

## Stahlschneebrücke, Unterschächen

### Permanente Lawinenverbauung im Anbruchgebiet

- Stabilisierung der Schneedecke im Anbruchgebiet, um das Anreissen von Lawinen zu verhindern.
- Abbremsen und Auffangen von angebrochenen Schneemassen, sowie Beschränkung der Anrissfläche.
- Gegliedertes, starres Stützwerk, welches rechtwinklig zur Hangfalllinie erstellt wird.



Stahlschneebrücken Grotzenegg (Kalbermatter GmbH 2014)

### Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort: Unterschächen (UR), Berglichopf; Grotzenegglaui (2 702 050 / 1 193 540)

Bauherrschaft: Einwohnergemeinde Unterschächen

Bauleitung: Amt für Forst und Jagd Uri, Abteilung Naturgefahren, 6460 Altdorf

Ausführung: Werklieferung: Bilfinger VAM GmbH, A-4600 Wels, Österreich

Baumeisterarbeiten: Kalbermatter GmbH, 6484 Wassen

Baujahr: 08.2013 - 2015

### Funktion / Anwendungsgrenzen

Stützverbauungen sollen die Schneedecke so abstützen, damit das Anreissen einer Lawine oder eines Schneebrettes verhindert wird. Dies erfolgt durch einer der hangabwärts gerichteten Schneebewegung entgegengestellten Stützfläche, welche eine Stauwirkung erzeugt und die auftretenden hangparallelen Druckspannungen (Schneedruck) aufnimmt. Bei einem allfälligen Abbruch verhindert die Stützverbauung das Mitreissen der Altschneedecke und kann das Fortpflanzen von Scherrissen flächenmässig einschränken. Weiter wird die Geschwindigkeit der angebrochenen Lawine verringert und die abgehende Schneemenge reduziert, was die Schädwirkung verringert. Grundsätzlich ist das System bei Hangneigungen zwischen 30° und 50° auf Fels- oder Lockergestein einsetzbar. Im vorliegenden Projekt wurden Hangneigungen von 35° – 38.5° verbaut.

Bedingung für die volle Funktionsfähigkeit sind dabei eine, entsprechend der abgeschätzten extremen Schneehöhe dimensionierte wirksame Werkhöhe  $D_k$  und die richtige Positionierung im Hang. Die Stahlschneebrücken können in Werkhöhen zwischen 1.5 und 5.0 m erstellt werden. Im vorliegenden Projekt wurden die Werke auf eine  $D_k$  von 4.0 bzw. 3.5 m bemessen (s.u. Projektierung).

Die Schneebrücken selbst bestehen aus starren Stahlelementen, wobei eine Stützfläche aus einer variablen Anzahl Rostbalken (je nach  $D_k$ ) über zwei Trägern mit einer talseitigen Abstützung, bestehend je aus einer Stütze und einem Rigel, gehalten wird. Diese geben den Schneebrücken die typischerweise angestrebte talwärtige Neigung des Rostes von 15° gegenüber der Hangsenkrechten.

Der auftretende Schneedruck wird über die Rostbalken und Träger verteilt und über die Stützen (Druckkraft sowie Querdruck durch den Schnee unterhalb des Wirkungsbereiches des Bodenbalkens) in die Foundation abgeleitet. Im Lockermaterial kommen als Foundation Mikropfähle, ungespannte Zuganker, Grundplatten aus Stahl oder Betonfundamente, auf Fels auch verankerte Stützenfüsse zum Einsatz.

Am Rande der Verbauungsfläche können z.T. (hohe) Randkräfte auftreten, welche durch Randböcke (zusätzliche Stützen und Träger an den äusseren Werkelementen) aufgefangen werden können; im vorliegenden Projekt war dies jedoch nicht nötig.

Gemäss technischer Richtlinie des SLF (Margreth 2007), besteht bei der Anordnung der Stützverbauung ein gewisser Spielraum (s.u. Bemessung). Damit soll den Anforderungen der zu schützenden Objekte (Art, topographische Lage) bzw. einem als zulässig erachteten Restrisiko Rechnung getragen werden.

Wegen der starren Bauweise können Stahlschneebrücken durch Steinschlagprozesse beschädigt werden.

Die Lebensdauer wird normalerweise bei 80 Jahren angenommen.

Das System ist typengeprüft durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU).



