

## Ankerbemessung an Steinschlagschutznetzen Projekt Pagrüeg, GR

### Verankerung von Steinschlagschutznetzen

- Ungespannte Anker bei Steinschlagnetzen
- Ausziehversuche von Bauwerksankern
- Einbau von Seil- und Stabankern mit anschliessenden Zugproben



Abb. 1: Bohrungsarbeiten mit einem Bohrgerät mit Imlochhammerausrüstung und Luftspülung (Bild: H. Richener).

### Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Klosters-Serneus (GR), Waldhof- Pagrüeg (2 783 083 / 1 196 987)
Bauherrschaft:	Tiefbauamt GR
Bauleitung:	Heinz Richener, 7260 Davos
Ausführung:	CRESTAGEO AG, 7004 Chur (Bauausführung) / Eberle AG, 9100 Herisau (Ausziehversuche)
Baujahr:	2008 (Ausziehversuche), 2010- 2011 (Bauausführung - Projektabnahme)

### Funktion / Anwendungsgrenzen

Im Steinschlagverbau verfolgen Anker den Zweck, die dynamischen Kräfte, welche durch den Aufprall von Sturzkörpern auf Schutznetze entstehen, aufzunehmen und in den Baugrund zu leiten. Sie sind ein entscheidendes Element für die Tragsicherheit von Tragwerken gegen Steinschlag. Bei Steinschlagschutznetzen kommen für die Foundation ausschliesslich ungespannte Anker zur Anwendung, welche je nach Spezifikation des Systemwerks zum Teil Lasten bis 520 kN aufnehmen müssen. Ungespannte Anker sind passive Systeme, das heisst, die Ankerkräfte entwickeln sich erst durch Bauwerksverschiebungen, also im Lastfall. Im Falle von Stabankern können sie sowohl auf Zug- als auch Druckbelastungen aufgenommen werden. In der Regel gibt der Werkhersteller Bautypen abhängig an, mit welchen Lasten für die Bemessung von Ankern gerechnet werden muss.

Weil Schutznetze im Ereignisfall flexibel reagieren müssen und daher dynamische und in der Richtung ändernde Kräfte auftreten, werden für die berg- und talseitigen Abspannungen vorzugsweise Spiralseilanker verwendet. Für die Foundation der Stützen (Ankerplatte) verwendet man Stabanker.

Im Allgemeinen sind ungespannte Anker weniger aufwändig zu verbauen als vorgespannte Systeme, was sich auch auf deren Kosten niederschlägt. Für eine aktive Stabilisierung von Baugrund und Hangpartien sind ungespannte Anker nur bedingt geeignet.

### Voraussetzungen Baugrund

Der Boden muss die auftretenden Ankerkräfte aufnehmen. Mit der Anpassung der Ankerlänge kann bedarfsgemäss darauf reagiert werden. Faktoren wie Bodenfeuchtigkeit, Schichtung und Rutschaktivität beeinflussen die Dauerhaftigkeit von Ankern massgeblich. Trockene Böden begünstigen diese, wohingegen hohe Feuchtigkeit das Korrosionsrisiko empfindlich erhöhen und damit die Tragsicherheiten reduzieren kann. Bei einem rutschgefährdeten Untergrund kann der Anker durch einen vollständigen Bruch Schaden nehmen, oder durch Risse im Mantel und die feuchten Bodenbedingungen korrodieren.



## Gesetze / Normen

### Normen:

- SIA Norm 267 Geotechnik
- SIA Norm 267/1 Geotechnik Ergänzende Festlegungen

### In Bezug auf Ankermörtel

- SIA 162/1 und SN EN 12390 – 7 Frostbeständigkeit
- SIA 267/1 und SN EN 12390 – 3 Würfeldruckfestigkeit

### Richtlinien

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

Baumann R, 2010. Typenliste Ankermörtel, Bundesamt für Umwelt (BAFU). Bern, 4 S.

