

Infrastrukturmanagement im Waldbereich

Testanwendung im Forstbetrieb Madrisa



Auftragnehmer
Mfrei Infra GmbH
Martin Frei
Sandackerweg 3
8580 Amriswil



Amriswil, Dezember 2023

Version 1.0

Im Auftrag des BAFU

Impressum

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wald, CH-3003 Bern Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer:

MFrei Infra GmbH
Sandackerweg 3
8580 Amriswil

Projektleitung:

Martin Frei / MFrei Infra GmbH
Telefon: 071 420 92 00
E-Mail: martin.frei@mfrei-infra.ch

Autoren:

Martin Frei	MFrei Infra GmbH
Roberto Bolgè	BAFU, Abteilung Wald (Sektion Walderhaltung und Waldpolitik)

Auftragsbegleitung BAFU

Roberto Bolgè	BAFU, Abteilung Wald (Sektion Walderhaltung und Waldpolitik)
---------------	--

Titelfoto:

Martin Frei / MFrei Infra GmbH

Datum:

Oktober 2023

Zitiervorschlag:

Frei M. et Bolgè R. (2023): Infrastrukturmanagement im Waldbereich – Testanwendung im Forstbetrieb Madrisa. Projektbericht. 99 S.

Hinweis:

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Vorwort

Die forstlichen Infrastrukturen sind unterschiedlicher Art und dienen verschiedenen Zwecken. In diesem Zusammenhang ist es nützlich, auf Art. 2 Abs. 2 Bst. b und Art. 19 des Bundesgesetzes über den Wald (Waldgesetz, WaG; SR 921.0) und Artikel 13a Abs. 1 der Verordnung über den Wald (Waldverordnung, WaV; SR 921.01) auch hinzuweisen; sowie sind die Erläuterungen im Kommentar zum WaG zu beachten. In dieser Studie wurde am Beispiel eines grösseren Forstbetriebs die Frage der Erhaltung der Infrastruktur aus der Perspektive der Waldplanung sowie der betrieblichen Organisation untersucht. Deshalb sind die in diesem Bericht enthaltenen Ergebnisse als zusätzliche Grundlage zu den anderen Referenzen bezüglich der Infrastrukturen in Wald zu betrachten. Die hier enthaltenen Hinweise und Erkenntnisse sind als Resultate eines Fallbeispiels zu verstehen und nicht als formell festgelegte Richtlinien. Schliesslich ist zu beachten, dass es je nach kantonalen, regionalen und lokalen Gegebenheiten bereits praktizierte Lösungen geben kann, um das gleiche Ziel der Infrastrukturerhaltung zu erreichen. In diesem Zusammenhang wäre es erstrebenswert, die hier vorgestellte Methodik in Zukunft auch in anderen Regionen und mit anderen Forstbetrieben zu testen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1 Einführung	8
1.1 AUSGANGSLAGE.....	8
1.2 PROBLEMSTELLUNG	8
1.3 GENERELLE ZIELSETZUNG.....	8
2 Grundlagen	10
2.1 PROJEKTGEBIET.....	10
2.1.1 Übersicht über die Gemeinde Klosters und Pilotbetrieb.....	10
2.1.2 Inventar Schutzbauten	11
2.1.3 Inventar Waldstrassen	14
2.2 ÜBERGEORDNETE PLANUNG.....	16
2.3 FORSTLICHE INFRASTRUKTUR – GRUNDSÄTZLICHES.....	17
3 Methodik	18
3.1 AUFBAU ERHALTUNGSMANAGEMENT SCHUTZBAUTEN - ARBEITEN AUF STUFE FORSTBETRIEB	18
3.1.1 Inventar und Kataster.....	18
3.1.2 Beobachtung.....	22
3.1.3 Inspektion.....	25
3.1.4 Unterhalt	27
3.2 AUFBAU ERHALTUNGSMANAGEMENT FÜR WALDSTRASSEN – ARBEITEN AUF STUFE FORSTBETRIEB.....	29
3.2.1 Inventar und Kataster.....	29
3.2.2 Beobachtung.....	32
3.2.3 Inspektion.....	33
3.2.4 Unterhalt	37
3.3 ARBEITSPROZESS INSPEKTION FORSTLICHE INFRASTRUKTUR.....	39
3.3.1 Begriffe.....	39
3.3.2 Prozessbeschreibung.....	40
3.4 AUFWANDABSCHÄTZUNG IM FORSTBETRIEB FÜR INSPEKTIONSARBEITEN.....	44
3.4.1 Allgemeines	44
3.4.2 Kalkulation Inspektionsaufwand Schutzbauten	45

3.4.3 Kalkulation Inspektionsaufwand Waldstrassen	47
3.5 ERMITTLUNG WIEDERBESCHAFFUNGSWERT FORSTLICHER INFRASTRUKTUR	48
3.5.1 Allgemeines	48
3.5.2 Wiederbeschaffungswert Schutzbauten	48
3.5.3 Wiederbeschaffungswert Waldstrassen	51
4 Durchführung	53
4.1 SCHUTZBAUTEN - ARBEITEN IM TEST- VERBAUGEBIET ZUGWALD	53
4.1.1 Vorbereitungsarbeiten: Inventar und Kataster	53
4.1.2 Durchführung Überwachung	54
4.1.3 Betrieblicher Arbeitsprozess	55
4.2 WALDSTRASSEN - ARBEITEN IM TEST- ABSCHNITT MEZZASELVAWALD	63
4.2.1 Vorbereitungsarbeiten: Inventar und Kataster	63
4.2.2 Durchführung Überwachung	67
4.2.3 Betrieblicher Arbeitsprozess	74
5 Ergebnisse	77
5.1 SCHUTZBAUTENINFRASTRUKTUR	77
5.1.1 Betrieblicher Aufwand im Verbaugebiet Zugwald	77
5.1.2 Hochrechnung auf alle Verbaugebiete in Klosters	80
5.2 WALDSTRASSENINFRASTRUKTUR	85
5.2.1 Betrieblicher Aufwand für Waldstrassenabschnitt Mezzaselva	85
5.2.2 Hochrechnung auf alle Waldstrassen in Klosters	89
5.3 VERGLEICH MIT WIEDERBESCHAFFUNGSWERT	91
5.3.1 Vergleich mit Wiederbeschaffungswert Schutzbauten	91
5.3.2 Vergleich mit Wiederbeschaffungswert Waldstrassen	92
6 Diskussion und Schlussfolgerungen	93
Quellenverzeichnis	96
Anhang	98
Verdankung	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausschnitt aus der Landeskarte 1 : 200'000, Blatt 23 (Zürich) und Blatt 24 (Davos), nicht massstäblich.	10
Abbildung 2: Verbauegebiete in Klosters - Ausschnitt aus dem Schutzbautenkataster. (Quelle Geoportal Kt. GR).	12
Abbildung 3: Kartenausschnitt des Verbauegebiet Zugwald beim Autoverladebahnhof Selfranga. (Quelle Geoportal Bund)..	13
Abbildung 4: Luftbild des Verbauegebiet Zugwald beim Autoverladebahnhof Selfranga.....	13
Abbildung 5: Walderschliessung in Kloster (Quelle Geoportal Kt. GR).....	14
Abbildung 6: Kartenausschnitt des Waldweges Mezzaselva. (Quelle: Geoportal Kt. Graubünden).....	16
Abbildung 7: Vorgehenskonzept beim Aufbau eines Schutzbautenkatasters.	19
Abbildung 8: Beispiel eines Reko-Berichts als Vorbereitung für die Feldaufnahmen der Werke.....	19
Abbildung 9: Erfassung der Werkgeometrie mit manuellem Einmessen ab Kartenpunkt.	20
Abbildung 10: Erfassung der Werkgeometrie mit Digitalisieren ab Orthofoto.	21
Abbildung 11: Erfassung der Liniengeometrie einer Lawinenverbauung im Anrissgebiet Rietstöckli / GL	21
Abbildung 12: Endprodukt der Felddatenerhebung und GIS-Zeichnerarbeit: Inventar und Plan der ausgeführten Werke. ...	22
Abbildung 13: Beobachtung einer permanenten Lawinenverbauung.	23
Abbildung 14: Struktur eines Rapportformulars um eine Beobachtung eines Schadens zu dokumentieren.....	24
Abbildung 15: Lawinenverbau: Inspektionspunkte bei einem Stützwerk	25
Abbildung 16: Beispiel für ein Schutzbauwerk, wo betrieblicher Unterhalt notwendig ist.....	27
Abbildung 17: Beispiel für ein Schutzbauwerk, wo baulicher Unterhalt erfolgt ist (Quelle: Kt. SG).....	28
Abbildung 18: Beispiel eines Reko-Berichts als Vorbereitung für die Feldaufnahmen der Waldstrasse.....	31
Abbildung 19: Digitalisieren ab Grundlagenplan.....	31
Abbildung 20: Beobachtung an einer Forststrasse im Gebiet Sartons (Lenzerheide / Valbella).	33
Abbildung 21: Inspektionspunkte bei einer Waldstrasse.	35
Abbildung 22: Beispiel für eine Waldstrasse, wo betrieblicher Unterhalt notwendig ist.....	38
Abbildung 23: Beispiel für eine Waldstrasse, wo im Rahmen des baulichen Unterhalts die Tragschicht erneuert wird	39
Abbildung 24: Schematische Darstellung der Aufgabenfolge bei einem Prozess (Quelle: Schneider & Züger 2013).	40
Abbildung 25: Notation für Flussdiagramme nach Norm DIN 66001 (Quelle: Schneider & Züger 2013).	41
Abbildung 26: Flussdiagramm Erhaltungsplanung (Quelle: ASTRA)	43
Abbildung 27: Plan der ausgeführten Werke der Lawinenverbauung Zugwald (Quelle: Geoportal Kt. GR).	54
Abbildung 28: Werkinspektion einer Stahlschneebrücke mit Hilfe eines iPad.....	56
Abbildung 29: Stahlstützwerk Nr. 2: a) Rostebene (links); b) Foundation (rechts).....	56
Abbildung 30: Teilprozess Beobachtung - Flussdiagramm.	59
Abbildung 31: Teilprozess Inspektion - Flussdiagramm.	62
Abbildung 32: Waldstrassennetz in der Erschliessungseinheit Mezzaselva (Quelle: Geoportal Kt. GR).	63
Abbildung 33: Vorschlag für ein einfaches Datenmodell zur Beschreibung eines Waldstrassenabschnitts.....	65
Abbildung 34: Plan der ausgeführten Werke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva – Sektor 1.1.	67
Abbildung 35: Plan der ausgeführten Werke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva – Sektor 1.2.	67
Abbildung 36: Plan der ausgeführten Werke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva – Sektor 1.3	68
Abbildung 37: Startbildschirm von Observo Training mit der Übersichtskarte.....	71
Abbildung 38: Sektor 1.2 mit den verschiedenen Objekten.....	72
Abbildung 39: Inspektion einer Blocksteinmauer im Sektor 1.1.	72
Abbildung 40: Zusammenfassung des Inspektionsberichts für den Sektor 1.1 im Waldstrassenabschnitt Mezzaselva.	73

Abbildung 41: Teilprozess Inspektion Waldstrassen - Flussdiagramm.	76
---	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angaben zur Gemeinde Klosters.	11
Tabelle 2: Aufteilung der Verbaugebiete auf die verschiedenen Naturgefahrenprozesse (Quelle SBK-GR).	11
Tabelle 3: Aufteilung der Walderschliessung auf verschiedene Gebiete und Abschnitte (Quelle Forstbetrieb Madrisa).	15
Tabelle 4: Inspektion der Bauteile eines Lawinen- Stützwerks – Beurteilungspunkte und Bewertung.	26
Tabelle 5: Beurteilung der Umgebung eines Lawinen- Stützwerks.	27
Tabelle 6: Inspektion der Bauteile der Fahrbahn – Beurteilungspunkte und Bewertung.	36
Tabelle 7: Beurteilung der Umgebung eines Waldstrassensektors.	37
Tabelle 8: Richtwerte aus EconoMe zur Bestimmung des jährlichen Betriebes und Unterhaltskosten	49
Tabelle 9: Systempreise für die Hauptwerkarten.	50
Tabelle 10: Berechnungsbeispiel des Wiederbeschaffungswerts einer Lawinenverbauung.	51
Tabelle 11: Inventar der Bauwerke der Lawinenverbauung Zugwald (Quelle: SBK-GR).	53
Tabelle 12: Typen von Kunstbauten im Testgebiet Mezzaselva.	64
Tabelle 13: Inventar pro Sektor der Bauwerke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva.	66
Tabelle 14: Übersicht über die anlagentechnische Gliederung einer Waldstrasse.	70
Tabelle 15: Objekt Naturbelag – Beurteilungspunkte und zugehöriges Bewertungsraster (gem. Vorschlag M. Frei).	71
Tabelle 16: Leistungsannahmen für die Inspektion der wichtigsten Schutzbauen-Typen.	79
Tabelle 17: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion des Verbaugebiets Zugwald.	80
Tabelle 18: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion von Bachverbauungen in Klosters.	82
Tabelle 19: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion aller Lawinenverbauungen in Klosters.	84
Tabelle 20: Zusammenstellung des betrieblicher Aufwands für die Inspektion aller Steinschlagverbauungen in Klosters.	84
Tabelle 21: Leistungsannahmen für die Inspektion der verschiedenen Objekte am Mezzaselva-Waldweg.	86
Tabelle 22: Zusammenstellung des betrieblicher Aufwands für die Inspektion des Mezzaselva-Waldwegs.	88
Tabelle 23: Zusammenstellung des betrieblicher Aufwands für die Inspektion Waldstrassen in Klosters.	90
Tabelle 24: Wiederbeschaffungswert der Verbauungen in Klosters.	91

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Die Schweiz verfügt im internationalen Vergleich über eine gut ausgebaute und qualitativ hochstehende Infrastruktur. Diese gilt als ein zentraler Faktor der Standortattraktivität und leistet einen grossen Beitrag zur Wertschöpfung und Beschäftigung (UVEK 2010). Ein bedeutender Anteil davon gehört zur Kategorie der Umweltinfrastruktur. Das BAFU hat im Rahmen einer Projektarbeit den Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur analysiert (Martin P. 2009). Dieser wird auf rund 320 Mia SFr. geschätzt und beinhaltet auch alle Infrastrukturanlagen im Zusammenhang mit der Bewirtschaftung der Wälder.

Über das Erhaltungsmanagement der Infrastrukturen sowie der hierzu notwendigen Strategien werden auf übergeordneter Stufe eher wenige Angaben gemacht. Im Bericht zur Zukunft der Nationalen Infrastrukturnetze in der Schweiz (UVEK 2010) wird die Stossrichtung der zur übergeordneten Infrastrukturstrategie des Bundes dargelegt.

Es fehlt aber oftmals auf den nachfolgenden Stufen der notwendige Hintergrund für die Objektsicht (Zustandsbeurteilung, Erhaltungsmassnahmen) um die hierzu notwendigen Arbeiten operativ umzusetzen.

1.2 Problemstellung

Der Bund, die Kantone und die lokalen Akteure investieren beträchtliche finanzielle Mittel in die Infrastruktur zur Waldbewirtschaftung und zum Schutz vor Naturgefahren. Zum Beispiel belaufen sich die Beiträge des Bundes nur für das Programm Schutzbauten und Gefahrengrundlagen im Jahr 2021 auf 37,4 Millionen SFr. Ausführlichere Zahlen diesbezüglich sind im Jahrbuch Wald und Holz 2022 (BAFU (Hrsg.) 2022) in Kapitel 9 Leistungen und Beiträge an den Wald zu finden. Für jede gebaute Infrastruktur muss dann den notwendigen Unterhalt sichergestellt werden. Unterhaltsmassnahmen, die regelmässig geplant werden müssen, sowohl in Bezug auf die Durchführung der erforderlichen Arbeiten als auch in finanzieller Hinsicht. In diesem Zusammenhang fehlt derzeit ein allgemeiner praktischer Leitfaden, der den Verantwortlichen – wie die Forstbetriebe – für die Instandhaltung der Infrastruktur dienen kann.

1.3 Generelle Zielsetzung

Infolge der Erkenntnisse in Rahmen des BAFU-Projektes „Betriebliche Planung im Gebirgswald“ wurde eine Grundlagenanalyse bezüglich Infrastrukturmanagement im Waldbereich in den Jahre 2016/2017 durchgeführt (BAFU-Projekt mit Vertragsnummer 00.0059.PZ / P444-1142). Die Erhaltung der Funktionalität der Infrastrukturen (bspw. Schutzbauten, Waldstrassen, Wildbachverbauungen,

Werkhöfe, Stutzmauern, usw.) dient nämlich zur Gewährleistung der Waldfunktionen, sowie der Waldbewirtschaftung, und ist Gegenstand des Infrastrukturmanagements. Dies ist weiter Bestandteil der Waldplanung, wie im BAFU-Projekt „Betriebliche Planung im Gebirgswald“ festgehalten wurde. Im BAFU-Projekt "Infrastrukturmanagement im Waldbereich Grundlagenanalyse" wurden u.a. Vorschläge zum Planungssystem und -verfahren formuliert. Mit dem vorliegenden Projektbericht werden nun die Planungsabläufe, die Grundlagenbeschaffung für das Inventar sowie die Umsetzung der Arbeitsabläufe für das Infrastrukturmanagement am konkreten Beispiel des Forstbetriebes Madrisa angewendet und kritisch überprüft.

2 Grundlagen

2.1 Projektgebiet

2.1.1 Übersicht über die Gemeinde Klosters und Pilotbetrieb

Die Durchführung der Pilotuntersuchung erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Forstbetrieb Madrisa (siehe auch online [Home | Forst Madrisa](#)). Der Forstbetrieb ist ein Zweckverband der Bündner Gemeinden Conters, Fideris, Klosters, Küblis und Luzein. Es werden mit einem Team von aktuell 13 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter rund 7'200 ha Gemeindewald bewirtschaftet, wobei der Schutzwaldanteil 70% beträgt. Aus organisatorischen Gründen wurde der Perimeter des Pilotprojekts auf die Gemeinde Klosters beschränkt. Der folgende Kartenausschnitt (*Abbildung 1*) zeigt eine Übersicht über das Siedlungsgebiet aus der Landeskarte. Ein massstabsgetreuer Kartenausschnitt befindet sich im *Anhang 1*. Die wichtigsten Eckdaten zur Gemeinde Klosters sind in der *Tabelle 1* zusammengestellt.

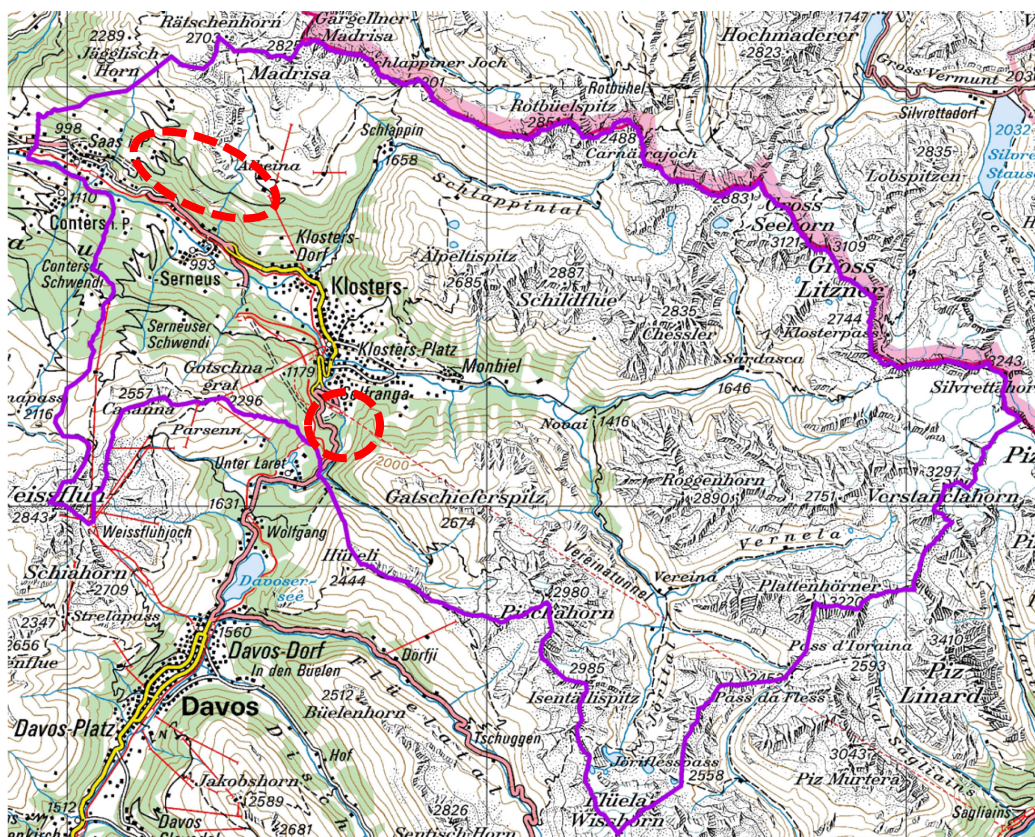


Abbildung 1: Ausschnitt aus der Landeskarte 1 : 200'000, Blatt 23 (Zürich) und Blatt 24 (Davos), nicht massstäblich. Die rot-gestrichelte Kreise zeigen die Lokalisierung der Gebiete, in welchen die hier vorgestellte Methodik in Details vertieft wurde.

Tabelle 1: Angaben zur Gemeinde Klosters.

Kriterium	Beschreibung
Politische Gemeinde	Klosters (Nr. 3871)
Landeskarte	LK 1:50'000 Blatt 248 (Prättigau) und Blatt 249 (Tarasp)
Fläche	219.8 km ²
Mittlere Höhenlage	ca. 1'100 müM
Waldfläche	2'200 ha (sowie ca. 8-10% Privatwald) ¹
Klimastufe	1000 – 1'500 müM (Stufe 2 -> Obermontan)
Schutzbauten	66 Verbauegebiete (davon 20 ASTRA / TBA / RhB) ²
Walderschliessung	Insgesamt 120 km LKW- befahrbare Waldstrassen ³

2.1.2 Inventar Schutzbauten

In der Gemeinde Klosters schützen eine grosse Zahl von Verbauegebieten Siedlungen und Verkehrsträger von Naturgefahren. Die *Abbildung 2* zeigt einen Auszug aus dem kantonalen Schutzbautenkataster (SBK) mit den Verbauegebieten⁴ im Siedlungsbereich von Kloster. Ein massstabsgetreuer Kartenausschnitt (1: 50'000) befindet sich im *Anhang 2*. Die insgesamt 66 Verbauegebiete teilen sich wie folgt auf die verschiedenen Naturgefahrenprozesse auf (*Tabelle 2*):

Tabelle 2: Aufteilung der Verbauegebiete auf die verschiedenen Naturgefahrenprozesse (Quelle SBK-GR).

Prozess	Anzahl Verbauegebiete
Wasser / Rutsch	40
Lawine	19
Sturz	7

¹ Angabe gemäss dem territorial zuständigen Regionalforstingenieur des Amtes für Wald und Naturgefahren, Graubünden.

² Angabe gemäss Schutzbautenkataster des Kantons Graubünden.

³ Schätzung gemäss dem territorial zuständigen Regionalforstingenieur des Amtes für Wald und Naturgefahren, Graubünden.

⁴ Der dargestellte Auszug aus dem Schutzbautenkataster zeigt nur ein Teil der Verbauegebiete, welche auf dem Territorium der Gemeinde Klosters bestehen.

Im *Anhang 3* ist das Schutzbauteninventar auf dem Gebiet der Gemeinde Klosters in tabellarischer Form zusammengestellt.

Als Test- Verbaugelände für die Implementierung des Erhaltungsmanagements wurde die Lawinerverbauung Zugwald (MnE- ID 966) bestimmt (*Abbildung 3 und 4*). Dieses Verbaugelände umfasst drei Reihen mit Stahlstützwerk und mehrere Aren Gleitschneeverbauungen. Das Verbaugelände schützt Anlagen der Rhätischen Bahn beim Tunnelportal in Selfranga vor Schneerutschen und ist entsprechend gut erreichbar. Ein massstabsgetreuer Kartenausschnitt befindet sich im *Anhang 4*.

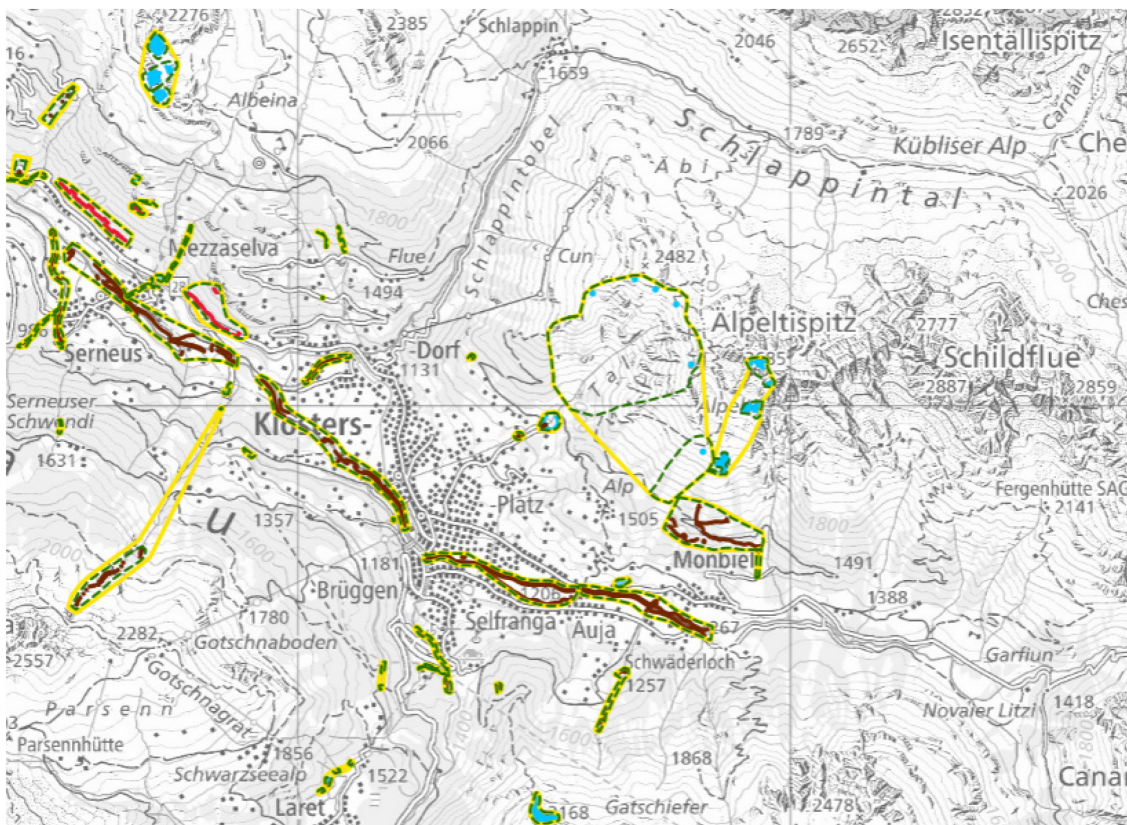


Abbildung 2: Verbaugelände in Klosters - Ausschnitt aus dem Schutzbautenkataster. (Quelle Geoportal Kt. GR).

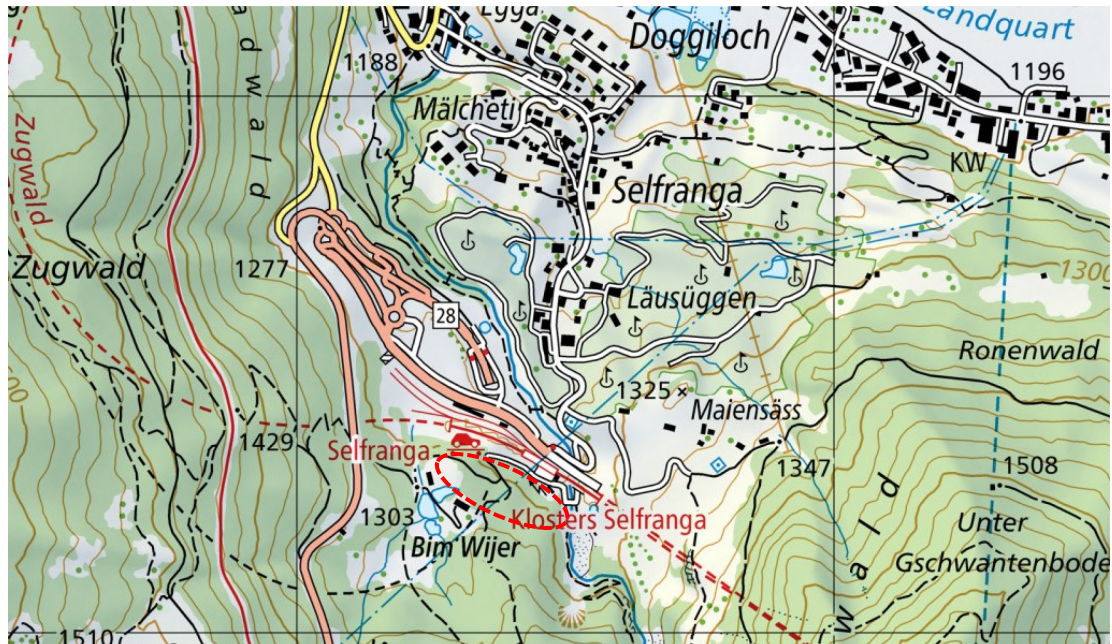


Abbildung 3: Kartenausschnitt des Verbaugesbiet Zugwald beim Autoverladebahnhof Selfranga. (Quelle Geoportal Bund).

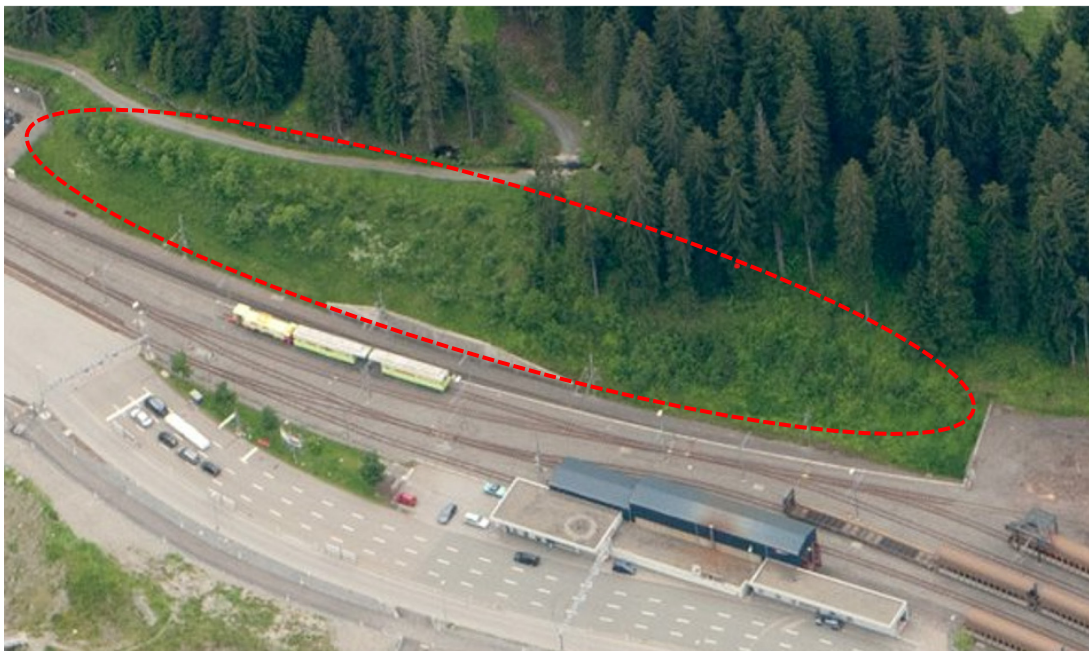


Abbildung 4: Luftbild des Verbaugesbiet Zugwald beim Autoverladebahnhof Selfranga. Die Werke sind wegen der Distanz und dem Bewuchs nur schwer zu erkennen (Quelle Schweizer Luftwaffe, 2011).

2.1.3 Inventar Waldstrassen

Die Erschliessung des Waldareals in Klosters erfolgt mit einem ausgedehnten Netz von Forstwegen. Dieses Netz umfasst verschiedene Kategorien von Waldstrassen. Die *Abbildung 5* zeigt eine Übersicht über das gesamte Netz in Klosters. Ein massstabsgetreuer Kartenausschnitt befindet sich im *Anhang 5*. Die Walderschliessung ist in verschiedene Gebiete⁵ und Abschnitte aufgeteilt (*Tabelle 3*). Im *Anhang 6* ist das gesamte Inventar der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen auf dem Gebiet der Gemeinde Klosters zusammengestellt.

