfalls als geringmächtig einzu-stufen.

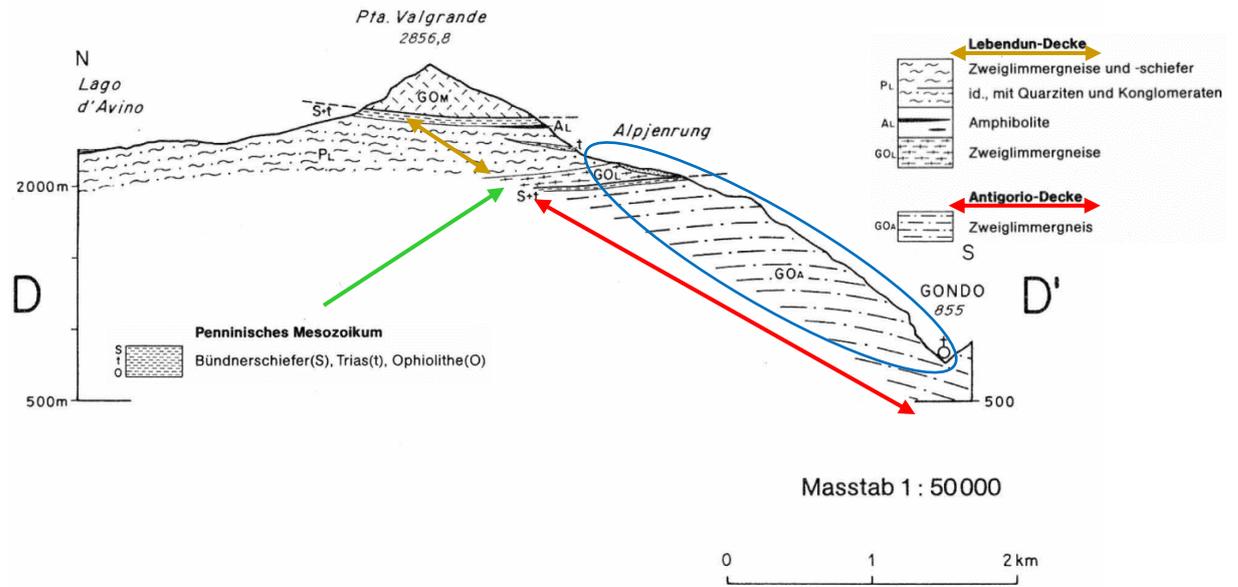


Abbildung 2

Geologisches Profil zwischen Gondo und Lago d'Avino. Das Profil verläuft über Alpjenrung und den Projektperimeter in blau. Der Bereich der Antigorio-Decke ist in rot und derjenige der Lebedun-Decke in braun dargestellt. Der Gipfel der Punta Valgrande (GO_M) ist der Monte-Leone-Decke zuzuordnen (Quelle: [6]).

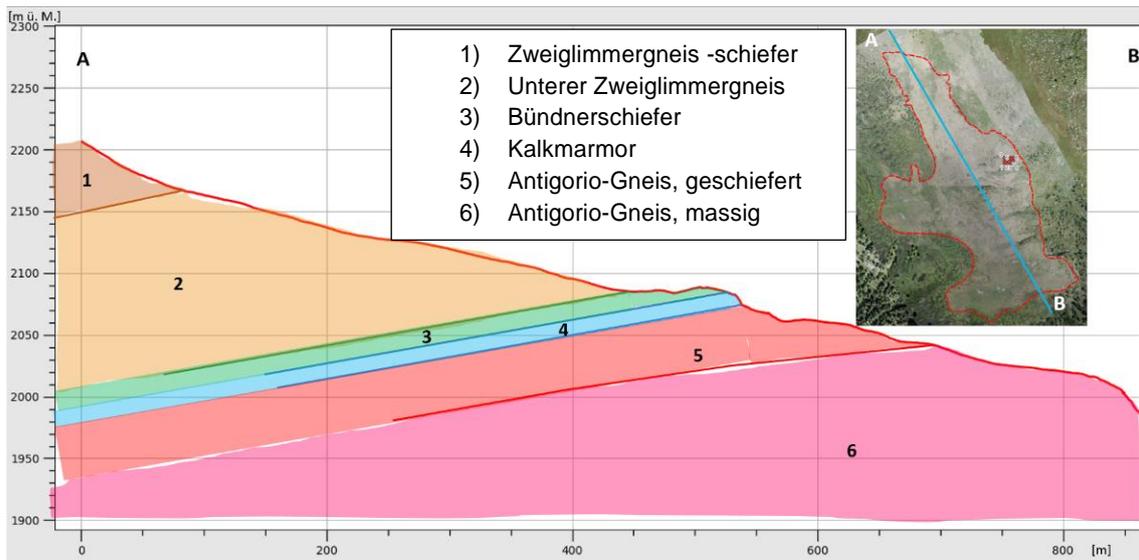


Abbildung 3

Synoptisches Profil der Lithologien im Perimeter der PV-Anlage. Die Lockergesteinsbedeckung wird im Profil nicht wiedergegeben.

4.2 Felslithologien

4.2.1 Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke

Der Zweiglimmergneis, auch «Antigorio-Gneis» genannt, ist ein grauer, Feldspat haltiger Gneis mit variablem Glimmeranteil von Muskovit und Biotit. Der Antigorio-Gneis ist ein Orthogneis, wobei das Ausgangsgestein plutonischen Ursprunges ist. Der Zweiglimmergneis weist generell ein massiges Gefüge auf und bildet die markanten Felsstufen der Gondoschlucht. Gegen den Kontakt zur Lebendun-Decke bei Alpjerung ist der Gneis stärker geschiefert und bildet Platten im cm-Bereich aus [6].

Der Antigorio-Gneis ist von mehreren NNW-verlaufenden Störungen durchsetzt, welche die markanten Rinnen zwischen Alpjerung und Gondo darstellen. Im Projektperimeter ist der Antigorio-Gneis über 1'000 m mächtig.

4.2.2 Kalkmarmor der penninischen Trias

Der Kalkmarmor ist der mittleren Trias zuzuordnen und weist eine Mächtigkeit von durchschnittlich 10 m auf. Es handelt sich dabei um grau anwitternden Kalzitmarmor. Am oberen Ende (Top) der Schichtabfolge ist der Marmor massig im dm-Bereich gebankt und relativ hart. An der Basis ist der Marmor deutlich dünner gebankt und weist eine Wechsellagerung mit Quarzit und Glimmer auf. Die aufgeschlossene Basis ist relativ weich. Oberhalb der Alpe Vallescia (500 m östlich des Perimeters der PV-Anlage) ist der Kalkmarmor über eine Höhe von rund 40 m aufgeschlossen, jedoch mehrheitlich mit Lockergestein bedeckt. Dabei handelt es sich höchstwahrscheinlich um eine Verschuppung derselben Lithologie. Ob die Verschuppung im Anlageperimeter ebenfalls vorhanden ist, kann aufgrund der fehlenden Aufschlüsse nicht beurteilt werden.

4.2.3 Bündnerschiefer der penninischen Unterjura

Diese Lithologie umfasst metamorph überprägte Wechsellagerungen von mergelig-kalkigen bis sandigen Sedimenten [6]. Die Bündnerschiefer weisen oberhalb der Alpe Vallescia eine Mächtigkeit von rund 15 m auf. Östlich des Projektperimeters liegen die Bündnerschiefer als kalkige Glimmerschiefer mit hohem Anteil an Quarzlinsen vor. An ihrer Basis weisen sie zusätzlich Klaster von Marmor auf. Sie weisen einen hohen Anteil an Glimmermineralien Muskovit, Sericit und Biotit auf. Die Schiefer sind tektonisch stark beansprucht und im mm- bis cm-Bereich geschiefert. Die Bündnerschiefer sind im Bereich der PV-Anlage nicht aufgeschlossen. Es befinden sich Senklöcher im Bereich, in denen Bündnerschiefer zu erwarten sind (Abbildung 5).

4.2.4 Zweiglimmergneis und -schiefer der Lebendun-Decke

Der Zweiglimmergneis und -schiefer ist das Produkt der metamorphen Umwandlung von sandigen, tonigen und konglomeratischen Sedimenten. Es sind vorwiegend graue, dünnplattige

Gneise und Schiefer, in denen lokal Konglomerate und Quarzboudins eingelagert sind [6]. Die Gneise weisen eine braune bis dunkelgraue Verwitterungsfarbe auf. Die Gneise der Lebendun-Decke sind rund 200 – 300 m mächtig, jedoch nur am obersten Ende des Perimeters der PV-Anlage massgebend.

