



Forststrasse Bünda-Ischlag, Davos GR

Neubau ungebundene Forststrasse

- Schutzwalderschliessung auf 1'700 m ü. M. im Gebirgswald
- 1'520 m Neubau Naturstrasse, Tragfähigkeit 40 t
- 586 m partieller Neubau, partieller Ausbau Naturstrasse, Tragfähigkeit 40 t
- Erstellung diverser Kunstbauten (Durchlässe, Blocksteinmauern)



Waldweg mit ton-wassergebundener Verschleisssschicht und Querabschlägen aus zusammengeschweissten Bahnschienen
(Quelle: H. Richener)

Ausführungsort Bsp. / Planer

Ausführungsort:	Bünda-Ischlag, Davos Dorf GR
Bauherrschaft:	Gemeinde Davos, H. Hefti
Projektierung:	Forstingenieurbüro H. Richener, 7260 Davos Dorf
Projektleitung:	Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden, Region Herrschaft/Prättigau/Davos, M. Zubler
Ausführung:	Vetsch Klosters AG
Baujahr:	Herbst 2008 – Herbst 2009 (Verschleisssschicht Waldweg 2011)

Funktion / Anwendungsgrenzen

Forststrassen ermöglichen die Bewirtschaftung und den Unterhalt von Waldflächen. Sie dienen primär forstlichen Zwecken, werden aber auch von anderen Stakeholdern genutzt. Es wird unterschieden zwischen Forststrassen mit flexiblem und starrem Oberbau. Naturstrassen bieten den Vorteil, dass bei richtiger Bauweise ein Teil des Wassers versickern kann. Sie müssen im Gegenzug regelmässig unterhalten und die Entwässerung sichergestellt werden, damit sie nicht wegerodieren.

Belagsstrassen sind im Vergleich zu Naturstrassen teurer im Bau, dafür unterhaltsfreundlicher. Sie werden vor allem bei hohem Längsgefälle eingesetzt, oder wenn die Forststrasse ganzjährig befahren wird (mit Winterdienst).

Die neue Erschliessungsstrasse von Bünda bis Ischlag stellt die Pflege des Schutzwaldes sicher, ohne den Verkehr, den Tourismus oder die Landwirtschaft einzuschränken. Die Waldstrasse ermöglicht den vermehrten Einsatz des mobilen Seilkrans, womit die mit dem Helikopter zu bewirtschaftende Fläche abnimmt. Mit der Erschliessung durften die im Projektgebiet liegenden Flachmoore von lokaler und regionaler Bedeutung nicht tangiert werden.

Folgende Arbeiten wurden ausgeführt:

- Neubau Naturstrasse (Bünda – Ischlag), Länge 1'520 m, Breite 3.5 m, Tragfähigkeit 40 t, mit Ausweichstellen + Kehrplätzen
- Neu- und Ausbau Naturstrasse (Verbindungsweg Büelen), Länge 586 m, Breite 3.5 m, Tragfähigkeit 40 t, mit Kreuzungsmöglichkeiten
- Vergrösserung des bestehenden Lagerplatzes beim Projektanfang mit überschüssigem Aushubmaterial vom Waldwegprojekt
- Blocksteinmauer in Beton, Länge 130 m
- Blocksteinmauer in Beton, Länge 37 m
- Blocksteinmauer in Beton, Länge 14 m
- Blocksteinmauer in Beton, Länge 13 m



Voraussetzungen Baugrund

Beim Waldstrassenbau eignet sich Festgestein ideal als Baugrund, es ist jedoch nur schwer bearbeitbar und erfordert den Einsatz grosser Maschinen. Die Eigenschaften von Lockergestein als Baugrund sind stark von der Kornzusammensetzung und vom Bodenwasser abhängig. Mit der Dimensionierung des Forststrassenkörpers (Schichtdicke, Materialwahl, Kornzusammensetzung) kann auf die unterschiedlichen Voraussetzungen des Baugrunds eingegangen werden.