Als Test- Gebiet für die Implementierung des Erhaltungsmanagemnts für Waldstrassen wurde ein Waldweg in der Erschliessungseinheit Mezzaselva festgelegt (*Abbildung 6*). Dieser Strassenabschnitt umfasst rund 2 km Strassen der Kategorie⁶ Waldstrasse_{Minimal}. Die Zufahrt erfolgt von Saas i.Pr. her via Alpstrasse. Ein massstabsgetreuer Kartenausschnitt befindet sich im *Anhang 7*.

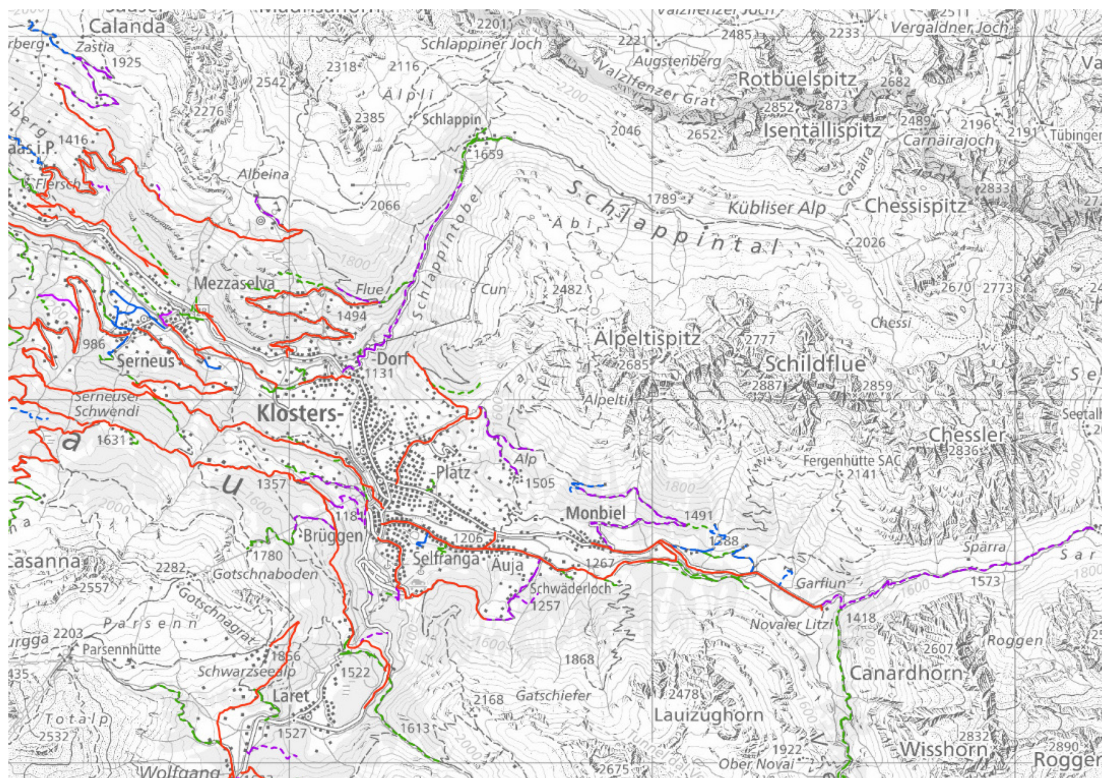


Abbildung 5: Walderschliessung in Klosters (Quelle Geoportal Kt. GR).

⁵ Das Waldstrassennetz ist in verschiedene Gebiete eingeteilt. Diese Unterteilung entspricht aber nicht in jedem Fall den Erschliessungseinheiten, so wie sie in der forstlichen Planung bzw. Waldplanung definiert sind.

⁶ Unterteilung gemäss Normalien Waldstrassen des Amtes für Wald und Naturgefahren Graubünden (Stand 2011).

Tabelle 3: Aufteilung der Walderschliessung auf verschiedene Gebiete und Abschnitte (Quelle Forstbetrieb Madrisa).

Erschliessungseinheiten	Abschnitte
1 Mezzaselvawald	Mezzaselvawald, Adlerflue
2 Oberberg	Alpstrasse, Zastia, Oberbärg, Fänggastein, Mittelberg, Hof
3 Grünenbödeli	Stützbach, Trittwald
4 Zugwald	Inner Zugwald, Stützwald-Ried, Wijeregg, Schluochtwald, Gotschnaboden, Usser Zugwald
5 Tschessbodenwald	Tschessboden, Schwendiweg, Winkel
6 Schafwald	Duchelbodenwald, Schiferwald, Wuostboden
7 Graggenwald	Graggenwald, Unter Rüti, Natz
8 Rütiwald	Rütiwald, Usser Bündi, Sunniberg, Rüteli
9 Schiferwald	Seewijwald, Höhronggwald, Sparangier, Ducheltola, Enthalbwald, Cavadura, Sässji
10 Mezzaselva	Loch, Capeira, Gruoba, Au, Bad Serneus
11 Alpwald	Läger, Arensa, Madrisahof
12 Erlenberg	Palfärn, Ober Sattel, Schwanzmäder, Bündi
13 Schlappinwald	Schlappintobel, Schlappinsee, Schwendiwald
14 Tal	Talstrasse, Nüwaldweg, Grosswald, Zugalpstrasse, Zugalpwald
15 Monbiel	Monbielerwald, Schwendiwald
16 Novai	Pardenner Boden, Sardasca, Vereina, Pardennerwald
17 Selfranga	Ronenwald, Bim Wijer, Werribach, Ginawald
18 Chüenischboden	Schindelbodenweg, Masura

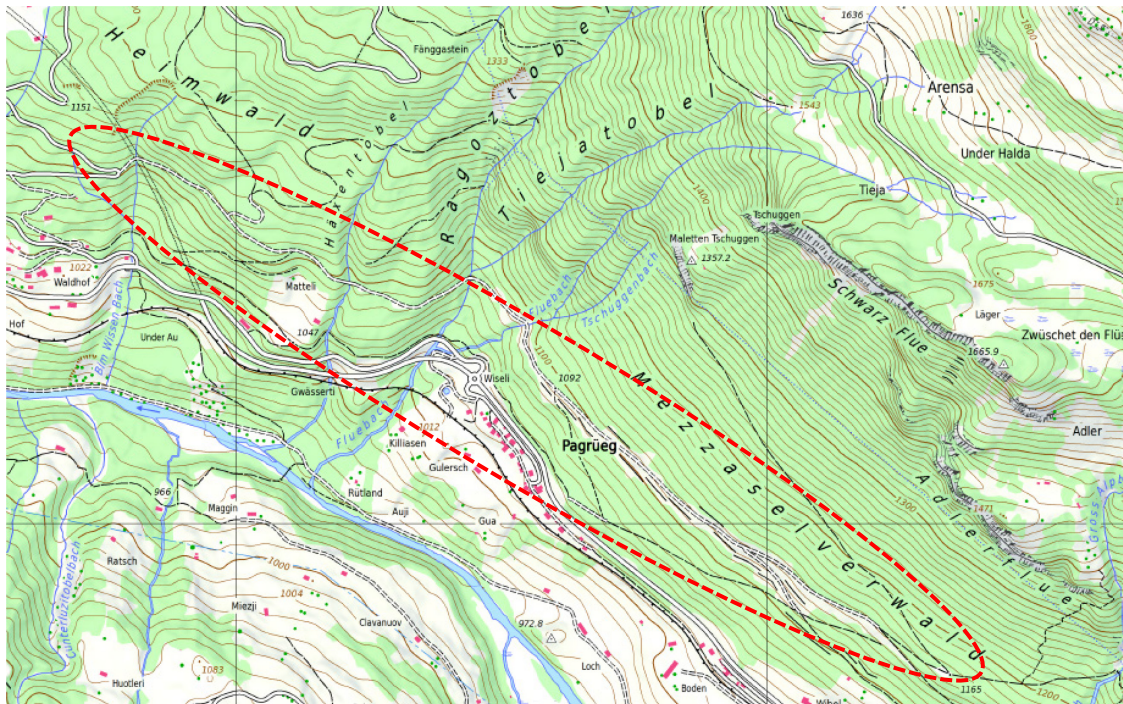


Abbildung 6: Kartenausschnitt des Waldweges Mezzaselva. (Quelle: Geoportal Kt. Graubünden).

2.2 Übergeordnete Planung

Auf einer höheren Planungsebene muss der Waldentwicklungsplan 2018+ Herrschaft / Prättigau / Davos (AWN 2018) berücksichtigt werden. Im WEP-Dokument wird auf Infrastrukturen verwiesen, sei es für die Holznutzung (Erschliessungsanlagen), die Erholung oder auch den Schutz vor Naturgefahren. In Bezug auf die Holznutzung wird im WEP ein allgemeines Ziel formuliert, und zwar *«Eine taugliche oder mindestens bedingt taugliche Infrastruktur für eine kostengünstige Holzernte ist auf 80% der Waldfläche vorhanden»*. Im Dokument werden auch weitere Hinweise zu den Infrastrukturen gegeben, wie bspw. in der Zielsetzung im Leitbild wo steht *«Umgang mit Naturgefahren – Integrales Risikomanagement: Schutzwald, Schutzbauten und organisatorische Massnahmen sind in der Lage, die gestellten Aufgaben infolge Naturgefahren dauernd und fachgerecht zu erfüllen»*. Ausgehend von diesen strategischen Stossrichtungen müssen daher alle Massnahmen abgeleitet werden, die auf lokaler Ebene umgesetzt werden müssen, damit diese Ziele erreicht werden können. Das Infrastrukturmanagement ist daher ein relevanter Faktor auch im Waldbereich.

2.3 Forstliche Infrastruktur – Grundsätzliches

Beim Betrieb und der Substanzerhaltung von Infrastrukturanlagen wird verschiedentlich der Begriff des Infrastrukturmanagements verwendet. Gemäss Handbuch Infrastrukturmanagement (OKI 2014) umfasst der Begriff die «Summe aller systematischen und koordinierten Aktivitäten, um die erforderlichen Infrastrukturen zu identifizieren, deren Zustand und Leistungsfähigkeit zu bestimmen, zugehörigen Risiken zu ermitteln und notwendige Sanierungs- und Erneuerungsmassnahmen umzusetzen, damit die definierten Leistungen über den gesamten Lebenszyklus erreicht werden können».

In einem ähnlichen Sinne wird oft auch von Erhaltungsmanagement gesprochen. Im Vergleich zum Erhaltungsmanagement (EM) ist das Infrastrukturmanagement jedoch umfassender und beinhaltet ergänzende resp. übergeordnete Tätigkeiten. Gemäss Handbuch Infrastrukturmanagement (OKI 2014) können die Aktivitäten eines Infrastrukturmanagements in 13 Kernelemente gruppiert werden. Obwohl konzeptionell auf den Betrieb der kommunalen Netzinfrastuktur (Strassen, Strom, Telekommunikation, Wasser-Abwasser, Gas), lässt sich dieses generelle Konzept des Infrastrukturmanagements auch auf die forstliche Infrastruktur adaptieren. Dabei beinhaltet gemäss Heinemann (2014) die forstliche Infrastruktur primär alle bautechnisch erstellten Anlagen⁷, welche für die Holzproduktion notwendig sind. Entsprechend gehören die Erholungsanlagen nicht zur forstlichen Infrastruktur. In einem separaten Dokument im *Anhang 8* sind diese Kernelemente in modifizierter Form wiedergegeben und mit Beispielen erläutert, und zwar unter Berücksichtigung von forst- und schutzbautenspezifischen Gesichtspunkten. Für die vorliegende Pilotstudie wurde auf der fachlich-methodischen Ebene auf dieses ergänzende Dokument abgestützt. Dieses Dokument hat jedoch nicht den Anspruch einer von unabhängiger Seite *reviewter* Grundlage.

⁷ Der Begriff der forstlichen Bauten und Anlagen zur Holzproduktion ist in der Verordnung zum Waldgesetz konkreter umschrieben (Art. 13a WaV, SR 921.01)

3 Methodik

3.1 Aufbau Erhaltungsmanagement Schutzbauten⁸ - Arbeiten auf Stufe Forstbetrieb

3.1.1 Inventar und Kataster

Beim Aufbau eines Schutzbautenkataster hat sich ein mehrstufiges Verfahren, welches vom Groben ins Detail verläuft, sehr bewährt. Als Vorbereitung sind im Rahmen eines **Erhebungskonzepts** Überlegungen hinsichtlich Zwecks des Katasters zu machen. Dient der Kataster primär als Informationsquelle im integralen Naturgefahrenmanagement oder als Plattform für das Management des baulichen Unterhalts, so sind die Anforderungen an die Informationen (und damit an die Struktur des generelle Datenmodell) anspruchsvoll. Dient aber der Kataster als Werkzeug zur operativen Bewirtschaftung des Schutzbautenbestandes, genügen in der Regel relativ wenige Attribute. Neben dem Zweck des Katasters soll aber auch Klarheit darüber herrschen, wie dieser aktualisiert wird. Die notwendigen Gedankengänge sind in Form eines **Betriebskonzepts** festzuhalten. Nur so ist in der Regel sichergestellt, dass ein Kataster periodisch auch nachgeführt wird und damit in aktualisierter Form den verschiedenen Benutzern zur Verfügung steht. Sowohl das Erhebungskonzept wie auch das Betriebskonzept haben schlussendlich einen zentralen Einfluss auf den Umfang der Datenerhebung. Der eigentliche Aufbau des Katasters gliedert sich in vier Schritte (*Abbildung 7*).

Im Rahmen der **Vorbereitung** erfolgt die Ausarbeitung eines Projektstrukturplanes über den gesamten Katasteraufbau. Diese Arbeit hilft, das Vorhaben in zweckmässige Arbeitsschritte zu gliedern und die zu erbringenden Leistungen zu identifizieren. Weiter erfolgen auch die Sichtung und Aufarbeitung der vorhandenen Grundlagen.

Obwohl eigentlich auch ein Bestandteil der Grundlagenbeschaffung wird das **Rekognoszieren** als separaten Arbeitsschritt betrachtet. Hier geht es um konkrete Informationsbeschaffung, damit die nachfolgende und relativ aufwändige Feldarbeit effizient gestaltet werden kann. Primär geht es darum, Areale zu identifizieren, wo Schutzbauten vorhanden (und noch nicht kartiert sind). Neben Gegenhangbetrachtungen mit optischen Geräten und dem zeitintensiven Begehen / Ablaufen von Prozessräumen kann mittlerweile mit Drohnen relativ einfach und zeitsparend die notwendigen Informationen eingeholt werden. Allerdings ist der Drohneneinsatz nur in bestockungsfreien Arealen möglich. Das Ergebnis des Rekognoszierens ist ein einfaches Datenblatt mit wenigen Angaben zu den Schutzbauten sein. Ein Beispiel ist in *Abbildung 8* dargestellt.

⁸ Die Ausführungen zur Methodik beziehen sich auf einen Anrissverbau mit dem Werktyp Stahlschneebrücken. Sie sind jedoch sinngemäss auf die anderen Werktypen (gemäss Werkartenliste im Datenmodell Schutzbauten Naturgefahren / BAFU 2017) übertragbar.

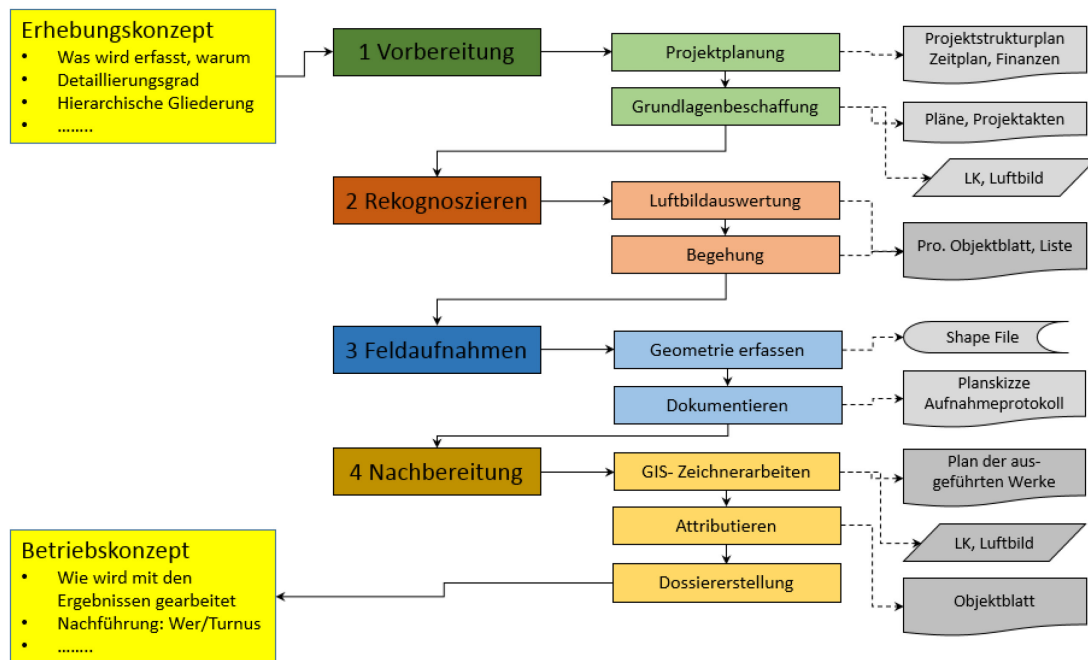


Abbildung 7: Vorgehenskonzept beim Aufbau eines Schutzbautenkatasters.

Bei den eigentlichen **Felddaufnahmen** geht es darum, die Geometrie der Werke mit ausreichender Genauigkeit zu erfassen. Die meisten Verbauungen können als Liniengeometrie erfasst werden. Flächenartige Werke wie z.B. Netzaufdeckungen werden als Flächengeometrie erfasst. Werke mit Punktgeometrie sind eher selten (z.B. Sprengmasten).

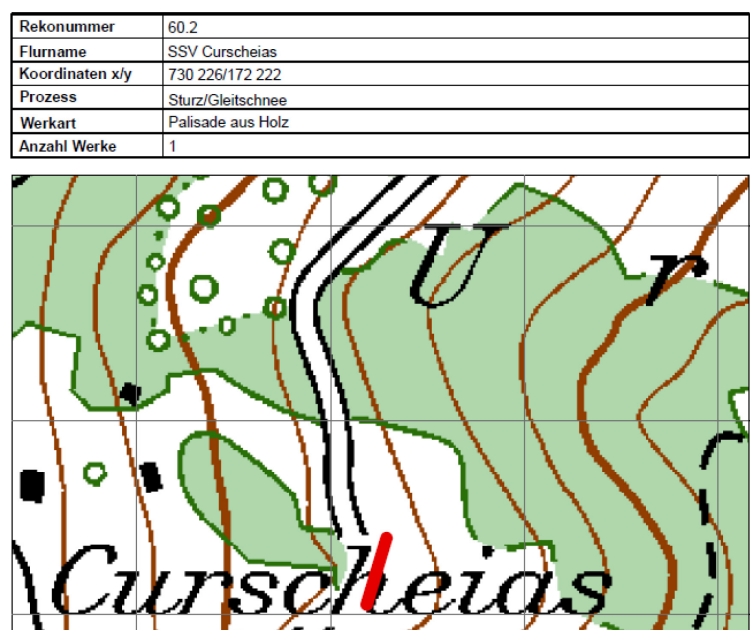


Abbildung 8: Beispiel eines Reko-Berichts als Vorbereitung für die Felddaufnahmen der Werke.

Der Anspruch an die Genauigkeit ist dahingehend, dass ein ortsunkundiger Inspekteur die einzelnen Werke ohne grösseren Aufwand vor Ort wiederauffinden kann. Demzufolge wird eine Genauigkeit im Submeterbereich⁹ als ausreichend angesehen. Als Konsequenz darauf ergibt sich für die Datenerhebung im Feld eine gewisse Flexibilität bei der Methodik. Oftmals ist das klassische Einmessen ab einem Kartenpunkt gut machbar (*Abbildung 9*).

Ein weiteres effizientes Verfahren ist das Digitalisieren ab einem ausreichen genauen Orthofoto¹⁰. Als Beispiel ist in *Abbildung 10* die Erfassung der Bauwerke eines Geschiebesammlers im Kanton Uri dargestellt. Allerdings ist dieses Verfahren nur anwendbar bei bestockungsfreien Arealen. Als weiteres Verfahren bietet sich die satellitengestützte Lagebestimmung mittels GPS an (*Abbildung 11*). Damit jedoch die geforderte Genauigkeit erreicht wird, müssen Korrekturdaten via GSM- Netz bezogen werden. Hierzu ist der kostenlose Korrekturdienst der Swisscom¹¹ (Swipos) ausreichend.

Auch sind mindestens vier Satelliten zur Positionsbestimmung notwendig. Weiter einschränkend ist auch die Topografie (Nordhänge und steil eingeschnittene Täler sind eher ungünstig) wie auch eine Waldbestockung.

Im Rahmen der Nachbereitung der Felddaten erfolgt die Attributierung¹² der erfassten Werkgeometrien und die zeichnerische Bereinigung in einem GIS-Programm.



Abbildung 9: Erfassung der Werkgeometrie mit manuellem Einmessen ab Kartenpunkt.

⁹ Lagegenauigkeit < 1 m, idealerweise 30-50 cm.

¹⁰ Ein Orthofoto ist eine verzerrungsfreie und maßstabsgetreue Abbildung der Erdoberfläche, die durch photogrammetrische Verfahren aus Luft- oder Satellitenbildern abgeleitet wird (Quelle Wikipedia).

¹¹ Die Korrektur der Satelliten-Signale erfolgt mit einer Referenzstation.

¹² Die verschiedenen Eigenschaften des erfassten Geländemerkmals (Linien- Flächen- oder Punktgeometrie) werden durch Zahlen oder Text beschrieben.



Abbildung 10: Erfassung der Werkgeometrie mit Digitalisieren ab Orthofoto.



Abbildung 11: Erfassung der Liniengeometrie einer Lawinverbauung im Anrissgebiet Rietstöckli / GL mit satellitengestützter Lagebestimmung.

Für die eher einfachen Raumdaten im Bereich der forstlichen Infrastruktur ist GIS-Plattform QGIS¹³ absolut ausreichend. Das Endprodukt dieses Arbeitsschritts ist schlussendlich der Plan der ausgeführten Werke, ergänzt mit dem Inventar der Werke (Abbildung 12).

¹³ QGIS ist eine open-source Plattform und steht dem Anwender kostenlos zur Verfügung. Neben zahlreichen Privaten Anwender arbeiten mittlerweile auch verschiedene kommunale Organisationen (z.B. Stadt Uster)

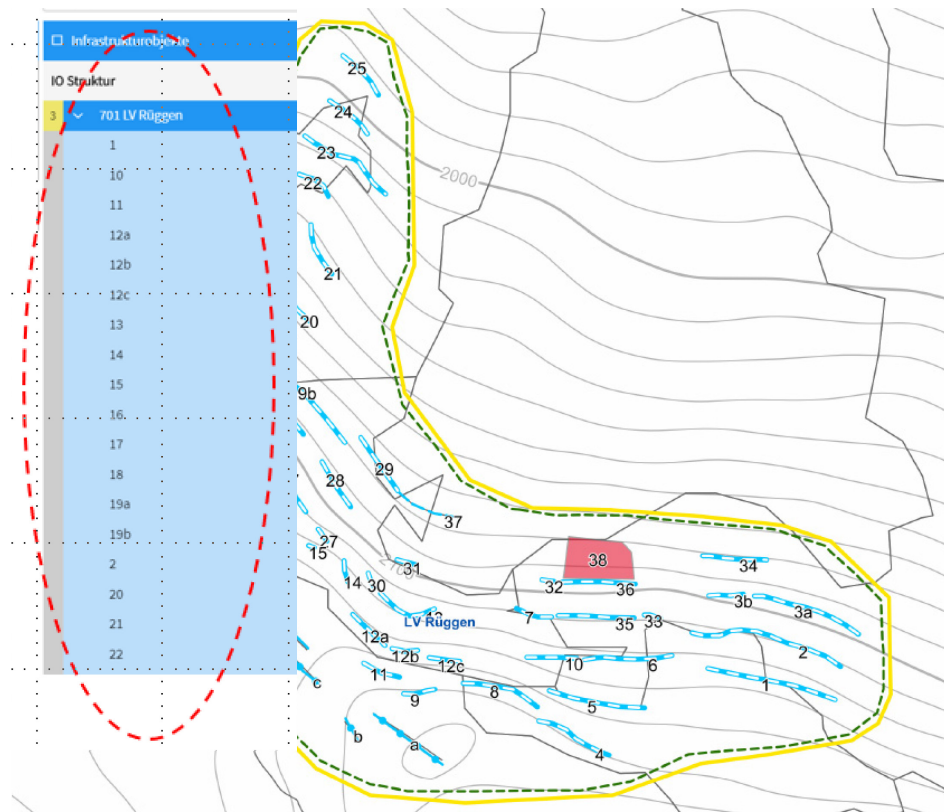


Abbildung 12: Endprodukt der Felddatenerhebung und GIS-Zeichnerarbeit: Inventar und Plan der ausgeführten Werke, dargestellt am Beispiel einer Lawinenverbauung (Quelle: SBK-GR).

3.1.2 Beobachtung

Die Beobachtung ist eine visuelle Überprüfung des Bauwerks. Sie bezweckt, plötzlich auftretende Mängel frühzeitig zu erkennen. Grundsätzlich entspricht sie vom Prinzip her einer Grobbeurteilung über das gesamte Verbauungsinventar und liefert die notwendigen Grundlagen, um Handlungsschwerpunkte für den Unterhalt erkennen zu können. Sie kann aber auch den Unterhaltsverantwortlichen helfen, eine erste Priorisierung vorzunehmen. Vom Prinzip her ist die Beobachtung eine Negativ-Beurteilung. Entsprechend werden nur Sachverhalte rapportiert, welche dem erwarteten SOLL- Zustand nicht entsprechen. Um den nötigen Überblick zu erhalten, muss nicht zwingend das Bauwerk vor Ort begutachtet werden. Mit geeigneten optischen Geräten kann auch eine Beurteilung aus der Distanz vorgenommen werden.

oder Kantonale Fachstellen (Kt. Zug, Kt. Aargau), sowie z.B. die Försterschule Maienfeld oder die Berner Fachhochschule BFH (HAFL) mit dieser Plattform.

Beurteilungspunkte

Folgende Beurteilungspunkte sind relevant:

- Lage -> keine grösseren Verschiebungen einzelner Werke aufgrund von Rutschungen;
- Vollständigkeit -> keine umgestürzten Bauwerke oder fehlende Bauwerksteile;
- Funktionalität -> keine Erdmassen / Baumstrünke / Felsen etc. im Rückhalteraum des Werks.

In *Abbildung 13* ist als Beispiel die Beobachtung einer Lawinenverbauung illustriert. Gut feststellbar ist, dass die beurteilten Stützwerke komplett und lagegenau sind. Einzig bei der obersten Werkreihe ist im dritten und vierten Feld eine leichte Versackung zu erkennen. Im Rückhalteraum sind keine grösseren Beeinträchtigungen feststellbar.

Rapportierung / Schadenmeldung

Die Beobachtungen von Lawinenverbauungen erfolgt in der Regel im Frühjahr nach dem Ausapern. Bewährt hat sich die Gegenhangbetrachtung oder Visitation ab Waldstrasse mit einem geeigneten optischen Gerät (Feldstecher, Fernrohr).



Abbildung 13: Beobachtung einer permanenten Lawinenverbauung. Der Beobachtungsstandort ist ein Wanderweg oberhalb der Anrisslinie.

Die Dokumentation der Beobachtungen erfolgt mit einem einfachen **Rapport**. In der Regel ist dies eine Negativ- Rapportierung, d.h. es werden nur Abweichungen vom Soll- Zustand festgehalten. Neben einem aussagekräftigen Foto sind gemäss Beispiel in *Abbildung 14* (minimal) folgende Angaben zu erheben:

- Name des Verbauebiets;
- Lagekoordinaten des Schadens¹⁴ (Genauigkeit gemäss LK 1 : 25'000);
- Stichwortartiges notieren der Feststellung;
- Empfehlungen hinsichtlich Sofortmassnahmen.

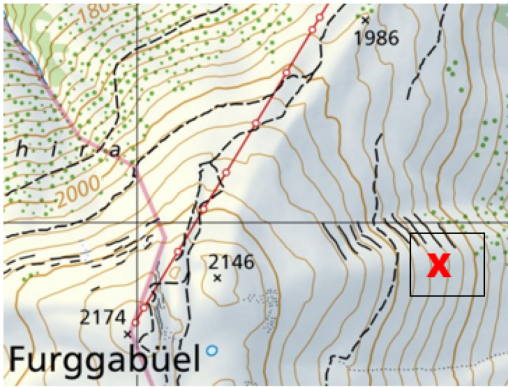
Verbauebiet	Lawinenverbauung Valtschamela	
Gemeinde	Malix	
Sachbearbeiter	Martin Frei	
Datum:	16.07.2022	
Lage	Foto	
		
Feststellung		
Verwehungsverbauung (Zaun) ist talwärts deformiert. Einzelne Latten am Zaun sind gebrochen.		

Abbildung 14: Struktur eines Rapportformulars um eine Beobachtung eines Schadens zu dokumentieren.

¹⁴ Die ungefähre Lage des festgestellten Schadens kann relativ einfach mit Swiss-Map-Mobil der Landestopografie ermittelt werden. Vorgängig muss jedoch die Karten-Kachel mit dem Verbauebiet auf einem Feldgerät / Smartphone abgespeichert werden (Offline-Moduls).

3.1.3 Inspektion

Der Zweck der Inspektion ist, mit Hilfe von vorgegebenen Kriterien den aktuellen IST- Zustand der verschiedenen Bauwerksteile einer Schutzbauten zu erfassen- sowie zu bewerten. Dabei handelt es sich um eine rein visuelle Tätigkeit. Mit Hilfe von zurückliegenden Inspektionen können Aussagen zu Erkenntnissen über den Verlauf der Bauwerksalterung verdichtet werden. Je nach Verlauf der Alterungskurve lassen sich so frühzeitig betriebliche und/oder bauliche Unterhaltsmassnahmen in die Wege leiten. Folgende **Arbeitsschritte** sind angedacht:

- Feldaufnahmen: Erhebung des IST- Zustandes der Bauwerksteile vor Ort -> in einem Inspektionsabschnitt / Verbauggebiet;
- Zustandsbewertung des einzelnen Bauteils
- Bewertung des gesamten Bauwerks;
- Berichterstattung -> Inspektionsbericht
- Empfehlungen hinsichtlich Massnahmen (baulich- oder betrieblicher Unterhalt).

Je nach Lage und Beanspruchung der Infrastrukturen sowie deren Bedeutung (z.B. Schutz wichtiger Verkehrsträger) erfolgt alle 1-5 Jahre eine Inspektion der Werke in einem Prozessraum.

Beurteilungspunkte

Für die Werkart Stützwerk (Typ Schneebrücke) werden folgende **Bauteile** beurteilt (Abbildung 15):

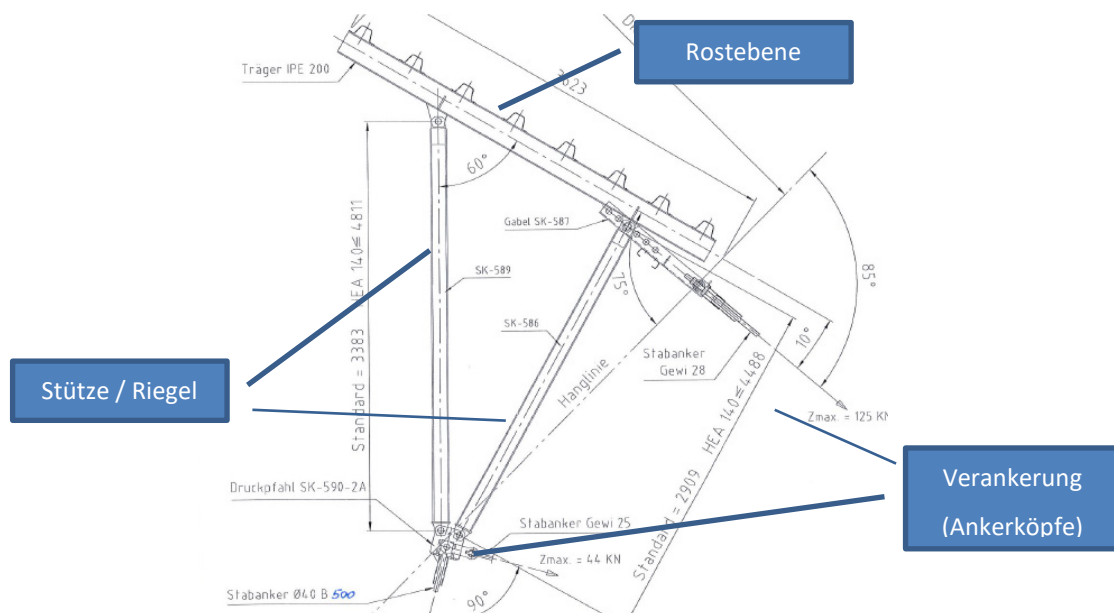


Abbildung 15: Lawinenverbau: Inspektionpunkte bei einem Stützwerk (Bsp. Werktyp SIFA Y, www.mairwilfried.it/lawinenschutzbauten/).