4.2.5 Unterer Zweiglimmergneis der Lebendun-Decke

Dabei handelt es sich um einen hellen Biotit-Muskovit-Gneis, welcher vom Antigorio-Gneis nicht zu unterscheiden ist. Der Untere Zweiglimmergneis ist nur am obersten Ende des Perimeters der PV-Anlage aufgeschlossen. Oberhalb der Alpe Vallescica weist der Gneis eine Mächtigkeit von ca. 150 m auf. Es ist zu vermuten, dass der Gneis im oberen Drittel des Anlageperimeters unter einer >2 m mächtigen Lockergesteinsbedeckung vorhanden ist.

4.3 Trennflächen

Wie in Abbildung 2 dargestellt, liegen die Decken im Projektperimeter mit ihren Lithologien horizontal bis subhorizontal auf. Das generelle Schichteinfallen ist gegen Südwesten mit 5 bis 20°, wobei das Schichteinfallen gegen Süden (Gondo) tendenziell zunimmt. Das Trennflächengefüge der Gneise der Antigorio-Decke ob Gondo sind in der Abbildung 4 zusammengefasst.

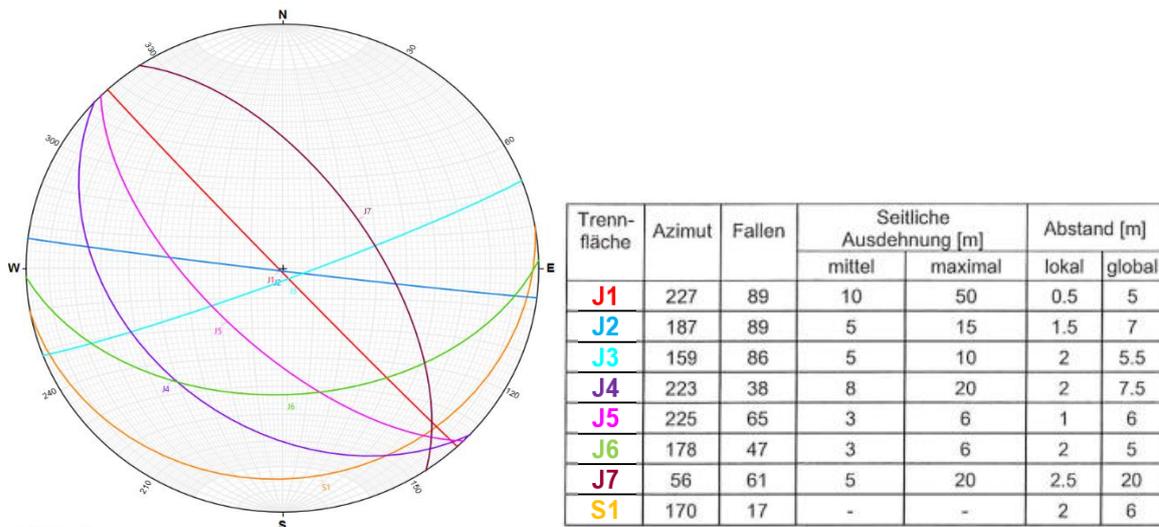


Abbildung 4

Trennflächengefüge der Zweiglimmergneise der Antigorio-Decke oberhalb Gondo. S1 umfasst das Bruchsystem parallel der Hauptschieferung (Quelle: [10]).

4.4 Lockergestein

4.4.1 Deckschicht

Die Deckschicht umfasst eine sandige, leicht kiesige, Steine bis Blöcke führende Schicht mit organischem Anteil. Diese ist dem Boden (Horizont A und B) zuzuordnen. Die Deckschicht weist eine markant ocker-braune Farbe auf. Die Gesteinsfragmente sind nicht gerundet und sind lokalen Ursprunges (Triassedimente und Gneise und Schiefer der Lebendun-Decke). Lokal ist in der Deckschicht Staunässe zu finden. Die Deckschicht ist locker bis mitteldicht gelagert. Sie ist vermutlich im ganzen Perimeter der PV-Anlage vorhanden, dies jedoch in unterschiedlicher Mächtigkeit und kann lokal auch direkt auf dem Felsen aufliegen (z. B. bei der Wetterstation). Die Deckschicht ist als mittel bis stark frostempfindlich einzustufen (G3 – G4).

4.4.2 Moräne

Die glazialen Sedimente sind gemäss der Literatur [9] auf lokale Seitenvergletscherungen des Spätwürms zurückzuführen. Dabei ist generell mit dicht gelagerten siltig-sandigen Kiesen mit hohem Stein-/Blockanteil zu rechnen. Durch die lokale Vergletscherung wurden grössere Sturzblöcke bis 20 m³ aus den Felsstufen der Punta Valgrande in der Moräne eingelagert. Die Moräne kommt im Perimeter der PV-Anlage hauptsächlich in denjenigen Bereichen vor, wo die Lockergesteinsmächtigkeit mehr als 2 m beträgt. Die Mächtigkeit der Moränen ist im Bereich der PV-Anlage variabel und hauptsächlich durch die Ausprägung von Moränenwällen bestimmt (Abbildung 5).

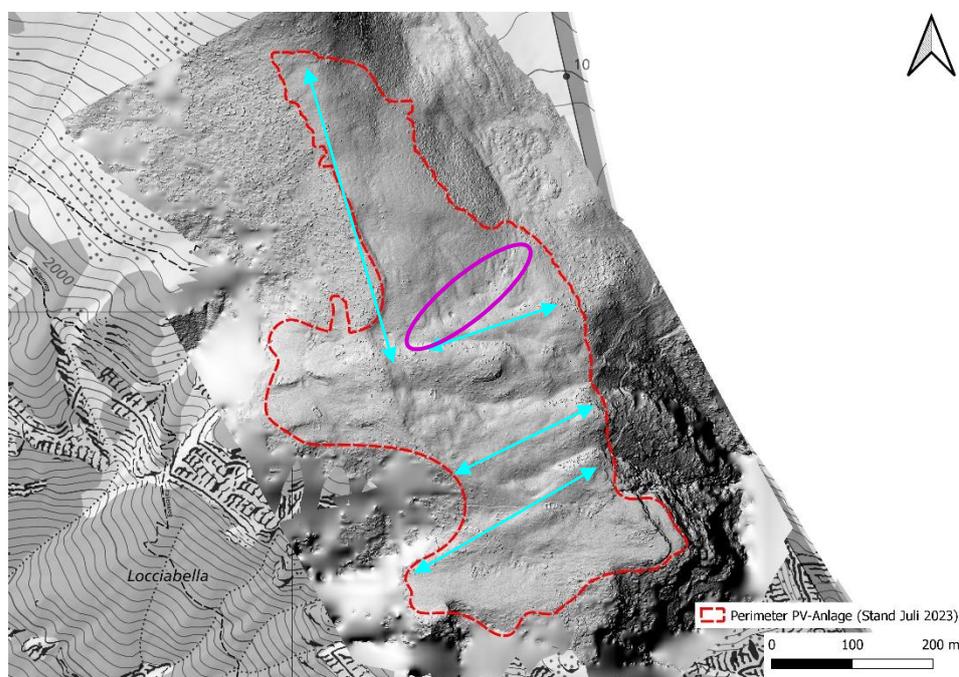


Abbildung 5

Detailmorphologie der Alpjerung (0.2 m Auflösung). Gut erkennbar sind das unruhige Gelände und die Moränenwälle (türkise Pfeile). Lokal sind Senklöcher (violett) zu erkennen (Quelle: Geoformer Juni 2022).

Die Moränen können aufgrund der unterschiedlichen Stadien lokal verschwemmt sein, so dass es lokal einen hohen Anteil an feinkörnigem Material enthält. Diese verschwemmten Ablagerungen können aufgrund des feinkörnigen Anteils lokal zu gestautem Hangwasser führen. Die Moräne ist leicht frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse G2). In den steilen Felsstufen unterhalb Alpjerung tritt Moräne nur untergeordnet und lokal in geringer Mächtigkeit auf.

4.4.3 Hangschutt

Hangschutt tritt hauptsächlich im steileren Gebiet unterhalb Alpjerung auf. Im Projektperimeter kann der Hangschutt in zwei unterschiedliche Varietäten unterteilt werden.

Varietät 1

Bei dieser Varietät handelt es sich primär um Verwitterungsschutt unterhalb von Felsstufen, welche den anstehenden Felsen mit unterschiedlichen Mächtigkeiten bedecken. Das Material ist generell als sandig-kiesig mit Stein-/Blockanteil zu beschreiben und ist, abgesehen vom fehlenden feinkörnigen organischen Anteil, von der Deckschicht nicht gross zu unterscheiden. Der Stein-/Blockanteil ist nicht gerundet. Der Hangschutt ist als matrixgestützt zu betrachten. Die Varietät 1 ist generell locker bis mitteldicht gelagert. Die Varietät 1 ist mittel frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse G3).

