

Automatische Anzeichnung bei Eingriffen im Steinschlagschutzwald auf Grundlage einer räumlich-expliziten Baumverteilung unter Einsatz eines Optimierungsmodells

Masterarbeit von Daniel Mader, Betreuung: Jochen Ruben Breschan, Monika Frehner und Marc Folini Professur für forstliches Ingenieurwesen, Departement Umweltsystemwissenschaften, ETH Zürich

DUSYS Departement

Umweltsystemwissenschaften

1 Einleitung

Die Auswirkungen der Baumanzeichnung bei Eingriffen im Steinschlagschutzwad sind schwierig abzuschätzen und bis jetzt noch wenig erforscht. Diese Masterabreit versucht mit Hilfe eines linearen Optimierungsmodells und Einzelbaumdaten aus einem Marteloskop zu berechnen, welche Bäume bei der Holzernte am besten entnommen werden sollten. Die wichtigsten Fragestellungen lauten:

- Ist es möglich mit einem mathematischen Optimierungsmodell plausible Anzeichnungen automatisiert berechnen zu lassen?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen verschiedenen
 Modellkomponenten wie etwa dem Holzerlös und der Schutzfunktion?

2 Methoden-Übersicht

Untersuchungsgebiet: Marteloskop in Renan

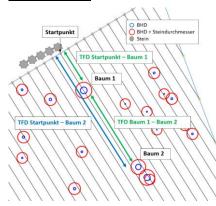
Die Einzelbaum-Daten stammen aus dem Marteloskop in Renan. Für diese Modellierung wurden verwendet: Baum-Nr., Baumart, Position, BHD und Höhe. Der Handlungsbedarf in diesem Wald besteht darin die Verjüngung einzuleiten, um die langfristige Schutzleistung gewährleisten zu können und den Bestand in Richtung der Vorgaben nach NaiS zu entwickeln.

Lineares Optimierungsmodell

Das Ziel des Optimierungsmodells war es durch das Ernten von Bäumen und unter Einschränkung verschiedener Nebenbedingungen den Holzerlös des Eingriffs zu maximieren. Das Modell hatte pro Baum je nach Modellvariante drei verschiedene Entscheidungsmöglichkeiten: Ernten, Fällen und quer legen oder stehend im Bestand belassen.

Modellkomponenten - Nebenbedingungen

Schutzfunktion:



zwischen den Bäumen vor und nach der Ernte jedes möglichen Baumes Rechnung getragen. Zu grosse Lücken wurden in der Zielfunktion systematisch bestraft und somit vom Modell minimiert. Das Fällen von Querbäumen ermöglichte es dem Modell mehrere Falllinien auf einmal abzudecken und somit die trefferfreien Distanzen im Bestand zu

Der Schutzfunktion wurde durch die

Betrachtung der Lückengrössen

Fig. 1. Fallliniendarstellung mit trefferfreien Distanzen. TFD Startpunkt - Baum 2 gilt nur, wenn Baum 1 gefällt wird.

Zusätzlich musste die Sturzenergie des Steines entlang jeder Falllinie von den Bäumen absorbiert werden können.

Verjüngungsflächen:

Innerhalb des Perimeters sollten insgesamt 600m² verjüngungsgünstige Flächen freigestellt werden. Die Verjüngungsflächen sind der Hauptanreiz dafür, dass das Modell überhaupt Bäume fällt.

Holzernteverfahren:

Im Modell sind verschiedene Holzernteverfahren, wie etwa Seillinien und Helikopter implementiert worden. Jedes Ernteverfahren besitzt unterschiedliche Erntekosten pro Baum und erntetechnische Einschränkungen.

3 Resultate und Diskussion

Insgesamt wurden 160 verschiedene Modellanzeichnungen berechnet, welche je nach Szenario durchaus plausible Resultate erzielten. Nachfolgend wird auf die wichtigsten Ergebnisse eingegangen.

Vergleich Modell Ohne Querbäume vs. Mit Querbäumen

Die Anzeichnungen dieser beiden Modellvarianten besitzen deutliche Unterschiede. Im Modell, welches Querbäume fällen durfte, werden deutlich mehr Bäume gefällt, insbesondere um diese dann quer im Bestand zu belassen.

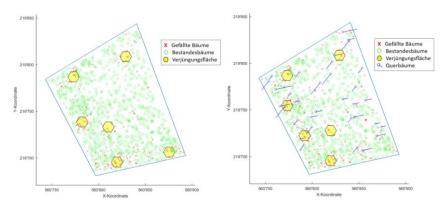


Fig. 2. Modellanzeichnung für Steindurchmesser = 0.5m, Verjüngungsflächengrössen = 100m² und motormanuelle Holzernte. Links: Anzeichnung ohne Querbäume; Rechts: Anzeichnung mit Querbäumen

Das zeigt sich auch beim Vergleich der Erntekennzahlen dieser beiden Modellvarianten. Durch das Ernten oder quer fällen ist der Holzerlös beim Modell mit Querbäumen deutlich im negativen Bereich. Dafür sind die schutzrelevanten Kennzahlen deutlich besser als ohne Querbäume. Die Lücken im Bestand sind durchschnittlich kleiner und es gibt weniger zu schwach bestockte Falllinien. Die höhere Schutzfunktion des Waldes wird also durch das kostenintensive Fällen der Querbäume erzielt.

Modellvariante	GF	ES	HE	QB	UF	MTFD	LG<40m	LG<60m
Ohne Querbäume	35	19	+2371	0	17	19.51	87	96
Mit Querbäumen	26	42	-5640	33	3	15.33	95	99

Tab. 1. GF: Grundfläche [m²/ha]; ES: Eingriffsstärke [%]; HE: Holzerlös [Fr.]; QB: Anzahl Querbäume; UF: Anzahl unabgedeckte Falllinien; MTFD: mittlere trefferfreie Distanz [m]; LG<XXm: Lückengrössen kleiner als XXm [%]

Allgemeine Erkenntnisse

Die Analyse der Modellanzeichnungen für alle verschiedenen Szenarien ergab weitere interessante Erkenntnisse:

- Die benötigten Verjüngungsflächen wurden freigestellt, wobei die zwei unterschiedlichen Öffnungsgrössen ähnliche Resultate erzielten
- Der Fichtenanteil wurde durch das bevorzugte Fällen von Fichten verkleinert
- Seillinien quer zur Falllinie hinterlassen den Bestand mit einer besseren Schutzfunktion als Seillinien in der Fallrichtung des Steines
- Vergleich Modellanzeichnungen Försteranzeichnungen ergab sehr tiefe Übereinstimmung, wie auch innerhalb der Förstergruppen selbst

4 Schlussfolgerungen

Die wichtigsten Schlussfolgerungen dieser Masterarbeiten lauten wie folgt:

- Das aufgebaute Optimierungsmodell eignet sich gut für die Anzeichnung bei Eingriffen im Steinschlagschutzwald
- Die Querbäume verbessern den Schutz gegenüber Steinschlag enorm, was jedoch auch mit erhöhten Holzerntekosten einhergeht
- Einige Modellkomponenten, wie etwa die Fallliniendarstellung, haben noch Verbesserungsbedarf, um ein noch realitätsnäheres Modell zu bilden

Kriterien für eine zielführende Anzeichnung im Gebirgswald

Autor: Samuele Rosselli, Ai Scarsitt 9, 6528 Camorino (samuele.rosselli@bluewin.ch)
Betreuung: Jochen Breschan, Monika Frehner
Januar 2019

Das Marteloskop ist ein sehr wichtiges und wirksames Lerninstrument für im Wald tätige Personen. Bis jetzt fehlte jedoch eine spezifische Begleitsoftware für die Bewertung einer Anzeichnung in Gebirgswald-Marteloskopen, welche die besonderen Herausforderungen bei der Anzeichnung im Schutzwald berücksichtigt.

Am Beispiel des Marteloskops von Spegnas 1 in einem subalpinen Fichtenwald (Standort EK 60) bei Savognin wurde ein praxistaugliches Analyse-Tool entwickelt. Die gewünschten Bäume werden dabei auf einer Smartphone-App angezeichnet. Eine Analysesoftware evaluiert automatisch die Anzeichnung anhand von 22 gebirgswaldbauspezifischen Beurteilungskriterien (siehe Tabelle rechts), wobei das Augenmerk auf der Komplexität des Systems Wald liegt. Der Einfluss der Anzeichnung auf die verschiedenen Beurteilungskriterien wurden gemäss den NaiS-Anforderungen und anderen wichtigen Faktoren in MATLAB und ArcGIS modelliert.

Als Ergebnis für jede Anzeichnung wird ein PDF-Bericht mit Bildern und erklärenden Texten generiert.

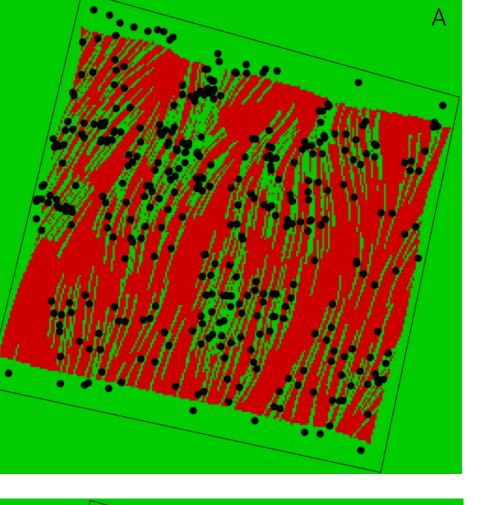
Anstelle einer absoluten Beurteilung in "gut oder schlecht" werden vielmehr die positiven und negativen Aspekte der Anzeichnung beleuchtet, welche als Kompromiss zwischen unterschiedlichen Anforderungen wie zum Beispiel Lichteinbringung und maximale Lückengrösse bezüglich Naturgefahren verstanden wird (Optimierungsaufgabe). Die unterschiedlichen Anzeichnungsvorschläge der Übungsteilnehmer und ihre Evaluationen dienen somit als Basis für eine lehrreiche Diskussion.

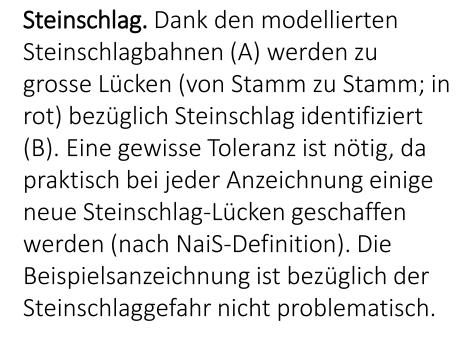
Anhand einer Beispielsanzeichnung werden einige ausgewählte Beurteilungskriterien erklärt.

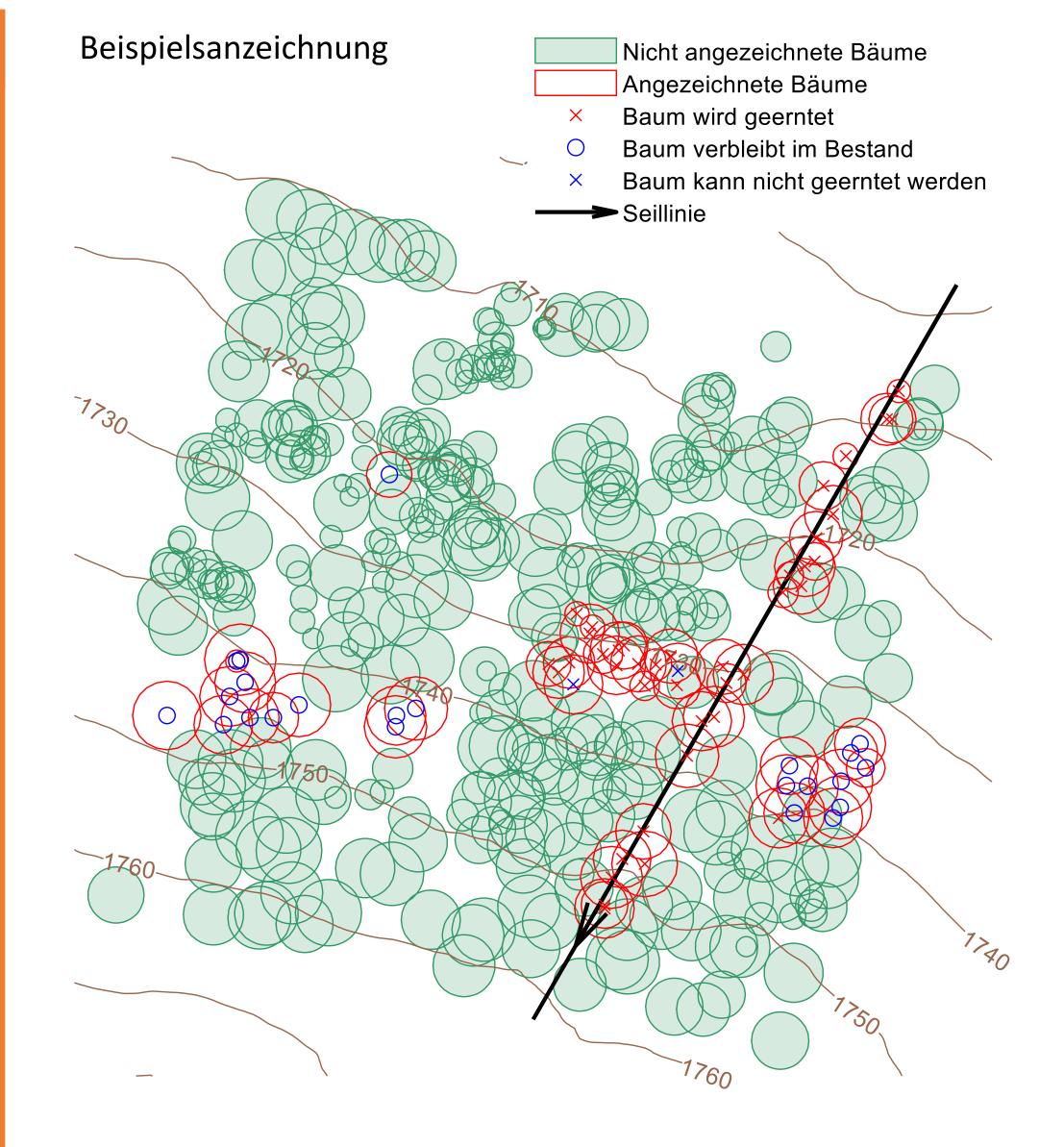
Anforderung	Thema	Beurteilungskriterium
	Louginon	Maximale Lückenlänge/-breite
des Waldes	Lawinen	Deckungsgrad der Baumkronen
	Stoinschlag	Maximale Lückenlänge/-breite
	Steinschlag	Stammzahl pro ha
	Bodenrutschungen	Lückenfläche
	bodemutschungen	Deckungsgrad der Baumkronen
Waldstabilität und -struktur		Relative Anzahl an faulen/verletzten Bäumen
	Einzelbaumstabilität	Relative Anzahl an geneigten Bäumen
		Relative Anzahl an schlecht verankerten Bäumen
		Relative Anzahl an Bäumen mit hohen h/d Werten
	Kollektive Stabilität	Anzahl Stabilitätsträger pro ha
		Anzahl gestörte Baum-Baum-Beziehungen (Behandlung der Kollektive als Einheiten)
		Kronenlänge der bergwärts neu freigelegten Ränder
	Strukturförderung	Horizontale Struktur (Ausdehnung der Kollektive), aktuell
		Horizontale Struktur (Ausdehnung der Kollektive), Zukunftsprognose
		Vertikale Struktur (Homogenität/Heterogenität und Höhe des Bestandes)
Verjüngungs- förderung		Anzahl freigestellte Verjüngungsansätze (> 2h direktes Licht pro Tag nach dem Eingriff)
	Lichteinbringung	Anzahl belichtete Keimbett-Mikrostrukturen (> 2h direktes Licht pro Tag nach dem Eingriff
		Freigestellte Bodenvegetations-freie Fläche (> 2h direktes Licht pro Tag nach dem Eingriff)
	Totholzvorrat	Am Boden gelassenes Totholzvolumen als Verjüngungssubstrat
Holzbringung	Kosten	Gewinn
und Kosten	Holzbringung	Konsequent mit Mobilseilkran (räumlich explizite Beurteilung)