Die Inspektion dieser Bauteile erfolgt geführt, d.h. es wird für die Bauteile vorgegeben, was erfasst ist sowie nach welchen Kriterien die Bewertung zu erfolgen hat. In der *Tabelle 4* sind die konkreten Beurteilungspunkte für ein Stützwerk dargestellt. Die Beurteilung der einzelnen Bauteile erfolgt mit einem 3-Stufigen «Ampelsystem». Der Inspekteur hat jedoch noch die Möglichkeit, für die beiden ersten Stufen zu differenzieren.

- Beispiel:*
- Bei einem neu erstellten Bauwerk wird der Zustand der Bauteile als «gut» bewertet mit der Note 1.
 - Ist das Bauteil soweit noch in Ordnung, zeigt aber altersbedingte Verwitterungsspuren, so kann das mit der Note 2 bewertet werden.

Die Umgebung hat eine zentrale Bedeutung bei der Funktionalität des Schutzbauwerks. Sie wurde jedoch nicht bautechnisch erstellt und kann deshalb auch nicht inspiziert werden. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung der Umgebung eines Werks in einem separaten Arbeitsschritt. Es kann jedoch mit einem analogen Raster wie für die Inspektion der verschiedenen Bauteile gearbeitet werden. (*Tabelle 5*):

Tabelle 4: Inspektion der Bauteile eines Lawinen- Stützwerks – Beurteilungspunkte und Bewertung.

Bauteil	Kriterium	Bewertungsraster			Note
		gut - annehmbar (1-2)	schadhaft - schlecht (3-4)	alarmierend (5)	
Rostfläche	Deformationen / Trefferschäden (Steinschlag)	Intakte Rostfläche, hangparalleler Verlauf, keine Versackungen feststellbar	Auf $\leq 1/3$ der Werklänge sind schadhafte Larsen, Anz. ≤ 4 / Werk, Rostebene an mehreren Stellen wenig abgesenkt (> 20 cm)	Auf $> 1/3$ der Werklänge sind schadhafte Larsen, Anz. > 4 / Werk, Rostebene an mehreren Stellen stark abgesenkt (> 50 cm)	
Stützen / Riegel	Deformationen / Trefferschäden (Steinschlag)	Stützen / Riegel +/- einheitlich ausgerichtet, keine Trefferschäden feststellbar	Deformationen an $\leq 1/3$ der Stützen / Riegel, Stauchung $< 2 \cdot$ Querschnitt	Deformationen an $> 1/3$ der Stützen / Riegel, Stauchung $> 2 \cdot$ Querschnitt	
Verankerungen	Lose / freigelegte Ankerköpfe	alle gut eingebunden, Versteifungsrohr $< 1/4$ freigelegt	$\leq 1/3$ der Ankerköpfe sind lose oder freigelegt, Versteifungsrohr $< 1/3$ freigelegt	$> 1/3$ der Ankerköpfe sind lose oder freigelegt, Versteifungsrohr $> 1/2$ freigelegt	

Tabelle 5: Beurteilung der Umgebung eines Lawinen- Stützwerks.

Umgebung		gut-annehmbar	schadhaft-schlecht	alarmierend	Bewertung
Rückhalteraum	Hinterfüllung mit Steinen / Geröll (Bezogen auf Rosthöhe)	Kein Material oder nur einzelne Steine	Hinterfüllung $\leq 1/4$ der Rosthöhe	Hinterfüllung $> 1/4$ der Rosthöhe	
Vegetation	Bedeckung durch Gras, Büsche, Baumbewuchs	Keine Verbuschung; vereinzelt Grasbewuchs, keine Bäume	Verbuschung $\leq 50\%$ der Fläche, Fundament z.T. verdeckt, einzelne Bäume wachsen im Rückhalteraum	Verbuschung $> 50\%$ der Fläche, Stützwerk kaum mehr zu erkennen, Bäume wachsen im Rückhalteraum	

3.1.4 Unterhalt

Die Ergebnisse aus der Überwachung (Beobachtung resp. Inspektion) müssen hinsichtlich der notwendigen Unterhaltsmassnahmen beurteilt werden. Der Begriff «Unterhalt» umfasst sowohl den betrieblichen Unterhalt wie auch den baulichen Unterhalt. Gemäss SIA 469 bezeichnet der betriebliche Unterhalt die Bewahrung oder Wiederherstellung eines Bauwerks ohne wesentliche Änderungen der Anforderungen. Konkret bedeutet dies, dass die Grundfunktionalität des Bauwerks nicht beeinträchtigt ist. In der *Abbildung 16* ist ein solches Beispiel dargestellt. Es zeigt eine Steinschlagverbauung, welche von der Bausubstanz her soweit in Ordnung ist. Das Netz und die Stützen sind jedoch mit Efeu bewachsen. Das schränkt die Funktionalität des Werks nicht ein, erschwert aber die Inspektion. Der betriebliche Unterhalt würde also die Entfernung der Vegetation bedeuten.



Abbildung 16: Beispiel für ein Schutzbauwerk, wo betrieblicher Unterhalt notwendig ist.

Der **bauliche Unterhalt** umfasst gemäss SIA 469 die Wiederherstellung der Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer. Es sind in der Regel umfangreichere Massnahmen, welche eine entsprechende Baustelleninfrastruktur benötigen. In der *Abbildung 17* ist ein solches Beispiel dargestellt. Es zeigt Bachsperrren, bei denen der Sperrenkörper soweit noch in Ordnung ist. Es mussten jedoch die Abflussektion und die beiden Sperrenflügel mit Beton verstärkt werden.

Die **Abgrenzung** zwischen betrieblichem und baulichem Unterhalt ist in der Praxis nicht immer einfach. Generell werden aber im Rahmen des betrieblichen Unterhalts einfache, sog. «projektierungsfreie» Massnahmen ausgeführt. Diese sind oft jährlich wiederkehrend. Im Gegensatz dazu werden Massnahmen des baulichen Unterhalts im Rahmen von Projekten¹⁵ ausgeführt.

Die eigentlichen betrieblichen Tätigkeiten und Abläufe zur Durchführung des betrieblichen und baulichen Unterhalts waren nicht Gegenstand des vorliegenden Pilotprojekts und wurden deshalb nicht weiter untersucht.



Abbildung 17: Beispiel für ein Schutzbauwerk, wo baulicher Unterhalt erfolgt ist (Quelle: Kt. SG).

¹⁵ Der Kanton Graubünden kennt diesbezüglich die sogenannten Sammelprojekte für die Instandsetzung der Schutzbauten (SIS) .

3.2 Aufbau Erhaltungsmanagement für Waldstrassen – Arbeiten auf Stufe Forstbetrieb

Im Pilotbetrieb Madrisa wurde für die operative Umsetzung des Waldstrassen-Erhaltungsmanagement als Testgebiet einen Abschnitt einer Waldstrasse auf dem Gebiet des Mezzaselvawaldes in der Gemeinde Klosters gewählt. Die nachfolgenden Ausführungen zur Methodik beziehen sich entsprechend auf eine LKW- befahrbare Waldstrasse¹⁶ mit Breite 3 m und einer Tragfähigkeit von 32 to sowie die zugehörigen Kunstbauten. Sie sind jedoch sinngemäss auch auf andere Strassentypen übertragbar.

Im Gegensatz zu den Schutzbauten, wo in den vergangenen Jahren bereits z.T. umfangreiche Erfahrungen¹⁷ im Aufbau des Erhaltungsmanagements gemacht werden konnte, liegt bei den Waldstrassen wenig methodischen Grundlagenwissen vor. Die wesentlichen Eckwerte bei der Vorgehensweise können jedoch von der Methodik Schutzbauten übernommen- und adaptiert werden. Die wesentlichen Unterschiede, welche Auswirkungen auf das methodische Vorgehen haben, beziehen sich auf folgende Punkte:

- Die Achsen der (lastwagenbefahrbaren) Waldstrassen sind in den allermeisten Fällen in den Karten der Landestopografie und den lokalen Grundlagenplänen vorhanden;
- Das Netz von Waldstrassen gliedert sich in Haupt- und Nebenachsen. Das hat Konsequenzen für die Hierarchie eines Datenmodells, um Waldstrassen zu beschreiben.

3.2.1 Inventar und Kataster

Analog wie Schutzbautenkataster erfolgt auch der Aufbau eines Waldstrassenkatasters vom Groben ins Detail. Somit kann auf das Vorgehenskonzept abgestützt werden, so wie es in der *Abbildung 7* (in Kap. 3.1.1) dargestellt ist. Als Vorbereitung sind im Rahmen eines **Erhebungskonzepts** Überlegungen hinsichtlich Zwecks des Waldstrassenkatasters zu machen. Dient der Kataster primär als Informationsquelle für die forstliche Erschliessung oder als Plattform für das Management des baulichen Unterhalts der verschiedenen Erschliessungsanlagen (Forst, Landwirtschaft oder Kommunalbereich), so sind die Anforderungen an die Informationen (und damit an die Struktur des generelle Datenmodell) anspruchsvoll. Dient aber der Kataster als Werkzeug zur operativen Bewirtschaftung der Waldstrassen und Lagerplätze, genügen in der Regel relativ wenige Attribute. Neben dem Zweck des Katasters soll aber auch Klarheit darüber herrschen, wie dieser aktualisiert wird. Die notwendigen Gedankengänge sind in Form eines **Betriebskonzepts** festzuhalten. Nur so ist in der Regel sichergestellt, dass ein Kataster periodisch auch nachgeführt wird und damit in aktualisierter

¹⁶ Gemäss Normalie des AWN ist dies eine Forststrasse der Erschliessungskategorie 2 (Waldstrasse_{MINIMAL})

¹⁷ Kanton Graubünden: Aufbau des Schutzbautenkataster beim AWN (2005-2009), BAFU: Pilotprojekt Aufbau Schutzbautenkataster Wasserbau – Teil Uri (2015).

Form den verschiedenen Benutzern zur Verfügung steht. Sowohl das Erhebungskonzept wie auch das Betriebskonzept haben schlussendlich einen zentralen Einfluss auf den Umfang der Datenerhebung. Der eigentliche Aufbau des Katasters gliedert sich in vier Schritte (vgl. Kap. 3.1.1, *Abbildung 7*).

Im Rahmen der **Vorbereitung** erfolgt die Ausarbeitung eines Projektstrukturplanes über den gesamten Katasteraufbau. Diese Arbeit hilft, das Vorhaben in zweckmässige Arbeitsschritte zu gliedern und die zu erbringenden Leistungen zu identifizieren. Weiter erfolgen auch die Sichtung und Aufarbeitung der vorhandenen Grundlagen.

Obwohl eigentlich auch ein Bestandteil der Grundlagenbeschaffung wird das **Rekognoszieren** als separaten Arbeitsschritt betrachtet. Hier geht es um konkrete Informationsbeschaffung, damit die nachfolgende und Feldarbeit effizient gestaltet werden kann. Als Vereinfachung zu den Schutzbauten erfolgt das Rekognoszieren der Waldstrassen mit einem Fahrzeug. Neben dem Kartieren der verschiedenen Kunstbauten entlang der Strassenachse geht es auch um eine erste Einteilung der Strassenabschnitte in zweckmässige Sektoren. Diese sollten bezüglich Länge und darin enthaltenen Kunstbauten eine überschaubare Länge haben. In der *Abbildung 18* ist ein Beispiel für ein Reko-Bericht (Bericht über die Geländeaufnahme) eines Waldstrassenabschnitts dargestellt.

Bei den eigentlichen **Feldaufnahmen** geht es darum, die Geometrie der Kunstbauten und Gerinnequerungen mit ausreichender Genauigkeit zu erfassen. Die meisten Verbauungen können als Liniengeometrie erfasst werden. Werke mit Punktgeometrie sind eher selten (z.B. Schächte).

Der Anspruch an die Genauigkeit ist dahingehend, dass ein ortsunkundiger Inspekteur (z.B. ein neu eingestellter Forstwart, welcher in das Erhaltungsmanagement eingearbeitet wird) die verschiedenen Hangstützwerke, Brücken und Durchlässe ohne grösseren Aufwand vor Ort wiederauffinden kann. Wie bei den Schutzbauten wird eine Genauigkeit im Submeterbereich¹⁸ als ausreichend angesehen.

Als Konsequenz darauf ergibt sich für die Datenerhebung im Feld eine gewisse Flexibilität bei der Wahl der Methode. Da die Strassenachse im Grundlagenplan bereits mit hoher Genauigkeit vorliegt, ist das klassische Einmessen ab einem Kartenpunkt oder das Digitalisieren ab Grundlagenplan sehr einfach und effizient umsetzbar (*Abbildung 19*). Die satellitengestützte Lagebestimmung mittels GPS ist nur beschränkt machbar, da im Waldareal (unter Schirm) das Satellitensignal erschwert ist oder sogar nicht empfangen werden kann.

Im Rahmen der Nachbereitung der Felddaten erfolgt die Attributierung¹⁹ der erfassten Geometrien und die zeichnerische Bereinigung in einem GIS-Programm. Wie bei den Schutzbauten ist die GIS-

¹⁸ Lagegenauigkeit < 1 m, idealerweise 30-50 cm.

¹⁹ Die verschiedenen Eigenschaften des erfassten Geländemerkmals (Linien- Flächen- oder Punktgeometrie) werden durch Zahlen oder Text beschrieben.

Plattform QGIS²⁰ absolut ausreichend. In Zusammenarbeit mit Roger Bolliger (Projektförster Waldregion 3, Sargans) wurde eine umfassende Anleitung verfasst, wie Weiterbearbeitung von im Feld erhobenen Daten.

Das Endprodukt dieses Arbeitsschritts ist schlussendlich der Plan des ausgeführten Werks des Forststrassenabschnitts, ergänzt mit dem Inventar der vorhandenen Kunstbauten.

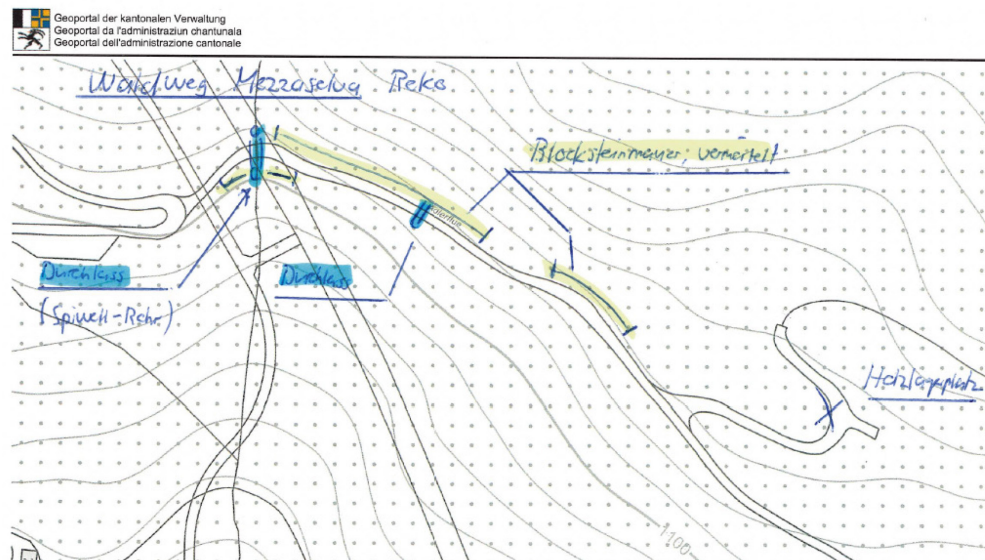


Abbildung 18: Beispiel eines Reko-Berichts als Vorbereitung für die Feldaufnahmen der Waldstrasse.

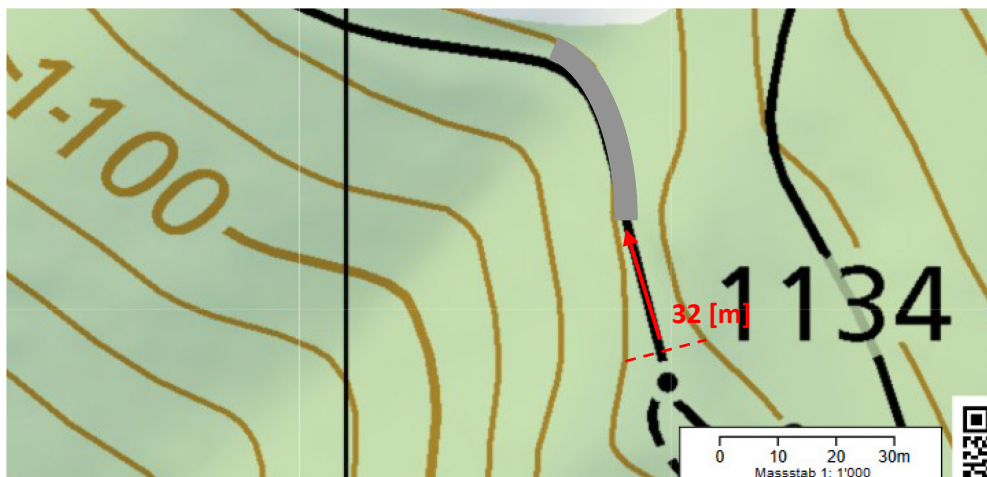


Abbildung 19: Digitalisieren ab Grundlagenplan.

²⁰ QGIS ist eine open-source Plattform und steht dem Anwender kostenlos zur Verfügung. Neben zahlreichen Privaten Anwender arbeiten mittlerweile auch verschiedene kommunale Organisationen (z.B. Stadt Uster) oder Kantonale Fachstellen (Kt. Zug, Kt. Aargau), sowie z.B. die Försterschule Maienfeld oder die Berner Fachhochschule BFH (HAFL) mit dieser Plattform.

Bemerkung: Derzeit arbeiten die Kantone, so auch die WSL, an der Aktualisierung und Vervollständigung der digitalen Kartengrundlagen. In diesem Sinne wird die GIS-Datengrundlage ständig erweitert. Bevor man mit der Arbeit am Strassenkataster beginnt, ist es empfehlenswert, bei dem Forstdienst nachzufragen, welche Geodaten bereits vorhanden sind.

3.2.2 Beobachtung

Die Beobachtung ist eine visuelle Überprüfung des Waldstrassenabschnitts. Sie bezweckt, plötzlich auftretende Mängel frühzeitig zu erkennen. Sie liefert die notwendigen Grundlagen, um Handlungsschwerpunkte für den Unterhalt erkennen zu können. Sie kann aber auch den Unterhaltsverantwortlichen helfen, eine erste Priorisierung vorzunehmen. Vom Prinzip her ist die Beobachtung eine Negativ-Beurteilung. Entsprechend werden nur Sachverhalte rapportiert, welche dem erwarteten SOLL-Zustand nicht entsprechen. Im Gegensatz zu Schutzbauten, wo die Beobachtung der Werke häufig aus der Distanz durchgeführt wird, werden Waldstrassen vor Ort beobachtet. Die Durchführung erfolgt in der Regel ab Fahrzeug. Auch hier entwickeln sich die Technik und die Erhebungsmethoden ständig weiter (z.B. Laserscanning).

Beurteilungspunkte

Folgende Beurteilungspunkte sind relevant:

- Fahrbahn -> keine grösseren Schäden an der Verschleisschicht, der Fahrbahntwässerung oder am Fahrbahnrand, welche das Befahren erschweren;
- Kunstbauten -> keine grösseren Schäden;
- Funktionalität -> keine Erdmassen / Baumstrünke / Felsen etc. im Lichtraumprofil des Forststrasse.

In *Abbildung 20* ist als Beispiel die Beobachtung einer Forststrasse illustriert. Gut feststellbar ist, dass die Fahrbahn deformiert ist. Auch das Bankett zeigt deutliche Schäden. Das liegengebliebene Niederschlagswasser deutet darauf hin, dass die Fahrbahntwässerung nicht mehr funktioniert.

Rapportierung / Schadenmeldung

Die Beobachtungen von Waldstrassen erfolgt in der Regel rechtzeitig von geplanten Holzschlägen in einem Gebiet. Vielfach wird die Beobachtungstätigkeit auch kombiniert mit anderen Kontrollgängen (Wildzäune, Käferbäume etc.). Die Dokumentation der Beobachtungen erfolgt mit einem einfachen **Rapport**. In der Regel ist dies eine Negativ- Rapportierung, d.h. es werden nur Abweichungen vom Soll-Zustand festgehalten.



Abbildung 20: Beobachtung an einer Forststrasse im Gebiet Sartons (Lenzerheide / Valbella).

Von der Struktur her entspricht das Rapportformular dem Beispiel der Schutzbauten (vgl. *Abbildung 8*, Kap. 3.1.1). Neben einem aussagekräftigen Foto sind folgende Angaben zu erheben:

- Name des Waldstrassenabschnitts;
- Lagekoordinaten des Schadens²¹ (Genauigkeit gemäss LK 1 : 25'000);
- Stichwortartiges notieren der Feststellung;
- Empfehlungen hinsichtlich Sofortmassnahmen.

3.2.3 Inspektion

Der Zweck der Inspektion ist, mit Hilfe von vorgegebenen Kriterien den aktuellen IST- Zustand der verschiedenen Anlageteile einer Waldstrasse zu erfassen sowie zu bewerten. Dabei handelt es sich um eine rein visuelle Tätigkeit. Mit Hilfe von zurückliegenden Inspektionen können Aussagen zu Erkenntnissen über den Verlauf der Bauwerksalterung verdichtet werden. Je nach Verlauf der Alterungskurve lassen sich so frühzeitig betriebliche und/oder bauliche Unterhaltsmassnahmen in die

²¹ Die ungefähre Lage des festgestellten Schadens kann relativ einfach mit Swiss-Map-Mobil der Landestopografie ermittelt werden. Vorgängig muss jedoch die Karten-Kachel mit dem Strassenzug auf einem Feldgerät / Smartphone abgespeichert werden (Offline-Moduls).

Wege leiten. In Anlehnung an die Inspektions-Methodik bei Schutzbauten sind folgende **Arbeitsschritte** angedacht:

- Feldaufnahmen: Erhebung des IST- Zustandes der Anlageteile vor Ort -> in einem Sektor einer Waldstrasse;
- Zustandsbewertung der einzelnen Bauteile der verschiedenen Anlageteile;
- Bewertung des Strassensektors;
- Berichterstattung -> Inspektionsbericht
- Empfehlungen hinsichtlich Massnahmen (baulich- oder betrieblicher Unterhalt).

Je nach Lage und Beanspruchung des Waldstrassenabschnitts sowie deren Bedeutung (z.B. Basiserschliessung für ein grösseres Gebiet) erfolgt alle 4-5 Jahre²² eine Inspektion der Sektoren eines Waldstrassenabschnitts.

Beurteilungspunkte

Bei einer Waldstrasse mit den Anlageteilen «Fahrbahn» und «Kunstabauten» werden die in der *Abbildung 21* dargestellten **Bauteile** beurteilt. Die Inspektion dieser Bauteile erfolgt geführt, d.h. es wird für die Bauteile vorgegeben, was zu erfassen ist sowie nach welchen Kriterien die Bewertung zu erfolgen hat. In der *Tabelle 6* sind die konkreten Beurteilungspunkte für eine Strasse mit Naturbelag und bergseitiger Stützmauer aus Blocksteinen dargestellt. Die Beurteilung der einzelnen Bauteile erfolgt mit einem 3-Stufigen «Ampelsystem». Analog wie bei den Schutzbauten hat der Inspekteur jedoch noch die Möglichkeit, für die beiden ersten Stufen zu differenzieren.

Die Umgebung hat eine zentrale Bedeutung bei der Befahrbarkeit einer Waldstrasse. Sie wurde jedoch nicht bautechnisch erstellt und kann deshalb auch nicht inspiziert werden. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung der Umgebung eines Strassensektors in einem separaten Arbeitsschritt. Es kann jedoch mit einem analogen Raster wie für die Inspektion der verschiedenen Bauteile gearbeitet werden. (*Tabelle 7*):

²² Liegt der Waldstrassenabschnitt in bautechnisch ungünstigem Gelände (z.B. Rutschhang), so erfolgt die Inspektion häufiger).

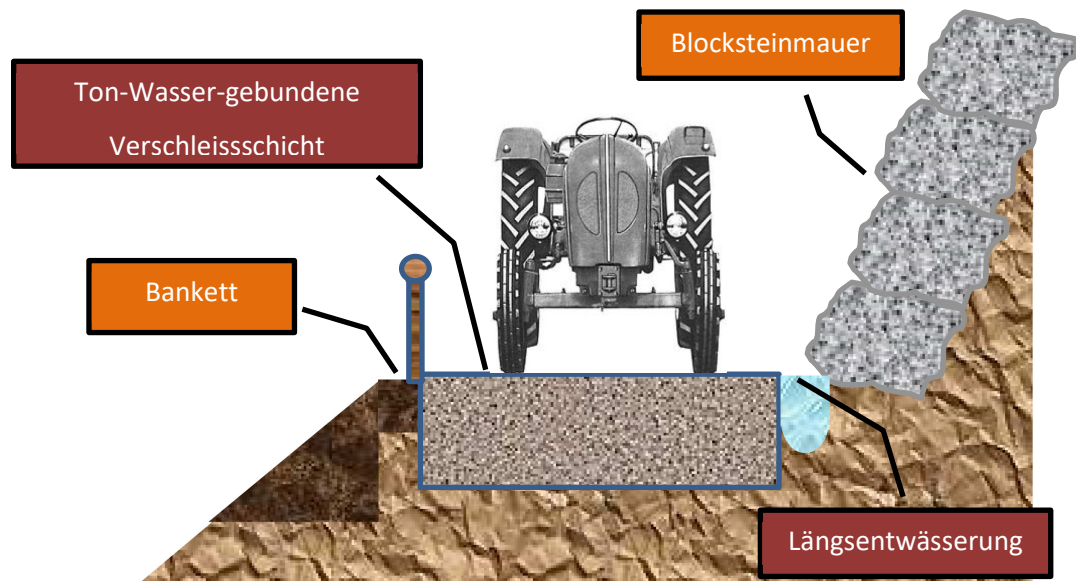


Abbildung 21: Inspektionpunkte bei einer Waldstrasse.

Tabelle 6: Inspektion der Bauteile der Fahrbahn – Beurteilungspunkte und Bewertung.

Bauteil	Kriterium	Bewertungsraster			Note
		gut - annehmbar (1-2)	schadhaft - schlecht (3-4)	alarmierend (5)	
Ton-Wasser-gebundene Verschleiss-schicht	Schlaglöcher, Absenkungen, Spurrillenbildung, Auswaschungen	Intakt, ev. punktuelle Schadstellen, Wasser kann jedoch frei abfließen	Auf $\leq 1/3$ des Sektors bleibt Wasser liegen, deutliche Spurrinnen und Schlaglöcher feststellbar	Auf $> 1/3$ des Sektors gibt es Erosionsspuren und grosse Schlaglöcher, z.T. Fahrbahnabsenkungen, mit LKW kaum befahrbar	
Querabschlag	Einbaulage, Materialablagerungen und Bewuchs, Abrasion	intakt, einzelne Querabschläge haben Ablagerungen / Bewuchs, Wasserableitung aber i.O.	Mehrere Querabschläge haben Ablagerungen / Bewuchs, Wasser fliesst auf die Fahrbahn. Holzabschläge zeigen deutliche Abrasion	Keine funktionierende Querentwässerung mehr vorhanden	
Längsentwässerung	Materialablagerungen, Bewuchs, Wasserableitung (in Querabschläge und Durchlässe)	Intakt, ev. punktuelle Ablagerungen, Wasser kann jedoch frei abfließen	Auf $\leq 1/3$ des Sektors sind Materialablagerungen, Einleitungen in Querabschläge / Durchlässe funktionieren kaum noch	Auf $> 1/3$ des Sektors sind grössere Materialablagerungen, Wasser beginnt Fahrbahn zu erodieren	
Schacht	Kontrollschacht, Spülschacht: Undichte Stellen beim Rohranschluss, Brüche, Risse im Zementkörper	Intakt, ev. punktuelle Risse	mehrere Risse feststellbar, Schacht verkippt, Anschlussstück undicht, Wasseraustritte	Schacht nicht mehr funktionsfähig	
Rohr, Durchlass	Funktionalität (freier Durchfluss)	Intakt, ev. punktuelle Ablagerungen, Durchfluss jedoch gewährleistet	Mehrere Durchlässe haben Ablagerungen, Wasser unterquert die Fahrbahn kaum noch	Durchlässe sind mehrheitlich verstopft, Wasser erodiert in Längsrichtung	
Bankett	Erosionsspuren durch Wasserableitung, Schäden durch Befahren	intakt oder nur punktuelle Erosionsspuren	Bankettschäden auf $\leq 1/3$ des Sektors	Bankettschäden auf $> 1/3$ des Sektors, z.T. nicht mehr erkennbar	

Tabelle 7: Beurteilung der Umgebung eines Waldstrassensektors.

Umgebung		gut-annehmbar	schadhaft-schlecht	alarmierend	Bewertung
Böschung- stabilität	Angrenzende berg- und talseitige Böschung: Erosionsspuren	keine Aktivität/ Erosion	deutliche Aktivität/ Erosion, aufgelockert, oberflächige Risse, ältere abgelagerte Steine	Ausbrüche auf die Fahrbahn	
Hangent- wässerung	Vernässte Stellen	Intakt, ev. einzelne schadhafte Stellen)	Auf $\leq 1/3$ der Drainagelänge gibt es Vernässung und z.T. Anzeichen von Rutschbewegungen	Starke Rutschbewegunge n, offene Wasseraustritte	
Lichtraum- profil	Hängende Bäume / Büsche	Keine	Wenige Büsche tangieren das Lichtraum- profil	Mehrere Bäume beeinträchtigen das Befahren	

3.2.4 Unterhalt

Die Ergebnisse aus der Überwachung (Beobachtung resp. Inspektion) müssen hinsichtlich der notwendigen Unterhaltsmassnahmen beurteilt werden. Analog wie bei den Schutzbauten (vgl. Kap. 3.1.1) geht es beim betrieblichen Unterhalt um die Bewahrung oder Wiederherstellung der Waldstrasse ohne wesentliche Änderungen an deren Anforderungen. Konkret bedeutet dies, dass die Grundfunktionalität der Forststrasse nicht beeinträchtigt ist. In der *Abbildung 22* ist ein solches Beispiel dargestellt. Es zeigt eine Waldstrasse im Raum Bad Ragaz, welche bezüglich Strassenkörper (Tragschicht) soweit in Ordnung ist. Die Längsentwässerung ist jedoch mit Erdmaterial und Laub eingedeckt. Der betriebliche Unterhalt würde also das Ausziehen der Längsentwässerung umfassen.

Der **bauliche Unterhalt** umfasst in der Regel umfangreichere Massnahmen, welche eine entsprechende Baustelleninfrastruktur benötigen. In der *Abbildung 23* ist ein solches Beispiel dargestellt. Es zeigt einen Abschnitt einer Waldstrasse, wo die Tragschicht durch Brechen und einbringen von zusätzlichem Koffermaterial verstärkt wird.

Wie bei den Schutzbauten ist die **Abgrenzung** zwischen betrieblichem und baulichem Unterhalt in der Praxis nicht immer einfach. Generell werden aber im Rahmen des betrieblichen Unterhalts einfache, sog. «projektierungsfreie» Massnahmen ausgeführt, welche mit geringem Maschineneinsatz

ausgeführt werden können. Diese Arbeiten sind in der Regel jährlich wiederkehrend. Im Gegensatz dazu werden Massnahmen des baulichen Unterhalts im Rahmen von Projekten²³ ausgeführt.

Die eigentlichen betrieblichen Tätigkeiten und Abläufe zur Durchführung des betrieblichen und baulichen Unterhalts waren nicht Gegenstand des vorliegenden Pilotprojekts und wurden deshalb nicht weiter untersucht.



Abbildung 22: Beispiel für eine Waldstrasse, wo betrieblicher Unterhalt notwendig ist.