## Voraussetzungen Baugrund

Keine besonderen Voraussetzungen. Rutschintensive Böden können jedoch Probleme bereiten. Besondere Vorgaben auch im Permafrost (siehe Richtlinie).

Im vorliegenden Projekt waren die Fundationsverhältnisse z.T. sehr schlecht (grobblockiges Gelände), dadurch musste bei einem Drittel der Werke verrohrt gebohrt werden. Der Zeitaufwand für das Bohren war dadurch rund doppelt so gross. Die restliche Fläche im unteren Teil des Verbauungsgebietes wies eine 0.5 – 1.0 m Lockermaterialschicht mit untenliegendem Fels auf.

## Gesetze / Normen

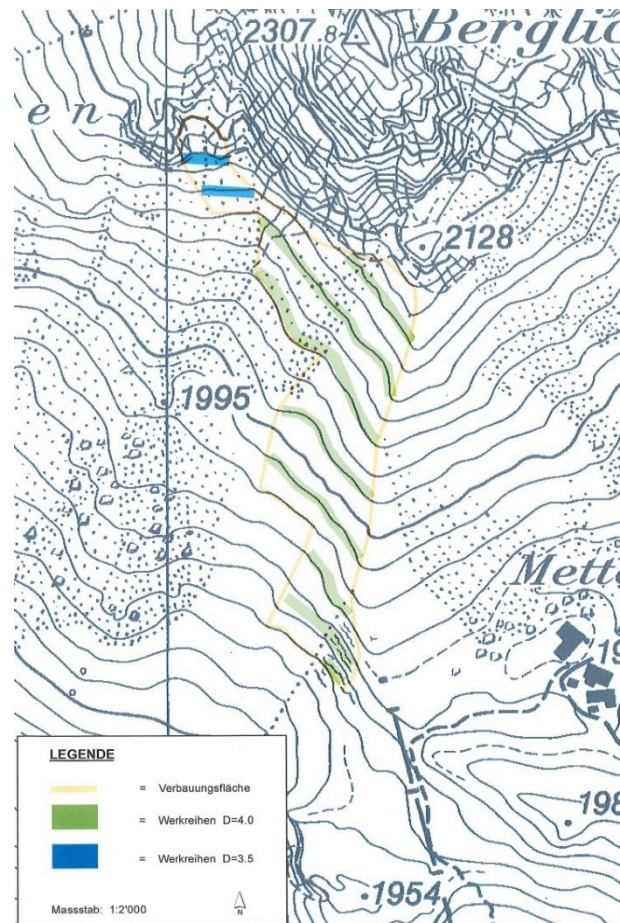
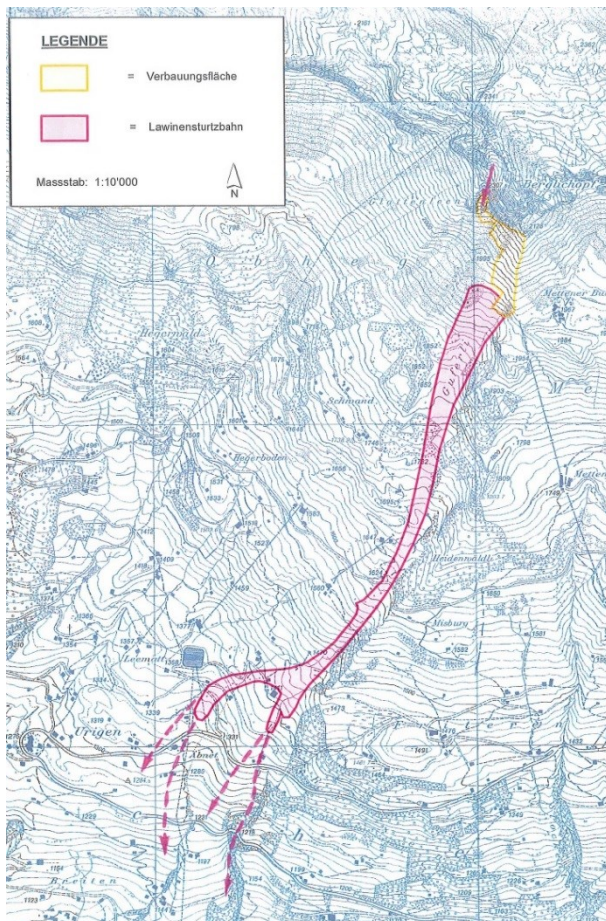
Margreth S., 2007: Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos. 136 S.

