

Schneebrücke SIFA „Y“, Davos

Permanente Stützverbauung

- Stabilisierung der Schneedecke im Anbruchgebiet mit Hangneigungen von 28-31°
- Gegliederte, starre Stützwerke aus Stahl
- Werkhöhe D_k 3.5 m
- 6 Werkreihen
- Werklänge 294 lfm



Stützverbau oberhalb Davos

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Davos (GR), Dorfberg (2 782 400 / 1 188 200)
Bauherrschaft:	Gemeinde Davos, 7260 Davos Dorf, Forstbetrieb Hanspeter Hefti
Projektleitung:	Amt für Wald und Naturgefahren (AWN), Region Herrschaft/Prättigau/Davos, Landquart
Projekt:	Ingenieurbüro tur GmbH, 7260 Davos Dorf
Örtliche Bauleitung:	Ingenieurbüro tur GmbH und Forstbetrieb Davos,
Ausführung:	Bauunternehmung Vetsch Klosters, 7252 Klosters Dorf
Baujahr:	2015

Funktion / Anwendungsgrenzen

Im Allgemeinen soll mit Stützsystemen die Schneedecke auf eine Weise abgestützt werden, die das Anreissen einer Lawine oder eines Schneebrettes verhindert. Dies erfolgt durch eine der hangabwärts gerichteten Schneebewegung entgegen gestellten Stützfläche, welche eine Stauwirkung erzeugt und die auftretenden Druckspannungen (Schneedruck) aufnimmt und in den Untergrund leitet. Bei einem allfälligen Anbruch verhindert die Stützverbauung das Mitreissen der Altschneedecke und kann das Fortpflanzen von Scherrissen flächenmässig einschränken. Weiter verkürzen sie die Sturzbahn der Lawine und reduzieren damit die potenziell mobilisierbaren Schneemassen und gegebenenfalls ihre Fliessgeschwindigkeit, sodass ihre Intensität im Risikogebiet abnimmt.

Eingesetzt werden Stahlschneebrücken in potenziellen Anbruchgebieten, genauer bei Hangneigungen zwischen 28° und 50°. Bedingung für ihre volle Funktionsfähigkeit sind eine entsprechend der abgeschätzten extremen Schneehöhe dimensionierte wirksame Werkhöhe D_k und die richtige Positionierung im Hang. Im Idealfall wird eine Lebensdauer von 80 Jahren angenommen. Im Gegensatz zu Schneenetzen sind starre Stützsysteme in steinschlaggefährdeten oder kriechenden Hangpartien nicht einsetzbar, da sie auf diese Einwirkungen wesentlich empfindlicher reagieren (Gebrauchstauglichkeit). Hingegen ist ihr Material-, Montage- und Instandhaltungsaufwand geringer.

Die Zulassung von (beitragsberechtigten) Stützwerken im Lawinenverbau unterliegt einer Typenprüfung seitens des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und der Eidg. Forschungsanstalt WSL. Bisweilen (Stand 2019) sind Stützsysteme mit Wirkungshöhen D_k von bis zu 4.5°m zugelassen.

Im vorliegenden Projekt kam das System SIFA „Y“ (Mair Wilfried GmbH) zur Anwendung. Es handelt sich dabei um ein Riegelwerk, das folgende Hauptmerkmale aufweist:

- Stahlrost: Träger mit variabler Zahl an waagrechten Rostbalken als Stützfläche
- V-förmig angeordnete, auf talseitige Fusskonstruktion zusammenführende Stützen
- Talseitige Foundation bestehend aus Mikropfahl und rechtwinklig angeschlossenen Zuganker
- Bergseitige Foundation mit Gabel, gestützt durch die untere Stütze (Riegel)

Riegelwerke sind eines, der am häufigsten verbauten Stützwerke in der Schweiz. Im Gegensatz zum ebenfalls weit verbreiteten Dreigelenksbogen, werden die Anker in diesem System weniger beansprucht. Zudem ist das Systemgewicht geringer (Miklau 2011).