²³ Der Kanton Graubünden kennt diesbezüglich die sogenannten Sammelprojekte für die Instandsetzung von Erschliessungen (SIE).



Abbildung 23: Beispiel für eine Waldstrasse, wo im Rahmen des baulichen Unterhalts die Tragschicht erneuert und verstärkt wird (Quelle: Kt. SG).

3.3 Arbeitsprozess Inspektion forstliche Infrastruktur

3.3.1 Begriffe

Die Leistungserbringung in einer Unternehmung (oder auch in einer Forstbetrieb) ist eng mit seiner betrieblichen Organisation verknüpft. Während über lange Zeit die funktionsorientierte Organisation dominierte, hat in den letzten Jahren die betriebliche Organisation aufgrund von Prozessen an Bedeutung gewonnen. Mit ein Grund hierfür ist insbesondere auch die gestiegene Mobilität, welche zu häufigeren Stellenwechseln von Mitarbeitern führt. Um den notwendigen Wissenstransfer zu gewährleisten, ist es deshalb für eine Unternehmung wichtig, dass Art und Weise, wie eine Leistung erbracht wird, auf prozessorientierter Basis dokumentiert ist. Gemäss Schneider & Züger (2011)²⁴ wird dabei ein **Prozess** als eine Vielzahl von Aufgaben umschrieben, wo ein Input in einer vorgegebenen Abfolge zu einem Output verarbeitet (Abbildung 24). Diese Abfolge von Aufgaben wird als **Aufgabenkette** bezeichnet.

²⁴ Die verschiedenen Erläuterungen zum Prozessbegriff basieren auf dieser Publikation.

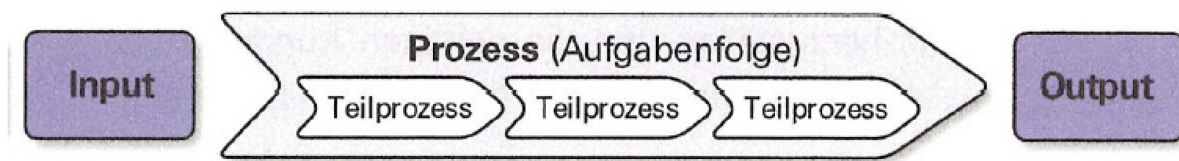


Abbildung 24: Schematische Darstellung der Aufgabenfolge bei einem Prozess (Quelle: Schneider & Züger 2013).

Die verschiedenen Tätigkeiten beim Erhaltungsmanagement forstlicher Infrastruktur entsprechen einer solchen Arbeitskette. Aus unternehmerischer Sicht ist es wichtig, dass der entsprechende Prozess effizient abläuft. Auf der einen Seite geht es darum, die geforderten Qualität zu erreichen. Auf der anderen Seite geht es aber auch darum, den Ressourceneinsatz zu quantifizieren. Hier geht es primär um das Ausweisen von internen Leistungen, welche der Forstbetrieb z.B. gegenüber der Gemeinde (als Werkeigentümer) erbringt. Es geht aber auch um eine transparente Aufwandabschätzung, wenn Leistungen aus dem Erhaltungsmanagement gegenüber Dritten²⁵ in Rechnung gestellt werden.

Vom Typ her ist der Prozess des Erhaltungsmanagements im Forstbetrieb nicht ein Wertschöpfungsprozess²⁶, sondern gehört zu den Unterstützungsprozessen. Aufgrund der verschiedenen Aufgaben, welche wie in Kap. 2 dargestellt teilweise in unterschiedlichen zeitlichen Abfolgen ausgeführt werden, lassen sich folgende Teilprozesse formulieren:

- Teilprozess 1: Aufbau Inventar und Kataster;
- Teilprozess 2: Überwachung;
- Teilprozess 3: Unterhalt.

Für den Forstbetrieb ist die Überwachung mit z.T. erheblichem internem Ressourcenaufwand verbunden. Die Prozessbeschreibung fokussiert sich deshalb auf den Teilprozess der Überwachung, mit Fokus auf die Inspektion von Schutzbauten und Waldstrassen.

3.3.2 Prozessbeschreibung

Bei der Beschreibung eines Prozesses geht es grundsätzlich darum, dass dieser für alle Beteiligten nachvollziehbar und transparent ist. Die darin beschriebenen Aufgaben müssen so dokumentiert sein, dass sie verständlich und erlernbar sind. Weiter müssen sie die Tätigkeit möglichst genau und konkret umschreiben. Dabei sollten die Beschreibungen und Anweisungen so knapp wie möglich sein und auf ausschweifende Formulierungen verzichten.

²⁵ Das können kantonale Tiefbauämter oder Bahngesellschaften sein.

²⁶ Die Holzproduktion ist ein klassischer Vertreter des Wertschöpfungsprozesses in einem Forstbetrieb.

Das Vorgehen bei der Prozessbeschreibung orientiert sich am Grundsatz «vom Groben ins Detail».

In einem **ersten Schritt** wird Start und Ende des Prozesses / Teilprozesses festgelegt und die dazwischen anfallenden Aufgaben aufgelistet. Dabei soll die zeitlich korrekte Abfolge berücksichtigt werden. In einem **zweiten Schritt** werden die zu erledigenden Aufgaben konkretisiert. Zu diesem Schritt gehört ein stichwortartiges Beschreiben der Tätigkeiten sowie ein Auflisten der hierzu benötigten Hilfsmittel (Checkliste, Tabellen, Datenbanken, Applikationen etc.). Weiter ist auch zu spezifizieren, wer diese Tätigkeit ausführt. In einem **dritten Schritt** schlussendlich wird der Prozess mit Hilfe eines standardisierten Ablaufschemas dargestellt. Aus dem Bereich der Betriebsorganisation hat sich hierfür die Darstellung in Form von Flussdiagrammen bewährt. Dabei gibt es für Aufgaben, Entscheidungen und die Verbindung von Arbeitsabläufe verschiedene Symbole, welche in der Norm DIN 66001 (1983) spezifiziert sind. Die *Abbildung 25* zeigt die gebräuchlichsten Notationen für Flussdiagramme. Das Flussdiagramm wird dabei ergänzt mit zusätzlichen Spalten. In dieser können die Hilfsmittel für eine Operation / Tätigkeit dargestellt werden. So können z.B. auch Dokumente oder Daten / Datenbanken mit spezifischen Symbolen dargestellt werden. In einer weiteren Spalte sind die für eine bestimmte Tätigkeit verantwortliche Person aufgeführt.

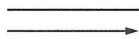
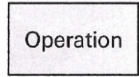
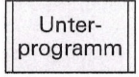
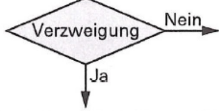
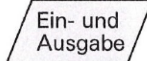
Symbol	Element	Bedeutung
	Ellipse	Start, Ende des Prozesses
	Linie, Pfeil	Verbindung zum nächsten Prozesselement
	Rechteck	Prozessschritt / Operation
	Rechteck mit doppelten vertikalen Linien	Teilprozess mit eigenem Flussdiagramm
	Rhombus (Raute)	Verzweigung des Prozesses
	Parallelogramm	Ein- und Ausgabe des Prozesses

Abbildung 25: Notation für Flussdiagramme nach Norm DIN 66001 (Quelle: Schneider & Züger 2013).

In der *Abbildung 26* ist als Beispiel der Prozess Erhaltungsplanung als Flussdiagramm dargestellt, so wie er in den ASTRA- Filialen praktiziert wird. Es zeigt das auslösende Ereignis (Beobachtung /

Inspektion) und die darauf startenden Aktivitäten. Pro Aktivität ist jeweils aufgelistet, welche Informationen zur Aufgabenerfüllung benötigt werden und wer (Organisationseinheit, Mitarbeiter) diese Tätigkeit ausführt.

Mit der gleichen Methodik wird der Teilprozess Inspektion (von Schutzbauten oder Waldstrassen) dargestellt. Das auslösende Ereignis ist dabei der Auftrag²⁷ zur Durchführung einer Inspektion. Der Abschluss erfolgt mit dem Versenden des Inspektionsberichts an die nachfolgende Stelle in der Organisationseinheit²⁸.

²⁷ Der Auftrag wird z.B. durch eine externe Fachstelle erteilt.

²⁸ Dies kann z.B. der verantwortliche Mitarbeiter für die Infrastruktur oder der Betriebsleiter sein.

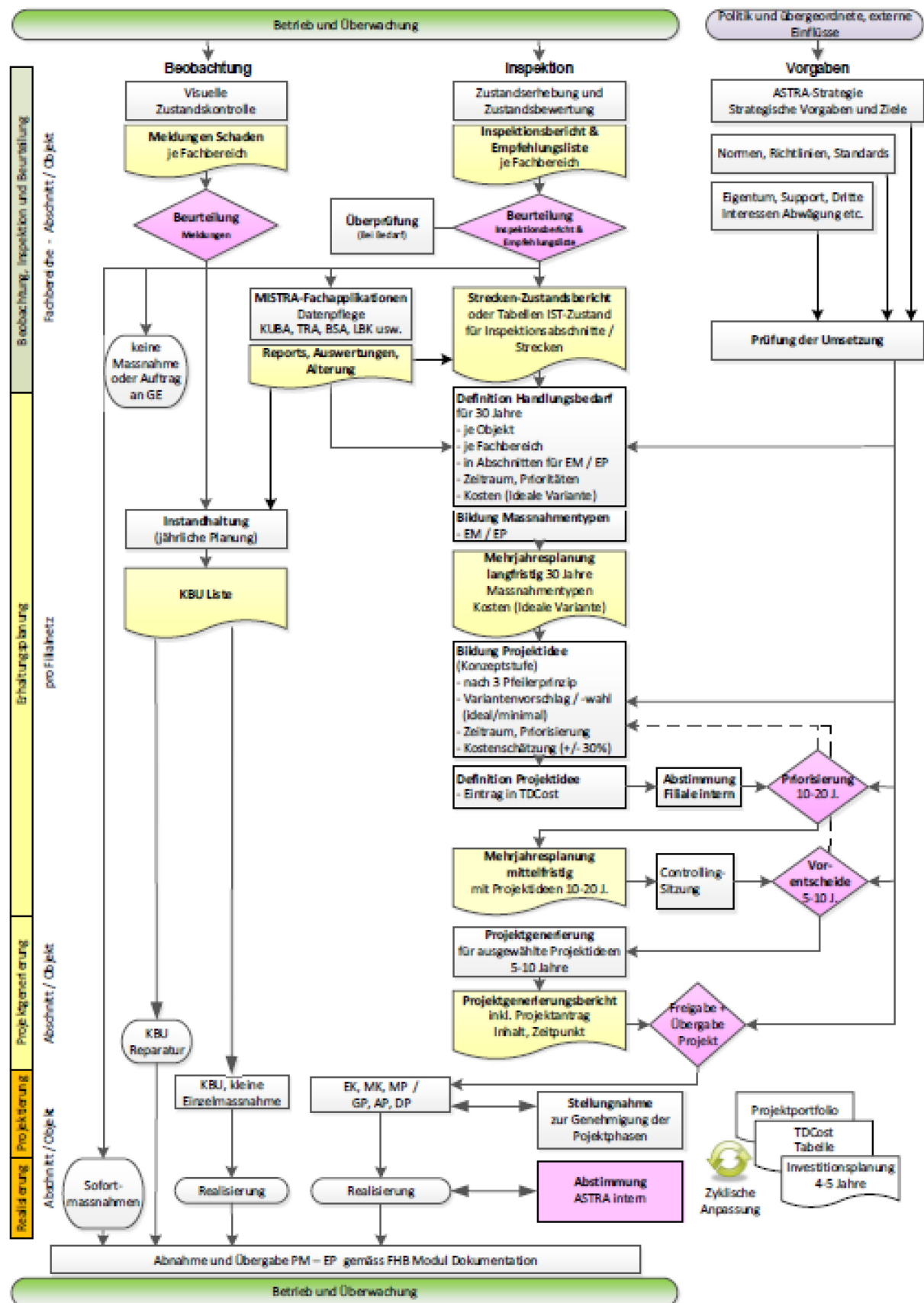


Abbildung 26: Flussdiagramm Erhaltungsplanung (Quelle: ASTRA 2016).

3.4 Aufwandabschätzung im Forstbetrieb für Inspektionsarbeiten

3.4.1 Allgemeines

Die Kostenkalkulation ist ein wichtiger Teil im unternehmerischen Rechnungswesen. Grundsätzlich wird unterschieden zwischen Gesamtkalkulation, wenn es um die Erfassung der gesamten Kosten für alle Leistungen / Artikel eines Betriebes geht, und der Einzelkalkulation. Bei einer Einzelkalkulation umfasst diese (minimal) die Ermittlung der Herstellungs- und Selbstkosten²⁹ für ein einzelnes Produkt oder eine bestimmte Dienstleistung. Da im Rahmen der Überwachungstätigkeit kein physisches Produkt hergestellt wird, fallen bei der Kalkulation keine Materialkosten an. Somit sind für die Kalkulation der Überwachung zwei Grössen von zentraler Bedeutung:

- a) Arbeitsstunden für die Beobachtungs- und Inspektionsarbeit;
- b) Kostenansatz der beteiligten Mitarbeiter.

Die Abschätzung der **Arbeitsstunden** basiert im Grundsatz auf dem Arbeitsprozess und der darin spezifizierten Tätigkeiten (vgl. Kap. 3.3). Dabei muss auch klar unterschieden werden zwischen Leistungen, welche externe Stellen erbringen, und Leistungen, welche durch Mitarbeiter des Forstbetriebes zu erbringen sind.

Für die Ermittlung des effektiven Aufwandes muss die Tätigkeit jedoch noch in einen räumlichen Bezug gesetzt werden. So hängt beispielsweise der zeitliche Aufwand für die Inspektion eines Waldstrassensektors von der effektiven Länge des Sektors ab. Auch die geografische Lage einer Infrastrukturanlage beeinflusst den Aufwand. So muss bei der Inspektion einer Lawinenverbauung der Anmarsch zum Verbaugelände ebenfalls in die Kalkulation miteinbezogen werden.

Die Ermittlung des **Kostenansatzes** erfolgt bei Planungsbüros über den Büointernen Selbstkostenansatz. Dieser setzt sich aus folgenden **betriebsinternen Kosten** zusammen:

- Personalkosten (inkl. Unternehmerlohn);
- Betriebskosten (Energie, Miete, Versicherungen, Bürobedarf, Fahrzeuge, Werbung, URE);
- Kapitalkosten;
- Abschreibungen.

Diese internen Kosten werden in Bezug gesetzt zu den Arbeitsstunden, welche alle Betriebsmitarbeiter im Jahresverlauf verrechnen können. Dies ergibt dann den betriebs- resp. büointernen Selbstkostenansatz.

²⁹ Im Rahmen der Preiskalkulation gehört auch der zu erzielende Verkaufspreis dazu.

Bei Forstbetrieben werden vielfach diese Selbstkostenansätze betriebsübergreifend aufgrund der BAR-Auswertung³⁰ ermittelt. Die Auswertung wird dabei auf die Mitarbeiterkategorie heruntergebrochen. So beträgt der Interne Kostensatz für einen Förster in den Zonen Voralpen – Alpen zwischen 90.- und 95.-³¹.

Das Erhaltungsmanagement forstlicher Infrastruktur umfasst in den meisten Fällen Anlagen, welche im Eigentum oder der direkten Nutzniessung einer Gemeinde stehen. Es wird deshalb für die vorliegende Untersuchung mit einem einheitlichen **internen Kostenansatz** von **SFr. 95.-** kalkuliert. Somit beziehen sich die beiden nachfolgenden Kapitel auf die Aufwandabschätzung für die verschiedenen Tätigkeiten der Inspektion forstlicher Infrastruktur.

3.4.2 Kalkulation Inspektionsaufwand Schutzbauten

Bei den **Schutzbauten** erfolgt – im Fallbeispiel dieses Projektes mit der Forstbetriebe Madrisa - die operative Führung des Schutzbautenkataster durch die Fachstelle beim Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Graubünden. Somit erfolgen alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Auslösung einer Inspektion von Schutzbauten wie auch mit dem Nachführen des Katasters nicht über den Werkeigentümer³². Auf Stufe des Forstbetriebes muss unterschieden werden bezüglich der betrieblichen Arbeitsvorbereitung AVOR über alle Verbaugebiete, welche im laufenden Kalenderjahr zu inspizieren sind³³, und der Inspektionsvorbereitung in einem bestimmten Verbaugebiet.

Die betriebliche **AVOR** für eine **Inspektionskampagne** umfasst folgende Leistungspositionen:

- Geografische Gesamtübersicht über alle zu inspizierenden Verbaugebiete verschaffen;
- Zeitliche Grobplanung machen (unter Berücksichtigung von Ausaperungszeitpunkt, Laubfall);
- Abgleich mit betrieblicher Personalplanung (Ferienplanung, Abwesenheit von Schlüsselmitarbeiter);
- Beurteilung, ob vorbereitende betriebliche Unterhaltsarbeiten veranlasst werden müssen (Wegunterhalt zu den Verbaugebieten, Freischneiden von Werken etc.).

Anmerkung zur Grobzeitplanung

- Bei höhergelegenen Verbauungen (Lawinenverbauungen aus Stahlschneebrücken und Schneenetzen) kann die Inspektion erst nach dem Ausapern erfolgen. Je nach Standort und Höhenlage kann das durchaus erst nach Juni sein.

³⁰ In der Regel über das BAR- Testbetriebsnetz.

³¹ Gemäss mündlicher Mitteilung Robert Schickmüller / ibW Maienfeld

³² Beziehungsweise dem mit dem Werkunterhalt betrauten Forstbetrieb der Gemeinde.

³³ Eine andere Bezeichnung ist auch Inspektionskampagne in der Gemeinde XY im Jahr 202X.

- Bei Bachverbauungen und Hangentwässerungen verdeckt das Laub den Blick auf die Bauwerke. Deshalb kann die Inspektion oft erst in der vegetationsfreien Jahreszeit erfolgen (Oktober – März).
- Bei der Festlegung des Zeitpunkts für Inspektionsarbeiten ist aber auch zu beachten, dass allfällige Unterhaltsarbeiten noch ausgeführt werden können vor dem nächsten Belastungsfall (z.B. Wintereinbruch).

Die **Inspektion** eines **einzelnen Verbaugebiets** umfasst folgende Grundleistungen:

- | | |
|---------------|---|
| Vorbereitung | <ul style="list-style-type: none">• Arbeitsauftrag vorbereiten (inkl. Kartenausschnitt);• Gefährdungssituation analysieren: Absturzgefährdung beim Zustieg / innerhalb des Verbaugebiets;• Notfallkonzept vorbereiten (z.B. Tool Forstauftrag oder vergleichbare Applikation);• Feldgerät vorbereiten (Daten synchronisieren, Eingabebereitschaft) oder Inspektionsunterlagen drucken / bereitstellen;• Persönliche AVOR: Inspektionspunkte der verschiedenen Werktypen auffrischen;• Letzter Inspektionsbericht studieren;• Ablaufplanung im Verbaugebiet machen (mit Hilfe des Plans der ausgeführten Werke): bei welchem Werk beginnen, wo aufhören. |
| Durchführung | <ul style="list-style-type: none">• Anfahrt mit Fahrzeug bis zur nächstgelegenen Parkiermöglichkeit;• Zustieg zum Verbaugebiet;• Inspektion der Werke (gemäss Ablaufplanung);• Dokumentation der wesentlichen Befunde;• Rückmarsch und Rückfahrt. |
| Nachbereitung | <ul style="list-style-type: none">• Inspektionsergebnisse sichten, ggf. ergänzen;• Datensicherung;• Triage Sofortmassnahmen, betrieblicher Unterhalt / baulicher Unterhalt;• Weitergabe der Inspektionsergebnisse an die fachlich zuständige Stelle. |

Nach Abschluss einer Inspektionskampagne erfolgen auf Stufe Forstbetrieb noch folgende Tätigkeiten:

- Pendenzenliste für betriebliche und bauliche Unterhaltsarbeiten nachführen;
- Rapportierung der Inspektionsergebnisse an die kantonale Fachstelle.

Anmerkung zur Durchführung

Ergibt sich aufgrund der Inspektion ein dringlicher Handlungsbedarf für Unterhaltsarbeiten, so wird das unmittelbar an die zuständige Stelle weitergeleitet (und nicht erst nach Abschluss der Inspektionskampagne).

Beispiel: - Der Rückhalteraum eines kleinen Geschiebesammlers ist vollständig aufgefüllt. Dessen Leerung muss unmittelbar veranlasst werden.

3.4.3 Kalkulation Inspektionsaufwand Waldstrassen

Bei den Waldstrassen obliegt die operative Führung des Katasters dem räumlich zuständigen Forstbetrieb. Demzufolge umfasst die Inspektionstätigkeit neben den Grundleistungen (analog den Schutzbauten) insbesondere auch das Erstellen der Inspektionsliste. Diese umfasst alle Waldstrassenabschnitte, welche im laufenden Jahr im Rahmen einer Inspektionskampagne zu inspizieren sind. Die übrigen Leistungspositionen entsprechen im Grundsatz jenen der Schutzbauten, bis auf folgende Ausnahmen:

Betriebliche **AVOR** für eine **Inspektionskampagne**:

- Zeitliche Grobplanung ist in der Regel nur der Ausaperungszeitpunkt sowie allenfalls geplante Holzschläge zu beachten;
- Die Inspektion erfolgt ab Fahrzeug, d.h. auf vorgängigen Unterhalt kann verzichtet werden.

Inspektion eines einzelnen Waldstrassenabschnitts

- Auf eine Gefährdungsanalyse sowie ein Notfallkonzept kann in der Regel verzichtet werden.
- Auf eine spezifische Ablaufplanung kann ebenfalls verzichtet werden, da man auf dem vorgegebenen Straßen Trasse unterwegs ist.

Durchführung

- Zustieg entfällt, da man mit dem Personenwagen unterwegs ist.

Nach Abschluss einer Inspektionskampagne erfolgen auf Stufe Forstbetrieb noch folgende Tätigkeiten:

- Eine Rapportierung der Inspektionsergebnisse an die kantonale Fachstelle ist nur notwendig für bauliche Unterhaltsarbeiten, welche im Rahmen von subventionierten Sammelprojekten abgewickelt werden.

3.5 Ermittlung Wiederbeschaffungswert forstlicher Infrastruktur

3.5.1 Allgemeines

Der Wiederbeschaffungswert³⁴ wird in der Betriebswirtschaftslehre als Wert bezeichnet, welcher am Ende der Nutzungsdauer eines Wirtschaftsobjekts für dessen Ersatz bereitzuhalten ist. Im Bauwesen entspricht dies den Baukosten, welche zum heutigen Zeitpunkt aufzuwenden wären, um einen adäquaten Ersatzbau zu realisieren. Er liefert also die entsprechenden Grundlagen hinsichtlich der zu tätigen Rückstellungen, um ein Bauobjekt nach Ende der technischen Nutzungsdauer wieder ersetzen zu können. Andererseits lassen sich aus den Investitionskosten auch Richtwerte für die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten der Bauwerke ableiten.

3.5.2 Wiederbeschaffungswert Schutzbauten

Im BAFU-Tool EconoMe³⁵ sind Richtwerte für die jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten für die wichtigsten Verbau-Typen hinterlegt (*Tabelle 8*). Für die Abschätzung der Investitionskosten für die verschiedenen Werkarten können Systempreise herangezogen werden. Diese drücken die Erstellungskosten für bestimmte Werkarten aus, ausgedrückt in SFr. / m' (oder m², Stk.). Diese Systempreise sind Erfahrungswerte, welche sich aus der Nachkalkulation von realisierten Projekten ermitteln lassen. In der *Tabelle 9* sind Systempreise für die Hauptwerkarten³⁶ zusammengestellt. Es handelt sich dabei um eine Abschätzung basierend auf den Baukosten, d.h. ohne Projekt- und Bauleitung. Für den eigentlichen Wiederbeschaffungswert einer Verbauung muss nun der Katasterauszug herangezogen werden. In diesem sind die Hauptwerkarten und das jeweilige Ausmass³⁷ enthalten.

In der *Tabelle 10* ist ein Berechnungsbeispiel für die Abschätzung des Wiederbeschaffungswerts einer Lawinenverbauung aufgeführt. Der rechnerische Wiederbeschaffungswert (Baukosten) für dieses Verbaugelände beträgt somit SFr. 2'533'000.-. Bezugnehmend auf *Tabelle 5* lässt sich nun der Richtwert für die jährlich wiederkehrenden Unterhalts- und Reparaturkosten mit (aufgerundet) SFr. 26'000 / Jahr beziffern.

³⁴ Siehe auch: [Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur \(admin.ch\)](#) mit entsprechenden Definition des Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur, unter welcher auch die Schutzbauten zählen.

³⁵ Siehe auch: [EconoMe Home](#)

³⁶ Es handelt sich hier um Schätzwerte, basierend auf Erfahrungswerten verschiedener Planungsbüros. Es sind nicht systematisch ermittelte Werte.

³⁷ Da es sich bei Schutzbauten meistens um lineare Werke handelt, ist das Ausmass in [m'] angegeben. Bei Abdeckungen oder Sohlensicherungen wird das Ausmass in [m²] angegeben. Die Angabe von Stückzahlen ist eher selten (z.B. Anlagen zur künstlichen Lawinenauslösung).

Tabelle 8: Richtwerte aus EconoMe zur Bestimmung des jährlichen Betriebes und Unterhaltskosten (Quelle: EconoMe-Wiki).

Schutzmassnahme	Laufzeit [a]	jährliche Betriebskosten [%]*	jährliche Unterhalts- und Reparaturkosten [%]*	Restwert nach Ablauf der Wirkungsdauer [CHF]
Galerie	80	-	1.5	0
Tunnel	80	0.5	2	0
HWS-Stollen	100	0.5	0.5	0
Lawinenestützverbau	80	-	1	0
Sprenganlage	20	5	4	0
Steinschlagschutznetz	50	-	2	0
Erddamm	100	-	0.5	0
Holzverbauung / temporärer Verbau	30	-	2	0
Hangstützwerk (Holzkasten eingedeckt, Steinkörbe)	50	-	1	0
Aufforstung	100	-	2	0
Wildbachsperre Holzbauweise	30	-	2	0
Wildbachsperre Beton	50	-	2	0
Murgangschutznetz	30	1	3	0
Holzrechen	50	2	1	0
Sperre für Talflüsse und Geschiebesammler Beton	80	1	1	0

*der Investitionssumme

Tabelle 9: Systempreise für die Hauptwerkarten.

Hauptwerkart	Ausführungsart	Systempreis
Abdeckung	Netzabdeckung, Netzvorhang	SFr. 200.- / m ²
Unterfangung	Felsunterfangung (Beton)	SFr. 4'000.- / Stk.
Schutznetz	Gelenkige Stütze, Bremsselemente	SFr. 2'900.- / m'
Schutzzaun	Starre Stütze, i.d.R. ohne Bremsselemente	SFr. 1'800.- / m'
Palisade	Stahl, Holz, kombinierte Bauweise	SFr. 1'200.- / m'
Mauer	Bruchstein, Beton	SFr. 800.- / m'
Damm	Erddamm, Anzug 2/3, ca. 5 m Höhe, beidseitig begrünt	SFr. 650.- / m'
Lawine		
Stützwerk	Stahlschneebrücken	SFr. 2'600.- / m'
	Holzschneerechen	SFr. 450.- / m'
	Kombinierte Holz-Stahl-Werke (Typ Rempar Grischun)	SFr. 750.- / m'
Schneenet		SFr. 2'800.- / m'
Gleitschneeschutz	Dreibeinböcke (bis 9-10 Stk. / a)	SFr. 2500.- / a
Verwehungsverbau	Verwehungszaun	SFr. 230.- / m'
	Kolkkreuz	SFr. 7'000 / Stk.
Sprengmast		SFr. 60'000.- / Stk.
RUTSCHUNG		
Hangstützwerk	Holzkasten Doppelwandig	SFr. 750.- / m'
Abdeckung		SFr. 300.- / m ²
Entwässerung	V- Kännel aus Holz	SFr. 100.- / m'
	Rechteck- oder Trapez- Kännel	SFr. 250.- / m'
WASSER		
Sperre/Schwelle	Armierter Betonsperre	SFr. 12'000.- / Stk.
	Sohlschwelle mit Flussbausteinen, Breite bis 10 m	SFr. 2500.- / Stk.
Sohlensicherung	Pflasterungen, Blocksteinrampen	SFr. 250.- / m ²
Ufersicherung	Blockwurf	SFr. 500.- / m'
Rückhaltewerk	Dosiersperre mit seitlichen Dämmen à je 75 m' (ca. 6000 m ²)	SFr. 125'000.- / Stk.
Auffangnetz	Netz in Gerinne, Ausdehnung bis 15 m	SFr. 45'000.- / Stk.

Tabelle 10: Berechnungsbeispiel des Wiederbeschaffungswerts einer Lawinenverbauung.

Werke mit linearer Geometrie

WERKART	Typ	Ausmass [m']	Systempreis	Betrag
Stützwerk	Stahlwerk BEDO & Voest-Alpine	900	SFr. 2'600	SFr. 2'340'000
Schneenet	Schneenet GEOBRUGG (alle Typen)	30	SFr. 2'800	SFr. 84'000
Verwehungsverbau	Treibschneewand (alle Typen)	100	SFr. 230	SFr. 23'000
Total				SFr. 2'447'000

Werke mit Flächengeometrie

WERKART	Typ	Ausmass [m2]	Systempreis	Betrag
Abdeckung	GEOBRUGG Typ Tecco	430	SFr. 200	SFr. 86'000
Total				SFr. 86'000

3.5.3 Wiederbeschaffungswert Waldstrassen

Beim Ermitteln des Wiederbeschaffungswerts von Forststrassen gelten ähnliche Grundsätze, wie sie bei den Schutzbauten erläutert wurden (Siehe Kap. 3.1.5). Konkret geht es um die Abschätzung der Baukosten, welche zum heutigen Zeitpunkt aufzuwenden wären, um einen adäquaten Ersatzbau für eine Forststrasse zu realisieren. Mit dieser Kennzahl lassen sich neben dem (jährlichen) Rückstellungsbedarf für die Ersatzinvestition auch Grössenordnungen für den jährlichen Betriebs- und Unterhaltsaufwand ableiten. Allerdings gibt es keine Referenzwerte, wie sie im BAFU-Tool EconoMe für die wichtigsten Verbau-Typen hinterlegt sind. Für Waldstrassen, deren Linienführung ohne grössere Kunstbauten verläuft, wird der jährliche Betriebs- und Unterhaltsaufwand³⁸ mit 0.5% der Baukosten abgeschätzt. Bei Waldstrassen im Voralpinen und Alpinen Gelände erhöht sich dieser Aufwand auf 1% pro Jahr.

Die Abschätzung der Investitionskosten für Waldstrassen gestaltet sich komplexer als für Schutzbauten. Es gibt wohl standardisierte Strassenkategorien mit Normalprofilen sowie Normalien für verschiedene Kunstbauten- und Brückentypen, wie sie beispielsweise in den

³⁸ Es handelt sich hier um einen nicht verifizierten Schätzwert. Diese Werte wurde im Rahmen von Diskussionen mit Fachleuten abgeschätzt.

Projektierungsunterlagen des Amtes für Wald und Naturgefahren des Kantons Graubünden dargestellt sind (AWN 2011). Der Aufwand für die bautechnische Realisierung einer Waldstrasse kann jedoch je nach örtlichen Gegebenheiten stark variieren. Entscheidende Faktoren sind diesbezüglich die Baugrundverhältnisse und die Topographie. Es ist deshalb kaum sinnvoll, rechnerische Systempreise als Laufmeterpreise zu ermitteln, so wie sie bei den Schutzbauten für die wichtigsten Werkarten vorliegen. Stattdessen wurde ein Laufmeterpreis als Richtwert für eine Lastwagenbefahrbare Strasse im voralpinen Gelände abgeschätzt. Dieser beinhaltet eher anspruchsvolle Baugrundverhältnisse sowie das Erstellen von verschiedenen Kunstbauten, um das Trasse der Waldstrasse in der projektierten Linienführung realisieren zu können. Aus Diskussionen mit verschiedenen Fachplanern und Erschliessungsspezialisten wurde als Richtwert ein Laufmeterpreis von SFr. 1'400.- / m' abgeleitet. Es handelt sich dabei um eine (grobe) Schätzung bezogen auf die Baukosten, d.h. ohne Projekt- und Bauleitung. Weitere Informationen zu den Erschliessungskosten enthält zum Beispiel der Projektbericht in Auftrag des BAFU «Müller A., Bürgi P., BFH-HAFL: Methodische Herleitung und Pauschalberechnung ausserhalb Schutzwald. 2022», noch nicht publiziert.