Baumann R., 2010: Typenliste Ankermörtel. Aktualisierte Ausgabe, März 2018; Erstausgabe 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1007; 4 S.

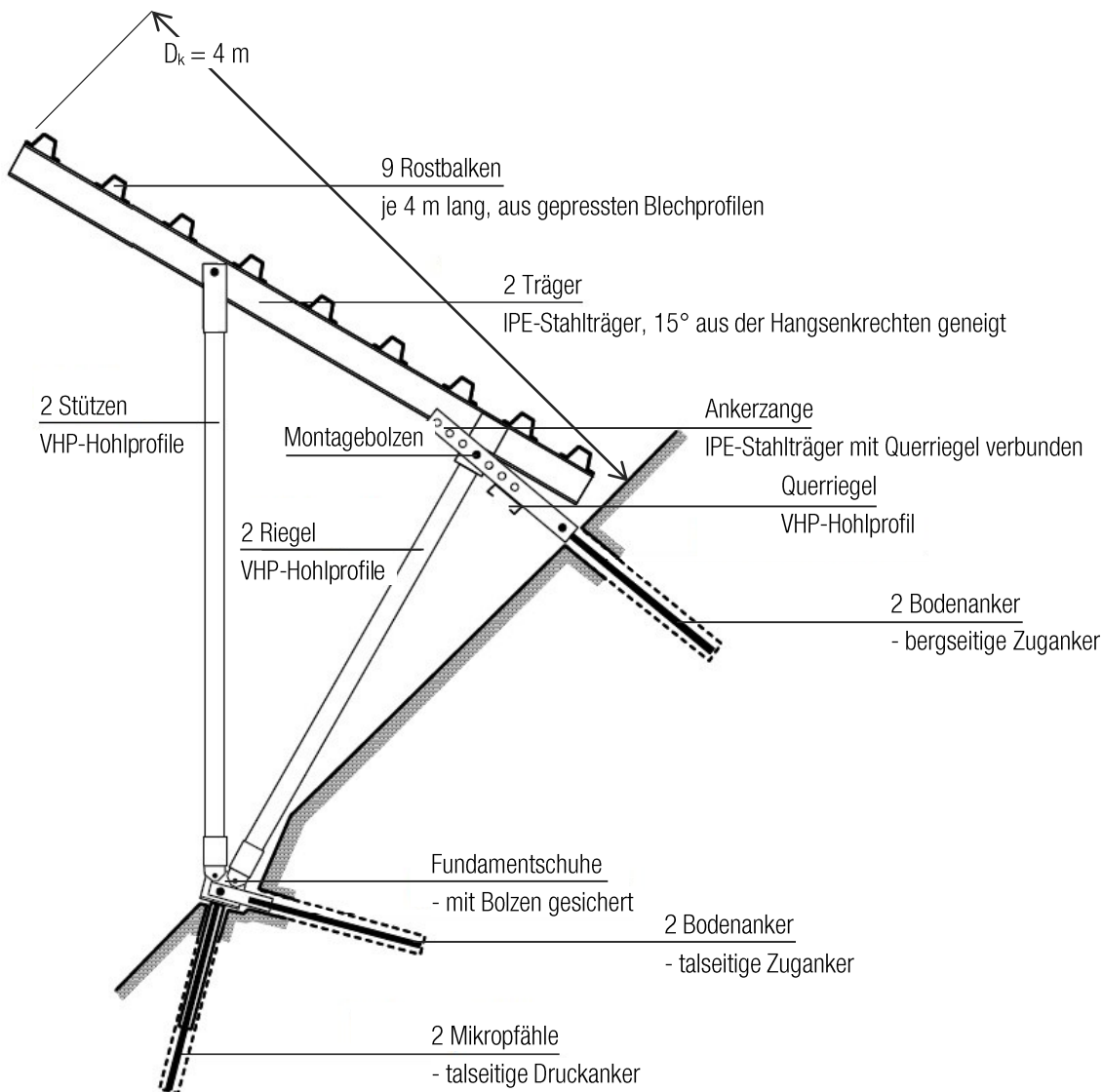
Montageanleitung des Werklieferanten Bilfinger VAM GmbH

## Projektierung

Normalie / Plan



Abgrenzung des Prozess- (links) und des Anbruchgebietes bzw. der Verbauungsfläche (rechts) (Quelle: AFJ, 2013. Lawinenverbauung Grotzenegg. Technischer Bericht, Amt für Forst und Jagd (AFJ), Abteilung Naturgefahren, 9 S.)



