



Qualitätssicherung bei Verankerungen

Merkblatt der Abteilung Naturgefahren, Amt für Wald und Naturgefahren

Einordnung

Das vorliegende Merkblatt zur Planung, Ausführung und zum Erhalt von Verankerungen bei Schutzbauwerken gegen Massenbewegungen (Fokus Lawinen- und Steinschlagverbau) gilt für forstlich subventionierte Projekte im Kanton Bern. Projektverfassende und Bauleitende sind angehalten, sich daran und an den genannten Normen und Richtlinien zu orientieren. Bei Abweichungen davon sind die notwendigen Nachweise zu erbringen.

Normen und Richtlinien

Die Projektverfassenden und Bauleiter sind bei der Projektierung und Ausführung von Verankerungen für die fachgerechte Umsetzung der geltenden Richtlinien und der SIA-Normen verantwortlich. Das vorliegende Merkblatt ergänzt diese und liefert Tipps für die praktische Umsetzung. Der verbleibende Ermessensspielraum ist im Einzelfall zwischen Projektverfassenden und der Fachstelle auszudiskutieren.

Inhaltsverzeichnis

1.	Projektierung	2
1.1	Nutzungsvereinbarung und Projektbasis	2
1.2	Tragwerksanalyse.....	2
1.3	Bemessung und Nachweise	2
1.4	Dauerhaftigkeit.....	2
2.	Submission	3
3.	Bauleitung / Bauausführung	3
3.1	Vorbereitung	3
3.2	Umsetzung.....	4
4.	Qualitätskontrollen	5
4.1	Allgemeines	5
4.2	Bohr- und Mörtelprotokoll.....	5
4.3	Ankerprüfungen	5
4.4	Mörtelproben.....	6
5.	Bauabschluss	7
5.1	Vorabnahme	7
5.2	Schlussabnahme	7
5.3	Abschlussdokumentation	8
6.	Literatur	8
6.1	Richtlinien und Normen.....	8
6.2	Merkblätter.....	8
6.3	Schulungsunterlagen und andere Publikationen.....	8

Versionen

Erstausgabe im April 2017 und Überarbeitung im März 2019. Kleinere Ergänzungen fortlaufend. Vorliegende Version vom Oktober 2020.

1. Projektierung

1.1 Nutzungsvereinbarung und Projektbasis

Inhalte von Nutzungsvereinbarung und Projektbasis nach der SIA Norm 260 sind stufengerecht in der forstlichen Vorstudie und dem forstlichen Bauprojekt abzuhandeln:

- In der forstlichen Vorstudie werden die Nutzungsanforderungen beschrieben. Diese sind bei der Besprechung der Vorstudie mit der Bauherrschaft zu bereinigen. Das forstliche Bauprojekt gibt der Bauherrschaft eine Übersicht über die zugrundeliegenden Szenarien und über die angestrebte Art und die Dauer der Nutzung des geplanten Schutzbauwerks.
- Im Sinne einer Projektbasis zeigt die forstliche Vorstudie bereits das Tragwerkskonzept möglicher Schutzbauten.

1.2 Tragwerksanalyse

In Anlehnung an die Projektierungsschritte der SIA Norm 260 sind im forstlichen Bauprojekt die Materialkennwerte, die Baugrundverhältnisse und die relevanten Gefährdungsbilder sowie die relevanten Nutzungszustände für die Bemessung des Oberbaues und der Verankerungen beschrieben. Es ist Aufgabe der Projektverfassenden, für die Baugrundverhältnisse geeignete Erhebungsmethoden zu wählen oder Annahmen zu treffen.

1.3 Bemessung und Nachweise

Die Bemessung der Verankerungen erfolgt nach dem in der Anleitung für die Praxis des BAFU [2] beschriebenen Vorgehens. Die äussere Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit sind im Bauprojekt auf Basis einer Vorbemessung nachzuweisen. Werden bei der Vorbemessung grössere Unsicherheiten festgestellt, so sind für die definitive Bemessung für das Ausführungsprojekt und die Submission Ausziehversuche vorzusehen.

