



INGENIEURWESEN / ANKERPRÜFUNGEN

PRÜFBERICHT

**AUSZIEHVERSUCHE 2020
PRÜFANKER**

**LAWINENVERBAUUNG FRAUENTOBEL
DAVOS**

GEMEINDE DAVOS

PRÜFBERICHTNUMMER: 903.2

Auftraggeber

Amt für Wald und Naturgefahren
Region Herrschaft / Prättigau / Davos
Bahnhofplatz 3B
7302 Landquart

Michel Maikoff
michel.maikoff@awn.gr.ch
081 257 66 41
079 475 52 19

Auftragnehmer

tur gmbh
Promenade 129
7260 Davos Dorf

Reto Störi
stoeri@tur.ch
081 420 15 33
078 843 93 84

Durchführung

09. – 11.11.2020

Datum / Dateiname

01.12.2020
Prüfbericht_Ausziehversuche_Frauentobel_2020.docx

INHALTSVERZEICHNIS

1	GRUNDLAGEN	2
2	GEGENSTAND.....	2
3	BOHRUNGEN / PRÜFANKER.....	3
4	BAUGRUND	5
5	VERSUCHSANORDNUNG.....	5
6	RESULTATE.....	7
7	ANNAHMEN FÜR DIE BEMESSUNG DER ANKERLÄNGEN.....	8
8	EMPFOHLENE ANKERLÄNGEN.....	9
9	EMPFEHLUNGEN FÜR DIE AUSFÜHRUNG	9
A	ANHANG A SCHEMASKIZZE ANKERZUGVORRICHTUNG.....	
B	ANHANG B PRÜFPROTOKOLLE AUSZIEHVERSUCHE	
C	ANHANG C BOHRPROTOKOLL	
D	ANHANG D ANKERLÄNGENBEMESSUNG.....	
F	ANHANG F FOTODOKUMENTATION	

1 Grundlagen

Normen	Norm SIA 267 und 267/1 Geotechnik (2013)
Richtlinie	Technische Richtlinie Lawinenverbau im Anbruchgebiet 04/07, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung (SLF), Bern 2007.
Merkblatt	Wegleitung zur Anwendung der erweiterten Zugprobe (EZP) im Lawinen- und Steinschlagverbau, Bundesamt für Umwelt (BAFU) 2014
Protokolle	Prüfprotokolle, tur gmbh Davos, Anhang B Bohrprotokolle, Bauunternehmung Vetsch Klosters AG, Anhang C
Massnahmenplan	Massnahmenplan 31.08.2020, tur gmbh

2 Gegenstand

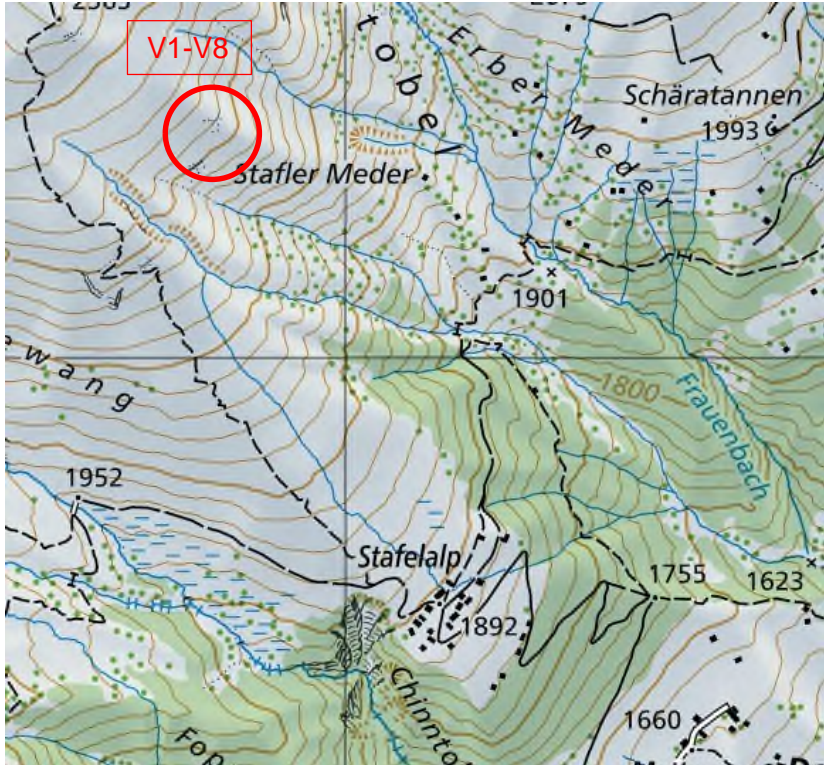
Auftrag	Die tur gmbh Davos wurde durch das Amt für Wald und Naturgefahren, vertreten durch Michel Maikoff, beauftragt Ausziehversuche nach SIA 267/1, Abschnitt 7.2.1 bzw. gemäss Vorgehen „Merkblatt zur Anwendung der erweiterten Zugprobe im Lawinen- und Steinschlagverbau“ durchzuführen.
Zielsetzung	Ziel der Ausziehversuche ist es, mit den Resultaten die äussere Tragfähigkeit des Baugrundes, die erforderlichen Ankerlängen, sowie eine charakteristische Referenzkurve für spätere Qualitätsprüfungen zu bestimmen.
Situation	