Für den eigentlichen Wiederbeschaffungswert des Abschnitts einer Forststrasse muss nun der Katasterauszug herangezogen werden. In diesem ist als Ausmass die Fahrbahnlänge enthalten.

Als Berechnungsbeispiel für die Abschätzung des Wiederbeschaffungswerts sei ein lastwagenbefahrbarer Abschnitt einer Waldstrasse mit natürlicher Verschleisschicht betrachtet, welcher mehrere Blocksteinmauern als Hangstützwerke umfasst. Die Länge des Abschnittes beträgt 800 m'. Der rechnerische Wiederbeschaffungswert (Baukosten) für diesen Strassenabschnitt (inkl. Kunstbauten) beträgt somit SFr. 1'120'000.-. Somit lässt sich nun der Richtwert für die jährlich wiederkehrenden Unterhalts- und Reparaturkosten mit (aufgerundet) SFr. 12'000 / Jahr beziffern.

4 Durchführung

4.1 Schutzbauten - Arbeiten im Test- Verbaugelbiet Zugwald

4.1.1 Vorbereitungsarbeiten: Inventar und Kataster

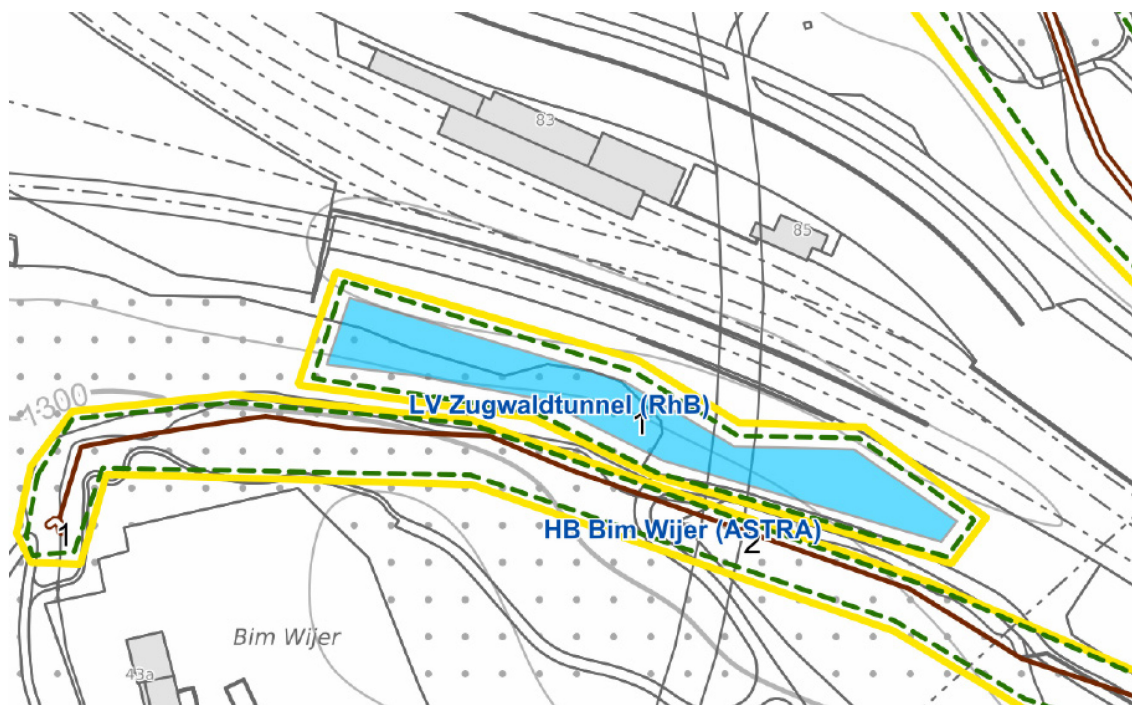
Das Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Graubünden (AWN) hat ab 2006 alle Schutzbauten inventarisiert und in einem kantonalen Schutzbautenkataster (SBK-GR) aufgearbeitet. Die Methodik³⁹ wurde amtsintern entwickelt und deckt nicht nur die Erhebung des bestehenden Schutzbautenbestandes ab, sondern auch die Erfassung von neu Erstellten Verbauungen. Die Lawinenverbauung Zugwald wurde durch die Rhätische Bahn AG (RhB) vor wenigen Jahren erstellt und schützt Bahnanlagen beim Verladebahnhof der Vereinalinie in Selfranga. Die Geometrien der Schutzbauten wurden gemäss Checkliste Bauablauf des AWN (Stand November 2012) nach der Bauabnahme erfasst (vgl. auch *Anhang 8*). Anschliessend erfolgte die Aufarbeitung der Daten und die Integration in den kantonalen Schutzbautenkataster SBK-GR. Somit konnte für das vorliegende Pilotprojekt das Inventar wie auch die Katasterinformationen aus dem SBK-GR übernommen werden. In der *Tabelle 11* ist das Bauwerks- Inventar aufgelistet. Der Plan der ausgeführten Werke ist in der *Abbildung 27* dargestellt. Ein massstabsgetreuer Plan befindet sich im *Anhang 9*.

Tabelle 11: Inventar der Bauwerke der Lawinenverbauung Zugwald (Quelle: SBK-GR).

Geometrie	WERK_NR	Ausmass	Einheit	WERKART	Typ
Linear	2a	26	[m']	Stützwerk	Mair Typ SIFA-B
Linear	2b	26	[m']	Stützwerk	Mair Typ SIFA-B
Linear	2c	31	[m']	Stützwerk	Mair Typ SIFA-B
	Total	83	[m']		
	Anzahl	3	[Stk.]		
Fläche	1	1477	[m2]	Gleitschneeschutz	Dreibeinböcke
	Total	1477	[m2]		
		14.77	[a]		
	Anzahl	1	[Stk.]		

³⁹ SBK-Betriebshandbuch des Amtes für Wald und Naturgefahren, Graubünden (Version Oktober 2013).

Abbildung 27: Plan der ausgeführten Werke der Lawinverbauung Zugwald (Quelle: Geoportal Kt. GR).



4.1.2 Durchführung Überwachung

Wie im Kap. 2.3 ausgeführt, umfasst die Überwachung forstlicher Infrastruktur die Tätigkeiten Beobachtung und Inspektion. Die **Beobachtung** ist eine einfache, visuelle Überprüfung der Funktionalität der Schutzbauten. Ihre Durchführung erfolgt ohne grösseren Vorbereitungsaufwand. Der mit dieser Arbeit betraute Mitarbeiter muss sich einzig mit der geografischen Lage der Verbaugbiets vertraut machen. Da das Verbaugbiet Zugwald in unmittelbarer Nähe der RhB-Gleise liegt, erfolgt die periodische Beobachtung durch Mitarbeiter⁴⁰ der Rhätischen Bahn AG. Weiter kommt hinzu, dass mit der Inspektionstätigkeit die Arbeitsschritte der Beobachtung im Wesentlichen ebenfalls abgedeckt sind. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie keine separate Beobachtung der Verbauung Zugwald durchgeführt.

Bei der **Inspektion** geht es um eine Beurteilung der Bausubstanz aufgrund vorgegebener Kriterien. Weiter wird auch die Umgebung in die Gesamtbeurteilung miteinbezogen. Im Gegensatz zur Beobachtung, wo es primär um eine visuelle Ansprache und Dokumentation der Verbauungen geht, müssen bei einer Inspektion die zu beurteilenden Punkte der Bausubstanz vorgegeben werden.

⁴⁰ In der Regel, für das Projektgebiet, sind dies Streckenwärter oder Betriebsmitarbeiter der Verladestation Klosters-Selfranga.

Anderenfalls besteht die Gefahr, dass die Ergebnisse nicht objektiv sind und durch andere Inspektoren nicht reproduziert werden können.

Bei kleinen Verbaugebieten mit wenigen Werken kann analog gearbeitet werden, d.h. die Inspektionpunkte können auf Papier oder in einer Excel- Datei konfiguriert werden. Sobald aber eine grössere Anzahl von Verbaugebieten mit verschiedenen Werkstypen bearbeitet werden müssen, kommt das analoge Verfahren an seine Grenzen, weil es unübersichtlich wird und viel Papier generiert wird. Es lohnt sich deshalb, den Inspektionsprozess zu digitalisieren. Konkret wird eine Plattform bereitgestellt, so dass der Inspektor seine Arbeit vor Ort mit Hilfe eines digitalen Feldgerätes (Smartphone oder Tablet) durchführen kann. Für die Inspektion der Schutzbauten auf dem Gebiet des Kantons Graubünden hat das Amt für Wald und Naturgefahren bei einer spezialisierten Firma eine Applikation für die Werkinspektion in Auftrag gegeben. Die Anwendung setzt sich zusammen aus einem Datenbankteil (InfKuBa) und einem feldtauglichen Mobilteil (Observe). Dadurch ergibt sich eine Kombination von Werkgeometrie (Plan der ausgeführten Werke) mit zugehöriger Attributierung (u.a. Werktyp) sowie den zu inspizierenden Bauteilen des Schutzbauwerks. Der Mitarbeiter wird nicht nur geführt durch die Inspektion geleitet, sondern kann auch einzelne schadhafte Bauteile direkt fotografisch dokumentieren. Nach Abschluss der Inspektion aller Werke in einem Verbaugebiet werden die Feststellungen in einem automatisch generierten Inspektionsbericht zusammengestellt. Für die Durchführung der Testinspektion im Verbaugebiet Zugwald wurde seitens AWW ein temporärer Testzugang freigeschaltet. Die Inspektion fand statt am 28. September 2021. Inspektor war Förster Martin Hardegger vom Forstbetrieb Madrisa. Als Feldgerät wurde ein handelsübliches iPad⁴¹ verwendet. Die *Abbildung 28* zeigt das iPad im Feldeinsatz mit der Observe-Benutzeroberfläche für die Inspektion einer Stahlschneebrücke.

Die *Abbildung 29a* zeigt die Rostebene des Stahlstützwerks Nr. 2. Bis auf den Bewuchs (Hochstaudenflur) ist dieses in einem guten Zustand. Auch die Foundation (*Abbildung 29b*) zeigt keine relevanten Schäden. Der Gesamtzustand dieses Werks wird deshalb mit der Note 2 (gut) bewertet. Als Empfehlung wird das Mähen der Hochstaudenflur⁴² empfohlen. Der vollständige Inspektionsbericht ist im *Anhang 10* enthalten.

4.1.3 Betrieblicher Arbeitsprozess

Da der Aufbau des Schutzbautenkatasters über die kantonale Fachstelle erfolgte und ohne direkten Beizug der örtlichen Forstbetriebe durchgeführt wurde, wird auf eine Darstellung eines betrieblichen

⁴¹ iPad Mini 4, 128 GB Retina (mit SIM- Karte und integriertem GPS- Empfänger)

⁴² Die Hochstaudenflur hat grundsätzlich für die Funktionalität der Stahlschneebrücke keine Relevanz. Sie beeinträchtigt jedoch die freie Sichtbarkeit der Bauteile bei der Inspektion.

Arbeitsprozesses Inventar und Kataster verzichtet. In diesem Zusammenhang sollten die Rahmenbedingungen der in den einzelnen Kantonen verfügbaren Daten und Informationen mit den verschiedenen Forstdiensten überprüft werden.



*Abbildung 28: Werkinspektion einer Stahlschneebrücke mit Hilfe eines iPad;
Geräte von anderen Herstellern können aber auch angewendet werden.*



Abbildung 29: Stahlstützwerk Nr. 2: a) Rostebene (links); b) Foundation (rechts).

Beobachtung

Die Tätigkeit startet mit der Auftragserteilung durch den Betriebsleiter⁴³. Grundsätzlich werden alle Verbaugebiete jährlich einer Sichtkontrolle unterzogen. Zusätzliche Beobachtungen erfolgen nach Unwetterereignissen oder längeren Schlechtwetterperioden. Im Rahmen der Auftragserteilung erfolgen die notwendigen internen Absprachen mit Vertretern des Gemeinde- Bauamtes, der Rhätischen Bahn (Streckenverantwortlicher) und des Bezirkstiefbauamtes (Leiter Strassenunterhalt / Wegmacher). Dabei geht es primär um das Ausnutzen von Synergien. Muss z.B. ein Wasserreservoir überprüft werden, so kann der ausführende Mitarbeiter auch die örtlich vorhandenen Schutzbauten beobachten⁴⁴. Als nächstes erfolgen die organisatorischen Vorbereitungen auf Stufe Forstbetrieb. Dabei geht es primär um die Zeit- und Personalplanung. So können Lawinenverbauungen erst nach dem Ausapern eingesehen werden. Bei Bachverbauungen wiederum erschwert die ausgetriebene Vegetation das Beobachten aus der Distanz. Auch die zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter unter Berücksichtigung der weiteren Arbeiten des Forstbetriebs (Holzschläge) werden hier berücksichtigt. Weiter wird auch das Notfallkonzept⁴⁵ vorbereitet. Dies hat insbesondere Bedeutung da die Beobachtungstätigkeit in der Regel als Einzelarbeit ausgeführt wird.

Bei der anschliessenden Detailplanung macht sich der Mitarbeiter des Forstbetriebes, welcher die Feldarbeiten ausführt, mit den zugeteilten Objekten vertraut. Bei neuen resp. wenig erfahrenen Mitarbeitern geht es dabei vor allem um die räumliche Orientierung (wo ist das Verbaugebiet, von wo aus gibt es geeignete Beobachtungspositionen). Auch geht es darum, dass sich der Beobachter über den Soll- Zustand der Verbauung im Klaren ist. Allenfalls sind Situationspläne vorgängig zu studieren, damit die Ausdehnung des Verbaugebiets klar ist. Weiter ist im Rahmen der Detailplanung auch zu prüfen, ob von einem geeigneten Beobachtungspunkt aus mehrere Verbaugebiete einsehbar sind.

Die eigentliche Durchführung umfasst die Anfahrt⁴⁶ zum Beobachtungspunkt sowie die Beobachtung der Werke im Verbaugebiet. Dabei wird der IST- Zustand der Werke erfasst und mit dem SOLL- Zustand abgeglichen. Sind alle Werke vorhanden und haben diese eine korrekte Geometrie⁴⁷, so gibt es keinen

⁴³ Oder dem für die Infrastruktur verantwortlichen Mitarbeiter des Forstbetriebs. Beim Forstbetrieb Madrisa ist dies aktuell Förster Martin Hardegger.

⁴⁴ Da die Lawinenverbauung Zugwald direkt oberhalb der RhB- Gleise ist, erfolgt die Beobachtung in der Regel durch den lokal zuständigen Streckenwärter.

⁴⁵ Dies kann mit einer Applikation wie Forstauftrag (forstauftrag.ch) oder einer vergleichbaren Anwendung erfolgen.

⁴⁶ Allenfalls ist auch ein kurzer Fussmarsch ab Parkplatz einzurechnen.

⁴⁷ Eine korrekte Geometrie bedeutet, dass die Werke optimal gegen den relevanten Naturgefahrenprozess wirken.

unmittelbaren Handlungsbedarf. Bei Bedarf werden die Werke mit einer geeigneten Kamera⁴⁸ dokumentiert.

Im Nachgang werden die durchgeführten Beobachtungen ausgewertet. Ein allfälliger Handlungsbedarf wird auf einer Pendenzenliste erfasst und dem Betriebsleiter rapportiert.

In der *Abbildung 30* ist der entsprechende Teilprozess Beobachtung als Flussdiagramm dargestellt. Eine Darstellung im Format A3 ist im *Anhang 11* enthalten.

⁴⁸ Bei grösseren Beobachtungsdistanzen ist eine Kamera mit einem Objektiv notwendig.

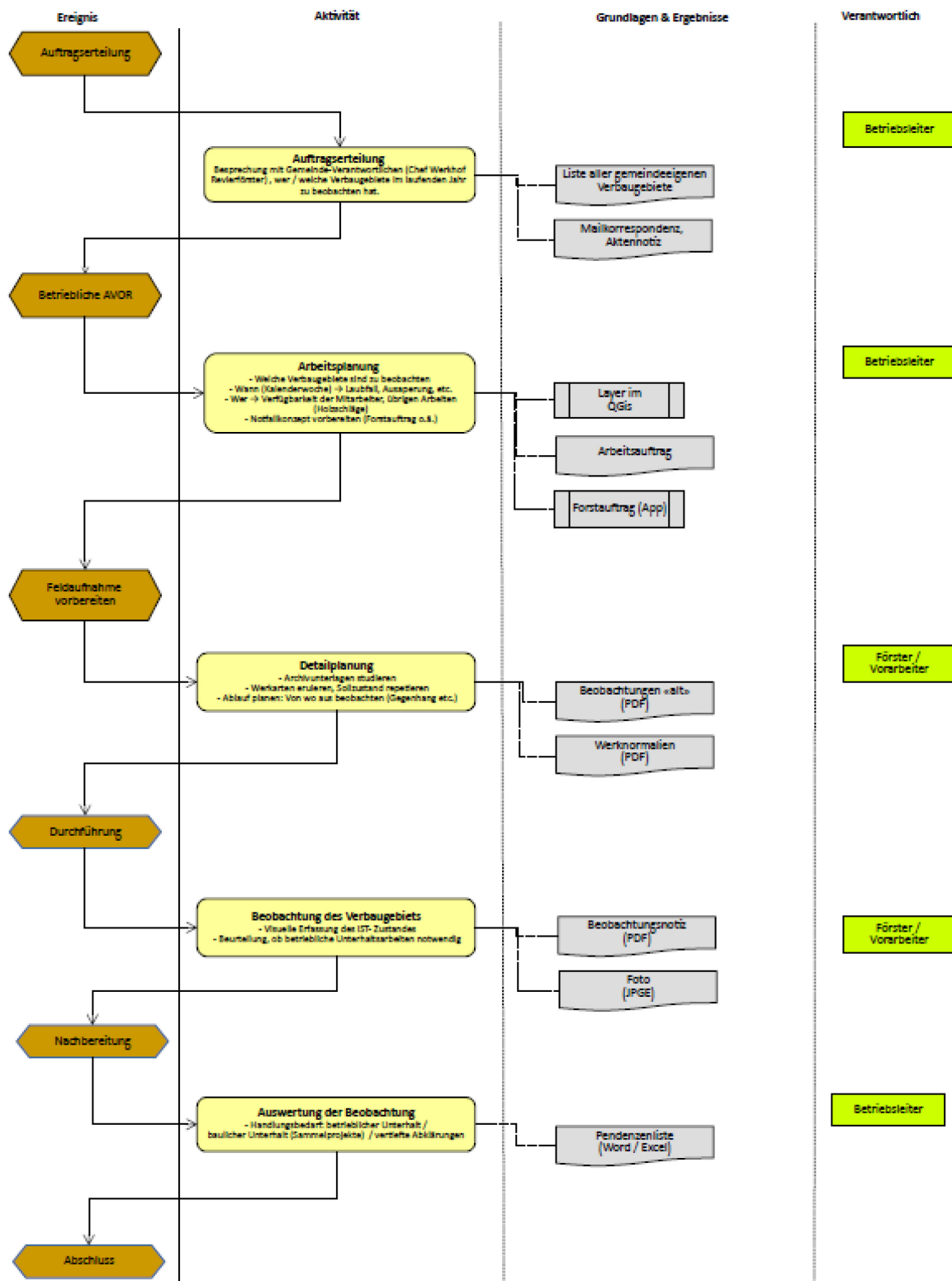


Abbildung 30: Teilprozess Beobachtung - Flussdiagramm.

Inspektion

Der Teilprozess der Inspektion entspricht grundsätzlich dem Teilprozess der Beobachtung. Er geht jedoch in einzelnen Punkten darüber hinaus resp. umfasst noch ergänzende Leistungen.

Die Tätigkeit, am Beispiel des Forstbetriebs Madrisa, startet mit der Auftragserteilung durch den Produktverantwortlichen für Schutzbauten beim Amt für Wald und Naturgefahren in Chur. In der Schutzbautenkataster- Datenbank (InfKuBa) ist für jedes Verbaugebiet ein Inspektionsturnus⁴⁹ sowie ein Startdatum der Inspektion hinterlegt. Aus InfKuBa wird jährlich eine Liste aller Verbaugebiete generiert, welche in den verschiedenen Gemeinden zu inspizieren sind. Diese Liste wird jeweils Anfangs Jahr dem Betriebsleiter als Auftrag zugestellt. Im Rahmen der Auftragserteilung erfolgen die notwendigen internen Absprachen mit Vertretern des Gemeinde- Bauamtes, der Rhätischen Bahn (Streckenverantwortlicher) und des Bezirkstiefbauamtes (Leiter Strassenunterhalt / Wegmacher). Dabei geht es primär darum, welche Verbaugebiete der verschiedenen Körperschaften im laufenden Jahr zur Inspektion vorgesehen sind. Als nächstes erfolgen die organisatorischen Vorbereitungen auf Stufe Forstbetrieb. Dabei geht es primär um die Zeit- und Personalplanung. So können Lawinenverbauungen erst nach dem Ausapern begangen werden. Bei Bachverbauungen wiederum erschwert die ausgetriebene Vegetation die Inspektionsarbeiten. Auch die zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter unter Berücksichtigung der weiteren Arbeiten des Forstbetriebs (Holzschläge) werden hier berücksichtigt. Anschliessend erfolgt die weitere Arbeitsplanung auf Stufe Verbaugebiet. Für den Inspekteur wird ein Arbeitsauftrag (inkl. Kartenausschnitt) wie auch das Notfallkonzept⁵⁰ vorbereitet. Dies hat insbesondere Bedeutung da die Inspektionstätigkeit häufig als Alleinarbeit ausgeführt wird. Weiter wird ein Sicherheits- Check hinsichtlich Absturzgefährdung durchgeführt, und zwar sowohl für den Zugang zum Verbaugebiet als auch für die Verschiebung von Werk zu Werk. Weiter wird das für die Inspektionsarbeit benötigte Feldgerät (Tablet, oder ähnliches) mit den Daten zu den Verbaugebieten synchronisiert.

Bei der anschliessenden Detailplanung macht sich der Mitarbeiter des Forstbetriebes, welcher die Feldarbeiten ausführt, mit den zugeteilten Objekten vertraut. Neben dem Studium des letzten Inspektionsbericht geht es auch darum, sich mit den verschiedenen Werktypen und deren Inspektionspunkten vertraut zu machen. Auch plant der Inspekteur mit dem Situationsplan die Ablaufroute der Inspektion (Wo starten, wo beenden) und überprüft die Eingabebereitschaft des Feldgeräts.

⁴⁹ Der Inspektionsturnus für Schutzbauten ist zwischen 1- und 5 Jahren. Bei den meisten Verbauungstypen ist er 3 Jahre. Robuste Bauwerke wie z.B. Dämme oder Wasserbau- Objekte werden nur alle 4-5 Jahre inspiziert.

⁵⁰ Dies kann mit einer Applikation wie Forstauftrag (forstauftrag.ch) oder einer vergleichbaren Anwendung erfolgen.

Die eigentliche Durchführung umfasst die Anfahrt zur nächstgelegenen Parkiermöglichkeit sowie anschliessend der Fussmarsch zum Verbaugbiet. Im Verbaugbiet werden die Werke aufgrund Kartensituation oder der am Werk angebrachten Nummer⁵¹ identifiziert. Die Beurteilung der einzelnen Bauteile des Werks sowie der Umgebung erfolgt dann angeleitet mit Hilfe bspw. der Observo-App. Erst wenn alle Werke gemäss Plan der ausgeführten Werke abgearbeitet worden sind, kann die Inspektion des Verbaugbiets abgeschlossen werden. Zurück im Büro hat der Inspekteur noch die Möglichkeit, Korrekturen zu machen oder textliche Ergänzungen anzubringen.

Im Nachgang werden die durchgeführten Inspektionen durch den Betriebsleiter ausgewertet. Ein allfälliger Handlungsbedarf wird auf einer Pendenzenliste erfasst. Abgeschlossen wird die Inspektion mit dem Nachführen des betriebsinternen Erhaltungsmanagements. Dort wird angegeben, bei welchen Verbaugbieten die Inspektionen abgeschlossen sind, wo betrieblicher Unterhalt ansteht und wo allenfalls im Rahmen eines Sammelprojekts ein baulicher Unterhalt zu erfolgen hat.

In der *Abbildung 31* ist der entsprechende Teilprozess Inspektion als Flussdiagramm dargestellt. Eine Darstellung im Format A3 ist im *Anhang 12* enthalten.

⁵¹ Bei Lawinen- und Steinschlagverbauungen ist in der Regel an der Stütze eine Nummern-Plaquette angebracht.

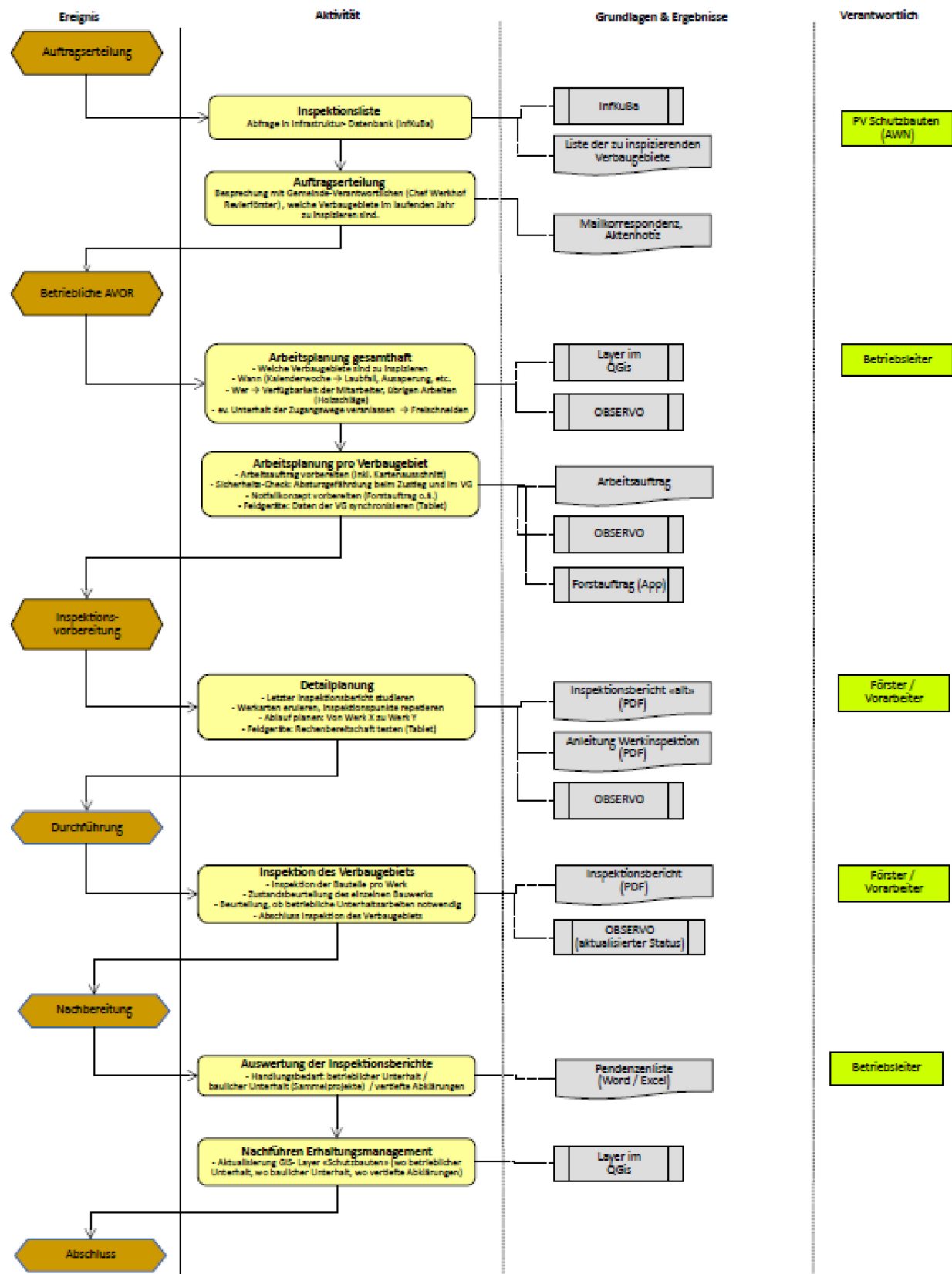


Abbildung 31: Teilprozess Inspektion - Flussdiagramm.

4.2 Waldstrassen - Arbeiten im Test- Abschnitt Mezzaselvawald

4.2.1 Vorbereitungsarbeiten: Inventar und Kataster

Im Kanton Graubünden sind die Waldstrassen mit den zugehörigen Kunstbauten nicht in einem eigentlichen kantonsübergreifenden Kataster erfasst. Es besteht aber auf dem Geoportal der kantonalen Verwaltung⁵² einen Datensatz zur Walderschliessung. In diesem Datensatz ist das Waldstrassennetz dargestellt, und zwar basierend auf den Kartendaten der Landestopographie.

Die Waldstrassen sind im kantonalen Datensatz in verschiedene Typen unterteilt, und zwar aufgrund der Attribute Breite und Gewichtsklasse. Ein weiteres Attribut ist die Art der Deckschicht. Die *Abbildung 32* zeigt einen Auszug für die Erschliessungseinheit Mezzaselva. Rot dargestellt sind lastwagenbefahrbare Forststrassen, welche mit einem Gesamtzuggewicht von 28 [to] befahren werden können und welche eine Fahrbahnbreite von 3.0 [m] und mehr aufweisen⁵³. Bezüglich der Deckschicht gilt dieser Abschnitt als Naturstrasse⁵⁴. Ein massstabsgetreuer Plan befindet sich im *Anhang 13*.

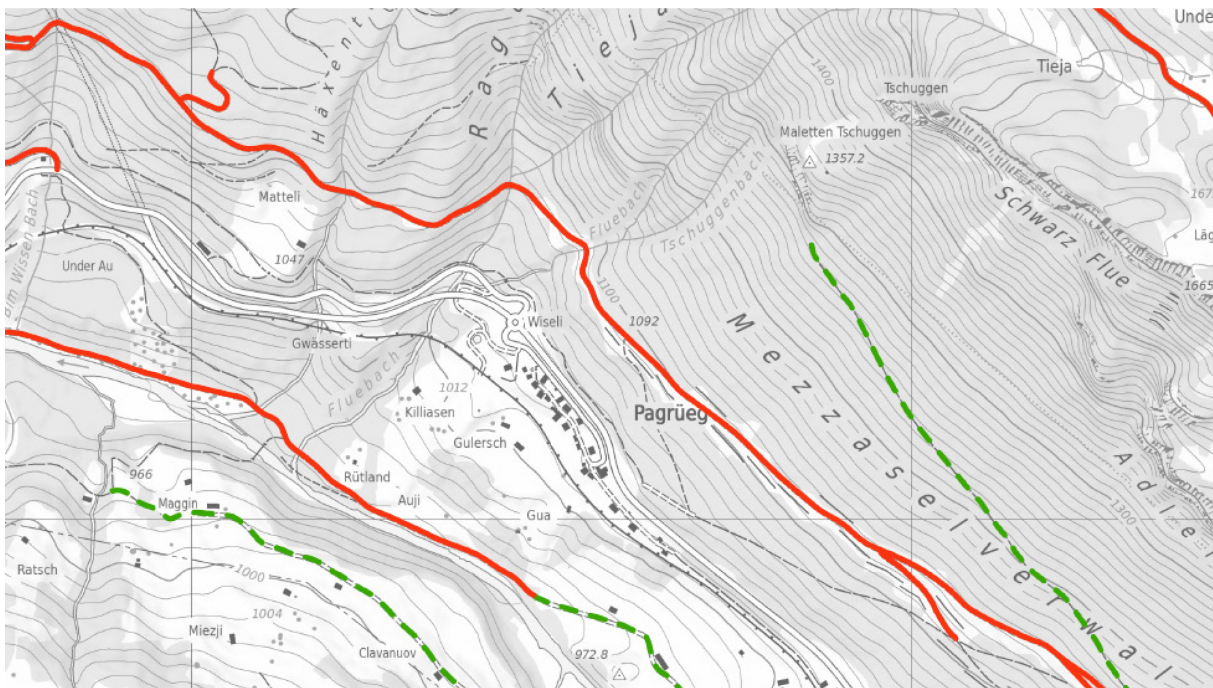


Abbildung 32: Waldstrassennetz in der Erschliessungseinheit Mezzaselva (Quelle: Geoportal Kt. GR).

⁵² geo.gr.ch/karten/katalog -> Walderschliessung.