Werden vorgängig keine Ausziehversuche gemäss Kapitel 4.3.1 für die Bemessung gemacht und folglich die in [1] für Lawinenverbauungen resp. identisch in [2] für Steinschlagverbauungen vorgeschlagenen Bodenkennwerte¹ mit dem entsprechenden Widerstandsbeiwert verwendet, ist zu beachten, dass diese Werte nur für Bohrlochdurchmesser ≥ 90 mm gelten.

Krafteinwirkungen, welche von der Achse des Ankers abweichen können, sind mit der Anordnung des Bauwerkes im Gelände möglichst zu vermeiden (Erkenntnis Grobabsteckung im Gelände für Bauprojekt). Treten Quer- oder Umlenkkräfte auf, sind diese je nach Winkel der Krafteinwirkung gemäss [2] zu unterbinden oder zu reduzieren. Der Einsatz von Verstärkungsrohren, Ankerplatten mit Anschlussbügel, zusätzlichen Ankern oder Betonfundamenten ist deshalb bereits in der Projektierung zu prüfen.

Es wird empfohlen, die berechneten Ankerlängen auf den nächsten halben Meter aufzurunden.

Der Ausschluss gewisser Ankertypen liegt in der Kompetenz der Projektverfassenden und der Bauherrschaft.

In der Abschlussdokumentation sind die Nachweise auf Basis der ausgeführten Verankerungen und Bauwerke zu erbringen. Wo der Nachweis der inneren Tragsicherheit nicht vom Systemhersteller erbracht wird, ist auch dieser zu erbringen.

1.4 Dauerhaftigkeit

Die Richtlinie [1], die Anleitung für die Praxis [2] und die Baupraxis selbst weichen in einzelnen Punkten bewusst von der sich an gespannten Ankern orientierenden SIA-Norm ab: So wird normalerweise im Lawinen- und Steinschlagverbau ein einfacher Korrosionsschutz (Schutzstufe 1) für die permanenten (Nutzungsdauer ≥ 5 Jahre) ungespannten Anker realisiert. Insbesondere im Bereich der Verzinkung und des Ankerkopfschutzes weicht die Praxis von der Norm ab. Es ist Aufgabe der Bauleitung, in Bauwerksumgebung mit erhöhter Korrosionsgefährdung (z.B. bei Kriechströmen) den Einbau einer höheren Korrosionsschutzstufe zu prüfen und im Rahmen der Nutzungsvereinbarung mit der Bauherrschaft zu besprechen.

¹ In [2]: Lockergestein in Abbildung B2.2 und Fels in Tabelle B2.1

Verlangt eine Bauherrschaft trotz nicht erhöhter Korrosionsgefährdung eine höhere Schutzstufe, ist dies mit der Fachstelle zu diskutieren. Diese kann bei unbegründeten und unverhältnismässigen Zusatzaufwänden die Beiträge an das Projekt kürzen.

Im Lawinen- und Steinschlagverbau ist gemäss der Richtlinie [1] und der Anleitung für die Praxis [2] der für die innere Tragsicherheit notwendige Querschnitt der Stabanker mit einem **Abrostungs- resp. Sicherheitszuschlag** von 2 mm pro Aussenfläche zu erhöhen²; [2] bezeichnet dies in Tabelle 3 als Schutzstufe 1a. Die Bauleitung muss bei der Submission diesen Zuschlag für Stabanker vorgeben. Es sind nur typengeprüfte Mörtel gemäss der aktuellen BAFU-Liste [3] zu verwenden.

