



Stabanker, Davos

Standardvorgehen zur Verankerung von Lawinenbauwerken mit Stabanker

- Stabanker sind Zuganker und dienen als Bauteil im forstlichen Bereich v.a. dem Rückhalt und der Sicherung von Bauwerken im geneigten Baugrund (speziell Schutzbauten)
- Zuganker sind situativ an örtliche Verhältnisse anpassbar und können auch auf bzw. in schwierigem Baugrund verwendet werden
- Für Zuganker bestehen detaillierte Vorgaben für deren Einbau und für Prüfverfahren zur Qualitätssicherung



Einrichtung für Ausziehversuch an Versuchsanker 2, Dorfberg

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort: Davos (GR), Dorfberg (2 782 390 / 1 188 080)

Bauherrschaft: Gemeinde Davos, Hanspeter Hefti, Revierleiter Forstbetrieb Gemeinde Davos

Projektleitung: Amt für Wald und Naturgefahren (AWN) GR, Region 1, Michel Maikoff, Spezialist Schutzbauten

Projektierung/Bauleitung: tur GmbH, 7260 Davos Dorf, Reto Störi, Projektleiter Ankertechnik

Ausführung: Bauunternehmung Vetsch, 7252 Klosters Dorf

Baujahr: 2014 – 2015

Funktion / Anwendungsgrenzen

Stabanker (nachfolgend als Anker bezeichnet) sind gebohrte, schlanke Bauelemente, welche durch ein Zugglied (gerippter Stahlstab) Kräfte in den Baugrund übertragen. Sie wurden in den 1960er Jahren konzipiert und seither ständig weiterentwickelt, wobei v.a. dem Korrosionsschutz grosse Beachtung geschenkt wurde. Stabanker dienen u.a. der Sicherung von Bauwerken (bspw. Schutzbauten gegen Naturgefahren) im geneigten Gelände und können nach verschiedenen Kriterien bzw. Voraussetzungen (v.a. des Baugrunds) kategorisiert werden, wobei anschliessend auf das vorliegende Projekt am Dorfberg (Davos GR) als Beispiel eingegangen wird.

Im forstlichen Bereich kommen vorwiegend permanente Verankerungen zum Einsatz (> 5 Jahre), welche meistens gebohrt versetzt werden. Der Verbund zwischen Ankerstahl und Baugrund wird durch Einpressen von Mörtel in das Bohrloch erbracht (Mörtelinjektion), wobei die Anker nach Aushärten des Ankermörtels auf die bemessenen Kräfte belastbar sind (ungespannte Anker werden durch die Belastung kraftschlüssig).

Im vorliegenden Projekt wurde der Anker verrohrt gebohrt, wobei der Stabanker in ein vorgängig gebohrtes und verrohrt Bohrloch versetzt wird, anschliessend wird die Verrohrung gezogen und das Bohrloch ausinjiziert, wodurch ein kräftiger Verbund zwischen Anker und Baugrund entsteht.

Für Stabanker werden Stahlstäbe unterschiedlicher Stahlgüte, mit verschiedenen Durchmesser (20 – 65 mm) und Längen bis 16 m verwendet (über Muffen sind auch Stösse möglich, was Verlängerungen oder den Einsatz in beengten Verhältnissen vereinfacht oder erst ermöglicht).

Im vorliegenden Projekt wurden Stabanker zur Verankerung von Stahlschneebrücken des Typs VA-BT 3.5/2.5/1.1 zur Erweiterung der Lawinenverbauung am Dorfberg oberhalb von Davos Dorf bemessen, erstellt und geprüft.

Voraussetzungen Baugrund

Bei Verankerungen kann nicht im ursprünglichen Sinne von Baugrundvoraussetzungen gesprochen werden, vielmehr bestimmen diese die Wahl des Ankertyps. Somit sind Verankerungen sowohl im Lockermaterial wie auch im felsigen Gelände, bei Erosionserscheinungen und bei schwierigen Baugrundverhältnissen einsetzbar. Ein Baugrund aus kompaktem bis leicht zerklüftetem, nicht verwittertem und normal bohrbarem Fels gilt für sog. Felsanker als ankerfähig. Bei höherem Verwitterungsgrad bzw. weiter fortgeschrittener Bodenbildung wird von Bodenankern gesprochen, wobei je nach Eigenschaften des Untergrunds unterschiedliche Unterklassierungen der Bodenanker (bspw. Sprenganker) z.T. mit allfälligen Hilfsmitteln eingesetzt werden.



Die durchgeführten Bohrungen werden in Bohrprotokollen festgehalten und geben Aufschluss über den Baugrund (Mächtigkeit der Lockergesteinsschicht, Findlinge und Blöcke, Hangwasser und Klüfte).

Im vorliegenden Projekt besteht der Baugrund mehrheitlich aus Zweiglimmer-Plagioklasgneise mit Muskovitflatschen (Dorfberggneis), welche lokal von Hang- und Blockschutt und teilweise Moränenmaterial überlagert sind (v.a. in den Mulden). Stellenweise, v.a. auf den Geländerücken, kommen auch anstehende Felspartien zum Vorschein. Tektonisch lässt sich das Verbauungsgebiet am Dorfberg wie folgt einordnen: Einteilung: Quartär, Ostalpin; Einheit: Unterostalpin; Decke: Tschirpen-Decke; Zone: Gravitativ und Glazial, Dorfberg-Zug

Gesetze / Normen

SIA 118/267 Allgemeine Bedingungen für geotechnische Arbeiten, SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke, SIA 267 Geotechnik sowie SIA 267/1 Geotechnik - Ergänzende Festlegungen, SIA 267.153 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Bodenvernagelung, SIA 193.121 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten - Injektionen

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.

Störi R, 2014. Merkblatt zur Anwendung der erweiterten Zugprobe im Lawinen- und Steinschlagverbau. Bundesamt für Umwelt (BAFU), 38 S.

ASTRA, 2007. Boden- und Felsanker. Richtlinie, Ausgabe 2007 V3.11. Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern, 37 S.

Aktuelle Typenliste Ankermörtel: BAFU, 2016. Typenliste Ankermörtel. Bundesamt für Umwelt, Ittigen. 4 S.

DIN EN 1537 Verpressanker

Projektierung

Für die Verwendung von Stabanker als geotechnische Anker bestehen diverse Vorgaben und Kontrollen, wobei die Normen SIA 267 und 267/1 massgebend sind. Vorgängig oder bei Beginn der Ankerarbeiten werden Ankerversuche durchgeführt (normalerweise Ausziehversuche). Diese dienen der Bemessung der Anker, insbesondere der Ermittlung des in einer bestimmten Tiefe erreichbaren äusseren Tragwiderstandes ($R_{a,k}$, stark vom Baugrund bzw. Gesteinsmaterial abhängig) und der nötigen Verankerungslänge. Während oder nach den Ankerarbeiten werden Zugproben durchgeführt, welche der Überprüfung der Ausführungsqualität dienen; nebenbei ist auch die Beschaffenheit des Ankermörtels zu überprüfen (Konformitätsprüfungen).

Um die Anforderungen an die Verankerungen zu erfüllen, sind folgende Kenntnisse erforderlich:

- Einwirkungen: Ankerkräfte (Zug- und Querkräfte), Kriechbewegungen Baugrund (Bodenmasse), Umgebung (Korrosionsgefahr), evtl. Steinschlag, evtl. Streuströme etc.
- Tragwerksmodell: Baugrund (Tragfähigkeit Boden), Mantelreibung (Kraftabtrag in den Baugrund), Korrosionsschutz (Mörtelhülle), Verbauungssystem (spezifische Anforderungen jeweiliger Bauwerkstypen) -> Tragsicherheitsnachweise
- Auswirkungen: Scherspannung (Querbelastung, Bohrlochbewegungen), Zugbelastung Boden

Verankerte Bauwerke werden i.d.R. während der gesamten Nutzungsdauer durch Inspektionen und z.T. Verformungsmessungen überwacht. Für Anker im Lawinenverbau gilt die BAFU-Richtlinie Lawinenverbau im Anbruchgebiet (Margreth 2007).

