



## Steinschlag-Barriere, Gondo-Zwischbergen

### Permanenter Steinschlagverbau im Transitgebiet

- Flexibles Auffangsystem zum Rückhalt von Steinschlagmaterial
- Abbremsen, Auffangen und Rückhalten von Steinen/Blöcken im mittleren Energiebereich (1000 – 2000 kJ), d.h. springende Steine mittlerer Kubatur (0.5-2 m<sup>3</sup>)
- Werklänge: Insgesamt 430 lfm



Abb. 1: Fertig installiertes Schutz-System RXI 100 der Geobruigg AG. Bild: S. Walther, ForstingPlus AG)

### Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Gondo-Zwischbergen (VS), Ramserna; Simplonstrasse A9, Abschnitt 72 (2 653 130 / 1 116 610)
Auftraggeber:	Bundesamt für Strassen (ASTRA), 3003 Bern
Bauherrschaft:	Gemeinde Zwischbergen, 3901 Zwischbergen
Planung und Bauleitung:	Vorprojekt: GéoVal AG, Sion 1950 Sion. Bauprojekt und -leitung: ForstingPlus AG, 3900 Brig-Glis.
Ausführung:	ABA Bautec AG
Baujahr:	2014

### Funktion / Anwendungsgrenzen

Im Allgemeinen dienen Steinschlagschutznetze als flexible Schutzsysteme dem Abbremsen, Auffangen und Rückhalten von Steinen/Blöcken im Transitgebiet und kommen zum Schutz von erheblichen Sachwerten zum Einsatz. Im Grundprinzip bildet das Systemwerk mit Bremsen, flexiblen Netzen und beweglichen Stützen eine effiziente Schutzmassnahme, da sie hohe Sturzenergien aufnehmen kann. Nach Sturzereignissen beschädigte oder in der Funktion beeinträchtigte Elemente (Verschleissteile) werden ersetzt. Bisweilen liegt die technische Grenze der Energieaufnahme-Kapazität bei 8'000 kJ (System RXE, Geobruigg AG). Aus technischer Sicht können Steinschlagschutznetze nahezu an jedem beliebigen Standort erstellt werden, der eine Verankerung zulässt. Limitierend kann der Nutzen-Kosten-Faktor sein. Ihr Unterhalt ist nicht zuletzt wegen der häufig schlechten Zugänglichkeit gegenüber Schutzdämmen wesentlich aufwändiger. Allen Steinschlagschutznetzen ist gemeinsam, dass ihre Stützen einem Restrisiko von Direkt-Treffern ausgesetzt sind. Die Lebensdauer einer Steinschlagverbauung mit Netzen wird mit rund 50 Jahren angenommen.

**Hauptmerkmale** des im beschriebenen Projekt verwendeten Systems (RXI 200, Geobruigg AG) sind folgende:

- Ringnetz, (nicht als Schlappnetz) über Tragseile an Kippstützen aufgehängt
- Ringbremsen an Trag- (ausschliesslich an den Seiten) und (ab 2000 kJ) an Rückhalteseilen
- Doppelparallelseilführung an den oberen und unteren Tragseilen (Nachspannen nach Ereignis möglich)

Zu den Vorteilen dieses Systems gehört auf technischer Seite die vergleichsweise geringe Anzahl an notwendigen Ankeren. Hingegen fallen die z.T. sehr hohen Ankerkräfte negativ ins Gewicht. Aus Sicht der Montage besteht der Vorteil in der modularen Bauweise, die wenige Flug-Rotationen beim Helikoptertransport erforderlich macht und die Montagezeiten erheblich verkürzt. Allerdings können die Ringnetze nach einem Bemessungsereignis meist nicht wiederholt verwendet werden.



Für subventionierte Verbauungen waren bisher nur typengeprüfte Systeme zugelassen. Diese Typenprüfung ist jedoch ausser Kraft gesetzt und neu durch die europäische Richtlinie ETAG 027 ersetzt. Da dieses System durch den Systemtyp RXE ersetzt wurde und nicht mehr vertrieben wird, verzichtete man auf eine Typenprüfung nach ETAG 027 für Systemwerke des Typs RXI.