Bei den Verankerungen von Netzabdeckungen (kurze Felsanker ohne zusätzliche Felssicherungsfunktion) kann in Ausnahmefällen aus Gründen der technischen Realisierbarkeit (z.B. fallende Bohrlöcher in Überhängen) oder der Verhältnismässigkeit (z.B. Einsatz Handbohrgerät mit kleinerem Bohrl Lochdurchmesser) von den Vorgaben in den Richtlinien [1, 2] abgewichen werden:

- Der Einsatz von **Klebepatronen** (Verbundmörtelpatronen) anstelle typengeprüfter Mörtel. Vgl. dazu das WSL-Praxismerkblatt zum Einsatz von Klebeankern im subventionierten Lawinen- und Steinschlagverbau [10].
- Einsatz von 670er Stahl anstelle 500er Stahl und somit Anker mit kleinerem Durchmesser zum Festhalten am Abrostungszuschlag.

Die Folgen auf eine allfällige Reduktion von Dauerhaftigkeit und Sicherheitsreserve ist im Bauprojekt zu thematisieren und im konkreten Fall mit der Fachstelle zu diskutieren.

Weiter ist zu prüfen ob aus Erosionsschutzgründen Betonfundamente für die Stützen vorzusehen sind (vgl. 3.2).

2. Submission

Bei der Submission macht die kantonale Fachstelle der Bauherrschaft resp. deren mandatierter Bauleitung keine speziellen Vorgaben. Wir empfehlen aber ein Vorgehen gemäss der SIA-Norm 118 resp. 118/267 und eine Ausschreibung nach Normpositionskatalog NPK durchzuführen.

Ob Material und Baumeisterarbeiten zusammen oder separat ausgeschrieben werden, liegt in der Kompetenz der Bauherrschaft. Sofern das Material separat beschafft wird, empfehlen wir a) mit dem Lieferanten ebenfalls einen Vertrag nach SIA abzuschliessen und b) die Schnittstellen zwischen Bauunternehmer, Materiallieferant und Bauleitung (z.B. Materialkontrolle) zu klären.

Eine Unternehmerbegehung im Gelände kann für ein Angebot hilfreich sein; dafür und auch für das Baugesuch hilft die Grobabsteckung aus der Projektierung.

3. Bauleitung / Bauausführung

Neben einer umsichtigen Planung kann mit einer korrekten und sorgfältigen Bauausführung eine hohe Qualität der Foundation erreicht werden. Nachfolgend einige Empfehlungen, auf welche die Bauleitung zusammen mit der Bauunternehmung achten muss.

3.1 Vorbereitung

- Vor Baubeginn erfolgt durch die Bauleitung und die Bauunternehmung die Feinabsteckung mit Vorgabe der Bohr- und Einbauwinkel je Anker. Bei Spezialsystemen oder schwieriger Anordnung im Gelände soll dazu der Systemlieferant beigezogen werden.
- Vor Beginn der Bauausführung ist die Bauunternehmung von der Bauleitung über die getroffenen Annahmen bei der Projektierung der Foundationen und die daraus resultierenden Vorgaben für

² Folglich nächst grösseren Stabanker-Typ mit mind. 4 mm mehr Durchmesser verwenden.

den Einbau zu informieren. Die Vorgaben müssen für die Bauunternehmung nachvollziehbar sein.

- Es wird empfohlen, eine gewisse Anzahl Anker um 1 – 2 m länger auf Platz zu bestellen. Diese Anzahl ergibt sich aus den Unsicherheiten im Baugrund. Dies ermöglicht der Bauunternehmung bei Bohrlöchern, wo entgegen der Annahme für die Bestimmung der Ankerlängen der Fels tiefer unten vorkommt, längere Anker einzubauen und damit die notwendige Tragsicherheit zu erreichen.