Skizze zum VA-BT 4.0 / 2.5 / 1.1:  $D_k = 4$  m, Gleitfaktor 2.5 und Höhenfaktor 1.1 (Quelle: Margreth 2007, verändert)

Die VA-BT-Stahlschneebrücken (Bilfinger VAM Anlagentechnik GmbH) sind für  $D_k$  von 3.0, 3.5 und 4.0 m, für die Gleitfaktoren 1.82 und 2.5 sowie einem Höhenfaktor von 1.1 serienmässig lieferbar. Der Werktyp ist bis Hangneigungen von  $45^\circ$  ausgelegt, zur Angleichung an topographische Gegebenheiten sind auch Ausführungen mit Teleskopstützen möglich. Werkelmente für niedrigere und höhere  $D_k$  sind auf Bestellung ebenfalls lieferbar. Der Stützenabstand der Einzelwerke bzw. der Zwischenraum und somit auch die Länge der Zwischensätze betragen 4.0 m. Diese Zwischensätze dienen auch dem Anpassen an die topographischen Gegebenheiten des Geländes, wobei entweder deren Länge auf unterschiedlicher Werkhöhe variiert oder über Verbindungselemente auch gewinkelte Varianten möglich sind. (Diese Angaben entsprechen weitestgehend dem Stützwerk-Standardwerktyp gemäss Margreth 2007). Exakte Werknormalien werden bei erfolgter Bestellung vom Systemhersteller ausgehändigt.

#### Tragwerksanalyse

Die Stahlschneebrücken sind dem Gelände (Hangneigung, Exposition, Topographie), den zu erwartenden Schneehöhen (Einwirkungen, insbesondere Gleitfaktor) und den verschiedenen Fundationsverhältnissen anzupassen. Ihre Tragwerksgeometrie ist erprobt. Sie werden horizontal angeordnet und ihre Stützflächen/die Rostbalken werden mit  $15^\circ$  talwärts aus der Hangneigungsnormalen geneigt. Der Aufbau ist standardisiert und typengeprüft.

Die Sicherheitsnachweise sind gemäss Richtlinie (Margreth 2007) zu erbringen. Es ist nur die Tragsicherheit nachzuweisen, nicht die Gebrauchstauglichkeit; Dauerhaftigkeit entsprechend der Nutzungsdauer von 80 Jahren.

#### Bemessung

Die Bemessung der Stahlschneebrücken erfolgt nach der Richtlinie (Margreth 2007) und entsprechend den örtlichen Gegebenheiten (s.o. Tragwerksanalyse).

Zur Ermittlung des zu verbauenden Anbruchgebietes gehört eine Beurteilung des gesamten Prozess-



gebietes (potentieller Lawinenzug). In diese Gefahrenbeurteilung gehören auch die Berücksichtigung bereits vorhandener Bauwerke, eine Gefahrenanalyse und Dringlichkeitsplanung. Meist wird eine gesamte Geländekammer verbaut oder aber die Elemente zumindest so zurückgestaffelt, dass das verbleibende Restrisiko für unterhalb liegende Werke akzeptabel wird. Damit soll auch ein optimales Kosten/Nutzen-Verhältnis erreicht werden, gesteuert durch Abwägung und Prioritätensetzung (prioritäre Verbauungsflächen).

Heute ist es üblich, eine Gefahrenbeurteilung auf eine Analyse der Geländesituation, der Schneesituation und vergangener Lawinenanbrüche, sowie auch Lawinensimulationen abzustützen. Dazu wurde im vorliegenden Projekt die Lawinensimulationssoftware RAMMS (Rapid Mass Movements, SLF 2010) eingesetzt. Mit diesen sind Anrisszonen, Fliessbahnen und auftretende Intensitäten an verschiedenen Orten des Geländes in unterschiedlichen Szenarien modellierbar. Grundlage zur Eichung und Prüfung bilden nach wie vor alte Dokumentationen und Aufzeichnungen früherer Ereignisse. Häufig betrachtete Szenarien sind 30-jährige, 100-jährige und 300-jährige Ereignisse. Eine Verbauung wird oft auf ein 100-jährliches Ereignis ausgelegt. Bei der Planung einer Verbauung ist die Festlegung des zu verbauenden Anrissgebietes (Hangneigung  $> 30^\circ$ ) und die Wahl der Werkhöhe  $D_k$  entscheidend. Zu prüfen ist auch, ob oberhalb des zu verbauenden Anrissgebietes sekundäre Anrissgebiete bestehen, die die Werke gefährden könnten.