Varietät 2

Diese Varietät umfasst die markanten Blockschutthalden unterhalb von Felsstufen, welche auf Sturzprozesse zurückzuführen sind. Diese sind komponentengestützt und weisen einen sehr hohen Blockanteil auf, wobei die Grösse der einzelnen Komponenten auf das jeweils massgebende Trennflächengefüge zurückzuführen ist. Die Varietät 2 ist generell locker gelagert. Die Varietät 2 ist hauptsächlich im Bereich der Energieableitung und der beiden Bahntrassen vorhanden. Die Varietät 2 ist vernachlässigbar frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse G1).

4.5 Baugrundwerte / Felskennziffern

Die charakteristischen Baugrundwerte X_k basieren auf der Extrapolation von Baugrundwerten in vergleichbaren Untergrundverhältnissen. Diese Werte können als grobe Richtwerte für erste geotechnische Abschätzungen verwendet werden. Eventuell wird es notwendig sein, je nach geotechnischer Fragestellung in den nächsten Projektphasen diese Baugrundwerte objektspezifisch bei den einzelnen Projektelementen genauer zu ermitteln.

Geologische Schicht	Raumlast γ [kN/m ³]	Effekt. Reibungswinkel φ' [°]	Effekt. Kohäsion c' [kN/m ²]	Erstbelastungsmodul M_{E1} [MN/m ²]	Wiederbelastungsmodul M_{E2} [MN/m ²]
Deckschicht	19 - 21 (20)	30 - 35 (32)	2 - 7 (4)	10 - 25 (20)	50 - 125 (100)
Moräne	20 - 22 (21)	34 - 36 (35)	3 - 8 (5)	40 - 60 (50)	200 - 300 (250)
Hangschutt Varietät 1	19 - 21 (20)	35 - 38 (37)	0 - 5 (2)	30 - 50 (40)	150 - 250 (200)
Hangschutt Varietät 2	19 - 21 (20)	35 - 38 (37)	0 - 5 (0)	15 - 30 (25)	75 - 150 (125)

Tabelle 1

Geschätzte Baugrundwerte des Lockergesteins für ungestörte Verhältnisse, charakteristische Werte X_k . Schwankungsbereich und Rechenwert (in Klammer).

Folgende geschätzten Felskennziffern können für die Dimensionierung verwendet werden:

Parameter	Zweiglimmergneis*	Kalkmarmor	Bündnerschiefer	Zweiglimmerschiefer (Lebendun)
Raumlast γ_e	26.5 - 29.0 kN/m ³	26.0 - 28.0 kN/m ³	26.5 – 27.6 kN/m ³	27.0 – 31.0 kN/m ³
Einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit σ_d	90 - 130 MN/m ² (//S)	60 - 130 MN/m ² (//S)	50 - 130 MN/m ² (//S)	60 - 110 MN/m ² (//S)
Gesteinszugfestigkeit x σ_t	5 - 10 MN/m ² (//S)	5 - 8 MN/m ² (//S)	4 - 8 MN/m ² (//S)	4 - 8 MN/m ² (//S)
Restreibungswinkel //S φ_r	25 - 33°	35 - 40°	29 – 35°	25 – 30°
Restkohäsion //S c_r	3.0 – 7.0 MN/m ²	5.0 – 7.0 MN/m ²	2.4 – 6.2 MN/m ²	2.0 – 5.0 MN/m ²
Elastizitätsmodul E	20 - 40 GN/m ²	20 – 30 GN/m ²	15 - 25 GN/m ²	10 - 25 GN/m ²
Cerchar Abrasivitäts Index CAI	2.8 – 4.0	1.0 – 2.5	1.0 – 3.0	1.8 – 3.5
Poissonszahl ν	0.18 - 0.25	0.2 – 0.3	0.2 – 0.3	0.18 – 0.25

Tabelle 2

Geschätzte felsmechanische Kennziffern.

*) Antigorio-Gneis und unterer Zweiglimmergneis der Lebendun-Decke

//S: parallel zur Schieferung ⊥s: senkrecht zur Schieferung

4.6 Anker und Pfähle

Für die Dimensionierung von allfällig notwendigen Zug und Druckankern für die Fundation der PV-Anlage oder bei den Mastfundamenten der Bahnen oder Energieableitung können nachfolgende Richtwerte verwendet werden:

Geologische Schicht	Grenzwerte für die Mantelreibung von Stabankern q_s (Zug- und Druckanker) [kN/m ²]
Deckschicht	30 – 70
Moräne	100 – 180
Hangschutt	50 – 120
Fels	300 – 600

Tabelle 3

Geschätzte Mantelreibungswerte zur Vordimensionierung von Stabankern.

Diese Werte können als grobe Richtwerte für erste geotechnische Abschätzungen verwendet werden. Im Lockergestein (Moräne), Antigorio-Gneis und Kalkmarmor sind **Ankerzugversuche** nach der Norm SIA 267 zur Bestimmung der Mantelreibung im **Frühjahr 2024 geplant**. Die Ausführung der Anker- und Pfahlbohrungen bei allen Masten sind durch einen Geologen zu begleiten. Die Bohrrapporte und das Bohrklein sind zu begutachten.

5 Hydrogeologie

5.1 Hangwasser

Bei den Begehungen am 11. und 18. Oktober 2022 wurden keine Quellaustritte beobachtet. Die markanten Rinnen zwischen Alpjerung und Gondo wiesen ebenfalls nur sehr wenig bis kein Wasser auf. Zwischen der Alpjerung und Gondo konnten im Bereich der Mast- und Stützenstandorte keine Vernässungen vorgefunden werden. Der Bereich der PV-Anlage weist jedoch in Geländemulden Anzeichen von Vernässungen auf. Der flach einfallende Felsen muss als grundwasserstauende Schicht betrachtet werden. In der Moräne sind mehrere Löcher, welche vermutlich durch Senklöcher in den Bündnerschiefern entstanden sind, mit Wasser gefüllt. Das Wasser wird landwirtschaftlich genutzt oder zugeführt (oberflächliche, temporäre Leitungen vorhanden). Bei den Fundationsarbeiten der Wetterstation auf 2'000 m ü. M. wurde Hangwasser angetroffen. Bei den Aushubarbeiten der Testanlage auf 2'120 m ü. M. wurde hingegen kein Wasser angetroffen. Bei den Ankerbohrungen der 12 Testbäumen (2'654'310/1'118'030) wurde kein Wasser angetroffen, das Bohrgut war lediglich erdfucht. Im Bereich der PV-Anlage muss lokal und temporär mit Hangwasser gerechnet werden. Im

Bereich der Energieableitung und der Seilbahntrassen muss ebenfalls lokal und temporär mit wenig Hangwasser entlang der Felsoberfläche und Klufflächen gerechnet werden.

5.2 Gewässerschutzzonen

Mit den Projektelementen werden keine Quellschutzzonen tangiert. Ein Gewässerschutzbereich Au durchzieht als schmales Band den unteren Bereich der PV-Anlage. Diese Zone entspricht dem Verlauf der potenziell verkarstungsanfälligen Kalkmarmore. Die Lage dieser Zone und deren Konsequenzen für das Projekt werden im Umweltbericht beschrieben.

6 Permafrost

Gemäss [7] befinden sich die PV-Anlage, die Energieableitung, die Material- und Personenseilbahn ausserhalb von möglichen Permafrostbereichen (Abbildung 6). Lediglich oberhalb des Projektperimeters, im Hangschutt der Punta Valgrande ist Permafrost örtlich möglich.