3.2 Umsetzung

Ein tragsicherer und dauerhafter Einbau mit mindestens Korrosionsschutzstufe 1a (s. Kapitel 1.4) erfordert in der Bauphase von der Bauleitung und der Bauunternehmung die umsichtige Umsetzung der projektierten Vorgaben sowie Berücksichtigung folgender Punkte:

- Kommt es bei der Feinabsteckung oder wegen bautechnischen Schwierigkeiten zu Ankerstandorten mit ungünstigeren Kräfteinwirkungen als im Bauprojekt geplant, sind diese gemäss [2] durch geeignete Massnahmen zu unterbinden oder auf ein zulässiges Mass zu reduzieren.
- Bei den Stützen ist darauf zu achten, dass die Bodenplatte zur Verhinderung von Staunässe mit einer Neigung von 3° talwärts auf dem gut verfestigten, sprich „gewachsenen“ Boden, mit genügendem Abstand zur erodierenden Böschung gesetzt und verankert werden kann. Ansonsten besteht die Gefahr, dass der Mikropfahl nach einiger Zeit freisteht oder bei Schubbelastung abscheren kann. Ein Aushub für die Platte und ein Verstärkungsrohr im obersten Meter des Pfahls wird empfohlen. Bei besonders steilen Böschungen oder lockerem Boden ist der Einsatz von Betonfundamenten zu prüfen.
- Die Bohreinrichtung und -methode sind so zu wählen, dass ein Bohrloch mit einem Durchmesser entsteht, in welchem beidseitig eine Mörtelumhüllung von mindestens 20 mm eingebaut werden kann.
- Die Anker sind mittels Federkorb-Distanzhalter sauber zu zentrieren.
- Ist der Einsatz von Strümpfen notwendig, sollen nur dehnbare Typen verwendet werden (Weisser dehnbare Polyester-Typ, nicht HATE-Ankerstrumpf)
- Aus Erfahrungen der Praxis wird empfohlen, Strümpfe im Lockergestein nur in Kombination mit Streckmetallrohren (Anker → Streckmetallrohr → Strumpf → Bohrlochwand) einzubauen. Falls das Bohrloch nicht überall vollständig steht (z.B. einzelne Steine hineinfallen) fehlt zwischen dem Anker und dem Strumpf der notwendige Ausdehnungsplatz von 20 mm.
- Wenn verrohrt gebohrt wurde und Anker mit Strümpfen eingeführt werden, ist beim Ziehen und Ausdrehen der Verrohrung darauf zu achten, dass um Viertelrotationen seitenwechselnd ausgedreht wird: Wird nur einseitig drehend gezogen, kommt es fast sicher zu einem Verdrehen des Strumpfes. Solche Strümpfe können sich dann nicht ausreichend ausdehnen und werden über zu grosse Abschnitte nicht genügend ausgefüllt.
- Der typengeprüfte Mörtel ist auf der Baustelle trocken zu lagern.
- Die Baustelleneinrichtung muss so erfolgen, dass der Nassmörtel nicht über zulange Distanzen (Schlauchlänge max. 60 m) gepumpt wird. Am Schlauchende muss der Nassmörtel mit einer Temperatur von mind. 5°C (Permafrostmörtel mind. 20°C) und maximal 30°C injiziert werden.

4. Qualitätskontrollen

4.1 Allgemeines

Die Qualitätskontrolle ist eine wichtige Aufgabe der Bauleitung. Baustellenbesuche sind durch die Bauleitung so zu wählen, dass die Schritte und die Qualität der einzelnen Bauetappen nachvollzogen und mit den Vorgaben aus dem Bauprojekt und der Feinabsteckung verglichen werden können.

Die Grundzüge der Qualitätskontrollen wie die Methode und der Ablauf der Ankerprüfungen sind (nur schon wegen dem Kostenvoranschlag) im Bauprojekt im Grundsatz zu beschreiben. So kann sichergestellt werden, dass mit der Submission und dem Beginn der Bauleitung die wesentlichen Qualitätsschritte effizient geplant und umgesetzt werden.

4.2 Bohr- und Mörtelprotokoll

Die Bauleitung gibt dem Bauführer vor Beginn der Bohrarbeiten das anzuwendende Bohr- und Mörtelprotokoll mit den notwendigen Instruktionen ab.