§

### Pläne / Normalien

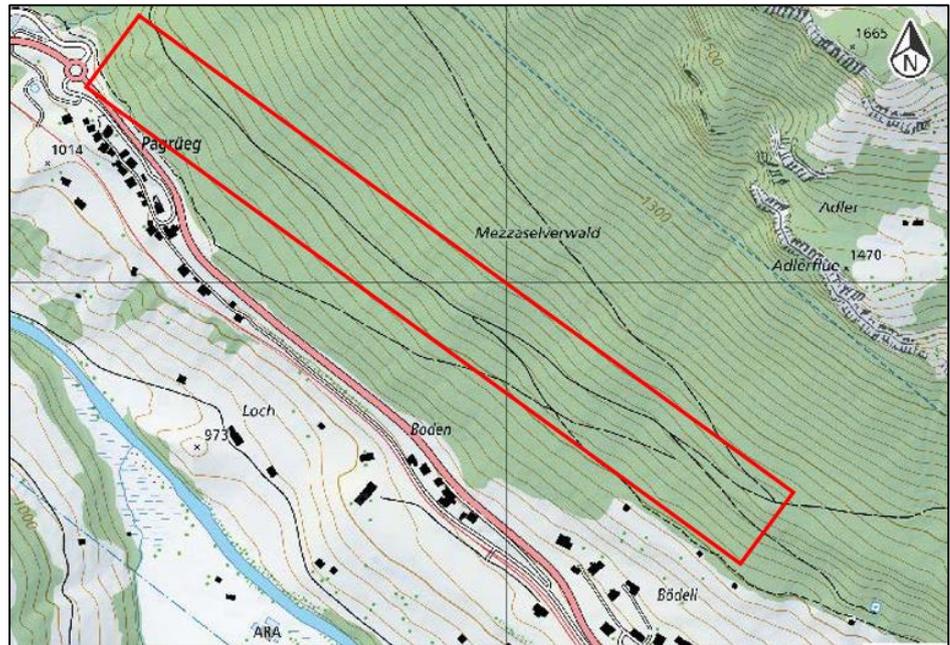


Abb. 2: Rot eingerahmt das Verbauungsgebiet in Pagrüg. Das gesamte Verbauungsgebiet ist bewaldet. Die Schutznetze wurden mehrheitlich unterhalb der Forststrasse errichtet

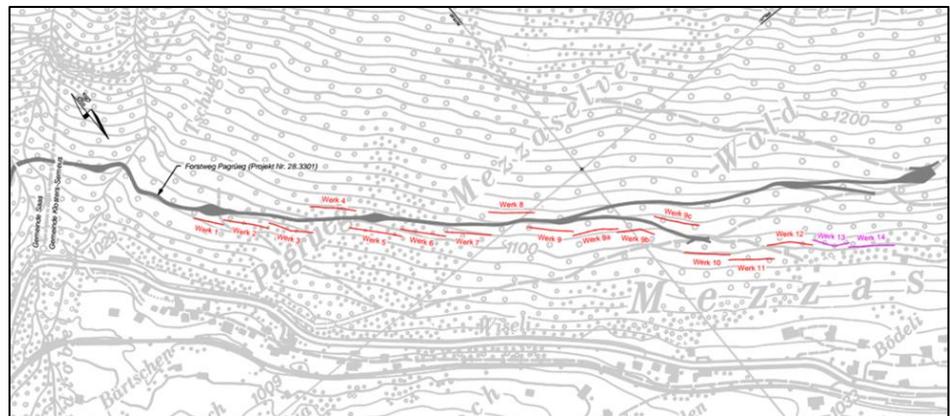


Abb. 3: Nähere Ansicht des Verbauungsgebietes (Schriften müssen nicht leserlich sein). Die roten Linien entsprechen den Werkereien.

