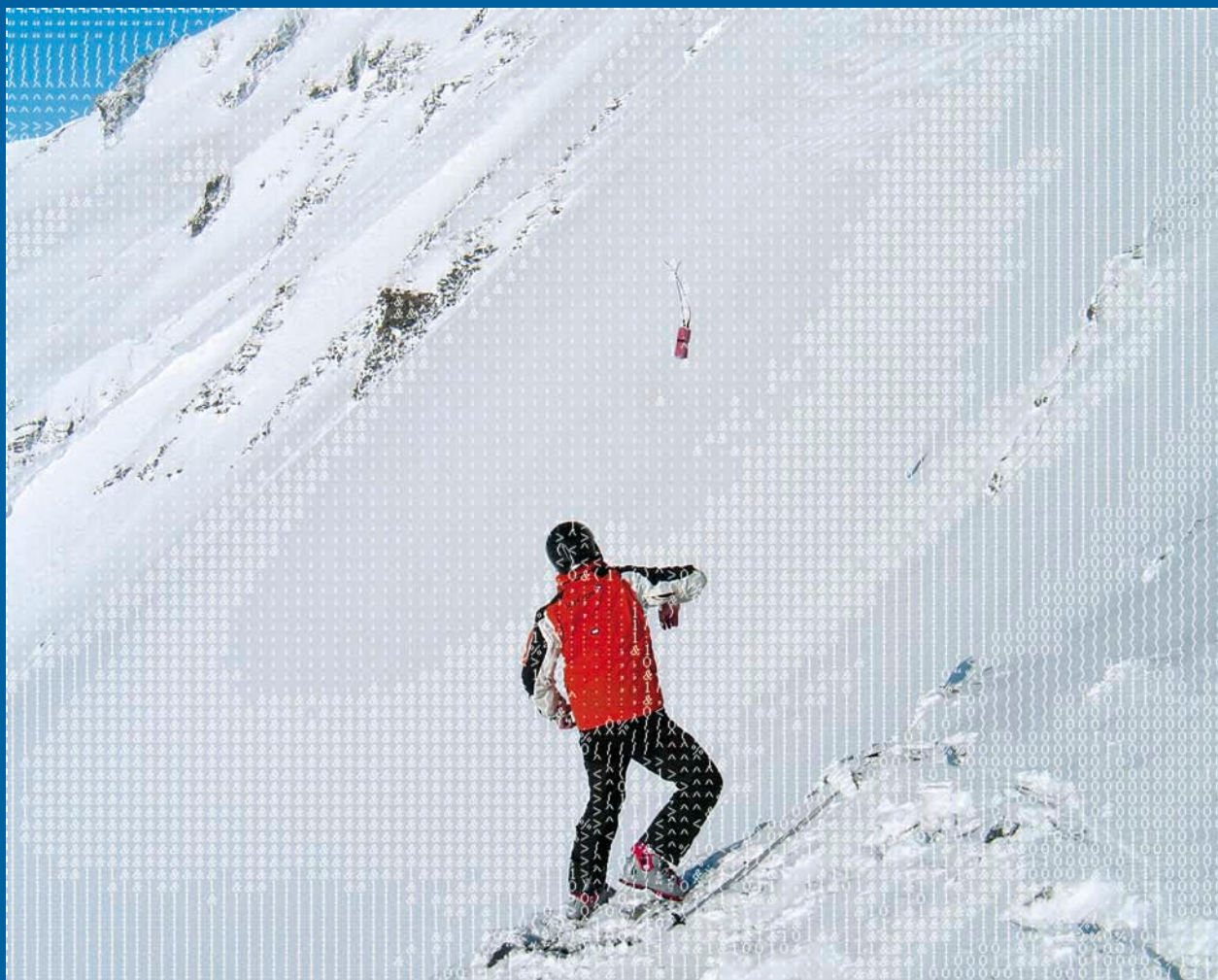


> Beurteilung von Sekundärlawinen bei künstlicher Lawinenauslösung

Anleitung für die Praxis



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

> Beurteilung von Sekundärlawinen bei künstlicher Lawinenauslösung

Anleitung für die Praxis

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren

Lukas Stoffel, Stefan Margreth

WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF Davos

Die Praxishilfe wurde im Auftrag des BAFU im Rahmen eines EKLS-Projektes erarbeitet.

Begleitung BAFU

Reto Baumann, Abt. Gefahrenprävention

Review

André Burkard, Peder Caviezel, Hansueli Gubler, Jörg Kindschi, Mark Schaer, Jürg Schweizer, Thomas Stucki

Zitierung

Stoffel L., Margreth S. 2012: Beurteilung von Sekundärlawinen bei künstlicher Lawinenauslösung. Anleitung für die Praxis. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1222: 62 S.

Gestaltung

Karin Nöthiger, Niederrohrdorf

Titelbild

Gian Darms

PDF-Download

www.bafu.admin.ch/uw-1222-d

(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

© BAFU 2012

Inhalt

Abstracts	5
Vorwort	7
1 Einleitung	8
2 Sprengung und sekundäre Lawinenauslösung durch Bruchausbreitung in der Schneedecke	9
2.1 Auslösungen auf grossen, zusammenhängenden Flanken	9
2.2 Auslösungen um Geländerücken in sekundäre Anrissgebiete	10
2.3 Auslösungen auf die andere Seite eines Grates	10
3 Fernauslösung infolge Luftdruckwelle	11
4 Sprengung und sekundäre Lawine durch Bodenerschütterung	12
5 Spontane Lawine und sekundäre Auslösung	13
6 Gebiete ohne bekannte sekundäre Auslösung	14
7 Grossschneefälle	15
8 Folgerungen	16
8.1 Erkenntnisse aus den Beispielen	16
8.2 Ausarbeitung von Sicherheitskonzepten	18
8.3 Hinweise zu Sprengensätzen	20

Anhang	21
A1 Fallbeispiele zur Ausarbeitung von Sicherheitskonzepten	21
A2 Dokumentation der untersuchten Beispiele	29
Literatur	60
Glossar	60
Verzeichnisse	61

> Abstracts

In Switzerland, avalanches are artificially triggered to ensure the temporary safety of winter sports areas and to some extent, transportation routes and residential areas. In doing so, unwanted secondary avalanches may also be triggered in adjacent avalanche paths. In fact, secondary avalanches are most often triggered as a result of fracture propagation in the snow pack. Damage potential and secondary avalanches are two important factors to consider when evaluating the practicality of artificial release of avalanches in an avalanche path respectively for the elaboration of safety concepts. Although this publication defines evaluation criteria that can be applied to a safety concept, such as the probability of triggering secondary avalanches, it focuses less on the planning and practical operation of bombing procedures by safety services in an actual avalanche situation.

In der Schweiz wird die künstliche Lawinenauslösung zur temporären Sicherung von Schneesportgebieten und zum Teil auch zum Schutz von Verkehrswegen und von Siedlungsbereichen eingesetzt. Dabei können ungewollte sekundäre Lawinenauslösungen in benachbarten Lawinenzügen auftreten. Sekundäre Lawinenauslösungen treten am häufigsten infolge Bruchausbreitung in der Schneedecke auf. Für die Beurteilung der Anwendbarkeit der künstlichen Lawinenauslösung in einem Lawinenzug respektive für Sicherheitskonzepte sind u.a. das Schadenpotential und sekundäre Auslösungen wichtige Faktoren. In der vorliegenden Publikation werden Kriterien definiert, wie die Wahrscheinlichkeit von sekundären Auslösungen im Rahmen von Sicherheitskonzepten beurteilt werden kann. Die Planung und Durchführung von Sprengereinsätzen während einer aktuellen Lawinensituation werden nur am Rande betrachtet.

La Suisse recourt au déclenchement artificiel d'avalanches pour sécuriser temporairement les domaines skiables et parfois aussi pour protéger les voies de communication et les agglomérations. Cette mesure peut avoir comme conséquence involontaire de déclencher des avalanches secondaires dans les couloirs voisins. La plupart du temps, ces avalanches surviennent parce que les ruptures se propagent dans le manteau neigeux. Le risque d'avalanches secondaires et les dommages potentiels qui en découlent sont des facteurs essentiels pour évaluer les possibilités d'application du déclenchement artificiel d'avalanches et pour élaborer des plan de sécurité. La présente publication définit des critères pour évaluer la probabilité des avalanches secondaires dans le cadre de plans de sécurité La planification et l'exécution du dynamitage d'avalanches n'est traité que de manière marginale.

Keywords:

Artificial release of avalanches, secondary avalanches, application of artificial release of avalanches, safety concept

Stichwörter:

Künstliche Lawinenauslösung, Sekundärlawinen, Anwendbarkeit künstliche Lawinenauslösung, Sicherheitskonzept

Mots-clés:

Déclenchement artificiel d'avalanches, avalanches secondaires, possibilités d'application du déclenchement artificiel d'avalanches, plan de sécurité

In Svizzera si ricorre al distacco artificiale di valanghe al fine di garantire la protezione temporanea delle zone adibite agli sport invernali e, a volte, delle vie di comunicazione e degli insediamenti. Questa misura può avere come conseguenza involontaria il distaccamento di valanghe secondarie nei canali valangari situati in prossimità, che si verifica principalmente a causa della propagazione delle rotture nel manto nevoso. Tra i fattori determinanti per la valutazione della realizzabilità del distacco artificiale di valanghe in un canale valangario e per elaborare dei piani di sicurezza figurano il potenziale di danno e i distacchi secondari. La presente pubblicazione definisce criteri che consentono di valutare la probabilità di distacchi secondari nel quadro dei piani di sicurezza. Inoltre, fornisce alcuni esempi concreti di pianificazione e di esecuzione di brillamenti per staccare valanghe.

