



Amt für Wald und Naturgefahren  
Uffizi da guaud e privels da la natira  
Ufficio foreste e pericoli naturali

# Monetäre Bewertung von schalenwildbedingten Verjüngungsproblemen im Schutzwald

## Fallbeispiel Runfoppa



**April 2017**

**Auftraggeber:**

Amt für Wald und Naturgefahren; Urban Maissen; Loëstrasse 14; 7000 Chur

**Auftragnehmer:**



Nora Zürcher-Gasser  
Postfach 20  
7172 Rabius



Monika Frehner  
Sixerstrasse 9  
7320 Sargans



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung und Auftrag .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Stand des Wissens .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Untersuchungsgebiet .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Methode und Abgrenzungen .....</b>	<b>7</b>
5.1	<i>Beschreibung der Methode .....</i>	7
5.2	<i>Abgrenzungen .....</i>	8
5.3	<i>Verwendete Szenarien .....</i>	8
5.4	<i>Annahmen für Kostenschätzungen .....</i>	11
5.4.1	Eingriffe mit Holzanfall .....	11
5.4.2	Pflanzungen/Wildschadenverhütungsmassnahmen .....	11
5.4.3	Lawinenverbauungen.....	13
5.4.4	Erhöhte Murgangrisiken .....	14
5.4.5	Kostenberechnungen .....	14
<b>6</b>	<b>Resultate.....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>22</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>24</b>
	<b>Verwendete Geodaten .....</b>	<b>25</b>
<b>Anhang 1</b>	<b>Modellierung Höhenstufen heute / Zeitraum 2070-99.....</b>	<b>26</b>
<b>Anhang 2</b>	<b>Verjüngungszeiträume und Schalenwildeinfluss .....</b>	<b>27</b>
<b>Anhang 3</b>	<b>Beschreibung der Entwicklungsszenarien .....</b>	<b>30</b>
	<i>Teilgebiet unten/Ost .....</i>	30
	<i>Teilgebiet oben/West.....</i>	33
<b>Anhang 4</b>	<b>Herleitung/Berechnung Murgangrisiken .....</b>	<b>38</b>



## 1 Zusammenfassung

---

Wildbedingte Verjüngungsprobleme können in Schutzwäldern zu erheblichen finanziellen Konsequenzen führen. Anhand drei konkreter Fallbeispiele im Kanton Graubünden wurden folgende vier Aspekte untersucht und für die nächsten 50 Jahre monetär bewertet: 1) Kosten für Wildschadenverhütungsmassnahmen zum Erhalt der Schutzwirksamkeit des Waldes, 2) Verzögerung/Verhinderung der Waldverjüngung und daraus entstehende Konsequenzen (Risikoanstieg, technische Schutzmassnahmen), 3) Folgeinvestitionen in temporäre Schutzbauten, deren Ziele wildbedingt verfehlt werden, 4) Kosten für Verjüngungseinleitung, deren Ziele wildbedingt nicht erreicht werden können.

Das vorliegende Fallbeispiel „Runfoppa“ (Gde. Disentis/Mustér) zeigt exemplarisch auf, welche ökonomischen Konsequenzen wildbedingte Verjüngungsprobleme in einem gut strukturierten, ungleichaltrigen Schutzwald mit verhältnismässig günstigen Verjüngungsbedingungen haben können.

Dank der günstigen waldbaulichen Voraussetzungen im Uaul Runfoppa ist mit den hier beobachteten moderaten Wildschäden mittelfristig nicht mit gleich hohen Kosten wie in den Fallbeispielen Puzastg und Gruobenwald-Tschägibach zu rechnen. Für die langfristige Erhaltung der Schutzwirksamkeit muss unter gleichbleibender Verbissbelastung mit Investitionen in Wildschadenverhütungsmassnahmen von ca. CHF 180'000.- über die nächsten 50 Jahre gerechnet werden.

## 2 Einleitung und Auftrag

---

Wildbedingte Verjüngungsprobleme können in Schutzwäldern zu erheblichen finanziellen Konsequenzen führen. Der Kanton Graubünden möchte dies anhand von konkreten Fallbeispielen aufzeigen.

Dabei sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

- Investitionen und Unterhaltskosten für Wildschadenverhütungsmassnahmen, um die Schutzwirksamkeit der Wälder mittel- und langfristig zu erhalten.
- Verzögerung/Verhinderung der Waldverjüngung und daraus entstehende Konsequenzen (Risikoanstieg durch erhöhtes Gefahrenpotential, technische Schutzmassnahmen für den Ersatz der Waldwirkung).
- Folgeinvestitionen in temporäre Schutzbauten, deren Ziele wildbedingt verfehlt werden und ersetzt werden müssen.

Zu diesen Kosten, die aus volkswirtschaftlicher Sicht direkt anfallen, kommen Kosten für Eingriffe zur Einleitung und Unterstützung der Verjüngung, deren Ziele wildbedingt nicht erreicht werden können. Solche Eingriffe können als wildbedingte Fehlinvestitionen bezeichnet werden.

Diese finanziellen Konsequenzen werden im vorliegenden Bericht für ein konkretes Untersuchungsgebiet abgeschätzt und monetär bewertet.

Daneben gibt es ökologische Konsequenzen von starkem Schalenwildeinfluss, welche kaum monetär bewertbar sind. Diesbezüglich sind verstärkte Verunkrautung/Vergrasung wegen fehlender Vorverjüngung oder zu langes Zuwarten mit der Verjüngungseinleitung aus Angst vor fehlender Verjüngung zu nennen (vgl. „Teufelskreis“ in Zürcher 2014). Auf diese Aspekte wird im vorliegenden Bericht qualitativ hingewiesen.

Mit Vertrag vom 9.6.2016 wurde die Arbeitsgemeinschaft Gadola, Rabius, und Frehner, Sargans, mit der Erarbeitung von drei Fallbeispielen (Gruobenwald-Tschägibach mit Ergänzung Putzerberg, Puzastg und Runfoppa) beauftragt. Der vorliegende Bericht bearbeitet das Fallbeispiel Runfoppa.

## 3 Stand des Wissens

---

Es existieren verschiedene Studien, die sich jeweils mit Teilaspekten der Fragestellung der vorliegenden Studie oder verwandten Themen beschäftigen.

Die Frage nach der Bewertung von Schalenwildeinfluss im Schutzwald ist eng verbunden mit der Frage der Bewertung der Schutzwirkung eines Waldes. Zu dieser Fragestellung gibt es einige Studien, welche die Wirkung von Schutzwäldern mit verschiedenen Ansätzen monetär bewerten. So bewertet z.B. der Rechnungshofbericht Tirol 2015 0 den Wert eines Schutzwaldes mit dem Ersatzkostenansatz, d.h. es wird berechnet, was es kosten würde, einen Schutzwald mit technischen Schutzmassnahmen zu ersetzen. In Olschewski et al. 2011 wird hingegen anhand der Zahlungsbereitschaft von direkten Nutznießern der Wert eines Lawinenschutzwaldes resp. dessen Pflege hergeleitet. In Teich et al. 2009 wird der Wert von Schutzwäldern anhand von Risikoabschätzungen beurteilt.

Weiter gibt es einen engen Bezug zur Frage der Entwicklung der Schutzwirksamkeit unter verschiedenen Szenarien. Im Rahmen der GWG-Tagung 2014 wurde dieser Thematik im Zusammenhang mit der Wirkung von Totholz nachgegangen und die erwarteten Entwicklungen wurden in einfachen Diagrammen dargestellt (Schwitter 2014).

Studien zur monetären Bewertung von Schalenwildeinfluss gibt es auch aus Frankreich (Boulanger und Rakotoarison 2015) und Baden-Württemberg (Suchant et al. 2012). Darin wird allerdings eine Bewertung bezüglich Holzproduktion und nicht bezüglich Schutzwirksamkeit vorgenommen.

Der vorliegenden Fragestellung am besten entspricht eine Studie an der Rigi Nordlehne, in welcher die Kosten waldbaulicher Massnahmen und Ersatzschutzbauten im Zusammenhang mit Schalenwildschäden abgeschätzt werden (Gasser et al. 2011). Nicht abgeschätzt werden der Risikoanstieg auf Grund veränderter Naturgefahren und wildbedingte Fehlinvestitionen. Abschätzungen in der Studie basieren auf einer Waldentwicklungsmodellierung, welche für das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Studie nicht zur Verfügung steht.

## 4 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet Runfoppa liegt in der Surselva, GR, in der Gemeinde Disentis (siehe Abb. 4-1). Auf Grund der Unterschiede in der Baumartenzusammensetzung wird das Gebiet in zwei Teilgebiete aufgeteilt, welche nachfolgend beschrieben werden. Eine detaillierte Beschreibung der Verhältnissen in den beiden Teilgebieten ist in den Anhängen 2 und 3 zu finden.

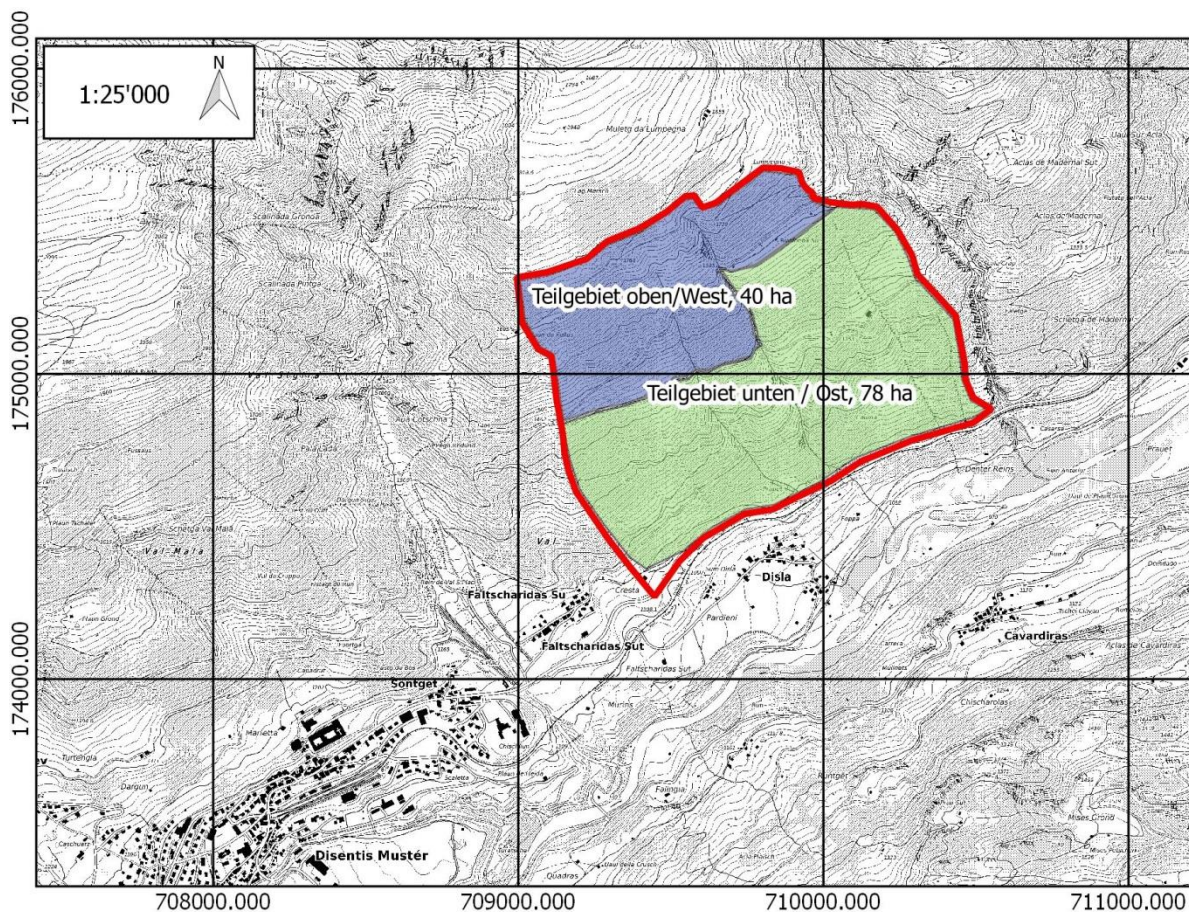


Abb. 4-1: Untersuchungsgebiet Runfoppa in der Gemeinde Disentis, GR mit den zwei Teilgebieten.



Teilgebiet unten/Ost



Abb. 4-2: Ehemalige Rutschfläche mit üppiger Fichten-Verjüngung, Waldföhre eingesprengt. Foto: N. Zürcher 2016

<b>Gefahrenpotential</b>	Rutschungen/Murgang, Lawinen.
<b>Schadenpotential</b>	Kantonsstrasse, Schutzwald.
<b>Häufigste Waldstandorte</b>	Schneesimsen-Fichtenwald 55*, Schneesimsen-Fichtenwald mit Tanne 55*A (gemäss GR-Schlüssel)
<b>Beschreibung</b>	<p>Baumartenzusammensetzung: Fi 80%, W'Fö 20%, Ta und verschiedene Lb-Arten vereinzelt</p> <p>Bestandesaufbau: Mittleres bis starkes Baumholz, normal bis locker. In den vergangenen 20 Jahren entstanden durch Zwangsnutzungen (Windwurf, Schneedruck, Borkenkäfer) zahlreiche kleinere bis mittlere Bestandesöffnungen und somit eine sehr gute Strukturierung. In diesen Öffnungen konnte sich v.a. die Fichte sehr gut verjüngen. Auf Mineralerde konnte sich auch die Föhre gut verjüngen. In einzelnen Lücken stellt die Vergrasung ein Verjüngungshemmnis dar, vereinzelt kommt aber auch da die Fichte auf (v.a. auf Moderholz/Stöcken). Auf Mineralerde wächst die Föhre sehr gut an, sie wird im Aufwuchs durch Verbiss und Fegen verzögert, aber nicht verhindert. Im näheren Umkreis von Ta-Samenbäumen wächst die Ta-Verjüngung sehr schön an, wird aber stark verbissen und wächst nicht auf. Durch Erosion/Rutschungen in die Gerinne wird Material bereitgestellt, welches regelmässig zu Murgängen bis auf die Kantonsstrasse führt.</p>

**Teilgebiet oben/West**



Abb. 4-3: Bestandesöffnung mit Fichten-Verjüngung mit unterschiedlichem Alter. Foto: N. Zürcher, 2016

<b>Gefahrenpotential</b>	Rutschungen/Murgang, Lawinen
<b>Schadenpotential</b>	Kantonsstrasse, Schutzwald.
<b>Häufigste Waldstandorte</b>	Schneesimsen-Fichtenwald (55*), in den oberen Bereichen subalpine Fichtenwaldgesellschaften (flächenmässig unbedeutend)
<b>Beschreibung</b>	Baumartenzusammensetzung: Fi 100%, Laubbaumarten vereinzelt Bestandesaufbau: Mittleres bis starkes Baumholz, normal bis locker. In diesem Bereich waren in den letzten Jahrzehnten weniger Zwangsnutzungen zu verzeichnen und somit sind weniger Öffnungen vorhanden als im Teilgebiet unten/Ost, die Bestände sind weniger stark strukturiert. Fi-Verjüngung ist an verjüngungsgünstigen Stellen üppig vorhanden. In einzelnen Lücken stellt die Vergrasung ein Verjüngungshemmnis dar, vereinzelt kommt aber auch da die Fichte auf (v.a. auf Moderholz/Stöcken). Im heutigen Zustand ist die Schutzwirksamkeit gegen Rutschungen und Lawinen sehr gut.





## 5 Methode und Abgrenzungen

### 5.1 Beschreibung der Methode

Als Grundlage für die monetäre Bewertung von Schalenwildeinfluss wird in der vorliegenden Studie die Waldentwicklung unter verschiedenen Szenarien verwendet. Dies ist beispielhaft in der Abb. 5-1 dargestellt. Darin stellt die y-Achse die Schutzwirksamkeit dar, mit den beiden Grössen „Idealprofil Naturgefahr“ und „Minimalprofil Naturgefahr“ nach NaiS (Frehner et al. 2005/09) als Zielgrössen. Auf der x-Achse wird die zeitliche Entwicklung dargestellt. Die Grafiken für das Untersuchungsgebiet sind im Anhang 3 enthalten.

Anhand gutachtlicher Beurteilung im Feld durch mehrere Personen (M. Frehner, N. Zürcher, Revierförster S. Cathomen, zuständiger RFI R. Lutz) wird der Kurvenverlauf für den zu beurteilenden Waldkomplex für verschiedene Szenarien (vgl. Kap. 5.3) festgelegt. Der Fokus liegt dabei auf den nächsten 50 Jahren (vgl. Kap. 5.2), die Kurven werden aber für das bessere Verständnis über 100 Jahre gezeichnet. Auf Grund dieser Waldentwicklungsszenarien werden Szenarien für die Entwicklung des Gefahrenpotentials durch die massgebenden Naturgefahren hergeleitet.