Für das Projektgebiet liegt kein geologischer Bericht vor. Es wurde die gesamte Wegstrecke abgelaufen und in verschiedene Baugrundabschnitte eingeteilt (Lockermaterial (Hangschutt), Festgestein, Vernässung). Der Projektperimeter liegt in der Silvretta-Decke, wobei das Gestein hauptsächlich aus Gneisen besteht. Das anfallende Material soll weitestgehend in der Strasse wieder eingebaut werden, damit kein Abtransport entsteht. Mit dem vorhandenen Grundgestein Gneis kann allerdings keine tonwassergebundene Verschleisschicht geformt werden.

Gesetze / Normen

Normen und Richtlinien

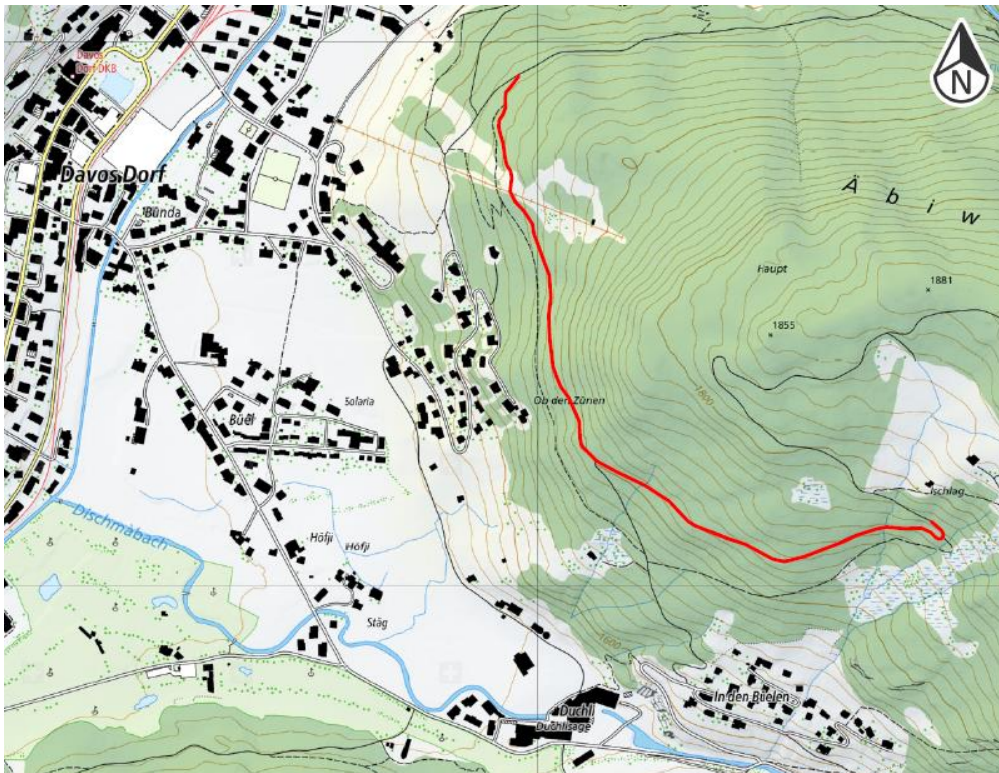
- Kreisschreiben Nr. 11; Erschliessungsanlagen (Komponente Nr. 421.1, BUWAL 2004)
- Geometrische Richtwerte von Waldwegen und Waldstrassen (BUWAL 1999)
- Merkblätter der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für forstlichen Strassenbau (SAFS)
- SN EN 206-1 (Beton)