## Voraussetzungen Baugrund

Es bestehen grundsätzlich keine speziellen Anforderungen an den Baugrund. Zur Erreichung der nötigen Tragsicherheit (äusserer Tragwiderstand) ist die Ankerlänge so zu wählen, dass die Last genügend im Untergrund abgetragen werden kann. Weiter muss der Boden injektionsfähig sein, d.h. der Verbund zwischen Anker, Mörtel und dem umliegenden Baugrund muss erfolgen können. Bei vorhandenen Klüften können für die Vermörtelung Ankerstrümpfe eingesetzt werden, welche eine bessere Vermörtelung ermöglichen und einen unerwünschten Mörtelverlust verhindern. Die Verankerung ist einerseits vom System bzw. der abzufangenden Sturzenergie, andererseits vom Baugrund abhängig, wobei Stab- und Seilanker je nach Anforderung, mit unterschiedlichen Längen zum Einsatz kommen (direkt kostenwirksam).

## Gesetze / Normen

### Richtlinien

- ASTRA, 2007. Richtlinie Boden- und Felsanker. Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bern, 38 S.
- Baumann R, 2018. Grundlagen für die Qualitätssicherung von Steinschlagschutznetzen und deren Foundation. Anleitung für die Praxis. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Umwelt-Wissen Nr. 1805, Bern 42 S.
- Baumann R, 2016. Typenliste Ankermörtel, Stand September 2016. Umwelt-Vollzug Nr. 1007, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Ittigen, 4 S.
- Gerber W, 2006. Richtlinie über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Ittigen, 39 S.
- In Bezug auf Ankerarbeiten ist ferner zu beachten:  
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.

### Normen

- SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke; SIA 261/1 Ergänzende Festlegungen
- SIA 267 Geotechnik; inkl. 267/1 Ergänzende Festlegungen



## Projektierung

Normalie / Plan

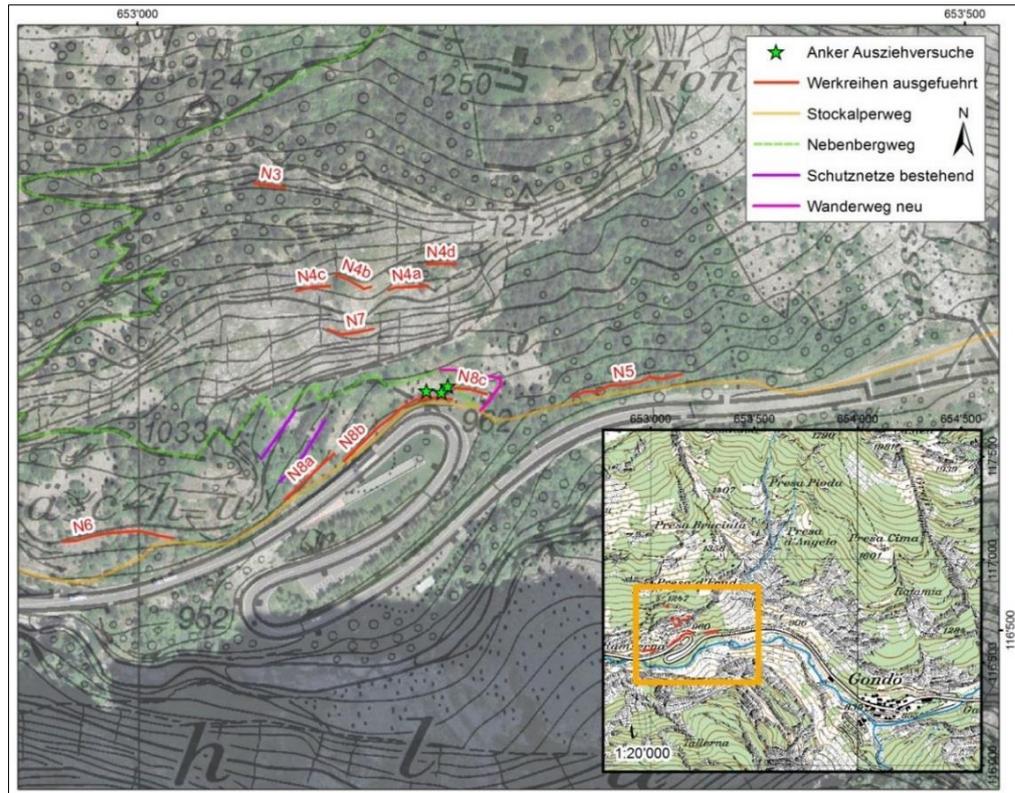


Abb. 2: Übersichtsplan mit den realisierten Werkreihen im Verbauungsgebiet Ramserna, Gemeinde Zwischbergen (ForstingPlus AG 2014 und swisstopo.ch).