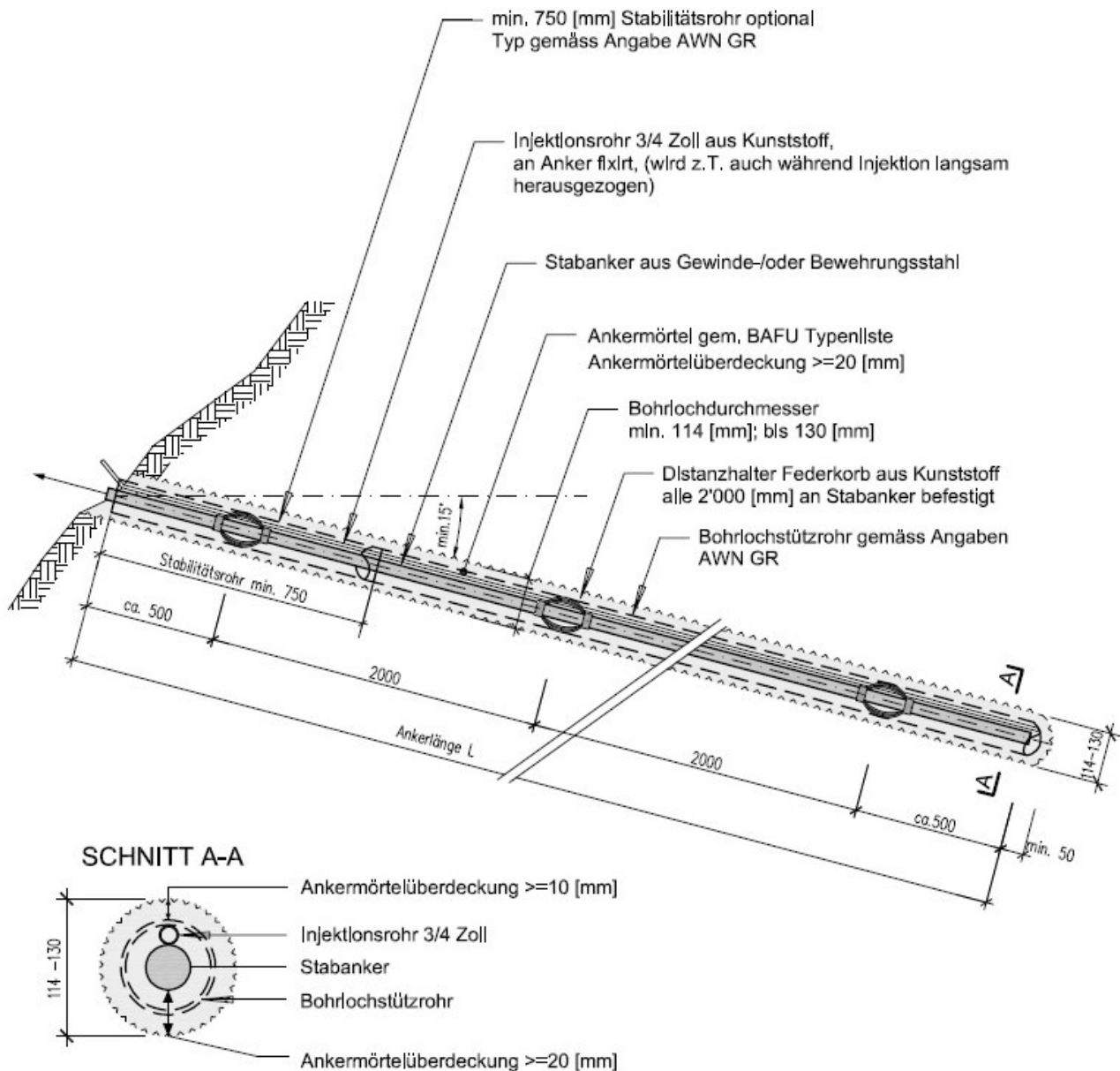
Verankerungssysteme und Ankerlasten

Verankerungen im Lawinenverbau sind grundsätzlich Bestandteil der Homologierung, zusätzliche Fundamente (bspw. aufgrund von grossen Querkraften) oder Verankerungen mit höheren Korrosionsstufen sind projektspezifisch festzulegen. Die Ankerkräfte sind systemabhängig und werden von Systemlieferanten angegeben, wobei zu beachten ist, dass deren Kraft- und Lastangaben oft nicht einheitlich sind (Gebrauchslast, Prüflast, Nennlast, etc. -> klarstellen, was der massgebenden Bemessungslast gemäss Norm SIA 260 entspricht).

Bei Stabankern ist entlang der Ankerlänge (Länge zwischen Ankerkopf und Endpunkt des Ankers) oftmals ein unterschiedlicher Kräfteintrag erwünscht, damit dieser gezielt in tieferen Baugrundsichten erfolgen kann, dadurch ein grösseres Bodenvolumen aktiviert und eine grössere Reaktionskraft mobilisiert wird. Dafür werden beim Einbau Kunststoffrohre eingesetzt, die über den Ankerstahl geschoben werden. Auf dieser Freispielstrecke, der sog. freien Ankerlänge, besteht kein Kontakt zum Baugrund, wodurch dort keine Kräfte in den Baugrund abgeleitet werden. Diese freie Ankerlänge beginnt am Ankerkopf und reicht bis zum Ende des Rohrs, anschliessend beginnt die Verankerungslänge, in welcher die Kräfte in den Untergrund übertragen werden (s. Normalie u.).



Normalie / Plan



Bemessung:	Einbau:	Korrosionsschutzstufe:
Ankerlänge L ist abhängig von den projektspezifischen Bodenkennwerten. $R_{a,k}$ ist mit Ausziehversuchen nach SIA 267/1 zu bestimmen. Ankerlänge L gemäss Angaben AWN GR Stahlqualität und Durchmesser gemäss Angaben Systemlieferant	Bohrlochstützrohr vor dem Ziehen der Verrohrung ins Bohrloch setzen Anker in Bohrlochstützrohr zentrieren Stabilitätsrohr als Schutz vor Steinschlag oder gegen Querbeanspruchung einbauen Injektion des Bohrlochs ist von unten nach oben und unter Druck auszuführen.	Schutzstufe 1 (gemäss SIA 267) Abrostungszuschlag 2 [mm] pro Aussenfläche gemäss Ziffer 5.2.4.3 / RL07

Normalie: Stabanker im Lockergestein, verrohrt (Auszug aus den Fundationsnormalien des AWN 2014, verändert)

Baugrundmodelle

Zur Charakterisierung des Baugrunds werden in der Praxis einfache Baugrundmodelle verwendet (idealisierte Beschreibung durch Baugrundwerte), welche den Boden in grobe Abstufungen einteilen und geometrische und geotechnische Werte des Aufbaus und der Eigenschaften des Baugrunds wiedergeben. Es wird somit meist auf eine aufwändige Klassifizierung nach USCS verzichtet (Bodenproben und Siebkurve). Für die Bemessung der effektiven Ankerlänge sind jedoch beide unzureichend und dürfen gemäss Margreth (2007) nur für Vorbemessungen verwendet werden (charakteristische äussere Ausziehkräfte in Abhängigkeit der Ankerlänge und des Bodentyps sind ebenda zu finden). Zur definitiven Festlegung der Ankerlänge sind Ausziehversuche durchzuführen.

Einwirkungen

Stabanker sind grundsätzlich so anzuordnen, dass sie axial und auf Zug beansprucht werden. Quer zur Achse ist der Tragwiderstand verhältnismässig gering. Bei Querbelastungen (Zugrichtung \neq Ankerrichtung) von Felsankern ist der Einsatz von flexiblen Seilankern meist vorteilhafter. Bei Bodenankern reicht an günstigen Standorten (dichtgelagerter, fester Boden) der Einbau eines Stabilitätsrohres, anderenfalls kann der Einbau eines Betonfundamentes empfehlenswert sein (lockerer Boden).

Tragsicherheitsnachweise

Es wird zwischen innerem ($R_{i,k}$; Fließgrenze des Stahls) und äusserem Tragwiderstand ($R_{a,k}$; Widerstand zwischen Anker und Mörtel, zwischen Verpressmasse und Baugrund sowie Widerstand vom Baugrund gegen Grundbruch) unterschieden. Die Tragwiderstände hängen im Wesentlichen vom Anker (Stahlquerschnitt, -güte), von der Vermörtelung (Verpressmasse, Bohrlochquerschnitt) und vom umliegenden Baugrund ab. Bei der Bemessung wird der Minimalwert von innerem und äusserem Tragwiderstand berücksichtigt, somit gilt: $R_k = \text{Minimum}(R_{i,k}, R_{a,k})$

Auf den inneren Tragwiderstand, welcher für den statisch wirksamen Stahlquerschnitt nachzuweisen ist, wird hier nicht näher eingegangen, da dieser Sache des Systemherstellers und durch diesen nachzuweisen ist.

Äusserer Tragwiderstand - Ausziehversuche

Ausziehversuche dienen v.a. bei grösseren Projekten oder schwierigen Bodenverhältnissen der Ermittlung des Baugrund- bzw. Auszieh- widerstandes $R_{a,k}$ von Ankern (also dem charakteristischen Wert des äusseren Tragwiderstandes). Sie werden als Bemessungsgrundlage für Bauwerksanker verwendet, wobei auch das Verbundverhalten zwischen Anker und Baugrund geprüft werden soll. Weiter können auch Empfehlungen für die Wahl der Ankerlängen (Einbindetiefe der Anker) und die Bauausführung (Ankertyp, Bohrsystem, Mörtel- verbrauch) gemacht sowie unerwartete Probleme allenfalls frühzeitig erkannt werden (wird im Prüfbericht festgehalten). SIA 267/1 gibt detailliert vor, wie die Ausziehversuche abzuwickeln sind. Die Versuchsanker werden gleich wie die Bauwerksanker, jedoch in jedem Fall mit freier Ankerlänge ausgeführt (üblicherweise 1 m).