Voraussetzungen Baugrund

Der Baugrund muss verankerungsfähig sein. Technisch ist dies mit einer entsprechenden Ankerlänge in den meisten Fällen möglich.

Gesetze / Normen

Normen

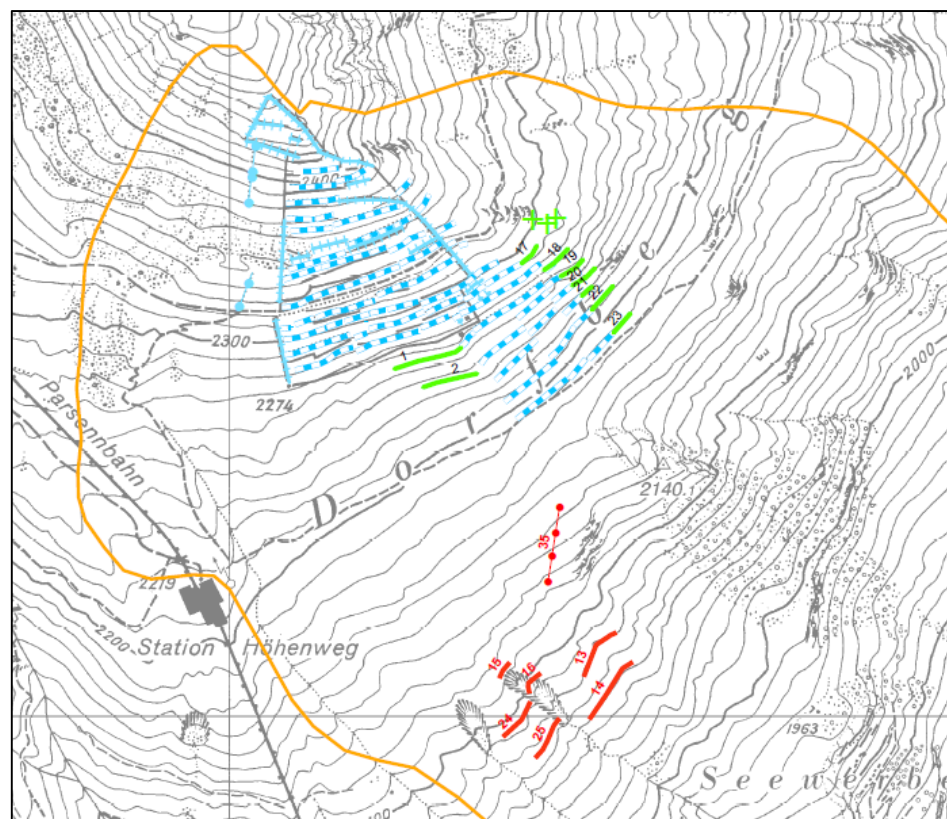
- SIA 267 Geotechnik inkl. 267/1 Ergänzende Festlegungen
- SN 14199 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)

Richtlinien

- Margreth S, 2007. Lawinerverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. 136 S.
- Baumann R, 2016. Typenliste Lawinerverbauungen. 7. Aktualisierte Ausgabe, Juni 2016. Umwelt-Vollzug Nr. 1006. Bundesamt für Umwelt, Bern. 9 S.

Projektierung

Normalie / Plan



Bestehende Schutzbauten

- Starrer Lawinerverbau
- Trockenmauern
- Tribschneezaun

Ausführung 2013/14

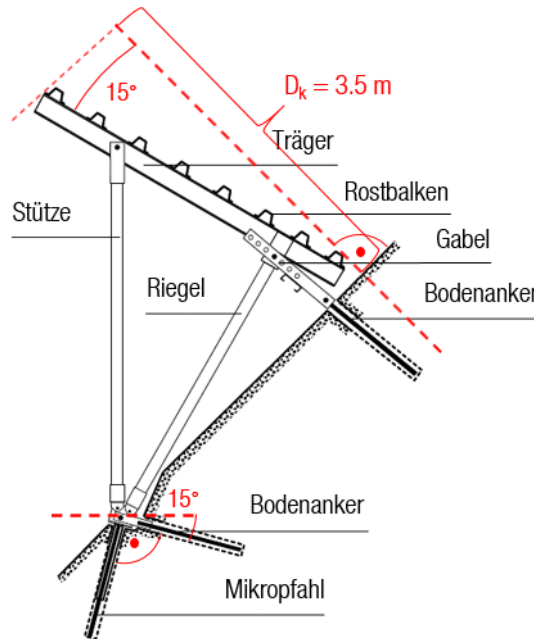
- Permanenter Verbau, Dk 3.5
- + Kolkkreuze, 3 Stk.