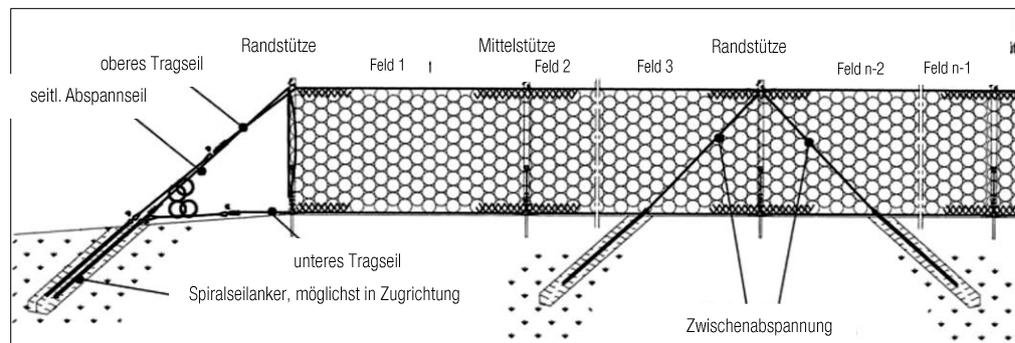


Abb. 3: Systemzeichnung des RXI-025 Systems (Aus Systemhandbuch RXI-025. Geobrug 2010, verändert). Im System RXI-200 (Energieklasse 2000 kJ) haben die Rückhalteseile jeweils eigene Ringbremsen. Zudem werden keine Federstränge eingesetzt (Zickzack-Linien bei den Stützen). Diese sollen Kraftkonzentrationen im Bereich der Stützenköpfe und Grundplatten reduzieren.

### Tragwerksanalyse

Da Steinschlag-Schutzsysteme meist als "fertige Produkte" angeboten werden, ist die Tragwerksanalyse für den Projektverfasser weitgehend hinfällig, zumal dies Teil der Ausgestaltung des Systems/Produkts ist. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass eine erforderliche Energie-Aufnahmekapazität von 1000 kJ und darüber bei flexiblen Barrieren Rückhalteseile notwendig macht.

Einzig der Baugrund muss als unbekannte Komponente des Tragwerks im Rahmen der Projektierung untersucht werden. Dieser besteht im vorliegenden Projekt im Wesentlichen aus einem kompakten Unterboden aus Zweiglimmergneis, der mit einem dünnen Oberboden bedeckt ist.

### Bemessung

Für die Bemessung des Oberbaus der Werke wurden drei Gefahrenpotenziale differenziert betrachtet, in allen jedoch wurde vom Auftraggeber ein Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren als Bemessungssituation vorgegeben. Bei zwei Gefahrenpotenzialen entspricht dies Sturzkörpern von 0.5 m<sup>3</sup>, bzw. 2 m<sup>3</sup> beim dritten Gefahrenpotenzial.



Die dabei auftretenden Energien wurden sowohl mit Hilfe von 2D Sturzbahn-Analysen (Modell Rockfall, Dr. Spang) als auch mit einem dreidimensionalen Modell (RockyFor3D, ecorisQ.org) hergeleitet, wofür vorgängig die Boden- und Gesteinseigenschaften untersucht sowie die Gefahrenpotenziale ausfindig gemacht und kartiert werden mussten. Schliesslich wurde der 50%-Fraktilwert der Modellresultate von RockyFor3D zur Optimierung der Lage und der Dimension der Tragwerke berücksichtigt.

In nachfolgender Tabelle sind die realisierten Werktypen als Resultat der Wirkungsanalyse dargestellt.