Schutzleistung des Waldes

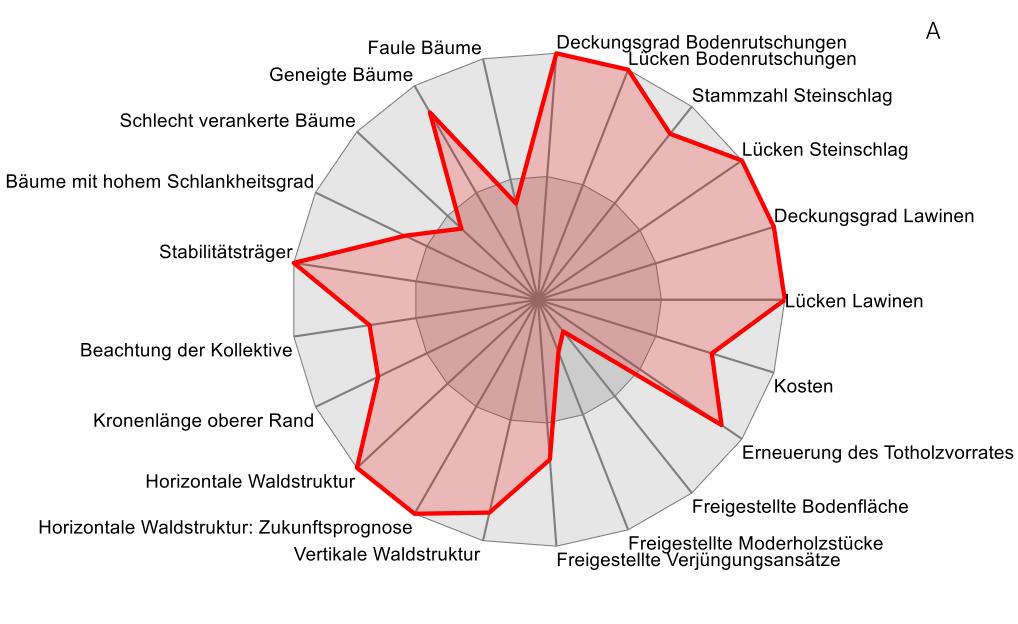
Lawinen und Bodenrutschungen. Zur Vermeidung der Gefahr von Lawinen und Bodenrutschungen sollten zu grosse Lücken (von Krone zu Krone) vermieden werden. Bei dieser Beispielsanzeichnung wurden keine zu grosse Lücken angezeichnet (die Lückenfläche würde sonst rot erscheinen). Die Lücken bezüglich Lawinen und Bodenrutschungen werden mit zwei unterschiedlichen Modellen ermittelt. Da das Resultat graphisch gleich ist, werden sie hier (aus Platzgründen) mit einer einzigen Abbildung zusammengefasst.

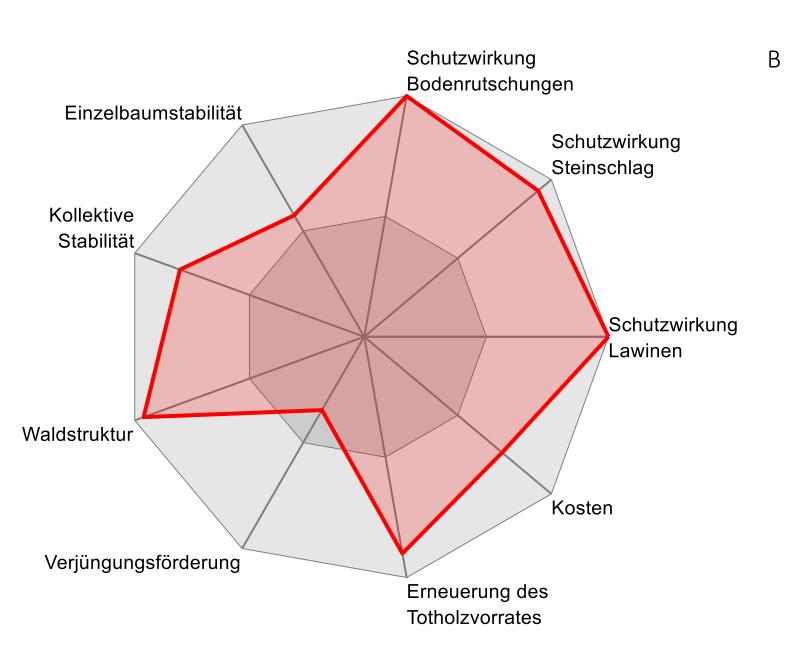




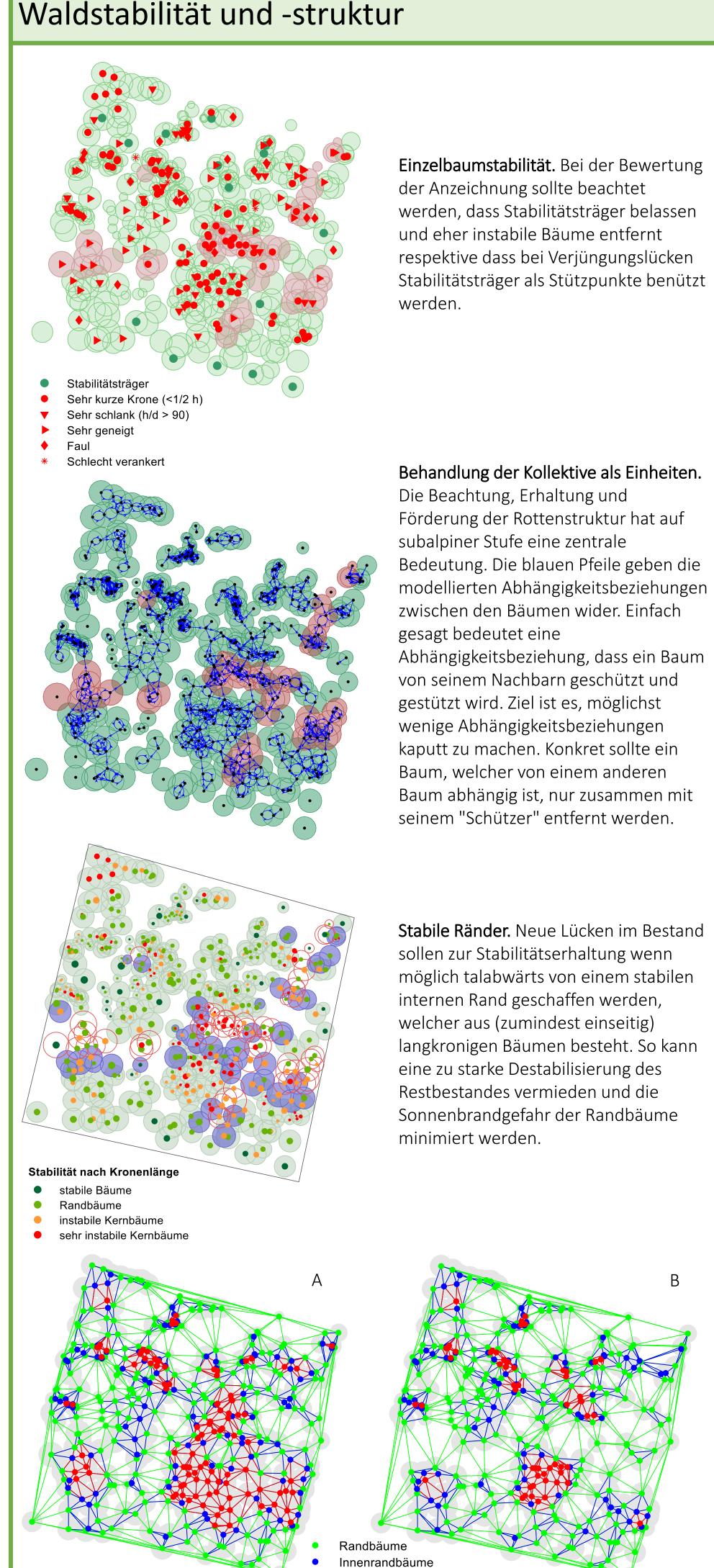


	Vor der Anzeichnung	Nach der Anzeichnung	70 60										gezeic stbesta	
Volumen [m³]	729.4	597.1	50 -											
Totholzvolumen [m³]	13.6	81.3	Stämme 04											
Anzahl Bäume	451	386	zahl Stä											
Grundfläche [m²]	55.1	45.2	Anz											
Mittleres Stammvolumen [m³]	1.6	1.5	20 -											
Mittlerer BHD [cm]	34.6	33.6												ı
			8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96

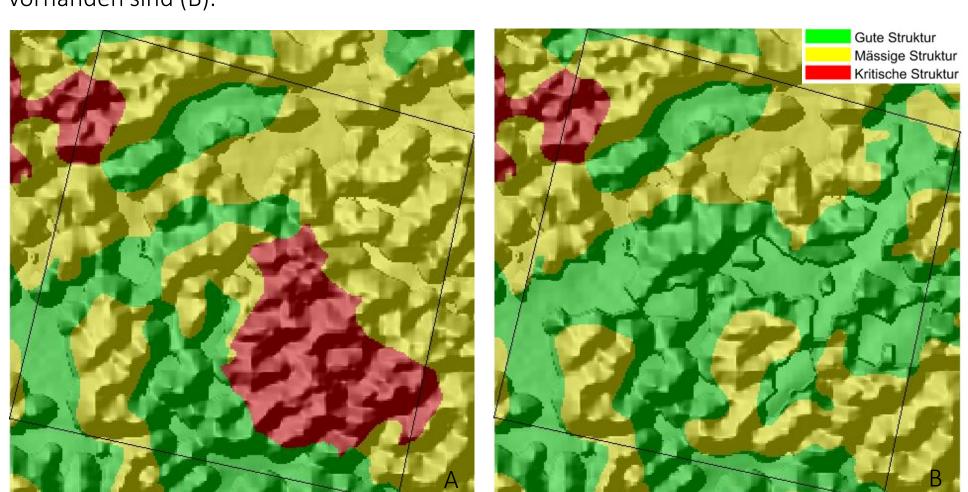




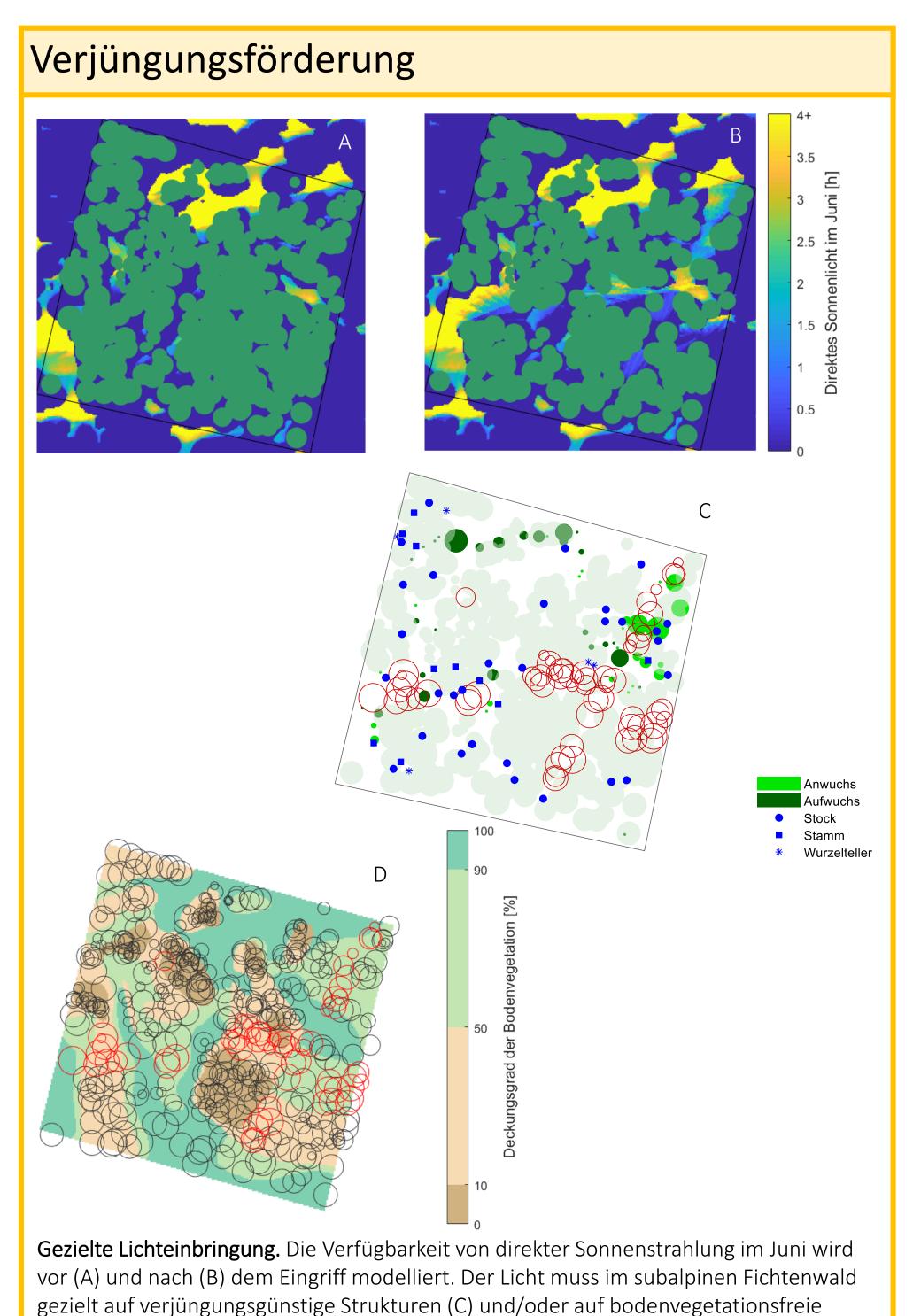
Analyse der Anzeichnung. Das Zentrum des Diagrammes entspricht der schlechtesten Bewertung (inakzeptabel), der Rand der Besten (ideale Anforderungen erreicht). Der Rand des dunkelgrauen, inneren Polygons entspricht der Erreichung der minimalen Anforderungen für eine nachhaltige Entwicklung des Schutzwaldes. Das erste Diagramm (A) zeigt alle 22 Bewertungskriterien. Im zweiten Diagramm (B) wurden übersichtshalber mehrere Kriterien in einem einzigen Kriterium zusammengefasst (das Kriterium "Schutzwirkung Lawinen" ist zum Beispiel aus den zwei Kriterien "Lücken Lawinen" und "Deckungsgrad Lawinen" zusammengefasst). Die Beispielsanzeichnung erreicht bezüglich der Schutzwirkung vor Naturgefahren die idealen Anforderungen. Bei den meisten übrigen Kriterien konnten die minimalen Anforderungen erreicht werden.



Horizontale Struktur. Idealerweise sollten alle Bäume innerhalb einer ausgewachsenen Rotte am Rottenrand beteiligt sein. Bäume, die am Rottenrand teilnehmen, sind mit grünen (Randbäume) oder blauen (unmittelbar hinter den Randbäumen wachsende Bäume) Punkten markiert. Rote Punkte bezeichnen Bäume, welche im Inneren der Rotten wachsen. Mit dem Eingriff wird die Grösse der Rotten mit ausgedehnten Kernen (A) reduziert, so dass mehr Bäume am Rottenrand teilnehmen und weniger Innenbäume vorhanden sind (B).



Vertikale Struktur. Ein nachhaltig aufgebauter Schutzwald weist eine Plenterstruktur auf (ein kleinräumiges Nebeneinander von kleinen und grossen Bäumen), so dass er eine hohe Stabilität gegenüber Störungen (Resistenzprinzip) und eine möglichst schnelle Wiedererfüllung der Schutzfunktion nach Störungen (Resilienzprinzip) anbietet. Mit dem geplanten Eingriff werden ausgedehnte alte, geschlossene und homogene Waldteile (labile Bestände ohne Verjüngung, rot/gelb gefärbt in der Abb. B) verjüngt und strukturiert (Zunahme der grünen Fläche in der Abb. A). Schattiert ist das digitale Vegetationshöhenmodell zu sehen, welches als Basis für diese Modellierung dient.