- Bohrung: Je Anker / Bohrloch sollte zwingend der Ankertyp, die Länge, der Bohrdurchmesser, die Bohrtiefe, die Baugrundverhältnisse je Tiefe / Bohrabschnittslänge und das Datum der Bohrung vermerkt werden.
- Mörtel: Je Anker / Bohrloch sollte zwingend der Mörteltyp, die Mörtelmenge, Strumpftyp /-länge und das Datum der Vermörtelung vermerkt werden.
- Bohrungen von Ausziehversuchsankern sind in Begleitung der Bauleitung durchzuführen, da hier ein detailliertes Bohr- und Mörtelprotokoll für Auswertungen der Ankerproben unabdingbar ist.

4.3 Ankerprüfungen

4.3.1 Ausziehversuche als Bemessungsgrundlage

Vorgängige Ausziehversuche als Bemessungsgrundlage sind bei grossen Projekten mit vielen Verankerungen standardmässig durchzuführen. Bei kleineren Projekten sind vorgängige Ausziehversuche nicht notwendig, wenn die Bauleitung aufgrund der Boden- resp. Felsansprache vor Ort und der Kenntnisse aus Bohrarbeiten in der näheren Umgebung genügend Wissen für die Dimensionierung hat (vgl. Punkt 11.7.2.9 SIA-Norm 267).

Die gesamte Prüfung erfolgt nach der SIA-Norm 267/1. Für die Bemessung der Ausziehversuche dienen in der Regel die Bauwerksanker mit den grössten Kräften als Vorlage. Es sollen pro Ankertyp (= vergleichbares Ankersystem, Ankerlänge und Boden) drei Ausziehversuche gemacht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Einbau von vier Ankern eingeplant wird. Falls sich so bereits beim Bohren ein Anker als nicht geeignet herausstellt (z.B. unerwartet anderer Bodenaufbau, angebohrter Felsblock etc.), können trotzdem noch drei geeignete Anker eingebaut werden.

Für die Versuchsanker ist bei gleicher Ankerlänge ein Stahl- resp. Seildurchmesser zu wählen, mit welchem höhere Kräfte geprüft werden können als der innere Tragwiderstand der Bauwerksanker³. Versuchsanker sind senkrecht zur Bodenoberfläche und mit einer freien Ankerlänge von 1 m einzubauen (vgl. a. Schema in [6]). Bei den Versuchen ist auf eine genügend entfernte Abstützung der Prüfeinrichtung zu achten, so dass ein Kraftschluss mit der Mörtelsäule ausgeschlossen werden kann.

4.3.2 Qualitätsprüfungen Bauwerksanker

Reine Felsanker

Bei Projekten mit reinen Felsankern resp. Anker die nach ein bis zwei Metern im Fels liegen und für die bei der Bemessung nur diese Länge im Fels genommen wurde, ist die Zugprobe nach SIA 267/1 ausreichend. Gut 5% dieser Bauwerksanker (mind. zwei Stück) sollen geprüft werden. Die Ausschreibung der Zugproben nach SIA 267/1 kann separat oder zusammen mit den Baumeisterarbeiten erfolgen. Wichtig

3 Alternativ kann auch mit einer im Vergleich zum Bauwerksanker kürzeren Ankerlänge bei gleichem Durchmesser mit der entsprechend tieferen Kraft geprüft werden; da unter Umständen nicht vergleichbare Bodentiefen wie mit den Bauwerksankern erreicht werden und somit nicht zwingend die vergleichbaren Bodenkenwerte für den äusseren Tragwiderstand resultieren, ist diese Alternative mit Vorsicht anzuwenden. Bei zu prüfenden Stabankern kann für die Ausziehversuche auch die Anwendung einer 670er Stahlqualität mit einer höheren inneren Tragfähigkeit als die der 500er Stahlqualität der Bauwerksanker eine Alternative sein.

ist, dass die Art der Prüfmethode klar deklariert und die Schnittstellen zu Bauleitung und Bauunternehmung klar abgegrenzt sind.