Reihen	Energieklasse	Werkhöhe	Total Werklänge	Stützenabstand
N3, N5, N7	1000 kJ	4 m	130 lfm	10 m
N4a, N4d	1000 kJ	5 m	45 lfm	5 m / 10 m
N4b, N4c	1000 kJ	6 m	45 lfm	5 m / 10 m
N6	2000 kJ	4 m	70 lfm	10 m
N8a, b, c	2000 kJ	5 m	140 lfm	10 m

Für die Bemessung der Anker wurden vor der Bauausführung zur Bestimmung des charakteristischen äusseren Tragwiderstandes an drei Probeankern jeweils einen dreistufigen Zugversuch durchgeführt. Anhand deren Verhaltens unter Zug wurden die Ankerlängen für die Tragwerke bestimmt. Die Ankerlängen bewegten sich zwischen 2 m und 5 m, vorwiegend aber betragen sie 3 m-4 m.

#### Ø Kosten pro Einheit

In nachfolgender Tabelle ist die Kostenzusammenstellung des Projektes gemäss dem Ausführungsbericht der ForstingPlus AG (2014) aufgeführt (inkl. Mehrwertsteuer).

Position		Gesamtkosten [CHF]	Kosten [CHF] / lfm
Bauprojekt	(inkl. Bauleitung))	136'180.-	317.-
Baumeisterarbeiten	(inkl. Material und Lieferung)	436'410.-	1015.-
Material und Lieferung		637'470.-	1483.-
Ausziehversuche		3'860.-	9.-
Ankermörtelkontrolle		5'300.-	12.-
Total Projektkosten		1'219'220.-	2'835.-

Es sei darauf hingewiesen, dass die Kosten als Durchschnittswerte über sämtliche Bauwerkstypen hinweg zu verstehen sind. Entsprechend kommen die Kosten für die Werktypen, die auf 2000 kJ und 5 m Sprunghöhe ausgelegt sind wesentlich über dem Durchschnitt zu liegen, diejenigen mit 1000 kJ und 4 m Sprunghöhen wesentlich darunter. In den Realisierungskosten mit eingeschlossen sind Felsreinigungen.

#### Tun und Vermeiden

Bei der Projektierung zu beachten:

- Absteckung der Stützenstandorte im Gelände vor der Ausschreibung für die Beschaffung der Steinschlagschutznetze.
- Es ist von Vorteil, wenn der Netzlieferant für die Ausschreibung der Baumeisterarbeiten bekannt ist.
- Massnahmen zur Sicherung der Baustelle soweit mach- und verantwortbar in die Ausschreibung der Baumeisterarbeiten einschliessen; Baumeister auf die vorhandenen Gefahren und Risiken hinweisen. Bei Steinschlaggefährdungen allfällige alternative Massnahmen prüfen (Sprengungen, Unterfangungen, Felsräumungen, Netzabdeckungen etc.); dies in Absprache mit den Geologen, welche die Gefahrenbeurteilung gemacht haben.
- In schwierigem Gelände ist der Baustellensicherung besondere Bedeutung beizumessen.



## Materialien

Namen	Steinschlag Netze RXI 100 und RXI 200 (Geobruugg AG) der Energieklasse 1000 kJ bzw. 2000 kJ
	<ul style="list-style-type: none"><li>– ROCCO®-Ringnetz aus 3 mm Stahldrähten (Zugfestigkeit mind. 1'770 N/mm<sup>2</sup>). Ringe aus 7-12 gebündelten Drahtwindungen von 30-35 cm Durchmesser;</li><li>– Feinmaschiges Sekundärgeflecht gegen kleine Sturzkörper</li><li>– Grundplatten und Stützen: Stützenkonstruktion 4-6 m hoch. Mit handelsüblichen Ankern verankerbar.</li><li>– Bremsen: Ringbremsen</li><li>– Klein- und Schraubmaterial</li></ul>

### Verankerung

- Spiralseilanker oder Handelsüblichen Selbstbohranker (Stabanker) mit Geobruugg FLEX-Kopf.\*
- Ankermörtel: Fixit 532

\*Diese Verankerungstypen lassen Ablenkung des Ankerkopfes bis zu 30° ohne Verlust der Zugfestigkeit zu.