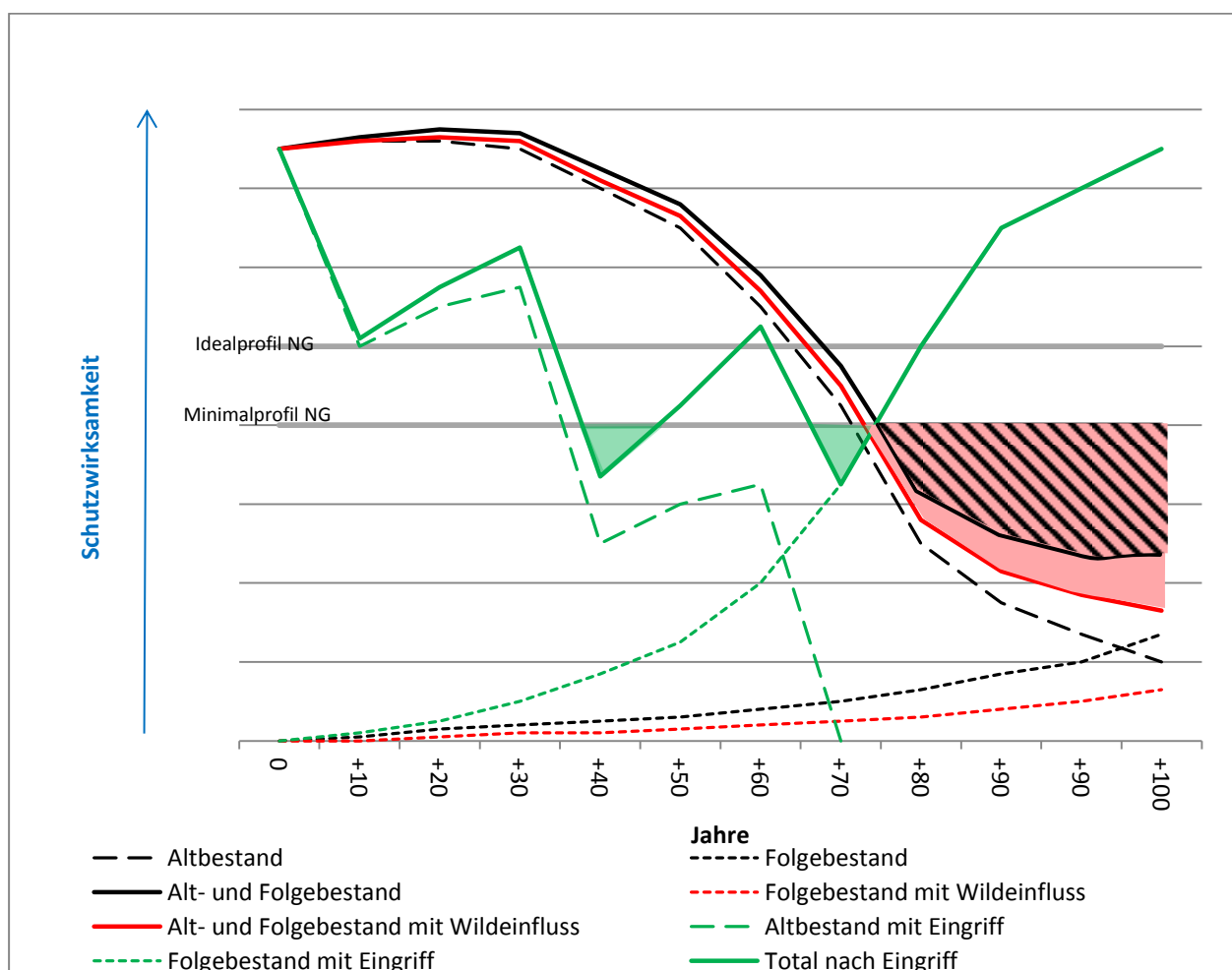


Abb. 5-1 Schematische Darstellung der Waldentwicklung resp. der Schutzwirksamkeit unter verschiedenen Szenarien. Die schwarz schraffierte Fläche stellt das Schutzdefizit unter „normaler“ Waldentwicklung (d.h. ohne menschliche Eingriffe und mit tragbarem Wildeinfluss) dar, die rote Fläche dasjenige mit durch Schalenwildeinfluss verzögerter Waldverjüngung und die grünen Flächen das Schutzdefizit mit Eingriffen und tragbarem Schalenwildeinfluss.

Diese Entwicklungsszenarien dienen als Grundlage für die Herleitung wirksamer Massnahmen. Für die Herleitung der Massnahmen gilt folgende Zielsetzung:

**„Die heute vorhandene Schutzwirksamkeit des Waldes soll langfristig erhalten bleiben.“**

Zur Erreichung dieser Zielsetzung werden entweder waldbauliche Massnahmen (d.h. Massnahmen zur Bereitstellung von genügend Verjüngung, inkl. technischen Wildschadenverhütungsmassnahmen) oder technische Schutzmassnahmen vorgesehen. Dabei wird unterschieden zwischen „normaler“ Schutzwaldpflege und wildbedingten Massnahmen. Für die „normale“ Schutzwaldpflege wird ein grober Kostenrahmen angegeben, für die wildbedingten Massnahmen werden Kostenschätzungen für einen Zeitraum von 50 Jahren erstellt. Wo keine technischen Schutzmassnahmen möglich oder sinnvoll sind, wird der Risikoanstieg aufgezeigt.

## 5.2 Abgrenzungen

---

**Räumlich:** Das vorliegende Fallbeispiel behandelt den Waldkomplex Runfoppa in der Gemeinde Disentis GR (vgl. Kap. 3 Untersuchungsgebiet).

**Zeitlich:** Der Betrachtungszeitraum für die ökonomischen Überlegungen beträgt **50 Jahre**. Wo dies für das Verständnis hilfreich ist, werden die Entwicklungen auch über diesen Zeitraum hinaus abgeschätzt (insbesondere die Waldentwicklung). In vielen Fällen ist auf Grund von Aktennotizen oder anderen Zeitdokumenten belegt, dass bereits in der Vergangenheit die Problematik des Schalenwildeinflusses erkannt wurde, auf griffige Massnahmen aus jagdlich motivierten Gründen aber verzichtet wurde, d.h. dass z.B. beschlossene jagdliche Massnahmen nicht oder ungenügend umgesetzt wurden (z.B. Zürcher-Gasser und Frehner 2017a) oder dass auf waldbauliche Eingriffe verzichtet wurde um Störungen in Wildeinstandsgebieten zu vermeiden (z.B. Zürcher-Gasser und Frehner 2017b). In diesen Fällen wird qualitativ beurteilt, was in den **letzten 20 Jahren** aus waldbaulicher Sicht wildbedingt verloren ging.

### **Thematisch:**

Bezüglich Waldleistungen wird ausschliesslich die Schutzleistung des Waldes betrachtet, da dies im gewählten Untersuchungsgebiet die Hauptleistung darstellt. Nicht berücksichtigt werden Aspekte wie der wildbedingte Zuwachsverlust, Ausfälle bei den Holzerlösen oder die Entmischung.

Folgende **Kosten** werden detailliert berücksichtigt:

- Wildschadenverhütungsmassnahmen (chemischer Verbisschutz, Polynet, Wildschutzzäune)
- Kosten für Schutzbauten, welche zum Erhalt des heutigen Sicherheitsniveaus wildbedingt nötig werden (Annahme: gegen Steinschlag/Lawinen kann präventiv mit guter Wirksamkeit verbaut werden)
- Kosten für wildbedingten Risikoanstieg durch Rutschungen/Murgang (Annahme: gegen Rutschungen können keine präventiven Massnahmen ergriffen werden)
- wildbedingte Fehlinvestitionen, d.h. Investitionen, deren Ziele wildbedingt nicht erreicht werden können.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, werden die Gesamtkosten für die normale waldbauliche Behandlung als grober Rahmen angegeben (d.h. gemäss NaiS notwendige/sinnvolle Eingriffe, Zwangsnutzungen) angegeben.

## 5.3 Verwendete Szenarien

---

Die Beurteilung erfolgt für folgende fünf Szenarien (vgl. Tab. 5-1):

### **1: Verbiss tragbar, normale waldbauliche Behandlung („Basisszenario“)**

Es werden wo nötig Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung getätigt. Haupt- und Nebenbaumarten verjüngen sich problemlos wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Falls dies nicht der Fall ist, wird mit Pflanzungen nachgeholfen. Für gepflanzte Tannen sowie Tannennaturverjüngung bei geringem bis mässigem Samenangebot wird davon ausgegangen, dass diese bereits bei geringem Schalenwildeinfluss unter Druck kommen und geschützt werden müssen. Dazu reicht chemischer Verbisschutz aus.

### **2a: Verbiss kritisch, normale waldbauliche Behandlung**

Es werden wo nötig Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung getätigt. Verbissunempfindliche Hauptbaumarten verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Andernfalls erfolgt ihre Verjüngung verzögert. Der Aufwuchs verbissempfindlicher Hauptbaumarten findet verzögert statt. Für das Aufbringen gepflanzter Tannen sowie Tannenverjüngung bei geringem bis mässigem



Samenangebot reicht chemischer Verbisschutz nicht aus und die Tanne fällt aus. Die Verjüngung von Nebenbaumarten findet ebenfalls verzögert statt.

**2b: Verbiss kritisch, waldbauliche Behandlung inkl. nötigen/theoretisch möglichen technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden**

Es werden wo nötig Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung getätigt. Verbissunempfindliche Hauptbaumarten verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Ist die Verjüngung der Fichte wegen geringem bis mässigem Samenangebot oder wenigen verjüngungsgünstigen Standorten spärlich, so werden Fichten chemisch geschützt. Der Aufwuchs verbissempfindlicher Hauptbaumarten findet verzögert statt. Bei grossem Samenangebot können Tannen chemisch geschützt werden. Für das Aufbringen gepflanzter Tannen sowie von Tannennaturverjüngung bei geringem bis mässigem Samenangebot sind mechanische Einzelschütze notwendig. Die Verjüngung von Nebenbaumarten findet ebenfalls verzögert statt, sie müssen gegen Verbiss geschützt werden.

**3a: Verbiss untragbar, normale waldbauliche Behandlung**

Es werden wo nötig Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung getätigt. Verbissunempfindliche Hauptbaumarten verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Deren Aufwuchs ist allerdings sehr stark verzögert. Für das Aufbringen der Tanne reicht chemischer Verbisschutz nicht aus und die Tanne fällt aus. Die Verjüngung von verbissempfindlichen Hauptbaumarten und Nebenbaumarten funktioniert nicht.

Durch die Verzögerungen der Verjüngung entstehen deutlich verschärfte Gefährdungen durch Naturgefahren.

**3b: Verbiss untragbar, waldbauliche Behandlung inkl. nötigen/theoretisch möglichen technischen Schutzmassnahmen vor Wildschäden**

Es werden wo nötig Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung getätigt. Verbissunempfindliche Hauptbaumarten verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind, deren Aufwuchs ist allerdings sehr stark verzögert. Für das Aufbringen der Tanne sind mechanische Einzelschütze notwendig. Die Verjüngung von verbissempfindlichen Hauptbaumarten und Nebenbaumarten funktioniert nicht.

Es müssen sämtliche Baumarten gegen Wildverbiss geschützt werden, um die waldbaulichen Ziele zu erreichen.

**Für die Szenarien 2b und 3b wird optimistisch und leicht vereinfachend angenommen, dass man das Entwicklungsniveau von Szenario 1 erreicht.**

Tab. 5-1: Übersicht verwendete Szenarien

	<b>Normale waldbauliche Behandlung</b>	<b>Verjüngung Hauptbaumarten (HBA)</b>	<b>Verjüngung Nebenbaumarten (NBA)</b>	<b>Gepflanzte Ta und Ta-Verjüngung bei geringem Samenangebot</b>
<b>1: Verbiss tragbar, normale waldbauliche Behandlung („Basisszenario“)</b>	Wo nötig Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung, Pflanzungen bei ungenügendem Samenangebot/zu wenig verjüngungsgünstigen Standorte	problemlos wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden	problemlos wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden	Kommen bereits bei geringem Schalenwildeinfluss unter Druck und müssen geschützt werden. Chemischer Verbisschutz reicht aus.
<b>2a: Verbiss kritisch, normale waldbauliche Behandlung</b>	Analog 1	Verbissunempfindliche HBA verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Andernfalls Verjüngung verzögert. Der Aufwuchs verbissempfindlicher HBA verzögert.	verzögert	Chemischer Verbisschutz reicht nicht aus, Ta fällt aus
<b>2b: Verbiss kritisch, waldbauliche Behandlung inkl. nötige/theoretisch mögliche technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden</b>	Analog 1	Verbissunempfindliche HBA verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Ist deren Verjüngung wegen geringem bis mässigem Samenangebot oder wenigen verjüngungsgünstigen Standorten spärlich, wird diese falls möglich chemisch geschützt. Der Aufwuchs verbissempfindlicher HBA findet verzögert statt.	Verzögert, Verbisschutz notwendig.	mechanische Einzelschütze notwendig; bei grossem Samenangebot chemischer Verbisschutz ausreichend
<b>3a: Verbiss untragbar, normale waldbauliche Behandlung</b>	Analog 1	Verbissunempfindliche HBA verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Aufwuchs sehr stark verzögert. Die Verjüngung verbissempfindlicher HBA funktioniert nicht.	Funktioniert nicht.	Für das Aufbringen der Tanne reicht chemischer Verbisschutz nicht aus und die Tanne fällt aus.
<b>3b: Verbiss untragbar, waldbauliche Behandlung inkl. nötige/theoretisch mögliche technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden</b>	Analog 1	Verbissunempfindliche HBA verjüngen sich natürlich, wenn genügend Samenbäume und verjüngungsgünstige Standorte vorhanden sind. Aufwuchs sehr stark verzögert. Die Verjüngung von verbissempfindlichen HBA funktioniert nicht. Mechanische Einzelschütze notwendig.	Funktioniert nicht.  Mechanische Einzelschütze notwendig.	Mechanische Einzelschütze notwendig.



## 5.4 Annahmen für Kostenschätzungen

### 5.4.1 Eingriffe mit Holzanfall

---

Für die Kostenabschätzungen der Eingriffe mit Holzanfall wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

- Das Teilgebiet unten/Ost ist bereits gut strukturiert und die Zwangsnutzungen liegen deutlich über der regulären Nutzungsmenge. Reguläre Eingriffe sind nur in kleinem Umfang in den Gerinneabhängungen geplant. Diese werden hier vernachlässigt.
- Im Teilgebiet oben/West sind Eingriffe zur Einleitung/Förderung der Verjüngung geplant.
- Der Altbestand kann in beiden Teilgebieten bis in ca. 100 Jahren keine nennenswerte Schutzwirkung mehr übernehmen.
- der Folgebestand benötigt ca. 30 Jahre, um bezüglich Lawinen und Rutschungen eine genügende Schutzwirksamkeit aufzuweisen
- Im Schutzwald bezüglich Lawinen bzw. Rutschungen wird ein Deckungsgrad der Entwicklungsstufen Stangenholz und grösser von mindestens 50% benötigt.
- Im Teilgebiet unten/Ost sind bereits ca. 20% der Fläche verjüngt, resp. im Teilgebiet oben/West ca. 5% der Fläche.

Das bedeutet, dass

- im Teilgebiet unten/Ost bis in 70 Jahren 30% der Waldfläche verjüngt werden muss, um in 100 Jahren, d.h. wenn nicht mehr mit einer nennenswerten Schutzwirkung des Altbestandes zu rechnen ist, wieder eine genügende Schutzwirksamkeit zu haben. Innerhalb unseres Betrachtungszeitraumes müssen demnach **21% der Waldfläche** verjüngt werden.
- im Teilgebiet oben/West bis in 70 Jahren 45% der Waldfläche verjüngt werden muss, um in 100 Jahren, d.h. wenn nicht mehr mit einer nennenswerten Schutzwirkung des Altbestandes zu rechnen ist, wieder eine genügende Schutzwirksamkeit zu haben. Innerhalb unseres Betrachtungszeitraumes müssen demnach **32% der Waldfläche** verjüngt werden.

Für die Kostenberechnung wird vom Pauschalansatz gemäss AWN 2016a von CHF 6'300.-/ha (Zuschlag für Holzbringung mittels Seilkran) ausgegangen. Vereinfachend wird angenommen, dass die regulären Eingriffe gleich viel kosten wie die Zwangsnutzungen.

### 5.4.2 Pflanzungen/Wildschadenverhütungsmassnahmen

---

#### Abschätzung der nötigen Verjüngung:

Für die Abschätzung der nötigen Verjüngung wird analog zu oben davon ausgegangen, dass

- a. der Altbestand bis in ca. 100 Jahren keine nennenswerte Schutzwirkung mehr übernehmen kann;
- b. der Folgebestand ca. 30 Jahre benötigt, um bezüglich Lawinen und Rutschungen eine genügende Schutzwirksamkeit aufzuweisen
- c. im Schutzwald bezüglich Lawine bzw. Rutschungen ein Deckungsgrad der Entwicklungsstufen Stangenholz und grösser von mindestens 50% benötigt wird.
- d. im Teilgebiet oben/West ca. 5% der Fläche und im Teilgebiet unten/Ost ca. 20% der Fläche bereits verjüngt sind.