Parole chiave:

distacco artificiale di valanghe,
valanghe secondarie,
realizzabilità del distacco
artificiale di valanghe,
piano di sicurezza

> Vorwort

Dass Lawinen mit Hilfe von Sprengmitteln künstlich ausgelöst werden können, ist keine neue Erkenntnis. Diese Methode wird denn auch in der Praxis schon lange angewendet und kommt heute je länger desto mehr zum Einsatz.

Dass bei der künstlichen Lawinenauslösung auch ungewollt andere Lawinen, sogenannte Sekundärlawinen, verursacht werden können, ist ebenfalls schon lange bekannt. Nur hatte bis heute noch niemand versucht, sich eine Übersicht über die Faktoren, welche zu solchen Sekundärlawinen führen, zu verschaffen. Die vorliegende Publikation schliesst diese Lücke. Sie soll insbesondere den etwas weniger erfahrenen Personen, welche die Aufgabe haben, Lawinen künstlich auszulösen, eine Hilfe bei der Beurteilung der Wahrscheinlichkeit von Auslösungen in benachbarten Anrissgebieten sein.

Bei der Erarbeitung dieser Anleitung für die Praxis konnte das Autorenteam auf die wertvollen Erfahrungen von zahlreichen Sicherheitsverantwortlichen und Lawinenexperten zurückgreifen. Folgenden Personen gebührt spezieller Dank:

Hanspeter Amacker (Leukerbad), Giachem Bott (Zuoz), Peder Caviezel (Ramosch), François Dufour (Sion), Martin Frei (Chur), Ueli Frutiger (Grindelwald), André Henzen (Wiler), Pius Henzen (Wiler), Bruno Jelk (Zermatt), Arthur Jenal (Samnaun), Jörg Kindschi (Ftan), Urban Maissen (Ilanz), Vali Meier (Davos), Romano Pajarola (Davos), Ruedi Rhyner (Elm), Bernard Riedi (Ilanz), Peter Schwitter (Blatten) und Thomas Wiesinger (Wien).

Andreas Götz
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 > Einleitung

Mit der künstlichen Lawinenauslösung kann es in benachbarten Anrissgebieten zu ungewollten Sekundärlawinen kommen. Die Beurteilung der Anwendbarkeit der künstlichen Lawinenauslösung in einem bestimmten Lawinenzug ist in der Praxishilfe «Künstliche Lawinenauslösung oberhalb von Siedlungen» (Stoffel und Margreth 2009) umschrieben. Wichtige Faktoren sind die Geländebeziehungen, das vorhandene Schadenpotenzial, Kosten-Wirksamkeitsanalysen usw. Unter den Geländebeziehungen ist auch auf die Auslösung allfälliger Sekundärlawinen einzugehen.

Falls sekundäre Anrissgebiete vorhanden sind, kann die Folgerung sein (Praxishilfe 2009):

- > Künstliche Auslösung ist auch dort möglich oder
- > Sekundäre Gebiete ohne Schadenpotenzial (Sprengungen nicht notwendig) oder
- > Künstliche Auslösung wird in sekundären Gebieten nicht durchgeführt (aktuelle Lawinensituation in diesen Gebieten im Einsatzkonzept berücksichtigen).

Im Absatz A-4.1 der Praxishilfe (Stoffel und Margreth 2009) wird u.a. darauf hingewiesen, dass die Wahrscheinlichkeit allfälliger sekundärer Auslösungen aufgrund der Topografie und von Beobachtungen abzuschätzen ist. Es wurde vorgeschlagen, die Auslösung von Sekundärlawinen z. B. als «möglich, selten oder sehr selten» einzustufen. Detaillierte Angaben, wie das geschehen soll, sind in der Praxishilfe (2009) jedoch nicht enthalten.

Die vorliegende Publikation soll mithelfen, die Beurteilung der Wahrscheinlichkeit von Sekundärlawinen zu verbessern. Anhand von 20 Beispielen (Anhang A2) wurde versucht, Faustregeln für die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit von sekundären Auslösungen herzuleiten. Die Publikation soll insbesondere Gutachtern respektive Ingenieuren für die Ausarbeitung von Sicherheitskonzepten nützlich sein (Kap. 8.1, 8.2 und Anhang A1). Die Planung und Durchführung von Sprengereinsätzen wird in dieser Praxishilfe nur am Rande behandelt (Kap. 8.3). Während einer bestimmten Lawinensituation hat der Sicherungschef resp. der Lawinendienst zu entscheiden, ob Sprengereinsätze durchgeführt und welche Abspermassnahmen als notwendig erachtet werden. Ob z. B. Absperren auch in benachbarten Lawinenzügen durchgeführt werden, in denen sekundäre Auslösungen nicht ausgeschlossen werden können.

Ungewollte sekundäre Auslösungen sind bei Einsätzen der künstlichen Lawinenauslösung möglich durch:

- > Bruchfortpflanzung in der Schneedecke
- > Luftdruckwelle
- > Bodenerschütterung (infolge Detonation oder abgehende Lawine).

In den folgenden Kapiteln 2–4 werden diese drei Möglichkeiten für sekundäre Lawinenauslösungen näher beschrieben.

2 > Sprengung und sekundäre Lawinenauslösung durch Bruchausbreitung in der Schneedecke

Durch die Detonation einer Sprengladung oder die Explosion eines Gasgemisches kann eine Lawine im Bereich des Sprengpunktes ausgelöst werden (Kap. 2.1).

Infolge Bruchfortpflanzung in der Schneedecke sind in benachbarten Geländekammern sekundäre Auslösungen möglich. Die Bruchfortpflanzung in der Schneedecke kann über an das primäre Anrissgebiet anschliessende Geländerücken (Kap. 2.2) oder über Grate auf die andere Gratseite (Kap. 2.3) erfolgen.

Für eine Bruchausbreitung notwendig sind (Neuschneesituation):

- > Durchgehende Schneedecke
- > Grossflächige Schwachschicht in der Schneedecke
- > «gebundener Neuschnee».

Ob eine durchgehende Schneedecke erwartet werden muss, kann aufgrund der Analyse des Geländes und durch Winterbeobachtungen (inkl. Fotos) abgeschätzt werden.

Ob es nach einer Bruchausbreitung zur Auslösung kommt, ist stark vom Schneedeckenaufbau und von der Hangneigung abhängig. Lawinenauslösungen treten ca. ab 30° auf (erhöhte Wahrscheinlichkeit ab 35°).

2.1 Auslösungen auf grossen, zusammenhängenden Flanken

Mit einer einzelnen Sprengung kann es z.B. in gleichförmigen Hängen und einer durchgehenden Schneedecke mit einer grossflächig vorhandenen Schwachschicht zur Auslösung grosser Lawinen kommen. Lawinen mit einer Breite von mehr als 2 km sind bekannt.

Beispiele siehe Anhang A2-1.

2.2 Auslösungen um Geländerücken in sekundäre Anrissgebiete

Mit einer durchgehenden Schneedecke sind verschiedenste Auslösungen um Geländerücken herum in anschliessende sekundäre Anrissgebiete respektive Lawinenzüge bekannt. Voraussetzung ist eine durchgehende grossflächig vorhandene Schwachschicht. Solche Geländerücken liegen typischerweise parallel zur Hauptwindrichtung und im Lee.

Auch die Bodenerschütterung durch die Primärlawine kann einen Einfluss haben.

Beispiele siehe Anhang A2-2.

2.3 Auslösungen auf die andere Seite eines Grates

Auslösungen über Grate mit einer schmalen Kammlinie können infolge Bruchfortpflanzung in der Schneedecke und Bodenerschütterungen durch die Detonation oder Primärlawine auftreten. Die Voraussetzung für eine Bruchfortpflanzung über den Grat ist eine geschlossene Schneedecke. Wächten und sehr steiles Gelände (ca. $> 45^\circ$) führen dazu, dass häufig keine durchgehende Schwachschicht vorhanden und somit eine Auslösung wenig wahrscheinlich ist. Der Einfluss der Bodenerschütterungen hängt u.a. vom Untergrund und von der Stärke der Einwirkung ab. In felsigem Gelände ist mit einem grösseren Einfluss zu rechnen als im Lockergestein.

Beispiele siehe Anhang A2-3.

3 > Fernauslösung infolge Luftdruckwelle

Relevant ist in diesem Fall, dass am Sprengpunkt keine (grosse) Primärlawine ausgelöst wurde, jedoch eine sekundäre Lawine durch Fernauslösung infolge der Luftdruckwelle aufgetreten ist. So wird ausgeschlossen, dass die sekundäre Lawine durch Bodenerschütterung der Primärlawine entstanden ist.