Die Anzahl Versuchsanker richtet sich nach der Projektgrösse, dem potentiellen Versagensrisiko und den Baugrundverhältnissen. Dabei werden pro Hektare Verbauungsfläche standardmässig mind. drei (bis fünf) Ausziehversuche pro Untergrundbereich mit vergleichbaren geotechnischen Eigenschaften durchgeführt.

Ausziehversuche können a) vor der Submission (aufwändig [„extra“ Installation], aber frühzeitige Problemerkennung und genauere Projektierung) oder b) vor Baubeginn durchgeführt werden (geringere Kosten [Baustellen-Installation], Wartezeit bzw. Stillstand und Unsicherheiten für die Vorkalkulation); c) einem Verzicht ist eher abzuraten (Überdimensionierung führt zu hohen Kosten, es besteht eine grössere Unsicherheit und Haftungsprobleme im Schadensfall).

Die Standorte der Versuchsanker im Verbauungsperimeter werden vom Prüfingenieur zusammen mit der Projektleitung festgelegt und sollen bestmöglich verteilt sowie an Standorten mit potentiell tiefem Auszieh- widerstand gesetzt werden (z.B. viel Lockermaterial). Für die Versuchsanker wird aufgrund von Erfahrungswerten eine bestimmte Ankerlänge gewählt.

Im vorliegenden Projekt wurden die Ausziehversuche von der tur GmbH geleitet, wobei auch die Bohrprotokolle von jener erstellt wurden. Bei den Versuchsanker wurde wie folgt vorgegangen:

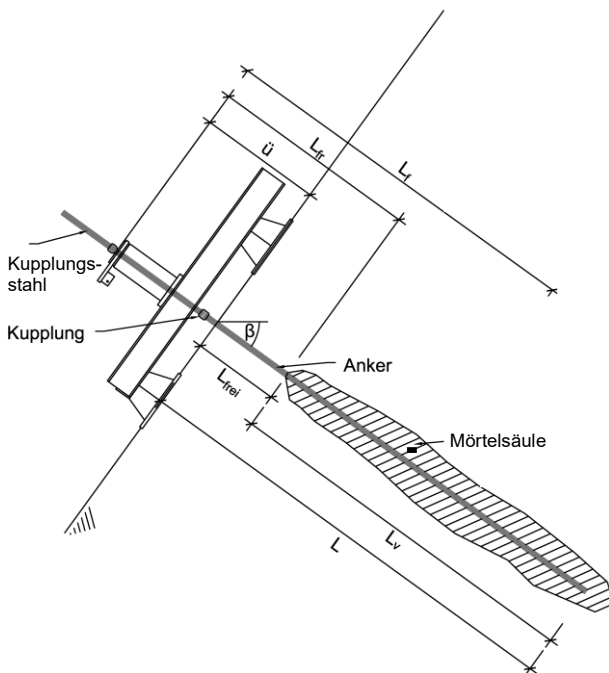
- Erstellung Bohrloch mit verrohrter Bohrung \varnothing 110 mm
- Einbau GEWI 32 B500B, 5.6 m Ankerlänge, 1 m freie Ankerlänge (4.6 m Verankerung)
- Bei drei der total sechs Anker wurden zusätzlich Strümpfe angebracht (HATE / 140 mm)
- Mörtelinjektion unter Druck von unten nach oben (Injektionsrohr ausziehen); Ankermörtel Fixit 532, Abbindezeit 15 Tage

Durch die Versuchsanker bzw. Hinweisen aus dem Bohrprotokoll lassen sich weitere Daten für die Ausführung ableiten. Für das vorliegende Projekt konnte eine verrohrte Bohrung empfohlen und die Mörtelkonsistenz bestimmt werden. Die Ergiebigkeit des Mörtels wurde auf 16.0 l Frischmörtel / 25 kg-Sack angenommen, wobei der Durchmesser der Mörtelsäule (TDM) zwischen 120-135 mm variiert. Die Injektionsmengen sind moderat ausgefallen, wobei der Mörtelverbrauch durchschnittlich bei (18) 21 (23) kg/lfm lag. Diese Werte gelten für Bohrdurchmesser von 110 mm, bei Änderungen des Baugrunds kann sich der Mörtelverbrauch verändern.

Prüfmodell SIA 267/1

Die Versuchsanker werden nach SIA 267/1, Abschnitt 7.2.1 (Ausziehversuche) geprüft, wobei die Ankerbruchlast bestimmt werden soll (während des Versuchs erreicht oder extrapoliert). Das Versuchsprogramm lässt sich nicht vorneherein festlegen, sondern muss von Fall zu Fall bestimmt werden. Die Norm regelt auch, wenn eine Laststufe abgebrochen werden darf und wann die Tragfähigkeit eines Ankers erschöpft ist (Kriechmass).

Versuchsanordnung Ankerausziehversuch



- L: Ankerlänge
- L_v : Verankerungslänge
- L_f : wirksame freie Ankerlänge
- L_{fr} : rechnerische freie Ankerlänge
- L_{frei} : freie Ankerlänge
- \ddot{u} : Überstand



Abb.: Links: Schema Ankerzugvorrichtung für Ausziehversuche und Ankerproben; rechts: Versuchsanordnung am Dorfberg (Quelle: tur GmbH 2014)

Die Widerlager der Zugvorrichtung sollten ausserhalb des unmittelbaren Kräfteinflussbereiches positioniert werden (ca. 30 – 40 cm Abstand zwischen Anker und Widerlager).

Resultate

Im vorliegenden Projekt wurden sechs Versuchsanker (VA) getestet, wobei je drei in zwei unterschiedlichen Bodentypen eingesetzt wurden (mit und ohne Strumpf). Beim VA2 im Bodentyp 1 „ohne Strumpf“ (5.6 m Einbindetiefe mit 4.6 m Ankerlänge) wurde die Bruchlast bei rund 360 kN erreicht (Bruchlast/lfm: 64 kN/lfm). Gemäss Richtlinie wird bei drei VA der tiefste gemessene Wert für $R_{a,k}$ übernommen (hier: 58 kN/lfm für Bodentyp 1).

Die bei Ausziehversuchen ermittelten Ankerlängen sind ausschliesslich für den vorgesehenen Verbaustyp massgebend; wird ein anderer eingesetzt oder ändern andere Parameter, müssen die Ankerlängen angepasst werden. Anhang 2 beinhaltet den ausführlichen Bericht zum Ausziehversuch an VA2 und Anhang 3 die Bemessung der Ankerlänge aufgrund der Ausziehversuche in der LV Dorfberg.

Gebrauchstauglichkeit

Die Verankerungen von Schutzbauwerken sollen prinzipiell keine Verschiebungen des Bodens aufnehmen müssen. Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist also die Lage potentieller Bruchflächen im Boden zu beachten. Im Fels dürfen nur Trennflächen gequert werden, welche keine Verschiebungen aufweisen oder wenn diese mit speziellen Verankerungen verhindert sind. Im Lockermaterial müssen ebenfalls allfällige Verschiebungen des Bodens bzw. deren Einfluss auf die Anker abgeschätzt werden, was durch Erfahrungswerte möglich ist. Dies soll letztlich Verformungen und Setzungen des Bauwerks vorbeugen. Dabei können kleinere akzeptiert werden, solange die Schutzfunktion gewährleistet ist und keine Schäden am Werk entstehen. Gegen stärkere Einflüsse, welche mittel- bis langfristig zu Schäden führen können (bspw. Kriechbewegung des Baugrunds oder Rückgang von Permafrost), ist ein geeignetes Schutzsystem zu prüfen.

Dauerhaftigkeit / Korrosionsschutz

Bei Verankerungen bezieht sich die Dauerhaftigkeit auf die Widerstandsfähigkeit gegen anodische Stahlkorrosion während der Nutzungsdauer. Der Korrosionsschutz wird durch den Standort bzw. den Baugrund stark beeinflusst und es sind je nach Erfordernissen verschiedene Schutzstufen gemäss SIA 267 anzuwenden, wobei die Anker in eine Mörtelhülle (unterschiedliche Mächtigkeit) und z.T. zusätzlich mit einem Kunststoffrohr (Hüllrohr) verpackt werden. Bei Stabanker genügt in den meisten Fällen die Schutzstufe 1.

Bemessung

Die Bemessung erfolgt entsprechend der Untergrundverhältnissen bzw. der äusseren Tragwiderstände und weiteren Baugrund- und Umgebungsbedingungen, wobei diese durch Ausziehversuche zu ermitteln sind (mind. 3 – 5 Versuchsanker/ha Verbaustfläche und geotechnisch ändernde Bodenverhältnisse) oder bereits durch frühere Projekte bekannt sind.