⁵³ Quelle: Verzeichnis der Waldstrassen auf dem Gemeindegebiet von Klosters des Forstbetriebs Madrisa

⁵⁴ Naturstrasse = ton-wasser-gebundene Verschleisschicht.

Im Rahmen des vorliegenden Pilotprojekts wurde dieser Datensatz noch mit den örtlich vorhandenen Kunstbauten ergänzt. In einem ersten Schritt wurde im Rahmen des Rekognoszierens eine Übersicht über die im Waldstrassenabschnitt vorhandenen Objekte erstellt. Die *Tabelle 12* zeigt eine Zusammenstellung der verschiedenen Typen von Kunstbauten, welche vorhanden sind. Diese Bautypen weisen allesamt lineare Geometrien auf.

Tabelle 12: Typen von Kunstbauten im Testgebiet Mezzaselva.

Objekt	Typ	Ausführungsart	Beispiel
Kunstbauten	Blocksteinmauer	Schergewichtsmauer aus Natursteinen, formwild, Steinen in Magerbeton versetzt	
Gerinnequerung	Brücke	Holz-Stahl-Brücke: Träger: H- Profilen, Fahrbahn aus Holzbohlen (Lärche)	
Gerinnequerung	Durchlass	Wellstahlrohr (Typ Spiwell)	
Abschränkung	Geländer	Ausführung mit Stahl-Pfosten und Holzbalken (Typ Bündnerzaun)	

In einem nächsten Schritt erfolgte der Entwurf eines einfachen Datenmodell⁵⁵ als Vorbereitung für die Felddaten. Der Ansatz basiert auf dem Konzept der forstlichen Erschliessungsplanung mit Erschliessungseinheiten, welche an das übergeordnete Strassennetz angeschlossen sind. Der Waldstrassenabschnitt Mezzaselva entspricht dabei der lastwagenbefahrbaren Basisererschliessung. Der Abschnitt ist in verschiedene Unterhaltssektoren aufgeteilt, welche für die operative Umsetzung des Erhaltungsmanagements relevant sind. Im Sektor hat es immer ein Objekt «Fahrbahn» mit zugehöriger Entwässerung. Weiter kann es noch Kunstbautenobjekte haben. Auch Einschränkungen⁵⁶ lassen sich in einem Sektor spezifizieren. In der *Abbildung 33* ist das Datenmodell mit seiner hierarchischen Gliederung dargestellt. Eine Darstellung im Format A3 ist im *Anhang 14* enthalten. Eine Beschreibung zum Datenmodell mit Erläuterungen zu den verschiedenen Überlegungen und Begriffen ist im *Anhang 15* enthalten.

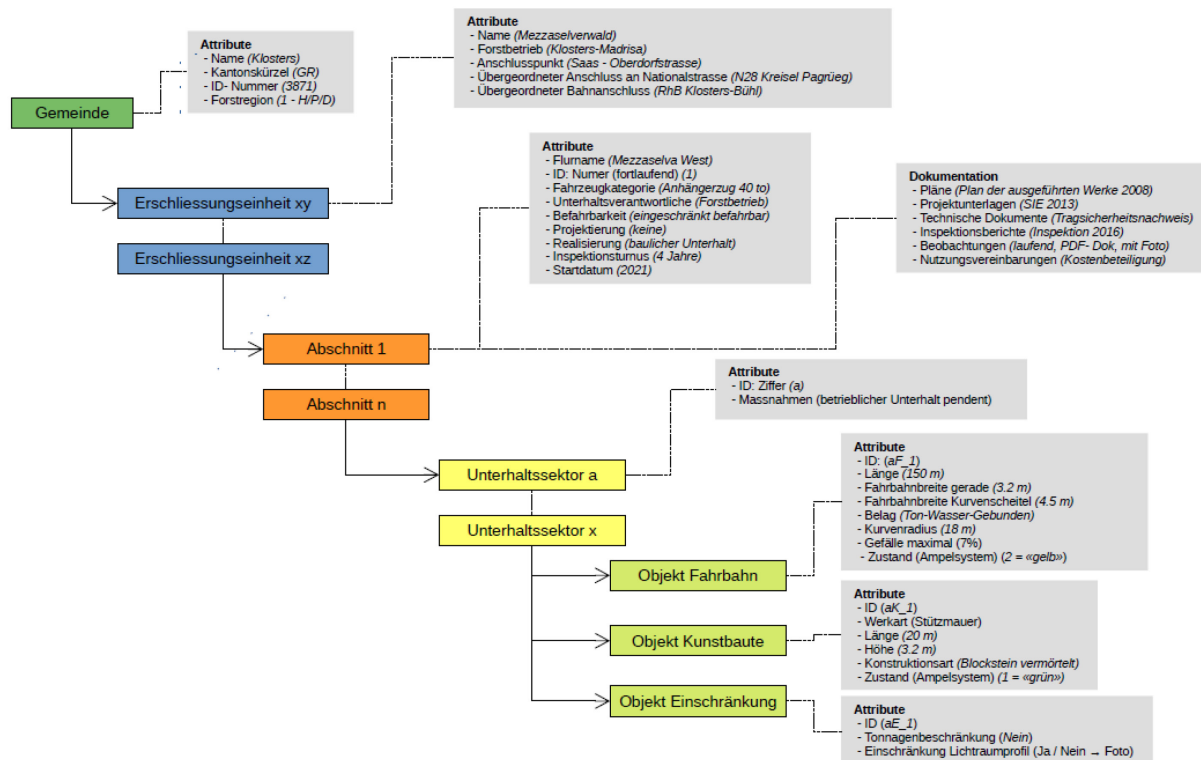


Abbildung 33: Vorschlag für ein einfaches Datenmodell zur Beschreibung eines Waldstrassenabschnitts.

⁵⁵ Das Datenmodell ist Mittel zum Zweck, um eine denkbare Lösung für das Erhaltungsmanagement von Waldstrassen konkret umzusetzen. Die Bedürfnisse des Amtes für Wald und Naturgefahren (Region 1) wie auch des Forstbetriebs Madrisa wurden soweit als möglich darin berücksichtigt. Es fand aber keine Vernehmlassung bei den direktbetroffenen Stellen statt.

⁵⁶ Als Einschränkung gelten Tonnagebeschränkungen bei Brücken oder Einschränkungen im Lichtraumprofil.

Die eigentliche Durchführung der Feldaufnahmen umfasste die Aufnahme der Geometrien der verschiedenen Kunstbauten. Anschliessend wurden die Daten in einem QGIS- Projekt aufgearbeitet. Dieser Teil der Arbeiten wurde in enger Zusammenarbeit mit Roger Bolliger (Projektförster Waldregion 3, Sargans) ausgeführt. Das konkrete methodische Vorgehen für die Feldaufnahmen und die anschliessende zeichnerische Bereinigung im QGIS wurde von ihm in einer umfangreichen Dokumentation⁵⁷ zusammengestellt. Diese Dokumentation befindet sich im *Anhang 16*.

In der *Tabelle 13* ist das Bauwerks- Inventar für die drei Sektoren des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva aufgelistet. Der Plan der ausgeführten Werke über die drei Sektoren ist in den *Abbildungen 34-36* dargestellt. Die massstabsgetreuen Pläne befinden sich im *Anhang 17*.

Tabelle 13: Inventar pro Sektor der Bauwerke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva.

Sektor	[m']	Objekt	Typ
1.1	540	Fahrbahn	Deckschicht Naturbelag mit Entwässerung
ID 37	11	Gerinnequerung	Durchlass
ID 39	96	Kunstbauten	Blocksteinmauer
ID 38	5	Gerinnequerung	Durchlass
ID 40	34	Kunstbauten	Blocksteinmauer
ID 42	57	Kunstbauten	Blocksteinmauer
	28	Gerinnequerung	Holzbrücke
	56	Abschränkung	Brückengeländer beidseitig
	540	Umgebung	Böschung (angrenzend, berg- und talseitig)
1.2	430	Fahrbahn	Deckschicht Naturbelag mit Entwässerung
ID 44	20	Kunstbauten	Blocksteinmauer
ID 45	46	Kunstbauten	Blocksteinmauer
ID 46	28	Kunstbauten	Blocksteinmauer
	6	Gerinnequerung	Holzbrücke
	6	Abschränkung	Brückengeländer beidseitig
	430	Umgebung	Böschung (angrenzend, berg- und talseitig)
1.3	990	Fahrbahn	Deckschicht Naturbelag mit Entwässerung
ID 49	51	Kunstbauten	Blocksteinmauer
	13	Kunstbauten	Blocksteinmauer talseitig (östlich Brücke)
	25	Kunstbauten	Blocksteinmauer talseitig (bei Durchlass)
	9	Gerinnequerung	Durchlass
	25	Abschränkung	Geländer talseitig Durchlass
	990	Umgebung	Böschung (angrenzend, berg- und talseitig)

⁵⁷ Anleitung / Dokumentation für die Erstellung eines Geoinformationsprojekts (Basis QGIS) für das Erhaltungsmanagement von Waldstrassen (Erstellt im Auftrag der MFree Infra GmbH)

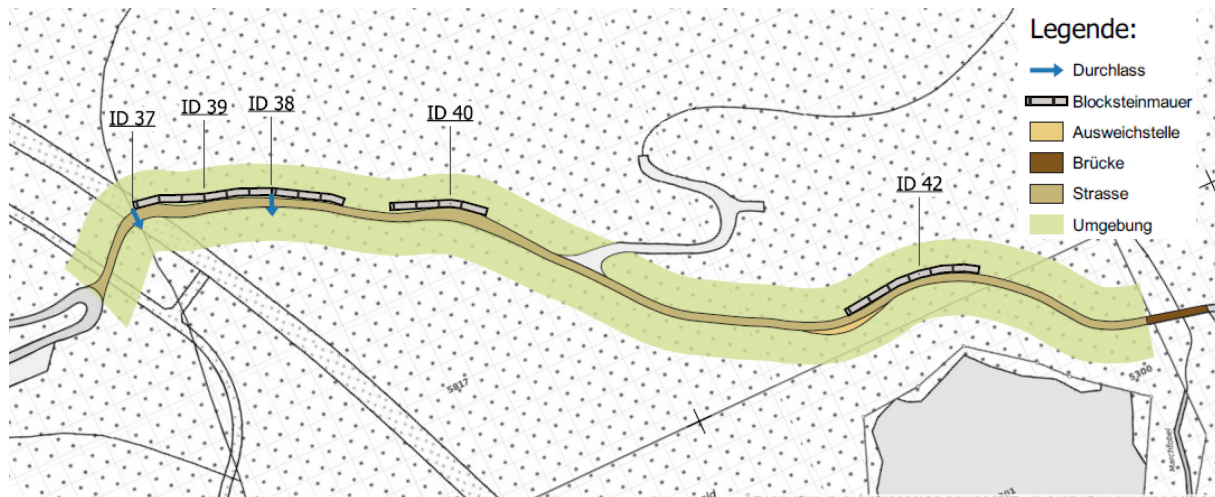


Abbildung 34: Plan der ausgeführten Werke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva – Sektor 1.1.

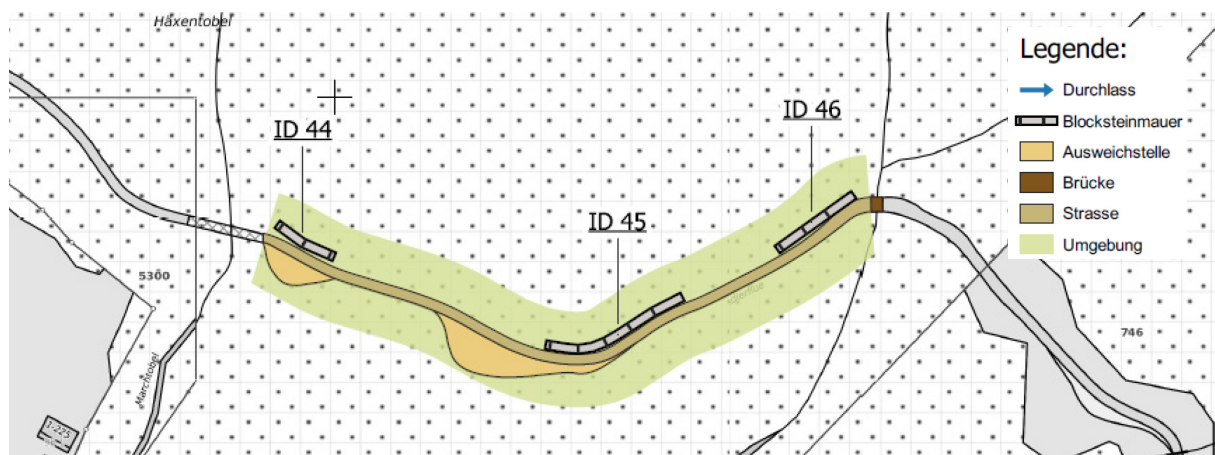


Abbildung 35: Plan der ausgeführten Werke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva – Sektor 1.2.

4.2.2 Durchführung Überwachung

Die **Beobachtung** ist eine einfache, visuelle Überprüfung der Befahrbarkeit der Waldstrassen. Ihre Durchführung erfolgt ohne grösseren Vorbereitungsaufwand. Der mit dieser Arbeit betraute Mitarbeiter muss sich einzig mit der geografischen Lage der verschiedenen Strassenzüge vertraut machen. In der Regel werden alle Forststrassen in periodischen Abständen befahren, sei es für Kontrollgänge für Waldschutzbedürfnisse (bspw. bei Käferholz), Pflegeeingriffe oder für Holzereiarbeiten. Weiter kommt hinzu, dass mit der Inspektionstätigkeit die Arbeitsschritte der Beobachtung im Wesentlichen ebenfalls abgedeckt sind. Aus diesem Grunde wurde im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie keine separate Beobachtung des Waldweges Mezzaselva durchgeführt.

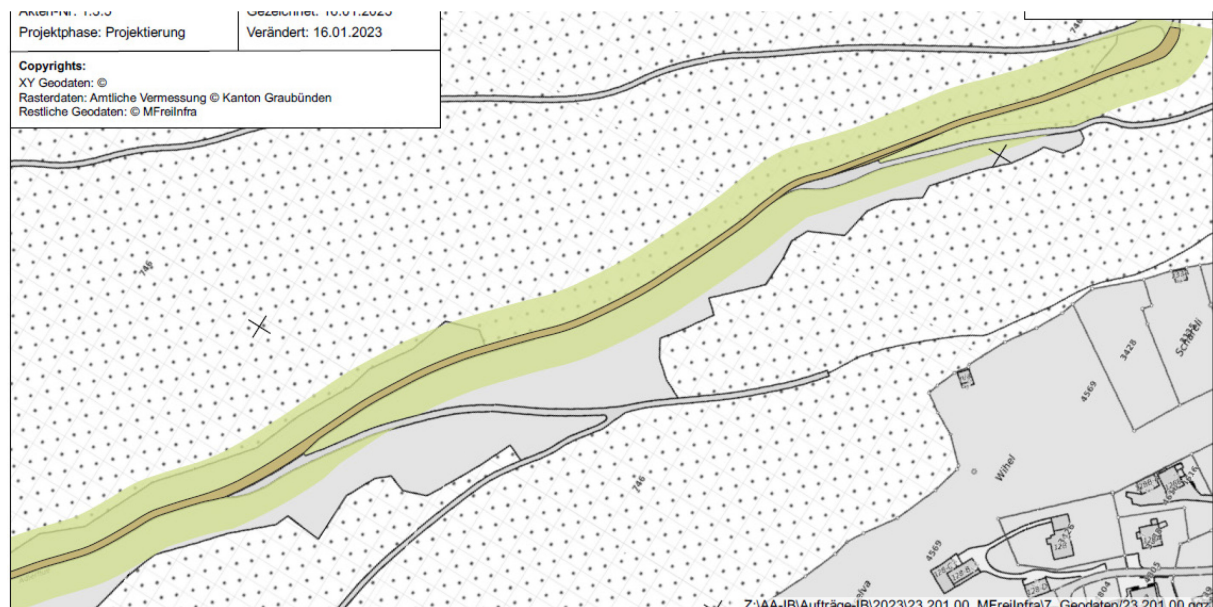
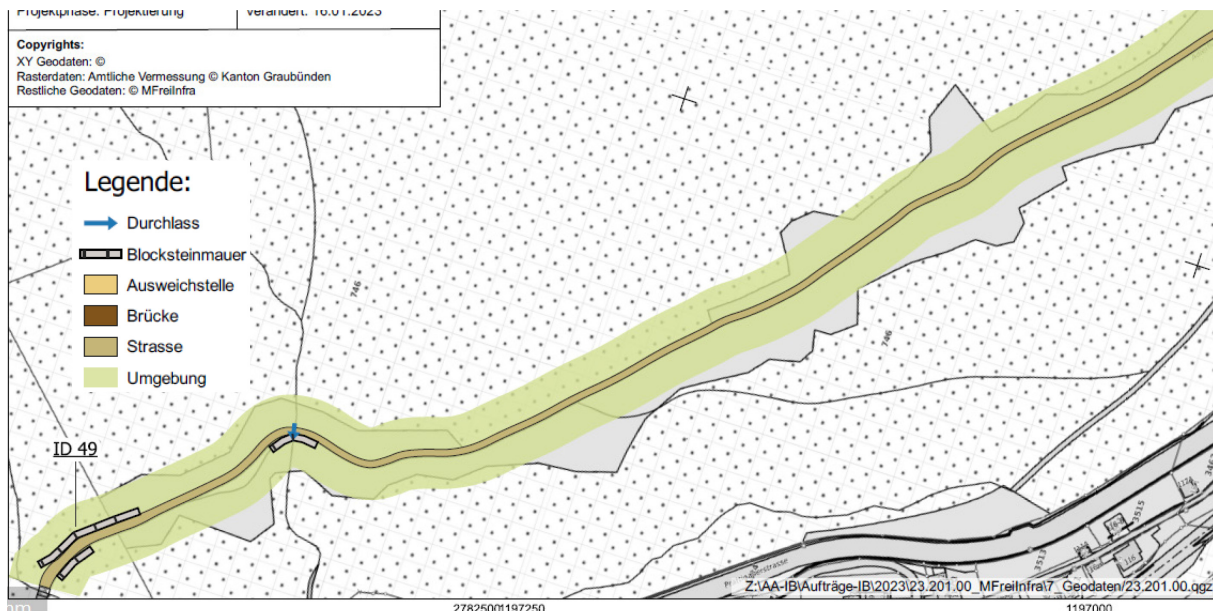


Abbildung 36: Plan der ausgeführten Werke des Waldstrassenabschnitts Mezzaselva – Sektor 1.3W (oben) und 1.3E (unten).

Bei der **Inspektion** der Waldstrassen gelten die gleichen Grundsätze wie bei den Schutzbauten (vgl. Kap. 4.1). Aus den gleichen Überlegungen wie bei den Schutzbauten wäre auch bei den Waldstrassen eine Digitalisierung des Inspektionsprozesses wünschenswert. Allerdings besteht keine kantonale Lösung wie bei den Schutzbauten, primär weil das Erhaltungsmanagement der Waldstrassen viel enger mit dem operativen Betrieb des örtlichen Forstbetriebes verknüpft ist und es deshalb kaum ein Bedürfnis für ein kantonsweites *Tool* zur Inspektion der Waldstrassen besteht.

Um denkbare Wege zur Lösung des Problems der fehlenden Digitalisierung bei der Inspektion von Waldstrassen aufzuzeigen, wurde im Rahmen von Eigenleistungen⁵⁸ eine Lösung konzipiert und bis zur rechenbereiten Testanwendung umgesetzt. Die konzeptionellen Überlegungen orientierten sich dabei am bereits umgesetzten Lösungsansatz für die Schutzbauten (InfKuBa und Observo).

Grundlage bildet der GIS- Datensatz der im Feld erhobenen Rauminformationen zu den Waldstrassen. Für die Programmierung der Inspektionslogik wurde eine Matrix entworfen, welche alle relevanten Informationen zur anlagetechnischen Gliederung einer Waldstrasse umfasst. Konkret sind in dieser Matrix die Objekte aus der Felddatenerhebung enthalten, ergänzt mit ihren verschiedenen Typisierungen der Objekte selbst. Beispielsweise umfasst das Objekt Fahrbahn eine Verschleisssschicht der Typs Naturbelag sowie die zugehörige Fahrbahnentwässerung (Längs- und v.a. Querentwässerung, usw.). Weitere Objekte sind Kunstbauten (Holzkasten, Blocksteinmauer oder Betonstützmauer, usw.), Gerinnequerung (Brücken, Durchlässe, usw.), Abschränkung sowie die Umgebung⁵⁹. In der *Tabelle 14* ist eine Übersicht über diese anlagetechnische Gliederung einer Waldstrasse zusammengestellt. Die ausführliche Zusammenstellung, ergänzt mit Beispielfotos, ist im *Anhang 18* enthalten.

In einem nächsten Schritt wurde zu den verschiedenen Elementen konkretisiert, was zu beurteilen ist. Ergänzt wurden diese Beurteilungspunkte mit einem Bewertungsraster. Darin wurde in Worten ausformuliert, wie der Zustand eines Bauteils zu bewerten sei. Zur Erläuterung sei das Beispiel eines Naturbelages konkretisiert, welcher aus einer Ton-wasser-gebundenen Verschleisssschicht besteht. Vor Ort beurteilt werden Schlaglöcher, Absenkungen in der Fahrbahn Spurrillenbildung sowie Auswaschungen. Sind kaum schadhafte Stellen in der Verschleisssschicht feststellbar, so wird das mit der Note 1 bewertet⁶⁰ (Zustand = gut).

Weiter beurteilt werden Querabschläge (Einbaulage, Materialablagerungen und Bewuchs) sowie die Längsentwässerung (Materialablagerungen, Bewuchs, Wasserableitung in Querabschläge / Durchlässe). Schlussendlich wird auch das beidseitig angrenzende Bankett beurteilt (Erosionsspuren durch Wasserableitung, Schäden durch Befahren). In der *Tabelle 15* ist für dieses Beispiel ein Auszug aus der Matrix dargestellt. Die vollständige Matrix ist im *Anhang 19* enthalten.

Die Umsetzung dieser Matrix erfolgte mit einem Datenbankteil, wo alle Informationen zum Waldstrassenabschnitt Mezzaselva hinterlegt sind, und einem feldtauglichen Mobilteil (Observo-App).

⁵⁸ Die Eigenleistungen erfolgen durch die MFrei Infra GmbH und die Unit Solution AG. Es wurden keine Finanzmittel vom BAFU- Projekt für die Applikationsentwicklung verwendet.

⁵⁹ Die Umgebung gilt aber nicht in jedem Fall als bautechnisch erstelltes Objekt. Sie kann auch die naturbelassene angrenzende Böschung umfassen.

⁶⁰ Klassifikation gemäss SIA Dok. 0240

Tabelle 14: Übersicht über die anlagentechnische Gliederung einer Waldstrasse.

Objekt	Typ	Element
1 Fahrbahn	11 Deckschicht Naturbelag	Ton-Wasser-gebunden
		Querabschlag
		Längsentwässerung
		Bankett
	12 Deckschicht Beton	Betonbelag
	13 Deckschicht Asphalt	Schwarzbelag
	14 Deckschicht andere	Andere Ausführungsarten
2 Kunstbauten	21 Holzkasten	Längshölzer & Zangen
		Mauergeometrie
		Entwässerung des Stützkörpers
	22 Blocksteinmauer	Natursteine gespalten oder formwild
	23 Betonmauer	Armierte Betonmauer
	24 Stahlpalisade	Stahllarsen
	25 Andere Typen	Hangstützwerke div. Typen
3 Gerinnequerung	31 Holzbrücke	Holzträger
		Widerlager aus Blocksteinen
		Fahrbahn aus Holz
	32 Holz-Stahl-Brücke	Stahlträger (H-Profil)
	33 Betonbrücke	Armierte Betonträger
		Beton-Widerlager
		Beton-Fahrbahnplatte
	34 Durchlass	Rohr, Kastendurchlass
	35 Furt	Steinplatten, in Beton versetzt
4 Abschränkung	41 Barriere	Barriere
	42 Geländer	Pfosten und Latten
5 Umgebung	51 Böschung	Böschungsstabilität
		Hangentwässerung

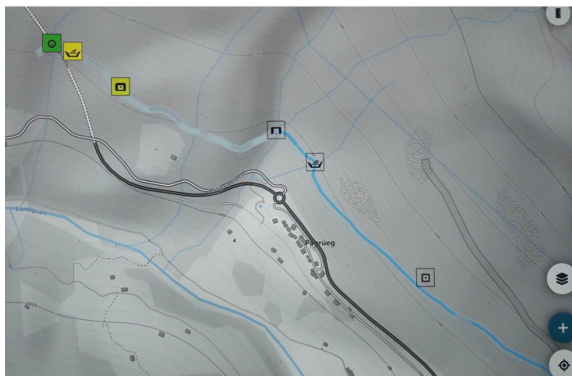
Wie bei den Schutzbauten ergibt sich so eine Kombination von Bauwerksgeometrie (Plan der ausgeführten Werke der verschiedenen Objekte) mit zugehöriger Attributierung sowie den zu inspizierenden Bauteilen der jeweiligen Objekte.

Der Mitarbeiter wird nicht nur geführt durch die Inspektion der verschiedenen Objekte im Sektor geleitet, sondern kann auch einzelne schadhafte Bauteile direkt fotografisch dokumentieren. Nach Abschluss der Inspektion aller Sektoren im Waldstrassenabschnitt werden Feststellungen in einem automatisch generierten Inspektionsbericht zusammengestellt.

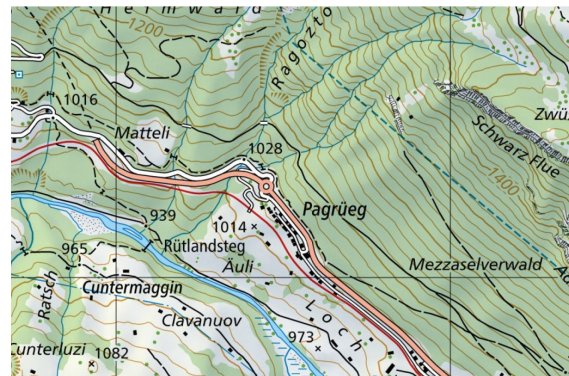
Für die Durchführung der Testinspektion im Verbaugelände Zugwald wurde eine Test-Datenbank eingerichtet (Inf-Vias) und eine provisorische Test-App (Observe Training) bereitgestellt. Die Inspektion des Mezzaselvaweg fand am 15. August 2022 statt.

Tabelle 15: Objekt Naturbelag – Beurteilungspunkte und zugehöriges Bewertungsraster (gem. Vorschlag M. Frei).

Element	Beschreibung	1	2	3	4	5
Ton-Wasser-gebundene Verschleisschicht	Schlaglöcher, Absenkungen, Spurrillenbildung, Auswaschungen	Intakt, ev. punktuelle Schadstellen, Wasser kann jedoch frei abfließen	Auf $\leq \frac{1}{4}$ des Sektors bleibt wenig Wasser liegen, erste Spurrinnen und kleine Schlaglöcher feststellbar	Auf $\leq \frac{1}{2}$ des Sektors bleibt Wasser liegen, deutliche Spurrinnen und Schlaglöcher feststellbar	Auf $> \frac{1}{2}$ des Sektors gibt es Erosionsspuren und grössere Schlaglöcher, z.T. Fahrbahnabsenkungen	Sektor nicht- oder nur noch mit Geländewagen befahrbar
Querabschlag	Einbaulage, Materialablagerungen & Bewuchs, Abrasion	intakt, einzelne Querabschläge haben ev. Ablagerungen / Bewuchs, Wasserableitung aber i.O.	Wenige Querabschläge haben Ablagerungen / Bewuchs, Wasser fliesst vereinzelt auf die Fahrbahn. Holzabschläge zeigen Spuren von Abrasion	Mehrere Querabschläge haben Ablagerungen / Bewuchs, Wasser fliesst auf die Fahrbahn. Holzabschläge zeigen deutliche Abnutzung	Mehrheit der Querabschläge sind verstopft, durch Fahrzeugbelastung beschädigt und verkippt, Wasser läuft neben den Abschlagen	Keine funktionierende Querverentwässerung mehr vorhanden
Längsentwässerung	Materialablagerungen, Bewuchs, Wasserableitung (in Querabschläge und Durchlässe)	Intakt, ev. punktuelle Ablagerungen, Wasser kann jedoch frei abfließen	Auf $\leq \frac{1}{4}$ des Sektors sind Materialablagerungen, Einleitungen in Querabschläge/Durchlässe funktionieren nur teilweise.	Auf $\leq \frac{1}{2}$ des Sektors sind Materialablagerungen, Einleitungen in Querabschläge/Durchlässe funktionieren kaum noch	Auf $> \frac{1}{2}$ des Sektors sind Materialablagerungen, Einleitungen in Querabschläge / Durchlässe funktionieren kaum noch, Wasser beginnt Fahrbahn zu erodieren	Keine funktionierende Längsentwässerung mehr vorhanden
Bankett	Erosionsspuren durch Wasserableitung, Schäden durch Befahren	intakt oder nur punktuelle Erosionsspuren	Bankettschäden auf $\leq \frac{1}{4}$ des Sektors	Bankettschäden auf $\leq \frac{1}{2}$ des Sektors	Bankettschäden auf $> \frac{1}{2}$ des Sektors	Bankett nicht mehr erkennbar



a) Observo Startbildschirm



b) Gleicher Ausschnitt aus der Landeskarte

Abbildung 37: Startbildschirm von Observo Training mit der Übersichtskarte, wo sich der Inspektionsabschnitt des Mezzaselvawegs befindet.

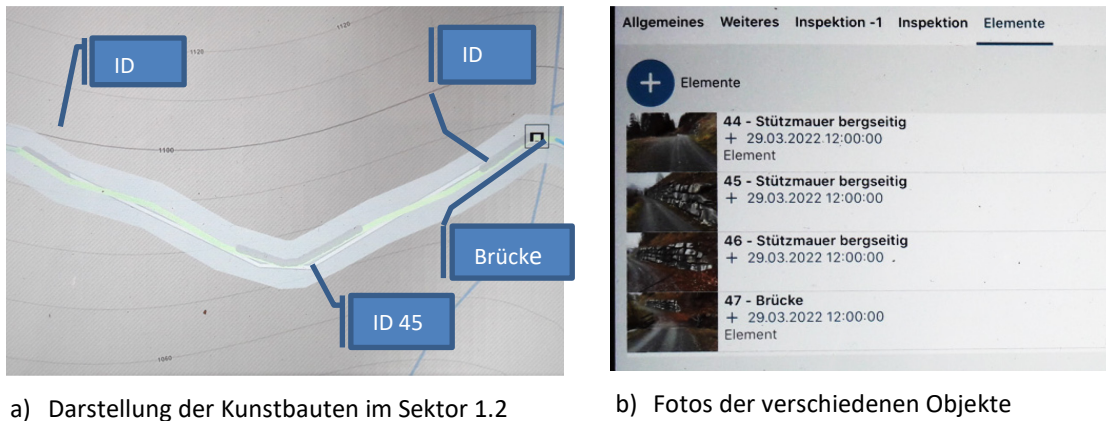


Abbildung 38: Sektor 1.2 mit den verschiedenen Objekten.

Als Feldgerät wurde wiederum ein handelsübliches iPad⁶¹ verwendet. Die *Abbildung 37* zeigt den Startbildschirm von Observo Training. Darauf ist der Inspektionsabschnitt des Mezzaselvaweg dargestellt sowie eine grobe Übersicht über die erfassten Kunstbauten (erkennbar als Desktop-Icons). In der *Abbildung 38* ist der Sektor 1.2 dargestellt, und zwar so wie er auf Observo Training dargestellt wird. Zum Vergleich ist der Plan der ausgeführten Werke (Katasterplan) angefügt.

Wenn der Inspekteur ein Objekt bearbeiten will, so kann er dies auf dem Tablet anwählen. Anschliessend öffnet sich die eigentliche Bearbeitungsmaske zur Durchführung der Inspektion. In der *Abbildung 39* ist als Beispiel die Inspektion einer Blocksteinmauer dargestellt. Feststellungen können direkt aus der Anwendung heraus mit Fotos dokumentiert werden. Weiter besteht in Observo Training auch die Möglichkeit, eine Feststellung als Sprachnachricht aufzunehmen.