Flächen (D) im Bestand geleitet werden, damit ein Eingriff verjüngungsfördernd wirken

kann.



Synthese der Kenntnisse zur Zukunft des Götterbaums in den Schweizer Wäldern





Der Götterbaum (Ailanthus altissima) wurde Anfang des 19. Jahrhunderts in der Schweiz eingeführt und gilt heute als eine der invasivsten Arten Europas. Seit einigen Jahrzehnten wächst er in die Wälder der Südschweiz ein¹. Trotz wachsendem Verständnis über die Ökologie der Art ist unklar, wie sich ihr Vorkommen auf die Baumartenzusammensetzung der Schweizer Wälder und somit deren Ökosystemleistungen auswirkt. Aus diesem Grund wurde die langfristige Walddynamik in natürlichen und bewirtschafteten Beständen in der Süd- und Nordschweiz unter gegenwärtigem Klima und einem zukünftigen Klimaszenario modelliert.

Modelliert wurde mit dem Bestandessukzessionsmodell ForClim². Parametrisierung: anhand von Literaturangaben und Sensitivitätsanalysen Evaluierung: mittels empirischer Daten von 4 Beständen in der Südschweiz Untersuchungsgebiete: - Südschweiz: Claro (ehemalige Kastanienselve)

- Nordschweiz: Weidwald (artenreicher Hochwald)

Klimaszenarien: - gegenwärtiges Klima

- Erwärmung um +4.3°C (RCP8.5)³ (lineare Erwärmung während 100 Jahren, anschliessend konstantes Klima)

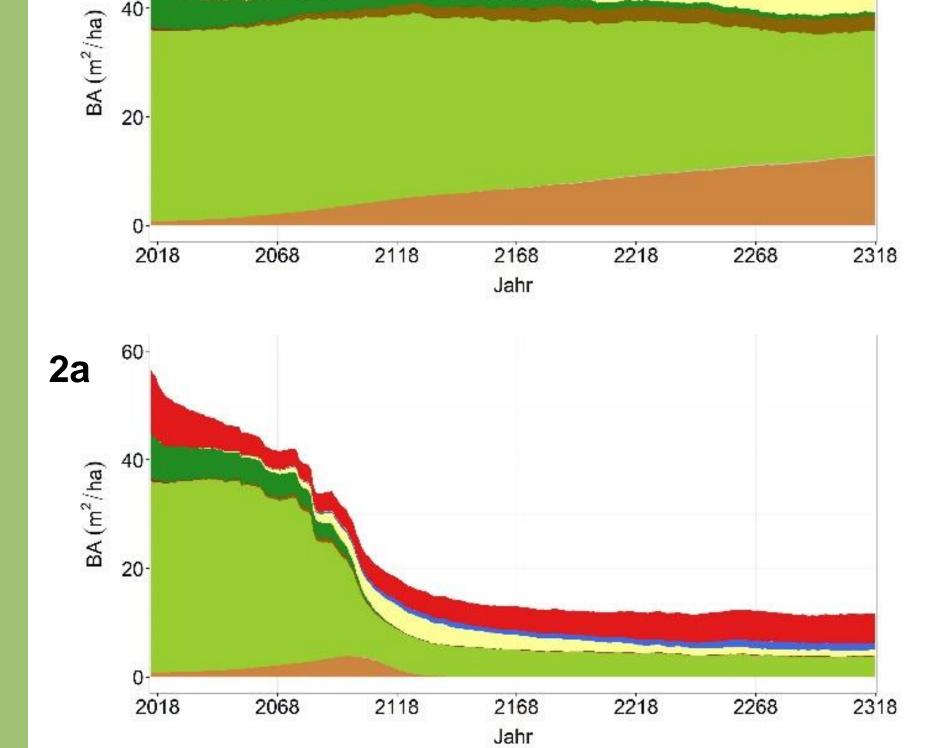
Zieldurchmesserernte (Zieldurchmesser BHD 50, Managementszenario:

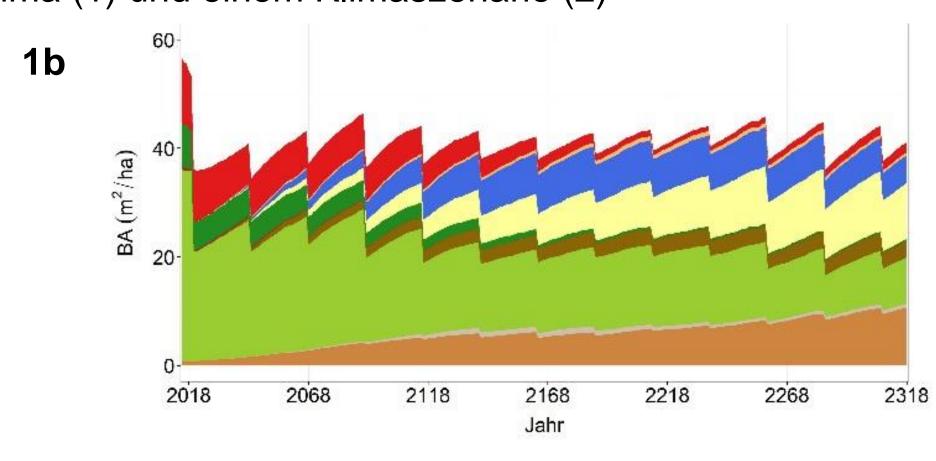
Eingriffsturnus 24 Jahre, 80% Entnahme)

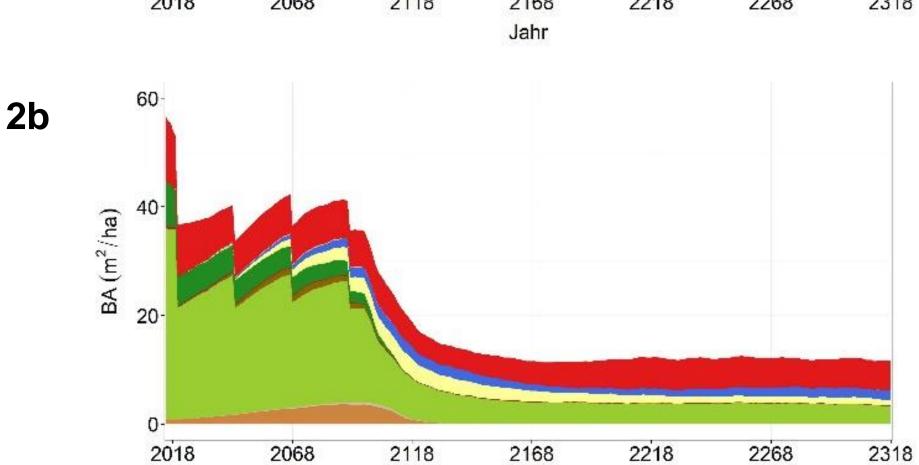
Resultate und Diskussion

1a

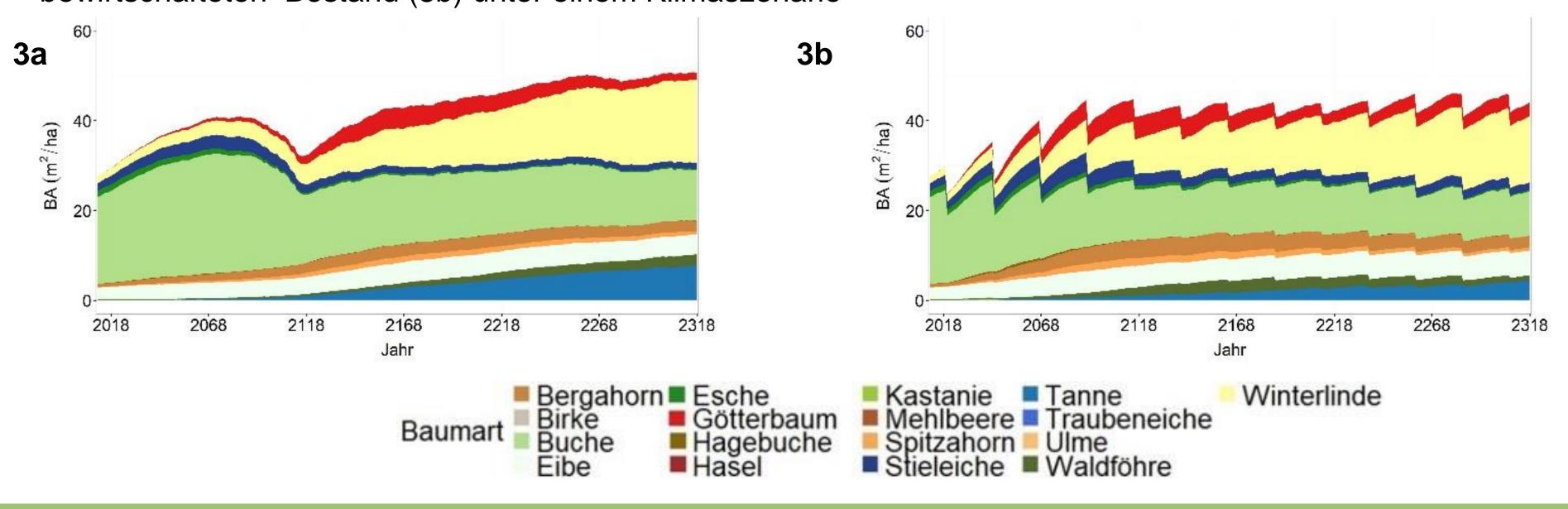
Südschweiz: Claro – zeitliche Veränderung der Basalfläche in einem natürlichen (a) und einem bewirtschafteten Bestand (b) unter gegenwärtigem Klima (1) und einem Klimaszenario (2)







Nordschweiz: Weidwald – zeitliche Veränderung der Basalfläche in einem natürlichen (3a) und einem bewirtschafteten Bestand (3b) unter einem Klimaszenario



Allgemeine Muster:

- Langfristige Abnahme des Götterbaum-Anteils an der Artenzusammensetzung in allen Szenarien
- Höherer Anteil unter Bewirtschaftung als unter natürlicher Bestandesentwicklung
- Zunehmender Anteil mit zunehmender Eingriffsintensität

Südschweiz:

- Kleiner Anteil der Basalfläche unter gegenwärtigem Klima unabhängig vom Management (1) Begründung: Götterbaum erreicht kleinere Oberhöhe als andere Baumarten (Beschattung)
- Abnahme der Basalfläche um rund 50% unter der durchschnittlichen Jahrestem-Erwärmung peratur um 4.3°C (2) Begründung: Fehlen von trockenheitstoleranten Arten (z.B. Steineiche, Hartlaubhölzer, Macchia-

Nordschweiz:

Vegetation)

- Ähnliche Muster wie Südschweiz
- Kurzfristige Zunahme des Götterbaum-Anteils an der Basalfläche Begründung: Profitiert von der trockenheitsbedingten Abnahme der Buche
- Bewirtschaftung ermöglicht Vorregulierung der Artenmischung – verhindert akuten Zusammenbruch der Basalfläche

Fazit

- Anteil des Götterbaumes an der Basalfläche nimmt mit steigender Eingriffsstärke zu -> insbesondere relevant für Störungsflächen wie z.B. Windwurfflächen
- Erreicht jedoch unter keinem Szenario Dominanz oder überwiegende Verdrängung der einheimischen Arten
- Standorte mit einer breiten Artenpalette, welche auch unter zukünftigen klimatischen Bedingungen standortsgerecht sind, werden weniger beeinflusst
- Waldbewirtschaftung erlaubt eine Vorregulierung der Mischung und somit Anpassung

Literatur

- Wunder, J., Knüsel, S., Gurtner, D., and Conedera, M. (2016). The spread of tree of heaven in Switzerland. In Krumm, F. and Vítková, L., (Hrsg.), Introduced tree species in European forests: opportunities and challenges, pages 374 384. European Forest Institute.
- Bugmann, H. (1996). A simplified forest model to study species composition along climate gradients. Ecology, 77(7):2055–2074.
- CH2018. (2018). CH2018 Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. Zürich: National Centre for Climate Services.

Abschätzung des Einflusses von Verbiss durch wildlebende Huftiere auf die Baumverjüngung (Kupferschmid A., WSL)

Kein Poster/Präsentation zum Aufschalten. 2019 wird in der SZF ein Artikel dazu erscheinen.



Von nah und fern erkundet: Waldstruktur Einflüsse auf flachgründige Rutschungen



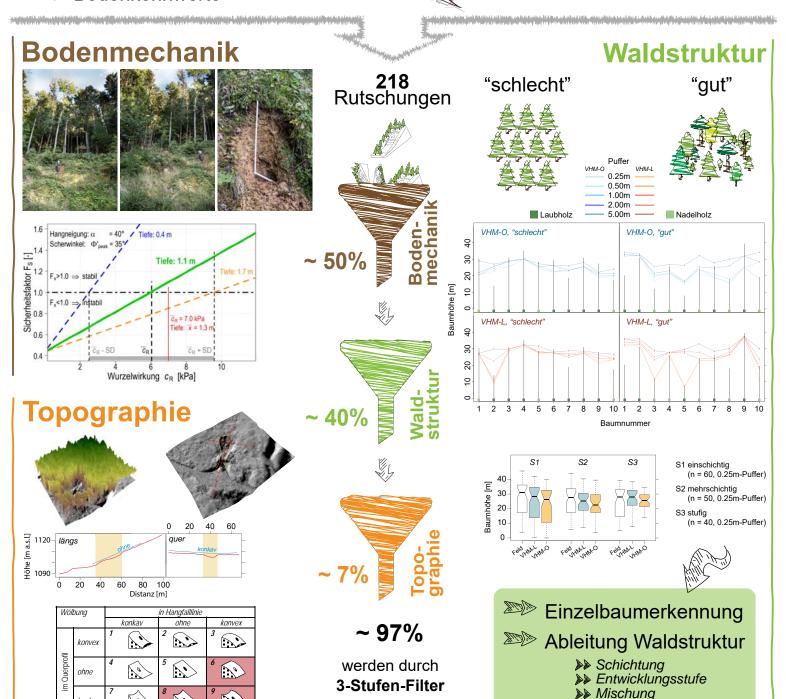
Feldaufnahmen

- Rutschungsvariablen
- >>> Vegetation / Waldstruktur
- Bodenkennwerte



>>> Vegetationshöhenmodelle

▶ LiDAR (VHM-L)
▶ Luftbilder* (VHM-O)



INTERAKTIVE GEFAHRENHINWEISKARTEN

erklärt (212 Rutschungen)