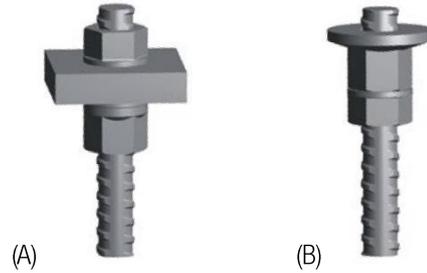


Abb. 5 (oben): Zwei Ausführungsweisen des Ankerkopfes auf Druck- (A) und Zugbelastungen (B). (Bild: Dywidag geotechnische Systeme, verändert).

Links (Abb. 4) eine schematische Darstellung eines ungespannten Stabankers, wie er bei der Stützenfundation eingesetzt wird. Die Variante mit Pfahlhalsverrohrung wird im Steinschlagverbau nur in Situationen mit erhöhten Korrosionsschutzanforderungen angewandt (Schutzstufe 2, siehe Kapitel *Bemessung*). Die Ausgestaltung des Ankerkopfes hängt davon ab, ob der Stabanker auf Zug oder Druck belastet wird (Abb. 5)

Abb. 4 (links): Darstellung eines eingebundenen Stabankers (Bild: Dywidag geotechnische Systeme, verändert).

## Tragwerksanalyse

Nachfolgende Überlegungen zur Tragwerksanalyse beschränken sich auf die Anker.

**Tragwerksmodell:** Ob Anker in einer Tragwerksanalyse separat betrachtet werden sollen, ist eine Frage der Systemabgrenzung. In der Regel werden Anker als Bauteil und damit in der Tragwerksanalyse als Widerstände berücksichtigt. Die Ankerstäbe werden in den Baugrund eingemörtelt. Der Mörtel dient einerseits als Korrosionsschutz, und überträgt zwischen Anker und Baugrund die Mantelreibung und damit die Festigkeit auf Druck oder Zug oder beides, vornehmlich in Ankerichtung. Theoretisch liegen zwar Berechnungsmodelle vor, doch hängt der charakteristische Widerstand stark vom inhomogen aufgebauten Untergrund ab und muss daher versuchsgestützt ermittelt werden.

**Baugrund:** Der Baugrund muss die Ankerkräfte aufnehmen. Die Untergrundeigenschaften können an der Oberfläche allerdings nur sehr eingeschränkt abgeschätzt werden. Grundsätzlich ist die Lage von potenziellen Bruchflächen im Boden zu beachten. Am aufschlussreichsten sind Bohrungen, weshalb Bohrprotokolle von essentieller Bedeutung sind. Zunächst geht es aber darum, geeignete Versuchsstandorte zu finden, um ferner den charakteristischen äusseren Tragwiderstand herleiten zu können. Hierfür wurden im vorliegenden Projekt durch Begehungen drei repräsentative Bodentypen festgelegt. Dazu gehörten trockene (Standort 1) und nasse (Standort 2) Böden im Lockergestein. Ein dritter typischer Boden (Standort 3) wies mit einem tonig-siltigen Gefüge wesentlich höhere Feinanteile auf.

**Einwirkungen:** Die Einwirkungen auf den Anker erfolgen im Idealfall axial, was jedoch nicht immer der Realität entspricht. Insbesondere Rückhalteanker von Steinschlagschutznetzen erfahren im Ankerkopfbereich Biegemomente. Aus diesem Grund wurden hierfür Spiralseilanker (oder Anker mit flexiblen Köpfen) eingesetzt, die sich relativ flexibel auf die Zugrichtung einstellen können. Bei Hangbewegungen im Verankerungsbereich können Querkräfte die Anker zusätzlich beanspruchen. Prinzipiell sollen die Verankerungen keine Kräfte aus Verschiebungen des Untergrundes aufnehmen, zumal Verformungen die Gebrauchstauglichkeit grundsätzlich gefährden. Reisst der Mörtelmantel auf, kann das Bodenwasser zu den Ankerstäben gelangen und Korrosion verursachen. Verformungen kleineren Ausmasses sind akzeptierbar.