Abb. 2.1: Übersichtskarte, Lage Lawinenverbauung (Quelle: <http://map.geo.admin.ch>)

3 Bohrungen / Prüfanke

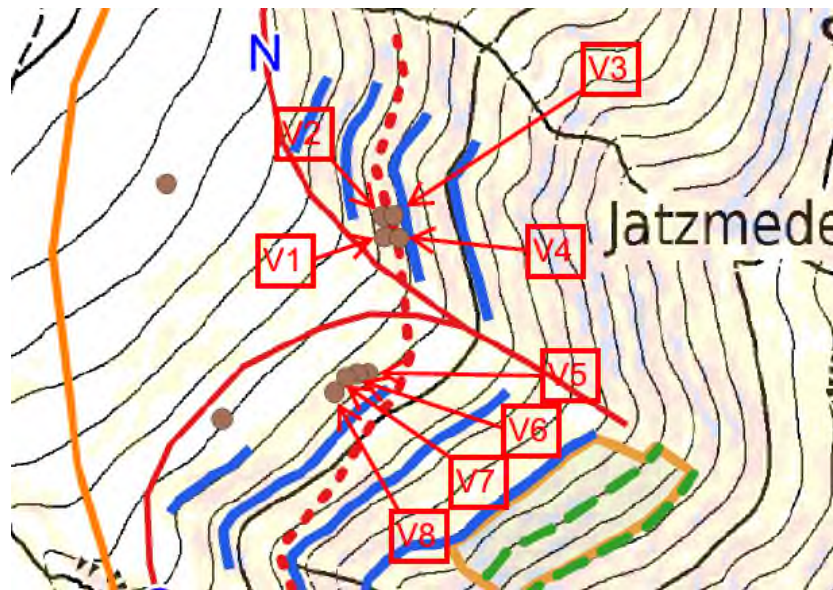


Abb. 3.1: Prüfankestandorte PA1 bis PA8 (Quelle Massnahmenplan tur gmbh)

Prüfanke

Die Standorte der Prüfanke wurden durch A. Jägli innerhalb des vorgesehenen Verbauungsperimeters festgelegt. Es wurden je 4 Bohrungen (V1 bis V4 und V5-V8) auf der Nord- respektive Südseite der stafter Meder durchgeführt. In beiden Verbauungsperimeter wurden je zwei Stabanker Gewi 28 mm und zwei Seilanker 18.5 mm versetzt.

Die Bohrarbeiten sowie das Setzen der Prüfanke wurden von der Bauunternehmung Vetsch Klosters AG ausgeführt. Die Bohrprotokolle wurden von der Bauunternehmung Vetsch Klosters AG erstellt. Alle acht Prüfanke wurden mit einer freien Ankerlänge von 1.0 m eingebaut.

Beim Einbau der Prüfanke ist man wie folgt vorgegangen:

- Unverrohrte Bohrung mit Bohrdurchmesser 105 mm
- Einbau Gewi-Anker Durchmesser 28 mm / Seilanker Geobrugg 18.5 mm mit Injektionsschlauch und Distanzhalter
- Injektion unter Druck von unten nach oben

Alle Anker wurden mit Ankermörtel Fixit 532 injiziert. Die Abbindezeit betrug mehr als 20 Tage. Im Anhang C ist das detaillierte Bohrprotokoll zu finden, welches einen Überblick über den Einbau der Prüfanke gibt.