Bei einem sehr instabilen Schneedeckenaufbau sind Auslösungen bis ca. 500 m ab Sprengpunkt möglich (gültig für 5 kg Überschneesprengungen).

Beispiele siehe Anhang A2-4.

Der Wirkungsradius einer Sprengung bezieht sich auf das Gebiet, das bei einer negativen Sprengung als gesichert betrachtet werden kann. Für eine 5 kg Überschneesprengung wird beispielsweise ein Wirkungsradius von ca. 120 m erreicht (Stoffel 2001). Bei labilen Verhältnissen sind Auslösungen auch ausserhalb des Wirkungsradius möglich.

Hinweis:

Wirkungsradius einer Sprengung

4 > Sprengung und sekundäre Lawine durch Bodenerschütterung

Durch eine Detonation oder eine Primärlawine kann es zu Bodenerschütterungen und zu sekundären Auslösungen kommen. Die Erschütterungen im Sekundärgebiet sind vom Untergrund, von der Distanz ins sekundäre Anrissgebiet sowie der Einwirkungsstärke (Detonation, Primärlawine) abhängig. Bei Gazex-Zündrohren führt der Rückstoss auf das Fundament zu Bodenerschütterungen. Ob sekundäre Auslösungen auftreten, hängt auch vom Schneedeckenaufbau und der Hangneigung im sekundären Gebiet ab.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln angetönt, dürfte z. T. auch die Kombination von Bruchfortpflanzung in der Schneedecke und Bodenerschütterung zu Sekundärlawinen führen.

In Frankreich sind um 1990 mit Gazex Einsätzen (vermutlich Zündrohre à 3 oder 4,5 m³) zwei Fälle von Sekundärlawinen aufgetreten, die von der Firma Technologie de Sécurité T.A.S auf Bodenerschütterungen zurückgeführt werden:

- > Bei Corrençon en Vercors ist es nach der Primärlawine auf der anderen Gratseite im Gebiet «Villard du Lans» zu einer Auslösung gekommen. Die Bodenerschütterung soll den Felsgrat aus Kalkstein auf einer Breite von ca. 150 m durchquert haben.
- > Im Val Thorens ist durch einen Gazex Einsatz auf der Nordseite auch eine Auslösung auf der Südseite aufgetreten. Es handelt sich um einen Felsgrat aus Granit.

5 > Spontane Lawine und sekundäre Auslösung

Spontane Lawinen, die sekundäre Auslösungen verursachen, können u.a. wegen schlechter Sicht, Schneefällen oder schlechter Einsicht ins Gelände vom Tal aus eher selten beobachtet werden. In Ereigniskatastern fehlt relativ oft der genaue Zeitpunkt von Lawinenabgängen, weshalb Aussagen zu sekundären Auslösungen schwierig sind (Abgang am gleichen Tag oder zur gleichen Zeit).

Beispiele siehe Anhang A2-5.

6 > Gebiete ohne bekannte sekundäre Auslösung

Zur Herleitung von Faustregeln wurde nach Beispielen von nahe gelegenen Anrissgebieten gesucht, wo keine sekundären Auslösungen dokumentiert sind. Je nach Anrissgebiet handelt es sich um Fälle, bei denen nur spontane Abgänge möglich sind oder um Gebiete, in denen auch künstlich ausgelöst wird. Sind das sekundäre Anrissgebiet oder die Verbindung zum sekundären Gebiet windexponiert, ist eher selten mit sekundären Auslösungen zu rechnen.

Beispiele siehe Anhang A2-6.

7 > Grossschneefälle

Die Wahrscheinlichkeit für sekundäre Auslösungen hängt bei Grossschneefällen stark vom Schneedeckenaufbau ab:

- > Ohne ausgeprägte Schwachschichten sind Lawinenauslösungen vor allem im Bereich des Sprengpunktes möglich, eine grossflächige Bruchausbreitung und Fernauslösungen sind jedoch wenig wahrscheinlich. Sekundäre Auslösungen durch Bodenerschütterungen sind möglich.
- > Falls ausgeprägte Schwachschichten vorhanden sind, ist mit grossen Lawinen und je nach Situation mit weitreichenden sekundären Auslösungen zu rechnen.

Beispiel siehe Anhang A2-7.

8 > Folgerungen

8.1 Erkenntnisse aus den Beispielen

Aus den 20 Beispielen (Anhang A2) lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- > Sprengeneinsätze führen relativ selten zu grossen sekundären Auslösungen (< 1 % bis 10 % aller positiven Sprengungen). Der untere Wert gilt eher für Einsatzgebiete mit häufigen Sprengeneinsätzen und der obere Wert für Gebiete mit wenigen Sprengeneinsätzen. Ob es im sekundären Anrissgebiet zur Lawinenauslösung kommt, ist stark vom Schneedeckenaufbau und der Hangneigung (begünstigt falls > 35°) abhängig.
- > Falls mit sekundären Auslösungen zu rechnen ist, sind weitreichende Absperrungen anzuordnen. Je nach Schadenpotenzial ist evtl. auch ein Verzicht auf Sprengungen ratsam.
- > Mit einer Sprengung können in gleichförmigen Hängen Lawinen mit einer grossen Anrissbreite ausgelöst werden. Im Lawinenwinter 1999 betrugen die grössten Anrissbreiten spontaner Lawinen ca. 4 km.
- > Eine im oberen Teil eines Anrissgebietes anbrechende Lawine kann tiefer gelegene Anrissgebiete seitlich der Hauptlawinenbahn auslösen.
- > Eine **Bruchfortpflanzung in der Schneedecke** um Geländerücken in sekundäre Anrissgebiete ist bei einer durchgehenden Schneedecke mit einer grossflächigen Schwachschicht möglich. Die Geländerücken liegen typischerweise im Lee und parallel zur Hauptwindrichtung.
- > Die **Luftdruckwelle** kann Lawinen bis ca. 500 m in direkter Sicht ab Sprengpunkt auslösen. Die Distanz von 500 m bezieht sich auf Überschneesprengungen.
- > Der Einfluss der **Bodenerschütterung durch eine Detonation oder eine Primärlawine** ist nur schwierig quantifizierbar. Erschütterungen pflanzen sich im Fels gut fort, während sie sich im Lockergestein stark abschwächen. Der Einfluss von Bodenerschütterungen ist erhöht, falls die Distanz ins sekundäre Anrissgebiet klein ist (< ca. 50 m). Bei beidseits sehr steilen, felsigen Graten sind sekundäre Auslösungen durch Bodenerschütterungen am ehesten möglich; dies insbesondere durch eine starke Detonation (Ladungen > 4 kg, Gazex) oder eine grosse Primärlawine. Direkt am Anriss sind die Bodenerschütterungen infolge der Lawine noch klein, sie werden in der Sturzbahn grösser.
- > Eine sekundäre Auslösung durch Bruchfortpflanzung in der Schneedecke tritt bedeutend häufiger auf als infolge Luftdruckwelle oder Bodenerschütterung.
- > Durch Sprengungen, die nahe am Grat erfolgen (Distanz kleiner ca. 20 m), ist die Wahrscheinlichkeit für sekundäre Auslösungen generell erhöht. Dasselbe kann für Sprengungen an Geländerücken angenommen werden. Die Luftdruckwelle bewirkt im Gratbereich eine Zusatzbelastung auf die Schneedecke.
- > Ist der Geländerücken relativ flach, windexponiert, breiter als ca. 20–30 m und ungefähr horizontal, ist die Wahrscheinlichkeit für sekundäre Auslösungen eher klein.

-
- > Für Anrissgebiete, die über einen ungefähr horizontalen, windexponierten Grat verbundenen sind, ist die Wahrscheinlichkeit von sekundären Auslösungen klein, falls im sekundären Gebiet zuoberst Felswände resp. sehr steile Gebiete $> \text{ca. } 45^\circ$ vorhanden sind. Auch Wächten können eine Bruchfortpflanzung in der Schneedecke auf die andere Gratseite verhindern, wobei kleine Bereiche ohne Wächten zu beachten sind. Wächten können Schwachschichten unterbrechen.
 - > Falls das sekundäre Anrissgebiet windexponiert liegt (insbesondere auch die Verbindung vom primären zum sekundären Gebiet), ist i.d.R. mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit für sekundäre Auslösungen zu rechnen.
 - > Für ungefähr gleich exponierte Anrissgebiete, die sich beidseits eines windexponierten, abfallenden Grates oder Geländerückens befinden, resultiert grundsätzlich eine kleine Wahrscheinlichkeit für sekundäre Auslösungen, da es auf dem Grat z. B. weniger Schnee hat und die Wahrscheinlichkeit für grossflächige Schwachschichten kleiner ist. Gleiches gilt für markante Geländekanten im Luv.
 - > Bezüglich der massgebenden Windrichtung sind die lokalen Gegebenheiten und nicht die allgemeine Anströmrichtung zu berücksichtigen. Abgeblasene, schneearme Geländeabschnitte können eine Bruchfortpflanzung einschränken oder verunmöglichen.
 - > Eine Bruchausbreitung in der Schneedecke durch eine Lawinenverbauung ist wenig wahrscheinlich, falls die Verbauung richtlinienkonform gebaut ist, das sekundäre Anrissgebiet abgetrennt ist (z. B. andere Exposition) und z. B. Triebsschneewände oder Kolktafeln vorhanden sind.