Das bedeutet folgendes:

- Im Teilgebiet unten/Ost muss bis in 70 Jahren 30% der Waldfläche verjüngt werden, um in 100 Jahren, d.h. wenn nicht mehr mit einer nennenswerten Schutzwirkung des Altbestandes zu rechnen ist, wieder eine genügende Schutzwirksamkeit zu haben. Innerhalb unseres Betrachtungszeitraumes müssen demnach 21% der Waldfläche verjüngt werden.
- Im Teilgebiet oben/West muss bis in 70 Jahren 45% der Waldfläche verjüngt werden, um in 100 Jahren, d.h. wenn nicht mehr mit einer nennenswerten Schutzwirkung des Altbestandes zu rechnen ist, wieder eine genügende Schutzwirksamkeit zu haben. Innerhalb unseres Betrachtungszeitraumes müssen demnach 32% der Waldfläche verjüngt werden.

Aufgrund dieser Annahmen wird folgende Modellüberlegung getätigt (vgl. Abb. 5-2):

- Wird eine Hektare in 25 x 25m-Quadrate aufgeteilt, muss jedes zweite Feld bedeckt sein.
- Muss diese Stammzahl mit Kleinzäunen erreicht werden, bedeutet dies, dass in jedem zweiten 25 x 25m-Quadrat ein quadratischer Kleinzäun à ca. 20m Seitenlänge erstellt werden muss.
- Wird analog zum Vorgehen im Fallbeispiel Puzzagst Zürcher und Frehner 2016 von 800 Pflanzen/ha ausgegangen, ergibt dies 8 Kleinzäune/ha à 100 Pflanzen.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Fichte und die Vogelbeere genügend selber ansamt. Die Mischbaumarten Tanne und Föhre müssen auf Grund der geringen Anzahl Samenbäume künstlich eingebracht werden.

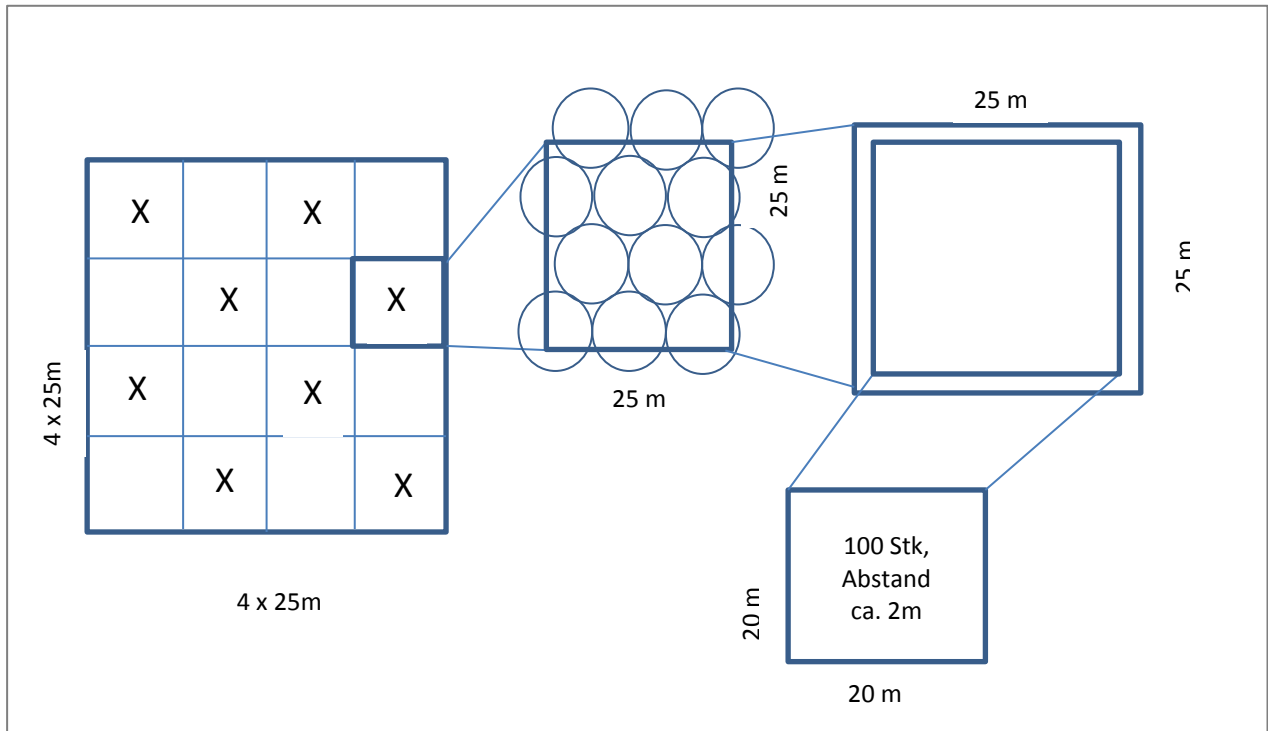


Abb. 5-2: Schema für die Abschätzung der nötigen Verjüngung

#### Baumartenmischung in der Verjüngung:

Auf Grund der in Frehner et al. (2016) modellierten klimabedingten Veränderung der Höhenstufen wird davon ausgegangen, dass der untere Teil des Untersuchungsgebietes in die submontane Stufe und der mittlere resp. obere Bereich in die unter- resp. obermontane Stufe zu liegen kommt (vgl. Anhang 1). Auf Grund dieser Prognose und in Anlehnung an NaiS Frehner et al. 2005/09 wird davon ausgegangen, dass es in Zukunft sinnvoll ist, im ganzen Untersuchungsgebiet sowohl die Tanne wie auch die Waldföhre einzubringen. Für die Baumartenanteile in der Verjüngung wird deshalb von den Baumartenanteilen in der Tab. 5-2 ausgegangen. D.h. z.B., dass in einem Zaun im Teilgebiet unten/Ost ab 2047 9 Waldföhren und 5 Tannen eingepflanzt werden.

Tab. 5-2: Angestrebte Baumartenverteilung in der Verjüngung

Teilgebiet	2017-2046	2047-2066
unten/Ost	Fi 90% W'Fö 9% Ta + Lb 1%	Fi 85% W'Fö 9% Ta 5% Lb 1%
oben/West	Fi 99% Vb 1%	Fi 89% Ta 5% W'Fö 5% Vb 1%

**Durchwuchszeit/Beurteilung des Wildeinflusses:**

Anhand der gutachterlichen Beurteilung im Gelände und der Aufnahmen wird von folgenden Verjüngungszeiträumen ausgegangen (Herleitung vgl. Anhang 2):

- SZ1, 2b, 3b: 30 Jahre bis schutzwirksam gegen Lawinen
- SZ2a: 40 Jahre bis schutzwirksam gegen Lawinen
- SZ3a: Totalausfall der Verjüngung über Jahrzehnte

**Pflanzungen:**

Pro zu pflanzendem Baum wird gemäss AWN 2016a mit CHF 8.-/Stk gerechnet (inkl. Arbeit und Materialkosten).

**Chemischer Verbisschutz:**

Für den Verbisschutz mit chemischen Mitteln wird von einer Erfolgsrate von 80% ausgegangen, d.h. es wird mit einem Zuschlag von 20% auf die oben hergeleitete notwendige Verjüngungsstammzahl gerechnet (auch für die Pflanzungen!).

Pro zu schützender Pflanze wird gemäss AWN 2016a ein Kostenansatz von CHF -.50/Stk./Jahr eingesetzt.

**Kleinzäune:**

Auf Grund der Erfahrungen der letzten Jahre bewährt sich im Gebiet Runfoppa die Erstellung von Kleinzäunen mit Hordengattern. Gemäss obiger Modellrechnung wird für die Kostenberechnungen von quadratischen Zäunen mit einer Seitenlänge von 20m gerechnet. Als Kostenansatz wird die Pauschale gemäss AWN 2016a von CHF 39.-/m' verwendet. Weiter wird mit jährlichen Unterhaltskosten von 2% der Investitionskosten und einer Lebensdauer von 15 Jahren gerechnet. Das bedeutet, dass die Kleinzäune einmal ersetzt werden müssen, bis die Verjüngung schutzwirksam ist.

**Polynet:**

Auf Grund der Beobachtungen an Waldföhren-Stangenhölzer im untersten Bereich des Untersuchungsgebiete wird davon ausgegangen, dass die Waldföhre wie auch die Tanne nach Abbruch der Kleinzäune (nach ca. 30 Jahre) noch während ca. 10 Jahren mit Polynet geschützt werden müssen. Geschützt werden alle gepflanzten (und noch vorhandenen) Waldföhren und Tannen. Pro zu schützendem Baum wird gemäss AWN 2016 mit CHF 10.-/Stk und einer Lebensdauer von 10 Jahren gerechnet.

**5.4.3 Lawinenverbauungen**

Gemäss Beurteilung im Feld und Luftbild-/Geländeanalysen wird damit gerechnet, dass zwei Flächen in Gerinneabhängungen mit permanenten Lawinenverbauungen verbaut werden müssen, da sie wildbedingt schlecht einwachsen und sich vergrössern. Die entsprechenden Verbauflächen sind in der Abb. 5-3 enthalten. Es wird mit 350m' Verbauungen pro ha gerechnet. Die Kosten werden alle für das Teilgebiet unten/Ost angenommen, obschon die obere angenommene Fläche teilweise im Teilgebiet oben/West liegt.

Tab. 5-3: Annahmen für die Kostenschätzungen Lawinenverbau

<b>Permanenter Lawinenverbau</b>	
Beschrieb	Einbau permanenter Lawinenverbauungen (Stahlschneebrücken oder Schneesetze).
Anzahl	1'110m' auf 3.17ha (vgl. Abb. 5-3)
Kosten	CHF 2'200.-/m' (in Anlehnung an AWN 2016b, relativ einfaches Gelände, gut erschlossen, geringe Werkhöhen)
Lebensdauer	80 Jahre
Unterhaltskosten	1% der Investitionskosten, gemäss BAFU 2016

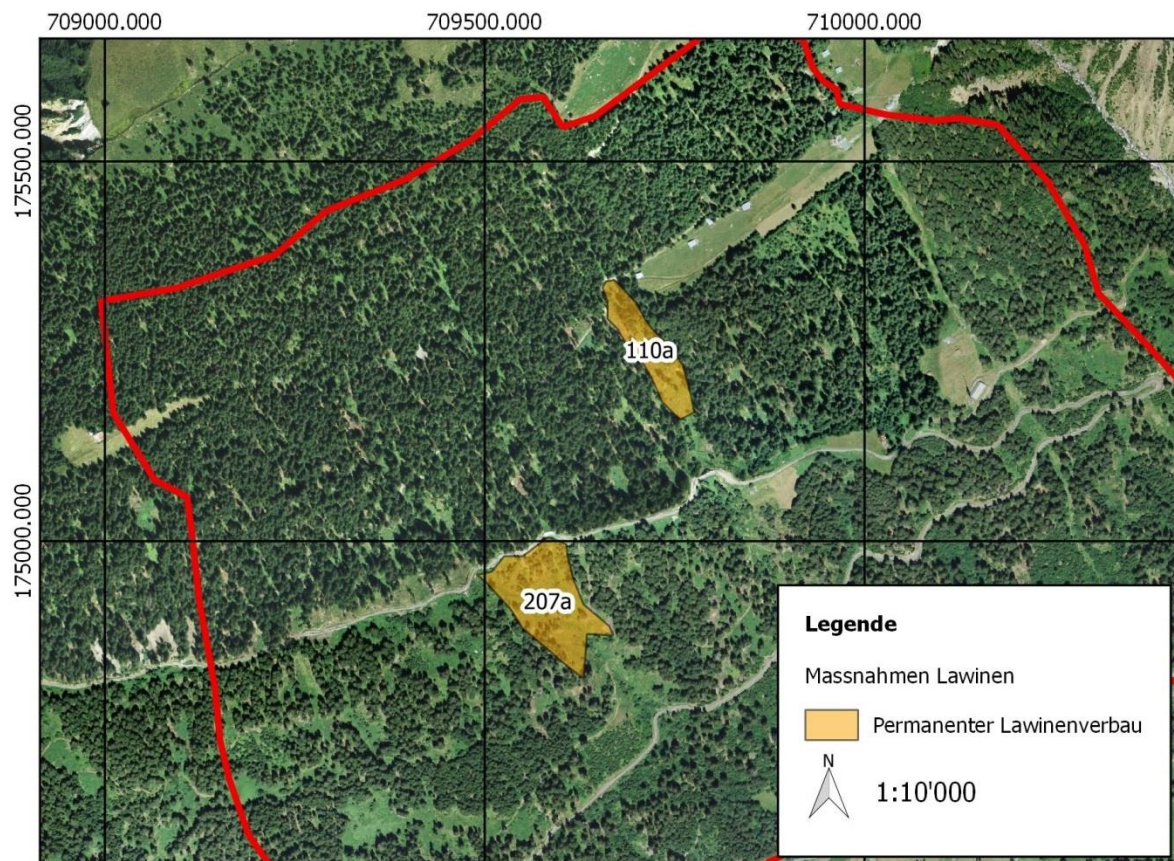


Abb. 5-3: Lawinenschutzmassnahmen

#### 5.4.4 Erhöhte Murgangrisiken

Die Herleitung der erhöhten Murgangrisiken wurden gemäss der Methode EconoMe 4.0 mit dem Internet-basierten Tool EconoMe light durchgeführt. Die dafür notwendigen Intensitätskarten sowie die Ergebnisse aus EconoMe light sind im Anhang 4 enthalten.

Die in EconoMe light berechneten jährlichen Risiken werden ab dem Zeitpunkt, zu welchem mit zusätzlichen Risiken gerechnet werden muss, bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes eingesetzt diskontiert und wiederum auf jährliche Beträge über den gesamten Betrachtungszeitraum (50 Jahre) umgerechnet (vgl. Tab. 6-3 und Tab. 6-4). Dabei wird vereinfachend angenommen, dass sich das Risiko zu einem bestimmten Zeitpunkt ändert (tatsächlich findet die Veränderung schleichend statt).

#### 5.4.5 Kostenberechnungen

Als Resultate für die verschiedenen Szenarien werden Gesamtkosten über 50 Jahre sowie jährliche Kosten angegeben.

In Anlehnung an Gasser et al. 2011 wird für die Kostenberechnungen davon ausgegangen, dass es sinnvoll ist die anfallenden Kosten zu diskontieren. Verwendet wird der aus den Renditen von Obligationen der Schweizerischen Eidgenossenschaft von 2007 bis 2016 mit einer Laufzeit von 30 Jahren abgeleitete Realzinssatz (SNB 2016), abzüglich der durchschnittlichen Teuerung während desselben Zeitraumes (BFS 2016). Dies ergibt einen Realzinssatz von knapp 2%.

Da die Wahl des Zinssatzes einen sehr starken Einfluss auf die Gesamtkosten hat, werden diese zusätzlich mit den Zinssätzen 0% und 1% angegeben.



## 6 Resultate

---

In Tab. 6-1 und Tab. 6-2 auf den nachfolgenden Seiten sind die Szenarien bezüglich Waldentwicklung, Entwicklung der Naturgefahren und wildbedingter Kosten pro Teilgebiet beschrieben. Zum besseren Verständnis der Szenarien wird auf Anhang 3 verwiesen.

**Zum heutigen Zeitpunkt wird für das gesamte Untersuchungsgebiet das Szenario 2 mit kritischem Verbissdruck als massgebend betrachtet (rot markiert in den folgenden Tabellen).**

Anschliessend an die Beschreibung der Entwicklungsszenarien sind ebenfalls pro Teilgebiet die Kosten für die verschiedenen Teilaspekte aufgeführt.