Weitere Grundlagen

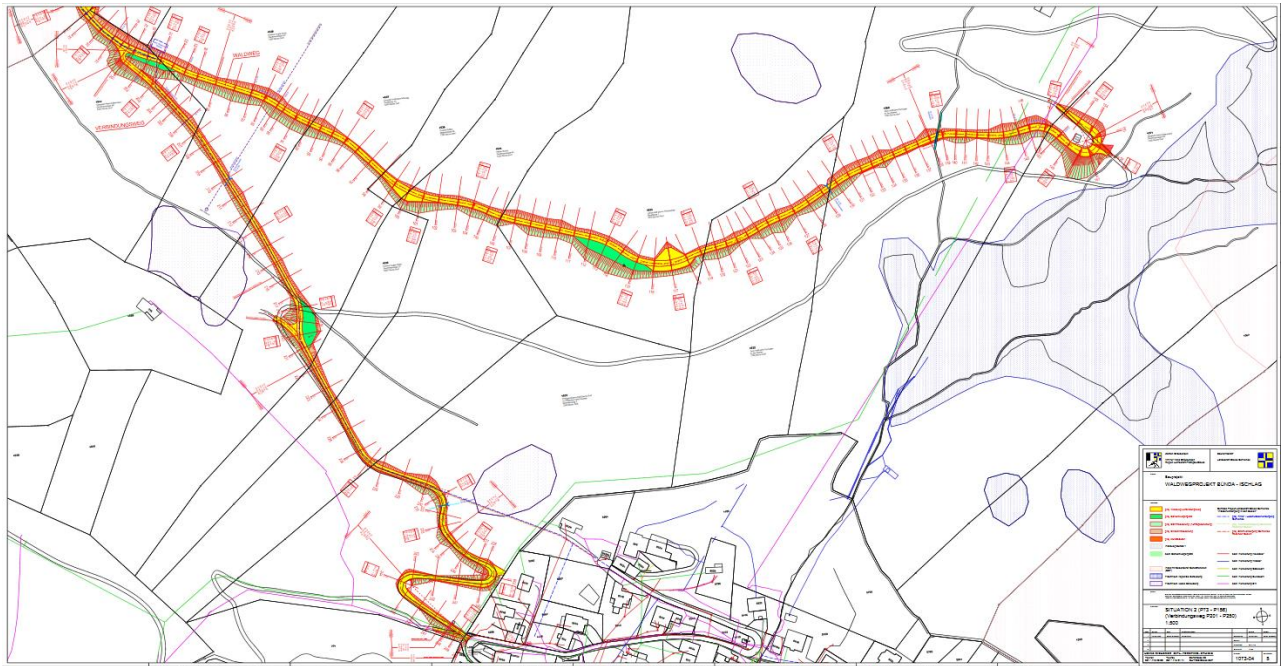
- Genereller Erschliessungsplan Davos (1998)
- Vorstudie Waldweg Bünda - Ischlag - Büelenberg (2007)
- Erschliessungskonzept Waldstrasse Bünda 2 (Forstbetrieb Landschaft Davos 2006)
- Digitaler Grundbuchplanausschnitt/Werkleitungskataster (Ing. Büro Darnuzer Davos 2006)
- Wald mit Besonderer Schutzfunktion BSF, digital (Amt für Wald Graubünden 2007)
- Inventar Flachmoore Davos, digital (Amt für Landwirtschaft und Geoinformation 2007)

Projektierung

Normalie / Plan



Lageplan über die Projektstrecke (rot) in der Gemeinde Davos (nicht massstäblich, Quelle: swisstopo, verändert)



Situation eines Abschnittes der neuen Waldstrasse mit der Zufahrt zur Alp „Ischlag“ auf der rechten Seite des Plans und dem Verbindungsweg Büelen unten links (Quelle: H. Richener)

Tragwerksanalyse

Tragwerksmodell:

Den Rahmen für das Tragwerksmodell bilden die SAFS-Merkblätter sowie das Kreisschreiben Nr. 11 (Komponente Nr. 421.1) des BUWAL (2004).

Unter Berücksichtigung der Vorgaben des Forstbetriebes Landschaft Davos wurde im Oktober 2006 die markierte Linienführung optimiert, die notwendigen Geländeaufnahmen gemacht, die Wegeachse abgesteckt und in der Folge ein grober Projektentwurf ausgearbeitet. Die Linienführung wurde so gewählt, dass die Längsneigung 12 % nicht überschreitet. Der Minimalradius für die Projektierungsgeschwindigkeit von 20 km/h beträgt 20 m, für Wendepfannen von 8 m. Der minimale vertikale Ausrundungsradius beträgt 300 m. Als Bautyp wurde eine Naturstrasse festgelegt.

Einwirkungen:

- Verkehr
- Belastungen durch Nutzung der Strasse als Arbeitsfläche
- Witterung (Regen, Temperatur, Wind etc.)
- Vegetation
- Natürliche mechanische Kräfte (Hangdruck etc.)
- Im Projektgebiet liegen Flachmoore von lokaler und regionaler Bedeutung.