8.2

Ausarbeitung von Sicherheitskonzepten

Die Beurteilung von möglichen sekundären Auslösungen durch Sprengungen für ein Sicherheitskonzept ist komplex und beinhaltet Unsicherheiten.

Die Beurteilung soll die folgenden Punkte enthalten:

- > **Bruchfortpflanzung in der Schneedecke:** Geländesituation (Verbindung der Anrissgebiete) und Situation bezüglich Hauptwindrichtung (Ausrichtung des Grates oder Geländerückens; befinden sie sich im Luv oder Lee)
- > **Luftdruckwelle:** Einsehbarer Bereich vom Sprengpunkt oder vom Gazex-Zündrohr aus
- > **Bodenerschütterung** durch Detonation oder abgehende Lawine: Untergrund und Distanz ins sekundäre Gebiet sowie Einwirkungsstärke
- > **Hangneigung des sekundären Anrissgebietes.**

Tab. 1 enthält allgemeine Faustregeln, wie sekundäre Anrissgebiete eingestuft werden können. Sehr wichtig ist, dass die bisherigen Erfahrungen im Gebiet berücksichtigt werden. Wir empfehlen, die sekundären Anrissgebiete hinsichtlich der Auslösewahrscheinlichkeit in die drei Klassen «Auslösung wahrscheinlich» (Rot), «Auslösung möglich» (Blau) und «Auslösung wenig wahrscheinlich» (Grün) zu unterteilen.

Für die Beurteilung schlagen wir die folgenden Arbeitsschritte vor:

- > Analyse im Gelände (nach Möglichkeit mit Winterbedingungen)
- > Kartenanalyse (Hangneigungskarten sind hilfreich; die Genauigkeit kann bei einem DHM25 in Gratnähe beschränkt sein), ev. auch Gelände-Sichtbarkeitsanalyse im GIS
- > Beurteilung Windeinfluss (u.a. Abschätzung Hauptwindrichtung); z. B. auch anhand von Ausaperungsmustern zu erkennen
- > Analyse von Winter- und Sommerfotos
- > Auswertung des Lawinenkatasters.

Beispiele zur Ausarbeitung von Sicherheitskonzepten gemäss Tab. 1 sind in Anhang A1 enthalten.

Tab. 1 > Kriterien für die Beurteilung von sekundären Auslösungen in benachbarten Anrissgebieten durch Sprengungen (für Sicherheitskonzepte)

	Kriterien		
Sekundäre Auslösung	Bruchfortpflanzung in der Schneedecke	Luftdruckwelle	Bodenerschütterung durch Detonation oder Primärlawine
	Beurteilungsfaktoren: Gelände, Wind	Beurteilungsfaktor: Einsehbarer Bereich ab Sprengpunkt oder Gazexzündrohr	Beurteilungsfaktor: Untergrund, Distanz ins sekundäre Gebiet, Einwirkungsstärke
Wahrscheinlich	Direkt anschliessende Geländekammer, ähnliche Exposition (im Lee), durchgehende Schneedecke.	Bis ca. 50–100 m Entfernung ab Sprengpunkt = innerhalb Wirkungszone von Sprengungen.	Ausnahmesituation, z. B. Sprengpunkt < 20 m von schneebedecktem Grat entfernt.
Möglich	Trennung der Anrissgebiete durch (abfallenden) Geländerrücken im Lee, insbesondere falls Rücken ungefähr parallel zur Hauptwindrichtung; durchgehende Schneedecke.	Auslösungen bei direkter Sicht in ca. 100–500 m Entfernung nicht auszuschliessen (insbesondere in Richtung eines Gegenhangs), bei Überschneesprengung.	- Felsiges Gelände (Primärgebiet bis und mit sekundäres Gebiet) und - kleine Distanz ins sekundäre Anrissgebiet: Wahrscheinlichkeit für Auslösungen erhöht mit starker Detonation (Ladungen > 4 kg, Gazex) oder grosser Primärlawine.
Wenig wahrscheinlich	- Trennung der Anrissgebiete durch flachen, windexponierten, ungefähr horizontalen Geländerrücken (breiter ca. 20–30 m). - Sekundäres Anrissgebiet hinter windexponiertem, horizontalem Grat sehr steil/felsdurchsetzt. - Sekundäres Anrissgebiet zumindest teilweise windexponiert, inkl. die Verbindung zum primären Anrissgebiet. - Zwei benachbarte Anrissgebiete gleicher Exposition: Trennung durch markanten, felsigen, abfallenden Grat/Rücken im Luv oder durch markante Geländekante im Luv.		

Allgemeines:

Für eine sehr instabile Schneedecke und generell bei der Lawinengefahrenstufe «sehr gross» (5) sind u.U. weitreichende sekundäre Auslösungen möglich (d. h. für Stufe 5 evtl. Verzicht auf Sprengeneinsätze ratsam). Für solche Situationen ist die Tabelle nicht anwendbar.

Hangneigungen im sekundären Anrissgebiet grossflächig > 35° bedeuten eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für sekundäre Auslösungen.

Situationen mit Sprengpunkten nahe an Graten müssen je nach Situation unabhängig von dieser Tabelle beurteilt werden.

8.3

Hinweise zu Sprengeinsätzen

Die Planung und Durchführung von Sprengeinsätzen obliegt dem Sicherheitschef respektive dem Lawinendienst. Er entscheidet aufgrund der Beurteilung der Schnee- und Lawinensituation und der Wetterprognosen, ob im jeweiligen Lawinenzug gesprengt werden soll oder kann. Die Entscheidung muss auch die als notwendig erachteten Absperrmassnahmen beinhalten. Je nach Situation sind weitreichende Absperrungen, inkl. auch in sekundären Lawinenzügen, vorzunehmen. Dies kann unter Umständen bereits für die Gefahrenstufe «erheblich» (Stufe 3) notwendig sein. Insbesondere für Sprengeinsätze im Bereich von Tallawinen sollen je nach Situation auch mögliche sekundäre Auslösungen in die Absperrungen miteinbezogen werden.

Überlegungen zu möglichen sekundären Auslösungen können u.a. beinhalten:

- > Situation vor dem Schneefall: Schwachschicht in der Schneedecke grossflächig vorhanden (z. B. verbreitet Oberflächenreif, auf dem Neuschnee abgleiten kann)?
- > Während des Schneefalls: Windrichtung und Windstärke: normale Situation oder Abweichung zur üblichen Hauptwindrichtung?
- > Schneevertelung vor und nach dem Schneefall?
- > Beobachtete Lawinen oder Informationen von Sprengeinsätzen in der Region: Sekundäre Auslösungen aufgetreten?

Bei sehr grosser Lawinengefahr (Stufe 5) ist mit weitreichenden sekundären Auslösungen zu rechnen. Je nach Beurteilung soll auf Sprengeinsätze verzichtet werden. Dies kann der Fall sein, falls im sekundären Lawinenzug ein grosses Potenzial für Schäden besteht.

Lawinengefahrenstufe 5

> Anhang

A1 Fallbeispiele zur Ausarbeitung von Sicherheitskonzepten

Die folgenden Fallbeispiele I-IV sollen die praktische Anwendung der Kriterien gemäss Tab. 1 erläutern. In den Gebieten der Beispiele I-III finden keine Sprengungen statt und sind auch nicht geplant.

Es wird beurteilt, ob es mit Sprengensätzen an der Salezerhorn-Ostseite A zu sekundären Auslösungen in benachbarten Anrissgebieten kommen kann (Abb. 1, Abb. 2). NW-Lagen sind massgebend. Die Salezerhorn-Ostseite A befindet sich bei NW-Lagen im Lee. Gegen die Salezerhorn-Nordseite D gibt es gemäss der Hangneigungskarte einen gemeinsamen steilen Abschnitt. Bei Nordwinden ist der Grat gegen D windexponiert. Das nach SW ausgerichtete Anrissgebiet E ist durch einen geneigten, eher windexponierten Geländerücken vom Anrissgebiet A getrennt. Das Teilanrissgebiet F befindet sich unterhalb der Lawinenverbauungen und ist $< 35^\circ$ geneigt.

Unsere Beurteilung für fiktive Sprengungen im Anrissgebiet A ergibt (Abb. 1):

- > Rote Anrissgebiete, sekundäre Auslösung wahrscheinlich: Die Gebiete B und C schliessen mit ähnlicher Exposition an das Gebiet A an und liegen auch im Lee. Mit einer durchgehenden Schneedecke ist zu rechnen.
- > Blaues Anrissgebiet, sekundäre Auslösung möglich: Bei WNW-Winden scheint eine durchgehende Schneedecke gegen das Gebiet D möglich, so dass eine Bruchfortpflanzung in der Schneedecke auftreten kann. Infolge des muldenförmigen Anrissgebietes A sind durch die Luftdruckwelle keine zusätzlichen Auslösungen in anderen Anrissgebieten möglich (Druckschatten).
- > Grüne Anrissgebiete, sekundäre Auslösungen wenig wahrscheinlich: Das Gebiet E ist über einen 30–60 m breiten Geländerücken vom Primärgebiet getrennt. Der Rücken, v. a. der obere flache Bereich, und die anschliessenden Bereiche von E sind bei NW(WNW)-Winden windexponiert. Auszuschliessen sind sekundäre Auslösungen je nach Situation aber nicht (z. B. N-Winde). Das Gebiet F befindet sich unterhalb der Lawinenverbauungen. Eine Bruchfortpflanzung durch die Schneedecke ist wenig wahrscheinlich, aber nicht auszuschliessen.