Tabelle 3.1: Übersicht Prüfanker

Anker Nr. / Versuchs Nr.	Bohrtiefe [m]	Ankertyp [-]	Verankerungslänge [m]	freie Ankerlänge [m]	Einbindetiefe / Ankerlänge [m]	^[a] Mörtelverbrauch [L]	tDM [mm]
V1	7.0	Seil 18.5 mm	6.0	1.00	7.0	80	130
V2	7.0	Seil 18.5 mm	6.0	1.00	7.0	80	130
V3	5.0	Gewi 28 mm	4.0	1.00	5.0	64	143
V4	5.0	Gewi 28 mm	4.0	1.00	5.0	80	160
V5	7.0	Seil 18.5 mm	6.0	1.00	7.0	112	154
V6	7.0	Seil 18.5 mm	6.0	1.00	7.0	128	165
V7	5.0	Gewi 28 mm	4.0	1.00	5.0	80	160
V8	5.0	Gewi 28 mm	4.0	1.00	5.0	64	143

^[a] Die Ergiebigkeit des Mörtels wurde zu ca. 16.0 l Frischmörtel/25 kg-Sack angenommen, Angabe Hersteller Röfix.

Der theoretische Durchmesser der Mörtelsäule (tDM) beträgt max. 165 mm.

Der durchschnittliche Mörtelverbrauch pro Laufmeter ist mit 27 kg/m' normal ausgefallen.

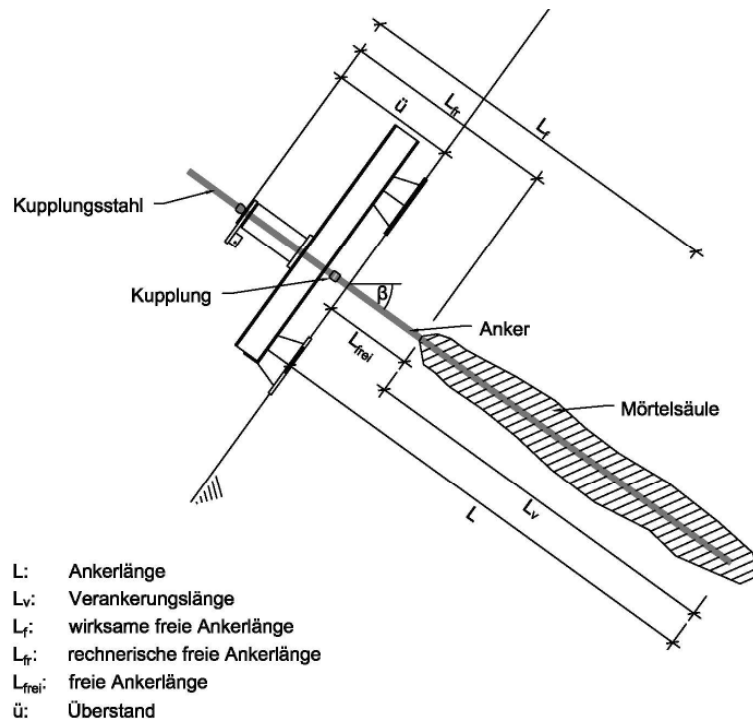


Abb. 3.2: Einbauschema Prüfanker

4 Baugrund

Baugrundeigenschaften Die Bohrungen für die Prüfkanker geben einen Überblick über den angetroffenen Baugrund. Die nachfolgenden Aussagen wurden anhand des Bohrprotokolls abgeleitet. Das detaillierte Bohrprotokoll ist im Anhang C zu finden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in der nördlichen Verbauungskammer nach drei bis vier Meter Fels aufgetreten ist. In der südlichen Kammer wurde bereits nach zirka einem Meter auf Fels gebohrt. Der Fels ist von schlechter und grosser unterschiedlicher Qualität.