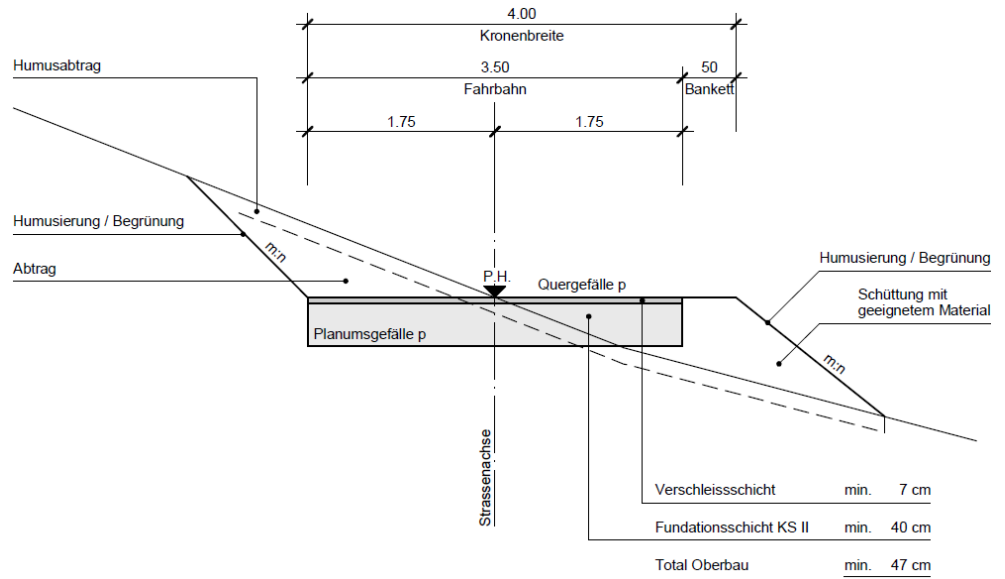
Baugrund:

Die Untergrundtragfähigkeit wird als CBR-Wert (California Bearing Ratio) angegeben. Er wird im Feld gemessen oder geschätzt. Eine genaue Messung des CBR-Wertes ist in schlecht tragfähigen Böden notwendig (CBR-Wert < 5%), weil in diesem Bereich schon kleine Änderungen in der Bodentragfähigkeit grosse Unterschiede in der Dicke des Oberbaus bewirken.

Für den Unterbau wurde das Material aus Abtrag und Aushub vor Ort wiederverwendet. Sämtliches anfallendes Material wurde im Projekt entweder für den Bau der Auftragsschüttungen oder zur Vergrößerung des bestehenden Lagerplatzes beim Projektanfang verwendet.



Bemessung



Normalprofil Naturstrasse mit tonwassergebundener Verschleisschicht (Quelle: H. Richener)

Bünda-Ischlag

Geometrie: Naturstrasse, Fahrbahnbreite 3.5 m (+talseitiges Bankett 0.5 m), Tragfähigkeit 40 t, in engen Kurven Querneigung bis zu 5 %, auf geraden Abschnitten kein Quergefälle

Aufbau: Für den Oberbau wurde eine Fundationsschicht aus ungebundenem Gemisch (alte Bezeichnung Kiessand II, aufbereitetes Bachmaterial aus dem nahegelegenen Gebirgsbach) von 40 cm Dicke eingebaut. Die wassergebundene Verschleisschicht wurde ebenfalls aus Bachmaterial erstellt und vor Ort mit einem mobilen Brecher auf die Korngrösse 0-20/30 mm zerkleinert. Sie weist eine Mächtigkeit von 7 cm im fertig verdichteten Zustand auf. Situativ wurde die Stärke je nach Festigkeit des Untergrundes angepasst, wobei eine Dicke von 30 cm in keinem Fall unterschritten wurde.