NPK Kapitel / Position	Materiallieferung Steinschlagschutz aus Netzen	NPK 214.61X.XXX
	Materiallieferung Anker und Mikropfähle	NPK 214.67X.XXX
	Montage Steinschlagschutz aus Netzen	NPK 214.71X.XXX
	Montage Anker und Mikropfähle	NPK 214.77X.XXX

Mindestanforderungen	<p>Es sind typengeprüfte Systemwerke zu verwenden. Bisweilen war die Typenprüfung für Steinschlagschutz-Netze nach BAFU (Gerber 2006) als Mindestanforderung massgeblich. Diese wird jedoch im Zuge der Implementierung der europäischen Richtlinie ETAG 027 bis Mitte 2018 revidiert.</p> <p>Die angewendeten Ankersysteme müssen gemäss Schweizerischer Technischer Zulassung (STA) geeignet und als konform bewertet sein. Ankerlieferanten und Bohrunternehmer haben ein zertifiziertes QM-System nach ISO 9001 vorzuweisen (ASTRA 2007). Dabei muss der Ankermörtel typengeprüft sein (Baumann 2016).</p>
----------------------	--

Verarbeitung Tipp -

Ø Menge pro Einheit Auf 830 m verbaute Anker mussten 63 to Trockenmörtel (ohne Wasser) injiziert werden. Das entspricht im Mittel 75 kg/lfm Anker. Die Menge ist wegen des verklüfteten Verbauungsgebietes relativ hoch.

## Mittel

Maschinen Helikopter oder allenfalls Kranfahrzeug zum Transport bzw. zur Montage am Werkstandort

Geräte Bohrausrüstung für Ankerarbeiten, Injektionslanze und Mörtelpumpe

## Installation

Die Belieferung der Baustelle war ausschliesslich mit Helikopter möglich. Aus diesem Grund musste in der Nähe des Werkstandortes ein Depot-/ Lagerplatz zur Anlieferung des Bauwerkmaterials eingerichtet werden, um die Helikopterrotationen möglichst kurz und somit günstig zu halten.

- Zum Schutz der Bauarbeiter wurde oberhalb der Baustelle ein Temporäres Kunststoffnetz (hier: S&P-Netz) installiert
- Unterhalb der Baustelle wurden mit Kunststoff-Vlies bedeckte Gitternetze eingesetzt, um die darunterliegende Verkehrsachse und Wanderweg-Abschnitte zu schützen.