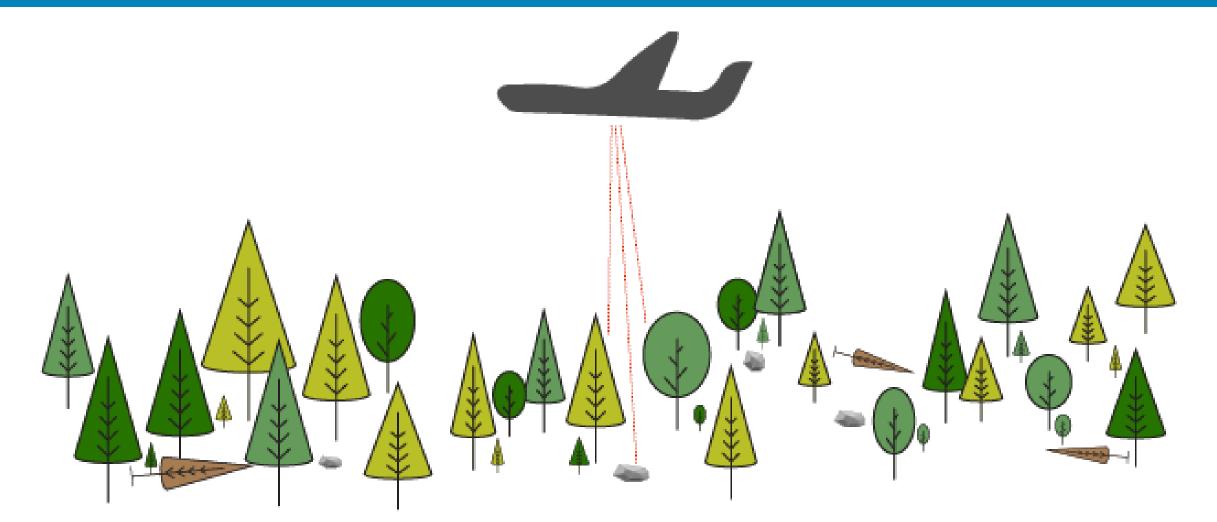


konkai

Deckungsgrad

Erfassung der Schutzfunktion mit Hilfe von Fernerkundung

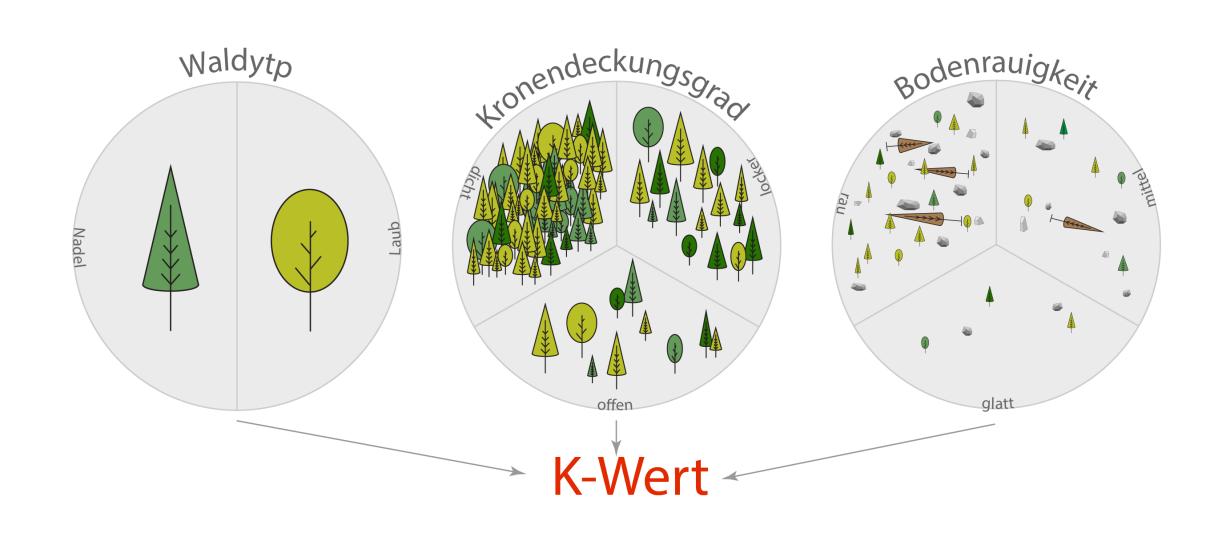
Bergwälder können Lawinenanrisse verhindern oder deren Anrissgebiete verkleinern. Zudem tragen sie durch Schnee-Detrainment (Entnahme von Masse) zur Abbremsung kleiner bis mittelgrosser Lawinen bei.



Um die Waldwirkung in Lawinensimulationen besser zu berücksichtigen, wird in der wissenschaftlichen Version der Simulationssoftware RAMMS Schneedetrainment als K-Wert implementiert. Der K-Wert wird bestimmt durch (i) Waldtyp, (ii) Kronendeckungsgrad und (iii) Bodenrauigkeit zusammen.

ZIELE

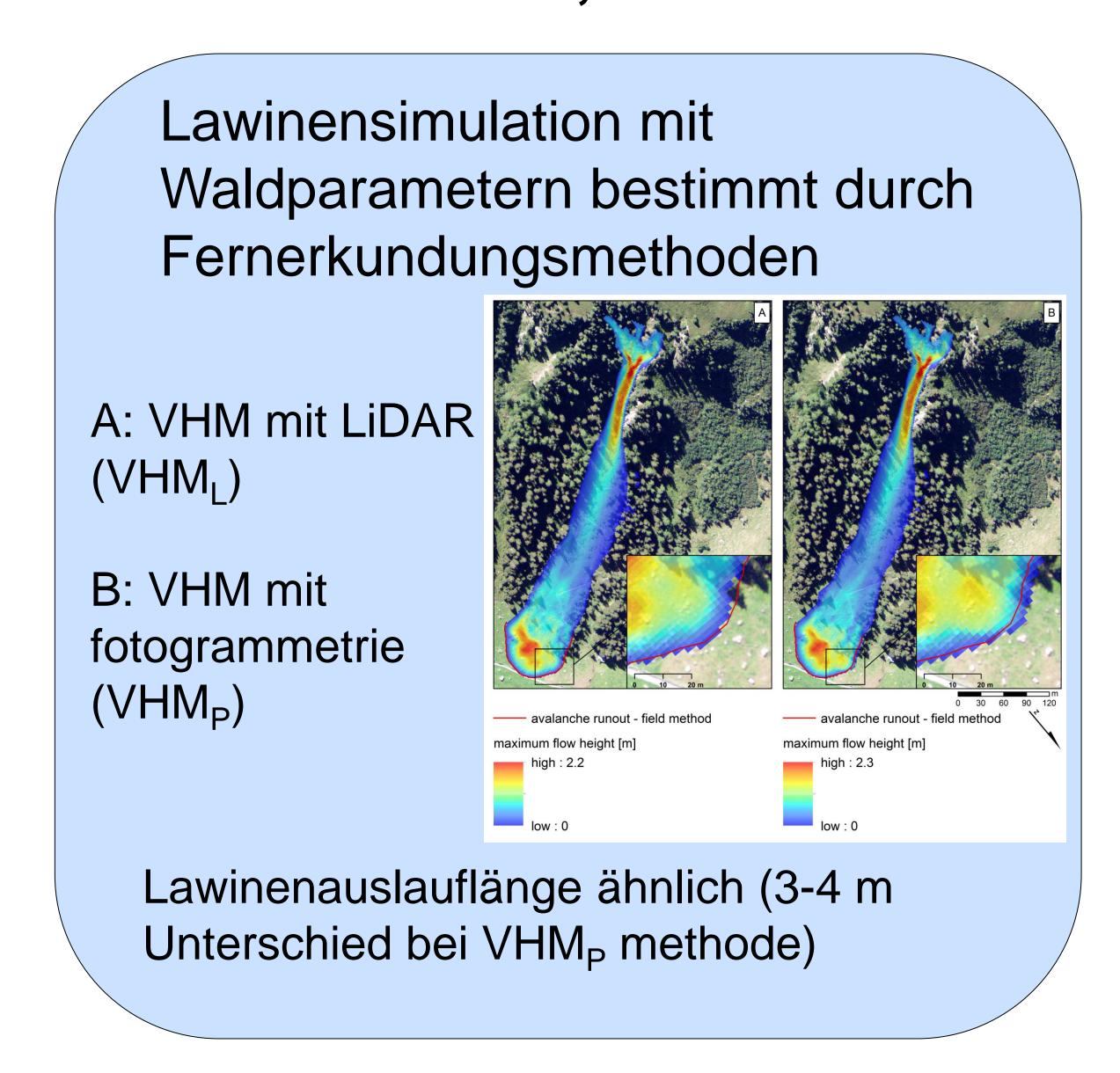
- Anwendung von Fernerkundungsmethoden für Abschätzung von Waldparametern bzw. des K-Wertes
- Nachfolgereignisse von Waldlawinen



Fernerkundungsmethoden:

- digitales Oberflächenmodell (DOM)
- digitales Geländemodell (DGM)
- → Vegetationshöhenmodell (VHM)
 Fotogrammetrie (VHM_P) 1m
 LiDAR (VHM_I) 0.5m

ERSTE RESULTATE, FALLBEISPIELE

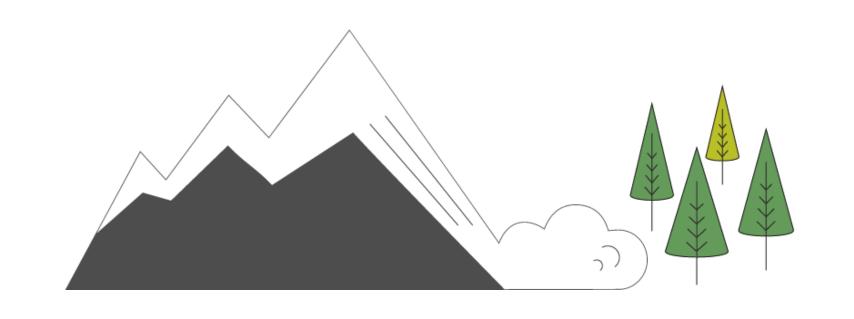


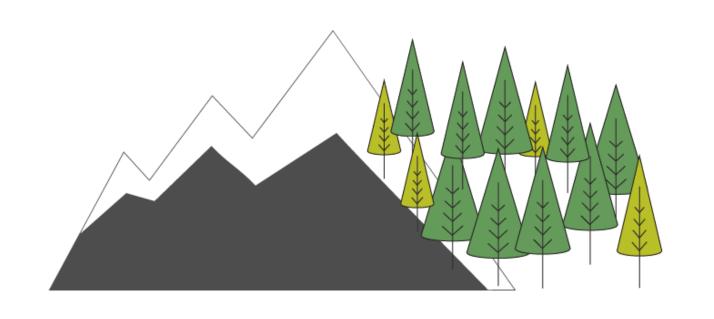


AUSBLICK

- Quantifizierung der Verkleinerung von Anrissgebieten durch verschieden Waldstrukturen
- Lawinenschutzwirkung nach Störungen (Windwurf) im Wald







Steinschlagforschung im offenen Gelände und im Wald

Einleitung

Steinschlagexperimente im 1:1 Massstab werden durchgeführt, um komplette Datensätze einzelner Blockflugbahnen zu erfassen. Da die Methoden hierfür teilweise auf optischen Methoden basieren, sind die Versuche im offenen Gelände gegenüber jenen im Wald weiter fortgeschritten.

Mit den aus den Experimenten gewonnenen Daten wird RAMMS::ROCKFALL-Programm kalibriert. Insbesondere Daten zur Stein-Boden-Interaktion helfen, das Simulationsmodell zu verbessern.



Versuchsgelände und Methoden [1]

Bisherige Versuche im offenen Gelände wurden auf der Bergweide Chant Sura, Flüelapass, durchgeführt, welche Hangneigungen zwischen 40° - 80° und ein Schotterfeld im Auslaufbereich aufweist.

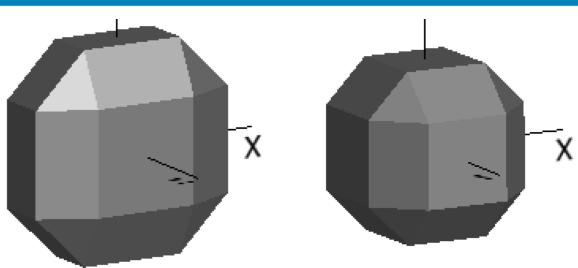
Versuche im Wald wurden in einem hochmontanen Tannen-Fichtenwald bei Hangneigungen zwischen 30° und 40° durchgeführt. Dies sowohl vor, während (liegende Bäume) wie auch nach einem Eingriff.

Die Test-Blöcke sind aus armiertem Beton gefertigt. Gleichseitige und plattige Ausführungen der EOTA-Form wurden mit den Massen 45 kg (Wald), 200 kg, 800 kg und 2600 kg verwendet.

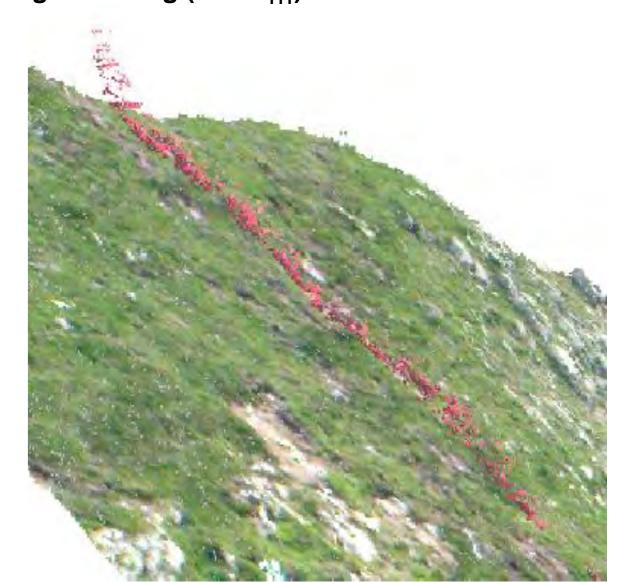
Massenmittelpunkt sind **Sensoren** eingebaut, welche Beschleunigungen und Rotationen mit einer Bandbreite von ±400 g bzw. ±4000 %s und einer Frequenz von 1 kHz messen.

Vor und nach den Experimenten werden digitale Geländemodelle aufgenommen. Aus den so detektierten Bodenschürfungen, der Videoanalyse und dem Beschleunigungssensordaten kann die Flugparabel und somit die Blockgeschwindigkeit abgeleitet werden.

Zudem werden die Bildpaare räumlich getrennter, synchronisierter, hochaufgelöster Kameras mittels Videogrammetrie zu einer Punktwolke gerechnet und daraus die Trajektorie rekonstruiert.



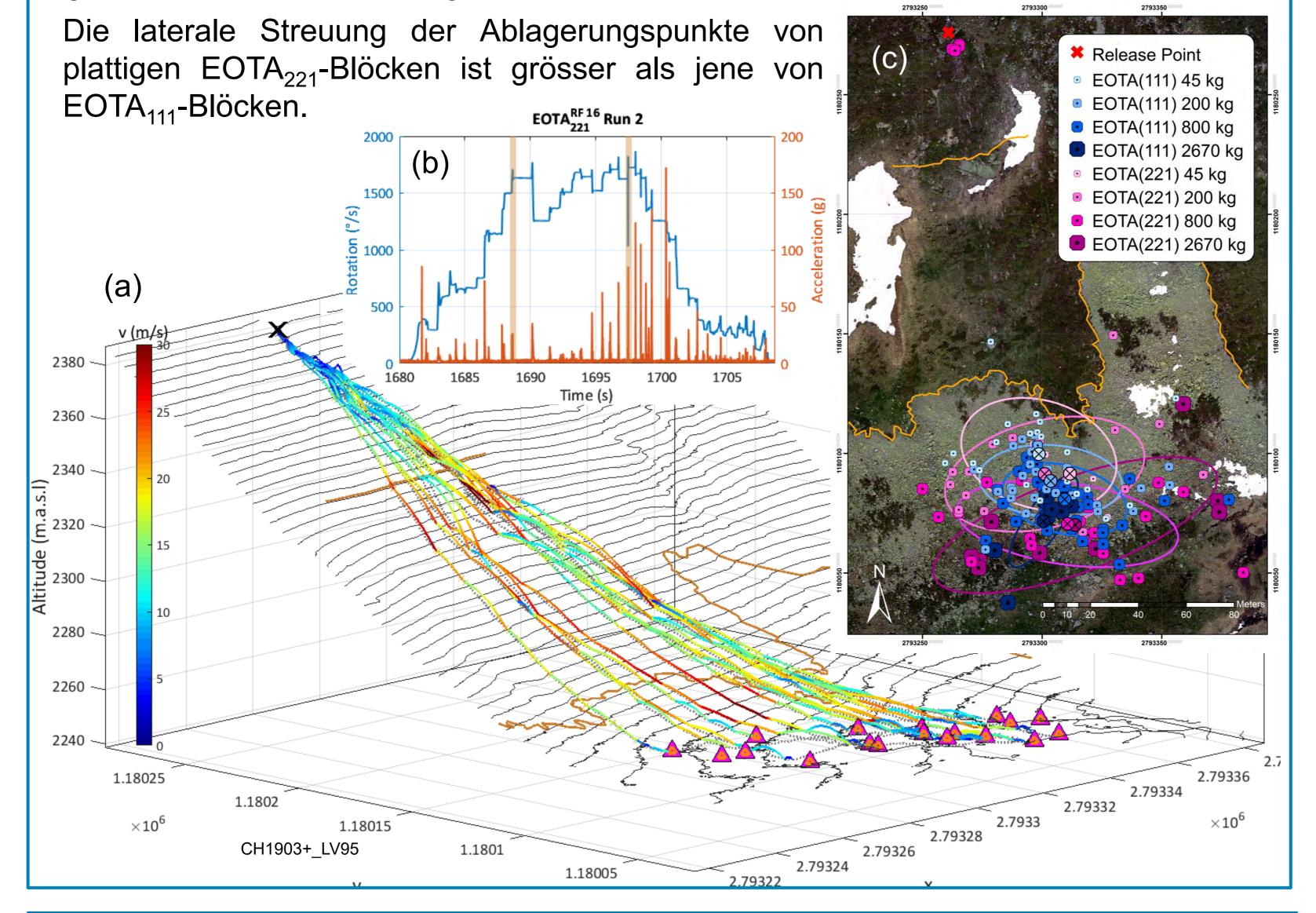
Schematische Darstellung der verwendete EOTA- Blockformen: Plattig (EOTA₂₂₁) und gleichseitig (EOTA₁₁₁)



Generierte **Punktwolke** aufeinanderfolgenden Videobildpaaren mittels Videogrammetrie-Methode

Resultate im offenen Gelände

Die Geschwindigkeiten der bisher 17 rekonstruierten Flugbahnen (EOTA₂₂₁, 800 kg) liegen im Transitgebiet zwischen 10 m/s und 40 m/s, resp. 36 km/h und 144 km/h (a). Rotationsgeschwindigkeiten zwischen 1200 °/s und 1800 °/s werden typischerweise erreicht (b). Direkt nach Aufprallen macht die Rotationsenergie häufig ≥30 % der gesamten kinetischen Energie des Blockes aus.