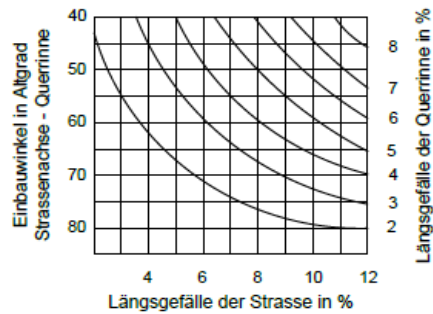
Verbindungsweg Büelen:

Geometrie: Naturstrasse, Fahrbahnbreite 3.5 m (+talseitiges Bankett 0.5 m), Tragfähigkeit 40 t, in engen Kurven Querneigung bis zu 5 %, auf geraden Abschnitten kein Quergefälle

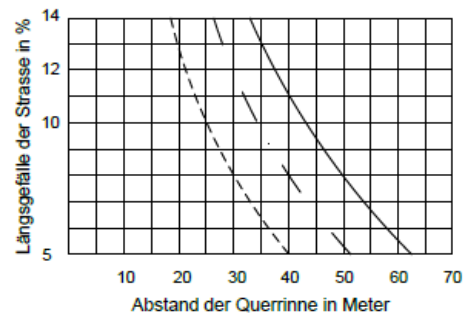
Aufbau: Für den Oberbau wurde eine Fundationsschicht aus ungebundenem Gemisch (alte Bezeichnung Kiessand II, aufbereitetes Bachmaterial aus dem nahegelegenen Gebirgsbach) von 30-40 cm Dicke eingebaut. Die wassergebundene Verschleisschicht wurde mit Material vom Unternehmer erstellt. Sie weist eine Mächtigkeit von 7 cm im fertig verdichteten Zustand auf. Situativ wurde die Stärke je nach Festigkeit des Untergrundes angepasst, wobei eine Dicke von 30 cm in keinem Fall unterschritten wurde.

Entwässerung:

Einbauwinkel



Querrinnenabstand

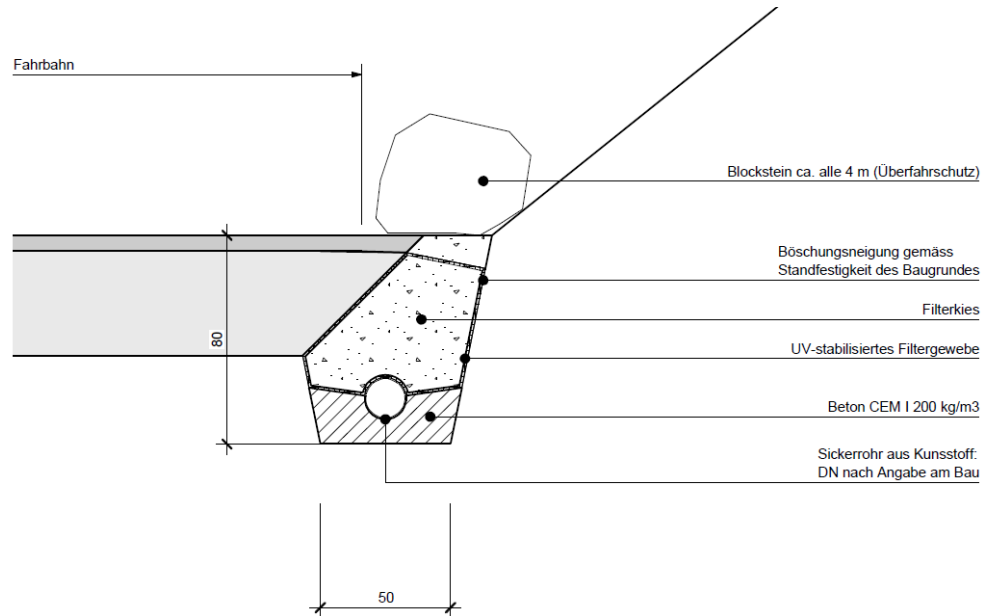


mm Niederschl./a	Waldteil	Intensität Niederschl.
>1400	klein	hoch
1000-1400	mittel	mittel
<1000	gross	schwach

Winkel zwischen den Querrinnen und der Strassenachse, abhängig vom Längsgefälle der Strasse (Quelle: SAFS-Merkblätter)