Anker im oder mehrheitlich im Lockergestein

Bei Projekten mit Verankerungen im Lockergestein sind gut 5% der Bauwerksanker (mind. zwei Stück) nach der erweiterten Zugprobe-Methode des BAFU (Methode EZP) zu prüfen. Wurden vorgängig keine Ausziehversuche gemacht, sollen beim Einbau der Bauwerksanker zusätzliche, repräsentative Anker für Ausziehversuche nach SIA 267/1 eingebaut und dann zu Beginn der Ankerprüfung gezogen werden (mind. 3 Stück). Aus den Resultaten der Ausziehversuche kann die Bauleitung eine Referenzkurve wählen, welche es erlaubt, bei den Bauwerksankern die Tragreserve nach der EZP auszuwerten.

Vorgabe Prüfstelle EZP

Im Kanton Bern werden Ankerprüfungen nach EZP im Regelfall wie im Kanton Wallis durch Dominique Schönbächler, Ingenieurbüro für Wald und Umwelt in Selkingen, ausgeführt. Projektverfassende nehmen bereits im Bauprojekt mit Dominique Schönbächler Kontakt auf für die grobe Planung und die Kostenschätzung. Herr Schönbächler kann zusammen mit der Bauleitung vor Baubeginn den Detailablauf der Prüfungen (Ausziehversuche und Zugproben sowie Auswertung) fallweise bestimmen.

Je nach Vorgehen erstellt dann der Prüfer oder die Bauleitung einen Prüfbericht mit Angaben zur Qualität und den äusseren Tragreserven der Bauwerksanker nach der EZP-Methode.

Wie unter 4.2 bereits festgehalten, ist es wichtig, dass die Bauleitung oder der Prüfer beim Einbau der Versuchsanker und dann selbstverständlich der Prüfer selbst bei den Ausziehversuchen vor Ort ist. Mit ihrer Kenntnis des Bodens und des Einbaus sowie der Prüfergebnisse kann dann erst entschieden werden, welche Kurve als Referenzkurve für die Bewertung der Zugproben an den Bauwerksankern beigezogen wird.

4.3.3 Zukünftige Prüfanke

Die Empfehlung aus der SIA Norm 267 [5] für vorgespannte Anker, wonach "etwa 3% der Anker, mindestens aber ein Anker pro eingesetzten Ankertyp (z.B. Seilanker im Lockergestein oder Stabanker im Fels) als Kontrollanker auszubilden" sind, gilt auch bei ungespannten Ankern: Für zukünftige Prüfungen sollen separat zu den Bauwerksankern einzelne, für die eingebauten Typen repräsentative Prüfanke eingebaut und entsprechend gekennzeichnet werden.

4.3.4 Prüfung von Felsnägeln bei Netzabdeckungen oder Felssicherungen

Es wird empfohlen, gut 5% der Nägel mit der Bemessungskraft zu belasten und diese Last gut fünf Minuten zu halten. Bleibt die Last konstant und ist von Auge keine Verschiebung feststellbar, kann von einem für die Ansprüche an diese Art von Foundation genügenden Verbund resp. genügendem äusseren Tragwiderstand ausgegangen werden. Bei überhängenden Abdeckungen kann die Prüfung wegen der aufwändigen Installation auch an vergleichbaren Testankern (gleicher Fels, zum Bauwerksanker identisch und zeitgleiche Vermörtelung) erfolgen.

4.4 Mörtelproben

Die kantonale Fachstelle führt in jedem Fall Mörtelproben durch. Als erste Qualitätssicherung gilt, dass nur Mörteltypen verwendet werden dürfen, welche gemäss der Richtlinie Lawinenverbau [1] und der Anleitung für die Praxis im Steinschlagverbau [2] die Eignungsprüfung bestanden haben und auf der aktuellen Typenliste [3] geführt werden.

In sulfathaltigen Böden wie Gips, empfehlen wir wegen dem Sulfatreiben einen sulfat- wie auch frostbeständigen Mörtel zu verwenden. Der vorgesehene Mörtel ist mit der Fachstelle zu besprechen.