Äussere Tragwiderstände (Mantelreibung)

Der äussere Tragwiderstand zwischen Ankermörtel und Baugrund wird aus Ausziehversuchen abgeleitet:

$$R_{a,k} = F_{\text{Bruch}} / L$$

$R_{a,k}$ charakteristischer Wert des äusseren Tragwiderstands Baugrund
 F_{Bruch} Bruchlast des Anker (durch Ausziehversuche ermittelt)
 L Ankerlänge (inkl. freie Ankerlänge)

Äussere Tragwiderstände (Verbundspannung)

Der äussere Tragwiderstand zwischen Anker und Baugrund, also die Verbundspannung, ist vom Ankermörtel (Druckfestigkeit) abhängig und mit Versuchen zu ermitteln.

$$R_{a,k} = \tau_b$$

Verbundspannung aus Versuchs-Richtwerten (abhängig Würfeldruckfestigkeit): Nagel: $\tau_b = 3.0 - 4.0 \text{ N/mm}^2$

Äussere Tragwiderstände (Bodenpressung / Statischer Grundbruch)

Da in der Regel keinen Baugrunduntersuchungen gemacht werden, sind für die zulässige Bodenpressung Erfahrungswerte aus dem Lawinenverbau zu verwenden. Margreth (2007, Abschnitt 5.9.4.6) spricht von einem zulässigen Baugrundwiderstand (Grenze der Tragfähigkeit des Baugrunds) von σ_{zul} 500 bis 1000 kN/m². Diese Werte gelten nur für einen Winkel zwischen Stützenachse und Hangparallele $\alpha = 90^\circ$ und müssen deshalb abgemindert werden (gemäss Margreth 2007, Tabelle 8).

$$R_{a,k} = \sigma_{\text{zul}} \cdot \sigma_\alpha / \sigma_0$$

σ_α spezifischer Baugrundwiderstand
 σ_0 spezifischer Baugrundwiderstand in hangparalleler Richtung

Nachweise der äusseren Tragsicherheit

Der Nachweis ist erbracht wenn folgende Bedingung erfüllt ist.

Bemessungswert Tragwiderstand	$R_d \geq E_d$	Bemessungswert Beanspruchung
$R_d = R_{a,k} / \gamma_M$ (Lawinen- /Steinschlagverbau) F_k = charakteristischer Wert der Zugspannung		$E_d = F_k \cdot \gamma_Q$ (nur Lawinenverbau)

Folgende Lastbeiwert und Widerstandsfaktoren sind für den Tragsicherheitsnachweis einzusetzen:

Widerstandsbeiwert bzw. -faktor: $\gamma_M = 1.35$ für Stabanker	Lastbeiwert bzw. -faktor: $\gamma_Q = 1.50$ (Lastbeiwert nur Lawinenverbau)
---	--

Ø Kosten pro Einheit

Grundsätzlich projektabhängig, nachfolgend einige Erfahrungswerte:

Ausziehversuch: Fr. 1'500.- / Versuchsanker
 Ankerprobe: Fr. 3'000.- / Prüfanke
 Bauwerksanker: Fr. 150.- / m Ankerlänge inkl. Lieferung und Einbau

Im Prinzip decken sich „Aufwand und Ertrag“ ab 30 m zu verbauenden Bauwerksankern.

Hier ist anzumerken, dass Ausziehversuche nicht à priori nötig sind. Für die Qualität sind sie vorteilhaft, es sollte jedoch auch immer die Wirtschaftlichkeit beachtet werden. Bei geringer Ankeranzahl, kann die Verankerungslänge ohne Versuche mit genügender bzw. zusätzlicher Sicherheit gewählt werden („Überlänge“).

Tun und Vermeiden

Die Krafteinleitung auf den Anker muss auf Höhe der Bodenoberfläche (ohne Überstand) erfolgen.

Das Bohrprotokoll soll für genaue Baugrundkenntnisse sorgfältig erstellt werden, da bspw. einzelne Blöcke (> 30 cm) zu einer Überschätzung des äusseren Tragwiderstandes führen können.

Bei den Ausziehversuchen (und den Prüfanke) ist die Arbeit im Zweierteam optimal (eine bereitet jeweils die Versuchsanordnungen vor und die andere führt die Messungen durch).



Für den Korrosionsschutz kann bei Anker ein Abrostungszuschlag von 2 mm pro Aussenfläche vorgesehen werden. In stark aggressiver Umgebung ist mit dem Einbau eines zusätzlichen Kunststoff-Hüllrohrs, der Korrosionsschutzstufe 2 gemäss Norm 267/1 Rechnung zu tragen.

Materialien

Namen	Stahl Ankerstäbe: - Duktiler, zäher Stahl mit Stahlqualität min. B500B gemäss Norm SIA 262 - Verzinkung von Ankerstäben wird nicht empfohlen - Im vorliegenden Projekt: GEWI 32 B500B Ankermörtel: - Ankermörtel gemäss aktueller Typenliste Ankermörtel BAFU - Druckfestigkeit :7 Tage $f_c \geq 22 \text{ N/mm}^2$; 28 Tage $f_c \geq 35 \text{ N/mm}^2$ - Frostbeständigkeit FS ≥ 1.5 - E-Modul $\leq 25'000 \text{ N/mm}^2$ - Schwindarm; Längenänderung (Schwinden) nach 28 Tagen $\xi_{cs} \leq 2.0\%$ - Im vorliegenden Projekt: Fixit 532
NPK Kapitel / Position	Der NPK sieht für verschiedene Verbauungstypen jeweils eine eigenes Unterkapitel für „Anker und Mikropfähle“ vor, bspw. bei Montage Lawinerverbau: Montage Lawinerverbau; Anker und Mikropfähle: NPK 214.57X.XXX Darin enthalten sind jeweils die Bohrung, das Versetzen, die Injektion (inkl. Materiallieferung) sowie die Prüfungen. Die Materiallieferungen für die Anker selbst erfolgt in eigenen Positionen; bspw.: Materiallieferungen Lawinerverbau; Anker und Mikropfähle: NPK 214.47X.XXX
Mindestanforderungen	Entsprechend der Norm SIA 267/1: <ul style="list-style-type: none">- Fachgerechtes Verfahren und genügende Anzahl Ausziehversuche und Zugproben- Mörtel mit Qualitätszertifikat (gemäss aktueller Typenliste Ankermörtel [BAFU 2016])- siehe bereits oben unter Materialien genannte Punkte
Verarbeitung Tipp	Abklärung bei Systemhersteller bezüglich Bezeichnungen zu Angaben von Kräften und Lasten, da diese oft nicht einheitlich sind (Bemessungslast nach SIA 260).
Ø Menge pro Einheit	Das Material des Ankers bzw. dessen Menge ist abhängig von den herrschenden Bedingungen (Baugrund etc.) und der aufzubringenden Rückhaltekraft.

Mittel

Maschinen	Helikopter für den Materialtransport ins Verbauungsgebiet; Bohrmaschine (entsprechend Erfordernissen)
Geräte	Bohrgerät (entsprechend Erfordernissen); Injektionspumpe (inkl. Leitungen). Für Ausziehversuche werden Prüfzylinder (bis 40 t) und Wegstreckemesser (Genauigkeit 0,05 mm) benötigt.

Installation

Übliche Installationen für den Lawinerverbau; vorgelagerter Installations- und Depotplatz für die Anlieferung und allfällige Vormontage der Elemente, anschliessender Helikoptertransport.

Wenn eine nahe Zufahrt besteht, können die Arbeiter direkt von dort aus zu Fuss gehen, was sich positiv auf die Kosten auswirkt (im vorliegenden Projekt: Anfahrt mit der Bergbahn Parsenn). Allenfalls sind Begehungswege als Zugang für die Bauarbeiter zu erstellen.

Ausführung

Der Werkvertrag mit seinen Bestimmungen und Anhängen bildet grundsätzlich die Grundlage für die Ausführung. Der Bauablauf beim Bohren und der Ankereinbau führen letztlich zur entscheidenden Ankerqualität, jedoch können die Zugänglichkeit und der anstehende Baugrund die zu erreichende Qualitätsstufe stark mitbestimmen.