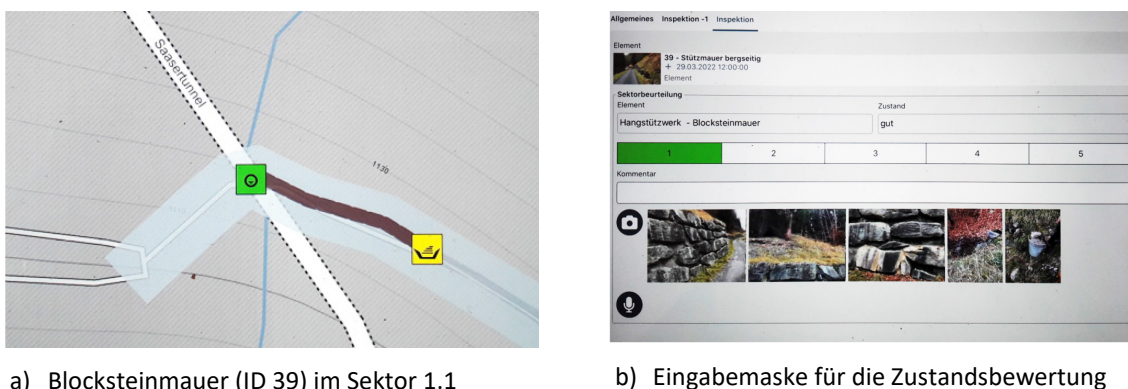


Abbildung 39: Inspektion einer Blocksteinmauer im Sektor 1.1. Bild a) zeigt die Mauergeometrie, während im Bild b) der Zustand erfasst wird.

⁶¹ iPad Mini 4, 128 GB Retina (mit SIM- Karte)

Die Blocksteinmauer ID 39 zeigt keine Verkipfung und keine Wasseraustritte. Auch die Steine sind in einem guten Zustand (nicht zerspalten). Sie ist dem Alter entsprechend in einem guten Zustand.

Auch in den anderen Sektoren sind sowohl Fahrbahn wie auch die vorhandenen Kunstbauten in einem guten Zustand. Die *Abbildung 40* zeigt eine zusammenfassende Darstellung⁶² der Bewertung der verschiedenen Objekte im Fahrbahnsektor 1.1. Zusammen mit den Objektbewertungen der übrigen Sektoren kann der Gesamtzustand der Waldstrassenabschnitts abgeleitet werden. Im vorliegenden Fall wird die Befahrbarkeit des Waldstrassenabschnitts mit «gut» bewertet. Auf eine Empfehlung für betriebliche Unterhaltsarbeiten wird der Ersatz der Brückengeländer sowie der Holzbohlen bei der Brücke formuliert. Der vollständige Inspektionsbericht zur Mezzaselvastrasse ist im *Anhang 20* enthalten

Zustandsübersicht der Fahrbahnsektoren			
Sektor	Objekt	Element	Zustand
1.1	11 Deckschicht-Naturbelag	Ton-Wasser-gebundene Verschleisssschicht	akzeptiert
		Querabschlag	akzeptiert
		Längsentwässerung	nicht vorh.
		Bankett	akzeptiert
	22 Blocksteinmauer ID 40	Mauergeometrie	akzeptiert
		Entwässerung des Stützkörpers	gut
		Natursteine gespalten oder formwild	akzeptiert
	22 Blocksteinmauer ID 42	Mauergeometrie	akzeptiert
		Entwässerung des Stützkörpers	gut
		Natursteine gespalten oder formwild	akzeptiert
	34 Durchlass ID 37	Rohr, Kastendurchlass	akzeptiert
	34 Durchlass ID 38	Rohr, Kastendurchlass	akzeptiert
	31 Holzbrücke	Holzträger	akzeptiert
		Beton-Wiederlager	akzeptiert
		Beton-Fahrbahnplatte	akzeptiert
42 Geländer	Pfosten und Latten	akzeptiert	
51 Böschung	Böschungstabilität	beschädigt	
	Hangentwässerung	akzeptiert	
Massnahmenvorschlag			
☐ betrieblicher Unterhalt			
☐ Baulicher Unterhalt			

Abbildung 40: Zusammenfassung des Inspektionsberichts für den Sektor 1.1 im Waldstrassenabschnitt Mezzaselva.

⁶² Es handelt sich hier um einen Entwurf für das Layout, welcher in dieser Form im Observo Training noch nicht implementiert werden konnte.

4.2.3 Betrieblicher Arbeitsprozess

Der Aufbau eines Waldstrassenkatasters ist eine einmalige, aber aufwändige Arbeit. In der Regel übersteigt dies die Ressourcen eines Forstbetriebes und wird im Rahmen eines überregionalen oder sogar Kantonalen Projekts unter übergeordneter Leitung des kantonalen Forstdienstes umgesetzt. In Graubünden sind die Strassenachsen bereits in einem kantonalen Datensatz enthalten. Was fehlt, sind die Kunstbauten sowie weitere ergänzende Informationen. Aus diesen Gründen wird auf eine Darstellung eines betrieblichen Arbeitsprozesses Inventar und Kataster verzichtet.

Beobachtung

Wie in Kap. 4.2.2 dargelegt, wird die Beobachtung der Waldstrassen im Rahmen der operativen Tätigkeiten des Forstbetriebes bereits abgedeckt. Aus diesem Grunde wird auf eine separate Darstellung eines Betrieblichen Arbeitsprozesses verzichtet. Sollten aber trotzdem Beobachtungen notwendig sein, z.B. um die Befahrbarkeit des Waldstrassennetzes nach Unwetterereignissen zu überprüfen, kann grundsätzlich gleich vorgegangen werden wie bei Schutzbauten. Es entfällt jedoch die Gegenhangbeobachtung, da der Beobachter das Trasse der Forststrasse direkt befährt.

Inspektion

Der Teilprozess der Inspektion Waldstrassen entspricht grundsätzlich dem Teilprozess für Schutzbauten. Er weicht jedoch in einzelnen Punkten davon ab, da die kantonale Fachstelle nicht direkt involviert ist.

Die Tätigkeit startet mit der Bereitstellung der Inspektionsliste aus dem Waldstrassenkataster. In dieser Datenbank (Inf-Vias) ist für jeden Waldstrassenabschnitt ein Inspektionsturnus⁶³ sowie ein Startdatum der Inspektion hinterlegt. Je nach Art der Organisation einer Gemeinde kann diese Liste z.B. durch den Leiter des kommunalen Tiefbau-/Bauamtes erstellt werden. Bei der Gemeinde Klosters ist diese Zuständigkeit jedoch an den Forstbetrieb Madrisa delegiert. Diese Liste wird in der Regel jeweils Anfangs Jahr erstellt. Anschliessend erfolgen die notwendigen gemeindeinternen Absprachen mit Vertretern der Gemeindeverwaltung (bspw. Tiefbau-/Bauamt). Dabei geht es primär um die Koordination der geplanten Inspektionsarbeiten mit diejenigen des übrigen kommunalen Strassennetzes⁶⁴.

⁶³ Der Inspektionsturnus für Waldstrassen ist in der Regel bei 5 Jahren. Bei stark befahrenen Abschnitten oder bei instabilem Baugrund kann der Turnus auf 3 Jahre gesetzt werden.

⁶⁴ Neben den Strassen zur Waldbewirtschaftung gibt es häufig auch landwirtschaftlich genutzte Strassen und Wege. Oft sind diese Netze auch miteinander verknüpft.

In einem nächsten Schritt erfolgen die organisatorischen Vorbereitungen auf Stufe Forstbetrieb. Dabei geht es primär um die Zeit- und Personalplanung. Gerade in höhergelegenen Gebieten können einzelne Strassenzüge erst nach dem Ausapern inspiziert werden. Auch die zeitliche Verfügbarkeit der Mitarbeiter unter Berücksichtigung der weiteren Arbeiten des Forstbetriebs (Holzschläge) werden hier berücksichtigt. Anschliessend erfolgt die weitere Arbeitsplanung auf Stufe Waldstrassenabschnitt. Für den Inspekteur wird ein Arbeitsauftrag (inkl. Kartenausschnitt) wie auch das Notfallkonzept⁶⁵ vorbereitet. Dies hat insbesondere Bedeutung da die Inspektionstätigkeit häufig als Alleinarbeit ausgeführt wird. Es erfolgt weiter auch ein Sicherheitscheck der verschiedenen Objekte hinsichtlich Absturzgefährdung, v.a. bei der Inspektion von Brückenwiederlager und hohen Kunstbauten. Weiter wird das für die Inspektionsarbeit benötigte Feldgerät (Tablet, iPad) mit den Daten zu den Waldstrassenabschnitten synchronisiert.

Bei der anschliessenden Detailplanung macht sich der Mitarbeiter des Forstbetriebes, welcher die Feldarbeiten ausführt, mit den zugeteilten Waldstrassenabschnitten vertraut. Neben dem Studium des letzten Inspektionsbericht geht es auch darum, sich mit den verschiedenen Fahrbahnarten und Kunstbauten und deren Inspektionspunkten vertraut zu machen. Auch plant der Inspekteur mit dem Situationsplan die Ablaufroute der Inspektion (Wo das Fahrzeug parkieren, wo starten, wo beenden) und überprüft die Eingabebereitschaft des Feldgeräts.

Die eigentliche Durchführung umfasst die Anfahrt zum Waldstrassenabschnitt. Die verschiedenen Objekte in den Fahrbahnsektoren sind in der Regel nicht nummeriert und müssen aufgrund Kartensituation identifiziert werden. Die Beurteilung der einzelnen Bauteile der Objekte sowie der Umgebung erfolgt dann angeleitet mit Hilfe der Observo-App (oder ähnliche/äquivalent). Erst wenn alle Objekte gemäss Katasterplan abgearbeitet worden sind, kann die Inspektion des Waldstrassenabschnitts abgeschlossen werden. Zurück im Büro hat der Inspekteur noch die Möglichkeit, Korrekturen zu machen oder textliche Ergänzungen anzubringen.

Im Nachgang werden die durchgeführten Inspektionen durch den Betriebsleiter ausgewertet. Ein allfälliger Handlungsbedarf wird auf einer Pendenzenliste erfasst. Abgeschlossen wird die Inspektion mit dem Nachführen des betriebsinternen Erhaltungsmanagements. Dort wird angegeben, bei welchen Waldstrassenabschnitten die Inspektionen abgeschlossen sind, wo betrieblicher Unterhalt ansteht und wo zum Beispiel allenfalls im Rahmen eines Sammelprojekts ein baulicher Unterhalt zu erfolgen hat.

⁶⁵ Die kann mit einer Applikation wie Forstauftrag (forstauftrag.ch) oder einer vergleichbaren Anwendung erfolgen.

In der *Abbildung 41* ist der entsprechende Teilprozess Inspektion als Flussdiagramm dargestellt. Eine Darstellung im Format A3 ist im *Anhang 21* enthalten.

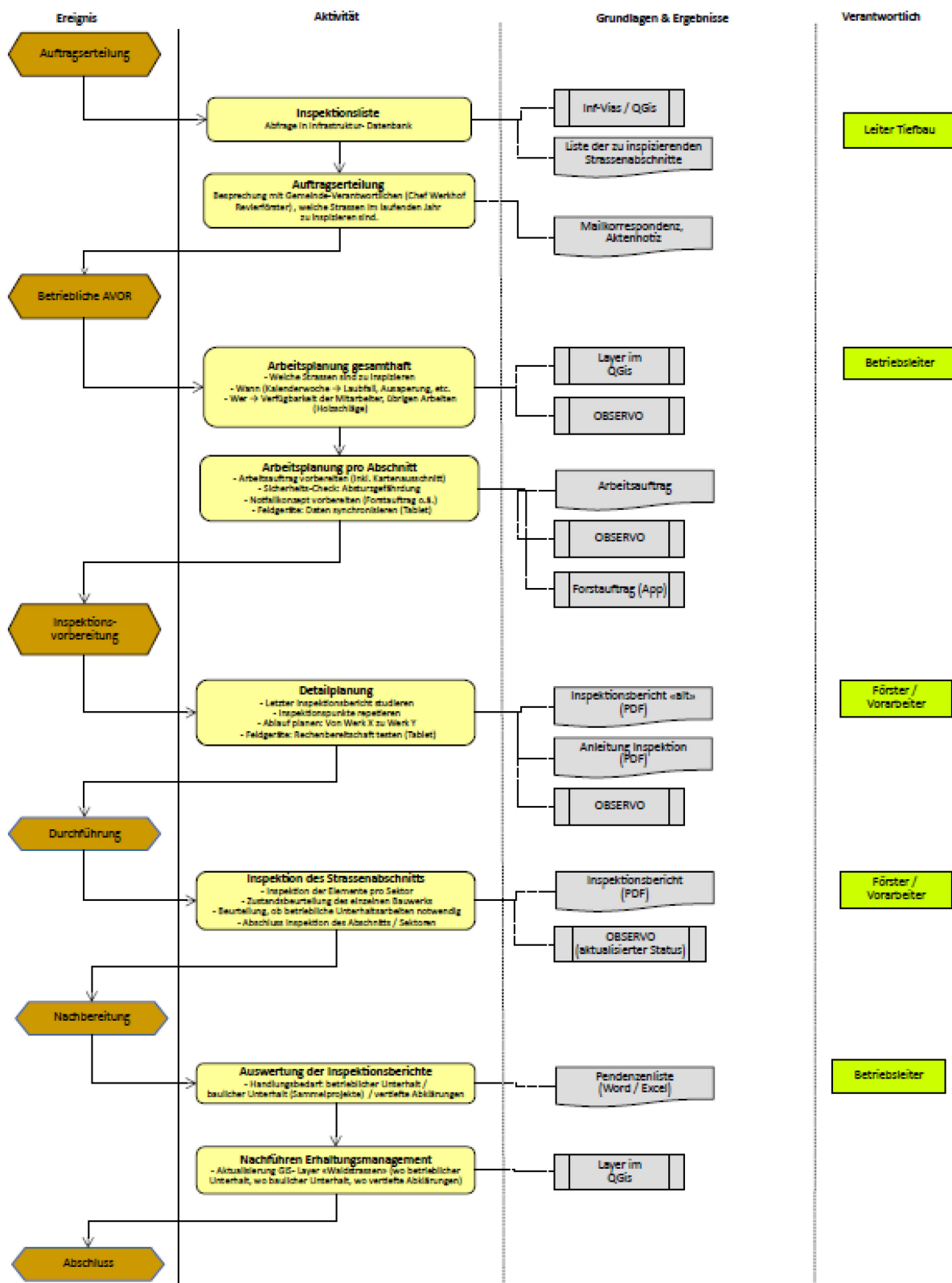


Abbildung 41: Teilprozess Inspektion Waldstrassen - Flussdiagramm.

5 Ergebnisse

5.1 Schutzbauteninfrastruktur

5.1.1 Betrieblicher Aufwand im Verbauggebiet Zugwald

Der betriebliche Aufwand für die Durchführung der Werkinspektion im Verbauggebiet Zugwald lässt sich direkt aus dem betrieblichen Arbeitsprozess ableiten (vgl. Kap. 4.1, Abbildung 30). Die Aufwandabschätzung wurde vom Prinzip her wie die betriebsinterne Vorkalkulation für einen Dienstleistungsauftrag vorgenommen. Für jede im Rahmen der Inspektion der Verbauung Zugwald zu erbringender Leistung wurde der zeitliche Aufwand abgeschätzt.

Bei den **Vorbereitungsarbeiten** geht es einerseits um technisch-organisatorische Vorbereitungen, damit die Inspektion überhaupt durchgeführt werden kann. Hierzu zählt die Bereitstellung des Feldgeräts für die Inspektion (Daten synchronisieren, Eingabebereitschaft testen, Akku laden, Ersatz-Akku bereitstellen). Auch die Erfassung aller notwendigen Angaben im betriebsinternen Notfall-Konzept (z.B. Forstauftrag) gehört hierzu. Weiter muss sich der Inspekteur mit dem Verbauggebiet und den darin vorkommenden Bauwerkstypen vertraut machen. Hierzu zählt primär das Studium des letzten Inspektionsberichts sowie allfälliger Unterhaltsmassnahmen, welche zwischenzeitlich ausgeführt worden sind. Damit die eigentlichen Feldarbeiten effizient ausgeführt werden können, muss der Ablauf der Inspektion vorskizziert werden. In dieser Skizze muss ersichtlich sein, bei welchem Bauwerk mit der Inspektion begonnen wird, wo diese endet und welches der kürzeste Weg⁶⁶ für die Verschiebung zwischen den Werken ist. Der Gesamtaufwand für die Vorbereitungsarbeiten bewegt sich für ein Verbauggebiet zwischen 30 – 45 Min. Bei grösseren Verbauggebieten mit einer grösseren Zahl von Bauwerken (und entsprechend umfangreichen Inspektionsberichten) kann sich dieser Aufwand auf 1 Std. erhöhen.

Die eigentliche **Durchführung der Inspektion** beinhaltet die Verschiebung mit einem Fahrzeug vom Büro des Forstbetriebes in Küblis bis zu einer in der Nähe des Verbauggebiets gelegenen Parkiermöglichkeit. Für die Abschätzung der Fahrzeit auf dem öffentlichen Strassennetz gibt es verschiedene Online- Routenplaner⁶⁷, welche beigezogen werden können. Für die Fahrstrecke auf Wald- und Güterstrassen muss jedoch die Strecke auf dem Plan gemessen und die Fahrzeit basierend auf einer Durchschnittsgeschwindigkeit (30 km/h) ermittelt werden. Die Verbauggebiete selber sind in der Regel nur zu Fuss erreichbar. Vor allem bei den Lawinenanrissgebieten bedeutet dies ein z.T. längerer Fussmarsch vom Abstellplatz des Fahrzeuges bis zum Verbauggebiet. Die Leistungsannahmen

⁶⁶ Unpassierbare Abschnitte (z.B. Felswände) können z.T. grössere Umwege notwendig machen.

⁶⁷ Für das Pilotprojekt wurde www.google.ch/maps beigezogen.

für Fussmarsch gibt es verschiedene Berechnungsformeln. Häufig wird die Formel des Deutschen Alpenvereins DAV auch in der Schweiz angewendet, welche auf der Norm DIN 33466⁶⁸ beruht. Eine weitere Berechnungsformel stammt vom Schweizerischen Alpenverein SAC. Basierend auf diesen beiden Formeln wurden für horizontale Marschleistung 15 [Min./km], für bergauf-laufen 20 [Min./0.1 km] und für bergab-laufen 15 [Min./0.2 km] festgelegt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Marschzeit mit Hilfe von einem Online-Kartentool⁶⁹ zu bestimmen. Hierzu genügt in der Regel das möglichst genaue Einzeichnen der Marschroute auf den Kartenlayer. Neben Horizontal- und Vertikaldistanz wird dann auch gerade die Marschzeiten ermittelt. Die Verbauung Zugwald liegt direkt beim Verladebahnhof Selfranga, so dass ab Parkplatz nur ein kurzer Fussmarsch notwendig war. Der zeitliche Aufwand für das Abarbeiten der verschiedenen Inspektionspunkte bei einer Schutzbaute ist vom Werktyp abhängig. In der *Tabelle 16* sind für Hauptwerktypen Leistungsannahmen⁷⁰ zusammengestellt.

Im Verbaugelände Zugwald gibt es gemäss Inventar 83 [m'] Stahlstützwerke und 14.8 [a] Gleitschneeverbauungen. Der rechnerische Aufwand für die Inspektion dieser Werke beträgt 1.8 [Std.]. Dieser Wert stimmt gut mit dem effektiven zeitlichen Aufwand überein, welche für die Inspektion vor Ort⁷¹ ermittelt worden ist. Zusätzlich ist jedoch noch eine Verschiebungszeit von 1-2 [Min.] zwischen den einzelnen Werken zu berücksichtigen.

Die **Nachbereitung** umfasst wiederum Büroarbeiten. Der Inspektionsbericht wird noch einmal kritisch durchgegangen. Falls nötig, werden Feststellungen mit Notizen ergänzt resp. präzisiert. Falls Handlungsbedarf besteht, erfolgt eine erste Triage in betrieblichen- oder baulichen Unterhalt.

Nicht berücksichtigt bei der Kalkulation wurden Arbeitsleistungen, welche über alle in einem Kalenderjahr zu inspizierenden Verbaugelände erbracht werden:

- Rapporte zur Auftragserteilung;
- Koordinationssitzungen;
- Betriebsinterne Arbeitsplanung;
- Berichterstattung z.H. der kantonalen Fachstelle (nach Abschluss der jährlichen Inspektionskampagne).

⁶⁸ Markierung von Wanderwegen (2004).

⁶⁹ Beispielsweise kann eine Marschstrecke auf der Landeskarte auf map.geo.admin.ch eingezeichnet werden. Für die gemessene Strecke wird dann neben Horizontal- und Vertikaldistanz auch eine Angabe für die Marschzeit gemacht.

⁷⁰ Diese Leistungsannahmen basieren auf eigenen Erfahrungen des Autors. Sie haben keinen allgemeingültigen Charakter und sind von unabhängiger Seite her verifiziert worden.

⁷¹ Durchgeführt am 28. September 2021.

Tabelle 16: Leistungsannahmen für die Inspektion der wichtigsten Schutzbau-Typen.

Lineare Geometrie		Zeitbedarf		Aufwand	
-	Lawinenstützwerke, 2 Stk., mit Zwischengarnitur / Zwischennetz, Länge: total 10 m'	4-6	[Min.]	0.01	[h/m']
-	Lawinen- und Murgangdamm, Abschnittslänge 10 m'	2	[Min.]	0.003	[h/m']
-	Steinschlagnetz: Feld mit 2 Stützen, Länge: 10 m'	7-9	[Min.]	0.01	[h/m']
-	Palisade (2-3 Felder) oder Mauer, Länge total 10 m'	4-5	[Min.]	0.01	[h/m']
-	Murgangnetz (2 Stützen), Dosiersperre: Länge: 10 m'	8-9	[Min.]	0.015	[h/m']
-	Holzkasten, Sperre, Mauer: Länge: total 10 m'	5-6	[Min.]	0.010	[h/m']
-	Blockwurf, Sohlsicherung: Länge: total 10 m'	2	[Min.]	0.003	[h/m']
-	Entwässerungsgräben, Kanäle: Länge: 10 m'	2	[Min.]	0.003	[h/m']
Flächengeometrie		Zeit		Aufwand	
-	Gleitschneeverbau (Dreibeinböcke); Ausdehnung: 10 [m] x 10 [m]	4	[Min.]	0.07	[h/a]
-	Netzabdeckung: Ausdehnung: 10 [m] x 10 [m]	4	[Min.]	0.07	[h/a]
-	Ing. Biologische Fläche: Ausdehnung: 10 [m] x 10 [m]	2-3	[Min.]	0.05	[h/a]
Punktgeometrie		Zeit		Aufwand	
-	Ortbeton- Foundation eines Sprengmast oder Felsunterfangung Ausdehnung: < 1 [m ²]	2-4	[Min.]	0.05	[h/Stk.]

Die Durchführung der Arbeiten erfolgt durch einen erfahrenen Förster mit Abschluss der höheren Fachschule (Förster HF). Der Verrechnungsansatz⁷² wurde mit SFr. 110.- festgelegt. In der *Tabelle 17* ist die Aufwandabschätzung für die Durchführung einer Inspektion im Verbauggebiet Zugwald zusammengestellt. Die vollständige Kalkulation ist im *Anhang 22* enthalten. Würden diese Arbeiten direkt dem Werkeigentümer⁷³ in Rechnung gestellt so würde sich der Aufwand (exkl. Nebenkosten, exkl. MwSt.) auf (aufgerundet) SFr. 500.- belaufen.

⁷² Die Höhe des Verrechnungsansatzes für einen Förster in der Voralpinen Zone beträgt gemäss BAR-Testbetriebsnetz SFr. 108.-, in der Alpinen Zone SFr. 111.- (Bezugsjahr 2016).

⁷³ Rhätische Bahn AG.

Tabelle 17: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion des Verbaugbiets Zugwald.

LV Zugwald (RhB)	Einheit	Aufwand	Ansatz	Betrag	Total
Ausdehnung der Verbauung					
- Werke linear	83 [m']				
Anzahl Werkreihen	3 [Stk.]				
- Verbauungen flächig	14.77 [a]				
1 Vorbereitungsarbeiten	[Std.]	0.75	CHF 110	CHF 83	
Update Verbaugbiet auf Feldgerät (Synchronisation)	[Std.]	0.08			
- Annahme: bis 5 Minuten					
Sicherheits-Check: Absturzgefährdung beim Zustieg oder im VG	[Std.]	0.08			
- Annahme: bis 5 Minuten					
Notfallkonzept: Forstaufrag vorbereiten oder Eintrag in Outlook- Kalender des FB	[Std.]	0.17			
- Annahme: 5-10 Minuten					
Unterlagen studieren: Letzter Inspektionsbericht, zwischenzeitlich durchgeführte Unterhaltmassnahmen	[Std.]	0.17			
- Annahme: 5-10 Minuten					
Ablauf der Inspektion durchgehen: Wo beginnen, welcher Weg, wo beenden	[Std.]	0.17			
- Annahme: 5-10 Minuten					
Reserve / Unvorhergesehenes	[Std.]	0.08			
2 Durchführung der Inspektion	[Std.]	2.88	CHF 110	CHF 317	
Hin- und Rückfahrt mit PW ab Büro bis Parkplatz in der Nähe des Verbaugbiets		0.67			
- Annahme: Küblis - Selfranga: 15-20 Minuten					
Fussmarsch ab Parkplatz bis Startpunkt der Inspektion und vom Endpunkt wieder zurück		0.33			
- Annahme: weniger als 1 km, d.h. ca. 1 Minuten					
Inspektion der Einzelwerke		0.83			
Verschiebung von Werkreihe zu Werkreihe		0.08			
Inspektion der Gleitschneeverbauung		0.97			
3 Nachbereitung	[Std.]	0.90	CHF 110	CHF 99	
Inspektionsbericht sichten, ggf. ergänzen		0.4			
Triage baulicher / betrieblicher Unterhalt machen, Pendenzenliste für Unterhaltsarbeiten nachführen		0.5			
Total Aufwand für Werkinspektion	[Std.]	4.53			CHF 498

5.1.2 Hochrechnung auf alle Verbauggebiete in Klosters

Basierend auf den Erfahrungen im Testgebiet Zugwald konnte nun in einem nächsten Schritt der Inspektionsaufwand in den übrigen Verbauggebieten auf dem Gemeindegebiet von Klosters abgeschätzt werden. Grundlage bildet das Bauwerksinventar. Für jedes Verbauggebiet (gemäss Auflistung im *Anhang 3* wurde aufgrund der Daten aus dem kantonalen Schutzbautenkataster (SBK-GR) ein Verzeichnis der Werke erstellt, und zwar aufgeteilt nach «Werke mit linearer Geometrie» und

«Werke mit Flächengeometrie». Ergänzt wurde dieses Verzeichnis mit einem «Plan der Ausgeführten Werke», erzeugt aus dem kantonalen Map-Service für Schutzbauten. Der gesamte Inventarauszug, unterteilt nach Lawinenverbau, Hang-/Bachverbau und Steinschlagverbau, ist im *Anhang 23* zusammengestellt. Mit Hilfe des «Verzeichnis der Werke» und der für die Kalkulation des Inspektionsaufwandes der Verbauung Zugwald entworfenen Excel- Tabelle (vgl. *Anhang 22*) konnte nun für jedes Verbauggebiet der Aufwand für die Durchführung einer Werkinspektion abgeschätzt werden. Die Anfahrt resp. der Fussmarsch zum Verbauggebiet musste jedoch separat ermittelt werden. Auch der Aufwand für die Vor- und Nachbereitung wurde für jedes Verbauggebiet separat abgeschätzt, da diese Aufwendungen vor allem von der Anzahl der Bauwerke abhängt. In den *Tabellen 18 – 20* ist eine summarische Zusammenstellung über alle Verbauggebiete aufgelistet, gegliedert nach Hauptprozessen. Die einzelnen Kalkulationen der Verbauggebiete sind im *Anhang 24* enthalten.

Tabelle 18: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion aller Hang- und Bachverbauungen in Klosters.

Prozess Wasser / Rutsch		
NAME	MNE_ID	Aufw. [Std.]
HB Adlerfluh	854	4.03
HB Bim Wijer (ASTRA)	1814	3.44
HB Casolfbach	1016	3.89
HB Dorfbach Serneus	2112	14.08
HB Drostobel (ASTRA)	2087	11.85
HB Erlenberg	981	1.3
HB Feschgelser Bach	2171	1.64
HB Frasmardin	2415	2.07
HB Grafenbach	2173	2.34
HB Gruoben (TBA)	1811	1.44
HB Günscharüel	979	5.65
HB Hajaho (ASTRA)	1812	1.66
HB Hexentobel (TBA)	1015	2.04
HB In der Siten	2154	2.54
HB Landquart 1	2116	17.65
HB Landquart 2	2115	17.25
HB Landquart 3	2114	12.89
HB Landquart 4	2113	18.54
HB Leimtobel	961	3.51
HB Martisch Gaden	2172	3.29
HB Monbielerwald	962	10.25
HB Mülitobel	1407	3.53
HB Mülitobel (RhB)	1244	6.85

Die Tabelle wird auch auf der nächsten Seite fortgesetzt.

Fortsetzung der Tabelle 18.

Prozess Wasser / Rutsch (Forstsetzung)		
NAME	MNE_ID	Aufw. [Std.]
HB Oberdorfbach	2205	6.14
HB Padratscha	985	1.77
HB Parzelvebach	978	12.72
HB Ragoz	1815	3.51
HB Ruefebach	1403	1.7
HB Rufenenwald	980	2.54
HB Saasalpbach	2416	4.77
HB Sagabach	1014	12.22
HB Sagabach WB	2174	16.96
HB Schlappinbach	2117	5.53
HB Schwendi	983	3.1
HB Stützbach (ASTRA)	1406	5.16
HB Talbach	2463	2.9
HB Tschägibach	982	5.65
HB Vasortis	1404	1.67
HB Werribach	960	4.11
HB Zufahrt-Serneus (TBA)	1035	1.44

Tabelle 19: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion aller Lawinenverbauungen in Klosters.

Prozess Lawine		
NAME	MNE_ID	Aufw. [Std.]
LV Älpelti	872	13.26
LV Älpeltispitz	873	16.57
LV Arensa Nord (ASTRA)	1826	14.44
LV Arensa Süd (ASTRA)	1827	9.14
LV Bündelti	1112	7.16
LV Galmun	825	21.1
LV Geishorn (ASTRA)	1825	15.16
LV Gotschnatunnel (ASTRA)	965	6.07
LV In den Sätz	830	7.84
LV KLA Tal	1728	8.58
LV KLA Tal Ost	1822	5.48
LV Mittelegge	947	4
LV Raschnal (TBA)	1374	2.68
km 38.5 (LV Ried)	1246	3.21
km 38.7 (LV Ried)	1247	3.78
LV Rüggen	701	21.74
LV Unter Aelpelti	791	17.02
LV Zugwaldtunnel (RhB)	966	4.52
LV/HB Damm Tal	956	4.65

Tabelle 20: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion aller Steinschlagverbauungen in Klosters.

Prozess Sturz		
NAME	MNE_ID	VG_ID
SSV Cavadürli (RhB)	1428	6.3
SSV Gruobenwald (ASTRA)	1806	11.75
SSV Matteli (RhB)	1245	6.14
SSV Mezzaselva	875	4.1
SSV Pagrüg (ASTRA)	1824	12.6
SSV Tschessboden (RhB)	1819	2.43
SSV/HB Ragoztobel (TBA)	1402	3.26

Der gesamte Inspektionsaufwand über alle Verbaugelände beträgt somit:

- Hang-/Bachverbauungen 244 [Std.]
- Lawinenverbauungen 186 [Std.]
- Steinschlagverbauungen 47 [Std.]

Die Summe dieser Zahl entspricht aber nicht dem jährlichen Aufwand für Inspektionsarbeiten in Klosters. Es muss auch noch die Periodizität der Inspektionen mitberücksichtigt werden. Bei Steinschlagverbauungen wird angenommen, dass der mittlere Inspektionsturnus zwei Jahre beträgt. Hang-/Bachverbauungen sind in der Regel bautechnisch einfacher und deshalb robuster konstruiert. Deshalb genügt ein mittlerer Inspektionsturnus von vier Jahre. Bei Lawinenverbauungen ist eine Inspektion alle drei Jahre in der Regel ausreichend.

Da die Verbaugelände unterschiedliche Ausdehnungen haben, wird nur ein rechnerischer mittlerer Jährlicher Inspektionsaufwand ermittelt:

- Hang-/Bachverbauungen 61 [Std./Jahr]
- Lawinenverbauungen 62 [Std./Jahr]
- Steinschlagverbauungen 23 [Std./Jahr]

Somit ergibt sich für das Gemeindegebiet von Klosters für die **jährlichen Inspektionsarbeiten** an den Schutzbauten einen rechnerischen betrieblichen Aufwand von **146 Arbeitsstunden**.