Bauprogramm 2015

- Permanenter Verbau, Dk 3.5
- Tribschneezaun (80 m)



Oben: Übersicht über den Projektperimeter. Vorliegendes Projekt beinhaltet die rote Etappe, ohne Schneezaun (aus dem Ausführungsprojekt der tur GmbH, 2015).



Links: Systemskizze eines Riegel-Tragwerks mit den charakteristischen V-Stützen, oder eben dem Riegel als «zweite Stütze» (Margreth 2007, verändert).

Die talseitige Neigung (von der Hangsenkrechten) des Rostes beträgt in diesem Projekt 15°.

Die Kräfte werden auf Terrainhöhe über eine Fusskonstruktion in die Foundation geleitet. Der Mikropfahl bei der talseitigen Foundation ist jeweils um 15° geneigt und der Zuganker jeweils rechtwinklig zum Mikropfahl.

Tragwerksanalyse

Da die Tragwerke für die Beitragsberechtigung typengeprüft sein müssen, obliegt ein Grossteil der Tragwerksanalyse zumindest bei den im Markt als „Komplettlösung“ angebotenen Systemwerken den Konstrukteuren resp. den Herstellern (wie hier der Fall ist). Diese haben sich an die Richtlinie „Lawinenverbau im Anbruchgebiet“ (Margreth 2007) zu halten.

Hinsichtlich der Tragwerksanalyse sind von Seiten des Projektierenden zunächst die Topografie und die Einwirkung durch Schneelast zu ermitteln. Das Vorgehen ist in Margreth 2007 beschrieben. Daraus ergeben sich Angaben zur geometrischen Gestalt und Anordnung der Werke.

Speziell zu erwähnen ist am Dorfberg der nach Osten bis Südosten exponierte Prozessraum im Lee der West- bis Nordwinde. Dies führt häufig zu sehr umfangreichen Schneeverfrachtungen. Weitere Einwirkungen, wie etwa Steinschlag-Aktivitäten, und die Fundationsverhältnisse (Baugrund) im Projektperimeter sind abzuklären. Beide Aspekte schränken die Möglichkeiten für Stützsysteme ein oder gar aus.

Baugrund: Weitgehend dominieren Rohböden mit einer Rohhumusauflage. Das Grundgestein besteht hauptsächlich aus Paragneisen (Silvretta-Kristallin), welcher lokal von Gehängeschutt und teilweise Moränenmaterial überlagert wird. Stellenweise kommen anstehende Felspartien vor.

Zur Bestimmung des charakteristischen Baugrundwiderstandes, wurden durch die tur GmbH im Vorfeld Ausziehversuche gemäss SIA 267/1 durchgeführt.

Bemessung

Die Bemessung besteht für den Projektierenden in der Festlegung der Bemessungssituationen und der erforderlichen Parameter, die dem Werklieferanten zu übermitteln sind. Es handelt sich dabei um Kennwerte, die der Bestimmung des charakteristischen Schneedrucks nach Margreth (2007) und den damit verbundenen Lastfällen am Tragwerk dienen:

- Werkhöhe D_k Ergebnis der zu erwartenden extremen Schneehöhe H_{ext} .
- Gleitfaktor N Beiwert für die Exposition und Rauigkeit des Terrains
- Höhenfaktor f_c Beiwert für Schneehöhe und –dichte in Abhängigkeit der Höhe