Absteckung	Beim Lawinerverbau erfolgt die Nulllinienabsteckung nach Richtlinie Margreth 2007 (Abstände etc.). Es soll dabei Rücksicht auf die gegebene Topografie genommen werden. Bei der Absteckung sollten folgende
------------	---



	<p>Personen anwesend sein: Planer (Bauleitung), Bauingenieur, Geologe, Werklieferant, Unternehmer und evtl. der Bauherr.</p> <p>Die Detailabsteckung liegt beim Unternehmer. Bei dieser ergeben sich die Bohrlöcher für die Anker aufgrund des Werkstyps und seiner Position. Diese wird dem Gelände angepasst, wobei Fundamenttyp, Ankertyp und Ankerlänge, Bohransatz und Bohrwinkel sowie die Qualitätsstufe und die Lebensdauer (vor)definiert werden.</p>
Bohr- und Ankertechnik	<p>Nach der Vorbestimmung des Ankertyps während der Absteckung, bestimmen Baugrund (max. Bohrtiefe) und Kompetenz des Bohrunternehmers die Bohrtechnik. Weiter steht der Bohrdurchmesser in direkter Abhängigkeit zum Einsatzgewicht der Bohrausrüstung. Beachtet werden muss auch, dass sich die geotechnischen Baugrundeigenschaften durch die Bohrmethode verändern können. Die Bohrausrüstung muss grundsätzlich gemäss den situativen Bedingungen des Baugrundes und den Erfordernissen des Bauwerks gewählt werden (Fels oder Lockergestein, Lastübertragung, Bohrdurchmesser, Bohrtiefe). Im Lawinenverbau gelten typischerweise folgende Anforderungen:</p> <ul style="list-style-type: none">- Möglichst leichte Bohrausrüstung (mit menschlicher Kraft handhab- und verschiebbar)- Hohe Flexibilität (Bohrverfahren, Bohrwinkel, Bohrtiefe, Bohrdurchmesser, Befestigungen etc.)- Genügende Drehenergie (Innengestänge und Verrohrung)- Genügende Schlagenergie (Imlochhammer, Aussenschläger, Verrohrung) <p>Jede Ankerbohrung benötigt ein Spülmedium (Luft, Wasser, Injektionsgut, Bentonit, Schaum, Schnecken-gestänge oder Verdrängen) und eine Bohrlochstützung (Verrohrung, Stützrohre, Wasser, Injektionsgut, Bentonit oder keine), wobei je nach Ankersystem, Baugrund und Unternehmer unterschiedliche Bohrmethoden angewendet werden.</p>
Injektionstechnik	<p>Der Ankermörtel geniesst beim Lawinenverbau einen hohen Stellenwert, er ist jedoch erfahrungsgemäss in wenigen Fällen eine massgebende Grösse (unabhängig vom W/B-Wert [Wasser/Bindemittel-Verhältnis]). Der Injektionsdruck und die Injektionsleitungen bzw. deren Durchmesser sind von verschiedenen Parametern abhängig (Baugrund, Bohrloch, Injektionsmaterial, Pumptechnik). Typische Durchmesser sind zwischen 12 – 19 mm (16 – 24 mm) gross, Allenfalls sind Nachinjektionen nötig, diese sind aber nicht unter allen Umständen (Baugrundbedingungen) möglich und zielführend.</p>
Arbeitsschritte	<ol style="list-style-type: none">(1) Absteckung der Nulllinie bzw. Ermittlung der Werkpositionen(2) Vorbestimmung des Ankertyps aufgrund Abschätzung/Erfahrungswerten(3) Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes (Ankerzugversuche; Ausziehversuche nach SIA 267/1 Abschnitt 7.2.1 zur Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes, woraus sich die Ankerlänge ergibt) und festhalten der Kenntnisse über den Baugrund im Bohrprotokoll. Wird normalerweise ein Jahr vor Werkerstellung durchgeführt. Weiter sollte die Kompatibilität der Mörtel-Misch-pumpenkombination, falls erforderlich in Vorversuchen geprüft werden.(4) Definitive Wahl Ankertyp (Länge, unterstützende Massnahmen, Korrosionsschutz etc.)(5) Bohren und Versetzen der Anker sowie Verpressen des Ankermörtels (Bohrloch wird unter Bewegungen des Ankers mit Ankermörtel von unten her ausgegossen)(6) Qualitätsprüfung (Zugproben n. SIA 267/1 Abschnitt 7.2.3; Konformitätsprüfungen Ankermörtel)(7) Aufnahme der positionsabhängigen Konstruktionsmasse und anschliessende Bestellung der Werkelemente(8) Montage der vorgesehenen Werke
Tun und Vermeiden	<p>Wenn bei den Ankerarbeiten wesentliche Änderungen vom Bodentyp festgestellt werden, ist dies umgehend der Bauleitung mitzuteilen, damit die verantwortlichen Personen eine neue Beurteilung der Bodentragfähigkeit bzw. allfällige Anpassungen der Ankerlängen vornehmen können.</p> <p>Der Bohrl Lochdurchmesser muss mind. 1.5-fach grösser als der Ankerdurchmesser sein und die min. Mörtelüberdeckung des Ankers 10 mm betragen.</p> <p>Die Anker sind möglichst zu zentrieren, wobei ein Federdistanzkorb (Distanzhalter aus Kunststoff oder Alu) zur Zentrierung eingesetzt werden kann, damit sich der Anker mittig des Bohrlochs oder -rohrs befindet und gleichmässig mit Mörtel ummantelt wird (Korrosionsschutz).</p> <p>Wenn das Bohrloch nach Ausziehen der Verrohrung nicht standfest ist, kann ein Bohrlochstützrohr zum Einsatz kommen (nicht Bestandteil der Homologierung im Lawinen- und Steinschlagverbau).</p> <p>Ein Stütz- oder Stabilitätsrohr (aus Kunststoff, Alu, Chromstahl, Stahl, etc.) mit aufgeschweisster Trompete kann bei starken Querbelastrungen (Umlenkkräfte) oder als Schutz gegen Steinschlag verwendet werden (nicht Bestandteil der Homologierung im Lawinen- und Steinschlagverbau).</p>



Durch Einsatz eines Ankerstrumpfes (Gewebesack; dehnbar oder nicht) kann dem unkontrollierten Wegsickern des Mörtels durch hochdurchlässige, zerklüftete (allenfalls wasserführende) Zonen vorgebeugt werden (verhindert, dass Unmengen an Mörtel benötigt werden und dieser ins Grundwasser gelangt). Empfehlung: Nur in Kombination mit einem Bohrlochstützrohr.

Vor Baubeginn die Mörtelmischung mit dem Unternehmer zusammen festlegen (Luftporengehalt, Druckfestigkeit). Für Letzteren ist die Angabe zur Menge des Anmachwassers massgebend (abhängig von der Mörtelpumpe und der Witterung).

Das Bohrloch ist vor der Mörtelinjektion sauber auszublasen.

Der Ankermörtel wird unter Druck von unten nach oben injiziert.

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 (bzw. vorzeitigem Abbinden, z.T. auch im Schlauch) und Rissbildungen führen kann (daher besser in den Morgenstunden ansetzen). Nicht von äusseren Umständen beeinflussen lassen (Zeitdruck etc.).

Qualitätsprüfung

Zugproben/Prüfanker

Während oder nach den Ankerarbeiten werden Zugproben durchgeführt, welche der Überprüfung der Ausführungsqualität dienen und ebenfalls der SIA 267/1, Abschnitt 7.2.3 unterliegen. Dabei soll der Nachweis eines einwandfreien und kraftschlüssigen Verbunds zwischen Anker und Baugrund erbracht werden. Solche Zugproben sind an ca. 5 % aller Anker, mindestens aber an drei Ankern pro Untergrundbereich mit vergleichbaren geotechnischen Eigenschaften durchzuführen. Die Prüflinge werden anhand der Bohrprotokolle meist durch den Prüflingenieur vor Ort bestimmt.

Neben der SIA 267/1 besteht auch die neu entwickelte Prüfmethode „Erweiterter Zugprobe“ (EZP). Diese soll gegenüber der Norm für die Qualitätsprüfung von Anker im Lawinerverbau mehr Informationen liefern und zu weniger Aufwand führen (z.B. führen immer stärkere Anker zu aufwändigeren Zugproben). Nähere Ausführungen und eine Wegleitung zur EZP sind in Störi 2014 zu finden (s.o. unter Gesetze / Normen).

Im vorliegenden Projekt wurden drei bergseitige Zuganker des Verbauungstyps Bilfinger VA-BT 3.5/ 2.5/1.1 geprüft (Ankerlänge 7.5 bzw. 5.5 m). Die Prüflast entspricht zu 100 % der charakteristischen Ankerlast (Angabe des Werklieferanten; im vorliegenden Projekt: 125 kN).

Vor Durchführung der Zugprobe muss gemäss Norm, der Mörtelverbund zwischen Anker und Baugrund auf einer Länge von 0.5 m gelöst werden, um einen Kraftschluss zwischen Anker und Widerlager zu verhindern. Da dies (im Lawinerverbau) oft technisch schwierig ist, werden zwei Widerlager im Abstand von je 40 cm vom Anker entfernt aufliegend verwendet (s.o. Versuchsanordnung).