Die Werke werden senkrecht zum vermuteten, resultierenden Schneedruck (meist Falllinie), primär unterhalb der höchstliegenden Anrisslinie erstellt (Abstand 2 – 3-fache Werkhöhe  $H_k$ ). Die vertikalen Werkabstände ergeben sich aus der Werkhöhe  $D_k$ , der Hangneigung und dem Gleitfaktor  $N$  (abhängig von Bodenrauigkeit und Hangexposition [hier: 2.5]). Die unterste Werkreihe steht entweder in flachem Gebiet oder so, dass die „Restlawine“ keine Schäden mehr verursacht.

Die Verbauung mit Stahlschneebrücken wird, wenn möglich, durchgehend in langen Werkreihen (50 m) ausgeführt. Eine Werkreihe besteht aus Einzelwerken mit einer Breite von 4 m, die mit Zwischenbalkensätzen verbunden werden. Es sind situativ auch aufgelöste Anordnungen, ausgeführt als unterbrochene oder gestaffelte Werkreihen, möglich. Zu beachten ist, dass der Zwischenabstand möglichst klein ist (bei  $> 2$  m können grosse Randkräfte auftreten) und in der Falllinie keine nicht abgedeckten „Gassen“ entstehen.

Der Baugrundwiderstand wird mit Ankerversuchen ermittelt (falls nicht schon bekannt), woraus sich dann auch die nötige Ankerlänge ergibt.

Im vorliegenden Projekt ist das eigentliche Anbruchgebiet relativ klein, aber es sind grosse Trieb-schneeansammlungen durch Nordweststaulagen möglich (überdurchschnittliche Schneehöhen). Die Bodenrauigkeit ist infolge des vorhandenen Blockschuttes abschnittsweise relativ hoch (Gleitfaktor  $N < 2.5$ ). Zur Verhinderung der typischerweise auftretenden, trockenen Staublawine, wurden letztlich im rund 2 ha grosse Verbauungsgebiet 123 Schneebrücken und 101 Zwischenbalkensätze auf rund 700 lfm Länge (694 lfm) erstellt.

Ø Kosten pro Einheit	Lieferung Stützwerke, Ankermaterial:	700 lfm zu rund 400'000 CHF, also ca. 570.-/lfm
	Einbau der Stützwerke:	700 lfm zu 735'000 CHF, also ca. 1'050.-/lfm
	Restkosten	Auf 700 lfm total 65'000 CHF, also ca. 90.-/lfm
	Gesamtkosten:	1'200'000 CHF, also gut 1'700.-/lfm

Die Restkosten beinhalten u.a. die Sicherungsarbeiten und die Schadensbehebung nach einem Blockschlagereignis sowie eine zusätzliche Installationspauschale.

Kostenwirksame situative Faktoren: Herrschende Verhältnisse (Wetter, Geologie, Gelände), Helikopterrotation (Entfernung zu Depotplatz), Anordnung der Werke, Erfahrung der Baumannschaft

Tun und Vermeiden

Durchgehende Werkreihen anstreben, denn es kann effizienter gearbeitet werden (Maschinen weniger umstellen) und es gibt weniger Stellen, wo Randwerke erforderlich sind.

Andere Naturgefahren beurteilen und berücksichtigen, z.B. Steinschlaggefahr (u.a. vorgängige Felsräumung, Einbau eines Steinschlagschutznetzes). Durch ein Ereignis kann es zu Mehrkosten kommen (Arbeitsunterbruch und Schäden an Maschinen und Material)

Früher Einbezug von Betroffenen (bspw. Ämter und Landbesitzer). Im vorliegenden Projekt wurde die Nutzung des Standortes der Alpgenossenschaft Mettinen zu denselben Konditionen wie bei einer früheren Verbauung mit einem Dienstbarkeitsvertrag geregelt (Grundbucheintrag). So auch die Benutzung der Erschliessungsanlagen (Zufahrtsstrasse Mettener Butzli) in einem Vorvertrag im Vorfeld.

Keine Grabarbeiten, um das Weideland zu schonen und der Erosion keine Angriffsfläche zu bieten.