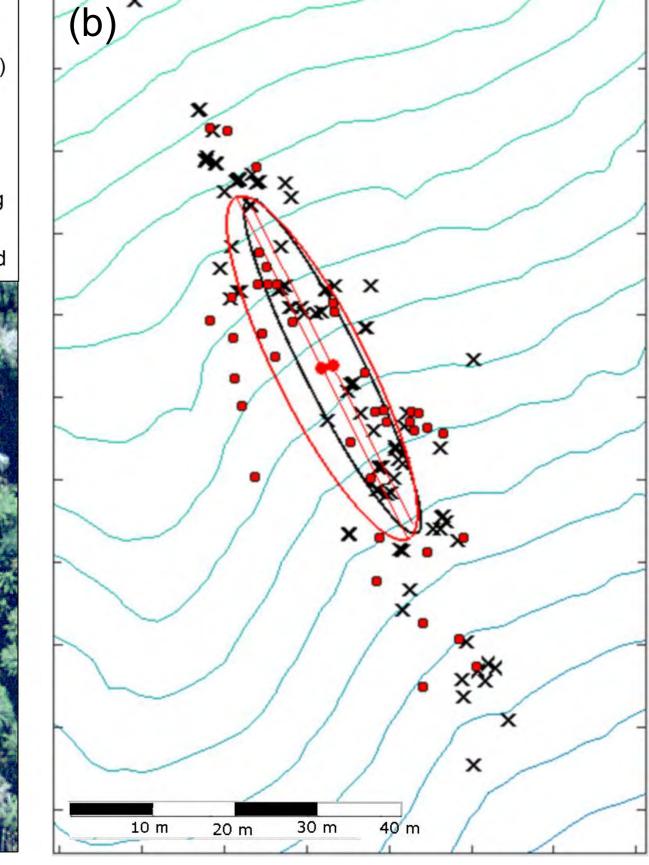


Resultate im Wald

Effekt des Waldes bei Experimenten sichtbar (a): mittlere Auslaufdistanzen bei liegenden Bäumen << stehende Bäume < kein Wald.

Nachsimulationen (b) mit stehendem Wald ergeben sehr ähnliche Ablagerungspunkte (x) wie bei den Experimenten beobachtet (•). Die Längsstreuung stimmt gut überein, während die laterale Streuung im

Modell etwas kleiner ausfällt. Release Point Trees Surava (LV03) Lying Trees (Rectified) RF13 - COM RF14 - COM RF15 - COM RF13 - Trees standing RF14 - Trees lying



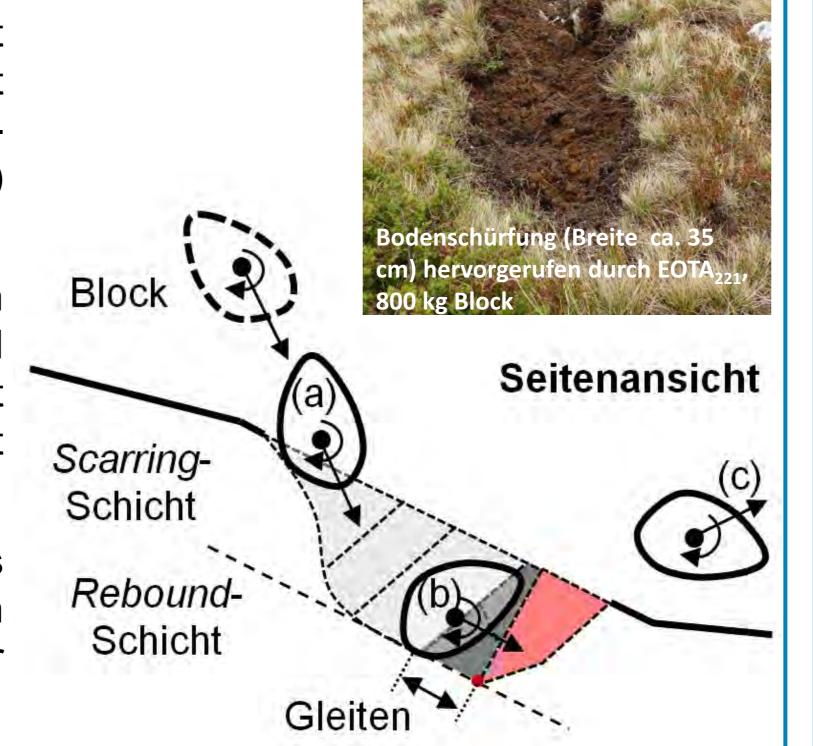
Stein-Boden-Interaktionsmodell [2]

Stein-Boden-Interaktionen finden nicht an einzelnen Punkten statt, sondern haben längliche Bodenschürfungen zur Folge.

Die Reibung während dem Bodenkontakt ist nicht konstant, sondern wächst generell mit zunehmender Eindringtiefe (a). Materialaufhäufungen während der Gleitphase (b) führen zu Drehmomenten auf den Block (c).

Um Länge und Tiefe der Schürfwunden in RAMMS::ROCKFALL zu simulieren, wird dafür die deformierbare Scarring-Schicht welche nicht eingeführt, der komprimierbaren *Rebound*-Schicht liegt.

Abgesehen vom (messbaren) M_F-Wert des Bodens, hängt die Schürfungstiefe nur von dynamischen und geometrischen Parameter des Blockes ab.



Schlussfolgerungen



- verschiedenen Methoden können Trajektorien von Steinschlagexperimenten vollständig rekonstruiert werden.
- Blockform beeinflusst laterale Streuung der Ablagerungspunkte
- Basierend auf der Einzel-Aufprall-Analyse in RAMMS:: ROCKFALL ein neues Stein-Boden-Interaktions-Modell implementiert werden.
- Simulationsversuche mit implementierten Einzelbäumen liefern realistische Auslauflängen.

EOTA₁₁₁- 45 kg-Blöcke mit Sensoren und Bohrungen zu deren Befestigung

Ausblick

- Waldkalibration Bodenneuem kontakt-Modell
- Weitere Grossfeldversuche im Wald und im offenen Gelände.



WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF | 21.01.2019 A. Ringenbach, A. Caviezel, G. Lu, S. E. Demmel, S. Degonda,, C. E. Dinneen, Y. Bühler, M. Christen and P. Bartelt

[1] CAVIEZEL, A., S. E. DEMMEL, A. RINGENBACH, Y. BÜHLER, G. LU, M. CHRISTEN, C. E. DINNEEN, L. A. EBERHARD, D. von RICKENBACH und P. BARTELT (2018): Reconstruction of three-dimensional rockfall trajectories using remote sensing and rock-based accelerometers and gyroscopes. Earth Surface Dynamics Discussions, 1–13. [2] LU, G., A. CAVIEZEL, M. CHRISTEN, S. E. DEMMEL, A. RINGENBACH, Y. BÜHLER, C. DINNEEN, W. GERBER und P. BARTELT (submitted):

Wirkung des Schutzwaldes gegen Rutschungen entlang von Bahnstrecken

Luuk Dorren, Kathrin Kühne und Massimiliano Schwarz

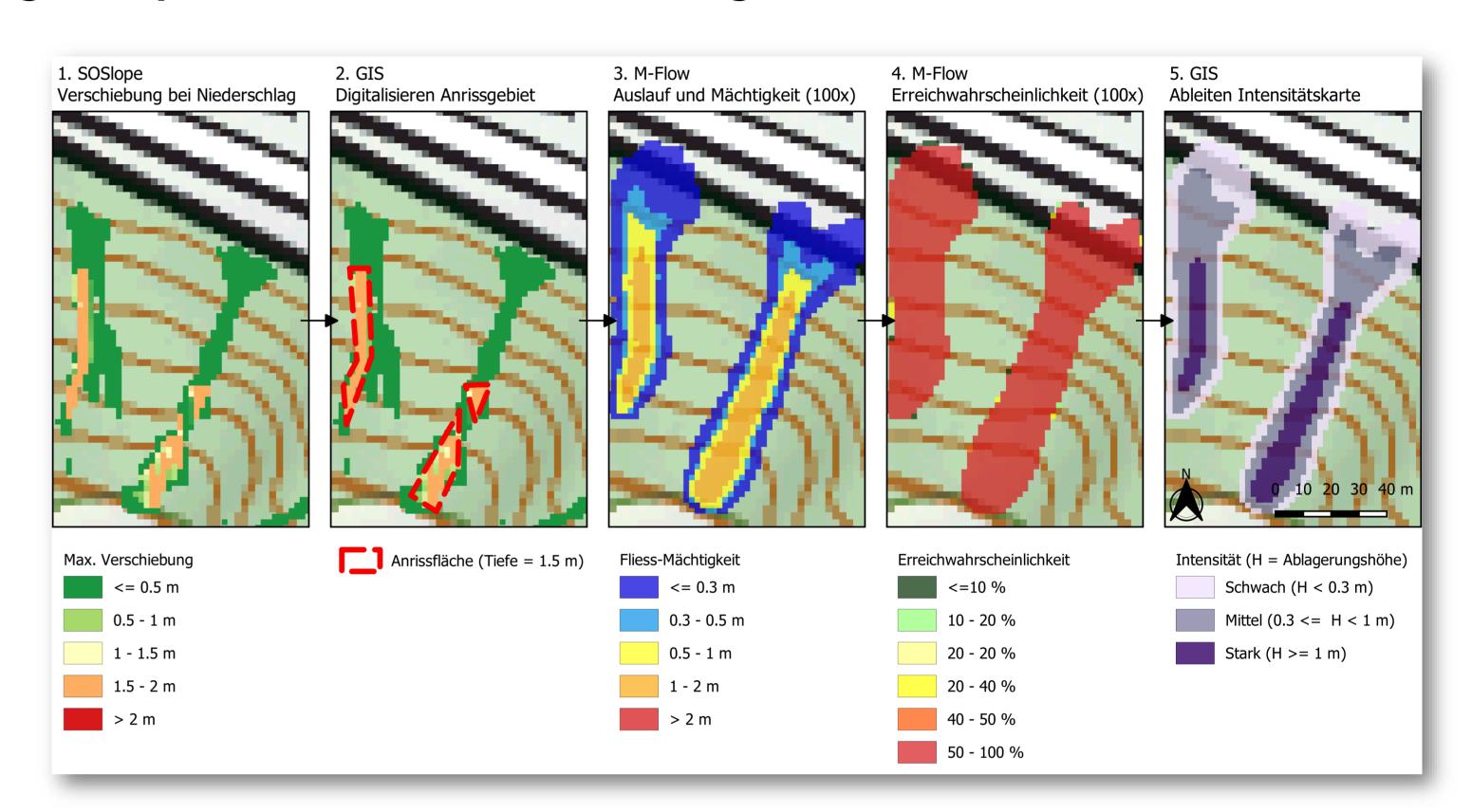
1. Ausgangslage

Seit Januar 2018 bearbeiten wir das Projekt "Wirkung des Schutzwaldes an der Reduktion des Risikos auf Bahnanlagen und Bahnbetrieb der SBB AG". Es soll aufgezeigt werden, was der Beitrag des Schutzwaldes an der Reduktion des Risikos für das Eintreten eines Schadens wegen flachgründigen Rutschungen an konkreten Objekten ist. Damit soll das Kosten-Nutzen-Verhältnis quantifiziert werden, um einen Beitrag des Schutzwaldes an die Risikoreduktion des SBB Bahnnetzes nachweisen zu können. Durchgeführt wurden die Analysen mit Hilfe von drei Fallstudien in zwei verschiedenen Regionen (Entlebuch LU und Gambarogno TI). Das Projekt ist in folgende Hauptphasen unterteilt: zuerst die drei Phasen der Methodik **Protect-BIO** (1. Grob-, 2. Massnahmen- und 3. Wirkungsbeurteilung) und anschließend die Risikoanalyse inkl. Kosten-/Nutzenanalyse von waldbaulichen Maßnahmen, forstliche Maßnahmenplanung und Synthese. Hier präsentieren wir nur die Methode sowie die Resultate der **Wirkungsanalyse** des Schutzwaldes im Langnauerwald (LU).

2. Methode der Wirkungsbeurteilung

Die Wirkungsanalyse besteht aus: 1) Beschaffung und Aufbereitung der Grundlagen, 2) Definition der Niederschlagsintensität für 10-, 30-, 100- und 300-jährliche Ereignisse (aus HADES), 3) Modellierung und Beurteilung von Ausbruch und Auslauf, 4) Erstellung der Intensitäts-Karten für die Situation ohne Wald sowie für die bestehende Waldsituation.

Die Entstehungswahrscheinlichkeit und Dimensionen von Hangmuren werden mit Hilfe des Modells **SOSlope** berechnet, welches auf dem sogenannten Feder-Block-Ansatz basiert. Das Untersuchungsgebiet wird in Blöcke unterteilt und jeder einzelne Block ist durch "Federn" mit der Gleitfläche und mit den Nachbarblöcken verbunden. Simu-



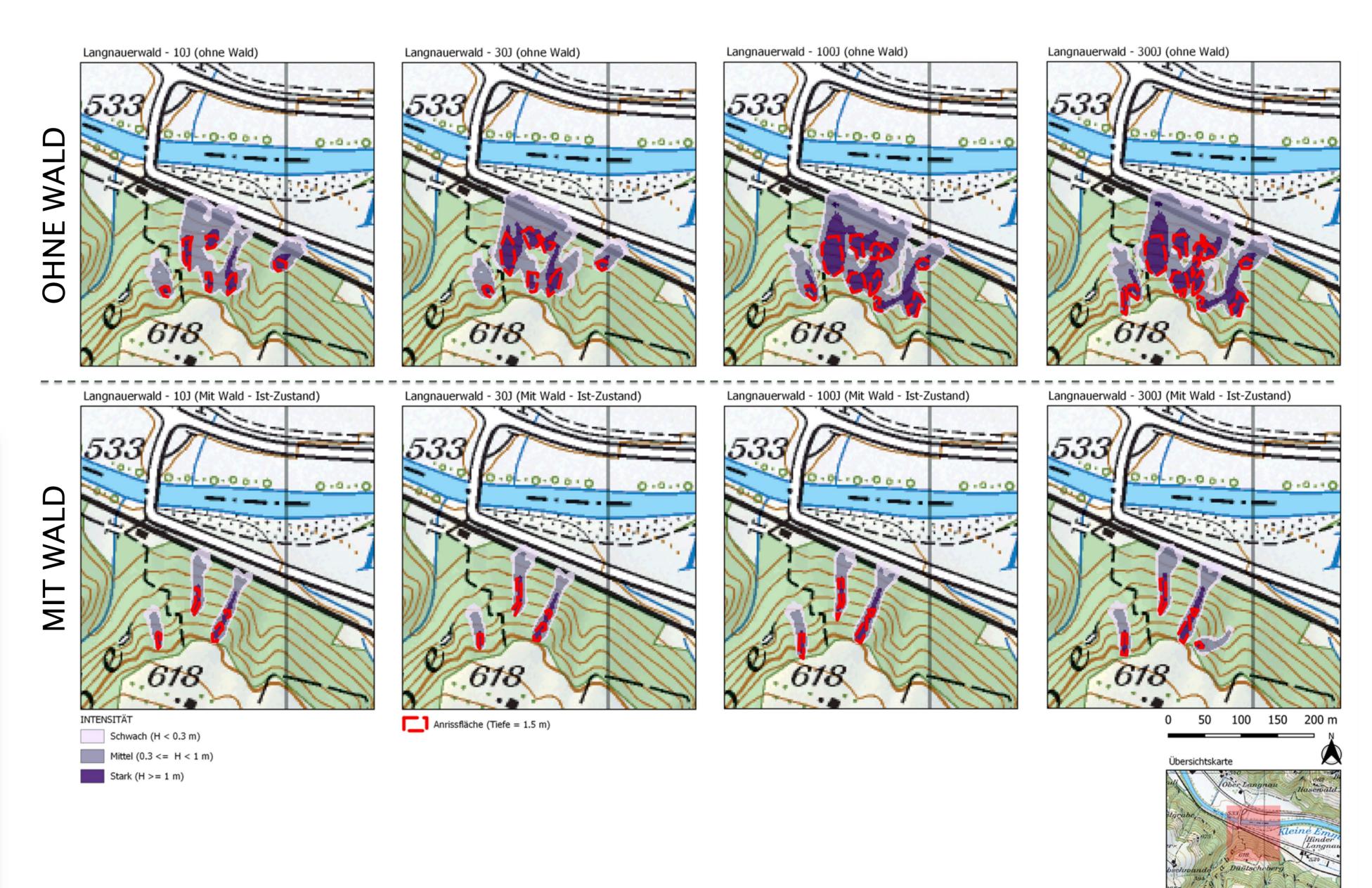
liert werden die Kräfteverteilung und Verformungen der Rutschungen unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wie Gelände, lokale Bodeneigenschaften, Wald und hydrologische Szenarien. Der Ist-Zustand des Waldes basiert dabei so weit wie möglich auf Basis der effektiv im Feld bzw. auf Basis von Geodaten (Drohnenflug) erhobenen Daten.