Die extreme Schneehöhe H_{ext} repräsentiert die geschätzte Schneemenge, die bei einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren zu erwarten ist (Margreth 2007). Gutachterlich kann ein Zuschlag für Triebschneeanstimmungen berücksichtigt werden. Für das vorliegende Projekt gilt:

Parameter	Situation im Projektperimeter	Wert
H_{ext}	2'100 m.ü.M.; Zone 2; inkl. Triebschneezuschlag von 50 cm	435 cm
D_k	Aufgrund H_{ext} und Hangneigung 28° - 31°	350 cm



N	Exposition SE-SSE; kurzhalmlige Grasnarben; Feines Geröll d ≤ 10 cm	2.4
f _c	2'100 m.ü.M.	1.12

Die Bemessung der Ankerlänge wurde aus den Ergebnissen der Zugversuche hergeleitet. Nachfolgend die angewandten Ankerlängen:

Ausführung	Bergseitiger Zuganker	Talseitiger Zuganker	Talseitiger Mikropfahl
Ohne Strumpf	5.5 m	3.8 m	6.6 m
Mit Strumpf	7.5 m	4.8 m	8.6 m

Bei der konstruktiven Durchbildung der Riegelwerke werden zwischen den Hauptwerken (4 m) Zwischenbalken (2 m) aufgelegt. Durch die erhöhten Randkräfte wird eine Werkreihe am Rande des Verbauungsgebiets mit einem sogenannten Randwerk mit „Doppelbock-Verstärkung“ (zwei nahe beieinanderliegende Stützen) abgeschlossen (Abb. 4). Die Werkabstände werden in Abhängigkeit von der Werhöhe D_k, Hangneigung und dem Gleitfaktor N definiert (Margreth 2007). Nachfolgende Tabelle fasst die Eckdaten der konstruktiven Durchbildung zusammen. Die Werknummern korrespondieren mit denjenigen aus dem Übersichtsplan.

Nr.	Länge [m]	Werke				Zwischen- [Stk.]	Bohrmete r [m]	Neigung [°]	Abstand [m]
		Total [Stk.]	Rand- [Stk.]	Haupt- [Stk.]					
13	64	11	2	9	10	418	30		
14	76	13	2	11	12	511	30	40	
15	28	5	2	4	4	195	30		
16	22	4	2	2	2	195	31	35	
24	46	8	2	6	7	307	28		
25	46	8	2	6	7	338	31	40	
Total	282	49	11	39	43	1964			

Ø Kosten pro Einheit

Position	Gesamtkosten [CHF]	Kosten [CHF] / lfm
Bauprojekt (inkl. Baugesuch)		-
Bauleitung (inkl. Submission)	35'000.-	130.-
Baumeisterarbeiten	430'000.-	1'525.-
Material und Lieferung	165'000.-	585.-
Total Projektkosten	630'000.-	2'200.-

Tun und Vermeiden

- Möglichst langjährige Erfahrungswerte zur Schnee- und Windsituation einholen
- Eindeutige Definition des Verbauungssystems
- Kenntnisse des Baugrundes durch vorgängige Ankerprüfungen
- Klare Definition der Werkreihenlänge (Anzahl Haupt-, Zwischen- und Randwerke)
- Vermeiden von einem grossen Bodenspalt zur Verhinderung von grösserer Belastung durch Gleitschnee (während der Feinabsteckung beachten)



Materialien

Namen	Stützverbau Stahl	Mair Wilfried Gmbh, System SIFA Y	D _K 3.5 m	
	'Stabanker	SwissGewi ZUG oben	Ø 28 mm	
		SwissGeWi Druck	Ø 40 mm	
		SwissGewi Zug unten	Ø 25 mm	
		Distanzhalter		
		Stabilitätsrohr		
	Ankermörtel		Fixit 532	
	Ankerstrümpfe			

NPK Kapitel / Position	Materiallieferungen für Lawinenverbau	214.4XX.XXX
	Stützverbau aus Stahl	214.41X.XXX
	Anker und Mikropfähle	214.47X.XXX
	Montage von Lawinenverbau	214.5XX.XXX
	Stützverbau aus Stahl	214.51X.XXX
	Anker und Mikropfähle	214.57X.XXX

Mindestanforderungen Sowohl die verwendeten Systeme als auch der Ankermörtel müssen nach Margreth (2007) typengeprüft sein.
Der Ankermörtel wurde vom Geo-Bau-Labor AG in Chur geprüft.