Tab. 6-1: Szenarienbeschreibung Teilgebiet unten/Ost

Szenario	Altbestand	Folgebestand	Lawinen	Rutschungen	Wildbedingte Kosten
1: Verbiss tragbar, normale waldbauliche Behandlung („Basisszenario“)	Bestandesalter ca. 120 Jahre. Maximales Bestandesalter ca. 220 Jahre. Bis in ca. 100 Jahren weist der Altbestand keine nennenswerte Schutzwirkung mehr auf.	Fi verjüngt sich problemlos. W’Fö verjüngt sich problemlos auf Mineralerde. Ta wächst bei Samenbäumen problemlos an, wächst aber wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → Ergänzungspflanzungen (die gesamte geforderte Stz, d.h. bis 2046 4 Stk/ha, ab 2047 40 Stk/ha) + chemischer Verbisschutz Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → vereinzelt (die gesamte geforderte Stz, d.h. bis 2046 4 Stk/ha, ab 2047 40 Stk/ha) pflanzen  Innerhalb von 30 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. vereinzelt Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. regelmässig Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Keine
2a: Verbiss kritisch, normale waldbauliche Behandlung	Siehe SZ1.	Fi verjüngt sich problemlos. W’Fö samt auf Mineralerde problemlos an, der Aufwuchs wird durch Verbiss und Fegen verzögert (um ca. 20 Jahre). Ta wächst bei Samenbäumen problemlos an, wächst aber wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → analog SZ1 Ergänzungspflanzungen + chemischer Verbisschutz, Ta fällt trotzdem aus Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → analog SZ1 vereinzelt pflanzen, fällt aus.  Innerhalb von 40 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.  Langfristig findet eine Entmischung statt und im Hinblick auf den Klimawandel muss mit einem deutlichen Rückgang der Schutzwirksamkeit gerechnet werden (nicht quantifiziert).	Nicht-NaiS-konforme Lücken wachsen nur langsam ein resp. werden etwas grösser. Waldlawinen mit Schäden am Schutzwald sind vereinzelt möglich. Gefährdung ändert nicht risikorelevant innerhalb Betrachtungszeitraum.	Nicht-NaiS-konforme Lücken wachsen nur langsam ein resp. werden etwas grösser. Erosions-/Rutschungsaktivität nimmt zu. Gefährdung ändert nicht risikorelevant innerhalb Betrachtungszeitraum.	Wildbedingte Fehlinvestition Pflanzungen/chem. Verbisschutz Ta und Pflanzungen Vb
2b: Verbiss kritisch, waldbauliche Behandlung inkl. nötige/theoretisch mögliche technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden	Siehe SZ1.	Fi verjüngt sich problemlos. W’Fö samt auf Mineralerde problemlos an, der Aufwuchs wird durch Verbiss und Fegen verzögert (um ca. 20 Jahre) → Ergänzungspflanzungen (die Hälfte der geforderten Stz, d.h. 76Stk/ha) + Kleinzäune (Zäune wegen Fegen) Ta wächst bei Samenbäumen problemlos an, wächst wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → analog SZ1 Ergänzungspflanzungen + Kleinzäune Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → analog SZ1 vereinzelt pflanzen  Innerhalb von 30 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. vereinzelt Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. regelmässig Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Pflanzungen W’Fö Kleinzäune Polynet Ta/W’Fö  Einsparungen Pflanzungen (20%)/chem. Verbisschutz Ta (100%)
3a: Verbiss untragbar, normale waldbauliche Behandlung	Siehe SZ1.	Fi-Verjüngung wird durch Verbiss stark verzögert (um ca. 40 Jahre im Vergleich zum SZ1) W’Fö samt auf Mineralerde problemlos an, der Aufwuchs wird durch Verbiss und Fegen verhindert Ta samt bei Samenbäumen problemlos an, wächst wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → analog SZ1 Ergänzungspflanzungen + chemischer Verbisschutz, Ta fällt trotzdem aus. Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → analog SZ1 vereinzelt pflanzen, fällt aus. Totalausfall der Verjüngung über Jahrzehnte. Langfristig findet eine starke Entmischung statt und im Hinblick auf den Klimawandel muss mit einem deutlichen Rückgang der Schutzwirksamkeit gerechnet werden (nicht quantifiziert).	Nicht-NaiS-konforme Lücken wachsen nicht ein und werden grösser. Es ist vermehrt mit Lawinen bis auf Kantonsstrasse sowie mit Waldlawinen und dadurch Schäden am Schutzwald zu rechnen. → Verbau einzelner Lücken ab 2047	Nicht-NaiS-konforme Lücken wachsen nur langsam ein resp. werden etwas grösser. Erosion/Rutschungsaktivität nimmt zu. Ab 2047 ist mit häufigeren Murgangereignissen und mit stärkeren Intensitäten bis auf die Kantonsstrasse zu rechnen.	Wildbedingte Fehlinvestition Pflanzung/chem. Verbisschutz Ta und Pflanzungen Vb  Permanente Lawinenverbauungen  Risikoanstieg Rutschungen
3b: Verbiss untragbar, waldbauliche Behandlung inkl. nötige/theoretisch mögliche technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden	Siehe SZ1.	Fi-Verjüngung wird durch Verbiss stark verzögert (um ca. 40 Jahre im Vergleich zum SZ1) → Ergänzungspflanzungen (die Hälfte der geforderten Stz, d.h. bis 2046 320Stk/ha, ab 2047 300Stk/ha) + chemischer Verbisschutz W’Fö samt auf Mineralerde problemlos an, der Aufwuchs wird durch Verbiss und Fegen verhindert → Ergänzungspflanzungen (die gesamte geforderte Stz, d.h. 152Stk/ha) + Kleinzäune Ta samt bei Samenbäumen problemlos an, wächst wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → analog SZ1 Ergänzungspflanzungen + Kleinzäune Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → analog SZ1 vereinzelt pflanzen + Kleinzäune Innerhalb von 30 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. vereinzelt Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. regelmässig Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Pflanzungen W’Fö, Fi Chem. Schutz Fi Kleinzäune Polynet Ta/W’Fö Einsparungen Pflanzungen (20%)/chem. Verbisschutz (100%) Ta

Tab. 6-2: Szenarienbeschreibung Teilgebiet oben/West

Szenario	Altbestand	Folgebestand	Lawinen	Rutschungen	Wildbedingte Kosten
1: Verbiss tragbar, normale waldbauliche Behandlung („Basisszenario“)	Bestandesalter ca. 120 Jahre. Maximales Bestandesalter ca. 200 Jahre. Bis in ca. 100 Jahren weist der Altbestand keine nennenswerte Schutzwirkung mehr auf. Geplant werden 2 Eingriffe im Abstand von 25 Jahren.	Fi verjüngt sich problemlos. W’Fö verjüngt sich vereinzelt auf Mineralerde (sehr wenig Samenbäume) → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) Ta wächst vereinzelt an, wächst aber wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) + chemischer Verbisschutz Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → vereinzelt pflanzen (ab 2017 8Stk/ha).  Innerhalb von 30 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.	Keine Gefährdung	Gefährdung bleibt gleich, d.h. selten Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Keine
2a: Verbiss kritisch, normale waldbauliche Behandlung	Siehe SZ1.	Fi verjüngt sich problemlos. W’Fö verjüngt sich vereinzelt auf Mineralerde (sehr wenig Samenbäume) → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha), fällt trotzdem aus Ta wächst vereinzelt an, wächst aber wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) + chemischer Verbisschutz, Ta fällt trotzdem aus Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → vereinzelt pflanzen (ab 2017 8Stk/ha), fällt aus.  Innerhalb von 40 Jahren schutzwirksam gegen Rutschungen und Lawinen. Langfristig findet eine starke Entmischung statt und im Hinblick auf den Klimawandel muss mit einem deutlichen Rückgang der Schutzwirksamkeit gerechnet werden (nicht quantifiziert).	Gefährdung ändert nicht risikorelevant innerhalb Betrachtungszeitraum.	Nicht-NaiS-konforme Lücken wachsen nur langsam ein resp. werden etwas grösser. Erosion/Rutschungsaktivität nimmt zu. Gefährdung ändert nicht risikorelevant innerhalb Betrachtungszeitraum.	Wildbedingte Fehlinvestition Pflanzungen Ta/chem. Verbisschutz und Pflanzungen W’Fö/Vb
2b: Verbiss kritisch, waldbauliche Behandlung inkl. nötige/theoretisch mögliche technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden	Siehe SZ1.	Fi verjüngt sich problemlos. W’Fö verjüngt sich vereinzelt auf Mineralerde (sehr wenig Samenbäume) → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) + Kleinzäune Ta wächst vereinzelt an, wächst wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) + Kleinzäune Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → vereinzelt pflanzen (ab 2017 8Stk/ha) + Kleinzäune Innerhalb von 30 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.	Keine Gefährdung	Gefährdung bleibt gleich, d.h. selten Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Kleinzäune  Einsparungen Pflanzungen (20%) und chemischer Verbisschutz Ta (100%)
3a: Verbiss untragbar, normale waldbauliche Behandlung	Siehe SZ1.	Fi-Verjüngung wird durch Verbiss stark verzögert (um ca. 40 Jahre im Vergleich zum SZ1) W’Fö verjüngt sich vereinzelt auf Mineralerde (sehr wenig Samenbäume) → Ergänzungspflanzungen, fällt aus Ta samt vereinzelt an, wächst wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → Ergänzungspflanzungen + chemischer Verbisschutz, Ta fällt trotzdem aus. Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → vereinzelt pflanzen, fällt aus. Totalausfall der Verjüngung über Jahrzehnte.  Langfristig findet eine starke Entmischung statt und im Hinblick auf den Klimawandel muss mit einem deutlichen Rückgang der Schutzwirksamkeit gerechnet werden (nicht quantifiziert).	Entstehung einzelner nicht-NaiS-konformer Lücken. Es ist vermehrt mit Lawinen bis auf die Kantonsstrasse sowie mit Waldlawinen und dadurch Schäden am Schutzwald zu rechnen. → Verbau einzelner Lücken	Nicht-NaiS-konforme Lücken wachsen nur langsam ein resp. werden etwas grösser. Erosion/Rutschungsaktivität nimmt zu. Ab 2047 ist mit häufigeren Murgangereignissen und mit stärkeren Intensitäten bis auf die Kantonsstrasse zu rechnen.	Wildbedingte Fehlinvestition Eingriffe mit Holzanfall, Pflanzungen Ta/chem. Verbisschutz und Pflanzungen W’Fö/Vb  Risikoanstieg Rutschungen
3b: Verbiss untragbar, waldbauliche Behandlung inkl. nötige/theoretisch mögliche technische Schutzmassnahmen vor Wildschäden	Siehe SZ1.	Fi-Verjüngung wird durch Verbiss stark verzögert (um ca. 40 Jahre im Vergleich zum SZ1) → Ergänzungspflanzungen (die Hälfte der geforderten Stz, d.h. bis 2046 396Stk/ha, ab 2047 356Stk/ha) + chemischer Verbisschutz W’Fö verjüngt sich vereinzelt auf Mineralerde (sehr wenig Samenbäume) → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) + Kleinzäune Ta wächst problemlos auf, wächst wildbedingt nicht auf, sehr wenige Samenbäume → Ergänzungspflanzungen (ab 2047 40Stk/ha) + Kleinzäune Vb verjüngt sich kaum (sehr wenige Samenbäume) → vereinzelt pflanzen (ab 2017 8Stk/ha), Einzelschütze bis 2046, anschliessend in Kleinzäunen Innerhalb von 30 Jahren schutzwirksam bezüglich Rutschungen und Lawinen.	Keine Gefährdung.	Gefährdung bleibt gleich, d.h. selten Ereignisse bis auf Kantonsstrasse möglich.	Kleinzäune  Pflanzungen/chem. Schutz Fi  Einsparungen Pflanzungen (20%) und chemischer Verbisschutz Ta (100%)

Tab. 6-3: Kostenzusammenstellung Runfoppa, Teilgebiet unten/Ost. Grün: Basiskosten. Dunkelrot: wildbedingte Zusatzkosten. Orange: Wildbedingte Fehlinvestitionen. Gelb: Einsparungen im Vergleich zum Basisszenario. Alle Angaben in CHF.

			Eingriffe mit Holzfall	Pflanzungen Ta	Einsparung Pflanzung Ta	Chemischer Verbisschutz Ta	Pflanzungen W'Fö	Pflanzungen Lb	Kleinzäune Ta, W'Fö, Lb	Pflanzung Fi	Chemischer Verbisschutz Fi	Polynet W'Fö	Polynet Ta	Erhöhtes Risiko Rutschungen/Murgang	Permanenter Lawinenverbau	Total	Total wildbedingte Kosten/Fehlinvestitionen
Nettoarwert 0%	SZ1	Gesamtkosten	103'194	1'808		838		459								106'299	
		Jährliche Kosten	2'064	36		17		9								2'126	
	SZ2a	Gesamtkosten	103'194	1'808		838		459								106'299	3'105
		Jährliche Kosten	2'064	36		17		9								2'126	62
	SZ2b	Gesamtkosten	103'194	1'507	-301	-838	2'948	459	229'162			1'179	131			337'442	232'151
		Jährliche Kosten	2'064	30	-6	-17	59	9	4'583			24	3			6'749	4'643
	SZ3a	Gesamtkosten	103'194	1'808		838		459						2'625'000	2'597'514	5'328'812	5'328'812
		Jährliche Kosten	2'064	36		17		9						52'500	51'950	106'576	106'576
SZ3b	Gesamtkosten	103'194	1'507	-301	-838	5'897	459	408'136	28'829	58'860	2'359	131			608'232	503'072	
	Jährliche Kosten	2'064	30	-6	-17	118	9	8'163	577	1'177	47	3			12'165	10'061	
Nettoarwert 1%	SZ1	Gesamtkosten	80'896	1'256		615		345								83'112	
		Jährliche Kosten	1'618	25		12		7								1'662	
	SZ2a	Gesamtkosten	80'896	1'256		615		345								83'112	2'215
		Jährliche Kosten	1'618	25		12		7								1'662	44
	SZ2b	Gesamtkosten	80'896	1'046	-209	-615	2'311	345	171'910			789	88			256'561	174'186
		Jährliche Kosten	1'618	21	-4	-12	46	7	3'438			16	2			5'131	3'484
	SZ3a	Gesamtkosten	80'896	1'256		615		345						2'312'431	1'871'555	4'267'098	4'267'098
		Jährliche Kosten	1'618	25		12		7						46'249	37'431	85'342	85'342
SZ3b	Gesamtkosten	80'896	1'046	-209	-615	4'623	345	303'672	22'675	43'502	1'579	88			457'600	375'313	
	Jährliche Kosten	1'618	21	-4	-12	92	7	6'073	453	870	32	2			9'152	7'506	
Nettoarwert 2%	SZ1	Gesamtkosten	64'855	886		460		265								66'465	
		Jährliche Kosten	1'297	18		9		5								1'329	
	SZ2a	Gesamtkosten	64'855	886		460		265								66'465	1'611
		Jährliche Kosten	1'297	18		9		5								1'329	32
	SZ2b	Gesamtkosten	64'855	738	-148	-460	2'948	265	131'539			532	59			200'329	134'412
		Jährliche Kosten	1'297	15	-3	-9	59	5	2'631			11	1			4'007	2'688
	SZ3a	Gesamtkosten	64'855	886		460		265						2'049'963	1'353'638	3'470'066	3'470'066
		Jährliche Kosten	1'297	18		9		5						40'999	27'073	69'401	69'401
SZ3b	Gesamtkosten	64'855	738	-148	-460	3'706	265	230'671	18'234	32'713	1'065	59			351'698	285'841	
	Jährliche Kosten	1'297	15	-3	-9	74	5	4'613	365	654	21	1			7'034	5'717	

Tab. 6-4: Kostenzusammenstellung Runfoppa, Teilgebiet oben/West. Grün: Basiskosten. Dunkelrot: wildbedingte Zusatzkosten. Orange: Wildbedingte Fehlinvestitionen. Gelb: Einsparungen im Vergleich zum Basisszenario. Alle Angaben in CHF.

			Eingriffe mit Holzanfall	Pflanzungen Ta	Einsparung Pflanzung Ta	Chemischer Verbisschutz Ta	Pflanzungen W/Fö	Pflanzungen Lb	Kleinzäune Ta, W/Fö, Lb	Pflanzung Fi	Chemischer Verbisschutz Fi	Erhöhtes Risiko Rutschungen/Murgang	Total	Total wildbedingte Kosten/Fehlinvestitionen	
Nettoarwert 0%	SZ1	Gesamtkosten	64'512	1'229		123	1'024	512					67'400		
		Jährliche Kosten	1'290	25		2	20	10					1'348		
	SZ2a	Gesamtkosten	64'512	1'229		123	1'024	512					67'400	2'888	
		Jährliche Kosten	1'290	25		2	20	10					1'348	58	
	SZ2b	Gesamtkosten	64'512	1'024	-205	-123	1'024	512	104'052				170'796	103'724	
		Jährliche Kosten	1'290	20	-4	-2	20	10	2'081				3'416	2'074	
Nettoarwert 0%	SZ3a	Gesamtkosten	64'512	1'229		123	1'024	512				875'000	942'400	942'400	
		Jährliche Kosten	1'290	25		2	20	10				17'500	18'848	18'848	
	SZ3b	Gesamtkosten	64'512	1'024	-205	-123	1'024	512	104'052	24'320	53'990		249'106	182'034	
		Jährliche Kosten	1'290	20	-4	-2	20	10	2'081	486	1'080		4'982	3'641	
	Nettoarwert 1%	SZ1	Gesamtkosten	52'956	823		82	685	401					54'947	
			Jährliche Kosten	1'059	16		2	14	8					1'099	
SZ2a		Gesamtkosten	52'956	823		82	685	401					54'947	1'992	
		Jährliche Kosten	1'059	16		2	14	8					1'099	40	
SZ2b		Gesamtkosten	52'956	685	-137	-82	685	401	68'416				122'925	68'197	
		Jährliche Kosten	1'059	14	-3	-2	14	8	1'368				2'459	1'364	
Nettoarwert 1%	SZ3a	Gesamtkosten	52'956	823		82	685	401				770'810	825'758	825'758	
		Jährliche Kosten	1'059	16		2	14	8				15'416	16'507	16'515	
	SZ3b	Gesamtkosten	52'956	685	-137	-82	685	401	68'416	19'182	39'666		181'774	127'046	
		Jährliche Kosten	1'059	14	-3	-2	14	8	1'368	384	793		3'635	2'541	
	Nettoarwert 2%	SZ1	Gesamtkosten	44'119	555		55	462	322					45'513	
			Jährliche Kosten	882	11		1	9	6					910	
SZ2a		Gesamtkosten	44'119	555		55	462	322					45'513	1'394	
		Jährliche Kosten	882	11		1	9	6					910	28	
SZ2b		Gesamtkosten	44'119	462	-92	-55	462	322	45'327				90'544	45'179	
		Jährliche Kosten	882	9	-2	-1	9	6	907				1'811	904	
Nettoarwert 2%	SZ3a	Gesamtkosten	44'119	555		55	462	322				683'321	728'834	728'834	
		Jährliche Kosten	882	11		1	9	6				13'666	14'577	14'577	
	SZ3b	Gesamtkosten	44'119	462	-92	-55	462	322	45'327	15'466	29'652		135'662	90'297	
		Jährliche Kosten	882	9	-2	-1	9	6	907	309	593		2'713	1'806	

## 7 Diskussion

Die in diesem Bericht hergeleiteten Kosten basieren auf den Annahmen, wie sie im Kap. 5.4 hergeleitet wurden. Diese Annahmen sind mit gewissen Unsicherheiten behaftet (siehe nachfolgende Hinweise). Die Kosten sind deshalb ausdrücklich als Schätzungen zu betrachten.