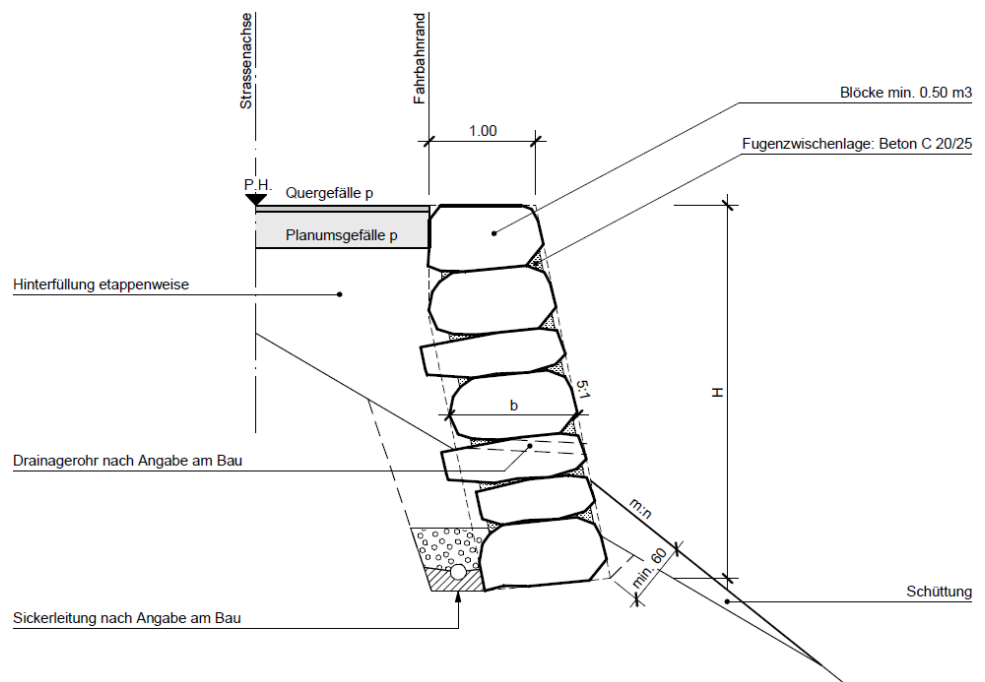


Die Entwässerung der Strasse wurde mit Querabschlägen aus zusammengeschweissten Bahnschienen (Schlitzbreite 7 cm) umgesetzt (zum Teil auch in Holzkänneln gesichert) und über die Böschung abgeleitet. Der Winkel zwischen Querrinne und Strassenachse ist abhängig vom Längsgefälle der Strasse und kann obenstehender Grafik entnommen werden. Die Querrinnen wurden beim Waldweg in einem Abstand von 23 m, beim Verbindungsweg in einem Abstand von 17 m eingebaut. Das Hangwasser wurde mittels Sickerleitungen gefasst und durch Durchlässe ebenfalls abgeleitet. Ein Bach, welcher die Waldstrasse kreuzt, wurde mit einem Wellstahlrohr (Durchmesser 100 cm) durchgeleitet.



Längsdrainage des Waldwegs im Einschnitt (Quelle: H. Richener)

Zur Böschungssicherung wurden vier Blocksteinmauern in Beton errichtet. Die Länge aller Mauern beträgt 194 m und es wurden 170 m³ Beton sowie ca. 750 t Blocksteine dafür zugeführt.



Talseitige Blocksteinmauern zur Böschungsstabilisierung (Quelle: H. Richener)



Ø Kosten pro Einheit

Die Gesamtkostenzusammenstellung für das Waldwegprojekt gemäss Schlussabrechnung:

<u>Position</u>	<u>Kosten</u>
Baukosten Bünda-Ischlag	564 Fr./lfm
Baukosten Verbindungsweg Büelen	435 Fr./lfm
Bauleitung	41 Fr./lfm
Durchschnitt für das ganze Projekt	528 Fr./lfm

Tun und Vermeiden

- Der Kostenvoranschlag für das Genehmigungsprojekt basiert auf einem Bauprojekt. Die Massnahmen sind mit der Bauherrschaft definiert. Allfällige Mehrkosten können so klar begründet werden.
- Die Waldeigentümer sind frühzeitig in der Planungsphase zu integrieren.
- Aufgrund des Unterhalts bei Naturstrassen sollte sich die Längsneigung in einem Bereich von 5 % bis 12 % (optimalerweise 10 %) bewegen.
- Anschluss an die bestehende Erschliessung aus dem Projekt Aebiwald-Bündä
- Negative Kardinalpunkte (z.B. Flachmoor) müssen frühzeitig in die Planung miteinbezogen werden.