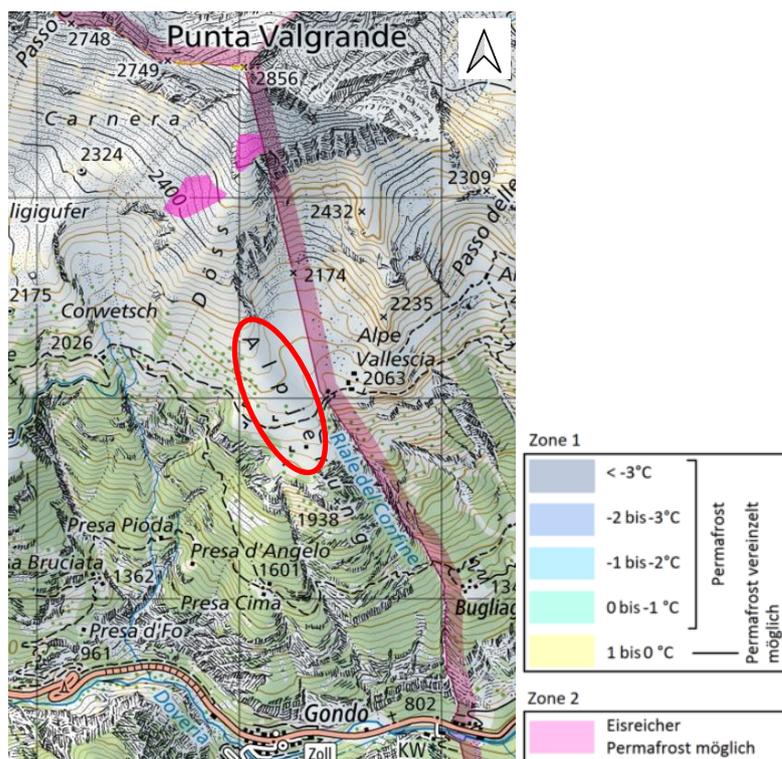


Abbildung 6

Permafrost und Bodeneiskarte, SLF [7], Rot: ungefähre Lage der PV-Anlage.

Im Zuge des Klimawandels werden sich die Permafrostuntergrenzen in höhere Lagen verschieben und auch die Bodeneistemperaturen abnehmen. Für das Projekt stellt der Permafrost und die zukünftige Entwicklung keinen Einfluss dar.

7 Beurteilung Geologie/Baugrund

Die Reihenfolge der Beurteilung der Mast- und Stützenstandorte der Energieableitung und Seilbahntrassen erfolgt anhand der jeweils vorgegebenen Nummerierung. Für die Energieableitung erfolgt dies von Berg nach Tal, bei den Seilbahntrassen von Tal nach Berg. Die geologische Übersicht ist der Planbeilage mit der Nummer B10431_2_2a zu entnehmen. Für die Beurteilung der PV-Anlage wurde am 11.10.2022 sowie 31.10.2023 eine Begehung durchgeführt. Insbesondere die Tiefe der Felsoberfläche beruht auf einer Schätzung und Extrapolation von benachbarten Felsaufschlüssen und beinhaltet dementsprechend Unsicherheiten.

7.1 PV-Anlage

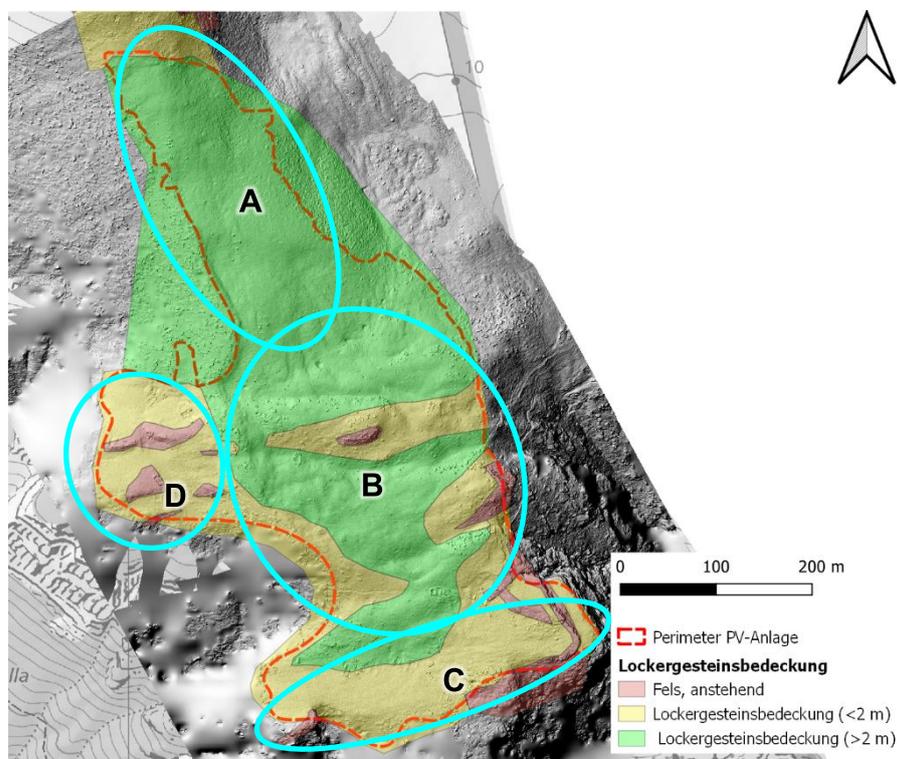


Abbildung 7

Lockergesteinsmächtigkeiten und Unterteilung der PV-Anlage in die Teilbereiche A-D.

7.1.1 Bereich A

Geologie/Morphologie

Bereich A umfasst den Geländerücken zwischen den Felsstufen der Lebendun-Decke und der Abflachung bei Alpjerung. Dieser Bereich ist morphologisch einer Seitenmoräne zuzuordnen, welche markant den Perimeter gegen Westen begrenzt. Über der Moräne ist im obersten Bereich des Perimeters mit Hangschutt der Varietät 1 zu rechnen. Oberflächennah ist die Deckschicht in variabler Mächtigkeit aufgeschlossen. Der Übergang der Deckschicht zum

Hangschutt ist vermutlich fliessend. Es sind keine Felsaufschlüsse zu erkennen. Die Lockergesteinsmächtigkeit ist anhand der Senklöcher und der Geländeform als >2 m einzuschätzen. Unter der Moräne ist lokal höchst wahrscheinlich grossflächig mit den Unteren Zweiglimmergneisen der Lebendun-Decke und gegen Bereich B mit stark tektonisierten Bündnerschiefern zu rechnen, welche nicht aufgeschlossen sind. In diesem Bereich wurden während den Feldaufnahmen keine Anzeichen von Vernässungen festgestellt. Bei den Aushubarbeiten der Testanlage bis in 1.3 m Tiefe wurde kein Hangwasser angetroffen.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsmächtigkeit beträgt nach dem jetzigen Kenntnisstand durchgehend >2 m. Die Verankerungen liegen mehrheitlich im Lockergestein. Aufgrund der hohen Anzahl an Anker und der unbekanntenen Mächtigkeit der Deckschicht, sind Ankerzugsversuche durchzuführen. Oberhalb von 2'160 m ü. M. ist in der oberen Lockergesteinsschicht vorwiegend mit Hangschutt Varietät 1 und darunter mit Moränenmaterial zu rechnen. Hangwasser ist entlang stauender Lagen grundsätzlich möglich.

7.1.2 Bereich B

Geologie/Morphologie

Der Bereich B umfasst den Mittelteil des Projektperimeters. Hier sind lokal die Kalkmarmore der Trias aufgeschlossen. Zusätzlich sind hier Senklöcher entlang der vermuteten Bündnerschiefer und diverse Moränenwälle vorhanden (Abbildung 5). Generell ist hier in den Mulden und den Moränenwällen mit einer Lockergesteinsbedeckung von >2 m zu rechnen. Diejenigen Geländerücken, welche durch Kalkmarmore gebildet sind, weisen nur eine geringe Lockergesteinsbedeckung (<2 m) (Moräne und Deckschicht) auf. Im Feld können die Geländerücken mit oder ohne Kalkmarmore, sofern diese nicht gegen Südosten ausbeissen, nicht mit abschliessender Sicherheit unterschieden werden. Generell nimmt die Lockergesteinsmächtigkeit gegen den westlichen Rand des Perimeters ab. In diesem Bereich sind deutliche Anzeichen von Vernässungen und natürlich oder anthropogen gefüllte Becken vorhanden. Auch hier ist die Moräne mit einer Deckschicht variabler Mächtigkeit bedeckt. Der unterste Moränenwall zieht gegen Westen und endet auf ca. 2'000 m ü. M.

Massnahmen Baugrund

Die Vernässungen und Senklöcher sind beim Erstellen der PV-Anlage zu berücksichtigen. Für die weitere Projektphase kann es sinnvoll sein, den Verlauf der Felsoberfläche im Bereich B mit seismischen Messungen genauer zu bestimmen. So dass die Art und anfallenden Kosten für die Verankerungen der PV-Anlage näher definiert werden können.

In Gebieten mit Lockergesteinsmächtigkeiten <2 m liegen die Ankerbohrungen mehrheitlich im Felsen. In Bereich B sind die Baugrundwerte der Moräne und die Felskennziffern des Kalkmarmors zu verwenden. Es muss mit Hangwasser gerechnet werden. Aufgrund der Nässe muss in der Moräne auch mit wasserstauenden Schichten (feinkörnige Lagen) gerechnet werden.