5.2 Waldstrasseninfrastruktur

5.2.1 Betrieblicher Aufwand für Waldstrassenabschnitt Mezzaselva

Der betriebliche Aufwand für die Durchführung der Inspektion von Fahrbahn und Kunstbauten im Waldstrassenabschnitt Mezzaselva lässt sich direkt aus dem betrieblichen Arbeitsprozess ableiten (vgl. Kap. 4.2, *Abbildung 41*). Die Aufwandabschätzung wurde vom Prinzip her wie die betriebsinterne Vorkalkulation für einen Dienstleistungsauftrag vorgenommen. Für jede im Rahmen der Inspektion der Waldstrasse zu erbringender Leistung wurde der zeitliche Aufwand abgeschätzt.

Bei den **Vorbereitungsarbeiten** geht es einerseits um technisch-organisatorische Vorbereitungen, damit die Inspektion überhaupt durchgeführt werden kann. Hierzu zählt die Bereitstellung des Feldgeräts für die Inspektion (Daten synchronisieren, Eingabebereitschaft testen, Akku laden, Ersatz-Akku bereitstellen). Auch die Erfassung aller notwendigen Angaben im betriebsinternen Notfall-Tool (z.B. Forstauftrag) gehört hierzu. Weiter muss sich der Inspekteur mit dem Waldstrassenabschnitt und den darin vorkommenden Kunstbauten vertraut machen. Hierzu zählt primär das Studium des letzten

Inspektionsberichts sowie allfälliger Unterhaltsmassnahmen, welche zwischenzeitlich ausgeführt worden sind. Der eigentliche Ablauf der Feldarbeiten ist durch die lineare Anlage der Waldstrasse gegeben. Das Fahrzeug wird an das Ende des Sektors gestellt. Anschliessend wird auf dem Hinweg die Fahrbahn inspiziert, und auf dem Rückweg die Kunstbauten. Der Gesamtaufwand für die Vorbereitungsarbeiten bewegt sich für einen Waldstassenabschnitt zwischen 20 - 30 Min. Bei grösseren Abschnitten mehreren Sektoren (und entsprechend umfangreichen Inspektionsberichten) kann sich dieser Aufwand auf 45 Min. erhöhen.

Die eigentliche **Durchführung der Inspektion** beinhaltet die Verschiebung mit einem Fahrzeug vom Büro in Küblis bis zum ersten Sektor der Waldstrasse. Die Abschätzung der Fahrzeit auf dem öffentlichen Strassennetz erfolgt analog wie bei den Schutzbauten (vgl. Kap. 5.1.1). Die Sektoren selber werden zu Fuss inspiziert. Die Leistungsannahmen für Fussmarsch erfolgt wiederum analog wie bei den Schutzbauten.

Der zeitliche Aufwand für das Abarbeiten der verschiedenen Inspektionspunkte bei einem Waldstrassensektor ist vom Fahrbahntyp und den verschiedenen Kunstbauten-Typen abhängig. In der *Tabelle 21* sind für die verschiedene Objekte Leistungsannahmen zusammengestellt. Diese Leistungsannahmen⁷⁴ wurden aufgrund der im Rahmen der Feldarbeiten rapportierten zeitlichen Aufwendungen für die verschiedenen Arbeitsschritte ermittelt.

Im Waldstrassenabschnitt Mezzaselva gibt es gemäss Inventar 1'960 [m'] ton-wasser-gebundene Verschleisssschicht⁷⁵, 370 [m'] Blocksteinmauern, 59 [m'] Durchlässe und Brücken sowie 87 [m'] Geländer. Der rechnerische Aufwand für die Inspektion dieser Objekte in den drei Fahrbahnsektoren beträgt 4.2 [Std.].

Tabelle 21: Leistungsannahmen für die Inspektion der verschiedenen Objekte am Mezzaselva-Waldweg.

Lineare Geometrie		Zeitbedarf		Aufwand	
-	Fahrbahn (Ton-Wasser-gebundene Verschleisssschicht), mit Querabschlägen und Längsentwässerung; Länge 100 m'	2	[Min.]	0.0003	[h/m']
-	Holzkasten, Blocksteinmauer: Länge total 10 m'	2	[Min.]	0.0033	[h/m']
-	Brücke, Durchlass; Länge total 10 m'	4	[Min.]	0.0067	[h/m']
-	Geländer von Brücken / Mauern: Länge total 10 m'	1	[Min.]	0.0017	[h/m']
-	Angrenzende Böschung (berg- und talseitig): Länge 100 m'	1	[Min.]	0.0002	[h/m']

⁷⁴ Diese Annahmen gelten für eine Waldstrasse mit bautechnisch ähnlichem Charakter wie der Waldweg Mezzaselva. Sie haben keinen allgemeingültigen Charakter und sind nicht von unabhängiger Seite her verifiziert worden.

⁷⁵ Sowie entsprechend auch im gleichen Umfang angrenzende berg- und talseitige Böschungen

Dieser Wert stimmt gut mit dem effektiv rapportierten zeitlichen Aufwand überein, welche für die Inspektion vor Ort⁷⁶ ermittelt worden ist. Zusätzlich ist noch eine Verschiebungszeit mit dem Personenwagen von ca. 1 [Min.] zwischen den einzelnen Sektoren zu berücksichtigen.

Die **Nachbereitung** umfasst wiederum Büroarbeiten. Der Inspektionsbericht wird noch einmal kritisch durchgegangen und Feststellungen mit Notizen ergänzt resp. präzisiert. Falls Handlungsbedarf besteht, erfolgt eine erste Triage in betrieblichen- oder baulichen Unterhalt.

Nicht berücksichtigt bei der Kalkulation wurden Arbeitsleistungen, welche über alle in einem Kalenderjahr zu inspizierenden Waldstrassensektoren erbracht werden:

- Rapporte zur Auftragserteilung;
- Koordinationssitzungen;
- Betriebsinterne Arbeitsplanung.

Die Durchführung der Arbeiten erfolgte im vorliegenden Pilotprojekt durch R. Bolliger und M. Frei. Analog wie bei den Schutzbauten werden solche Arbeiten in der Regel durch einen erfahrenen Förster mit Abschluss der höheren Fachschule (Förster HF) ausgeführt. Der Verrechnungsansatz⁷⁷ wurde mit SFr. 110.- festgelegt.

In der *Tabelle 22* ist die Aufwandabschätzung für die Durchführung einer Inspektion im Waldstrassenabschnitt Mezzaselva zusammengestellt. Die vollständige Kalkulation ist im *Anhang 25* enthalten. Würden diese Arbeiten direkt einem privaten Waldstrassenbesitzer in Rechnung gestellt, so würde sich der Aufwand (exkl. Nebenkosten, exkl. MwSt.) auf (aufgerundet) SFr. 470.- belaufen.

⁷⁶ Durchgeführt am 05. Juli 2022.

⁷⁷ Es wäre auch denkbar einen internen Verrechnungssatz von SFr. 95.- zu verwenden, da die Forststrassen im Eigentum der Gemeinde sind. Um die rechnerischen Aufwendungen besser mit den Schutzbauten vergleichen zu können, wurde darauf verzichtet.

Tabelle 22: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion des Mezzaselva-Waldwegs.

1 Vorbereitungsarbeiten		[Std.]	0.50	
Update Abschnitt auf Feldgerät (Synchronisation)		[Std.]	0.08	
- Annahme: bis 5 Minuten				
Sicherheits-Check: Absturzgefährdung		[Std.]	0.03	
- Annahme: bis 1-2 Minuten				
Notfallkonzept: Forstauftrag vorbereiten oder Eintrag in Outlook- Kalender des Forstbetriebs		[Std.]	0.08	
- Annahme: 5 Minuten				
Unterlagen studieren: Letzter Inspektionsbericht, zwischenzeitlich durchgeführte Unterhaltsmassnahmen		[Std.]	0.17	
- Annahme: 10 Minuten				
Ablauf der Inspektion durchgehen: Wo beginnen, welcher Weg, wo beenden		[Std.]	0.05	
- Annahme: 2-3 Minuten				
Reserve / Unvorhergesehenes		[Std.]	0.08	
2 Durchführung der Inspektion		[Std.]	3.25	
Hin- und Rückfahrt mit Fahrzeug ab Büro bis Beginn Waldstrassen -Abschnitt (und vom Ende wieder zurück)				
- Annahme: Küblis - Mezzaselvawald (Forststrasse)			0.50	
Verschiebung mit Fahrzeug von Sektor- zu Sektor				
- Annahme: 2 Min / Sektor	3 [Stk.]		0.07	
Inspektion der einzelnen Objekte				
- Gesamtlänge Fahrbahn	1960 [m']		0.65	
- Gesamtlänge Kunstbauten	370 [m']		1.23	
- Gesamtlänge Gerinnequerung (Durchlässe, Brücken)	48 [m']		0.32	
- Gesamtlänge Abschränkungen	87 [m']		0.15	
- Gesamtlänge angrenzende Böschung	1960 [m']		0.33	
3 Nachbereitung		[Std.]	0.45	
Inspektionsbericht sichten, ggf. ergänzen				
- Annahme: 3-4 Minuten pro Sektor	3 [Stk.]		0.20	
Triage baulicher / betrieblicher Unterhalt machen, Pendenzenliste für Unterhaltsarbeiten nachführen			0.25	
- Annahme: 15 Minuten				
Total Aufwand für Werkinspektion			4.20 [Std.]	

5.2.2 Hochrechnung auf alle Waldstrassen in Klosters

Basierend auf den Erfahrungen im Testgebiet Mezzaselva konnte nun in einem nächsten Schritt der Inspektionsaufwand in den übrigen Waldstrassenabschnitte auf dem Gemeindegebiet von Klosters abgeschätzt werden. Grundlage bildet das Inventar der Waldstrassen in Klosters (gemäss Auflistung im *Anhang A6*). Da jedoch im Kanton Graubünden (und deshalb auch in Klosters) kein vollständiger Waldstrassenkataster besteht, konnte nicht pro Waldstrassenabschnitt ein Verzeichnis mit allen Bauwerken erstellt werden. Der Inspektionsaufwand kann deshalb nicht analog, wie bei den Schutzbauten hochgerechnet werden. Stattdessen wurde angenommen, dass die drei Sektoren des Waldwegs Mezzaselva mit ihren verschiedenen Kunstbauten in etwa repräsentativ ist für bautechnische Ausführung der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen in Klosters. Somit kann der Inspektionsaufwand des Abschnitts Mezzaselva (Ausgedrückt in [Std./m']) verwendet werden, um eine Hochrechnung über das Gemeindegebiet von Klosters zu machen. Hierzu wird dann schlussendlich nur die Länge der verschiedenen Waldstrassenabschnitte benötigt, so wie er bereits in der Auflistung im *Anhang 6* dargestellt ist.

Die Anfahrt zum Waldstrassenabschnitt musste jedoch separat ermittelt werden. Auf dem Aufwand für die Vor- und Nachbereitung wurde für jeden Waldstrassenabschnitt separat abgeschätzt, da diese Aufwendungen vor allem von der Anzahl der Sektoren abhängen. In der *Tabelle 23* ist eine summarische Zusammenstellung über alle lastwagenbefahrbaren Waldstrassen aufgelistet. Die einzelnen Abschnitte sind im *Anhang 26* enthalten, die zugehörige Kalkulation im *Anhang 27*.

Tabelle 23: Zusammenstellung des betrieblichen Aufwands für die Inspektion der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen in Klosters.

Gebiet	Anzahl Abschnitte	Kat.	Länge [m]	Aufw. [Std.]
Mezzaselverwald	2	1/3	2780	6.95
Oberberg	6	1/2/3	14100	30.65
Grünenbödeli	2	1/3	2475	6.73
Zugwald	6	1/2/3	8670	22.24
Tschessbodenwald	4	2/3	3250	11.09
Schafwald	4	1/3	8390	19.65
Graggenwald	3	1/3	2685	8.12
Rütiwald	4	1/3	7440	16.79
Schiferwald	7	1/2/3	9890	24.59
Serneus	3	2/3	3980	9.72
Rüti	2	1/3	3155	7.22
Mezzaselva	5	1/2/3	4135	12.33
Alpwald	3	1/2	4340	12.03
Erlenberg	4	1/2/3	7840	18.90
Schlappinwald	3	2/3	5240	13.09
Tal	5	1/2/3	4955	15.47
Monbiel	2	2/3	4824	10.92
Novai	4	1/2/3	13056	27.32
Selfranga	4	1/2	4300	13.06
Chüenischboden	2	1/2	3970	9.32

Der gesamte Inspektionsaufwand über alle Strassenabschnitte beträgt insgesamt 296 Stunden.

Die Summe dieser Zahl entspricht aber nicht dem effektiven jährlichen Aufwand für Inspektionsarbeiten in Klosters. Es muss auch noch die Periodizität der Inspektionen mitberücksichtigt werden. Bei Waldstrassen wird angenommen, dass der mittlere Inspektionsturnus vier Jahre beträgt. Somit ergibt sich für das Gemeindegebiet von Klosters für die **jährlichen Inspektionsarbeiten** an den Waldstrassen einen rechnerischen betrieblichen Aufwand von **74 Arbeitsstunden**.

5.3 Vergleich mit Wiederbeschaffungswert

5.3.1 Vergleich mit Wiederbeschaffungswert Schutzbauten

Der Wiederbeschaffungswert der Schutzbauten, welche auf dem Gemeindegebiet von Klosters zum Schutz von Menschen und erheblichen Sachwerten erstellt worden sind, lässt sich nun mit Hilfe der Angaben aus dem Schutzbauteninventar abschätzen. Hierzu wurde für jedes Verbauggebiet das Werksverzeichnis beigezogen (vgl. *Anhang 23*). In diesem Verzeichnis ist das Ausmass⁷⁸ aller im Verbauggebiet errichteten Werkarten aufgelistet. Mit Hilfe der in Kap. 3.5 enthaltenen Systempreise lässt sich nun ein rechnerischer Wiederbeschaffungswert für das entsprechende Verbauggebiet ermitteln. Über alle Verbauggebiete gemäss Inventar (vgl. *Anhang 23*) ergibt dies die in *Tabelle 24* aufgelisteten Wiederbeschaffungswerte⁷⁹.

Es lässt sich nun aus dem Wiederbeschaffungswert ableiten, welcher Betrag in der Gemeinde Klosters für die Deckung der jährlichen Reparatur- und Unterhaltskosten an der Verbauungsinfrastruktur bereitgestellt werden müsste. Gemäss den Richtwerten aus EconoMe (vgl. Kap. 3.5) differieren diese je nach Verbauungstyp. Da in Klosters alle wesentlichen Werktypen vorkommen, wird ein mittlerer Richtwert von 1.5% zur Anwendung vorgeschlagen. Demzufolge müsste in Klosters für **Reparaturen** und **betrieblichen Unterhalt** an den Verbauungen (aufgerundet) rund **SFr. 410'000.-** pro Jahr aufgewendet werden.

Die jährlich wiederkehrenden Inspektionsarbeiten sind grundsätzlich ein Bestandteil dieser betrieblichen Unterhaltsarbeiten. Aufgrund des in Kap. 5.1 ermittelten Aufwandes von 146 Arbeitsstunden pro Jahr ergibt sich bei einem Kostenansatz von SFr. 110.- / Std. ein **jährlicher Gesamtaufwand** für die **Inspektion von Schutzbauten** von **SFr. 16'060.-**. Dies entspricht rund **4%** des Budgets für Reparaturen und betrieblichen Unterhalt.

Tabelle 24: Wiederbeschaffungswert der Verbauungen in Klosters.

Prozess	Wiederbeschaffungswert
Hang- / Bachverbauungen	15'500'000.-
Lawinenverbauungen	11'600'000.-
Steinschlagverbauungen	135'000.-
Total	27'235'000.-

⁷⁸ Laufmeter [m'], Stückzahl [Stk.] oder Flächenmass [m2].

⁷⁹ Berücksichtigt wurden nur Verbauggebiete der Gemeinde Klosters, d.h. ohne die Verbauggebiet von ASTRA, RhB und TBA. Weiter wurden die rechnerisch ermittelten Zahlen aufgerundet.

5.3.2 Vergleich mit Wiederbeschaffungswert Waldstrassen

Analog wie bei den Schutzbauten lässt sich der Wiederbeschaffungswert der lastwagenbefahrbaren Waldstrassen auf dem Gemeindegebiet von Klosters nun mit Hilfe der Angaben aus dem Waldstrasseninventar abschätzen. Gemäss dem Inventarauszug im *Anhang 6* gelten in Klosters rund 120 km der Forststrassen als lastwagenbefahrbar. Mit Hilfe der in *Kap. 3.5* enthaltenen Systempreise lässt sich nun ein rechnerischer **Wiederbeschaffungswert** für diese **Waldstrassen** (inkl. aller für die Trasseeführung benötigter Kunstbauten) ermitteln. Dieser beläuft sich auf **SFr. 167'265'000.-**.

Es lässt sich nun aus dem Wiederbeschaffungswert ableiten, welcher Betrag in der Gemeinde Klosters für die Deckung der jährlichen Reparatur- und Unterhaltskosten an den lastwagenbefahrbaren Waldstrassen bereitgestellt werden müsste. Gemäss *Kap. 3.5.2* beläuft sich dieser Richtwert für Forststrassen minimal auf 0.5% pro Jahr. Demzufolge müsste in Klosters für **Reparaturen** und **betrieblichen Unterhalt** an den Waldstrassen (aufgerundet) mindestens **SFr. 840'000.-** pro Jahr aufgewendet werden.

Die jährlich wiederkehrenden Inspektionsarbeiten sind grundsätzlich ein Bestandteil dieser betrieblichen Unterhaltsarbeiten. Aufgrund des in *Kap. 5.2* ermittelten Aufwandes von 74 Arbeitsstunden pro Jahr ergibt sich bei einem Kostenansatz von SFr. 110.- / Std. ein **jährlicher Gesamtaufwand** für die **Inspektion** von **Waldstrassen** von **SFr. 8'140.-**. Dies entspricht rund **1%** des (kalkulierten) Budgets für Reparaturen und betrieblichen Unterhalt.

6 Diskussion und Schlussfolgerungen

Mit dem vorliegenden Pilotprojekt wurden die konzeptionellen Überlegungen zum Erhaltungsmanagement forstlicher Infrastruktur konkret im Forstbetrieb Madrisa umgesetzt, und zwar für das Gemeindegebiet von Klosters. Der Fokus wurde dabei auf die periodische wiederkehrenden Überwachungstätigkeiten gelegt. Konkret wurde untersucht, welche Vorarbeiten zu leisten sind, damit überhaupt erst eine qualitativ ausreichende Überwachung der forstlichen Infrastruktur erfolgen kann und welche Konsequenzen sich hieraus auf die betrieblichen Arbeitsabläufe ergeben. An zwei Testobjekten (Lawinenverbauung Zugwald, Forststrasse Mezzaselva) wurden die methodischen Ansätze im Feld umgesetzt und die Ergebnisse dokumentiert. Dabei wurden nicht nur die Arbeitsabläufe für den Mitarbeiter des Forstbetriebs spezifiziert, sondern auch der Arbeitsaufwand für Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung kalkuliert. Auf dieser Basis erfolgte eine Hochrechnung des betrieblichen Aufwandes über alle Verbaugebiete und Forststrassenabschnitte, welche in einem Jahr auf dem Gemeindegebiet von Klosters zu inspizieren sind. Der auf dieser Basis ermittelte Aufwand beläuft sich für den Forstbetrieb auf insgesamt 220 Arbeitsstunden. Unter der Berücksichtigung, dass eine Vollzeitstelle in der Land- und Forstwirtschaft rund 2'200 Jahresarbeitsstunden⁸⁰ umfasst, entspricht dies einem Arbeitspensum von 10%. Der Gegenwert für diese jährlich wiederkehrende Arbeitsleistung beläuft sich bei einem Ansatz für externe Verrechnung von SFr. 110.- / Std. auf 24'200.-.

Nachfolgend sind Erkenntnisse aus der Durchführung des Pilotprojekts Madrisa zusammengestellt:

- Das Erhaltungsmanagement forstlicher Infrastruktur ist eine Daueraufgabe. Ihre Umsetzung im Forstbetrieb benötigt die entsprechenden personellen und finanziellen Ressourcen. Diese Ressourcen müssen längerfristig gesichert sein und dürfen nicht aufgrund jährlich wiederkehrender Budgetdiskussionen in Frage gestellt werden.
- Beim Betriebsleiter müssen die Fäden des forstlichen Erhaltungsmanagement zusammenlaufen. Analog wie beim Wald sollte er über den aktuellen Status der forstlichen Infrastrukturen wie Schutzbauten und Waldstrassen auf einen Blick Bescheid wissen („Ampelsystem“).
- Aus Sicht des Forstbetriebes / Werkeigentümers ist die Überwachung von Schutzbauten und Waldstrassen konsequent auf die Substanzerhaltung der Anlagen auszurichten. Wenn übergeordnete Stellen (Bund und Kanton) weiterführende Informationen benötigen, sind

⁸⁰ Gemäss Auswertung des Bundesamtes für Statistik (BfS) betrug die vertragliche Jahresarbeitszeit der Vollzeitarbeitnehmenden (Schweizer Nationalität) im Sektor Land- und Forstwirtschaft im Jahre 2021 2021 Std.

diese in separaten Prozessabläufen zu beschaffen. Das Erhaltungsmanagement eines Forstbetriebes solle jedoch so strukturiert sein, dass diese ergänzenden Informationsbeschaffungen mit vertretbarem Mehraufwand ermöglicht werden.

- Der effektive Personal- und Finanzaufwand ist primär abhängig vom Umfang des Inventars der forstlichen Infrastrukturen im Zuständigkeitsbereich des Forstbetriebs. In Bezug auf die Zuständigkeiten ist darauf hinzuweisen, dass je nach Kanton oder lokalen Gegebenheiten die Zuständigkeiten anderen Stellen als den einzelnen Forstbetrieben zugewiesen werden können (bspw. die „consorzi“ im Tessin oder die Arbeitsgemeinschaften in anderen Regionen).
- Das zweckmässig erhobene und periodisch nachgeführte Inventar ist eine zentrale Grundlage für das Betreiben eines Erhaltungsmanagements. Bund und Kanton sollen Anreize schaffen, damit kleinere Infrastrukturbesitzer die notwendigen zeitnah veranlassen, damit diese Schlüsselgrundlage für die weiteren Arbeiten zur Verfügung steht. Diese Grundlage ist sehr wichtig auch im allgemein zur Wissenssicherung bzw. zum Wissensmanagement, der oft in den kleineren Betrieben stark zu einzelnen Personen gebunden ist (wenn dann die Person mit dem Wissen über die Infrastrukturen ausfällt, entsteht eine grosse Wissenslücke).
- Bei der Überwachung der Infrastruktur gibt es verschiedene Schnittstellen zu anderen Fachstellen, Körperschaften, Themenbereiche, etc. Bei einer grösseren Anzahl Infrastrukturobjekten lohnt sich die Digitalisierung dieser Schnittstellen, damit sich der Arbeitsaufwand für Inspektionsarbeiten und insbesondere auch für die Nachführung des aktuellen Status der forstlichen Infrastruktur reduziert.
- An der forstlichen Infrastruktur sind neben den Gemeinden auch Bund und Kanton beteiligt (i.d.R. finanzielle). Somit sollten auch deren Ansprüche an die Verfügbarkeit der Infrastruktur verbindlich dargelegt werden. Daraus könnten sich dann auf Stufe Forstregion, Forstkreis oder Kanton Teilstrategien für die Infrastrukturerhaltung formulieren lassen.
- Die forstliche Infrastruktur ist Bestandteil der kommunalen Infrastruktur. Damit Doppelspurigkeiten vermieden- und Synergien optimal genutzt werden können, ist das forstliche Erhaltungsmanagement in die Infrastruktur- Strategie der Gemeinde (oder von anderen Territorialeinheiten) einzubetten resp. mit dieser zu koordinieren.
- Das Erhaltungsmanagement darf sich nicht nur auf das Feststellen von Mängeln beschränken. Ebenso wichtig ist das zeitnahe/rechtszeitige Beheben von festgestellten Mängeln. Für die Umsetzung der Massnahmen des betrieblichen Unterhalts bedeutet das, dass die notwendigen personellen Ressourcen (Mitarbeiter), organisatorische Ressourcen (Betriebsmittel) und finanzielle Ressourcen (Budget für Materialeinkauf oder Drittaufträge) vorhanden sein müssen.

- Beim baulichen Unterhalt sind vereinfachte Genehmigungsverfahren eine wichtige Voraussetzung, damit zeitnah reagiert werden kann. Ein denkbarer Ansatz sind regionale oder kantonale Sammelprojekte (Laufzeit 1-2 Jahre), bei welchen wesentliche Entscheidungskompetenzen auf Stufe bspw. Forstbetrieb (als Vertreter des Werkeigentümers) delegiert werden können.
- Die Erschliessungsplanung (Basiserschliessung) und das Erhaltungsmanagement (Inventar der lastwagenbefahrbaren Wald-/Forststrassen) sind idealerweise aufeinander abgestimmt.

Quellenverzeichnis

- AWN 2018: Waldentwicklungsplan 2018+ Herrschaft / Prättigau / Davos. Inkrafttreten: 01.01. 2019.
Herausgeber: Amt für Wald und Naturgefahren, Chur. 136 S.
- AWN 2013: Schutzbautenkataster – Betriebshandbuch (Teil Rekognoszieren und Teil Datenerhebung)
(SBK-GR) (internes Dokument).
- ASTRA 2014: Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden – Arbeitshilfe als Anhang
zur Norm 640 980. 72 S.
- ASTRA 2016: Handbuch Erhaltungsplanung. Arbeitsprozesse und Produkte (2B010). 39 S.
- Bachmann P. 2005a: Forstliche Planung – Educational. Skript für die Lehrveranstaltungen "Grundzüge
der Waldplanung" (5. Semester), "Forstlicher Betriebsplanung" (6. Semester) und
"Waldentwicklungsplanung" (7. Semester). ETHZ, Zürich S. 358. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005042265>
- Bachmann P. 2005b: Forstliche Planung – heute und morgen. SZF 156 (2005) 05: 137–141
- BAFU 2012: Kostbare Umweltinfrastruktur. In: Umwelt 2/2012.
- BAFU 2017: Datenmodell Schutzbauten Naturgefahren. Identifikation 81.2. Version 1.0. Bundesamt für
Umwelt, Bern. Abteilung Gefahrenprävention. 36 S.
- BAFU (Hrsg.) 2022: Jahrbuch Wald und Holz 2022. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr.
2225: 108 S.
- Bolliger (2022): Anleitung / Dokumentation für die Erstellung eine Geoinformationsprojekts (Basis
QGIS) für das Erhaltungsmanagement von Waldstrassen (Im Auftrag der MFree Infra GmbH). 122
S.
- Bont L. 2013: Entwurf eines optimalen Seillinienlayouts für die Holzernte in steilem Gelände.
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen: November 2013, Vol. 164, No. 11, pp. 321-327.
- Bont L. 2016: Optimales Layout einer Walderschliessung. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen:
Mai 2016, Vol. 167, No. 5, pp. 294-301.
- Boss C. und Salm C.: 1987: Unterhalt von Wald- und Güterwegen. In: Vermessung, Photogrammetrie,
Kulturtechnik. Heft 8, Band 97. S. 433 – 437.
- Bundesblatt 1988: Botschaft zu einem Bundesgesetz über Walderhaltung und Schutz vor
Naturereignisse (Waldgesetz, WaG). Bd. III, 140. Jahrgang. S. 202.
- BUWAL 1999: Praxishilfe „Begriffe der forstlichen Erschliessung“. 63 S.
- Heinimann H. R. 2014: Lenkung und Entwicklung ländlicher Raumnutzungssysteme. Unterlagen zur
Vorlesung. D-UWIS Institut für Terrestrische Ökosysteme, Forstliches Ingenieurwesen. ETHZ,
Zürich S. 105.

- Hirt R.: 1996: Technische Minimalanforderungen im Güter- und Waldstrassenbau. In: In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik. Band 85, Heft 1. S. 12 – 17.
- Jenny H.P.: 1993: Vor lauter Bäumen den Wald doch noch sehen: Ein Wegweiser durch die neue Waldgesetzgebung. BUWAL, Schriftreihe Umwelt Nr. 210, BUWAL, Bern, 114 S.
- KMU- Portal des WBF⁸¹: Fallbeispiel für korrekte Preisberechnung.
- Kneubühler D. & Züger R.-M. (2015): Organisation – Management-Basiskompetenz. Schriftreihe Compendio Bildungsmedien. 128 S.
- Leimgruber J. et Proching U. (2019): Das Rechnungswesen der Unternehmung. Verlag SKV. 444 S.
- Martin P. 2009: Wiederbeschaffungswert der Umweltinfrastruktur. Umfassender Überblick für die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 0920. Bundesamt für Umwelt, Bern: 94 S.
- NFP 2011: Wals kostet das Bauwerk Schweiz in Zukunft und wer bezahlt dafür? Nationales Forschungsprogramm 54.
- OKI & Wasser-Agenda-21 2014: Handbuch Infrastrukturmanagement.
- Schalcher et. al. (2011): Was kostet das Bauwerk Schweiz in Zukunft und wer bezahlt dafür? Fokusstudie NFP 54. 232 S.
- Schneider G. et & Züger R.-M. (2013): Prozessmanagement für Führungsfachleute. Schriftreihe Compendio Bildungsmedien. 146 S.
- SIA 469 (1997): Erhaltung von Bauwerken. Norm. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. 20 S.
- UVEK 2010: Zukunft der Nationalen Infrastruktur in der Schweiz. Bericht des Bundesrates vom 17.09.2010.
- Weber A., Willi G. 2011: Erhaltungsmanagement von Waldstrasse im Kanton Graubünden. Abschlussarbeit Zertifikatslehrgang Forstmanagement. 29 S.
- Zürcher S., Glanzmann L., Schickmüller R.: 2018: Betriebliche Planung im Gebirgswald. Projektbericht ibW Maienfeld. 55 S.

⁸¹ Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung.

Anhang (Separater Bericht, 509 Seiten)

Anhang 1	Ausschnitt Landeskarte Klosters, Massstab 1 : 200'000
Anhang 2	Verbauegebiete Klosters Uebersichtskarte
Anhang 3	Inventar Schutzbauten Klosters Stand Dezember 2021
Anhang 4	Ausschnitt Landeskarte Verbauegebiet Zugwald Massstab 1 : 10'000
Anhang 5	Walderschliessung Klosters West & Ost
Anhang 6	Inventar Waldstrassen Klosters Stand 2022
Anhang 7	Ausschnitt Landeskarte Waldweg Mezzaselva Massstab 1 : 10'000
Anhang 8	Infrastrukturmanagement – Kernelemente
Anhang 9	Plan Lawinenverbauung Zugwald Massstab 1 : 2000
Anhang 10	Inspektionsbericht Lawinenverbauung Zugwald
Anhang 11	Teilprozess Beobachtung
Anhang 12	Teilprozess Inspektion Schutzbauten
Anhang 13	Plan Waldstrassen Mezzaselva Massstab 1 : 7'500
Anhang 14	Datenmodell Waldstrassen (Entwurf)
Anhang 15	Beschreibung Grobstruktur Datenmodell Waldstrassen
Anhang 16	Anleitung Erfassung Waldstrassen QGIS (Kurzform)
Anhang 17	Plan Waldweg Mezzaselva Sektor 1.1 – 1.3 Massstab 1 : 2000 (Druckformat A3)
Anhang 18	Anlagetechnische Gliederung einer Waldstrasse
Anhang 19	Matrix Inspektion Waldstrassen
Anhang 20	Inspektionsbericht Waldstrassenabschnitt Mezzaselva
Anhang 21	Teilprozess Inspektion Waldstrassen
Anhang 22	Kalkulation Inspektion Lawinenverbauung Zugwald
Anhang 23	Inventarauszug Verbauegebiete in Klosters
Anhang 24	Kalkulation Verbauegebiete in Klosters
Anhang 25	Kalkulation Inspektion Waldstrassenabschnitt Mezzaselva
Anhang 26	Kalkulation Inspektion Waldstrassen in Klosters

Verdankung

Bei der Erarbeitung des vorliegenden Berichts wurden die Autoren von verschiedener Seite her aktiv unterstützt, insbesondere bei der Grundlagenbeschaffung, bei der Durchführung von Feldarbeiten oder in Form von interessanten Fachgesprächen zum Thema Infrastrukturerhaltung.

- Christian Rüschi (ehem. Betriebsleiter Forstbetrieb Madrisa / Klosters);
- Mathias Zubler (Forstregion Herrschaft/Prättigau/Davos, Landquart);
- Martin Hardegger (Förster, Forstbetrieb Madrisa);
- Thierry Moebel (Unit Solution AG).