## Bemessung

Die Bemessung von Ankern basiert grundsätzlich auf den im Vorfeld durchgeführten Ankerversuchen (versuchsgestützte Bemessung). An den drei Standorten (siehe *Tragwerksanalyse*) wurden jeweils drei Bohrungen angesetzt (Eberle AG).

Die Ausziehversuche wurden nach der Norm SIA 267 bzw. 267/1 durchgeführt, wobei  $F_a = 370$  kN als Prüfkraft definiert wurde (ca. 0.9 der Fließgrenze des Stahls). Mit 50-70 kN als Anfangskraft wurden die Anker in fünf Lastinkrementen für jeweils 15 Minuten belastet und deren Kriechverhalten aufgezeichnet (Verschiebung und Zugspannung). Das kritische Kriechmass  $K_{krit} > 2$  mm (entspricht Ankerbruch) wurde im vorliegenden Projekt bei keinem Anker erreicht.

Nachfolgende Tabelle zeigt die gemessenen Bruchlasten nach den Zugversuchen gemäss SIA 267.

Ausziehvers.-Nr.	Länge	Boden 1	Boden 2	Boden 3	
1		4 m	230 kN	230 kN	290 kN
2		5 m	290 kN	290 kN	310 kN
3		6 m	190 kN	370 kN	350 kN

Bei Verankerungen gilt als charakteristischer Wert des äusseren Tragwiderstandes (Mantelreibung)  $R_{a,k}$  der tiefste aus drei gemessenen Werten (pro Laufmeter). Der charakteristische Tragwiderstand wird weiter mit einem Widerstandsfaktor abgemindert.

Der Hersteller der Systemwerke gibt die geforderten Gebrauchskräfte vor. Diese unterscheiden sich nach Ankertyp und -funktion. Unter Berücksichtigung der Deckschichttiefe von 1.50 m wurden die Ankerlängen wie folgt bemessen:

$$\text{Ankerlänge} = \frac{\text{geforderte Gebrauchskraft}}{\text{Bemessungswert des äusseren Tragwiderstands / lfm}} + \text{Deckschicht}$$

Nachfolgende Tabellen geben je nach Bodentyp die geforderten, charakteristischen und Bemessungswerte von Seil- und Stabankern für das Steinschlagschutz-System RXI 100 wieder (SA bzw. SG). Es wurde auch das System RXI 150 eingesetzt, dessen Tabellen hier nicht aufgeführt werden.

Boden 1 (trocken)	Typ	Gebrauchskraft gefordert [kN]	Bem.-Wert [kN/m]	Verankerung gefordert [m]	Ankerlänge gewählt [m]*	
Seitl. Abspannung	SA 18.5	230	39	5.90	7.50	
Bergs. Rückhalteanker	SA 18.5	150	39	3.85	5.50	
Tals. Rückhalteanker	SA 18.5	200	39	5.13	7.00	
Stützenfundament						
	Zuganker	SG 28	120	39	3.08	5.00
	Druckanker	SG 28	70	39	1.79	4.00



Boden 2 (vernässt)	Typ	Gebrauchskraft gefordert [kN]	Bem.-Wert kN/m	Verankerung gefordert [m]	Ankerlänge gewährt [m]*
Seitl. Abspannung	SA 18.5	230	31.40	7.32	9.00
Bergs. Rückhalteanker	SA 18.5	150	31.40	4.78	7.00
Tals. Rückhalteanker	SA 18.5	200	31.40	6.37	8.00
Stützenfundament					
Zuganker	SG 28	120	31.40	3.82	6.00
Druckanker	SG 28	70	31.40	2.23	5.00