4.4.1 Frischmörtelproben

Standardmässig werden durch die Fachstelle zu Beginn der Mörtelarbeiten Frischmörtelproben auf der Baustelle genommen. Dabei werden der Luftporengehalt, das Ausbreitmass, die Mörteltemperatur und allg. das Mörtelverfahren der Bauunternehmung geprüft.

4.4.2 Laborproben

Bei einer Laborprobe wird gemäss [1] die Druckfestigkeit nach 7 und nach 28 Tagen sowie der Frostbeständigkeitswert bestimmt. Die Bauleitung entscheidet zusammen mit der Fachstelle nach der Wahl der Bauunternehmung, ob neben der Frischmörtelprobe auf der Baustelle auch Laborproben genommen und ausgewertet werden. Dieser Entscheid hängt von der Qualifikation der Bauunternehmung und den Ergebnissen der letzten vorzeigbaren Mörtelprüfungen ab. Wir empfehlen, die Unternehmung bei der Ausschreibung darauf hinzuweisen, dass Proben genommen werden können. Es ist auch denkbar, dass die Bauunternehmung selber aktiv wird und zu ihrer Sicherheit Proben wünscht.

4.4.3 Vorgehen und Dokumentation

Die Bauleitung informiert zusammen oder unmittelbar nach dem Submissionsentscheid die Fachstelle über die gewählte Unternehmung, deren Mörtelmaschine und den beabsichtigten einzubauenden Mörteltyp. Die Bauleitung lädt den Mörtelprüfer der Fachstelle an die Startsituation ein: So kann der Ablauf der Mörtelprüfung mit den anderen Bauteilen abgestimmt werden. Wenn Bauleitung und Bauunternehmung bereits oft solche Proben durchlaufen haben, kann diese Abstimmung in Zukunft auch telefonisch erfolgen.

Die Bauleitung erhält vom Mörtelprüfer jeweils nach den Etappen Frischmörtel, Druckfestigkeit nach 7 und 28 Tagen und Frostbeständigkeit einen Zwischenbericht resp. einen abschliessenden Bericht zur Mörtelprüfung. Letzterer ist den Bauwerksakten beizulegen. Der Schlussbericht geht auch an die Bauunternehmung und den Projektverantwortlichen bei der Fachstelle.

Liegt bei Baustellen ohne Laborproben, ein positiver Frischmörtelprobenbefund vor, kann mit der weiteren Vermörtelung der Bauwerksanker fortgefahren werden. Bei Baustellen mit Laborproben empfehlen wir jedoch, mit der Vermörtelung der Bauwerksanker zuzuwarten, bis nach 7 Tagen ein positiver Druckfestigkeitswert festgestellt ist.

Falls die Mörtelproben Unstimmigkeiten oder ungenügende Resultate liefern, holt die Bauleitung die Empfehlung der Fachstelle ein, bevor sie über die weitere Vermörtelung und das weitere Vorgehen entscheidet.

4.4.4 Kosten

Die Fachstelle verrechnet der Bauherrschaft folgende, subventionsberechtigte Kosten (Richtwerte für den Kostenvoranschlag im Bauprojekt):

- Teilnahme Startsituation: zwischen CHF 200 und 500
- Nur Frischmörtelprobe: zwischen CHF 500 und 1000, je nach Distanz der Baustelle zu Interlaken.
- Frischmörtel- und Laborprobe: CHF 1'500 Laborkosten pro Probe und zwischen CHF 1'000 und 2'000 für die Prüf- und Transportkosten bei der Abt. Naturgefahren (je nach Distanz der Baustelle zu Interlaken resp. dem derzeitigen Labor TransGeo AG in Gümligen).

5. Bauabschluss

5.1 Vorabnahme

Eine „Vorabnahme“ der Verankerung geschieht laufend mit der Vermörtelung, sprich mit der Bausitzung nach einer Vermörtelungsetappe (s. 4.1). Vor der Endmontage aller Teile führt die Bauleitung anlässlich einer Baustellensitzung eine Vorabnahme durch. Bei Steinschlagschutznetzen wird dies idealerweise mit dem Systemlieferanten zusammen gemacht; dieser prüft zuhanden der Bauleitung, ob das System (nur Oberbau) gemäss Montagehandbuch im Gelände korrekt erstellt wurde.