7.1.3 Bereich C

Geologie/Morphologie

Der Bereich C umfasst den untersten Abschnitt der PV-Anlage. Hier ist der Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke nur geringmächtig mit der organischen Deckschicht bedeckt. Die Moräne wurde in diesem Bereich bei den Aushubarbeiten der Wetterstation nicht vorgefunden. Es muss aber dennoch mit einer lokalen Moränenbedeckung auf dem Felsen gerechnet werden. Bei der Wetterstation wies die direkt auf dem Felsen liegende Deckschicht eine Mächtigkeit von 0.7 bis 0.9 m auf. Die Lockergesteinsmächtigkeit in Bereich C ist auf mehrheitlich <2 m einzustufen. Der Antigorio-Gneis ist sowohl am östlichen wie auch am westlichen Ende des PV-Perimeters anstehend. Bei den Aushubarbeiten der Wetterstation wurde Hangwasser angetroffen. Es ist anzunehmen, dass der unterhalb anstehende, flach nach Südwesten einfallende Fels als grundwasserstauende Schicht agiert.

Massnahmen Baugrund

Für die Fundation der PV-Anlage sind die Kennwerte der Deckschicht und diejenigen des Zweiglimmergneises der Antigorio-Decke zu verwenden. Aufgrund der lediglich geringen Lockergesteinsbedeckung liegen die Ankerbohrungen mehrheitlich im Felsen.

7.1.4 Bereich D

Geologie/Morphologie

Der Bereich D umfasst den westlichsten Abschnitt der PV-Anlage. Hier ist nordwestlich der Kalkmarmor und südöstlich der Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke nur geringmächtig mit der organischen Deckschicht bedeckt. Die Moräne ist in diesem Bereich nur lokal und geringmächtig ausgebildet. Die Lockergesteinsmächtigkeit in Bereich D ist als <2 m einzustufen. Das gestufte Gelände ist durch die Felsstufen und der Felsoberfläche, welche gegen Nordwesten einfällt, geprägt.

Massnahmen Baugrund

Für die Fundation der PV-Anlage sind die Kennwerte des Kalkmarmors und des Zweiglimmergneises der Antigorio-Decke zu verwenden. Aufgrund der lediglich geringen Lockergesteinsbedeckung liegen die Ankerbohrungen mehrheitlich im Felsen.

In diesem Bereich sind die Ankerzugversuche für Kalkmarmor und Antigorio-Gneis vorgesehen.

7.2 Energieableitung

7.2.1 Mast M1

Morphologie/Baugrund

Der Standort befindet sich auf einer kleinen Geländeschulter bei Castle. Der Baugrund besteht aus der Deckschicht und der Moräne von <2.0 m Mächtigkeit, welche den anstehenden Felsen (geschiefernten Antigorio-Gneis) überlagert. Der Fels ist oberflächlich wenig verwittert. Aufgrund der Nähe zur Wetterstation sind ähnliche Baugrundverhältnisse mit Hangwasser zu erwarten.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss das Lockergestein und der verwitterte Fels abgetragen werden. Allfällige Fundamentanker sollten aufgrund der Schieferung mindestens 1.5 m tief in den unverwitterten Fels reichen.

7.2.2 Mast M2

Der Maststandort M2 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M2 befindet sich zurückversetzt an der Geländekante einer markanten, jedoch gestuften Wand aus Antigorio-Gneis. Beim Standort ist bezüglich Baugrund mit einer geringmächtigen Deckschicht oder Hangschutt von <1.0 m Mächtigkeit zu rechnen. Die Bruchflächen J1 bilden steil einfallende Felsstufen aus.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss die Deckschicht und der verwitterte Fels abgetragen werden. Allfällige Fundamentanker sollten aufgrund der Schieferung mindestens 2.0 m tief in den unverwitterten Fels reichen. Aufgrund der Distanz zur Geländekante sind die Instabilitäten der Felsstufe zum jetzigen Kenntnisstand nicht massgebend.

7.2.3 Mast M3

Der Maststandort M3 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M3 kommt auf einem bewaldeten Geländerücken auf 1'745 m ü. M. rund 15 m oberhalb einer kleineren Felsstufe zu liegen. Der Baugrund besteht aus einer Deckschicht (Oberboden) und Hangschutt Varietät 1. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich zwischen dem Hangschutt und dem Antigorio-Gneis (massig) eine Moränenschicht befindet.

Die Lockergesteinsbedeckung wird anhand des Orthofotos auf 0.5 - 1 m geschätzt. Es sind vereinzelt Blöcke vorhanden.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation sollte die Deckschicht abgetragen werden. Für die Fundamentanker sind die Baugrundwerte für den massigen Antigorio-Gneis zu verwenden.

7.2.4 Mast M4

Der Maststandort M4 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M4 befindet sich direkt an der Kante einer Felsstufe auf 1'600 m ü. M. Der Fels ist lokal geringmächtig mit einer Deckschicht und Hangschutt bedeckt. Die Mächtigkeit beträgt < 0.5 m. Entlang der Hangkante sind teilweise abgelöste Felspakete erkennbar. Instabilitäten sind wahrscheinlich.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss die Deckschicht abgetragen werden. Allfällige Fundamentanker sollten bis in den unverwitterten Felsen versetzt werden. Die Instabilitäten beim Standort sind im Frühjahr 2024 vor Ort zu überprüfen und gegebenenfalls bergwärts oder gegen Norden zu verschieben.

7.2.5 Mast M5

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M5 befindet sich auf ca. 1'495 m ü. M. direkt oberhalb des Wanderweges nach Presa Cima. Es sind keine Felsstufen direkt unterhalb des Standortes vorhanden. Der Antigorio-Gneis ist geringmächtig mit einer Deckschicht und Hangschutt von < 2.0 m bedeckt.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation ist das Lockergestein abzutragen. Die Verankerungen sind im Antigorio-Gneis zu planen.

7.2.6 Mast M6

Der Maststandort M6 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M6 befindet sich auf ca. 1'410 m ü. M. oberhalb einer 80 m hohen Felsstufe bei Guardajola. Der anstehende Antigorio-Gneis weist ein massig-kompaktes

Erscheinungsbild auf und ist mit einer geringmächtigen von <0.5 m bedeckt. Auf den Drohnenaufnahmen sind keine Instabilitäten erkennbar.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss das Lockergestein und der verwitterte Fels abgetragen oder verankert werden. Die Stabilität der Hangkante ist im Frühjahr 2024 im Feld zu überprüfen. Allfällige Fundamentanker sollten aufgrund der Schieferung mindestens 2.0 m tief in den unverwitterten Fels reichen.

7.2.7 Mast M7

Der Maststandort M7 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M7 befindet sich auf ca. 1'255 m ü. M. auf einem bewaldeten und nur leicht ausgeprägten Geländerücken. Beim Maststandort sind keine Felsstufen vorhanden. Aufgrund der dichten Vegetation können keine zuverlässigen Aussagen bezüglich Baugrund getroffen werden. Es ist mit einer Lockergesteinsbedeckung (Deckschicht und Hangschutt) des Antigorio-Gneises von 0.5 - 1 m zu rechnen.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss das Lockergestein und der verwitterte Fels abgetragen oder verankert werden. Allfällige Fundamentanker sollten aufgrund der Schieferung mindestens 2.0 m tief in den unverwitterten Fels reichen.

7.2.8 Mast M8

Der Maststandort M8 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M8 befindet sich auf ca. 1'195 m ü. M. auf einer wenig bewaldeten Felskante. Die darunterliegende Felsstufe ist insgesamt rund 200 m hoch. Der anstehende Antigorio-Gneis (massig) weist gemäss der Drohnenaufnahmen potenziell instabile Überhänge und Gleitkeile auf. Die Geländekante ist einer geringmächtigen Lockergesteinsschicht (Hangschutt Varietät 1) von (<0.5 m) bedeckt.

Massnahmen Baugrund

Die Stabilität der Geländekante muss im Feld überprüft werden. Ist eine Instabilität vorhanden, ist der Mast um bis zu 10 m bergwärts zu verschieben.