So wenig externe Effekte wie möglich; im vorliegenden Projekt:

- Quelfassungen nicht betroffen
- Natur- und Landschaftsschutzgebiete nicht betroffen
- Landwirtschaftliche Nutzung bleibt erhalten
- Keine übermässige Störung Dritter

## Materialien

Namen

Stahlstützwerke, bestehend aus:

- Stützen (inkl. Riegel; VHP-Hohlprofile)
- Träger (inkl. Ankerzangen; IPE-Stahlträger)
- Balkenrost (inkl. Zwischensätze; gepresstes Blechprofil)

Stahlqualität: Anwendungsbereich 2 A2 (SIA 263) und Güteklasse mindestens JR, mit genügend Sprödbruchsicherheit

Anker: Die Ankerlänge wurde entsprechend von Ausziehversuchen mit typischen Werten für mittlere Böden gewählt (4-6 m; wenn sehr flachgründig auch 3.5 m); der Korrosionsschutz (Abrostungszuschlag, Mörtelüberdeckung, Hüllrohr) ist für verschiedene Anker je nach Baugrund unterschiedlich

Lawinenmörtel nach jeweils aktueller BAFU-Typenliste (nach EMPA-Verfahren geprüft, Prüfbericht < 3 Jahre); im vorliegenden Projekt: Creteolnject 995,  $\varnothing$  0-0.5 mm, DF 40 N/mm<sup>2</sup>, XF3 (Röfix AG)

Klein- und Schraubmaterial

NPK Kapitel / Position

Materiallieferung Stützverbau Stahl:	NPK 214.41X.XXX
Montage Stützverbau aus Stahl:	NPK 214.51X.XXX
Anker und Mikropfähle Bohren und Versetzen:	NPK 214.57X.XXX

Mindestanforderungen

Materialeigenschaften (s.o. Namen)

Verarbeitung Tipp

Wenn Lieferung, Ankerarbeiten und Montage als eine Leistung ausgeschrieben werden, entlastet dies logistisch die Bauherrschaft und Bauleitung.

Ø Menge pro Einheit

-

## Mittel

Maschinen

Transporter; bspw. 2-Achs-LKW, Helikopter

Geräte

Kompressor und Bohrgerät (Lafette), Mörtelpumpe, ev. Seilwinden, Benzinflex oder Generator

## Installation

Materialumschlag- und Lagerplatz und anschliessender Helikoptertransport. Wenn eine nahe Zufahrt besteht, können die Arbeiter direkt von dort aus zu Fuss gehen (wie im vorliegenden Projekt: Mettener Butzl), was sich positiv auf die Kosten auswirkt.

Allenfalls Baupiste oder Erschliessungsbahn andenken, sowie Fusspfade als Zugang für die Bauarbeiter erstellen.

Bauwasser aus Quellen und/oder Regenwasser

In sehr steilen Passagen müssen für die Bohrarbeiten z.T. Gerüste gestellt werden (Gerüst stellen kann auch mal 0.5 – 1 Tag dauern). Im vorliegenden Projekt war dies immerhin auf rund 100 lfm der Fall.

## Ausführung

Absteckung

Nulllinienabsteckung nach Richtlinie (Abstände etc.); versuchen, durchgehende Werkreihe zu stellen, dabei Rücksicht auf die gegebene Topografie nehmen (Rippen, grosse Blöcke vermeiden, an die Position der Verankerungspunkte denken). Die Detailabsteckung liegt beim Unternehmer.

Erdarbeiten

Grundsätzlich keine; allfällige Probleme eher umgehen (Werkreihenposition, Stützenlänge etc.)

Arbeitsschritte

- (1) Absteckung der Nulllinie bzw. Ermittlung der Werkpositionen
- (2) Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes (Ankerzug- bzw Ausziehversuche nach SIA 267/1 Abschnitt 7.2.1 zur Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes, woraus sich die Ankerlänge ergibt). **Wird normalerweise ein Jahr früher gemacht.** Weiter soll die Kompatibilität der Mörtel-Mischpumpenkombination falls erforderlich in Vorversuchen geprüft werden.