## Ausführung



Absteckung	Aus der Steinschlagmodellierung ergibt sich grundsätzlich die optimale Position für das Steinschlagschutznetz, wobei natürliche Geländeabflachungen oftmals Vorteile bieten (Energievernichtung und geringere Sprunghöhen). Die Verbauung sollte soweit möglich auf einer Geländeebene (Berme) geradlinig und horizontal positioniert werden. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Stützenabstandes, Aufteilung der Werkreihen etc., sind während der Absteckung oft Kompromisse notwendig.
Erdarbeiten	Grundsätzlich keine grösseren Erdarbeiten nötig. Allenfalls muss der Baugrund für die Stützenplatten planiert werden und grobe Geländeunebenheiten entlang der geplanten Verbauung ausgeglichen werden.
Arbeitsschritte	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Absteckung</li><li>2) Vorbereitende Massnahmen: Felsräumung und Schutznetz</li><li>3) Ausziehversuche an drei Probeankern zur Ermittlung des äusseren Tragwiderstandes</li><li>4) Bohrarbeiten für die Felsanker</li><li>5) Transport Material</li><li>6) Konformitätsprüfungen Ankermörtel (Festigkeit und Frostbeständigkeit)</li><li>7) Montage Steinschlagbarrieren:<ol style="list-style-type: none"><li>A) Montage der Grundplatten je nach Netz mit zwei oder drei Ankern.</li><li>B) Verbinden der HEA-Profil-Stütze (mit vormontiertem Netz) mit der Grundplatte.</li><li>C) Installation der Rückhalteseile mit Kran oder Helikopter.</li><li>D) Anbringen der U-Bremsen (seitlich und bodennah)</li><li>E) Einziehen der Tragseile durch das gefaltete Netz und anschliessendes Spannen.</li><li>F) Aufspannen der Netze (analog zu einem Vorhang) entlang der Tragseile</li><li>G) Verbinden der Netzbahnen mit Schäkeln</li></ol></li></ol>
Tun und Vermeiden	<p>Arbeitssicherheit: Zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit sind vor Beginn der Bauarbeiten Felsräumung durchzuführen und allenfalls temporäre Kunststoffnetze mit Diagonalflecht (S&amp;P-Netz) oberhalb der Baustelle zu installieren. Unterhalb der Baustelle können zum Schutz von Passanten Gitternetze mit Vliesabdeckungen als Abrollschutz erstellt werden.</p> <p>Material: Gemäss Angaben des Herstellers vermindert das Nichtverwenden von Originalteilen die Lebensdauer der Werke.</p>
Abschlussarbeiten	-
Sicherheit	<p>Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>immer<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>9 lebenswichtige Regeln</b> für den Verkehrsweg- und Tiefbau (SUVA Publikation 88820)</li><li>▪ <b>Notfallplanung</b> (SUVA Publikation 67061)</li><li>▪ <b>Arbeitsvorbereitung (AVOR)</b> (SUVA Publikation 67124)</li></ul></li><li><input checked="" type="checkbox"/> <b>Naturgefahren, Gebirge</b> (SUVA Publikation 33019, 67154)</li><li><input checked="" type="checkbox"/> <b>Maschineneinsatz</b> (SUVA Publikation 67041, 67039, 67161, 1574)</li><li><input type="checkbox"/> <b>Strom auf der Baustelle</b> (SUVA Publikation 67081, 67092)</li><li><input type="checkbox"/> <b>Verkehr und Infrastruktur</b> (SN 640886)</li><li><input checked="" type="checkbox"/> <b>9 lebenswichtige Regeln für das Helikopter-Bodenpersonal</b> (SUVA Publikation 88819)</li><li><input checked="" type="checkbox"/> <b>Absturz am Arbeitsplatz inkl. Zugang</b> (SUVA Publikation 33016, 44002)</li><li><input type="checkbox"/> <b>Graben und Baugruben</b> (SUVA Publikation 67148)</li><li><input checked="" type="checkbox"/> <b>Zusammenarbeit mit Fremdfirmen</b> (SUVA Publikation 66092/1)</li><li><input type="checkbox"/> <b>Waldarbeiten</b> (SUVA Publikation 84034)</li><li><input type="checkbox"/> <b>Arbeiten am, im oder über Wasser</b> (SUVA Publikation 67153)</li></ul>
Werterhalt	
betrieblich	Generell stützt sich der Werterhalt im Kanton Wallis auf die Kontrolle gemäss KufI-Handbuch (Dienststelle Wald und Landschaft, Wallis2012) sowohl im laufenden (nach Ereignis) als auch im periodischen Unterhalt.
baulich	Siehe oben.



## Rückbau

Ein Rückbau der Tragwerke beinhaltet die Zerlegung der Elemente in Einzelteile und den Abtransport mit dem Helikopter. Die Anker werden voraussichtlich im Boden belassen. Die Stahlteile können der Wiederaufbereitung zugeführt 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

Nachfolgende Bilder wurden von der Geoformer AG zu Verfügung gestellt.



Abb. 4: Die Werkreihe 8b kurz vor der Montage der Netze. Diese Werkreihe wurde auf den Auffangdämmen errichtet Foto vom 25.09.2014 (S. Walther).



Abb. 5: Der Blick vom Gegenhang illustriert die exponierte Lage der Werkreihe 7, Foto vom 09.08.2014 (T. Hangartner).



Abb. 6: Netz-Montage an der Werkreihe 4b. Im Vordergrund das S&P-Netz zur Baustellensicherung (Foto: Forsting AG).



Abb. 7: Fertiggestellte Werkreihe 4a, Foto vom 25.09.2014 (S. Walther).



Abb. 8: Fertiggestellte Werkreihe 3. Hohe Stöcke sorgen für eine zusätzliche Rauigkeit der Sturzbahn und damit zusätzliche Energievernichtung (Foto: S. Walther).



Abb. 9: Fetrig erstellte Werkreihe 4b, Foto vom 25.09.2014 (S. Walther).