In Tab. 7-1 sind die Kosten für die massgebenden Szenarien 2a und 2b für den Zinssatz 2% zusammengefasst. Daraus wird folgendes ersichtlich:

- Wird die normale waldbauliche Behandlung durchgeführt, ohne deutlich höhere Investitionen in Wildschadenverhütungsmassnahmen als bisher zu tätigen, ist mit moderaten wildbedingten Kosten von gut CHF 3'000.- zu rechnen (Szenario 2a).
- Nicht eingerechnet ist dabei, dass langfristig die Schutzwirksamkeit zurückgeht und sich die Baumartenzusammensetzung v.a. im Hinblick auf den Klimawandel äussert ungünstig entwickelt (ausserhalb Betrachtungszeitraum). Die Zielsetzung der langfristigen Erhaltung der Schutzwirksamkeit (vgl. Kap. 5.1) wird nicht erreicht.
- Sollen diese zukünftigen Mehrkosten durch die fehlende Schutzwirksamkeit des Waldes vermieden werden (wie dies gemäss Zielsetzung in Kap. 5.1 angestrebt wird), muss mit Investitionen für Wildschadenverhütungsmassnahmen von ca. CHF **180'000** gerechnet werden (Szenario 2b). Dies entspricht jährlichen Kosten von ca. CHF 3'700.- auf einer Fläche von 118 ha resp. ca. CHF 30.-/ha/J.
- Die wildbedingten Kosten übersteigen die Basiskosten deutlich.
- Besonders hinzuweisen ist auf die wildbedingten Fehlinvestitionen. Diese setzen sich zusammen aus den Kosten für Eingriffe, deren Ziele wildbedingt nicht erreicht werden können, sowie Kosten für Pflanzungen und chemischen Verbisschutz, welche wildbedingt ausfallen. Diese Mittel sollten unter den herrschenden Bedingungen aus ökonomischer Sicht besser nicht eingesetzt werden, da damit keine Wirkung erzielt werden kann. Das bedeutet, dass die geplanten waldbaulichen Eingriffe nur umgesetzt werden sollten, wenn sichergestellt werden kann, dass griffige Massnahmen zur Reduktion des Verbissdruckes oder wirksame Wildschadenverhütungsmassnahmen ergriffen werden können resp. deren Finanzierung sichergestellt ist.

Tab. 7-1: Zusammenfassung der Kosten über 50 Jahre für die massgebenden Szenarien, Zinssatz 2%

	Basiskosten	davon wildbedingte Fehlinvestition	Wildbedingt: Wildschadenverhütungsmassnahmen	Einsparungen im Vergleich zum SZ1	Total wildbedingte Kosten
	CHF	CHF	CHF	CHF	CHF
SZ2a	111'978	3'005	0	0	3'005
SZ2b	111'223	0	178'049	-756	177'293

In Tab. 6-3 und Tab. 6-4 sind nicht nur die Kosten für die massgebenden Szenarien pro Teilgebiet aufgeführt, sondern auch die Kosten für die übrigen Szenarien. Dadurch wird ersichtlich, welche Auswirkungen eine Erhöhung resp. eine Verringerung des Verbissdruckes hätten.

Die in diesem Bericht hergeleiteten Ergebnisse sind auf verschiedene Annahmen sehr sensitiv:

- Der lange Betrachtungszeitraum von 50 Jahren führt dazu, dass jährliche Kosten einen sehr grossen Einfluss auf das Endergebnis haben. Dies spielt insbesondere bei den Unterhaltskosten für die Verbauungen und für die Einzelschütze eine grosse Rolle. Für die Berechnung der Unterhaltskosten für Verbauungen wurden die Richtwerte gemäss BAFU 2016 verwendet, welche gut abgestützt sind. Für die Wildschadenverhütungsmassnahmen konnte auf die Erfahrungswerte von 10 Jahren in einem vergleichbaren Gebiet zurückgegriffen werden. Diese sind somit gut belegt.

- Die Annahme bezüglich nötiger Verjüngung hat ebenfalls einen sehr grossen Einfluss auf die Kosten. Das angewendete Verfahren bietet einen groben Rahmen, der allenfalls verfeinert werden könnte.
- Die Risikoberechnungen hängen stark von den angenommenen Intensitäten pro Jährlichkeit ab. Die aufgezeigten Szenarien scheinen plausibel und die geringe Bearbeitungstiefe wurde für diesen Verwendungszweck als genügend beurteilt.
- Aus verschiedenen Gründen scheint es sinnvoll, forstliche Investitionen zu verzinsen. Für diese Studie wurde der empfohlene Zinssatz von 2% in Anlehnung an Gasser 2011 festgelegt. Durch die Angabe der Berechnungen ohne Verzinsung und einem Zinssatz von 1% kann sich der Leser ein Bild über den Einfluss der Wahl des Zinssatzes machen.

## 8 Schlussfolgerungen

---

Der Wald dient dem Schalenwild natürlicherweise als wichtiger Lebensraum und bietet Nahrung. Die Bereitstellung und Förderung eines solchen wertvollen Lebensraums bringt jedoch gewisse Kosten mit sich, wenn gleichzeitig andere Waldfunktionen wie etwa der Schutz vor Naturgefahren gewährleistet sein müssen. Es ist letztlich eine politische Entscheidung, wie viele öffentliche Mittel in diese Leistung investiert werden sollen und wie hohe Schäden an der Waldverjüngung, welche durch diese Waldnutzung entstehen, toleriert werden. Die vorliegende Studie soll dafür als Entscheidungsgrundlage dienen.

Das vorliegende Fallbeispiel zeigt exemplarisch auf, welche finanziellen Folgen im kantonsweiten Vergleich moderate Wildschäden haben können. Die angegebenen Kosten sind als grober Kostenrahmen mit entsprechenden Unsicherheiten zu verstehen. Die Resultate können nicht im Sinne einer Extrapolation direkt auf andere Gebiete übertragen werden, die Methode kann aber durchaus für andere Fälle angewendet werden.

Die waldbaulichen Voraussetzungen sind im Uaul Runfoppa sehr günstig: die Bestände sind gut strukturiert und es ist bereits im gesamten Gebiet ein gewisser Anteil an Vorverjüngung vorhanden. Dementsprechend haben die hier beobachteten moderaten Wildschäden mittelfristig auch nicht gleich gravierende Kosten wie in den Fallbeispielen Puzzastg und Gruobenwald-Tschägibach zur Folge.

Das Szenario 3 dieses Fallbeispiels zeigt (im Gegensatz zum Fallbeispiel Gruobenwald-Tschägibach und analog zum Fallbeispiel Puzzastg), dass es (unabhängig von der langfristigen Entwicklung ausserhalb des Betrachtungszeitraumes!) deutlich günstiger ausfallen kann, umfangreiche Wildschadenverhütungsmassnahmen zu treffen und damit die Schutzwirkung des Waldes zu erhalten als eine Erhöhung der Naturgefahrenrisiken resp. Verbaumassnahmen in Kauf zu nehmen (vgl. Tab. 6-3 und Tab. 6-4). Das zeigt weiter, dass in diesen Fällen die Erhaltung der Schutzwirkung die volkswirtschaftlich günstigste Variante ist. Dies ist ein oft gehörtes Argument, welches hier für einen konkreten Fall vorgerechnet wird. Wo es nicht möglich ist, den Wilddruck zu reduzieren, sollten in solchen Fällen konsequent Wildschadenverhütungsmassnahmen getroffen werden.

Anhand dieses Fallbeispiels wird aber auch gut ersichtlich, dass die Methode auf Grund der langen Entwicklungszeiträume im Gebirgswald an Grenzen stösst. Die langfristige Entmischung und die dadurch entstehende höhere Anfälligkeit im Zusammenhang mit dem Klimawandel, resp. generell negative Entwicklungen ausserhalb des Betrachtungszeitraumes und die damit entstehenden Kosten können kaum quantifiziert werden. Das zeigt, dass mit einer (zu) kurzfristigen Betrachtungsweise der Fehlschluss gezogen werden kann, dass es günstiger kommt, gewisse Risiken resp. Verbaukosten in Kauf zu nehmen. Dieser Aspekt sollte in die Entscheidungsfindung unbedingt miteinbezogen werden.

Unter dem Begriff „wirkungsorientierte Verwaltungsführung“ hat sich das Grundprinzip des effizienten Mitteleinsatzes im öffentlichen Sektor verankert (Schmithüsen et al. 2003) und wird seit 2008 im Rahmen des Neuen Finanzausgleiches NFA zwischen Bund und Kantonen angewendet. Somit liegt es in der Verantwortung der Kantone, öffentliche Mittel effizient einzusetzen.

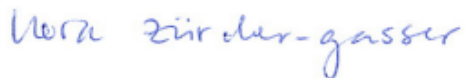
Für eine korrekte Beurteilung volkswirtschaftlicher Aspekte der Wald-Wild-Problematik resp. der Findung der Bestvariante müsste auch abgeschätzt werden, was eine Reduktion der Wildbestände auf ein tragbares oder zumindest kritisches Niveau kosten würde. Das Beispiel in Gasser et al. 2011 zeigt, dass diese Massnahmenvariante deutlich günstiger ist als die Massnahmen wie sie in der vorliegenden Studie vorgeschlagen werden.



Unabhängig von den Kosten einer solchen Massnahmenvariante muss aber grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass durch die hohen Wildbestände im Kanton Graubünden vielerorts ein effizienter Mitteleinsatz in der Schutzwaldbewirtschaftung verhindert wird.

Sowohl die kantonale Wald- wie auch die Jagdgesetzgebung fordert „Verjüngung mit standortgerechten Baumarten ohne Schutzmassnahmen“ (KWaG Art. 35, Abs.4) resp. die „Natürliche Verjüngung mit standortgemässen Baumarten“ (KJG Art 29, Abs.2). Diese Zielsetzung ist auch aus ökonomischer Sicht unbedingt anzustreben.

Rabius/Sargans, April 2017



Nora Zürcher-Gasser



Monika Frehner



## Literatur

---

- AWN 2013: Teilprogramm 2 Disentis/Mustér Nr. 3100, Erhebung 2013.
- AWN 2014: Auswertung Jungwald- und Wildschadenaufnahmen (TP1), Fläche Nr. 1021 – Runfoppa, Aufnahmejahr 2014.
- AWN 2015: Auswertung der Kontrollzäune VKZ-3-923, VKZ-3-920 und VKZ-3-904. C. Buchli, 2014/2015.
- AWN 2016a: Projektvorschriften für Sammelprojekte Waldbau ab 2017. Handbuch grüner Bereich. Chur, Oktober 2016.
- AWN 2016b: Zusammenstellung nachkalkulierter Systempreise. Stand Oktober 2016, erhalten von B. Riedi.
- Boulangier V, Rakotoarison H 2015: Assessing Economic Impacts of Deer Browsing on Forestry. Fir-Spruce Stands in the Vosges (France) as a Case Study. Präsentation IUFRO-Symposium, Birmensdorf (Zürich), 14 - 16 October 2015.
- Bühler U 2005: Jungwaldentwicklung als Eingangsgrösse in die Jagdplanung: Erfahrungen aus dem Kanton Graubünden. Wald und Huftiere - eine Lebensgemeinschaft im Wandel. Forum für Wissen 2005: 59-65.
- Bundesamt für Statistik BFS 2016: Landesindex der Konsumentenpreise – Jahresdurchschnitte, [www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch), zugegriffen am 23.11.2016.
- Bundesamt für Umwelt BAFU 2016: EconoMe 4.0 light. Online-Berechnungsprogramm zur Bestimmung der Wirkung und Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren.
- Frehner M, Schwitter R, Wasser B 2005/09: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 564 S.
- Frehner M, Huber B, Zraggen L, Zischg A, van Wijnkoop P, Braun S, Scherler M, Carraro G, Burnand J (in Bearbeitung) 2016: Adaptierte standortkundliche Grundlagen. Projekt im Rahmen des Forschungsprogramms «Wald und Klimawandel». Zwischenergebnisse.
- Gasser N, Frehner M, Olschewski R, Zinggeler J 2011: Ökonomische Konsequenzen der Verbissprobleme an der Rigi-Nordlehne. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen: October 2011, Vol. 162, No. 10, pp. 364-371.
- Kupferschmid A, Heiri C, Huber M, Fehr M, Frei M, Gmür P, Imesch N, Zinggeler J, Brang P, Clivaz J-C, Odermatt O 2015: Einfluss wildlebender Huftiere auf die Waldverjüngung: ein Überblick für die Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen: 166 (2015) 6: 420-431.
- Olschewski R, Bebi P, Teich M, Wissen Hayek U, Grêt-Regamey A 2011: Lawinenschutz durch Wälder – Methodik und Resultate einer Zahlungsbereitschafts-analyse. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Nov 2011, Vol. 162, pp. 389-395.
- Rechnungshof 2015: Rechnungshofbericht, Schutz- und Bannwälder in Salzburg, Vorarlberg und Tirol. Reihe Tirol 2015/8.
- Ryter U 2014: Hochlagenaufforstungen in Lawinenverbauungen im Berner Oberland. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 165(2014)9: 259-267.
- Schmithüsen F.J, Kaiser B, Schmidhauser A, Mellinghoff S, Kammerhofer A.W 2003: Unternehmerisches Handeln in der Wald- und Holzwirtschaft: Betriebswirtschaftliche Grundlagen und Managementprozesse. Deutscher Betriebswirte-Verlag, Gernsbach.
- Schweizerische Nationalbank SNB 2016: Zinssätze, Renditen und Devisenmarkt, [www.snb.ch](http://www.snb.ch), zugegriffen am 23.11.2016.
- Schwitter R 2014: Dokumentation der 30. Arbeitstagung der Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe inkl. Objektblätter. [www.gwg-gsm.ch](http://www.gwg-gsm.ch).
- Suchant R, Burghardt F, Calabro S 2012: Beurteilung von Wildverbiss in Naturverjüngungen. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt FVA Baden-Württemberg.
- Teich M, Bebi P 2009: Evaluating the benefit of avalanche protection forest with GIS-based risk analyses—A case study in Switzerland. Forest Ecology and Management 257 (2009) 1910–1919.
- Zürcher N 2014: Bericht zum Zustand der Waldverjüngung im Kanton Graubünden. Awn GR.



Zürcher-Gasser N, Frehner M 2017a: Monetäre Bewertung von wildbedingten Verjüngungsproblemen im Schutzwald. Fallbeispiel Puzzagstg. AWN GR.

Zürcher-Gasser N, Frehner M 2017a: Monetäre Bewertung von wildbedingten Verjüngungsproblemen im Schutzwald. Fallbeispiel Gruobenwald-Tschägibach. AWN GR.