5 Versuchsanordnung

Prüfmodell SIA Norm 267/1 Es wurden alle Prüfkanker gemäss Abschnitt 7.2.1 (Ausziehversuche) der SIA-Norm 267/1 geprüft, wobei die Ankerbruchlast wie folgt bestimmt werden konnte:

Um brauchbare Daten für die gesuchte Ausgleichskurve zu erhalten, müssten die Prüfkanker bis zum Bruch belastet werden. Weil der Bruch nicht in jedem Fall während des Versuchs erreicht wird, entspricht in unserem Fall idealisiert die Prüflast F_{pv} der Ankerbruchlast. Das Versuchsprogramm lässt sich somit a priori nicht festlegen. Insbesondere die Lastinkremente in der Nähe der Ankerbruchlast müssen von Fall zu Fall bestimmt werden.

Abhilfe: Wir haben die Prüflast auf max. 364kN (Seilanker) / 277kN (Stabanker) festgelegt. Mit der Wahl von 4 Laststufen, welche nach SIA 267/1, Abschnitt 7.2.1 den Bereich bis zur Prüflast gleichmässig abdecken, lässt sich die Bruchlast anhand des Kraft-Verformungsdiagramms abschätzen, falls sie im Versuch nicht erreicht wird. Alle anderen Vorschriften der Norm SIA 267/1, Abschnitt 7.2.1 sind nützlich und können für unser Versuchsprogramm übernommen werden. Sie regeln insbesondere, wann eine Laststufe abgebrochen werden darf und wann die Tragfähigkeit eines Ankers erschöpft ist (Kriechmass).

**Technische
Daten****Prüfzylinder Typ:**

LUKAS LZMH 40/200-37 Faktor Kraft/Druck in kN/bar: 0.754

Laser - Wegstreckenmesser Typ:

Micro-Epsilon ILD 1300-50

Messgenauigkeit in mm: ± 0.05

letzte Kalibrierung: 18.04.2013

Drucktransmitter Typ:

Keller PA-33 X

Messgenauigkeit in kN: ± 1.0

letzte Kalibrierung: 04.04.2016

Versuchsaufbau

Abb. 5.1: Abstand der Widerlager (Foto: PA3)

Die Widerlager der Zugvorrichtung wurden ausserhalb des unmittelbaren Kräfteinflussbereiches (ca. 30 cm Abstand zwischen Anker und Widerlager) positioniert.

6 Resultate

Definition Bruchlast nach SIA 267/1

Als Bruchlast wird nach SIA 267/1 Abschnitt 7.2.1 die Last definiert, bei welcher die Steigung (im logarithmischen Kriechdiagramm, *vgl. Anhang B*) der Kriechkurve (zeitliche Verschiebungszunahme zwischen 2 benachbarten Messpunkten) zunehmend ist und gleichzeitig die Referenzgerade mit Kriechmass $k = 2.0$ mm übersteigt.

Tabelle 6.1: Übersicht Ankerbruchlasten

Anker Nr.	Einbindetiefe / Ankerlänge [m]	LM [m]	Fels / Block [m]	Bruchlast [kN]	Bruchlast/m' [kN/m']
V1	7.0	0.60	6.40	510 ^[d]	73
V2	7.0	0.60	6.40	450 ^[d]	64
V3	5.0	0.80	4.20	590 ^[d]	118
V4	5.0	1.00	4.00	340 ^[d]	68
V5	7.0	0.80	6.20	445 ^[d]	63.5
V6	7.0	4.60	2.40	400 ^[d]	57
V7	5.0	3.00	2.00	310 ^[d]	62
V8	5.0	4.00	1.00	350 ^[d]	70

Die Bruchlasten in der *Tabelle 6.1* wurden aus dem Kraft-Verformungsdiagramm (*vgl. Anhang B*) ermittelt.

Die Bruchlasten mit dem Index^[d] sind ermittelte Werte aus dem Kraft-Verformungsdiagramm bzw. mit der Tendenz des Kriechmasses.

Die Bruchlast pro Laufmeter wurde mit der Ankerlänge bzw. Einbindetiefe berechnet.

7 Annahmen für die Bemessung der Ankerlängen

Bodentyp Aufgrund der Resultate wird für die Betrachtung des äusseren Tragwiderstandes grundsätzlich von einer Bemessungssituation ausgegangen (BESI).