\*inkl. Deckschichtlänge von 1.5 m

Dauerhaftigkeit: Zum Widerstand gegen äussere Einflüsse spielt vor allem der Korrosionsschutz eine Rolle. SIA 267 kennt verschiedene Korrosionsschutz-Stufen, wovon der einfache Korrosionsschutz angewendet wurde (Schutzstufe 1), da ein doppelter Korrosionsschutz einerseits wegen des viel höheren Aufwandes und andererseits wegen den hohen Ankerkräften nur mit unverhältnismässigem Aufwand realisierbar ist. Ein einfacher Korrosionsschutz erfordert mindestens 20 mm Zementmörtel zwischen Zugglied und Bohrlochwand. Gemäss Richtlinie (Margreth 2007) kann auf den Stahlquerschnitt zusätzlich ein Abrostungszuschlag von 2 mm verlangt werden.

Konstruktive Massnahmen: Aus den Bohrprotokollen wurde ersichtlich, dass neben Blockschutt im oberen Schichtbereich auch Sand und Kies vorhanden war. Deshalb musste bei rund 70 % der Bohrlänge eine Stütz-/Stabilitätsverrohrung eingesetzt werden, damit die Bohrlöcher nicht einstürzten. Bei Ankern > 6 m wurde ein Steckmetallrohr angehängt.

Die Bemessung von ungespannten Seilankern wird bislang identisch durchgeführt. Ihr Vorteil liegt im flexibleren Verhalten bei Richtungsänderungen in deren Belastung.

## Tun und Vermeiden

Nach der Norm SIA 267 sind die Bohrvorgänge zu protokollieren. Der Detaillierungsgrad wird nicht vorgegeben, doch sollten folgende Aspekte festgehalten werden.

In einem Bohrprotokoll ist zu vermerken:

- Datum der Bohrung
- Bohrtiefe und –durchmesser
- Lage von Schichtwechsellinien
- Ankertyp und -länge
- Baugrundverhältnisse (nach Bohrabschnitten)
- Allgemein sind Angaben über den Korrosionsschutz unerlässlich (SIA 267).

Weiter sind von der Vermörtelung folgende Grundangaben festzuhalten:

- Datum der Vermörtelung
- Witterung und Lufttemperatur
- Mörteltyp und -menge
- Strumpftyp und -länge

Bei mangelhafter Standfestigkeit der Borlöcher sollten für den obersten Abschnitt Verrohrungen (Stabilitätsrohr) vorgesehen werden.

Zugproben während des Baus: Gemäss SIA Norm 267 sind zur Überprüfung der Ausführungsqualität an 5 % der verbauten Anker, mindestens aber an 3 Anker pro Untergrundbereich Zugproben durchzuführen. Die Bauwerksanker werden drei aufeinander folgenden Belastungsstufen ausgesetzt.

Es wurde eine Anfangskraft  $F_a$  (30 kN bei den Stabankern, 20 kN bei den Seilankern) und eine Prüfkraft  $F_p$  definiert (120 kN bei den Stabankern, 140 kN bei den Seilankern). Der Kraftbereich dazwischen wurde in drei gleichmässige Kraftintervalle  $\Delta F$  unterteilt. Auf der Anfangskraft wurde die Nullmessung der Verschiebung durchgeführt. Danach wurden die Anker auf die Prüfkraft  $F_p$  belastet, wobei bei den Kraftintervallen  $F_1$  und  $F_2$  die Verschiebung  $\Delta L$  ohne Wartezeit gemessen wurde. Auf der Prüfkraft  $F_p$  wurde die Kraft innerhalb der relativen Messgenauigkeit gehalten und in den Zeitabständen von 1, 2, 5, 10 und 15 Minuten die Verschiebungszunahme des Ankerkopfs



gemessen. Nach 15 Minuten wurde der Anker wieder entlastet und anschliessend die bleibende Verschiebung  $\Delta l_{\text{bleibend}}$  gemessen. Kriterien für erfolgreiche Zugproben:

Ein einwandfreier und kraftschlüssiger Verbund zwischen Anker und Baugrund kann als nachgewiesen angenommen werden, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

Kriterium 1:	Verschiebungszunahme $\Delta l$ zwischen 5 und 15 min	$\leq 0.5$ mm
Kriterium 2:	Verbleibende Verschiebung $\Delta l_{bl}$ (nach Entlastung)	$\leq 5.0$ mm
Kriterium 3:	Verbundlösung $l_f - l_{fr}$	$\leq 1$ m

Die geforderten Gebrauchslasten wurden überall erreicht. In einem Fall wurde die kritische Verschiebung nach SIA 267/1 auf der Prüflaststufe überschritten. Dies wurde auf den ungünstigen Baugrund zurückgeführt, weshalb dieser Anker ersetzt wurde.

## Materialien

Namen	Anker	Spiralseilanker (Geobrugg AG), $\varnothing 18.5$ mm Dywidag GEWI, Stahl S 670 kuppelbar, $\varnothing 28$ mm Mit Standard Korrosionsschutz
	Ankermörtel:	Röfix 995 (nicht mehr auf der Typenliste des BAFU, galt zu dieser Zeit als konform)
NPK Kapitel / Position	Anker und Mikropfähle, Materiallieferungen	NPK 214.47X.XXX
	Anker und Mikropfähle, Montage	NPK 214.57X.XXX
Mindestanforderungen	<p>Entsprechend den einschlägigen Normen (siehe Abschnitt Gesetze/Normen). In der Regel ist mindestens die Korrosionsschutz-Stufe 1 gemäss SIA 267 anzuwenden.</p> <p>Es sind Mörtel gemäss Typenliste des BAFU (Baumann 2010) zu verwenden (Bedingung für die Mitfinanzierung).</p> <p>Während den Vermörtelungsarbeiten musste der Mörtel regelmässig einer Konformitätsprüfung (Brauchbarkeitsprüfung) unterzogen werden (Frischmörtelproben). Die Häufigkeit richtet sich nach der Mörtelmenge, Bedeutung der Baustelle, Erfahrung der Bauunternehmung und dem verwendeten Mörtel.</p> <p>Weiter mussten gemäss Norm im Labor Druckfestigkeit (<math>F_c</math>) und Frostbeständigkeit (FS) untersucht werden (SN EN 12390 - 3 und SIA 267 bzw. SN EN 12390 - 7 und SIA 162/1). Dazu wurden gegossene Zylinder des zu prüfenden Mörtels in ein Labor geschickt. Der Luftporengehalt lag im Idealbereich von 5 bis 8 %. Die Druckfestigkeit <math>F_c</math> wird nach 7 bzw. 28 Tagen geprüft und in N/mm<sup>2</sup> angegeben. Es wird daher empfohlen, mit der Vermörtelung der Bauwerksanker zu warten, bis nach 7 Tagen ein positiver Druckfestigkeitswert festgestellt worden ist. Nachfolgende Tabelle gibt die Grenzwerte wieder.</p>	

Röfix 955 Kennwerte	$F_{c7}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$F_{c28}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	FS [%]	
Richtlinie		22.0	35.0	1
Eignungsprüfung EMPA		38.2	42.6	1

Die grosse Mehrheit der Proben erreichte einen Frostbeständigkeitswert von über 1.7 %. Mörtelproben mit ungenügenden Druckfestigkeitswerten liess man von Dritten (SLF) auf deren Eignung prüfen. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Tragfähigkeit des Bauwerkes durch diese Mörtel nicht gefährdet würde, weshalb keine weiteren Massnahmen ergriffen wurden.



Grundsätzlich entstehen ungenügende Druckfestigkeitswerte durch einen unzureichenden Mischvorgang, einen zu hohen Wassergehalt bei der Mischung (W/Z-Gehalt) oder/und einen zu hohen Luftporenanteil.