Die Auslaufbereiche und die dazugehörigen Ablagerungsmächtigkeiten sowie die Drücke von Hangmuren werden mit dem Modell **M-Flow** simuliert. Mit den in M-Flow simulierten Auslaufszenarien können auf Basis der auf der Bahnlinie zu erwartenden Auftretenswahrscheinlichkeit und Mächtigkeiten der Hangmuren schliesslich die Intensitätskarten pro Wiederkehrdauer erstellt werden.

3. Resultate

Das schwache bis mittlere Baumholz (Laubholz-Anteil 70-80%, v.a. Buchen) im Langnauerwald **reduziert deutlich die Gefährdung** von flachgründigen Rutschungen (sowohl die betroffene Strecke als auch die Intensität) auf dem SBB Gleis – für alle Jährlichkeiten. Mit der anstehende Risikoanalyse werden wir die Schutzwirkung des Waldes bewerten können (in CHF pro ha und Jahr).







Quantifizierung des potentiellen Schwemmholzeintrages in alpinen Einzugsgebieten unter Berücksichtigung der Vegetationseinwirkung

Eric Gasser [1,2], Andrew Simon [3], Paolo Perona [4], Luuk Dorren [1,2], Chris Phillips [5], Johannes Hübl [2], and Massimiliano Schwarz [1]

Einleitung

Der Einfluss der Vegetation auf die Schwemmholz-Eintragsprozesse ist je nach Situation unterschiedlich. Die Vegetation übt vor allem durch die Wurzelverstärkung einen stabilisierenden Einfluss auf die Hänge, Böschungen und Ufer aus (Abb. 1). Da genannte Eintragsprozesse je nach Ereignisintensität in der Lage sind, Frischholz einzutragen, werden Ufer oftmals komplett abgeholzt. Abholzung entlang der Flussufer und flussnahen Böschungen erhöht jedoch das Erosionsrisiko und den Sedimenteintrag, welche mit zielgerichteten forstlichen Eingriffen deutlich reduziert und somit der potentielle Schwemmholzeintrag verringert werden kann. Aktuell fehlen Kriterien, um je nach Situation die optimale Massnahme abzuschätzen (z.B. Abholzen weil Vegetationswirkung irrelevant ist, oder Pflege weil die Schutzwirkung deutlich höher ist als die Wahrscheinlichkeit von Schwemmholzeintrag).

Als Partner des Projektes «WoodFlow» ist das Ziel unserer Arbeit, Modelle zu entwickeln, welche eine bessere Quantifizierung der Vegetationswirkung bei Eintragsprozessen erlauben können.

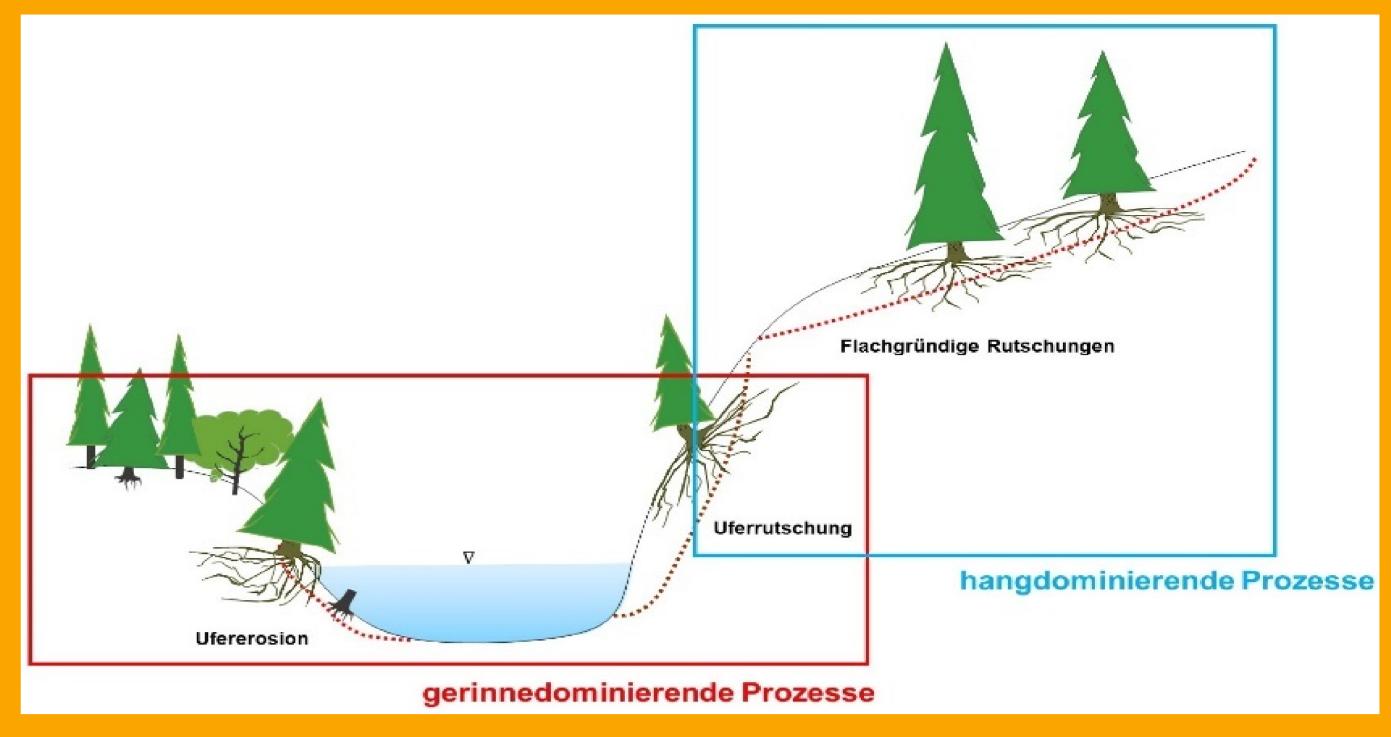


Fig. 1: Schematische Abbildung von gerinnedominierenden und hangdominierenden Prozessen.

Modelle und Beispiel der Resultate

Es wurden zwei numerische Modelle verwendet:

- 1) SlideforMAP
- 2) BankforMAP

SlideforMAP (Schwarz et al., 2010) modelliert räumlich explizit Hang-Uferrutschwahrscheinlichkeit Schutzeffizienz des Waldes unter Berücksichtigung des aktuellen oder hypothetischen Waldszenarios (Abb. 2). Die Position und Dimension der Bäume werden Einzelbaumerkennungsalgorithmus FINT (Dorren, 2017) bestimmt, um die Wirkung der Vegetation standortspezifisch zu quantifizieren (Abb. 2a). Die Wurzelverstärkung wird aufgrund baumartenspezifischer Datensätze in SlideforMAP berechnet (z.B. Schwarz et al., 2012).

BankforMAP (Gasser et al., 2018) modelliert die Ufererosion und berücksichtigt dabei abflussbildende Parameter sowie die Effekte der Vegetation.

Räumliche Quantifizierung der Schutzwirkung

Abb. 2 zeigt exemplarisch die Rutschwahrscheinlichkeit bei einem 100-jährlichen Niederschlagsereignis. Zudem werden die aktuelle Wurzelverstärkung (2c) und die Schutzwirkung des Waldes im aktuellen Zustand (2d) dargestellt. Die Schutzwirkung bildet sich aus der Differenz der Rutschwahrscheinlichkeit mit oder ohne Wald.

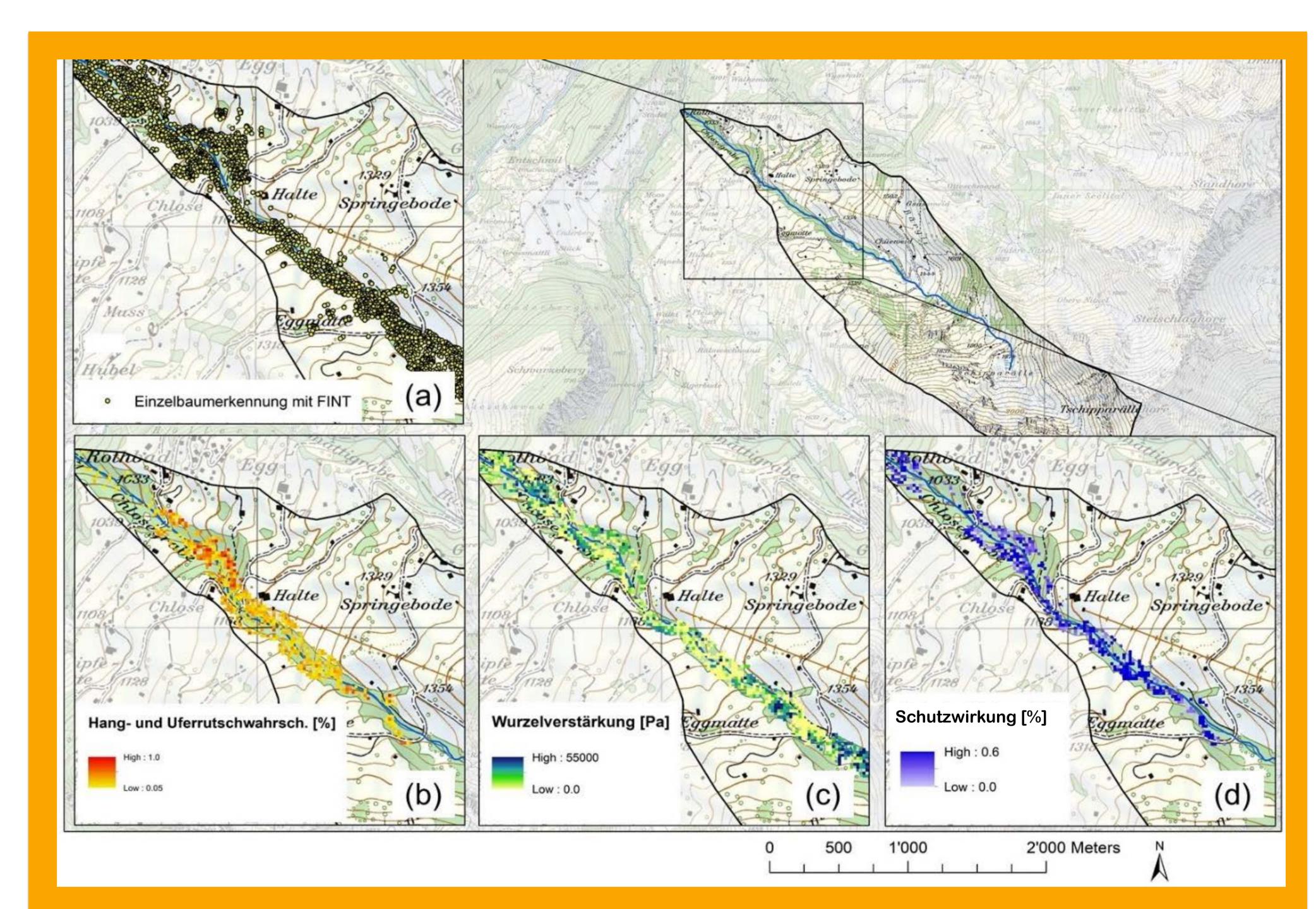


Fig. 2: Einzelbaumerkennung mit FINT (a), Rutschungswahrscheinlichkeit bei einem 100-jährlichen Niederschlagsereignis bei aktuellem Waldzustand (b), der stabilisierende Einfluss durch Wurzelverstärkung für den aktuellen Waldzustand (c) und die Schutzwirkung (d) bei Rothbad, BE.

Abschätzung des Schwemmholzpotentials

Bank-/SlideforMAP berechnen das Schwemmholzpotential in einem Einzugsgebiet für verschiedene Szenarien (z.B. 30-, 100- und 300-jährliches Niederschlagsereignis). Die modellierten Flächen der Ufer- und Hangrutschwahrscheinlichkeiten und der Ufererosionswahrscheinlichkeiten werden mit der Position der Bäume verschnitten (mit geschätztem Baumvolumen), um so den potentiellen Schwemmholzeintrag der entsprechenden Eintragsprozesse zu bestimmen. Die berechneten Eintretenswahrscheinlichkeiten können demnach als Korrekturfaktor verstanden werden, welche den potentiellen Eintrag reduzieren (quasi potentielle Schwemmholzfracht). Im Einzugsgebiet des Chirel (BE) entspricht diese Reduktion 37% für ein 30-jährliches, 17% für ein 100-jährliches und 21% für ein 300-jährliches Ereignis.

Anwendungsziele

Die vorgestellten Ansätze dienen im Allgemeinen dazu, die potentiellen Eintragsflächen bei einem Hochwasserereignis zu identifizieren sowie die zu erwartende Schwemmholzfracht abzuschätzen. Aus praktischer Sicht kann dies als Grundlage für wasserbauliche und/oder waldbauliche Massnahmen dienen. Des Weiteren können die Resultate als Input für weiterführende Schätzungen des Schwemmholztransports und der Ablagerung dienen. Die Modelle beinhalten eine räumlich explizite Analyse, welche eine wichtige Grundlage für die räumliche Planung und Priorisierung der waldbaulicher Massnahmen sein kann.



- 1 Bern University of Applied Sciences (BFH), School of Agricultural, Forest and Food Sciences (HAFL), Laenggasse 85, 3052 Zollikofen, Switzerland
- 2 University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Peter-Jordan-Strasse 82, 1190 Vienna, Austria
- 3 Cardno, P.O. Box 1236, Oxford, 38655 Mississippi, United States of America
- 4 The University of Edinburgh, Mayfield Road, Edinburgh EH9 3JL, Scotland
- 5 Manaaki Whenua Landcare Research, P.O. Box 69040, Lincoln 7640, New Zealand

References

Dorren, L.. User manual, 1-6 (2017)

Gasser, E., Simon, A., Perona, P., Dorren, L., Hübl, J., Schwarz, M. E3S Web of Conferences 40, 02046 (2018). River Flow 2018.

Schwarz, M., Preti, F., Giadrossich, F., Lehmann, P., Or, D. Ecological Engineering, 36(3), 285-291 (2010).