## Verwendete Geodaten

---

- Übersichtsplan 1: 10'000 (Kant. Verwaltung GR)
- LK 1:25'000 (swisstopo)
- Orthofoto 1956, 1973, 1979, 1990, 2009 (swisstopo)
- Digitales Höhenmodell swissALTI3D (swisstopo), daraus abgeleitet Hillshade und Hangneigung
- Erfassungsbereiche (AWN GR)
- Schutzbautenkataster (AWN GR)
- Ereigniskataster StorMe
- WMS Gefahrenzonen
- WMS Naturgefahrenkarte (alle Gefahren)
- Vorratsberechnung nach LIDAR
- Schutzwald GR
- Bestandeskartierung 1990 und 2012

## Anhang 1 Modellierung Höhenstufen heute / Zeitraum 2070-99

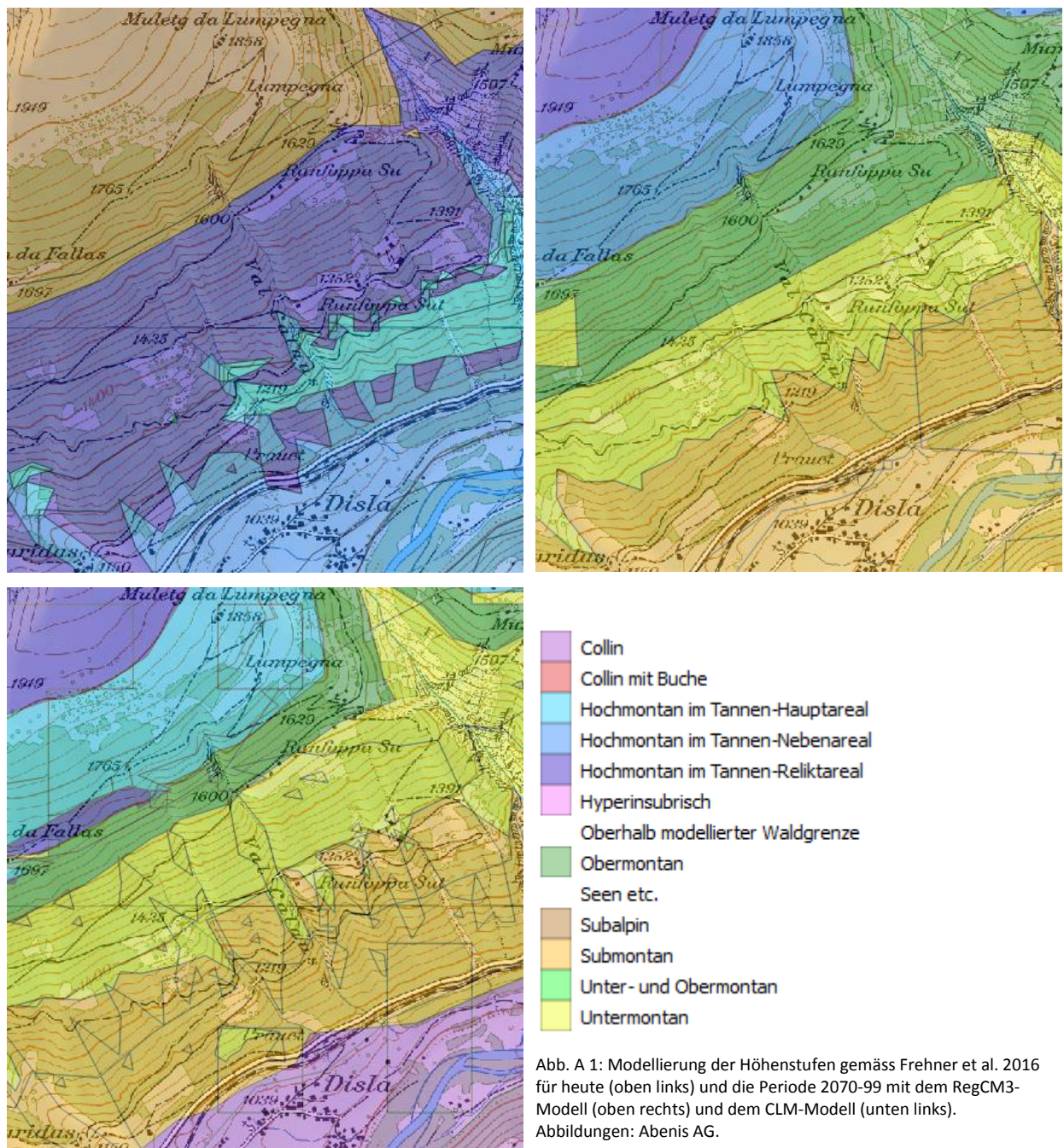


Abb. A 1: Modellierung der Höhenstufen gemäss Frehner et al. 2016 für heute (oben links) und die Periode 2070-99 mit dem RegCM3-Modell (oben rechts) und dem CLM-Modell (unten links). Abbildungen: Abenis AG.

Gemäss den beiden Modellen in Frehner et al. 2016 kommt der untere Teil des Untersuchungsgebietes in die submontane Stufe zu liegen und der mittlere resp. obere Bereich in die unter- resp. obermontane Stufe. Das bedeutet, dass im unteren/mittleren Bereich mit Bedingungen gerechnet werden muss, unter welchen heute der Waldstandorttyp 1 (Typischer Hainsimsen-Buchenwald) anzutreffen ist und im oberen Bereich wären die Bedingungen geeignet für den Waldstandorttyp 1h (Artenarmer Waldsimsen-Tannen-Buchenwald). Für die Waldbewirtschaftung bedeutet dies, dass bereits heute der Tannen- und Waldföhren-Anteil gefördert werden sollte. Um Buche einzubringen ist es wohl noch zu früh. Falls sich Naturverjüngung von Buche und allenfalls anderen wärmebedürftigen Baumarten wie z.B. der Traubeneiche einstellt, sollte diese unbedingt gefördert werden.



## Anhang 2 Verjüngungszeiträume und Schalenwildeinfluss

Im Untersuchungsgebiet sind zahlreiche Eingriffs- resp. Zwangsnutzungsflächen vorhanden, anhand derer die Entwicklung der Verjüngung abgeschätzt werden kann (vgl. auch Anhang 3).

In einer ca. 15-20-jährigen Zaunfläche stehen heute ca. 4-6m hohe Tannen und Fichten (vgl. Abb. A 2). Diese Beobachtung deckt sich in etwa mit den Beobachtungen in Ryter 2014 für die entsprechende Höhenstufe (vgl. Abb. A 4).

Die angrenzenden ungezäunten Verjüngungsflächen präsentieren sich sehr ähnlich, die Tanne kommt aber ausserhalb des Zaunes nicht vor.



Abb. A 2: 15-20-jährige Zaunfläche. Foto: N. Zürcher, 2016

An Stellen, wo genügend Mineralerde und Samenbäume vorhanden sind, verjüngt sich sowohl die Fichte wie auch die Waldföhre sehr gut. Auf diesen Flächen ist zu beobachten, dass die Fichte problemlos an- und aufwächst und die Waldföhre durch den Schalenwildeinfluss etwas gebremst wird. In der Fläche, welche in Abb. A 3 zu sehen ist, müsste die Waldföhre die Fichte deutlich überragen, wird aber durch Verbiss und Fegen zurückgehalten und büsst so entscheidend an Konkurrenzkraft ein. Eine Entmischung zu Lasten der Waldföhre wird stattfinden.

Von der Tanne sind sehr wenige Samenbäume vorhanden. In deren direkten Umfeld samt die Tanne sehr gut an, wächst aber auf Grund des Wildeinflusses nicht auf (vgl. Abb. A 9).

Wo das Keimbett durch Vergrasung beeinträchtigt ist, verjüngt sich ausschliesslich die Fichte, mit Vorliebe auf Moderholz oder um alte Stöcke (vgl. Abb. A 8).



Abb. A 3: Sehr stammzahlreiche Verjüngung auf ehemaliger Rutschungsfläche. Die Fichte dominiert, die Waldföhre ist beigemischt. Foto: N. Zürcher

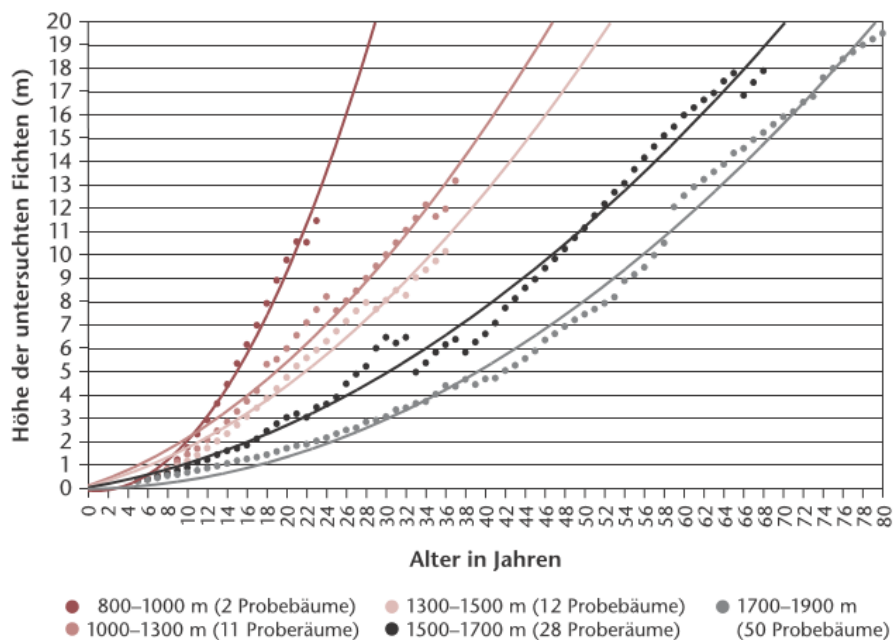


Abb. A 4: Wachstum der Fichtenaufforstungen im Berner Oberland in Abhängigkeit von der Höhenlage. Quelle: Ryter 2014

Zur Beurteilung des Verjüngungszustandes und des Schalenwildeinflusses wurden im Gebiet Runfoppa im Herbst 2014 letztmals Erhebungen gemäss Teilprogramm 1 durchgeführt (AWN 2014). Auf Grund der sehr hohen Standardabweichungen bei den Stammzahlen und des teilweise geringen Stichprobenumfanges bei der Verbissintensität sind die Daten schwierig zu interpretieren. Folgende Punkte sollen daraus trotzdem kommentiert werden:

- Die Gesamtstammzahl liegt mit gut 2'000 Stk/ha unter dem für diese Höhenstufe geforderten Sollwert von 2500 Stk/ha gemäss Bühler 2005.



- Es erstaunt etwas, dass auf den 25 Stichprobenflächen keine einzige Waldföhre erhoben wurde. Dies wird darauf zurückgeführt, dass die Verjüngungsbedingungen für die Waldföhre nur sehr lokal geeignet sind (Mineralerde).
- Die Verbissintensität liegt für die Fichte sehr deutlich unter dem Grenzwert.
- Die Verbissintensität für die Vogelbeere liegt, bei einer sehr tiefen Stammzahl, ebenfalls unter dem Grenzwert. Es wurden keine Vogelbeeren > 70cm erfasst.

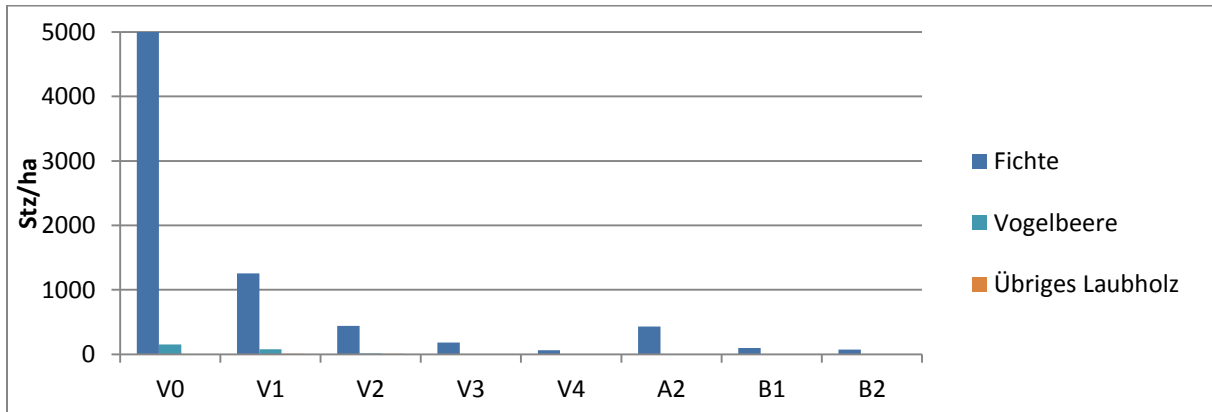


Abb. A 5: Auswertung der vorhandenen Verjüngung (Stz/ha) pro Baumart (Fichte: abgeschnitten zur besseren Lesbarkeit, V0 = 21'804Stk/ha).  
Quelle: TP1 Runfoppa, AWN 2014.

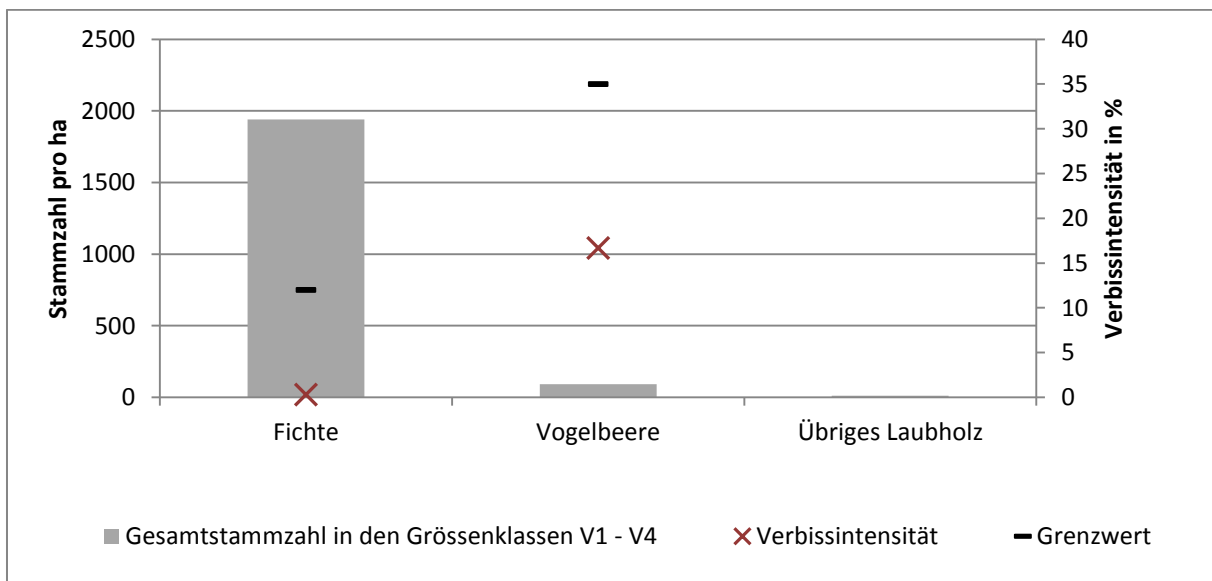


Abb. A 6: Gesamtstammzahl und Verbissintensität pro Baumart (Quelle: TP1 Runfoppa, AWN 2014) und Verbissgrenzwerte (Durchschnittswerte, Quelle: Kupferschmid et al. (2015)).

Die Aufnahme gemäss Teilprogramm 2 für die Fläche Prauet, Erhebung 2013, kommt zum Schluss „Ausfall einer Hauptbaumart (Tanne) wegen fehlender Samenbäume und Vegetationskonkurrenz (Hasel)“ (AWN 2013).

Auf Grund dieser Beobachtungen und Grundlagen werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Fichte verjüngt sich momentan problemlos. Die Verjüngung der Waldföhre und der Vogelbeere wird durch den Schalenwildeinfluss beeinträchtigt. Es findet eine Entmischung zu Gunsten der Fichte und zu Lasten der Waldföhre und Vogelbeere statt. Die Verjüngung der Tanne funktioniert nicht.
- SZ1: 30 Jahre bis schutzwirksam gegen Lawinen
- SZ2a: 40 Jahre bis schutzwirksam gegen Lawinen
- SZ3a: Totalausfall der Verjüngung über Jahrzehnte

## Anhang 3 Beschreibung der Entwicklungsszenarien

### Teilgebiet unten/Ost

---

**Beschreibung:** Das Teilgebiet unten/Ost weist einen Waldföhrenanteil von ca. 5% auf. Vereinzelt sind alte Tannen eingesprengt (vgl. Abb. A 9). Das Bestandesalter beträgt ca. 120 Jahre, das maximale Bestandesalter wird auf ca. 200 Jahre geschätzt. Die Bestände sind insgesamt sehr gut strukturiert (vgl. auch Abb. A 12). Auf kleinräumig verteilten Schadensflächen (Schneedruck, Borkenkäfer, Windwurf, Rutschflächen) konnte sich in den vergangenen Jahrzehnten sehr schöne Verjüngung etablieren (Fichte und Waldföhre), wobei der Waldföhrenanteil in der Verjüngung geringer als im Altbestand ist. Dies ist zum einen auf Verjüngungsbedingungen zurückzuführen, welche für die Waldföhre eher ungünstiger sind als für die Fichte (nicht überall Mineralerde vorhanden). Zum anderen wird die Waldföhre im Jungwuchs vom Wild deutlich stärker angegangen als die Fichte. Verbiss- und Fegeschäden sind häufig. Die Tanne verjüngt sich im Umkreis der Samenbäume sehr gut, wächst aber wildbedingt nicht auf.

#### **Bemerkungen zur Waldentwicklung und den waldbaulichen Massnahmen (vgl. auch Abb. A 10):**

- Aktuell bestehen vereinzelt nicht-NaIS-konforme Lücken. Diese wachsen mehrheitlich gut ein, allerdings findet im Jungwuchs eine Entmischung zugunsten der Fichte und zu Lasten der Waldföhre und der Tanne statt. Der Erhalt dieser Mischbaumarten ist im Hinblick auf den Klimawandel ausserordentlich wünschenswert, da auf diesem Standort mit einer deutlichen Erhöhung der Anfälligkeit gegenüber Borkenkäfer gerechnet werden muss.
- SZ1: Es wird davon ausgegangen, dass bis in ca. 100 Jahren der Altbestand keine nennenswerte Schutzwirkung mehr aufweist. Auf Grund der hohen Zwangsnutzungen der letzten Jahre wird davon ausgegangen, dass nur in sehr kleinem Umfang in den Gerinneabhängungen eingegriffen wird (diese Eingriffe werden in der Kostenschätzung vernachlässigt). Es wird zudem davon ausgegangen, dass die Verjüngung innerhalb von ca. 30 resp. 35 Jahren eine zuverlässige Schutzwirksamkeit gegen Lawinen und Rutschungen aufweist.
- SZ2a/3a: Für das Szenario 2a wird davon ausgegangen dass, a) die Verjüngung der Fichte problemlos funktioniert, b) die Tanne trotz chemischem Verbisschutz ausfällt und dass c) die Verjüngung der Waldföhre durch den Wildeinfluss verzögert wird. Für das Szenario 3a wird davon ausgegangen, dass die Verjüngung der Ta/W'Fö nicht funktioniert und diejenige der Fichte wildbedingt stark verzögert wird.
- SZ2b/3b: Es wird davon ausgegangen, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen ungefähr die Entwicklung wie unter SZ1 beschrieben erreicht werden kann. Kleinzäune werden vorgesehen, da heute beobachtet werden kann, dass die Waldföhre bereits bei geringen Höhen (<70cm) stark gefegt wird und somit chemischer Verbisschutz nicht ausreicht.

