



**PROTECT - Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren**

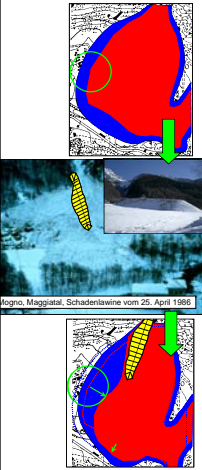
Stefan Margreth, SLF Davos

PLANALP-Konferenz 13./14. Oktober 2015 in München

„Schutzsysteme gegen Naturgefahren - dauerhaft fit durch Systems Engineering?“

WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF

### Ausgangslage - Anpassung von Gefahrenkarten




- **Gefahrenkarten** zeigen, welche Siedlungsräume durch Naturgefahren bedroht sind.
- Gefahrenkarte bilden wichtige Grundlage für Nutzungs- und Notfallplanung.
- **Stand Schweiz 2015:** praktisch alle Gefahrenkarten erstellt – Revisionen stehen an, wo Berücksichtigung von **Schutzmassnahmen** eine grosse Herausforderung darstellt.
- Schutzmassnahmen spielen im **Risikomanagement** eine tragende Rolle.
- **Berücksichtigung von Schutzmassnahmen in Gefahrenkarten** in der Vergangenheit:
  - Grosse Erfahrung, aber **kein systematisches Vorgehen**.
  - **Erhebliche Unterschiede** zwischen den verschiedenen Prozessen (Lawine, Steinschlag, Hochwasser...).

### Ziele von PROTECT:

- Entwicklung einer Methode zur **vergleichbaren und nachvollziehbaren Beurteilung von Schutzmassnahmen** bei Gefahrenbeurteilungen.
- Betrachtete **Prozesse:** Lawinen, Sturzprozesse, Rutschungen, Hochwasser (Flüsse) und Murgänge (Wildbäche)
- Phase 1: Konzept und generelles Vorgehen (2006/07)
- Phase 2: Entwurf Arbeitsanleitungen für verschiedene Prozesse (2009)
- Phase 3: Erfahrungsworkshop November 2015

Teil A	Grundlagen und generelles Vorgehen
Teil B	Lawinen
Teil C	Sturzprozesse
Teil D	Rutschungen
Teil E	Wildbäche
Teil F	Flüsse



### Vorgehen PROTECT: Arbeitsschritte für Beurteilung von Massnahmen

- **Vorarbeiten:**  
Grundsätze erfüllt? Massnahme berücksichtigbar? - Vorselektion
- **Schritt 1: Grobbeurteilung**  
Relevanz der Massnahme - kann Wirkung erwartet werden?
- **Schritt 2: Massnahmenbeurteilung**  
Bausubstanz - Zuverlässigkeit der Massnahme?
- **Schritt 3: Wirkungsbeurteilung**  
Reduktion Ausmass Szenarien - angepasste Intensitätskarten?
- **Schritt 4: Empfehlungen raumplanerische Umsetzung**  
Wie Gefahrenkarte anpassen resp. umsetzen?

**Vorarbeiten:  
Grundsätze zur Berücksichtigung von Massnahmen**

1. Massnahme muss eine **quantifizierbare Wirkung** auf den Prozess ausüben
2. Auswirkungen einer Massnahme auf den Prozess soll grösser sein als die **Unsicherheiten** in der Prozessbeurteilung.
3. Wirkung der Massnahmen mit mind. **vier Szenarien** beurteilen: Szenarien mit hoher (30 J.), mittlerer (100 J.) und geringer (300 J.) Eintretenswahrscheinlichkeit, sowie ein extremes Szenario mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit (>300 J.).
4. **Systemabgrenzung:** sowohl Einzelsystem (Bauwerk) wie Gesamtsystem (z.B. Zusammenwirken von verschiedenen Massnahmen) betrachten.
5. **Permanente Verfügbarkeit:** Wirkung der Massnahme soll mit üblichem Unterhalt permanent über 50 Jahre gewährleistet sein.
6. Für jede Schutzmassnahme muss **Überwachung, Unterhalt** und bei Mängeln der **Ersatz** gewährleistet sein.
7. **Temporäre Massnahmen** wie z.B. künstl. Lawinenauslösung werden grundsätzlich nicht berücksichtigt.
8. **Geplante Werke** erst nach der Realisierung berücksichtigen
9. **Zeit:** Periodische Überprüfung der Gefahrensituation und der Wirkung der Massnahme.