Im weiteren gilt, dass insbesondere bei Gefahrenstufe «sehr gross» (5) in allen unterschiedlichen Anrissgebieten mit Auslösungen zu rechnen ist.

Beispiel 1:

Fiktiv geplante Sprengungen an der Salezerhorn-Ostseite, Davos

Abb. 1 > Hangneigungskarte und Lawinenzug A (mit Sprengpunkt X)

Hauptwindrichtung NW (grauer Pfeil); Beurteilung sekundärer Auslösungen:
 wahrscheinlich = rote Anrissgebiete B, C; möglich = blaues Gebiet D;
 wenig wahrscheinlich = grüne Gebiete E, F.

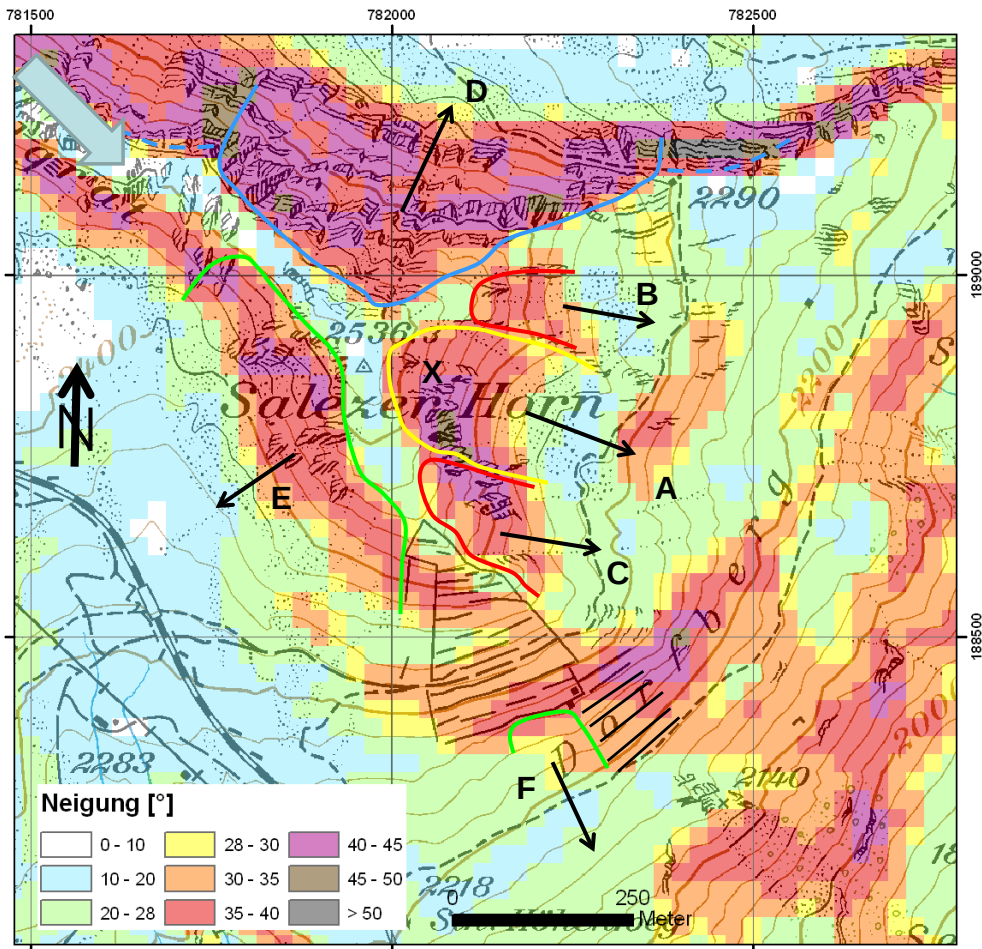
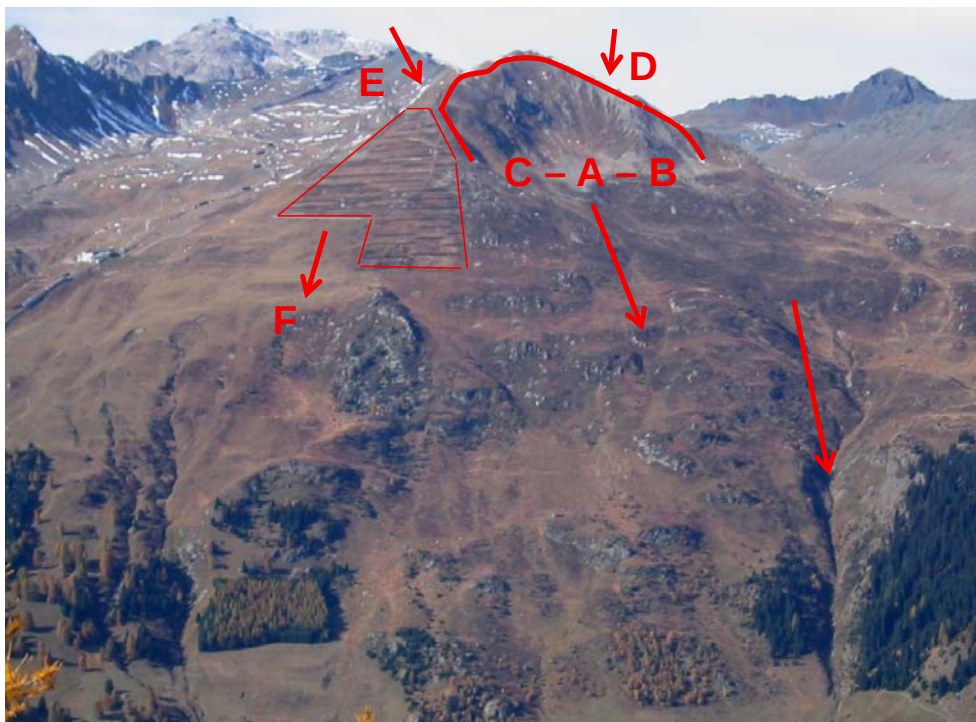


Abb. 2 > Salezerhorn-Ostseite mit den Anrissgebieten

A–C den zwei Sturzbahnen und der verbauten Fläche; weitere Lawinenzüge D, E, F.



Es wird angenommen, dass Sprengeneinsätze in der Spitzegglaui A geplant sind (X = Sprengpunkte in Abb. 3; Gelände siehe Abb. 38). Beidseits des Anrissgebietes A sind weitere Lawinenzüge vorhanden (B, C, D, E). Die Beurteilung wird für NW-Lagen durchgeführt. Die Anrissgebiete befinden sich bei NW-Lagen im Lee.

Unsere Beurteilung für fiktive Sprengungen in der Spitzegglaui A ergibt (Abb. 3):

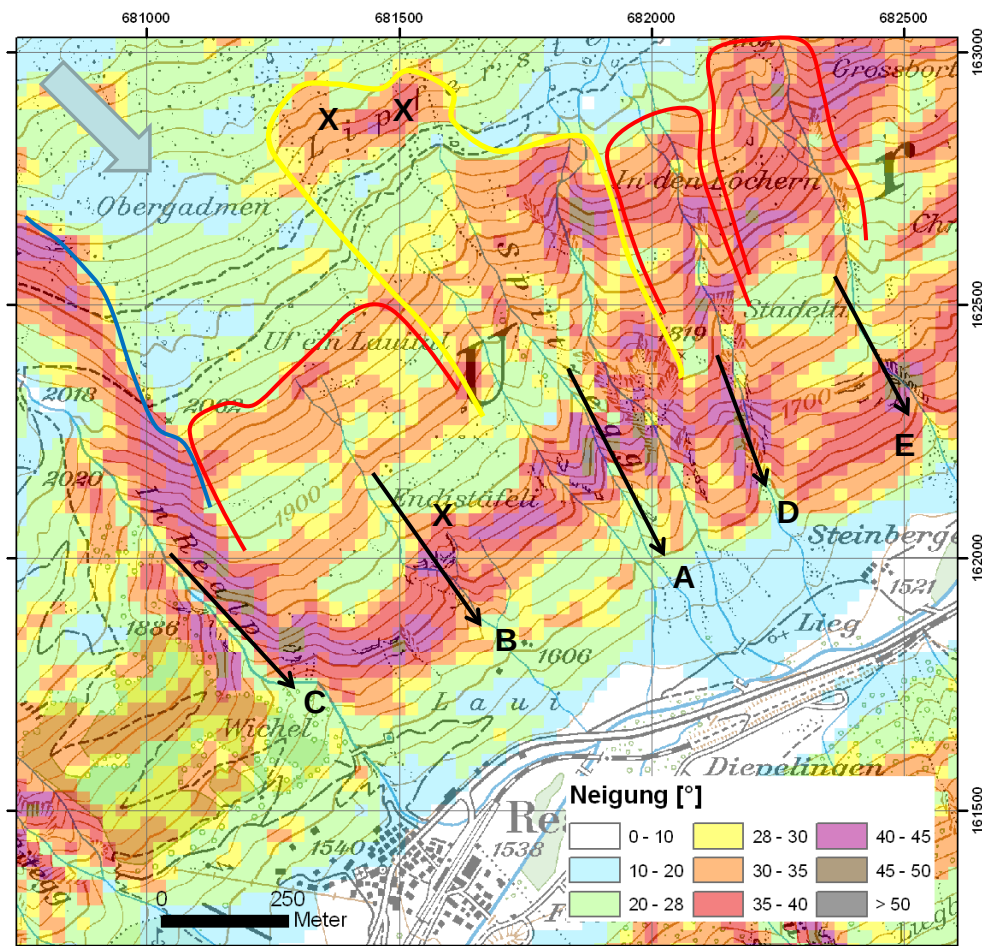
- > Rote Anrissgebiete, sekundäre Auslösungen wahrscheinlich: Sie schliessen mit ähnlicher Exposition an das Gebiet A an und liegen auch im Lee.
- > Blaues Anrissgebiet, sekundäre Auslösung möglich: Mit einer durchgehenden Schneedecke von B nach C ist zu rechnen. Die Bruchfortpflanzung kann durch die Geländekante auch unterbrochen sein. Infolge der Luftdruckwelle ist mit keinen zusätzlich beeinflussten Gebieten zu rechnen und auch zum Gegenhang besteht eine grosse Distanz (> 500 m).