7.2.9 Mast M9

Der Maststandort M9 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M9 befindet sich auf ca. 980 m ü. M. auf einem Felsvorsprung. Die darunterliegende Felsstufe ist rund 120 m hoch. Der anstehende Antigorio-Gneis (massig) ist gemäss der Drohnenaufnahmen glattgeschliffen. Es sind kleinere unterbalmtte Platten vorhanden. Zum jetzigen Kenntnisstand sind keine grösseren Instabilitäten erkennbar.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss der verwitterte Fels abgetragen oder verankert werden. Allfällige Fundamentanker sollten aufgrund der Schieferung mindestens 2.0 m tief in den unverwitterten Fels reichen. Potenzielle Instabilitäten sind im Frühjahr 2024 vor Ort zu überprüfen.

7.2.10 Mast M10

Morphologie/Baugrund

Der Maststandort M10 befindet sich auf der talseitigen Böschung des Steinschlagschutzdammes San Marco. Beim Baugrund ist durchgehend von Lockergestein auszugehen. Der Baugrund besteht aus grobblockigem Hangschutt und einer künstlichen Schüttung des Dammbaus.

Massnahmen Baugrund

Die Fundation liegt im Lockergestein. Es können hierbei die Baugrundwerte für Hangschutt Varietät 2 und bei der künstlichen Schüttung die Werte für Hangschutt Varietät 1 verwendet werden. Sollten unter der Fundationsschicht feinkörnige oder setzungsempfindliche Schichten vorhanden sein, muss ein verdichteter Materialersatz in Erwägung gezogen werden.

7.3 Materialeilbahn (BSB)

7.3.1 Verankerung V1 (Tal)

Morphologie/Baugrund

Die Verankerung V1 im Talboden befindet sich nahe einer kleinen Runse im Bereich der Baupiste, welche für den Steinschlagschutzdamm San Marco errichtet worden ist. Der Baugrund besteht aus grobblockigem Hangschutt der Varietät 2. Aufgrund der Baupiste ist mit einer künstlichen Schüttung des vorhandenen Hangschuttes zu rechnen. Entlang der Nationalstrasse ist eine bergseitige Stützmauer vorhanden. Es ist mit einer Lockergesteinsbedeckung >2 m zu rechnen.

Massnahmen Baugrund

Die Foundation liegt im Lockergestein. Es können hierbei die Baugrundwerte für Hangschutt Varietät 2 verwendet werden. Sollten unter der Foundationsschicht feinkörnige oder setzungsempfindliche Schichten vorhanden sein, muss ein verdichteter Materialersatz in Erwägung gezogen werden.

7.3.2 Stütze S1

Der Stützenstandort S1 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S1 befindet sich auf einem Felsvorsprung entlang der untersten Felsstufe ob dem Talboden auf 1'000 m ü. M. Der Standort ist nur lokal und geringmächtig mit einer Deckschicht (<0.5 m) bedeckt. Der Felsvorsprung (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist wenig geklüftet, mehrheitlich massig ausgebildet und nur sehr lokal aufgelockert. Der Felsvorsprung weist auf den Drohnenfotos keine Anzeichen von massgebenden Instabilitäten auf.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung und der verwitterte Fels sind abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen.

7.3.3 Stütze S2

Der Stützenstandort S2 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S2 befindet sich auf einem seitlich, mindestens teilweise abgetrennten Felspfeiler entlang der untersten Felsstufe auf 1'190 m ü. M. Der Standort ist nur geringmächtig mit einer Deckschicht (<0.5 m) bedeckt. Der Felsvorsprung (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist

mittel geklüftet, jedoch mehrheitlich massig ausgebildet. Der darunterliegende Felsvorsprung weist auf den Drohnenfotos **Anzeichen von massgebenden Instabilitäten** auf.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung ist abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. **Die Gesamtstabilität des Felspfeilers muss in der nächsten Projektstufe vor Ort zwingend durch einen Geologen beurteilt werden.**

7.3.4 Stütze S3

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S3 befindet sich auf 1'490 m ü. M. oberhalb einer 15 m hohen Felsstufe. Die Kante der Felsstufe ist < 1.0 m mit Hangschutt Varietät 1 bedeckt. Die Kante der Felsstufe ist aufgrund des Trennflächengefüges oberflächennah aufgelockert, jedoch nicht überhängend.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung ist abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Einen Mindestabstand von 3 m zur instabilen Geländekante ist einzuhalten.

7.3.5 Stütze S4

Der Stützenstandort S4 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S4 befindet sich neu auf 1'735 m ü. M. an einer 5-10 m hohen, geringfügig ausgeprägten Felsstufe, welche entlang ihrer Kante aufgelockert ist. Der anstehende Glimmergneis ist geringmächtig <1 m mit Hangschutt der Varietät 1 bedeckt.

Massnahmen Baugrund

Die Deckschicht ist abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Ein Mindestabstand von 2 m zur instabilen Geländekante ist einzuhalten.

7.3.6 Stützen S5 und S6

Die Stützenstandorte S5 und S6 wurden nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Doppelstützen S5 und S6 befinden sich auf 1'975 m ü. M. rund 2, respektive 14 m von der markanten Felsstufe entfernt. Die Felsoberfläche (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist

nur sehr geringmächtig (wenige Dezimeter) von einer Deckschicht überlagert. Die Hangkante ist durch die vorhandenen Klufflächen paketartig stark aufgelockert und als potenziell instabil zu betrachten.

Massnahmen Baugrund

Die Deckschicht ist abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Felsen zu versetzen. Es ist darauf zu achten, dass die **Stützenfundationen mindestens 5 m von der aufgelockerten Hangkante entfernt** erstellt werden.

7.3.7 Stütze S7

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S7 befindet sich auf 2'045 m ü. M. nahe einer Senke. Die Senke ist auf eine Ost-West-verlaufende Störungszone zurückzuführen, welche sich in den angrenzenden Couloirs widerspiegelt. Es ist mit Lockergesteinsmächtigkeiten um 2 m zu rechnen. Die Moräne ist geringmächtig durch die Deckschicht überlagert, deren Mächtigkeit nicht beurteilt werden kann.

Massnahmen Baugrund

Für die Stütze S7 sollte die Lockergesteinsbedeckung abgetragen und die benötigten Anker im anstehenden Glimmergneis der Antigorio-Decke versetzt werden.

7.3.8 Stütze S8

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S8 befindet sich westlich des aufgeschlossenen Kalkmarmor-Riegel, welcher in einen Moränenwall übergeht auf 2'080 m ü. M. Es ist mit Lockergesteinsmächtigkeiten ca. 2 m zu rechnen. Die Moräne ist geringmächtig durch die Deckschicht überlagert, deren Mächtigkeit ohne Sondagen oder Seismik nicht beurteilt werden kann. Über den Verlauf der Felsoberfläche kann ebenfalls keine Aussage gemacht werden.

Massnahmen Baugrund

Aufgrund der eher ungewissen Lockergesteinsmächtigkeit (ca. 2 m) sind die Anker in der Moräne oder im darunterliegenden, nicht verwitterten Kalkmarmor zu versetzen.

7.3.9 Stütze S9

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S9 kommt auf 2'120 m ü. M. direkt auf dem kleinen Moränenwall zu liegen. Es ist mit Lockergesteinsmächtigkeiten >2 m zu rechnen. Die Moräne ist geringmächtig durch die lockere Deckschicht überlagert, deren Mächtigkeit ohne Sondagen oder Seismik nicht beurteilt werden kann.

Massnahmen Baugrund

Aufgrund der zu erwartenden Lockergesteinsmächtigkeit >2 m sind die Anker in der Moräne zu versetzen. Es sind Ankerzugversuche durchzuführen.

Verankerung V2 (Berg)

Morphologie/Baugrund

Die Verankerung V2 kommt auf rund 2'135 m ü. M. in Moränenmaterial zu stehen. Es ist mit Lockergesteinsmächtigkeiten >2 m zu rechnen.

Massnahmen Baugrund

Aufgrund der zu erwartenden Lockergesteinsmächtigkeit >2 m sind die Anker in der Moräne oder bis in den darunterliegenden, nicht verwitterten Fels (untere Zweiglimmergneise der Le-bendun-Decke) zu versetzen. Es sind Ankerzugversuche durchzuführen.

7.4 Personenseilbahn (LSB)

7.4.1 Verankerung V1 (Tal)

Morphologie/Baugrund

Die Verankerung V1 im Talboden befindet sich direkt angrenzend an die Schüttung der Nationalstrasse, auf welcher die Widerlager der Brücke über die Doveria verankert sind. Anhand von Luftbildern wurden Terrainveränderungen vorgenommen. Es ist im Bereich des Gebäudes mit künstlichen Schüttungen unterschiedlichen Alters zu rechnen. Die Lockergesteinsmächtigkeit beträgt >2 m. Über der künstlichen Schüttung ist eine Deckschicht vorhanden.