- (3) Bohren und Versetzen der Anker, sowie deren Qualitätsprüfung (Zugproben und Konformitätsprüfungen am Ankermörtel)
- (4) Aufnahme der positionsabhängigen Konstruktionsmasse (Dimension) per Baulehre und anschliessende Bestellung der Werkelemente (variable Stützenlänge)
- (5) Bereitstellen der Elementteile auf dem Materialumschlagplatz
- (6) Helikoptertransport zum Verwendungsort
- (7) Montage der Stahlstützwerke
- (8) Endmontage: Allfällige Sicherheitseinrichtungen anbringen, um Wildtiere oder Vieh auf der Weide und/oder Menschen zu schützen

#### Tun und Vermeiden

Für Unvorhergesehenes genügend Zeitreserven einplanen, v.a. Verzögerungen durch Schlechtwetterperioden einrechnen (v.a. früher Wintereinbruch und späte Ausaperung; führt jeweils zu Neuinstallation).

Der Mörtelaushärtung genügend Zeit lassen (mindestens 7 Tage), bis er genügend abgebunden ist. Nicht bei zu heissem (trockenem) Wetter Mörtelarbeiten ausführen, da dies zu ungleichmässigem Abbinden und Rissbildungen führen kann. Nicht von äusseren Umständen beeinflussen lassen (Zeitdruck etc.).

#### Abschlussarbeiten

Bauabnahme und Mängelprüfung

#### Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

- |                                     |  |   |
|-------------------------------------|--|---|
| immer                               | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>9 lebenswichtige Regeln</b> für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820)</li><li>▪ <b>Notfallplanung</b> (SUVA Publikation 67061)</li><li>▪ <b>Arbeitsvorbereitung (AVOR)</b> (SUVA Publikation 67124)</li></ul> |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Naturgefahren, Gebirge</b> (SUVA Publikation 33019, 67154)  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang</b> (SUVA Publikation 33016, 44002) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Maschineneinsatz</b> (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574)   | <input type="checkbox"/> <b>Graben und Baugruben</b> (SUVA Publikation 67148)                                   |
| <input type="checkbox"/>            | <b>Strom auf der Baustelle</b> (SUVA Publikation 67081, 67092)   | <input checked="" type="checkbox"/> <b>Zusammenarbeit mit Fremdfirmen</b> (SUVA Publikation 66092/1)            |
| <input type="checkbox"/>            | <b>Verkehr und Infrastruktur</b> (SN 640886)   | <input type="checkbox"/> <b>Waldarbeiten</b> (SUVA Publikation 84034)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <b>9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal</b> (SUVA Publikation 88819)   | <input type="checkbox"/> <b>Arbeiten am, im oder über Wasser</b> (SUVA Publikation 67153)                       |

#### Werterhalt

laufend

-

periodisch

Sichtkontrolle nach grosser Belastung (grosse Schneemengen) und jährliche Sichtkontrolle zur Schadenserhebung (Kufi-Kontrolle); allfälliger Austausch beschädigter Elemente (Steinschlag).

Alle 3-5 Jahre Zustandserfassung (detaillierter bei kritischen Bauteilen).

Momentan werden im Kanton Uri alle (grossen) Schutzbauwerke in einer Unterhaltsdatenbank erfasst. Diese GIS-Datei soll letztlich vorgeben, wann und wo, was beurteilt wird; es definiert zumindest den Moment für die grobe Sichtkontrolle.

#### Rückbau

Rückbauen der Elemente in Einzelteile und Ausfliegen mit dem Helikopter. Die Anker verbleiben im Boden. Die Stahlteile der Wiederaufbereitung zuführen. Bis jetzt gibt es noch kaum Erfahrungswerte, ob die einzelnen Stahlteile allenfalls direkt wiederverwendbar sind.

#### 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 (Quellen: AFJ und Marco Epp, Vorarbeiter Kalbermatter GmbH)



Abbildung 1: Sicht ins Anbruch- und Verbauungsgebiet unterhalb des Berggipfels, Unterschächen (UR; AFJ 2013)



Abbildung 2: Für den Flugtransport vorbereitetes Stützverbau-Material auf dem Installationsplatz Mettener Butzli (Epp 2014)



Abbildung 3: Bohrarbeiten für die bergseitigen Zuganker der Ankerzangen (Epp 2013)



Abbildung 4: Installierte Ankerzangen, welche durch Bolzen mit den Trägern der Stahlschneebrücke verbunden werden (AFJ 2013)



Abbildung 5: Einsatz der Bohrlehre zur Ermittlung der Position der Bohrlöcher für die Stützenanker (AFJ 2014)



Abbildung 6: Bohrarbeiten für die talseitigen Verankerungen der Stützen (Epp 2013)



Abbildung 7: Temporäre Holzplattform als Lagerplatz für benötigtes Material und Werkzeuge (Kalbermatter GmbH 2013)