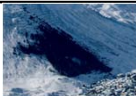
5

**Vorarbeiten: Lawinenschutzmassnahmen,  
die berücksichtigt werden können**

	Massnahme	Berücksichtigung
	Permanenter Stützverbau • Stahlwerke • Schneenetze • Steinmauern • Erdterrassen	Ja, wenn Typengeprüft und Unterhalt gewährleistet Diff. Betrachtung erforderlich (Dauerhaftigkeit?)
	Verwehungsverbau • Zäune • Kolktafeln	Nein, als Einzelsmassname zu unsicher
	Temporärer Stützverbau • ohne Aufforstung	Nein, Dauerhaftigkeit nicht gewährleistet
	Temporärer Stützverbau • mit Aufforstung	Diff. Betrachtung erforderlich, - Ja, wenn Erfolg Aufforstung/Verjüngung sichergestellt

6


**Vorarbeiten: Lawinenschutzmassnahmen,  
die berücksichtigt werden können**

	Massnahme	Berücksichtigung
	• Auffangdamm • Ablenkdammbauwerk • Bremshöcker	Ja Diff. Betrachtung erforderlich
	Objektschutz	• Verstärkung • Spaltkeil Diff. Betrachtung erforderlich
	• Anrissgebiet • Sturzbahn • Auslauf	Ja Diff. Betrachtung erforderlich
	Temporäre Massnahmen	• Künstl. Lawinenauslösung • Schneedämme Nein, Funktionsfähigkeit zu stark vom Mensch abhängig. Nein

7

**Schritt 1: Grobbeurteilung - relevante Wirkung?**


- Grobbeurteilung liefert einen ersten Überblick über die Situation.
- **Resultat:** Entscheid, ob **detaillierte Betrachtung der Massnahme gerechtfertigt** oder nicht – von modernen Massnahmen meist erfüllt, ältere Massnahmen kritisch!



Klosters, Tal

**Grundlagen über Gefahrenprozess**  
*Beispiel Auffangdamm:*

- Lawinenvolumen
- Lawinengeschwindigkeit
- Ablagerungshöhe
- Lawinenhäufigkeit
- Lawinentyp (FlieSS-/Staublawine)



Klosters, Tal


**Grundlagen über Schutzmassnahme**  
*Beispiel Auffangdamm:*

- Dammhöhe/-länge Q
- Dammvorfeld P
- Damngeometrie (Böschungsnegung) P
- Auffangvolumen Q
- Topographie am Dammstandort P
- Geotechnische Situation P

Q=quantitativ, P=pauschal

8

**Schritt 1: Grobbeurteilung - relevante Wirkung?  
 Minimale Anforderungen an verbaute Fläche**



**Keine relevante Wirkung** : <20% des potentiellen Anrissgebietes verbaut

Grattawine, Naters Photo P. Schwilke

**Schritt 1: Grobbeurteilung - relevante Wirkung?  
 Minimale Anforderungen an Werkhöhe**



**Keine relevante Wirkung**, wenn Werkhöhe 2 m kleiner ist als die extreme Schneehöhe: Steinmauern mit ungenügender Werkhöhe ( $H_k < H_{ext} - 2\text{ m}$ )

Photo AW, 69

**Schritt 1: Grobbeurteilung - relevante Wirkung?  
 Minimale Anforderungen an Schutzwald**



**Schutzwald im Lawinenanrissgebiet zeigt in der Regel keine relevante Wirkung, wenn:**

- **Baumhöhe** kleiner als die 2-fache extreme Schneehöhe und **Stammdurchmesser** kleiner als 8 cm.
- **Wald** ist durch weiter oben anbrechende Lawinen **gefährdet**.
- **Waldfläche** < 20% des potentiellen Anbruchgebietes.

11

**Schritt 2: Massnahmenbeurteilung - Bausubstanz**

- **Resultat:** Bestimmung der **Zuverlässigkeit** aufgrund der Analyse von **Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit** der Massnahme.
- Bestimmung der Gefährdungsbilder/Einwirkungen - Erfassung Bauwerke/Zustand

<p>Gefährdungsbild 1 (typisch): Schneedruck</p> 	<p>Gefährdungsbild 2 (untypisch): Lawinenaufprall</p> 
<p>Gefährdungsbild 3 (untypisch): Steinschlag</p> 	<p>Gefährdungsbild 4 (untypisch): Einwirkungen aus dem Baugrund</p> 