Beurteilung Bauwerksanker

Wenn die Prüflinge eine ausreichende Tragreserve aufweisen, werden sie als einwandfrei taxiert und es sind keine Änderungen bezüglich Ankerlänge, Einbauverfahren (Injektion) und Bohrdurchmesser nötig. Hat bei den Zugproben ein Zuganker einen der nach SIA 267/1 geforderten Richtwerte verfehlt, wird wie folgt vorgegangen:

- Überprüfen der Messung (evtl. Messung mit zwei unabhängigen Messeinrichtungen)
- Überprüfen, ob es sich um einen Einzelfall oder Systemfehler handelt -> weiterer Bauwerksanker prüfen
- Danach entscheidet die Projektleitung zusammen mit dem Prüflingenieur, ob die Anker allenfalls ersetzt und die Ankerlänge angepasst werden muss

Resultate gemäss erweiterter Zugprobe (EZP)

Bei der EZP wird das Tragverhalten der Bauwerksanker mit einer Referenzkurve beurteilt, was die Abschätzung deren Qualität und Tragreserve ermöglichen soll. Die Tragreserve wird wie folgt definiert:

$$\text{Tragreserve (n)} = \frac{\text{mit Referenzkurve abgeschätzte Bruchkraft}}{\text{charakteristische Ankerkraft}}$$

Die Beurteilung nach der EZP gibt ebenfalls drei Richtwerte vor; falls diese ausserhalb der Toleranzgrenze liegen, werden dieselben Massnahmen wie oben erwähnt angeordnet.

Im Anhang 4 befindet sich als Beispiel der ausführliche Prüfbericht zum Prüfanker 1.



Tun und Vermeiden

Zur Gewährleistung einer hohen Qualität, sollten die Ankerarbeiten begleitet, kontrolliert, protokolliert und abgenommen werden, auch da alle Beteiligten unter hohem Kostendruck stehen (Bauherr Budgeteffizienz, Unternehmer Preiswettbewerb). Folgende Prüfungen sind möglich und oftmals sinnvoll:

- Vorversuche / Ausziehversuche
- Frischmörtel- und Konformitätsprüfungen Ankermörtel (gemäss Margreth 2007)
- Zugproben
- Messung Bohrlochtemperatur / Frischmörteltemperatur (Abbindeprozess Mörtel); unter kalten Temperaturen sind besonderen Massnahmen erforderlich
- Widerstandsmessung
- Visuelle Kontrolle und Besprechung Bohrprotokolle; aktuelle Baugrundverhältnisse gegenüber Annahmen besprechen; eventuell ist Anpassung der Ankerlängen notwendig

Kontrollen und Prüfungen sind notwendig, aber allein nicht ausreichend, weshalb eine enge Baubegleitung und gute Zusammenarbeit ebenfalls wichtig sind. Die Kontrollen sollten bereits bei der Ausschreibung definiert werden.

Saubere Bauwerksabnahme mit allen Beteiligten nach Norm SIA 118, wobei allfällige Mängel anschliessend behoben werden.

Abschlussarbeiten

Bauabnahmen und Übergabe der Bauwerks- und Abschlussdokumentation (u. a. Massnahmenplan, Bohrprotokolle, Prüfberichte zu Ausziehversuche und Zugproben) an den Werkeigentümer.

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)

Naturgefahren, Gebirge (SUVA Publikation 33019, 67154)

Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang (SUVA Publikation 33016, 44002)

Maschineneinsatz (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574)

Graben und Baugruben (SUVA Publikation 67148)

Strom auf der Baustelle (SUVA Publikation 67081, 67092)

Zusammenarbeit mit Fremdfirmen (SUVA Publikation 66092/1)

Verkehr und Infrastruktur (SN 640886)

Waldarbeiten (SUVA Publikation 84034)

9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal (SUVA Publikation 88819)

Arbeiten am, im oder über Wasser (SUVA Publikation 67153)

Speziell zu beachten ist die persönliche Schutzausrüstung (PSA) während der Vermörtelung.

Werterhalt

laufend

-

periodisch

Innerhalb der periodischen KUF-Kontrollen (jährlich bis max. fünfjährlich) werden auch die Anker detailliert beurteilt. Allenfalls können zusätzliche Kontrollen nach Extremereignissen angezeigt sein.

Rückbau

Ein klassischer Rückbau ist nicht nötig; die Anker können im Baugrund belassen werden. Situativ kann ein bodenebenes Abtrennen in Erwägung gezogen werden (Vermeidung Verletzungsgefahr, auch für Wildtiere).

Haftungsausschluss:

Die vorliegende Dokumentation ist ein Erfahrungsbericht eines konkret realisierten Bauprojektes. 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 (tur GmbH, 2014 – 2015)

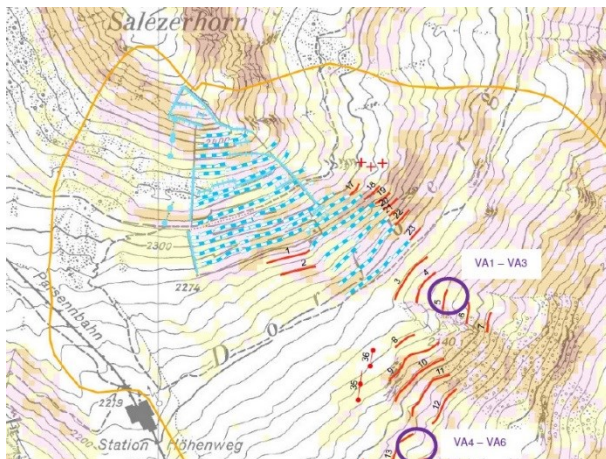


Abbildung 1: Standorte der Ausziehversuche in der LV Dorfberg (Massnahmenplan AWN 2012, abgebildet in tur GmbH 2014)



Abbildung 2: Absteckung für den VA 2 der Ausziehversuche zur Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes



Abbildung 3: Vor den Bohrarbeiten muss die Bohrlafette korrekt installiert bzw. fixiert werden



Abbildung 4: Steuerkonsole zur hydraulischen Druckregelung der Bohrlafette, mit Generator und Wassertank verbunden



Abbildung 5: Die fertig vormontierte Bohrlafette ist bereit für die Bohrarbeiten



Abbildung 6: Anbringung einer Verlängerung an die Verrohrung (Stoss), um die zu erzielende Ankerlänge zu erreichen



Abbildung 7: Eintreiben der Verrohrung bis zur nötigen Einbindetiefe des Ankers



Abbildung 8: Versetzen des GEWI-Stabankers in das verrohrt vorgebohrte Bohrloch (oberste Meter mit Hüllrohr versehen)



Abbildung 9: Die Verrohrung wird nach dem Versetzen des Stabankers wieder ausgezogen



Abbildung 10: Über Stabanker gestülpte Hüllrohre ermöglichen die für Ausziehversuche geforderte freie Ankerlänge von 1 m



Abbildung 11: Ankerstrumpf gegen unkontrolliertes Wegsickern des Mörtels; hier Strumpf HATE 140 mm



Abbildung 12: Der Ankerstrumpf wird über den Anker gestülpt und zusammen mit diesem in das Bohrloch eingeführt



Abbildung 13: Mischen des frischen Ankermörtels zur anschliessenden Vermörtelung der Stabanker



Abbildung 14: Verpressen des Ankermörtels von unten nach oben, bis dieser aus dem Bohrloch hervorquillt



Abbildung 15: Fertig versetzter Zuganker, welcher nach Austrocknen des Mörtels für den Ausziehversuch bereit ist



Abbildung 16: Big-Bag für den Helikoptertransport des Materials für die Ausziehversuche sowie die Zugproben



Abbildung 17: Versuchsanordnung für den Ausziehversuch am VA 2 zur Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes



Abbildung 18: Zugprobe am Prüfanker 2 zur Qualitätsprüfung der versetzten Zuganker in der Erweiterung der LV Dorfberg



Anhang 1: Auszug aus dem detaillierten Bohrprotokoll der Ausziehversuche in der LV Dorfberg (tur GmbH 2914)

Verankerungs- länge		Länge		Datum Bohrung	Bohr- durch- messer	Bohr- tiefe	Baugrundveränderung		Bohrlänge		Beschreibung Baugrund								Datum Injektion	Mörtel- typ	Mörtel- menge	Strumpf- typ	Bemerkungen / Erläuterungen										
[Nr.]	[m]	[m]	[m]	[-]	[mm]	[m]	Anfang	Ende	verrohrt	un- verrohrt	Überdeckung locker	Lockermaterial (LM)	Geröll	Blöcke / Findlinge	Fels weich	Fels normal	Fels hart	Kluft	Wasser	LM erdig	LM hart	[-]	[-]	Sack à 25 kg [Stk.]	Tot. [kg]	[-]	[-]	[-]					
VA 1	5.60	-	23.09.14	110	5.60	0.00	2.60	5.20	x			x											5	125					Freie Ankerlänge = 1.0m				
						1.80	2.10	4.80	x																								
						2.10	4.80	5.10	x																								
						4.80	5.10	5.40	x																								
						5.10	5.40	5.60	x																								
						5.40	5.60		x																								
VA 3	5.60	-	23.09.14	110	5.60	0.00	1.70	3.20	x			x											4	100					Freie Ankerlänge = 1.0m				
						1.70	2.80	3.60	x																								
						2.80	3.20	4.10	x																								
						3.20	3.60	5.60	x																								
						3.60	4.10		x																								
						4.10	5.60		x																								
VA 4	5.60	-	24.09.14	110	5.60	0.00	2.60	4.50	x														5	125					Freie Ankerlänge = 1.0m				
						2.60	4.50	4.90	x																								
						4.50	4.90	5.30	x																								
						4.90	5.30	5.60	x																								
						5.30	5.60		x																								