BESI 2: Lockermaterial mit Fels

V1-V8 werden dieser Bemessungssituation zugeordnet.

Äussere Tragwiderstände Die folgenden äusseren Tragwiderstände $R_{,ak}$ (Einzelwerte) sind charakteristische Werte und gelten für einen Bohrdurchmesser ≥ 105 mm:

Tabelle 7.1: Übersicht charakteristische äussere Tragwiderstände $R_{,ak}$

Seilanker				
Anker Nr.	Einbindetiefe/ Ankerlänge [m]	Bruchlast [kN]	Charakt. äussere Tragwiderstände $R_{,ak}$ pro Laufmeter [kN/m']	Bemessungs- situation
V1	7.00	~ 510	73	BESI 2
V2	7.00	~ 450	64	BESI 2
V3	5.00	~ 590	118	BESI 2
V4	5.00	~ 340	68	BESI 2
V5	7.00	~ 445	63.5	BESI 2
V6	7.00	~ 400	57	BESI 2
V7	5.00	~ 310	62	BESI 2
V8	5.00	~ 350	70	BESI 2
Kleinster äusserer Tragwiderstand $R_{,ak}$			57	BESI 2
Mittelwert - Standartabweichung			60	BESI 2

Bei der Bestimmung des Mittelwertes und der Standartabweichung wurde V3 nicht berücksichtigt. Er ist als Ausreisser nach oben anzusehen.

8 Empfohlene Ankerlängen

Bemessung der erforderlichen Ankerlängen Die Bemessung der erforderlichen Ankerlängen erfolgte nach der Richtlinie Lawinnenverbau im Anbruchgebiet. Die Richtlinie besagt, dass für drei oder mehr Prüfan-ker der kleinste Wert für die Bemessung berücksichtigt werden soll. Für Boden mit mind. einem Meter Fels wurde folgender festgelegt:

BESI 2: $R_{a,k} = 60 \text{ kN/m}$ für Lockermaterial mit mind. 2m Fels

Gewählte Ankerlängen Eine detaillierte Bemessung der Ankerlängen für das System Bedo 3.5/2.5/1.1 und Spider Avalanche 3.5/2.5/1.1 ist in *Anhang D* ersichtlich.

9 Empfehlungen für die Ausführung

Bohrungen Aufgrund der gemachten Erfahrungen bei den Bohrarbeiten für die Prüfan-ker ist eine unverrohrte Bohrung möglich. Es werden vereinzelt Streckmetallrohre zur Stabilisie-rung der Bohrlöcher benötigt.

Ankermörtel Der Mörtelverbrauch ist mit 27 kg/m^3 normal ausgefallen. Wir empfehlen die Mörtel-mischung zusammen mit dem Unternehmer festzulegen und die Faktoren wie Luft-porengehalt und Druckfestigkeit zu prüfen. Für den Unternehmer ist die Menge An-machwasser (Liter/h), welche von der Mörtelpumpe und den klimatischen Bedingun-gen abhängig ist, massgebend. Der Mörtel darf ausschliesslich unter Druck von un-ten nach oben injiziert werden.

Ankerlängen Für die Ermittlung der Ankerlängen ist grundsätzlich von der Bemessungssituation BESI 2 auszugehen. Sollten wesentliche Veränderungen gegenüber des angenom-menen Bodentyps (z.B. nur Lockermaterial oder Wasser) festgestellt werden, ist dies umgehend der Bauleitung mitzuteilen. Anschliessend ist durch die verant-wortlichen Personen eine neue Beurteilung der äusseren Tragfähigkeit des Baugrundes beziehungsweise eine Anpassung der Ankerlängen vorzunehmen.

Strumpf Es wird empfohlen ohne Strümpfe zu arbeiten. Beim Einsatz von Strümpfen muss mit einem tieferen Auszieh Widerstand gerechnet werden.

Abgrenzung Alle Angaben der äusseren Tragwiderstände beziehen sich ausschliesslich auf Bohrsysteme mit einem Durchmesser von min. 105 mm.

Naturgefahrenmanagement - Ingenieurwesen - Forstwesen



tur gmbh, Promenade 129, CH-7260 Davos Dorf

Davos Dorf, 01.12.2020

A. Jägli, Sachbearbeiter

R. Störi, Geschäftsleitung tur gmbh