12




### Schritt 2: Massnahmenbeurteilung – Tragsicherheit Stützverbau

- Kann das Stützwerk die zu erwartenden Einwirkungen aufnehmen?
- **Standardfall: Typengeprüfte Stützwerke** pauschale Beurteilung
  - ✓ Entsprechen Standortfaktoren ( $D_k$ , N) des Werktyps den lokalen Verhältnissen?
  - ✓ Entspricht Anordnung/Ausführung den Richtlinien?
  - ✓ Zustand der Werke gut? Unterhalt gewährleistet?
  - ✓ Keine untypischen Gefährdungsbilder?
- **Normalfall positiv = Tragsicherheit erfüllt**
- **Sonderfall: alte/nicht typengeprüfte Werke:**  
 Qualitative Beurteilung der Werke auf verdächtige Mängel auf der Grundlage des Zustandes und vergangener Belastungen.
  - **Anordnung / Ausführung nicht richtliniengemäss = Tragsicherheit nicht erfüllt .**

Nicht Typengeprüfte Ombrello-Netze (Monoanker)



Typengeprüfte Schneenetze



### Schritt 2: Massnahmenbeurteilung – Dauerhaftigkeit Stützverbau

- **Dauerhaftigkeit** wird durch **Umwelteinflüsse** (z.B. Korrosion) und evtl. **Baumängel** bestimmt.
- **Standardfall = Dauerhaftigkeit** in der Regel **gewährleistet**
- **Sonderfall:** mit untypischen GB 2-4  
 Dauerhaftigkeit hängt ab von:
  - **nur lokales Versagen:** Wirkung Verbau nicht in Frage gestellt - **Dauerhaftigkeit gewährleistet.**
  - **grossflächiges Versagen:** Wiederherstellung nur mit grossem Aufwand und erneute Zerstörung wahrscheinlich - **Dauerhaftigkeit nicht gewährleistet.**



Starke Korrosion wegen schlechter Verzinkung



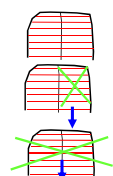
Weiter oben anbrechende Lawine



### Schritt 2: Massnahmenbeurteilung – Bestimmung der Zuverlässigkeit

Gefährdungsbild: Schneedruck (Typisch)	Bsp. für Kriterien	Bsp. für Kriterien				Tragsicherheit erfüllt	Gebrauchstauglichkeit erfüllt	Dauerhaftigkeit erfüllt	Zuverlässigkeit
		Richtlinienkonform	Unterhalts/Ersatzkonzept	Lokale Schäden möglich	Grossflächige Schäden möglich				
Typengeprüfte Werke	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Hoch	
Nicht typengeprüfte Werke (z.B. VOBAG)	Ja	Nein	Ja	Nein	Teilweise	Ja	Nein	Gering	

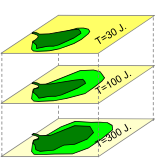
- **Hohe Zuverlässigkeit** der Massnahme: volle Berücksichtigung
- **Eingeschränkte Zuverlässigkeit:** Massnahme wirkt nur teilweise – fallweise beurteilen
- **Geringe Zuverlässigkeit:** Massnahme wirkungslos, keine Berücksichtigung




### Schritt 3: Wirkungsbeurteilung

Die Wirkungsbeurteilung quantifiziert den Einfluss der Massnahme auf den Prozessablauf unter Berücksichtigung ihrer Zuverlässigkeit – Kernstück von PROTECT.

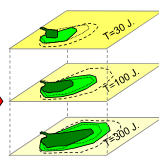
Intensitätskarten ohne Massnahme



Wirkungsbeurteilung der Massnahme



Angepasste Intensitätskarten mit Massnahme



### Schritt 3: Wirkungsbeurteilung - Beispiel: Stützverbau

**Wirkung einer Stützverbauung** ist abhängig von der Werkhöhe, Ausdehnung der Verbauung und Anordnung der Werke.

**Fall 1: Lawinenbruch ausserhalb Stützverbauung.**



Zemat, 1999

Lawinenberechnung mit reduziertem Volumen

**Fall 2: Lawinenbruch in der Stützverbauung.**



Orp Stajcar, 1984

Lawinenberechnung mit erhöhter Reibung und reduzierter Anrissmächtigkeit

**Fall 3: Anbruch Oberlawine.**



Anrissmächtigkeit d. Werkhöhe  $H_w$   
 $\leftarrow$  Werkhöhe  $H_w$   
 $\leftarrow$  Extreme Schneehöhe  $H_{ext}$   
 $\leftarrow$   $H_{ext} > H_w$

Lawinenberechnung mit mit reduzierter Anrissmächtigkeit in Abhängigkeit der Werkhöhe

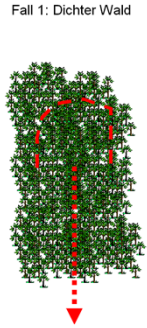


17

### Schritt 3: Wirkungsbeurteilung - Beispiel: Wald

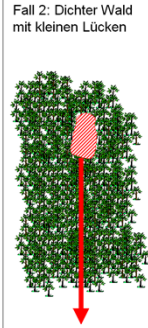
**Waldwirkung** abhängig von: Baumart, Struktur des Bestandes, Lückengrösse, obere Waldgrenze und Stammanzahl.