#### **Bemerkungen zur Gefährdung durch Naturgefahren:**

- Aktuell wird in mehreren Runsen durch Erosion der Seiteneinhangen sowie flachgründigen Rutschungen/Hangmuren Geschiebe bereitgestellt, welches regelmässig zu Murgängen bis auf die Kantonsstrasse führt. Aus zwei Runsen können in seltenen Fällen Lawinen mit Reichweite bis zur Kantonsstrasse ausgelöst werden.
- SZ1: allenfalls entstehende Lücken wachsen schnell ein. Insgesamt ist keine Veränderung der Situation zu erwarten.
- SZ2a/3a: Unter 2a ist mittelfristig mit vereinzelt Waldlawinen und kleineren Schäden am Schutzwald zu rechnen. Ebenso ist mit etwas mehr Erosion/Rutschungen in die Gerinne zu rechnen. Für die Gefährdung des übrigen Schadenpotentials durch Lawinen und Murgänge sind diese Änderungen nicht relevant. Unter 3a muss damit gerechnet werden, dass sich bestehende Lücken vergrössern und neue Lücken entstehen, welche sehr langsam einwachsen. Entstehende Lawinenanrissgebiete müssen verbaut werden um das heutige Sicherheitsniveau zu erhalten. Es muss mit häufigeren Murgangereignissen bis auf die Kantonsstrasse gerechnet werden.
- SZ2b/3b: Es wird davon ausgegangen, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen ungefähr die Entwicklung wie unter SZ1 beschrieben erreicht werden kann.





Abb. A 7: Ältere Bestandesöffnung mit Fichten-Verjüngung. Foto: N. Zürcher, 2016



Abb. A 8: Fichtenverjüngung auf Moderholz in vergraster Fläche. Foto: N. Zürcher, 2016



Abb. A 9: Vereinzelte Tannen-Samenbäume mit Verjüngung, die vom Wild stark angegangen wird. Foto: N. Zürcher, 2016



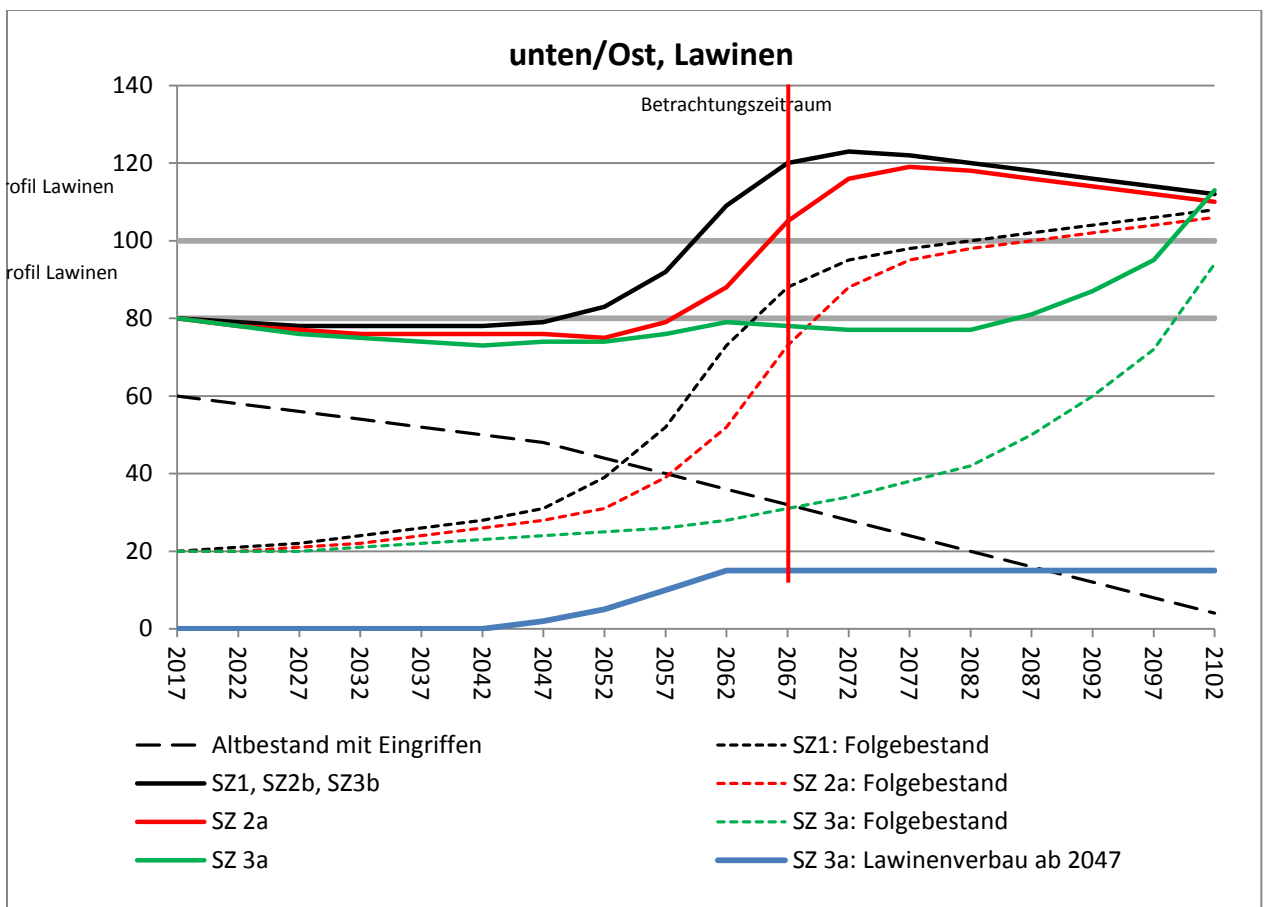
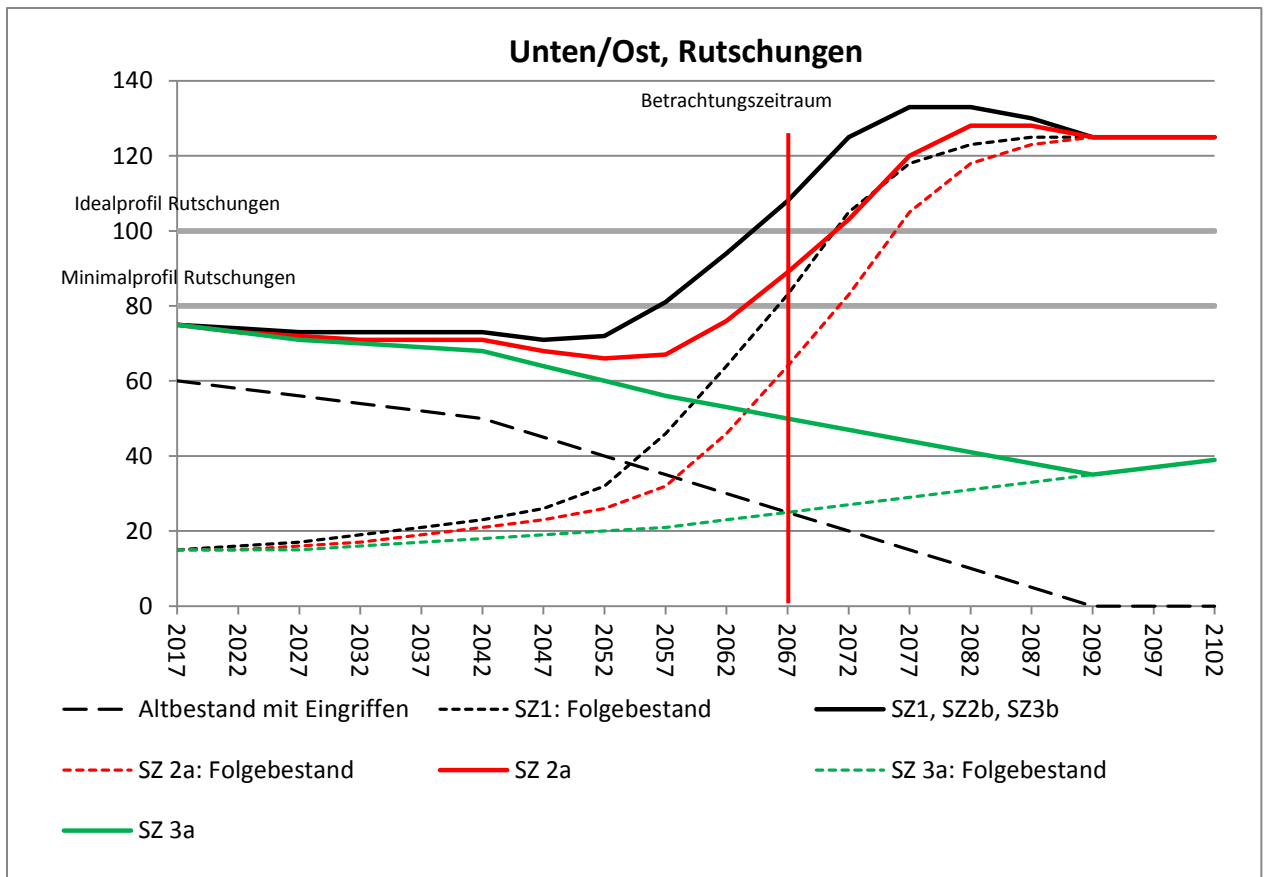


Abb. A 10: Entwicklung der Schutzwirksamkeit gegen Rutschungen (oben) und Lawinen (unten)



## Teilgebiet oben/West

---

**Beschreibung:** Das Teilgebiet oben/West weist im Vergleich zum Teilgebiet unten/Ost kaum Waldföhren und gar keine Weissstannen auf. Zum anderen ist ein deutlich dichter Bestandesaufbau ersichtlich. Das Bestandesalter beträgt ca. 120 Jahre. Das maximale Bestandesalter wird auf ca. 200 Jahre geschätzt. Die Bestände sind insgesamt deutlich weniger stark strukturiert als im Teilgebiet unten/Ost. Auf einzelnen kleinräumig verteilten Schadensflächen (Schneedruck, Borkenkäfer, Windwurf) konnte sich analog zum Teilgebiet unten/Ost schöne Fichtenverjüngung einstellen.

### **Bemerkungen zur Waldentwicklung und den waldbaulichen Massnahmen:**

- Aktuell bestehen sehr vereinzelt nicht-NaiS-konforme Lücken. Diese wachsen mehrheitlich gut ein.
- SZ1: Es wird davon ausgegangen, dass bis in ca. 100 Jahren der Altbestand keine nennenswerte Schutzwirkung mehr aufweist. Auf Grund des Bestandesalters und des dichten Bestandesaufbaus werden Eingriffe zur Einleitung der Verjüngung geplant (vgl. Kap. 5.4.1). Um den Laubholzanteil etwas zu erhöhen, werden vereinzelt Vogelbeeren eingebracht. Es wird davon ausgegangen, dass die Verjüngung innerhalb von ca. 30 Jahren eine genügende Schutzwirksamkeit aufweist. Auf Grund der Überlegungen im Anhang 1 wird davon ausgegangen, dass es ab ca. 2047 sinnvoll ist, die Mischbaumarten Tanne und Waldföhre aktiv einzubringen.
- SZ2a/3a: Für das Szenario 2a wird davon ausgegangen, dass die gepflanzten Mischbaumarten auf Grund des Schalenwildeinflusses ausfallen.
- SZ2b/3b: Es wird davon ausgegangen, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen ungefähr die Entwicklung wie unter SZ1 beschrieben erreicht werden kann. Kleinzäune werden vorgesehen, da heute beobachtet werden kann, dass die Waldföhre bereits bei geringen Höhen (<70cm) stark gefegt wird und somit chemischer Verbisschutz nicht ausreicht.

### **Bemerkungen zur Gefährdung durch Naturgefahren:**

- Aktuell wird in mehreren Runsen durch Erosion der Seiteneinhänge sowie flachgründigen Rutschungen/Hangmuren Geschiebe bereitgestellt, welches regelmässig zu Murgängen bis auf die Kantonsstrasse führt. Aus zwei Runsen können in seltenen Fällen Lawinen mit Reichweite bis zur Kantonsstrasse ausgelöst werden.
- SZ1: Allenfalls entstehende Lücken wachsen schnell ein. Insgesamt ist keine Veränderung der Situation zu erwarten.
- SZ2a/3a: Unter 2a ist mittelfristig mit vereinzelt Waldlawinen und kleineren Schäden am Schutzwald zu rechnen. Ebenso ist mit etwas mehr Erosion/Rutschungen in die Gerinne zu rechnen. Für die Gefährdung des übrigen Schadenpotentials durch Lawinen und Murgänge sind diese Änderungen nicht relevant. Unter 3a muss damit gerechnet werden, dass sich bestehende Lücken vergrössern und neue Lücken entstehen, welche sehr langsam einwachsen. Entstehende Lawinenanrissgebiete müssen verbaut werden um das heutige Sicherheitsniveau zu erhalten. Es muss mit häufigeren Murgangereignissen bis auf die Kantonsstrasse gerechnet werden.
- SZ2b/3b: Es wird davon ausgegangen, dass mit den vorgeschlagenen Massnahmen ungefähr die Entwicklung wie unter SZ1 beschrieben erreicht werden kann.



Abb. A 11: Luftbild vom Teilgebiet oben/West. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Bestandesaufbau im Teilgebiet oben/West dichter und weniger stark strukturiert ist als im Teilgebiet unten/Ost. Quelle: swisstopo.



Abb. A 12: Luftbild 1956. Damals war das Teilgebiet unten/Ost deutlich weniger stark strukturiert als heute. Quelle: swisstopo.