Abbildung 8: Erleichterte und sicherere Bohr- und Montagearbeiten durch Arbeitsgerüste (Kalbermatter GmbH 2013)



Abbildung 9: Stahlböcke als temporärer Depotplatz und Auf-fangvorrichtung für das Materiallager (Epp 2013, verändert)



Abbildung 10: Die oberen Werkreihen sind für die Montage der Stützen und Träger vorbereitet (Epp 2013)



Abbildung 11: Montage der Stahlschneebrücken in Etappen, Blick auf die obere Werkreihe (Kalbermatter GmbH 2014)

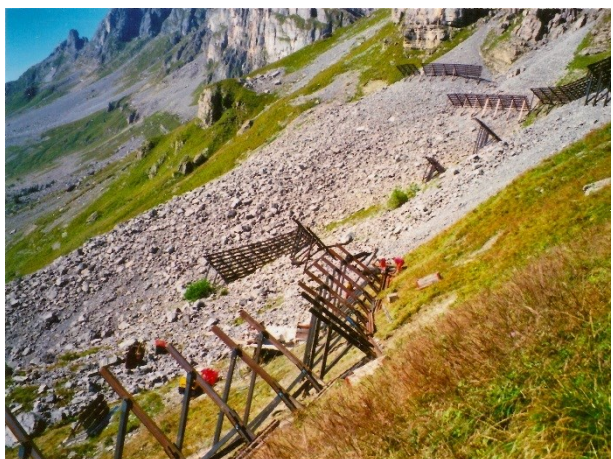


Abbildung 12: Träger an bergseitigen Ankerzangen und Stützen auf talseitigen Anker sind montiert (Kalbermatter GmbH 2014)





Abbildung 13: Naturgefahren auf der Gebirgsbaustelle; Durch ein Steinschlagereignis zerstörter Kompressor (AFJ 2014)



Abbildung 14: Montage der Stahlschneebrücken in Etappen, Blick in die östliche Hälfte der Verbauungsfläche (Epp 2014)

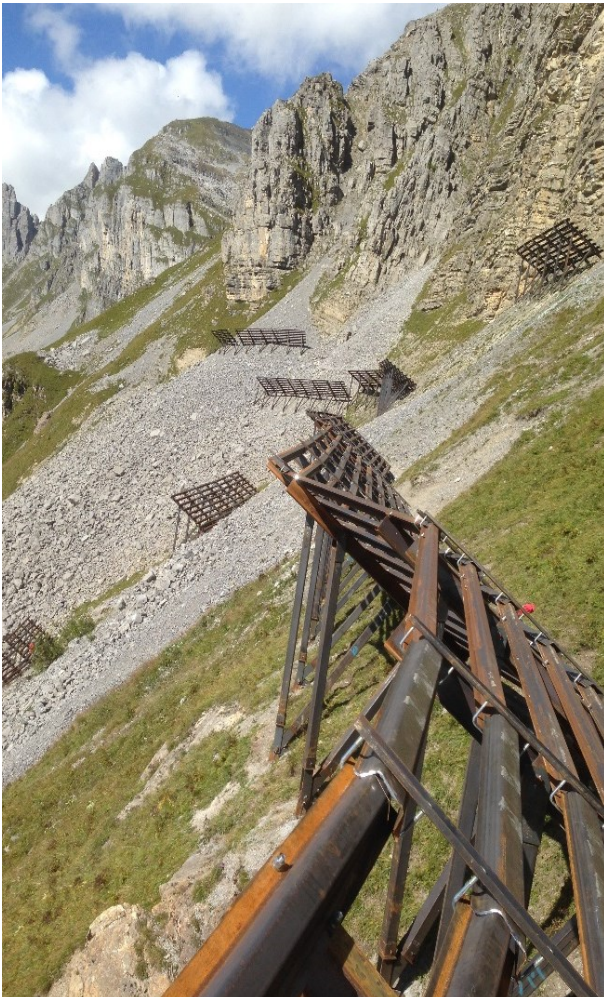


Abbildung 15: Fertiggestellte Stahlschneebrücken; Details zur Verbindung von Träger und Balken (Epp 2014)



Abbildung 16: Blick talwärts über Verbauung und Lawinenzug, Detail: Zwischensätze als Werkverbindungen (Epp 2014)



Abbildung 17: Fertiggestellte obere Werkreihen unterhalb des Berglichopf (Epp 2014)