Fall 1: Dichter Wald



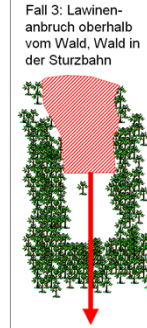
Kein Lawinenanbruch

Fall 2: Dichter Wald mit kleinen Lücken

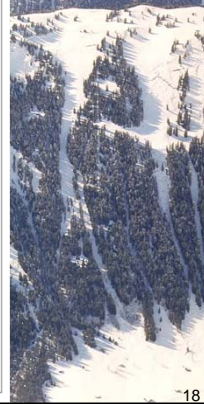


Bremswirkung: erhöhte Reibung, Kräfte  $< 50 \text{ kN/m}^2$

Fall 3: Lawinenanbruch oberhalb vom Wald, Wald in der Sturzbahn



Keine Bremswirkung: Kräfte  $> 50 \text{ kN/m}^2$




18

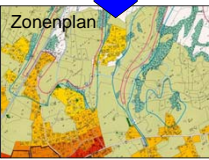
### Schritt 4: Empfehlungen zur raumplanerischen Umsetzung der Gefahrenkarte

- Gefahrenkarten nach "wissenschaftlichen" Kriterien erarbeiten - keine strategischen / politischen Überlegungen.
- Keine Kennzeichnung des geschützten Raumes.
- Folgen einer Überlastung der Massnahme explizit prüfen. Betroffene Fläche wird gelb-weiss als Restgefährdung markiert.
- Umgang mit gelb-weissem Gebiet nicht abschliessend beurteilt - Hinweis auf Restgefahr genügend?
- Rückstufung von höherer (z.B. rot) zu schwächerer Gefährdung (z.B. blau) ist möglich. Gewisse Zurückhaltung bei der Nutzung des geschützten Raumes wird empfohlen.
- Unsicherheiten sollen bei der Gefahrenbeurteilung resp. Szenarienbildung berücksichtigt werden und nicht bei der Umsetzung.

Gefahrenkarte



Zonenplan



19

### Folgerungen I PROTECT

- Methodik bei allen Prozessen anwendbar – Anwendung z.T. schwierig (z.B. Rutschungen).
- Unterschiedlicher Beurteilungsmassstab in der Praxis bei Überarbeitung von Gefahrenkarten und Untersuchungen der Wirtschaftlichkeit von Massnahmen.
- Für erfolgreiche Massnahmen sind ihre Nachhaltigkeit - sprich **Unterhaltskonzept** (Schutzbautenkataster) - und die **Wirkung** entscheidend.
- Wirkungsbeurteilung** ist Schlüsselgrösse - je nach Prozess und Massnahme gibt es **Wissenslücken**.
- Verhalten resp. Wirkung einer Massnahme beim **Überlastfall** oft schlecht bekannt.

Steinschlagschutznetz





Rutschung in Verbauung




Auffangdamm (Photo NCI)20



20

  **Folgerungen II PROTECT**

- Beurteilung der **Tragsicherheit von älteren Bauwerken** und nicht zugänglichen Bauteilen wie Verankerungen ist schwierig.
- Die **Ausdehnung von Bauzonen** im Schutze von Massnahmen sollen sehr vorsichtig gehandhabt werden, speziell bei brutalen Prozessen mit kurzer oder keiner Vorwarnzeit.
- **PROTECT** ist als **Konzept** zu verstehen: **Sicherheitsgewinn durch vergleichbare und nachvollziehbare Beurteilungen** von Schutzmassnahmen.
- **Zukünftige Ziele PROTECT**: einheitlichere Anwendung in der Praxis und Herausgabe einer definitiven Version.



21

Danke für die  
Aufmerksamkeit!

Stefan Margreth  
WSL-Institut für Schnee- und  
Lawinenforschung SLF  
CH-7260 Davos Dorf  
margreth@slf.ch



 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Swiss Confederation

**Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT**  
Plate-forme nationale «changens naturals»  
Piattaforma nazionale «rischi naturali»  
National Platform for Natural Hazards

  Bericht PROTECT: <http://www.planat.ch>