Massnahmen Baugrund

Für die Foundation muss die Deckschicht abgetragen und der anstehende Boden verdichtet werden. Sollte unter der Foundationsschicht feinkörnige oder setzungempfindliche Schichten vorhanden sein, muss ein verdichteter Materialersatz in Erwägung gezogen werden. Es können die Baugrundwerte für die künstliche Schüttung verwendet werden.

7.4.2 Stütze S1

Der Stützenstandort S1 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S1 befindet sich auf einem bewaldeten Felsvorsprung entlang der untersten Felsstufe ob dem Talboden auf 975 m ü. M. Die Stütze befindet sich ca. 10 m von der Felskante entfernt. Der Standort ist nur geringmächtig mit einer Deckschicht (<0.5 m) bedeckt. Der Felsvorsprung (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist wenig geklüftet, mehrheitlich massig

ausgebildet und entlang der Geländekante aufgelockert. Der Felsvorsprung weist auf den Drohnensfotos keine Anzeichen von massgebenden Instabilitäten auf.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung und der verwitterte Fels sind abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Einen Mindestabstand von 3 m zur instabilen Geländekante ist einzuhalten.

7.4.3 Stütze S2

Der Stützenstandort S2 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S2 befindet sich auf dem westlichen Ende eines plattigen Felsvorsprungs entlang der untersten Felsstufe ob dem Talboden auf 1'110 m ü. M. Der Standort ist nur geringmächtig mit einer Deckschicht (<0.5 m) bedeckt. Der Felsvorsprung (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist wenig geklüftet, mehrheitlich massig ausgebildet und gemäss Drohnensfotos nur geringfügig aufgelockert. Der Felsvorsprung weist auf den Drohnensfotos an dessen westlichen Ende Anzeichen von Instabilitäten auf.

Massnahmen Baugrund

Die Stabilität des Felsvorsprungs ist vor Ort zu verifizieren. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Es sind die Felskennziffern für den Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke zu verwenden.

7.4.4 Stütze S3

Der Stützenstandort S3 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S3 befindet sich auf dem westlichen Ende eines Felsvorsprungs auf 1'390 m ü. M., welcher die östliche Begrenzung der markanten Rinne «Greji» darstellt. Der Standort ist nur geringmächtig mit einer Deckschicht (<1.0 m) bedeckt. Der Felsvorsprung (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist geklüftet, jedoch mehrheitlich massig ausgebildet. Auf den Drohnensfotos ist der Fels entlang der Hangkante aufgelockert. Dies ist auf die Kluffläche J7 zurückzuführen.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung und der verwitterte Glimmergneis sind abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Es sind die Felskennziffern für den Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke zu verwenden. Die Orientierung der Anker sind so zu wählen, dass diese nicht parallel zur Ostwärts

einfallenden Kluffläche J7 versetzt werden. Es ist ein Mindestabstand zur südlichen Felskante von 4 m einzuhalten.

7.4.5 Stütze S4

Der Stützenstandort S4 wurde nur anhand von Drohnenaufnahmen beurteilt und mit den diesbezüglichen Unsicherheiten behaftet.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S4 befindet sich ca. 10 m oberhalb eines lokal überhängenden Felsvorsprunges auf 1'655 m ü. M. Der Standort ist nur geringmächtig mit Hangschutt (<1.0 m) bedeckt. Der Felsvorsprung (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist geklüftet, jedoch mehrheitlich massig ausgebildet. Auf den Drohnenfotos ist der Fels entlang der teilweise Felskante aufgelockert.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung und der verwitterte Glimmergneis sind abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Es sind die Felskennziffern für den Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke zu verwenden. Aufgrund der Überhänge der darunterliegenden Felsstufe ist ein Mindestabstand zur Felskante von 4 m einzuhalten.

7.4.6 Stütze S5

Die Stütze S5 war zum Zeitpunkt der Feldbegehung noch nicht festgelegt, so dass diese vor Ort nicht begangen worden ist. Die Beurteilung basiert auf Drohnenaufnahmen und der Gegenhangansicht.

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S5 befindet sich auf 1'975 m ü. M. direkt an der Hangkante. Die Felsoberfläche (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist geringmächtig (<2 m) von einer Deckschicht und der Moräne überlagert. Die wenig ausgebildete Hangkante ist durch die vorhandenen Klufflächen paketartig aufgelockert und als potenziell instabil zu betrachten.

Massnahmen Baugrund

Die Lockergesteinsbedeckung und der verwitterte Glimmergneis sind abzutragen. Die Verankerungen sind aufgrund der Schieferung mindestens 2 m tief in den unverwitterten Fels zu versetzen. Es sind die Felskennziffern für den Zweiglimmergneis der Antigorio-Decke zu verwenden. Die Stabilität des Stützenstandortes S5 und der rund 8 m hohen Stufe ist in der nächsten Projektphase detailliert zu beurteilen.

7.4.7 Stütze S6

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S6 befindet sich auf 1'990 m ü. M. auf der Terrasse Castell rund 30 m von der Geländekante entfernt (Bereich C der PV-Anlage). Die Felsoberfläche (Glimmergneis der Antigorio-Decke) ist geringmächtig (<2 m) von einer Deckschicht und der Moräne überlagert. Es ist, wie in Bereich C der PV-Anlage, örtlich mit Staunässe oder Hangwasser zu rechnen.

Massnahmen Baugrund

Für die Mastfundation muss das Lockergestein und der verwitterte Fels abgetragen werden. Allfällige Fundamentanker sollten aufgrund der Schieferung mindestens 1.5 m tief in den verwitterten Fels reichen.

7.4.8 Stütze S7

Morphologie/Baugrund

Die Stütze S7 befindet sich auf 2'050 m ü. M. nahe einer Senke. Die Senke ist auf eine Ost-West-verlaufende Störungszone zurückzuführen, welche sich in den angrenzenden Couloirs widerspiegelt. Es ist mit Lockergesteinsmächtigkeiten um 2 m zu rechnen. Die Moräne ist geringmächtig durch die Deckschicht überlagert, deren Mächtigkeit nicht beurteilt werden kann.

Massnahmen Baugrund

Für die Stütze S7 sollte die Lockergesteinsbedeckung abgetragen und die benötigten Anker im anstehenden Glimmergneis der Antigorio-Decke versetzt werden.

7.4.9 Verankerung V2 (Berg)

Morphologie/Baugrund

Die Verankerung Berg V2 befindet sich westlich des aufgeschlossenen Kalkmarmor-Riegel, welcher in einen Moränenwall übergeht auf 2'080 m ü. M. Es ist mit Lockergesteinsmächtigkeiten ca. 2 m zu rechnen. Die Moräne ist geringmächtig durch die Deckschicht überlagert, deren Mächtigkeit ohne Sondagen oder Seismik nicht beurteilt werden kann. Über den Verlauf der Felsoberfläche kann ebenfalls keine Aussage gemacht werden.

Massnahmen Baugrund

Aufgrund der eher ungewissen Lockergesteinsmächtigkeit (ca. 2 m) sind die Anker in der Moräne oder im darunterliegenden, nicht verwitterten Kalkmarmor zu versetzen. Es sind Ankerzugversuche durchzuführen.

8 Frosttiefe

Gemäss der Norm SN 670 140b hängt die Eindringtiefe des Frostes von den örtlichen klimatischen Bedingungen ab, welche durch den Frostindex der Luft und durch die Sonneneinstrahlung beschrieben werden. Die Ausbreitung des Frostes im Boden wird durch die thermischen Eigenschaften des Materials bestimmt, die ihrerseits hauptsächlich von der Dichte und vom Wassergehalt abhängen.

Demnach ist für die einzelnen Projektelementen mit folgenden Frosttiefen zu rechnen:

- > PV-Anlage, Masten und Stützen oberhalb 1'900 m ü. M.: Frosttiefe ca. 2.0 m
- > Masten und Stützen zwischen 1'300 und 1'800 m ü. M.: Frosttiefe ca. 1.5 - 2.0 m
- > Masten und Stützen zwischen Talgrund und 1'300 m ü. M.: Frosttiefe ca. 1.0 – 1.5 m
- > Masten und Stützen im Talgrund: Frosttiefe ca. 1.0 m

9 Fazit/Empfehlungen

Auf Basis der oben beschriebenen geologischen Beurteilungen lassen sich für die weiteren Projektschritte nachfolgend aufgelistete Schlüsse ziehen.