5.2 Schlussabnahme

Bei der Schlussabnahme nimmt die Bauherrschaft zusammen mit ihrer Bauleitung mit einem Abnahmeprotokoll (nach SIA 118) das Bauwerk (Oberbau und Verankerung) von der Baufirma ab. Die kantonale Fachstelle ist zur Schlussabnahme ebenfalls einzuladen.

5.3 Abschlussdokumentation

Die Abschlussdokumentation eines Schutzbauwerkes beinhaltet betreffend Verankerungen eine Zusammenfassung der Grundannahmen und der Bemessung. Weiter den Beschrieb der Ausführung und der vorgenommenen Qualitätskontrollen sowie folglich die Bestätigung der Nachweise aus dem forstlichen Bauprojekt. Der Aufbau der Abschlussdokumentation mit den entsprechenden Anhängen ist im entsprechenden Merkblatt der Fachstelle [9] beschrieben.

6. Literatur

Nachfolgend eine nicht abschliessende Zusammenstellung der Quellen und hilfreichen Literatur zum Thema:

6.1 Richtlinien und Normen

- [1] Margreth S. 2007: Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Technische Richtlinie als Vollzugshilfe. Umwelt-Vollzug Nr. 0704. BAFU, WSL, SLF. 101 S.
- [2] Baumann R. 2018: Grundlagen für die Qualitätssicherung von Steinschlagschutznetzen und deren Foundation. Anleitung für die Praxis. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1805: 42 S.
- [3] Baumann R. 2010: Typenliste Ankermörtel. Aktualisierte Ausgabe jeweils auf der BAFU-Internetseite; Erstausgabe 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1007: 4 S.
- [4] SIA Norm 267 Geotechnik
- [5] SIA Norm 267/1 Geotechnik Ergänzende Festlegungen

6.2 Merkblätter

- [6] AWN 2013: Fundationsnormalien für Schutzbauten, Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Graubünden. 29 S.
- [7] BAFU 2014: Merkblatt zur Anwendung der erweiterten Zugprobe im Lawinen- und Steinschlagverbau. Autor Reto Störi.
- [8] ASTRA 12005: Boden- und Felsanker. Ausgabe 2007, V3.11
- [9] NGA 2014: Merkblatt Abschlussdokumentation
- [10] Margreth, S., 2020: Einsatz von Klebeankern im subventionierten Lawinen- und Steinschlagverbau. WSL Ber. 98. 8 S.

6.3 Schulungsunterlagen und andere Publikationen

- [11] Rügger R. 2013: Entwurf & Konstruktion in der Geotechnik, Verankerungen, ETH-Skript. Wintersemester 2013/14, 178 S.
- [12] Margreth St. 1996: Ankermörtel im Lawinenverbau, SLF-Merkblatt (1/96). 5 S.
- [13] Margreth St. & Schönbächler D. 2013: Darauf kommt es an! Anwendung von Ankermörtel im Lawinen- und Steinschlagverbau, die baustellen, Januar 2013
- [14] NGA-Kursunterlagen Ankertechnik-WS Juni 2015 (Download via www.be.ch/naturgefahren > Schutzmassnahmen > Schutzbauten > Projektierung und QS > Verankerungen)
- [15] AWN-Kursunterlagen Fachtagung Ankertechnik 2006 (Bezug direkt via AWN Kt. GR)
- [16] Diverse Montagehandbücher der Systemhersteller
- [17] Gerber, W., 2019: Naturgefahr Steinschlag – Erfahrungen und Erkenntnisse. WSL Bericht 74. 149 S.

Diese Literatur ist teils auf www.be.ch/naturgefahren > Schutzmassnahmen > Schutzbauten > Projektierung und Qualitätssicherung verlinkt oder dann auf den entsprechenden Internetseiten der Autoren, Fachstellen oder Verbände zu beziehen.