Im weiteren gilt, dass insbesondere bei Gefahrenstufe «sehr gross» (5) in allen ausgeschiedenen Anrissgebieten mit Auslösungen zu rechnen ist.

Beispiel 2:
Fiktiv geplante Sprengungen
in der Spitzegglaui, Realp

Abb. 3 > Hangneigungskarte und Lawinenzug A (mit 2 Sprengpunkten X)

Windrichtung NW (grauer Pfeil); Beurteilung sekundärer Auslösungen:
wahrscheinlich = Gebiete B, D, E (allenfalls von E auch weiter östlich), möglich = Gebiet C.



Das Anrissgebiet der Äbilawine A vom Büelenhorn gegen das Flüelatal ist nordöstlich orientiert (Abb. 4, Abb. 5). Die Anrissgebiete B und C folgen seitlich in beiden Richtungen. Auf der anderen Seite des Geländerückens liegen die Anrissgebiete D (Lawine Am Berg ins Dischmatal, Abb. 5) und nordwestlich des Büelenhorns das Anrissgebiet E. NW-Lagen werden als massgebend betrachtet.

Gemeinsame grosse Abgänge der Äbilawine A und der Lawine Am Berg D sind in der SLF-Schadenlawinendatenbank nicht registriert (Zeitraum ca. 1950–2011).

Beispiel 3:
Fiktiv geplante Sprengungen
der Äbilawine, Davos

Wir beurteilen fiktive Sprengungen im Anrissgebiet der Äbilawine A wie folgt (Abb. 5):

- > Rote Anrissgebiete, sekundäre Auslösungen wahrscheinlich: Die Anrissgebiete B und C schliessen mit ähnlicher Exposition an das Gebiet A an. Eine Bruchfortpflanzung in der Schneedecke ist möglich. In die nördlichen Bereiche von B und die südlichen Bereiche von C könnte auch die Luftdruckwelle noch wirken (störanfällige Schneedecke beim Übergang zu den Felsen oder Erschütterung der Felsen). Weitere Gebiete liegen nicht im Einflussbereich der Luftdruckwelle.
- > Grüne Anrissgebiete, sekundäre Auslösungen wenig wahrscheinlich: Die Gebiete D sind durch einen ca. 40–50 m breiten, windexponierten Geländerücken vom Primärgebiet getrennt. Unmittelbar südlich des Büelenhorns liegen mögliche Anrissgebiete beidseits des Rückens jedoch näher beieinander (und bei NW-Winden im Luv), weshalb z. B. eine Bruchfortpflanzung durch die Schneedecke nicht ausgeschlossen werden kann. Anrisse der Am Berg Lawine D liegen typischerweise, wie in Abb. 5 angedeutet, unterhalb des Geländerückens (ausser im Bereich Büelenhorn Süd). Das Anrissgebiet E ist bei NW-Lagen stark windexponiert.

Im weiteren gilt, dass insbesondere bei Gefahrenstufe «sehr gross» (5) in allen ausgeschiedenen Anrissgebieten mit Auslösungen zu rechnen ist

Abb. 4 > Blick gegen den Äbi-Lawinenzug A (weitere Anrissgebiete B, C)

Das Anrissgebiet D befindet sich auf der Rückseite des Geländerückens.

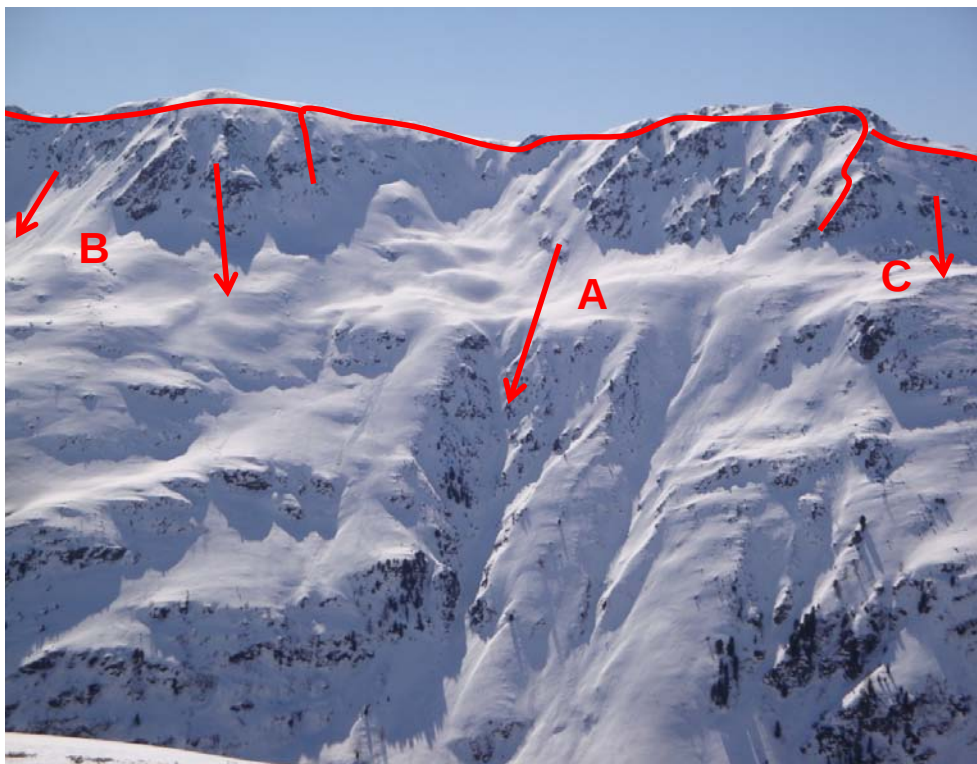
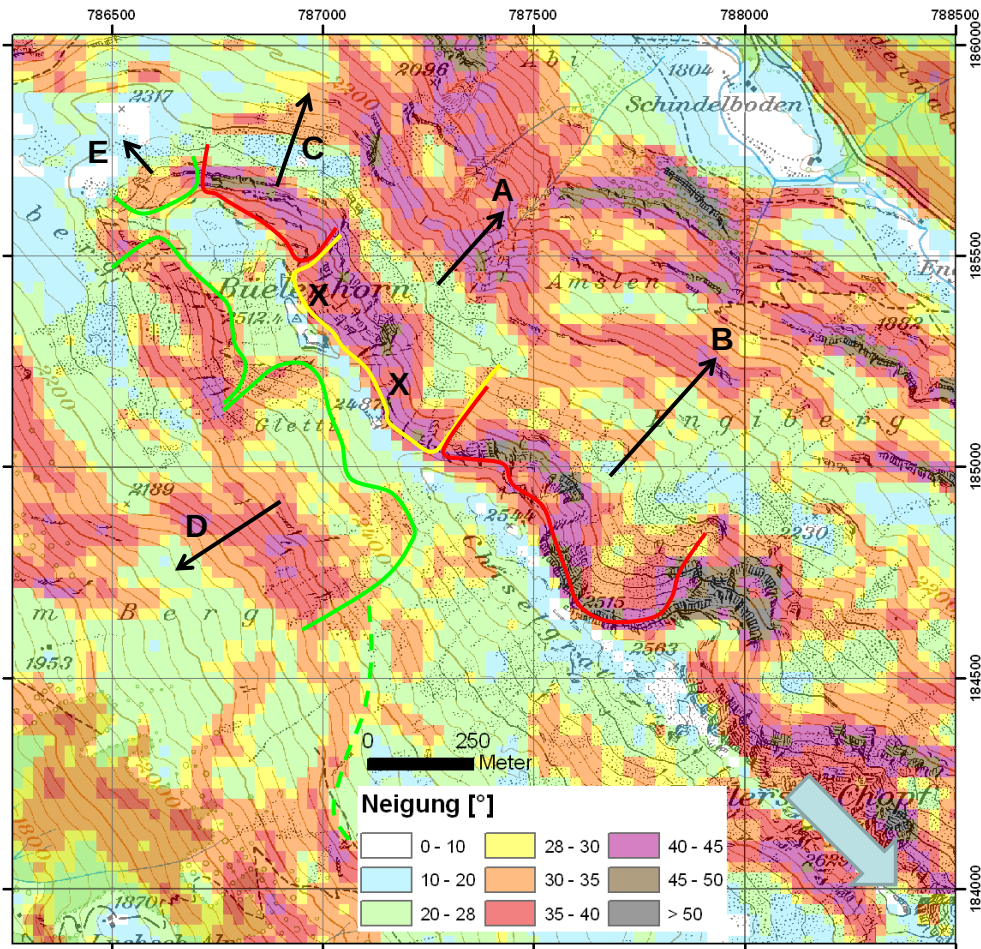