Anhang 2: Bericht zum Versuchsanker VA 2 der LV Dorfberg (tur GmbH 2014)

Ausziehversuch nach SIA 267/1

Datum:	8. Oktober 2014
Objekt:	LV Dorfberg Etappe 2014

Ankertyp:	Gewi 32	Stabanker	[x]
Ankerlänge [m]:	5.60	Seilanker	[]
Freie Länge [m]:	1.00	Elastizitätsmodul [kN/mm ²]	210
Überstand [mm]:	1060	Querschnitt [mm ²]	804
Strumpftyp:	-	Flie遶grenze [kN]	402

Prüfzylinder:	LUKAS LZMH 40/200-37
Umrechnungsfaktor Last/Druck in kN/MPa:	0.754

Versuch Nr: V2				Anker Nr: VA 2			
Zeit	Druck	Verschiebung	Differenz	Kraft	Kriechmass	Bedingungen	
[min]	[bar]	[mm]	[mm]	[kN]	[mm]		
0	48.0	0.00	0.00	36.2			
0	157.0	5.30	5.30	118.4			
1	157.0	5.66	0.36	118.4			
2	157.0	5.70	0.04	118.4	0.13		
5	157.0	5.94	0.24	118.4	0.40	B1: 0.24 \leq 0.20 n. erfüllt	
10	157.0	6.05	0.11	118.4	0.39		
15	157.0	6.09	0.04	118.4	0.37	B2: 0.15 \leq 0.20 erfüllt	
20	157.0			118.4			
25	157.0			118.4			
30	157.0			118.4			
35	157.0			118.4			
40	157.0			118.4			
45	157.0			118.4			
50	157.0			118.4			
55	157.0			118.4			
60	157.0			118.4			
0	48.0	3.42	-2.67	36.2			
Zeit	Druck	Verschiebung	Differenz	Kraft		Bedingungen	
[min]	[bar]	[mm]	[mm]	[kN]			
0	48.0	3.42	0.00	36.2			
0	157.0	6.06	2.64	118.4			
0	266.0	11.70	5.64	200.6			
1	266.0	12.04	0.34	200.6			
2	266.0	12.25	0.21	200.6	0.70		
5	266.0	12.42	0.17	200.6	0.54	B1: 0.17 \leq 0.20 erfüllt	
10	266.0	12.58	0.16	200.6	0.54		
15	266.0	12.61	0.03	200.6	0.48	B2: 0.19 \leq 0.20 erfüllt	
20	266.0			200.6			
25	266.0			200.6			
30	266.0			200.6			
35	266.0			200.6			
40	266.0			200.6			
45	266.0			200.6			
50	266.0			200.6			
55	266.0			200.6			
60	266.0			200.6			
0	48.0	7.30	-5.31	36.2			



Zeit [min]	Druck [MPa]	Verschiebung [mm]	Differenz [mm]	Kraft [kN]	Kriechmass [mm]	Bedingungen
0	48.0	7.30	0.00	36.2		
0	157.0	10.28	2.98	118.4		
0	266.0	13.39	3.11	200.6		
0	375.1	19.70	6.31	282.8		
1	375.1	20.15	0.45	282.8		
2	375.1	20.40	0.25	282.8	0.83	
5	375.1	20.89	0.49	282.8	1.06	B1: 0.49 ≤ 0.20 n. erfüllt
10	375.1	21.11	0.22	282.8	0.96	
15	375.1	21.28	0.17	282.8	0.96	B2: 0.39 ≤ 0.20 n. erfüllt
20	375.1	21.39	0.11	282.8	0.95	
25	375.1	21.48	0.09	282.8	0.95	
30	375.1			282.8		
35	375.1			282.8		
40	375.1			282.8		
45	375.1			282.8		
50	375.1			282.8		
55	375.1			282.8		
60	375.1			282.8		
0	48.0	12.81	-8.67	36.2		
Zeit [min]	Druck [MPa]	Verschiebung [mm]	Differenz [mm]	Kraft [kN]	Kriechmass [mm]	Bedingungen
0	48.0	12.81	0.00	36.2		
0	157.0	15.85	2.84	118.4		
0	266.0	19.06	3.41	200.6		
0	375.1	22.12	3.06	282.8		
0	483.0	27.11	4.99	364.2		
1	483.0	27.22	0.11	364.2		
2	483.0	27.31	0.09	364.2	0.30	
5	483.0	27.33	0.02	364.2	0.18	B1: 0.02 ≤ 0.20 erfüllt
10	483.0	27.37	0.04	364.2	0.15	
15	483.0	27.43	0.06	364.2	0.18	B2: 0.10 ≤ 0.20 erfüllt
20	483.0			364.2		
25	483.0			364.2		
30	483.0			364.2		
35	483.0			364.2		
40	483.0			364.2		
45	483.0			364.2		
50	483.0			364.2		
55	483.0			364.2		
60	483.0			364.2		
0	48.0	15.91	-11.52	36.2		

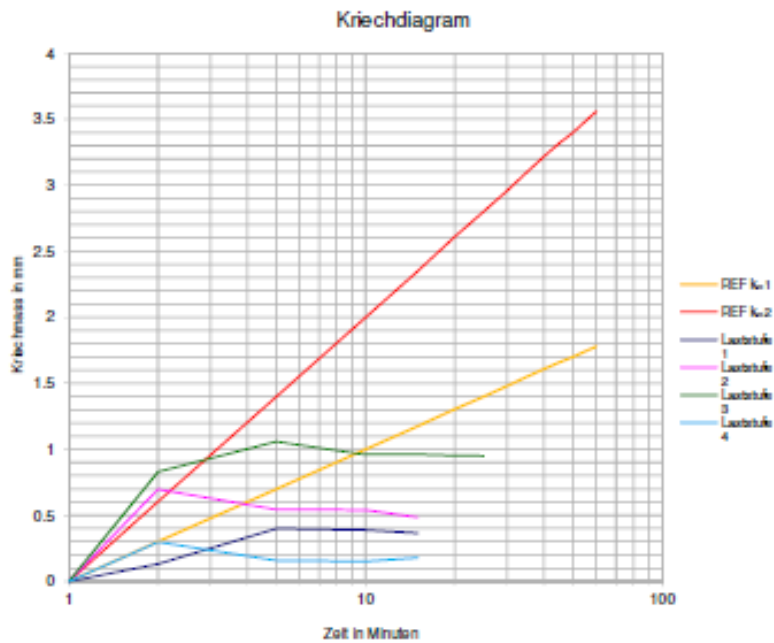
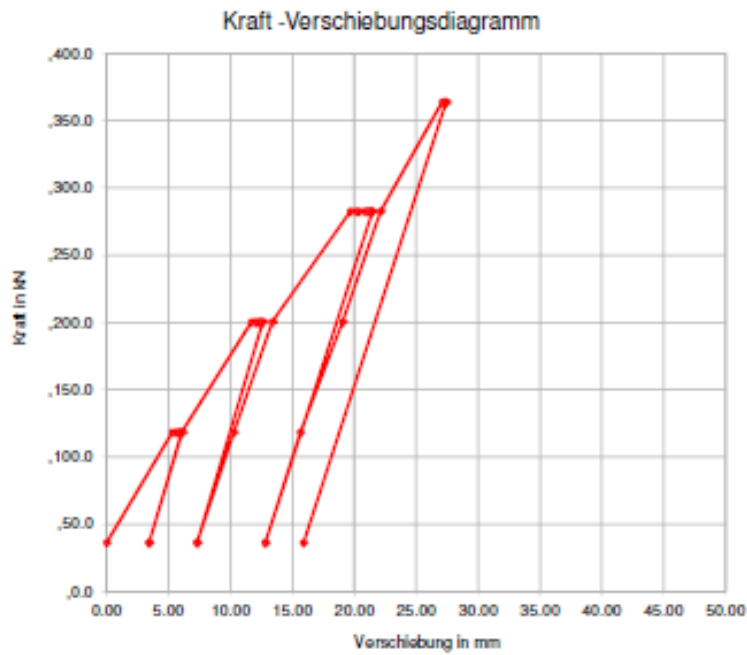
Bedingung 1: $\Delta l_{k,5} - \Delta l_{k,2} \leq 0.2 \text{ mm}$

Kriechmass $k = (\Delta l_{k,t} - \Delta l_{k,t_1}) / \log(t_1 / t_2)$

Bedingung 2: $\Delta l_{k,15} - \Delta l_{k,5} \leq 0.2 \text{ mm}$



Diagramme



Bemerkungen

Der Versuch konnte wie geplant durchgeführt werden.

Beurteilung des Versuchs

"Bruch" ERREICHT. Die erforderliche Bruchkraft beträgt ca. 360kN.