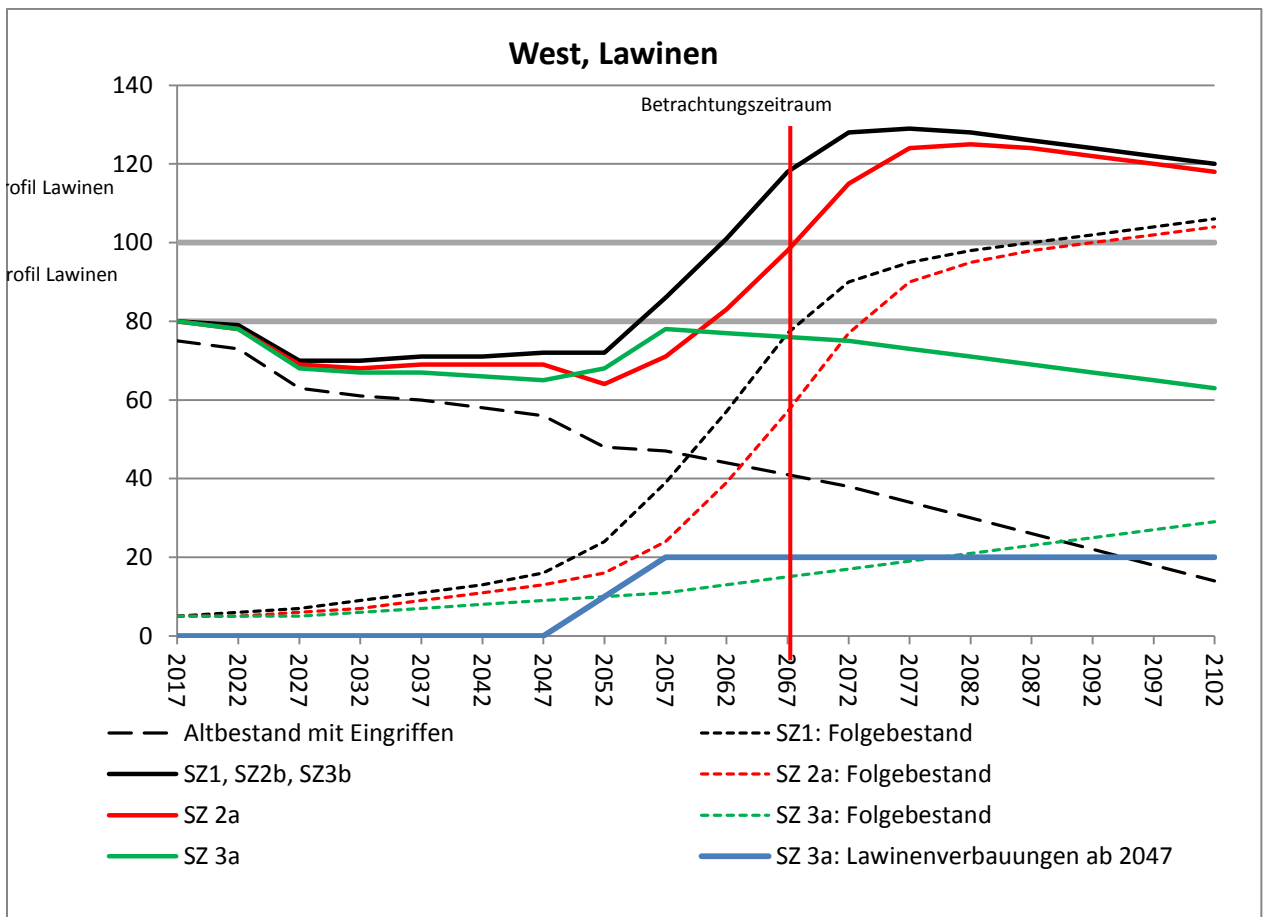
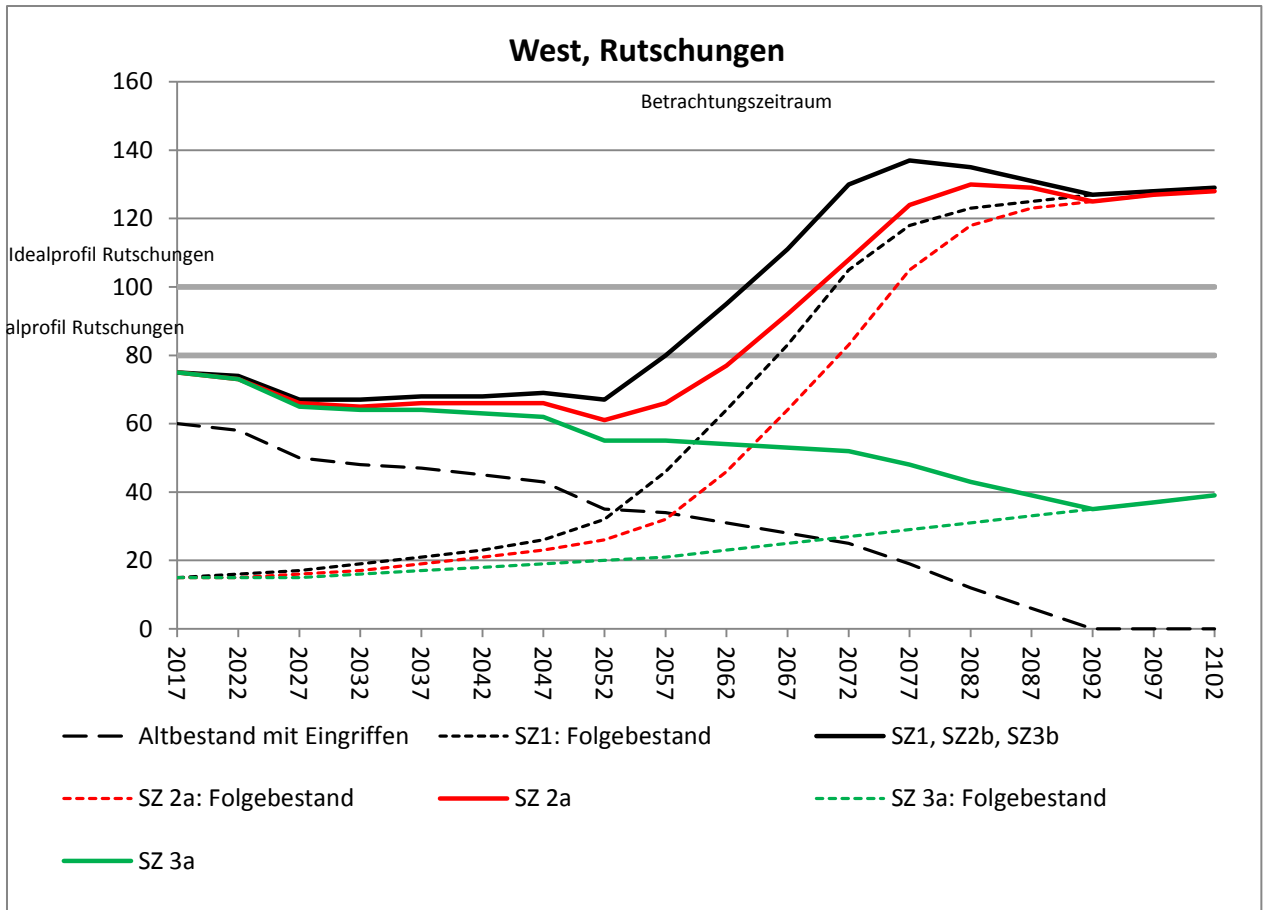


Abb. A 13: Entwicklung der Schutzwirksamkeit gegen Rutschungen (oben) und Lawinen (unten)

## Anhang 4 Herleitung/Berechnung Murgangrisiken

---

Die Abschätzung der Murgangrisiken unter dem Szenario 3a erfolgte anhand der bestehenden Gefahrenkarte Wasser. Für den Zeitraum 2017-2046 wird davon ausgegangen, dass die aktuelle Gefährdungssituation erhalten bleibt. Für das Szenario 3a wird 2047 von einer Verschärfung der Gefährdungssituation ausgegangen, wie sie in der Abb. A 14 dargestellt ist.

Auf Grund der in der Abb. A 14 dargestellten Intensitätskarten wurden mit dem Tool EconoMe light die Risiken für das Basisszenario SZ1 und das Szenario 3a berechnet. Im ebenfalls unten dargestellten Output aus EconoMe light entspricht das „Risiko vor Massnahmen“ dem erhöhten Risiko ab 2047 und das „Risiko nach Massnahmen“ dem heutigen Zustand, wobei der Faktor „räumliche Präsenzwahrscheinlichkeit“ für die unterschiedlichen Jährlichkeiten unterschiedlich angenommen wurde.

In der Kostenberechnung wurde das zukünftige jährliche Risiko, wie es in EconoMe light berechnet wurde, als jährliche Kosten ab 2047 eingesetzt und entsprechend abgezinst.



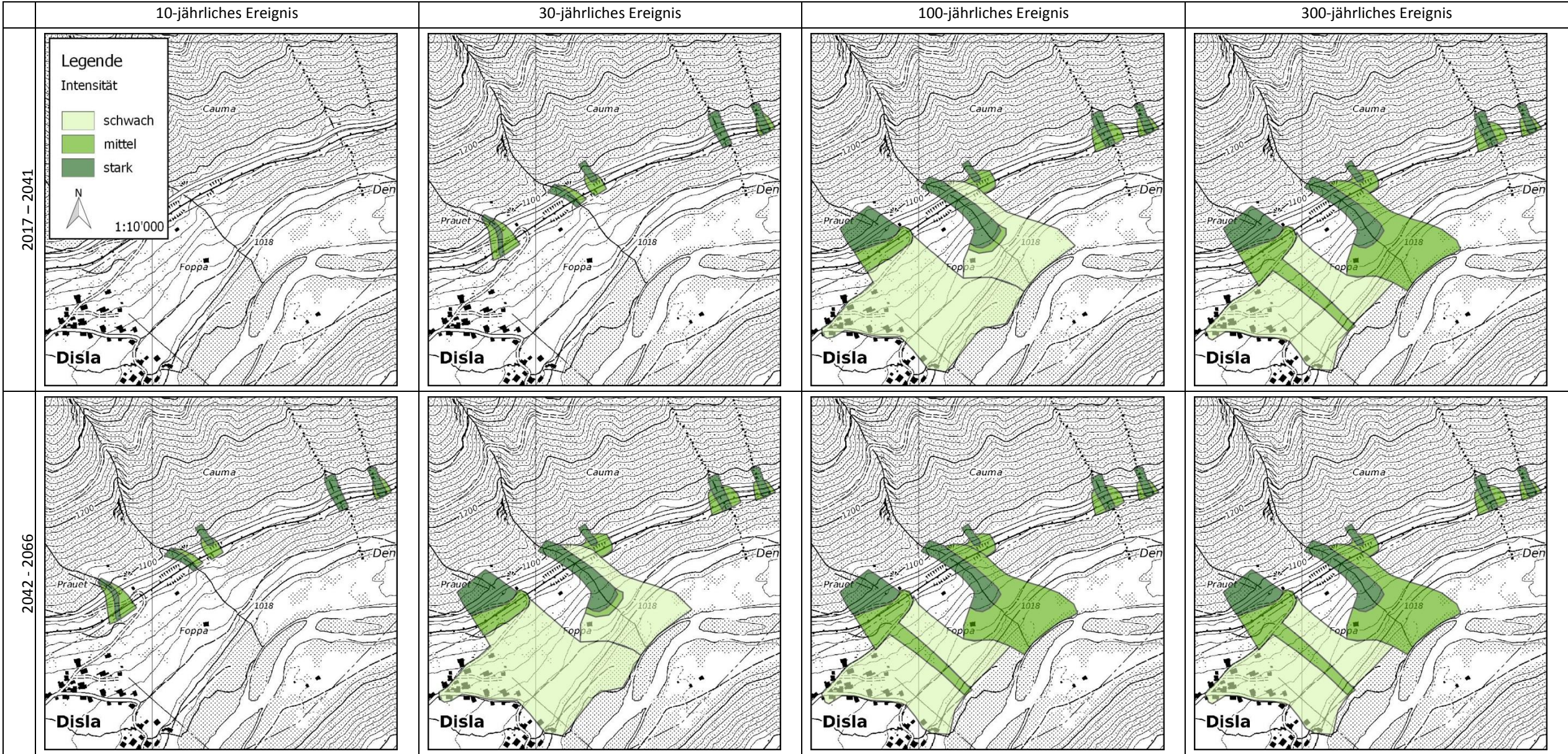


Abb. A 14: Intensitäten Wasser/Murgang für die Perioden 2017 - 2046 und 2047 – 2066.

**EconoMe-Light Berechnung**

19.12.2016, 10:42

Seite 1

Bearbeiter	Nora Züricher-Gasser
Bezeichnung	Runfoppa neu
Gefahrenprozess	Murgang / Wasser aus Murgang
Massnahme	
Massnahmekosten pro Jahr	0

**Konsequenzenanalyse**

Schadenausmass Szenario 10, pr(A): 0.2									
Schadenpotenzial		Schadenausmass vor Massnahme				Schadenausmass nach Massnahme			
Objekttyp	Einheit	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF
Kantonsstrasse, 12m Breite Tagesverkehr: 3500, Geschwindigkeit km/h: 80, Wert: 4 100/m	m	0	66	80	372 768	0	0	0	0
Gemeindestrasse, 8m Breite Tagesverkehr: 300, Geschwindigkeit km/h: 40, Wert: 2 300/m	m	0	0	9	8 400	0	0	0	0
Einspur Ø Personenbelegung/Zug: 40, Ø Personenzüge/Tag: 39, Ø Güterzüge/Tag: 0, Ø Geschwindigkeit Personenzüge km/h: 50, Ø Geschwindigkeit Güterzüge km/h: 0, Ø Geschwindigkeit Fahren auf Sicht km/h: 0, Ø Zuglänge Personenzüge: 200, Ø Zuglänge Güterzüge: 0, Sachwert Personenzug: 5000000 CHF, Anzahl Gleise: 1, Wert: 6 300/m, Geländeverhältnisse: ungünstige Verhältnisse, Anzahl Fahrten derselben Person/Tag: 2	m	0	112	60	612 293	0	0	0	0

Schadenausmass Szenario 30, pr(A): 0.5									
Schadenpotenzial		Schadenausmass vor Massnahme				Schadenausmass nach Massnahme			
Objekttyp	Einheit	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF
Kantonsstrasse, 12m Breite Tagesverkehr: 3500, Geschwindigkeit km/h: 80, Wert: 4 100/m	m	31	90	190	1 900 628	0	66	80	931 920
Gemeindestrasse, 8m Breite Tagesverkehr: 300, Geschwindigkeit km/h: 40, Wert: 2 300/m	m	510	75	80	373 781	0	0	9	21 001
Einspur Ø Personenbelegung/Zug: 40, Ø Personenzüge/Tag: 39, Ø Güterzüge/Tag: 0, Ø Geschwindigkeit Personenzüge km/h: 50, Ø Geschwindigkeit Güterzüge km/h: 0, Ø Geschwindigkeit Fahren auf Sicht km/h: 0, Ø Zuglänge Personenzüge: 200, Ø Zuglänge Güterzüge: 0, Sachwert Personenzug: 5000000 CHF, Anzahl Gleise: 1, Wert: 6 300/m, Geländeverhältnisse: ungünstige Verhältnisse, Anzahl Fahrten derselben Person/Tag: 2	m	35	224	72	1 390 271	0	0	0	0
Wohninheit Einfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS) Personenbelegung: 2.24, Präsenzfaktor: 0.8, Wert: 500 000/Wohninheit	Wohninheit	10	0	0	375 336	0	0	0	0
Schuppen / Remise Personenbelegung: 0, Präsenzfaktor: 0.8, Wert: 50 000/Stk	Stk	4	0	0	20 000	0	0	0	0

**EconoMe-Light Berechnung**

19.12.2016, 10:42

Seite 2

Schadenausmass Szenario 100, pr(A): 0.7									
Schadenpotenzial		Schadenausmass vor Massnahme				Schadenausmass nach Massnahme			
Objekttyp	Einheit	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF
Kantonsstrasse, 12m Breite Tagesverkehr: 3500, Geschwindigkeit km/h: 80, Wert: 4 100/m	m	31	90	190	2 660 878	31	90	190	2 660 878
Gemeindestrasse, 8m Breite Tagesverkehr: 300, Geschwindigkeit km/h: 40, Wert: 2 300/m	m	400	185	80	769 347	510	75	80	523 294
Einspur Ø Personenbelegung/Zug: 40, Ø Personenzüge/Tag: 39, Ø Güterzüge/Tag: 0, Ø Geschwindigkeit Personenzüge km/h: 50, Ø Geschwindigkeit Güterzüge km/h: 0, Ø Geschwindigkeit Fahren auf Sicht km/h: 0, Ø Zuglänge Personenzüge: 200, Ø Zuglänge Güterzüge: 0, Sachwert Personenzug: 5000000 CHF, Anzahl Gleise: 1, Wert: 6 300/m, Geländebeziehungen: ungünstige Verhältnisse, Anzahl Fahrten derselben Person/Tag: 2	m	35	224	72	1 798 903	35	224	72	1 798 903
Wohninheit Einfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS) Personenbelegung: 2.24, Präsenzfaktor: 0.8, Wert: 500 000/Wohninheit	Wohninheit	10	0	0	525 470	10	0	0	525 470
Schuppen / Remise Personenbelegung: 0, Präsenzfaktor: 0.8, Wert: 50 000/Stk	Stk	4	0	0	28 000	4	0	0	28 000

Schadenausmass Szenario 300, pr(A): 0.9									
Schadenpotenzial		Schadenausmass vor Massnahme				Schadenausmass nach Massnahme			
Objekttyp	Einheit	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF	Schwach	Mittel	Stark	Summe CHF
Kantonsstrasse, 12m Breite Tagesverkehr: 3500, Geschwindigkeit km/h: 80, Wert: 4 100/m	m	31	90	90	2 027 010	31	90	90	2 027 010
Gemeindestrasse, 8m Breite Tagesverkehr: 300, Geschwindigkeit km/h: 40, Wert: 2 300/m	m	400	185	80	989 161	400	185	80	989 161
Einspur Ø Personenbelegung/Zug: 40, Ø Personenzüge/Tag: 39, Ø Güterzüge/Tag: 0, Ø Geschwindigkeit Personenzüge km/h: 50, Ø Geschwindigkeit Güterzüge km/h: 0, Ø Geschwindigkeit Fahren auf Sicht km/h: 0, Ø Zuglänge Personenzüge: 200, Ø Zuglänge Güterzüge: 0, Sachwert Personenzug: 5000000 CHF, Anzahl Gleise: 1, Wert: 6 300/m, Geländebeziehungen: ungünstige Verhältnisse, Anzahl Fahrten derselben Person/Tag: 2	m	35	224	72	2 207 534	35	224	72	2 207 534
Wohninheit Einfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS) Personenbelegung: 2.24, Präsenzfaktor: 0.8, Wert: 500 000/Wohninheit	Wohninheit	10	0	0	675 605	10	0	0	675 605
Schuppen / Remise Personenbelegung: 0, Präsenzfaktor: 0.8, Wert: 50 000/Stk	Stk	4	0	0	36 000	4	0	0	36 000



**EconoMe-Light Berechnung**

19.12.2016, 10:42

**Auswertung individuelles Todesfallrisiko**

Szenarien	vor Massnahme			nach Massnahme		
	1	1	1	0	0	0
Szenario 10	1	1	1	0	0	0
Szenario 30	1	3	1	1	1	0
Szenario 100	2	2	1	2	2	1
Szenario 300	3	2	0	3	2	0

**Auswertung Schadenausmass, Risiko und Kostenwirksamkeit**

Szenarien	Personenschaden		Sachschaden		Gesamtschaden		Komplementär-kumulatives Risiko/Jahr			Kostenwirksamkeit
	vor Massnahme	nach Massnahme	vor Massnahme	nach Massnahme	vor Massnahme	nach Massnahme	vor Massnahme	nach Massnahme	Risikoreduktion	N/K Verhältnis
Szenario 10	599 710	0	393 751	0	993 461	0	66 231	0	66 231	0
Szenario 30	2 067 096	789 133	1 992 920	163 788	4 060 016	952 921	94 734	22 235	72 499	0
Szenario 100	2 938 938	2 790 289	2 843 660	2 746 256	5 782 598	5 536 545	38 551	36 910	1 640	0
Szenario 300	2 550 332	2 550 332	3 384 978	3 384 978	5 935 310	5 935 310	19 784	19 784	0	0
<b>Summe</b>							<b>219 299</b>	<b>78 929</b>	<b>140 370</b>	<b>0</b>