Abb. 5 > Hangneigungskarte und Äbi-Lawinenzug A (mit 2 möglichen Sprengpunkten X)

Vom Rücken gegen Gebiet D z. T. Neigung < 28°; Hauptwindrichtung NW (grauer Pfeil);
 Beurteilung sekundärer Auslösungen: wahrscheinlich = Gebiete B und C, wenig wahrscheinlich = Gebiete D und E.



Seit 1995/96 werden im Vallée de la Sionne an der Crêta Besse A vom SLF Lawinen zu Forschungszwecken künstlich ausgelöst (Abb. 6, Abb. 8). Es werden Helikoptersprengungen durchgeführt. Die Crêta Besse A weist Südostexposition auf. Das Gebiet Pra Roua B folgt unmittelbar südlich. Im Norden von A ist ein felsiger Steilabfall vorhanden, wobei das Gebiet C über einen unteren Bereich mit A zusammenhängt. Auf der anderen Seite des Grates, auf der Westseite, befinden sich die Anrissgebiete D und E und weiter südlich F und G (Abb. 7, Abb. 8). Niederschläge bei W/NW-Lagen werden als massgebend angesehen.

Auslösungen von A nach B (vgl. Anhang A2-1, Bsp. 1) und von A nach C treten relativ häufig auf (evtl. über das grün gestrichelte Gebiet, Abb. 8). Durch die Extremlawine Crêta Besse A ist am 25.2.1999 eine sekundäre Auslösung von F aufgetreten. In den Anrissgebieten D und E sind keine gemeinsamen Abgänge mit Lawinen auf der anderen Gratseite bekannt. Vom Grat aus fällt das Gelände, das z. T. mit Felswänden durchsetzt ist, auf der Westseite sehr steil gegen Visse ab

Beispiel 4:
 Sprengeneinsätze im
 Vallée de la Sionne

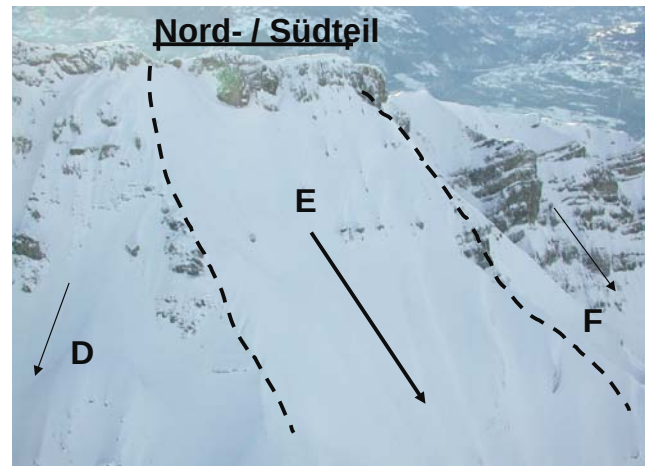
Abb. 6 > Crêta Besse A im Abschnitt gegen das Gebiet E
(auf der Rückseite)

Lawinenanriss vom 6. März 2006.



Abb. 7 > Anrissgebiete D und E

Westhänge auf der anderen Seite der Crêta Besse.



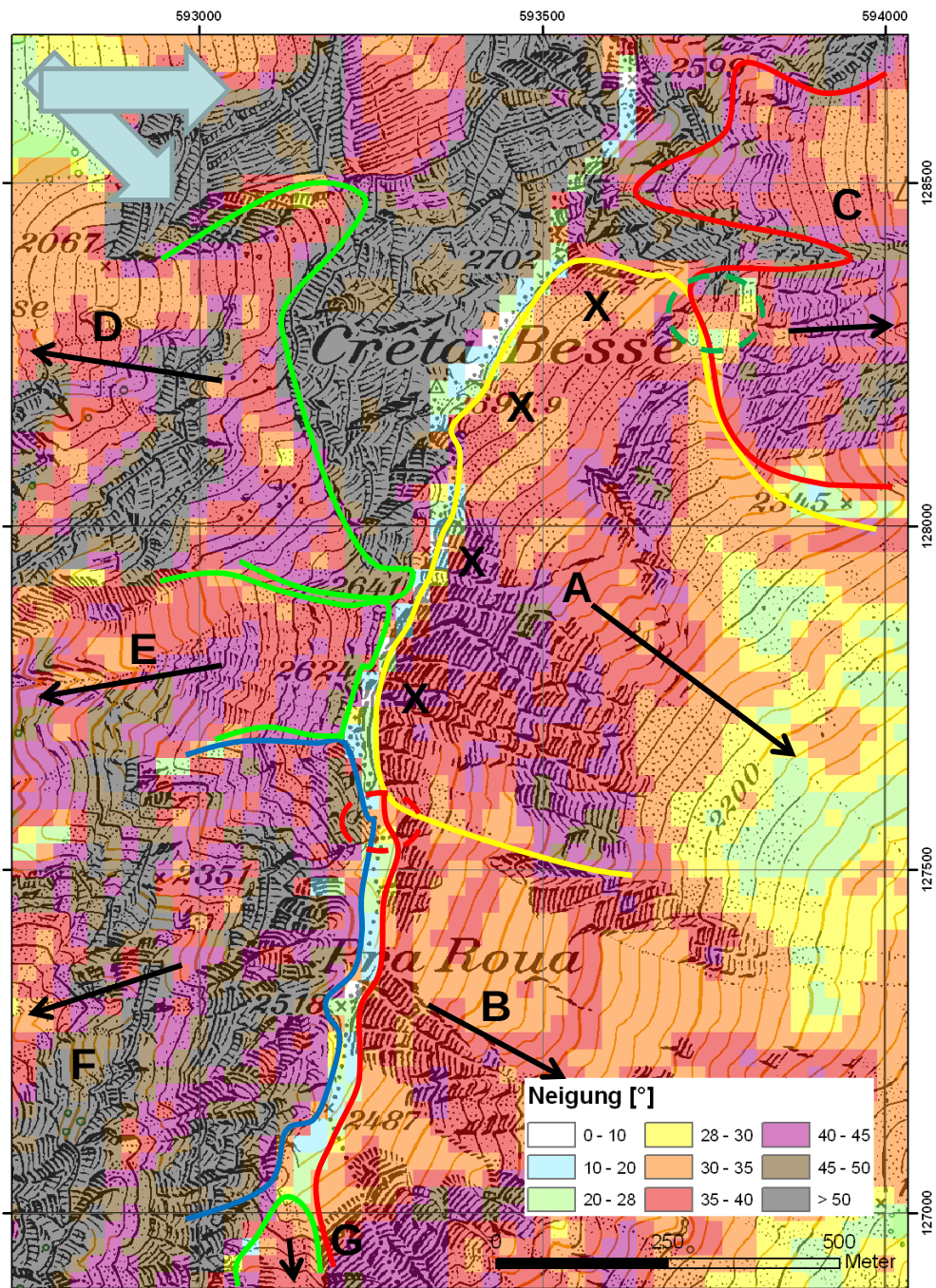
Wir beurteilen Sprengeneinsätze im Anrissgebiet Crêta Besse A wie folgt (Abb. 8):

- > Rote Anrissgebiete, sekundäre Auslösung wahrscheinlich: Die Gebiete B und C weisen die gleiche Exposition wie A auf und liegen im Lee. Mit einer Bruchfortpflanzung in der Schneedecke ist zu rechnen. Im felsigen Gebiet C können auch Bodenerschütterungen Auslösungen bewirken.
- > Blaues Anrissgebiet, sekundäre Auslösung möglich: Eine Auslösung vom südlichsten Sprengpunkt gegen Süden und um den geneigten Geländerücken ins Gebiet F ist nicht auszuschliessen. Der in Abb. 7 rot gestrichelt markierte Teil des Rückens liegt bei NW-Winden rund 200 m vom Sprengpunkt entfernt im Lee. Durch die Luftdruckwelle sind keine weiteren Gebiete beeinflusst. Auslösungen durch Bodenerschütterungen sind im felsigen Gelände nicht auszuschliessen (z. B. im Gebiet C).
- > Grüne Anrissgebiete, sekundäre Auslösung wenig wahrscheinlich: Die Gebiete D und E sind gegen den Grat zur Crêta Besse A sehr steil, z. T. sind markante Felswände vorhanden (Abb. 7). Eine Bruchfortpflanzung über den windexponierten Grat ist kaum möglich, aber nicht auszuschliessen (z.B. im Nordteil von E, wo eine durchgehende Schneedecke denkbar ist), wie auch Auslösungen infolge Bodenerschütterungen. Auslösungen können auch von F nach E auftreten. Das Gebiet G ist 800 m vom südlichsten Sprengpunkt entfernt und eine Auslösung bis dort selten.