Materialien

Namen

Forststrasse:

- Aufbereitetes Bachmaterial für Oberbau (ungebundenen Gemisch, ehemals Kiessand II)
- Aufbereitetes Bachmaterial für Verschleisschicht, vor Ort mit mobilem Brecher gebrochen auf Korngrösse 0-20/30 mm
- Querabschläge Typ SBB
- Gerinnequerung: PP-R DN 315 mm
- Bachquerung: Wellstahlrohr 1000 mm

Blocksteinmauer:

- Blöcke mind. 0.50 m³
- Beton C 20/25
- Drainagenrohr

Längsdrainage:

- Blocksteine
- Filterkies
- UV-stabilisiertes Filtergewebe
- Beton CEM I 200 kg/m³
- Sickerrohr PE-S DN 160 mm
- Durchlass PP-R DN 315 mm, PE-R DN160 mm

Einlaufschacht mit seitlichem Durchlass:

- Schachtabdeckung
- Betonrohr DN 600
- Einlauf Sicker-/Transportleitung
- Zementmörtelüberzug CEM I 400 kg/m³
- Beton CEM I 250 kg/m³

NPK Kapitel / Position

111.XXX Regiearbeiten
113.XXX Baustelleneinrichtungen
116.XXX Abholzen und Roden
211.XXX Baugruben und Erdbau
221.XXX Foundationsschichten und Materialgewinnung
237.XXX Kanalisation und Entwässerungen

Mindestanforderungen

- Verarbeitung des anfallenden Materials im Projekt selbst (Böschungen, Ausweichplätze, Steinkörbe)

Verarbeitung Tipp

- Die Blocksteine müssen aus einem festen Gestein (Gneis) und von der Form gut zu schichten sein. Erste Lieferungen sind zu kontrollieren.



Ø Menge pro Einheit	Material	total	pro lfm
	Ungebundenes Gemisch, aufbereitet vom ca. 2 km entfernten Flüelabach als Fundations- und Verschleisschichtmaterial	4'300 m ³	2.0 m ³ /lfm
	Sickerleitung	509 m	0.2 m/lfm
	Durchlässe für Sickerleitung	12 Stk.	-
	Schächte	26 Stk.	-
	Querabschläge	100 Stk.	0.05 Stk./lfm

Mittel

Maschinen	Raupenbagger (verschiedene Grössen), landwirtschaftlicher Traktor mit Stockfräse und Steinbrecher, Glattmantelwalze, Grossdumper, 2- und 4-Achs-Kipper
Geräte	Rammax (Grabenwalze), Anbaugeräte für Raupenbagger (Löffel, Sortiergreifer)

Installation

Abschrankungen, Baustellensignalisation, Lagerplatz für Baumaschinen und Material, stellenweise wurden talseitig mobile Stahlpalisaden als Abrollsickeung eingesetzt

Ausführung

Absteckung Die Absteckungsarbeiten wurden gemäss den Vorgaben der SAFS-Merkblätter durchgeführt.

Erdarbeiten

	Bünda-Ischlag	Verbindungsweg Büelen
Abtrag	8'233 m ³	1'089 m ³
Auftrag an Ort	3'383 m ³	494 m ³
Auftrag mit Transport	2'762 m ³	537 m ³
Deponien	2'088 m ³	58 m ³

Überschüssiges Material aus Abtrag und Aushub vom Bau der Strasse wurde für die Vergrösserung des bestehenden Lagerplatzes beim Projektanfang verwendet. Bei vernässten Stellen wurde ein Geotextil auf das Planum verlegt und damit eine saubere Trennung von Unter- und Oberbau erzielt.