Anhang 3: Bemessung der Ankerlänge aufgrund des ermittelten äusseren Tragwiderstandes (tur GmbH 2014)

Lawinenverbauung Dorfberg, Davos				
Bemessung Ankerlänge in YA-BT Dk3.5, N=2.5, R=1.1			tur gmbh Davos, MR, 26.11.2014	
Versuchs Nr.	Bruchlast [kN]	Ankerlänge [m]	Bohrdurchmesser [mm]	Charakteristische Ausziehwiderstände [kN/m]
Typ 1: (ohne Strumpf)				
		bergseitiger Anker	unterer Zuganker	Mikropfahl
Charakteristische Ankerkraft	E_s	124.00	59.00	278.00
Laubekoeffizient	γ_r	1.50	1.50	1.50
Bemessungswert Ankerkraft	E_d	186.00	88.50	417.00
Aussen er charakteristischer Ausziehwiderstand	$R_{s,sk}$	58.00	58.00	58.00
Widerstandsbeiwert	γ_{ar}	1.25	1.25	1.25
Erhöhung Ausziehwiderstand bei Beanspruchung auf Druck		-	-	1.50
Bemessungswert Ausziehwiderstand	$R_{s,ed}$	42.96	42.96	64.44
Faktor Einbauwinkel		0.95	0.95	1.00
Verankerungslänge	l_v	4.56	2.17	6.47
Ankerlänge gewählt	L	6.00	3.50	6.50
Bemerkungen zur Bemessung der Ankerlängen: Für die Bemessung wurde der Einzelseiten Raik von 68kN/m ² (min. Wert beim Typ 1) berücksichtigt.				
Typ 2: (mit Strumpf)				
		bergseitiger Anker	unterer Zuganker	Mikropfahl
Charakteristische Ankerkraft	E_s	124.00	59.00	278.00
Laubekoeffizient	γ_r	1.50	1.50	1.50
Bemessungswert Ankerkraft	E_d	186.00	88.50	417.00
Aussen er charakteristischer Ausziehwiderstand	$R_{s,sk}$	39.00	39.00	39.00
Widerstandsbeiwert	γ_{ar}	1.25	1.25	1.25
Erhöhung Ausziehwiderstand bei Beanspruchung auf Druck		-	-	1.50
Bemessungswert Ausziehwiderstand	$R_{s,ed}$	28.69	28.69	43.33
Faktor Einbauwinkel		0.95	0.95	1.00
Verankerungslänge	l_v	6.78	3.22	9.62
Ankerlänge gewählt	L	7.00	4.00	8.50
Bemerkungen zur Bemessung der Ankerlängen: Für die Bemessung wurde der Einzelseiten Raik von 30kN/m ² (min. Wert beim Typ 2) berücksichtigt.				



Anhang 4: Beispiel für einen Prüfkanker der LV Dorfberg (tur GmbH 2015)

Versuch Nr. 1 / Zugprobe nach SIA 267/1, Kapitel 7.2.3 und "erweiterte Zugprobe"

1. Basisdaten

Datum	28. Juli 2015
Ort	LV Dorfberg, Davos
Position des Ankers	Anker Nr. 8 bergseitig (AWN: v.l.o.) resp. Nr. 17 (BU: v.l.u.)
Typ	Gewi 28
Bohrsystem	verrohrt
Bohrdurchmesser [mm]	114
Länge l [m]	7.50
Freie Länge l _f [m]	0.00
Überstand ab Terrain l' _f [mm]	1130
Querschnittsfläche A [mm ²]	616
Elastizitätsmodul E [kN/mm ²]	210
Bodeneigenschaften	Lockermaterial mit Fels
Mörtel	Fixit 532
Abbindezeit in Tagen	> 21
Strumpf	-

2. Daten der Prüfvorrichtung

Druckzylinder	Lukas 40t
Faktor Kraft/Druck in kN/bar	0.754
Druckaufnehmer	Keller PA-33 X
Ablesegenauigkeit in Mpa	± 0.1 (± 1bar)
Datum der letzten Kalibrierung	01.11.2010
Weggeber	Micro-Epsilon ILD 1300-50
Ablesegenauigkeit in mm	± 0.01
Datum der letzten Kalibrierung	18.04.2013

3. Vorgaben des Auftraggebers

Prüfkraft F _p in kN	Verlangt:	125.0	Erreicht:	125.0
Andere Vorgaben				

4. Vorgaben nach 267/1, Kapitel 7.2.3

Laststufen:	Druck an der Pumpe [bar]		Kraft am Anker [kN]	
	Soll	Effektiv	Soll	Effektiv
Anfangskraft F _a in kN (F _a = 0.1 * F _p , Dauer = 0 Minuten):	17.2	17.0	13.0	12.8
Zwischenkraft F ₁ in kN (F ₁ = 0.4 * F _p , Dauer = 0 Minuten):	66.3	66.0	50.0	49.8
Zwischenkraft F ₂ in kN (F ₂ = 0.7 * F _p , Dauer = 0 Minuten):	116.7	117.0	88.0	88.2
Prüfkraft F _p in kN (Dauer = 15 Minuten):	165.8	166.0	125.0	125.2

5. Messungen

Kraft in kN / Manometerdruck in bar	Verschiebungen in mm					
	0	Zeit in Minuten				
		1	2	5	10	15
13 / 17	0					
50 / 66	1.30	1.64	1.66	1.66		
88 / 117	2.74	3.11	3.2	3.21		
125 / 166	4.25	4.36	4.43	4.44	4.45	4.46
13 / 17	2.04					



6. Qualitätskriterien nach SIA 267/1, Kapitel 7.2.3

Verschiebungszunahme zwischen 5 und 15 Minuten (Verlangter Wert ≤ 0.5 mm):

$$\square l_{15} - \square l_5 = 0.02$$

Erfüllt

Bleibende Verschiebung (Verlangter Wert ≤ 5.0 mm):

$$\square l_{bl} = 2.04$$

Erfüllt

Rechnerische freie Ankertlänge in mm

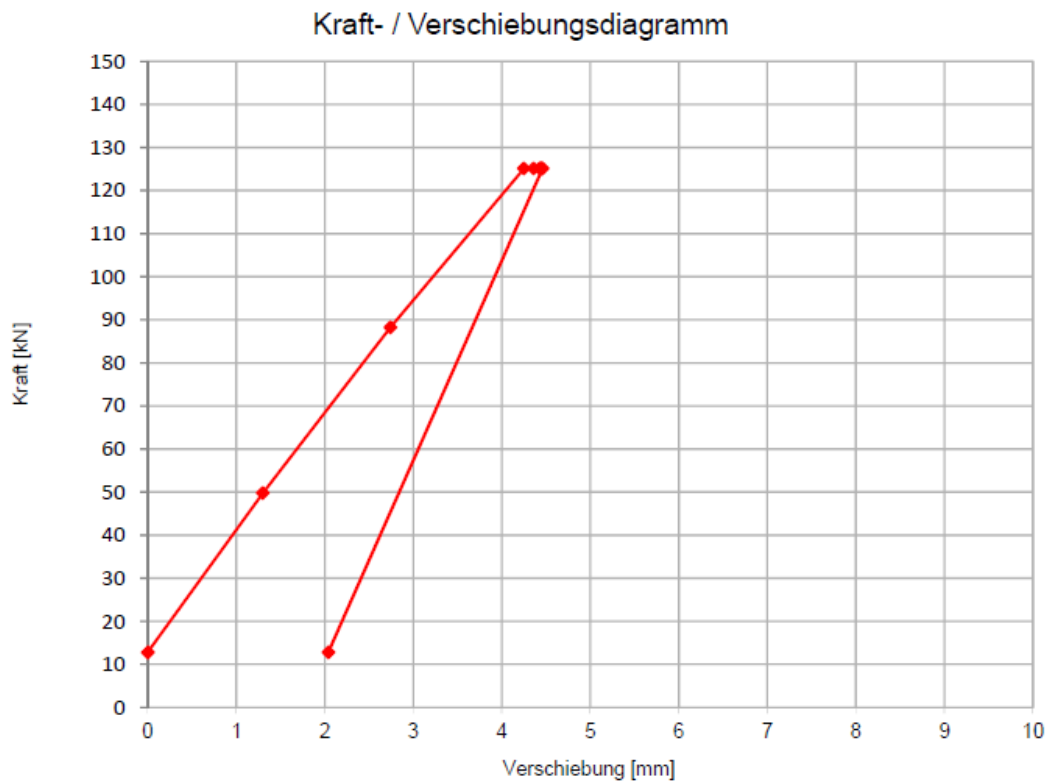
$$l_f = 2'786$$

Verbundlösung (Verlangter Wert ≤ 1000 mm):

$$l_f - l_{tr} = 1'656$$

nicht erfüllt

7. Versuchsdiagramm



8. Bemerkungen

Der Versuch konnte wie geplant durchgeführt werden.

9. Beurteilung des Versuchs

Der Anker erfüllt die Qualitätskriterien nach SIA 267/1, Abschnitt 7.2.3. bezüglich Kriechen und bleibender Verformung. Die Verbundlösung liegt über dem Richtwert gemäss SIA. Der Anker wird trotzdem als einwandfrei klassiert.