Verarbeitung Tipp -  
Ø Menge pro Einheit k.A.

## Mittel

Maschinen Schreitbagger mit Anbau-Bohrlafette  
Geräte Ankerbohrung:  
Lawinenbohrgerät mit Imlochhammerausrüstung mit Verrohrung und Luftspülung.  
Ausziehversuche:  
Prüfzylinder und Wegstreckenmesser.  
Herstellung Ankermörtel:  
IBO-Mungg Mischpumpe dazugehöriges Mörtelmaterial (siehe oben).

## Installation

Wegen bestehenden forstlichen Erschliessungswegen konnte auf den Einsatz eines Helikopters verzichtet werden. Die Zulieferung und Zwischenlagerung des Materials erfolgte entsprechend über die Walderschliessung.

## Ausführung

Absteckung Die Verbauung soll möglichst geradlinig und horizontal verlaufen. Grössere Unebenheiten sind zu umgehen oder auszugleichen. Die Grundlinie wird abgesteckt und in die vorgegebenen Stützenabstände aufgeteilt. Die Standorte der Stützen werden anschliessend markiert. Bei Richtungsänderungen aufgrund von Kuppen und Mulden sind die Stützenabstände zu korrigieren.

Erdarbeiten Bis auf die Bohrungen selbst müssen keine Erdarbeiten vorgenommen werden. Der Bohrdurchmesser wurde wie üblich für Steinschlagverbauungen auf 90/114 mm gewählt.

Arbeitsschritte

- 1) Abstecken der Verankerungspunkte
- 2) Boden im Bereich der Bodenplatte anschrägen
- 3) Loch für Zuganker bohren (unter 45° von Bodenplatte)
- 4) Loch für Druckanker (Mikropfahl) bohren
- 5) Anker einsetzen und einmörteln (mit Stütz-/Stabilitätsrohr)
- 6) Bodenplatte in einem Mörtel-/Betonbett einsetzen und ausrichten
- 7) Aushärtezeit minimal 7 Tage vor der Montage

Tun und Vermeiden

- Kommt es bei der Feinabsteckung oder wegen bautechnischen Schwierigkeiten zu Ankerstandorten mit ungünstigeren Kräfteinwirkungen als im Bauprojekt geplant, sind diese durch geeignete Massnahmen zu unterbinden oder auf ein zulässiges Mass zu reduzieren.
- Besteht die Gefahr, dass sich Bohrlöcher aufgrund wenig standfesten Lockermaterials einfallen, müssen Verrohrungen eingesetzt werden. Im vorliegenden Projekt waren neben Blockschutt in den oberen Schichten auch Sand und Kies anzutreffen, weshalb auf 70 % der Bohrlänge Verrohrungen eingesetzt werden mussten.



- Bei den Spiralseilankern ist darauf zu achten, dass die Ankerschleife liegend eingebaut wird (Seile nebeneinander, nicht aufeinander). Daneben gilt zu prüfen, ob diese ausreichend eingemörtelt wurden (orange Markierung).
- Wichtig ist, dass das untere Tragseil möglichst auf dem Boden aufliegt. Um dies zu gewährleisten, wurde, wo nötig, eine Berme von Hand erstellt.
- Die Herstellung, Lagerung und Transport der Ankermörtel-Prüfkörper sollte sorgfältig erfolgen.

#### Abschlussarbeiten

Nach Fertigstellen der Verbauung erfolgt eine ausführliche Endkontrolle durch die Bauleitung und den Unternehmer.