Arbeitsschritte

1. Absteckung
2. Baustelleneinrichtung
3. Trassenauftrieb
4. Erstellung des Rohplanum des neuen Waldweges
5. Falls nötig Erstellung der Blocksteinmauer oder Einbau der Bachdurchlässe
6. Einbau und Profilierung der Tragschicht mit Einsatz des Steinbrechers für die Aufbereitung von projektinternem Material für die Fundationsschicht.
7. Vorverdichten mit Walze
8. Erstellung der nötigen Sickergraben bergseitig
 - ggf. Sickerrohre in Beton verlegen und ggf. Geotextil einlegen
 - auffüllen des Sickergrabens mit grobem Rundkies
9. Zufuhr der Verschleisschicht, Erstellung des Gefälles (quer und längs) und Endverdichten
10. Einbau der Querabschläge

Tun und Vermeiden

- Die Ausführung ist mittels Baustellenjournal und Bildern zu dokumentieren und eng durch die örtliche Bauleitung zu begleiten.
- Berücksichtigung des Wasserhaushaltes der Flachmoore

Abschlussarbeiten

- Entfernen der mobilen Stahlpalisaden und der restlichen Installationseinrichtungen
- Begrünung der Böschungen
- Spülen und Kontrolle der Entwässerungseinrichtungen
- Bauabnahme



Sicherheit

Besonders zu beachtende Sicherheitsaspekte:

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

Werterhalt

betrieblich

Die Entwässerungsanlagen (Querabschläge, Durchlässe, Sickerleitung) werden regelmässig durch die Equipen des Forstbetriebes gereinigt. Kleinere Schäden werden im Zuge des betrieblichen Unterhalts behoben. Regelmässiger betrieblicher Unterhalt schützt die Strasse vor Schäden und verlängert dessen Lebensdauer.

baulich

Bei grösseren Schäden am Strassenkörper und den Entwässerungsanlagen wird ein baulicher Unterhalt durchgeführt. Dabei wird (wenn notwendig) mit zusätzlichem Material der Strassenaufbau wiederhergestellt, die Deckschicht neu profiliert und verdichtet.

Rückbau

Bei einem allfälligen Rückbau des Strassenkörpers wird eine Schadstoffprüfung durchgeführt um zu ermitteln, welche Materialien im Wald belassen werden können und welche nicht. Sämtliche Querabschläge, Durchlässe, Sickerleitungen und sonstige Elemente aus Eisen oder Kunststoff werden fachgerecht entsorgt oder recycelt.

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



Abbildung 1: Begrünungsarbeiten bei Kilometer 0 (Foto: H. Richener)



Abbildung 2: Einbau eines Querabschlages bei Kilometer 0.06 (Foto: H. Richener)



Abbildung 3: Rohbau bei Kilometer 0.3 mit bergseitiger Sickerleitungen zur Fassung von Hangwasser (Foto: H. Richener)



Abbildung 4: Bergseitige Sickerleitungen in vernässten Bereichen (Foto: H. Richener)



Abbildung 5: Rohbau bei Kilometer 0.41 (Foto: H. Richener)



Abbildung 6: Zerkleinern von Wurzelstöcken bei Kilometer 0.47 (Foto: H. Richener)



Abbildung 7: Befüllung der Längsdrainage mit Filterkies bei Kilometer 0.66 (Foto: H. Richener)



Abbildung 8: Rohbau bei Kilometer 0.68 mit fortlaufender Absteckung des Wegverlaufs (Foto: H. Richener)



Abbildung 9: Bau der talseitigen Blocksteinmauer bei Kilometer 0.7 (Foto: H. Richener)



Abbildung 10: Wegzustand im Herbst 2018 bei Kilometer 0.8 (Foto: J. Hehli)



Abbildung 11: Waldweg mit Querabschlag und Lagerplätzen im Herbst 2018 bei Kilometer 0.96 (Foto: J. Hehli)



Abbildung 12: Wendeplatte mit Querneigung bei Kilometer 1.48 (Foto: H. Richener)



Abbildung 13: Einbau Verschleisssschicht beim Verbindungsweg im Herbst 2009 (Foto: H. Richener)



Abbildung 14: Verschleisssschicht vor Planie mit Grader und dem Verdichten beim Waldweg im Herbst 2011 (Foto: H. Richener)



Abbildung 15: Brechen von vorgelegtem Bachmaterial für die Verschleisssschicht beim Waldweg im Herbst 2011 (Foto: H. Richener)



Abbildung 16: Kornabstufung des gebrochenen Materials beim Waldweg im Herbst 2011 (Foto: H. Richener)



Abbildung 17: Verschleisssschicht vor Planie mit Grader und dem Verdichten beim Waldweg im Herbst 2011 (Foto: H. Richener)