Schwarz, D. Cohen, D. Or, Geomorphology 171-172, 190-200 (2012)

Risikobasierte Quantifizierung der Schutzwirkung von Wäldern gegen Steinschlag unter Einbezug von Störungsereignissen – Mendrisio (TI)

Einleitung

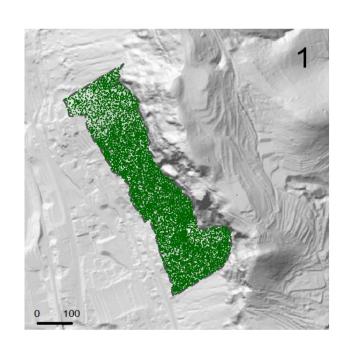
- —Schutzwirkung des Waldes wichtige Ökosystemdienstleistung
- -Realistische Bewertung als Grundlage für effizientes Management
- Risikobasierte Quantifizierung der Schutzwirkung erlaubt objektiven Vergleich mit technischen Schutzmassnahmen
- —Einbezug von Unsicherheiten bezüglich der Schutzwirkung -> langfristige Bewertung

Ziel

- -Berechnung des Kapitalwerts eines Steinschlag-Schutzwaldes mit risikobasiertem Ansatz und unter Einbezug der zeitlichen Variabilität in der Schutzwirkung aufgrund von Störungen (Waldbrand) und forstlichen Eingriffen
- -Vergleich mit Steinschlagnetzen

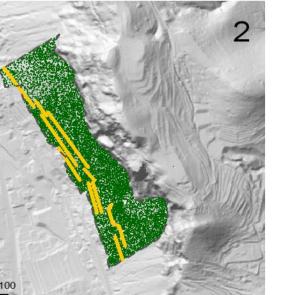
Methode

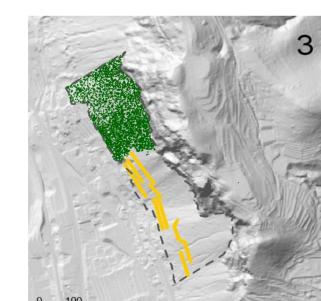
- -Fallstudie in Mendrisio (TI) (11 ha Schutzwald)
- -Berechnung Kapitalwert für verschiedene Schutzmassnahmen-Szenarien für einen Zeitraum von 100 Jahren:

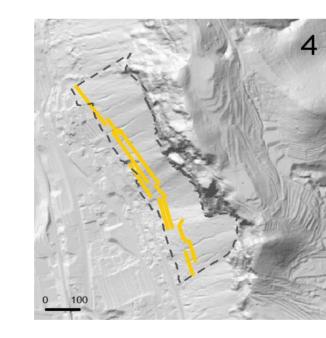


Wald

Wald + Netze





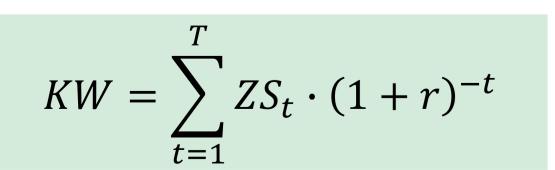


Wald + temporäre Netze (nur nach Feuer)

Netze

Kapitalwert

Die verschiedenen Schutzmassnahmen-Szenarien wurden basierend auf ihrem Kapitalwert über einen Zeitraum von 100 Jahren ökonomisch bewertet. Der Kapitalwert ist deffiniert als:



- ZS_t: Netto-Zahlungsstrom während Periode t = Nutzen
- r: Diskontierungsrate
- T: Gesamte Zeitperiode
- Reduktion Steinschlagrisiko («jährlich vermiedene Kosten»)
 - Holzverkauf

- Holzerntekosten
- Investition Netz
- Unterhalt Netz

Unsicherheiten aufgrund von Störungen

- -Integration der Unsicherheiten in der Schutzwirkung mit Monte-Carlo-Ansatz
- -Waldbrand und forstliche Eingriffe berücksichtigt
- -Waldbrand-Wahrscheinlichkeit mittels «Power Law» in Abhängigkeit der Waldbrand-Fläche basierend auf Inventurdaten des Kt. TI
- -Jährliche Waldbrandhäfuigkeit: 0.006 yr⁻¹; Extremszenario: 0.012 yr⁻¹
- -3 Waldbrandklassen: 0.04-1.0 ha (P = 0.81); 1.1-5.0 ha (P = 0.11); 5.1-11 ha (P=0.08)

Resultate I: Kapitalwert

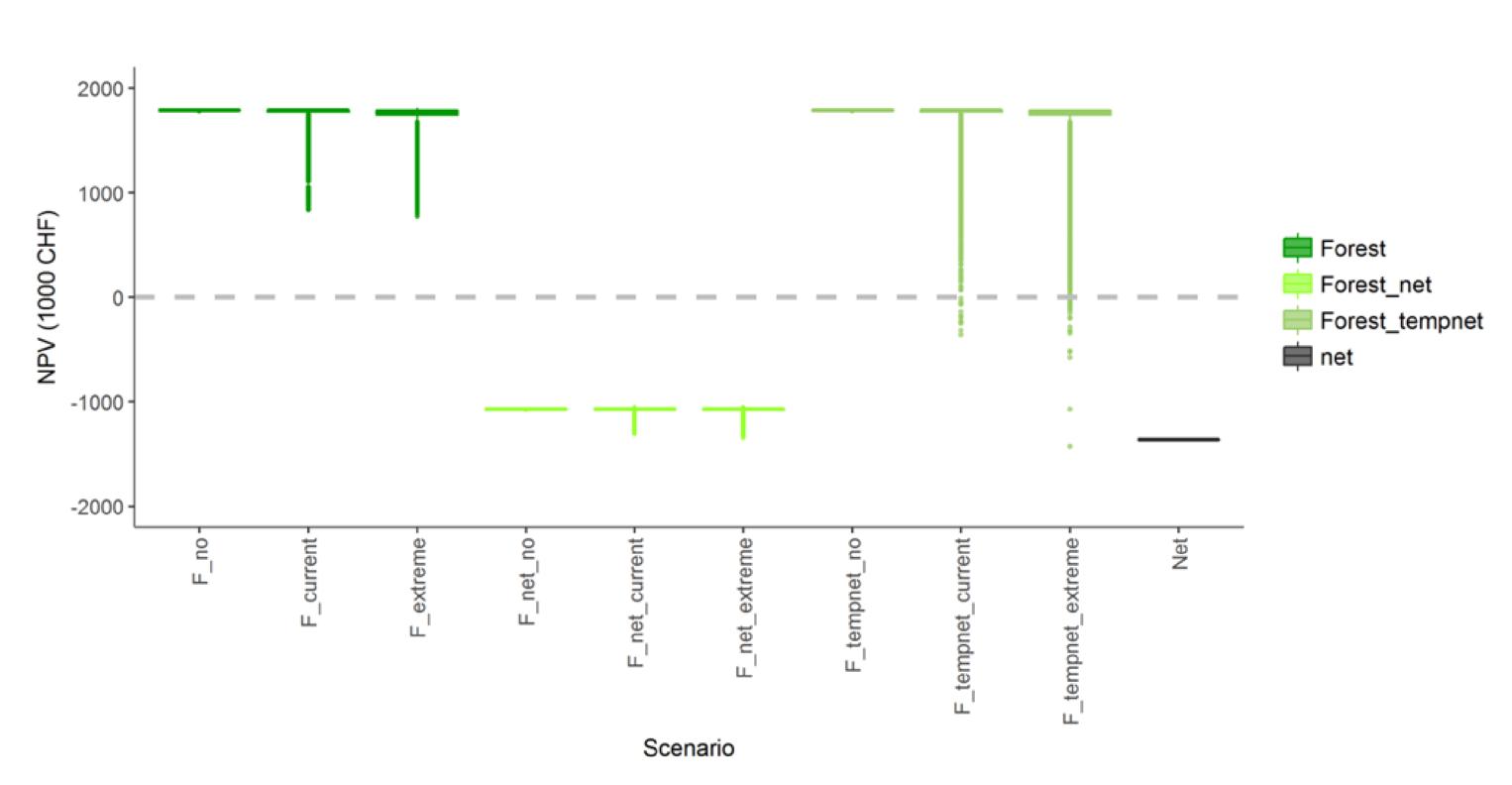


Abb.1: Verteilung der Kapitalwerte (NPV) für die 4 Schutzmassnahmen-Szenarien Wald (Forest), Wald + Netze (Forest_net), Wald + temporäre Netze (Forest_tempnet und Netze (net) für 3 Feuer-Szenarien (no: kein Feuer; current: Waldbrandhäufigkeit = 0.006yr¹; extreme: Waldbrandhäufigkeit = 0.012 yr¹) und für einen Diskontierungssatz von 2%.

- —Sowohl der Wald als auch die Netze reduzieren das Steinschlagrisiko um ~75% / Kombination Wald und Netze: ~93%.
- -Der Kapitalwert des Schutzwaldes ist deutlich positiv, jener der Steinschlagnetze deutlich negativ (hohe Investitionskosten) (Abb.1)
- -Nach einem mittleren bis grossen Waldbrand wird die Risikoreduktion deutlich verringert (Abb. 3, unten). -> Einfluss auf Kaptialwert über 100 J. jedoch mariginal (Abb. 1; Abb.3 oben)

Resultate II: Kapitalwert

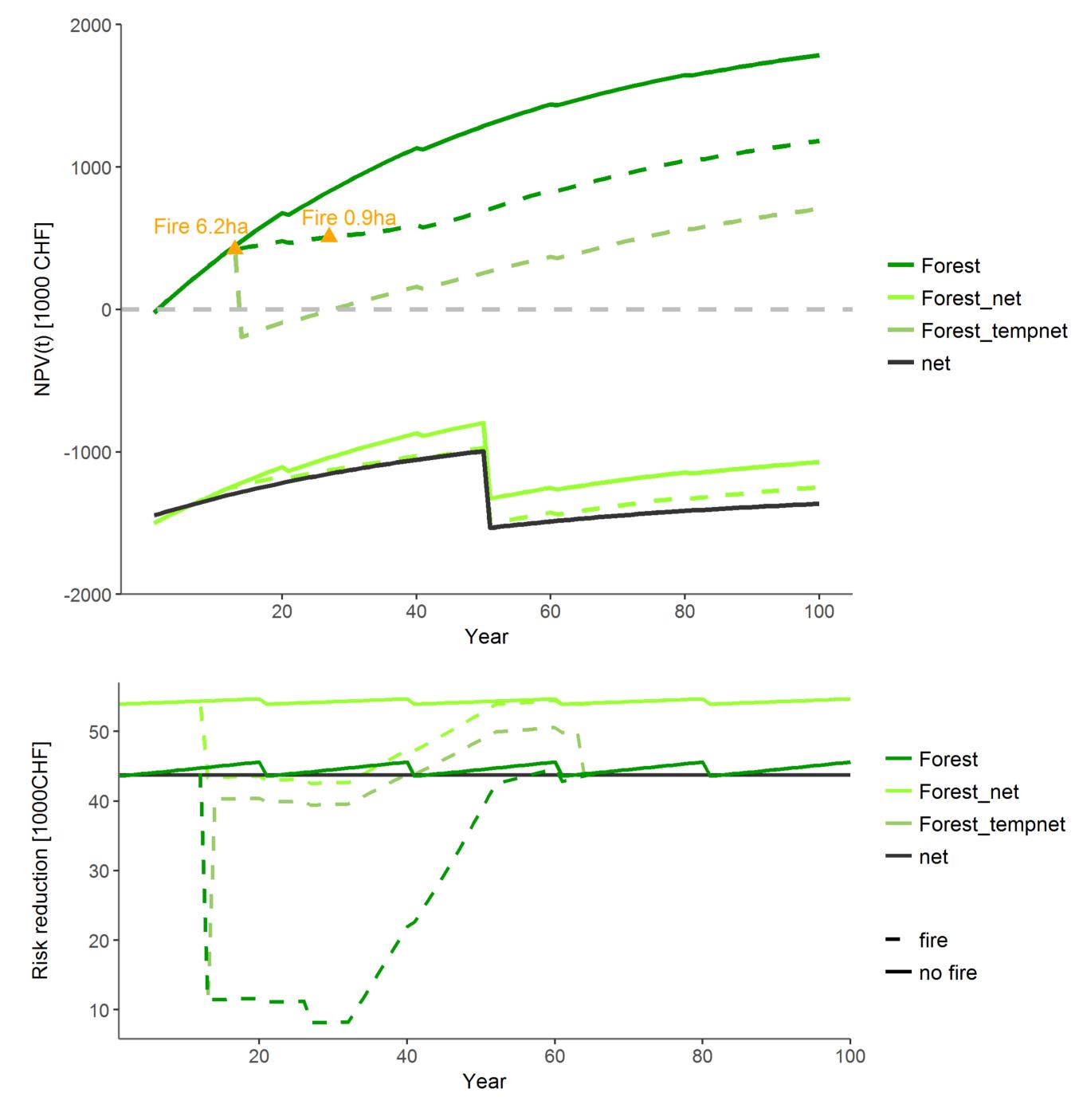


Abb. 3: Oben: Über die Zeit kumulierter Kapitalwert (NPV) für die 4 Schutzmassnahmen-Szenarien (Wald, Wald + Netze, Wald + temporäre Netze, Netze) ohne Feuer (durchgezogene Linie) und eine Simulation mit 2 Waldbränden (gestrichelt) mit einer Grösse von 6.2 ha (t=13 J.) und 0.9 ha (t=27 J.). Unten: Risikoreduktion für die Schutzmassnahmen-Szenarien (für die gleichen Simulationen mit und ohne Feuer).

Diskussion und Schlussfolgerung

- Sowohl der Wald als auch die Netze reduzieren das Steinschlagrisiko im Untersuchungsgebiet effektiv, der Wald ist langfristig aber ökonomisch effizienter -> Einfluss von Feuer auf die langfristige Effizienz marginal
- Methode für eine realistische Monetarisierung der langfristigen Schutzwirkung von Schutzmassnahmen als Basis für optimale Kombinationen von Investitionen
- Weitere Forschung bezüglich der Quantifizierung von Unsicherheiten sowie der Entwicklung der Schutzwirkung nach Störungsereignissen



Concept pour la gestion forestière dans le contexte du changement climatique dans le Val d'Illiez (VS)

Questions de recherche

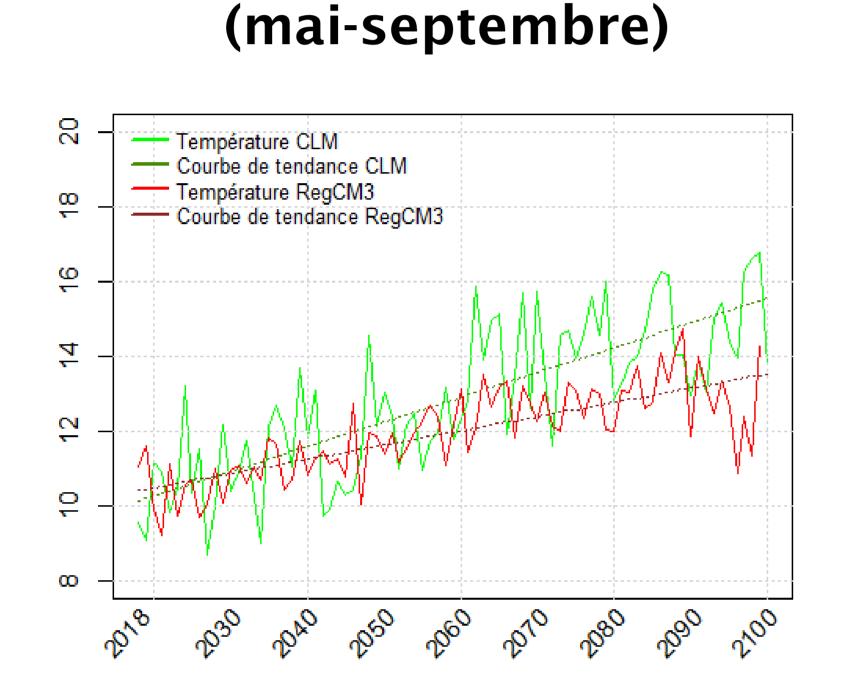
- Selon les scénarii envisageables, quelles devraient être les essences adaptées au climat vers 2100?
- Sur cette base, quelles comparaisons tirer de la répartition actuelle et probable des essences en 2100?
- Quelles sont les influences sur les prochaines interventions dans les massifs forestiers et quelles recommandations sylvicoles en

Méthodes

- Simulations et outils du projet *Écogrammes* adaptés
- Utilisation de deux modèles climatiques CLM (sec) et RegCM3 (moins sec)
- Relevés sur le terrain avec l'aide du classeur *NaiS*
- Entretiens avec les différents acteurs forestiers
- Données de projection de *Meteotest*
- Relevés d'échantillonnages de l'*IFN*
- Simulations du projet *PorTree*
- Résultats des relevés Rüega

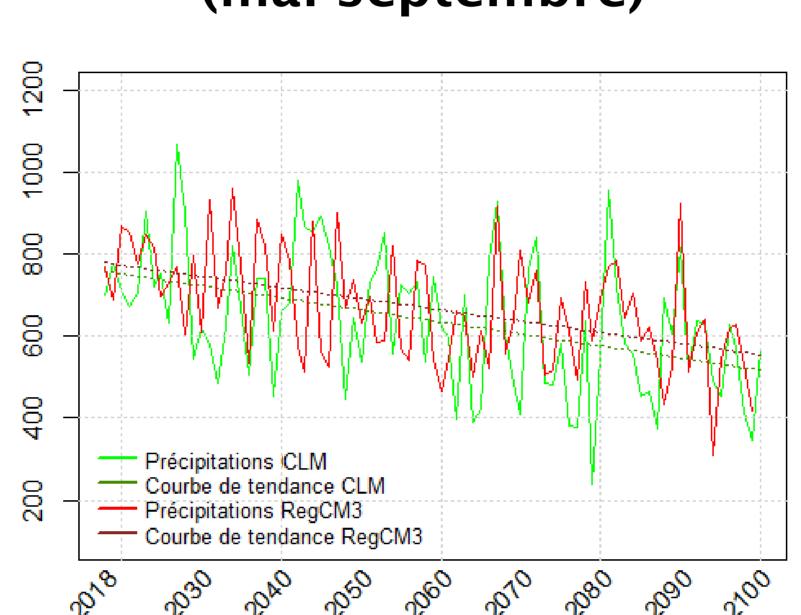
Résultats

Prévisions climatiques (pour 1500 m d'alt.)