#### 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)
- Maschineneinsatz** (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574)
- Strom auf der Baustelle** (SUVA Publikation 67081, 67092)
- Verkehr und Infrastruktur** (SN 640886)
- 9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal** (SUVA Publikation 88819)
- Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang** (SUVA Publikation 33016, 44002)
- Graben und Baugruben** (SUVA Publikation 67148)
- Zusammenarbeit mit Fremdfirmen** (SUVA Publikation 66092/1)
- Waldarbeiten** (SUVA Publikation 84034)
- Arbeiten am, im oder über Wasser** (SUVA Publikation 67153)

#### Werterhalt

##### Betrieblich

Weil die Bauwerksanker an der Oberfläche nur sehr eingeschränkt inspiziert und überprüft werden können, ist die Einbauqualität von enormer Bedeutung. Zumeist beschränkt sich die Inspektion auf die visuelle Beurteilung der Ankerköpfe. Anker bei Steinschlagschutznetzen sind anderen Belstungen ausgesetzt als beispielsweise Stützwerke im Lawinenverbau, was sich z.T. in anderen Schadensbildern äussert. Oberirdische Teile von Ankern werden im Rahmen des KUfl in einzelnen Kantonen als Bauteil berücksichtigt und mitinspiziert.

Solange die Tragfähigkeit der Werke nicht gefährdet und damit kein baulicher Werterhalt notwendig ist, werden kleinere Beeinträchtigungen zur Schonung der Unterhaltskosten weiter im Auge behalten und nicht zeitlich unmittelbar behoben (Unzugänglichkeit, relativ hoher materieller Aufwand). Aus organisatorischen und logistischen Gründen wird der Massnahmenzeitpunkt zusammen mit erforderlichen baulichen Massnahmen verknüpft. Zu Schädigungen, die aufmerksam zu beobachten sind, gehören beispielsweise:

##### Bodenplatte mit Mikropfahlfundation

- U.U. bei Rissen in der Grundplatte / Fundament (sorgfältige Beurteilung nötig).
- Freilegen des obersten Bereiches der Mikropfahlfundation in Folge von Erosionsprozessen

##### Seilanker

- Risse im Mörtel, Deformation / Risse im Korrosionsschutzrohr aufgrund Belastung.
- Veränderte Position des Ankerkopfes der Berg-/ Talseitigen und seitlichen Abspannung.

##### Baulich

Bauliche Massnahmen werden dann notwendig, wenn die Tragsicherheit des Tragwerkes akut oder in absehbarer Zeit gefährdet ist. Definitiv kann dieser Nachweis einzig durch Zugproben erbracht werden. Folgende äussere Erscheinungen geben Aufschluss über die unzureichende Tragfähigkeit von Ankern:

- Gerissener Stabanker
- Eingedrückte Anker



– Herausgerissene Anker

Vor den Massnahmen ist jeweils zu prüfen, ob die Ursachen in einer unzureichenden Bemessung und/oder Ausführung begründet liegen. Gegebenenfalls sind Anpassungen vorzusehen.

## Rückbau

Anker werden bei einem Rückbau von Systemwerken im Regelfall im Boden belassen. Die Ankerköpfe können entfernt 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



Abb. 6: Bohren mit dem Lawinbohrgerät mit Imlochhammerausrüstung (Foto: H. Richener).



Abb. 7: Schreitbagger mit Anbaulafette für Ankerbohrungen nahe an der Erschliessung (Foto: H. Richener).



Abb. 8 (oben): Vermag die Lafette die Verrohrung nicht aus eigener Kraft aus dem Borhloch ziehen, muss diese mit Hilfe von Hydraulikzylindern herausgezogen werden (Foto: H. Richener).



Abb. 9 (rechts): Auf die gewünschten Verankerungslänge konfektionierte Spiralseilanker mit Hüllrohren (Foto: H. Richener).



Abb. 10: Injektion des Ankermörtels durch miteingeführte Injektionsschläuche. Diese werden nach der Injektion gekappt und im Fundament belassen (Foto: H. Richener).



Abb. 11: Fertig ausgeführtes Stützenfundament mit montierter Stütze (Foto: H. Richener).



Abb. 12: Bremsseile (links) und Abspannseile (rechts) an den Ankerlaschen der Spiralseilanker (Foto: H. Richener).