9.1 PV-Anlage Alpjerung

- > Bei der PV-Anlage sind die geologischen Verhältnisse sehr inhomogen, was sowohl die Zusammensetzung wie auch die Mächtigkeit des Lockergesteins angeht.
- > Das Fundationskonzept der PV-Anlage muss dem Umstand Rechnung tragen, dass grosse Flächen eine weiche Deckschicht von mehreren Dezimetern bis 1.5 m Mächtigkeit aufweisen, in welche Anker nur sehr geringe Haftungskräfte aufweisen und die zulässigen Bodenpressungen beschränkt sind.
- > Es bestehen grosse Unsicherheiten bezüglich der Anker-Mantelreibungen des Baugrundes, was zusammen mit der Lockergesteinsmächtigkeit einen grossen Einfluss auf die Ankerlängen haben kann. Wir empfehlen im Frühjahr 2024 Ankerzugversuche in noch auszuwählenden repräsentativen Gebieten auszuführen, um verlässlichere Dimensionierungsgrössen für die Ankerberechnungen zu erhalten und so das Kostenrisiko zu minimieren.
- > Dolinen (Senklöcher) im Bereich der Triasschichten können örtlich auch durch Lockergestein bedeckt und somit nicht sichtbar sein. Bei den sichtbaren Dolinen ist ein Sicherheitsabstand von jeweils $\frac{1}{2}$ Dolinendurchmesser einzuhalten, da ein weiteres seitliches Nachrutschen von Erdreich nicht ausgeschlossen werden kann.

9.2 Energieableitung, Seilbahnen

- > Im Rahmen des Bauprojektes konnten nicht alle Masten und Stützen begangen werden. Auch waren die genauen Standorte nicht abgesteckt oder wurden im Herbst 2023 geändert, so dass die oben gemachten Aussagen nochmals überprüft werden müssen, sobald die genauen Standorte im Feld abgesteckt werden. Dies ist im Frühjahr 2024 vorgesehen.
- > Die Fundamente der Stützen und Masten sollten, wenn möglich, alle auf den anstehenden Felsen gestellt und in diesem verankert werden.
- > Bei einzelnen Standorten, welche weit vorne an der Hangkante stehen, muss in der nächsten Projektphase nach genauer, definitiver Festlegung des Standortes auch die Stabilität der jeweiligen Felskanten überprüft werden.

Patrick Hammel
M.Sc. Erdwissenschaften

Ulrich Burchard
Lic. phil. nat. / Geologe CHGEOL

Gondosolar

 Perimeter PV-Anlage (Stand Juli 2023)

Energieableitung

 Energieableitung (Varainte 4)

Seilbahnen

 Materialseilbahn

 Personenseilbahn

Baugrund

 Fels, aufgeschlossen

 Lockergesteinsbedeckung (<2 m)

 Lockergesteinsbedeckung (>2 m)



Geodatenquellen:
Bundesamt für Landestopografie (swisstopo)
Kanton Wallis

b	Anpassung Lockergesteinsbedeckung	15.12.2023	pha	ubu
a	Anpassung Perimeter PV-Anlage, Bauprojekt	27.05.2023	lbi	ubu
	Erstausgabe	15.12.2022	pha	ubu

Gondosolar

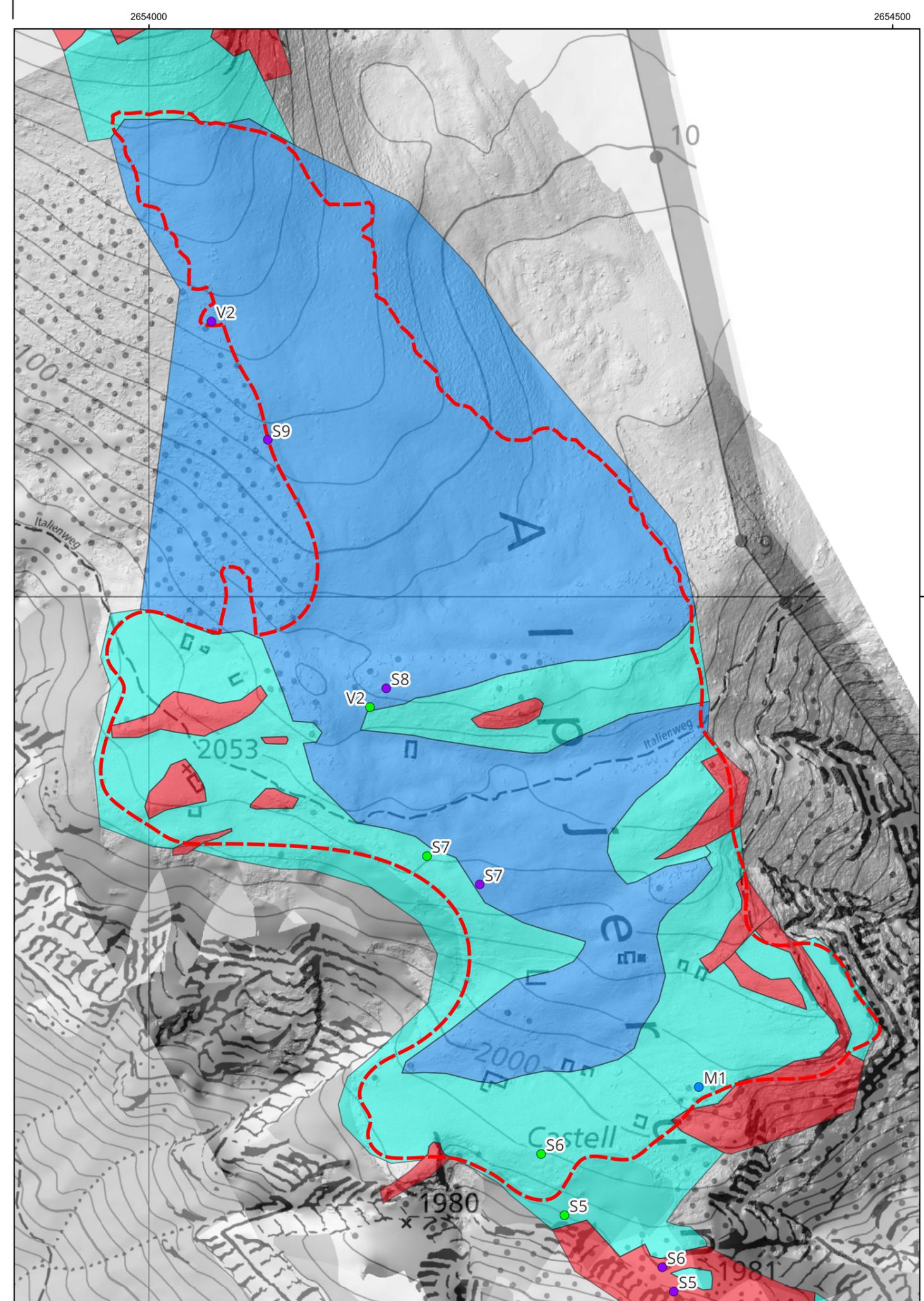
Baugesuch

Lockergesteinsmächtigkeit PV-Anlage



Sebastiansplatz 1
CH-3900 Brig-Glis
info@geoformer.ch
www.geoformer.ch
Tel. +41(0)27 552 15 00

Masstab	Gezeichnet	pha	
1:3'000	Geprüft	ubu	
	Gesehen		
	Datum	15.12.2023	
Plan Nr.:	B10431_2_1b	Format	297 x 420 mm



Gondosolar

 Perimeter PV-Anlage

Energieableitung

 Energieableitung (Variante 4)

Seilbahnen

 Materialseilbahn

 Personenseilbahn

Geologie, extrapoliert

-  Zweiglimmergneise und-schiefer (Lebendun-Decke)
-  Unterer Zweiglimmergneis (Lebendun-Decke)
-  Bündnerschiefer (penninischer Jura)
-  Kalkmarmor (penninische Trias)
-  Zweiglimmergneis, geschiefert (Antigorio-Decke)
-  Zweiglimmergneis (Antigorio-Decke)

Geodatenquellen:
Bundesamt für Landestopografie (swisstopo)
Kanton Wallis



b	Anpassung extrapolierte Geologie	15.12.2023	pha	ubu
a	Anpassung Perimeter PV-Anlage, Bauprojekt	27.07.2023	lbi	ubu
	Erstausgabe	15.12.2022	pha	ubu

Gondosolar

Baugesuch

Geologische Karte Projektperimeter

 <p>Sebastiansplatz 1 CH-3900 Brig-Glis info@geoformer.ch www.geoformer.ch Tel. +41(0)27 552 15 00</p>	Masstab	Gezeichnet	pha
	1:7'500	Geprüft	ubu
		Gesehen	
	Plan Nr.: B10431_2_2b	Datum	15.12.2023
	Format	297 x 420 mm	