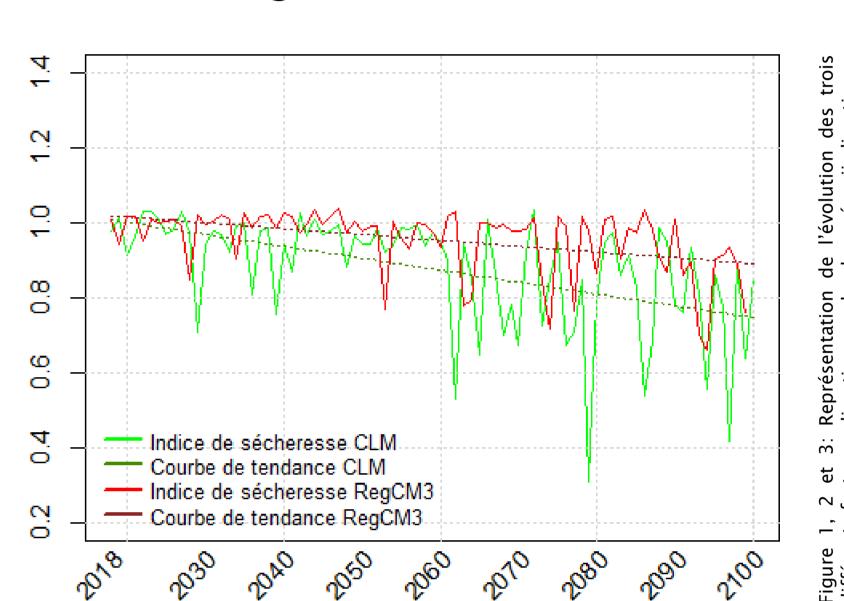


Températures [°C]





Indice de sécheresse (juillet-août)

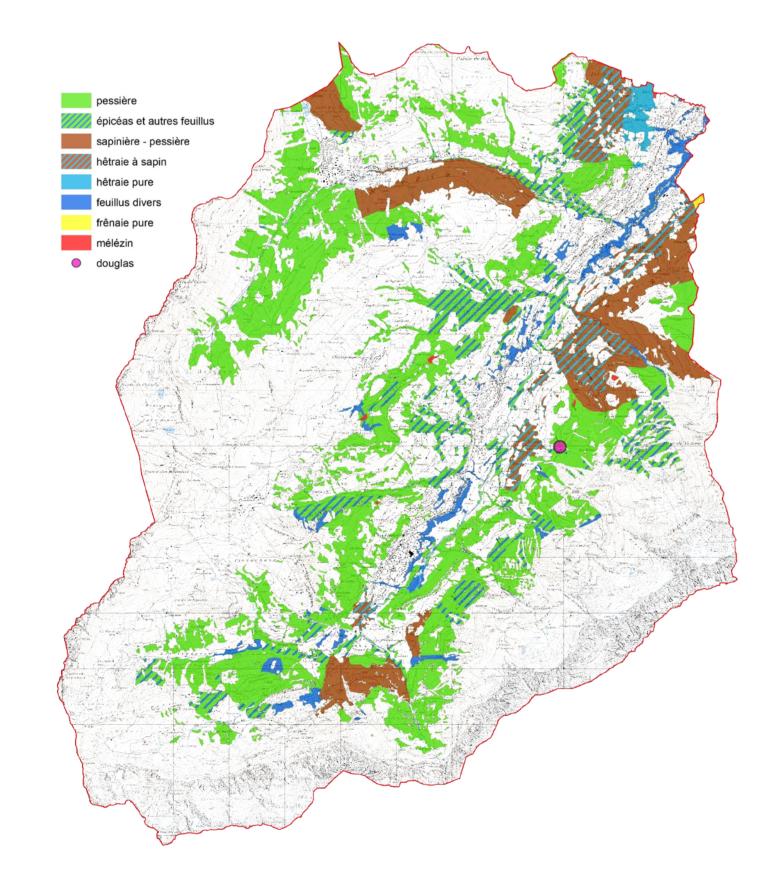


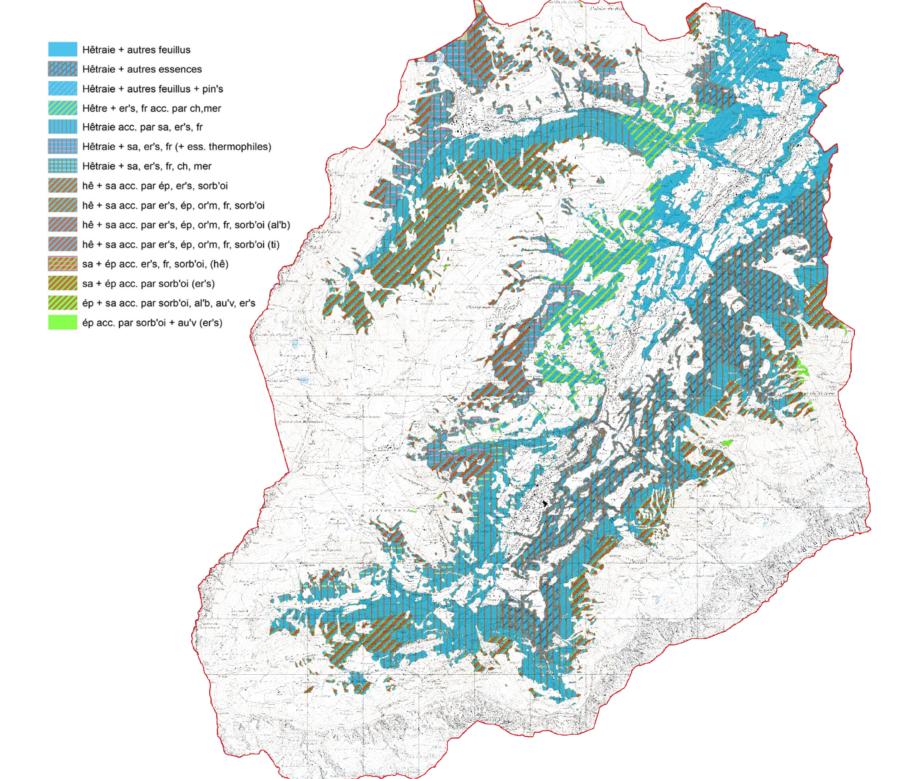
Aujourd'hui

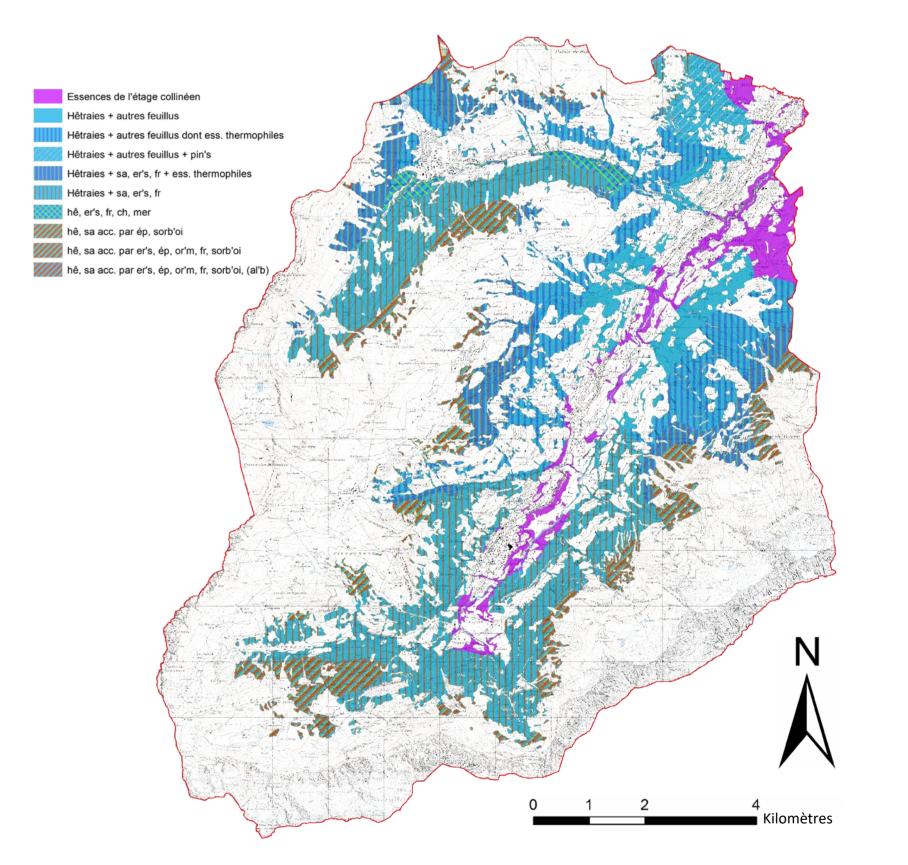
Scénario climatique intensité moyenne (RegCM3)

Scénario climatique intensité élevée (CLM)









Discussion et conclusion

- Le sapin blanc (*Abies alba*) pourrait persister dans un climat plus sec et plus chaud contrairement à l'épicéa (*Picea abies*) qui tendrait à disparaître des étages inférieurs au profit du hêtre (*Fagus sylvatica*).
- La proportion de feuillus en montagne est pour l'instant pauvre et devrait être améliorée.
- Des mesures importantes contre la concurrence de la végétation et contre les dégâts du gibier devraient être appliquées.
- La plantation peut être dans certains cas un choix judicieux.
- La marge de manœuvre pour favoriser naturellement des essences plus efficaces contre les dangers naturels est plus élevée.

Zollikofen, août 2018

La diminution du risque peut se faire à travers un large choix d'essences et une durée de révolution plus courte.

La compréhension de l'adaptation des écosystèmes forestiers est limitée et doit encore progresser.



Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

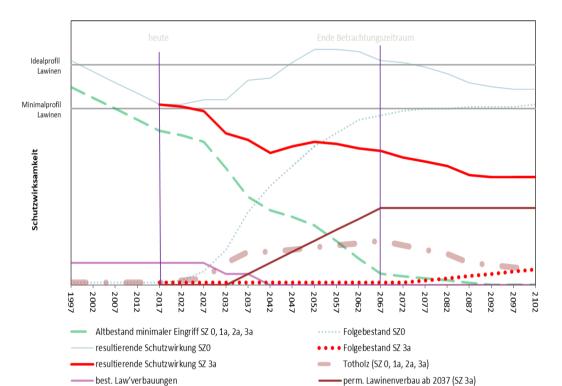
Travail de bachelor en Foresterie Orientation: Forêts de montagne et dangers naturels, minor en changement climatique Auteur: Thibaud Lugon Sous la responsabilité du Prof. Jean-Jacques Thormann

Monetäre Bewertung von wildhuftierbedingten Verjüngungsproblemen am Beispiel Riederwald (VS)

Ausgangslage / Zielsetzung

- Ökologische Auswirkungen von Wildhuftiereinfluss wird breit untersucht / diskutiert
- Finanzielle Argumente Auswirkungen nicht ganz trivial zu quantifizieren (lange Zeiträume, grosse Unsicherheiten, etc.)
- Ziel: Finanzielles Argument sollte in die Wald-Wild-Diskussion einfliessen
 - Grundlage für Waldeigentümer, relevant beim Einsatz von öffentlichen Mitteln
 - Grundlagen erarbeiten um zu erkenne worin Schäden bestehen und was deren Kostenfolgen sind
- Einige Fallbeispiele durchgerechnet, das letzte im Riederwald VS (Auftraggeber Forst Aletsch)





Methode

- Fokus: Schutzwirkung gegen Naturgefahren
- Verschiedene Aspekte bezüglich finanzieller Auswirkungen:
 - «Direkte Kosten»: Investitions- und Unterhaltskosten in Wildschadenverhütungsmassnahmen zum mittel- und langfristigen Erhalt der Schutzwirksamkeit
 - «Indirekte Kosten» aufgrund von Verzögerung / Ausfall von Verjüngung: Mittel-/langfristig Rückgang der Schutzwirk-samkeit
 - → Risikoanstieg
 - Technische Schutzmassnahmen als Ersatz der Waldleistungen
 - «wildbedingte Fehlinvestitionen»:
 Investitionen in Massnahmen zur
 Einleitung/Unterstützung der Ver-jüngung,
 deren Ziele wildbedingt verfehlt werden
- Abschätzung der Kosten unten verschiedenen Verbiss-Szenarien und für verschiedene Massnahmenkombinationen (vgl. Schema in Grafik)

Diskussion

- Unsicherheiten in Annahmen
 - Annahmen bezüglich Verjüngung: starke Abhängigkeit von Anzahl → optimistisch geschätzt, d.h. Kosten eher am unteren Rand
 - Risikoberechnungen Murgang: starke Abhängigkeit von angenommenen Intensitäten → geringe Bearbeitungstiefe, sehr vorsichtig abgeschätzt, d.h. Kosten eher am unteren Rand
 - Starke Abhängigkeit vom Zinssatz
 - → Schätzung!!!
- Was können unsere Fallbeispiele
 - Im Fall Riederwald werden Kosten der Szenarien 2 und 3 sehr deutlich aufgezeigt.
 - Grenzen «Lösung Wildschadenverhütungsmassnahmen aufzeigen
 - Weiteren (neuen) Aspket in Wald-Wild-Diskussion einbringen
 - Öffentlichen / Politischen Druck aufbauen
- Grenzen der Methode:
 - Durch Diskontierung werden Kosten, welche erst gegen Ende des Betrachtungszeitraumes anfallen, weniger stark gewichtet → untergräbt Nachhaltigkeitsgedanken!
 - Der Nutzen der Investitionen in Verjüngung liegt ausserhalb des Betrachtungszeitraumes → dem Wald wird u.U. Im Vergleich zu technischen Massnahmen nicht unbedingt gerecht!
 - Betrachtungszeitraum von «nur» 50 Jahren kann zu Fehlentscheiden führen!
 - → Es muss sehr genau überlegt werden, wofür die Zahlen verwendet werden sollen und können!