Verarbeitung Tipp Umgang mit Mörtel: Mörtelinjektion von unten nach oben, Schlauchlänge max. 60 m; bei kühleren Temperaturen
Genaue Arbeitsweise ermöglicht Montage ganzer Werke mit Helikopter

Ø Menge pro Einheit	Bohrmeter	1'964
	Mörtelmenge pro lfm	16 l oder 25 kg (normal für kompakten Boden und Bohrdurchmesser von 105 bis 114 mm)

Mittel

Maschinen Für Transport zur Baustelle und Montage: Helikopter

Geräte	Für die Bohrarbeiten:		
	Schlittenbohrgerät	SIG Mounty	
	Kompressor	Leistung: 14.5m ³ /min	10 bar
	Mobiles Mörtelmischwerk		
	Mörtelpumpe	Leistung: 3500 l/h	70 bar

Installation

Da die Baustelle nicht durch eine Strasse erschlossen war, mussten das Material und die Werkteile mit dem LKW zu einem Umschlag- / Lagerplatz (Meierhofer Wald; 2 783 800/1 188 580) vortransportiert und schliesslich mit dem Helikopter auf die Baustelle geflogen werden.

Der Umschlag- und Lagerplatz diente ausserdem dazu, den Oberbau der Stützwerke (exkl. Riegel) zu konfektionieren/vorfertigen, um dann als solches an den Montageort geflogen zu werden.



Ausführung

Absteckung

Grobabsteckung durch Projektierenden

Detailabsteckung durch Bauunternehmer (Kontrolle durch öBL) nach Montagehandbuch
Werklieferant

Erdarbeiten

Es waren keine nennenswerten Erdarbeiten nötig.

Begehungswege, Installationsplätze (Baracke, Container, Pumpen, Mörtel etc.)

Arbeitsschritte

Grobabsteckung

Detailabsteckung

Bohrarbeiten

Anker versetzen und injizieren

Vormontage auf Lagerplatz

Montage mit Helikopter

Tun und Vermeiden

Flugtaugliches Material: Bei der Baustelleneinrichtung muss darauf geachtet werden, dass sämtliches Material mittels Helikopter transportiert und verschoben werden kann.

Flugbedingungen: Der Transport der Werkbestandteile muss in den frühen Morgenstunden erfolgen, da diese mit einem Gewicht von etwa 1000 kg nahe an der maximalen Nutzlast des Helikopters sind. Jedoch darf der Transport wegen der Lärmbelästigung der Anwohner nicht vor 7:30 Uhr stattfinden.

Gefährdungen während des Flugbetriebs: Während den Transporten mit dem Helikopter besteht eine temporäre Gefährdung des Wanderweges, weshalb dieser temporär zu sperren ist.

Abschlussarbeiten

Drei der fertig verbauten Anker wurden geprüft (tur GmbH). Die Prüflast entsprach der charakteristischen maximalen Ankerlast von 125 kN (gemäss Werklieferant). Die Auswahl der zu prüfenden Anker wurde anhand der Borprotokolle getroffen. Bei sämtlichen der geprüften Anker konnte die Tragsicherheit nachgewiesen werden.



Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- immer
- **9 lebenswichtige Regeln** für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820)
 - **Notfallplanung** (SUVA Publikation 67061)
 - **Arbeitsvorbereitung (AVOR)** (SUVA Publikation 67124)
- | | | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154) | <input type="checkbox"/> | Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574) | <input type="checkbox"/> | Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092) | <input checked="" type="checkbox"/> | Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1) |
| <input type="checkbox"/> | Verkehr und Infrastruktur (SN 640886) | <input type="checkbox"/> | Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034) |

Werterhalt

Betrieblich

Der Unterhalt obliegt der Bauherrschaft. Der Unterhalt der Systemwerke wird u.a. im Kanton Graubünden über das Instrument «Handbuch zur Kontrolle und zum Unterhalt forstlicher Infrastruktur» (KUfI) geregelt. Es beinhaltet folgende zwei Kontrollstufen:

1. Werksinspektionen: Die Bauwerke werden laufend beurteilt. Sichtkontrollen sind dabei in einem jährlichen Turnus vorgesehen, der Turnus der eigentlichen Werksinspektionen liegt bei max. 5 Jahren oder nach besonderen Ereignissen.
2. Gesamtüberprüfung: Nach drei Vierteln der Nutzungsdauer und in begründeten Fällen. Darin werden neben dem Bauwerk das Bemessungsereignis wie auch die Schutz-Ziele neu überprüft.

Am Bauwerk selbst werden im Rahmen des betrieblichen Werterhalts lediglich kleinste Verbesserungen gemacht, da durch die schlechte Zugänglichkeit der Aufwand schnell zu gross würde. Daher werden Massnahmen in der Regel im Rahmen des baulichen Unterhalts zu Sammelprojekten gebündelt.

Baulich

Schadbilder und entsprechende Massnahmen werden im KUfI ausführlich behandelt. Abhängig von deren Konsequenzen für die Gebrauchstauglichkeit wird die Handlungsdringlichkeit hergeleitet.

Beispiele von schweren Schäden, welche die Gebrauchstauglichkeit gefährden und sofortige Massnahmen erfordern (d.h. bis zum kommenden Winter):

- Geknickte/Gestauchte Stützen / Mikropfähle
- Gebrochene Träger / Anker

Unter den baulichen Unterhalt von starren Stützwerken fällt das Räumen von Ablagerungen hinter dem Stützrost oder der Ersatz einzelner beschädigter Balken.

Rückbau

Bis auf die Anker, die im Boden belassen werden, können sämtliche Stahlteile zurückgebaut und wiederaufbereitet werden.

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauobjektes. Sie soll Planern und Ausführenden Lösungsmöglichkeiten aufzeigen, zum Nachdenken über die eigenen Vorgehensweisen anregen und Anhaltspunkte zur ähnlichen Realisierung geben. Obwohl alle Sorgfalt bei der Erarbeitung der Dokumentation verwendet wurde, können Fehler enthalten sein und kann für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Daten weder eine explizite noch implizite Zusicherung und Gewährleistung abgegeben werden. Für die inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Auswahl lehnt die Fachstelle für forstliche Bautechnik jede Haftung ab. Bei Verwendung von Informationen zu eigenen Zwecken sind die übergeordneten Normen einzuhalten und sind die Angaben situativ an die eigenen Gegebenheiten anzupassen. Die Nutzung der Daten erfolgt somit auf eigene Gefahr. Insbesondere ist die Fachstelle für forstliche Bautechnik nicht verantwortlich, wenn der Nutzer im Vertrauen auf die Fehlerfreiheit und Vollständigkeit der Inhalte Handlungen vornimmt oder unterlässt und ihm im Folgenden daraus ein Schaden erwächst.



Bilder

Nachfolgendes Bildmaterial wurde von der tur GmbH zur Verfügung gestellt.



Abb. 1. (links): Ankerbohrungen bei guten Verhältnissen.
Abb. 2. (oben): Frisch erstellter Anker an der Absteckungslinie.



Abb. 3 (links unten): Fertig errichteter Unterbau.
Abb. 4 (rechts unten): Fertig errichteter Unterbau eines Randwerks mit «Doppelbock-Konstruktion».



Abb. 5 (oben links): Prüfung des Tragwiderstandes der Anker.
Abb. 6 (oben rechts): Einmessen der Stützen mit Abstecklehre.



Abb. 7: Montage des Stützrostes mit Hilfe eines Helikopters.
Abb. 8: (unten): Fertig erstellte Werkreihe.