Im weiteren gilt, dass insbesondere bei Gefahrenstufe «sehr gross» (5) in allen ausgeschiedenen Anrissgebieten mit Auslösungen zu rechnen ist.

Abb. 8 > Hangneigungskarte und Crêta Besse A (mit den 4 üblichen Sprengpunkten X)

Hauptwindrichtung W/NW (graue Pfeile); Beurteilung sekundärer Auslösungen: wahrscheinlich = Gebiete B und C, möglich = Gebiet F, wenig wahrscheinlich = Gebiete D, E, G.



A2 Dokumentation der untersuchten Beispiele

A2-1 Beispiele von Sprengungen mit Auslösung grosser Flanken

Die Sprengung im Anrissgebiet Crêta Besse A verursachte vom Sprengpunkt aus eine Bruchfortpflanzung rund 550 m entlang des Grates nach Süden nach Pra Roua B (Abb. 9, Abb. 10). Der Lawinenanriss befand sich nur an wenigen Stellen direkt am Grat.

Beispiel 1:
Vallée de la Sionne,
Pra Roua Lawine, 10.2.1999,
Helikoptersprengung

Abb. 9 > Künstlich ausgelöste Lawine im Gebiet Pra Roua B vom 10.2.1999

Sprengpunkt in Crêta Besse A, Abb. 10.

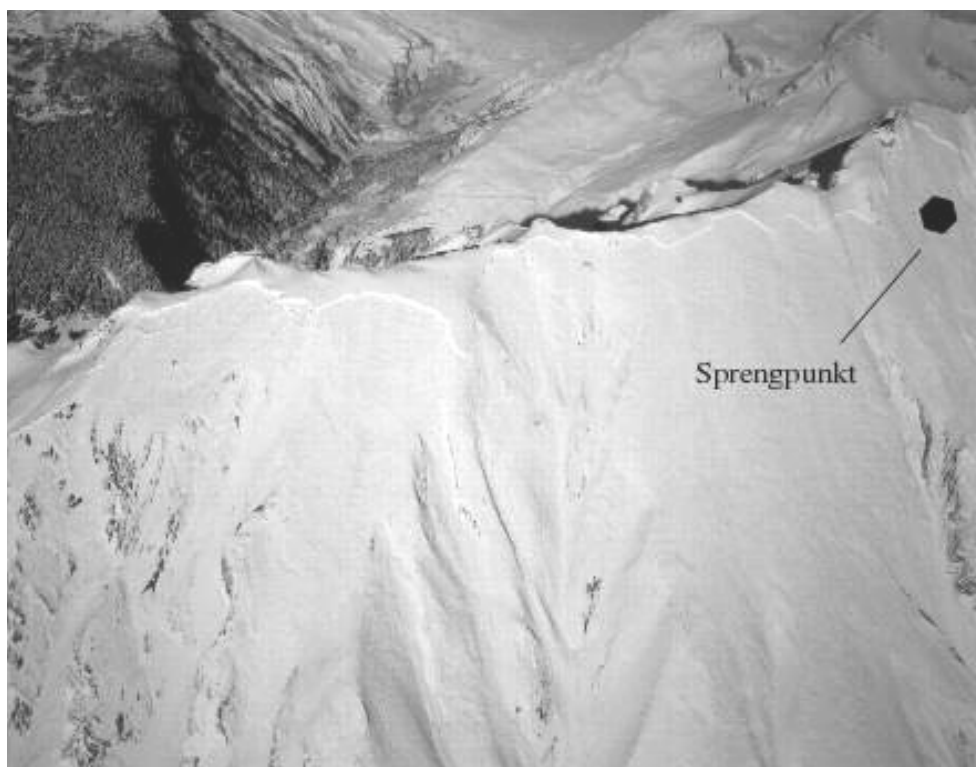
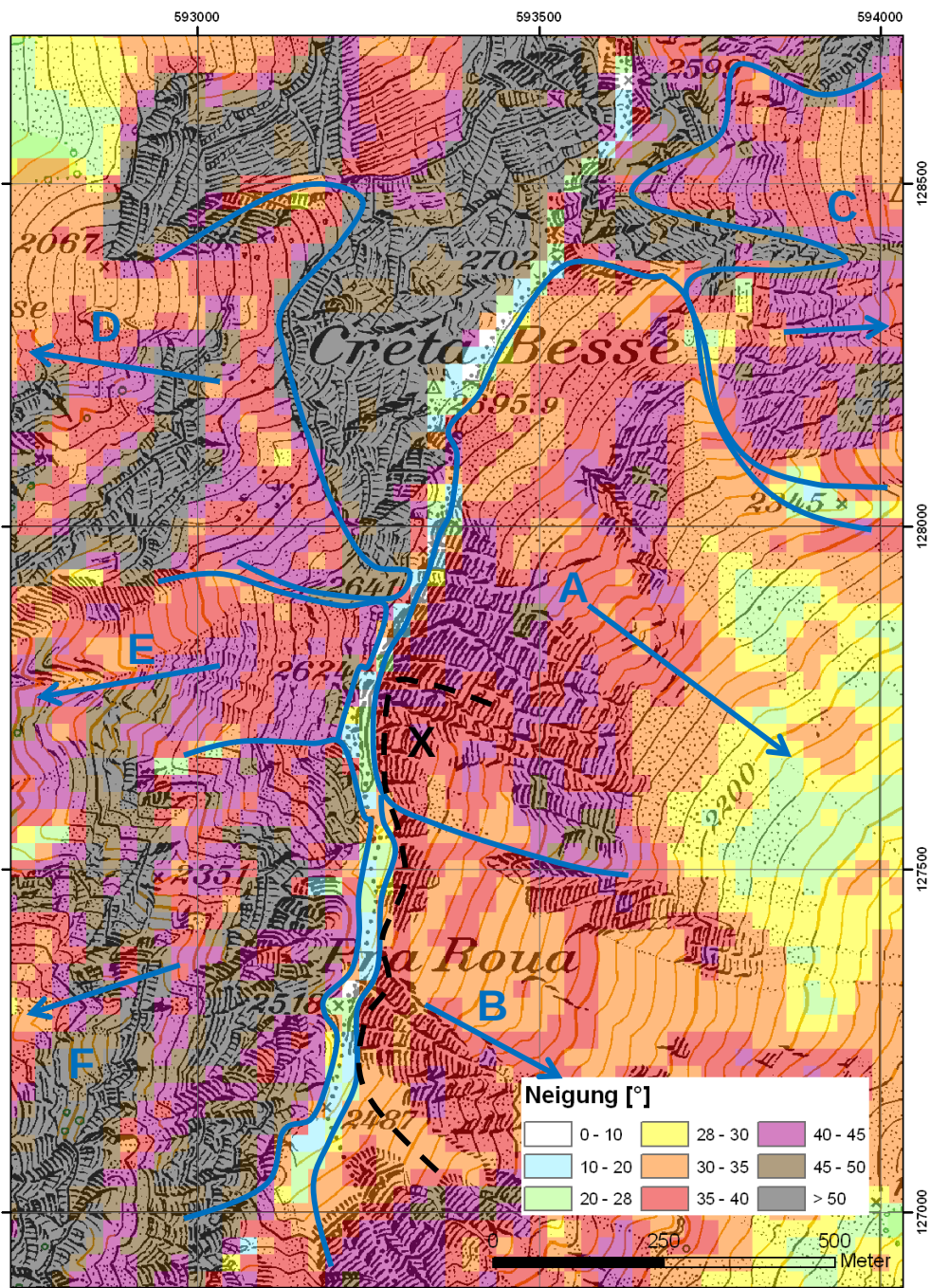


Abb. 10 > Hangneigungskarte Anrissgebiete Vallée de la Sionne

Crêta Besse A, Pra Roua B, Comba C, Lawinenzüge D, E, F (siehe auch Abb. 7).
Schwarz gestrichelt = Lawine vom 10.2.1999 mit Sprengpunkt.



Mit einer Sprengladung wurde im gleichförmigen Gelände eine grosse Lawine vom Gebiet Foggenhorn bis zum Hofathorn ausgelöst (Abb. 11). Die Anrissbreite betrug ca. 3 km. Zwei eher kleinflächige Stützverbauungen sollten solch breiten Anrissen entgegenwirken, was aber nicht gelang. Lawinenverbauungen können eine Bruchfortpflanzung im Allgemeinen nur verhindern, wenn die Verbaufäche durch weitere Massnahmen wie z. B. Kolktafeln oder Verwehungsäune vom primären Anrissgebiet getrennt ist und wenn sich die Verbaufäche genügend weit nach unten erstreckt.

Abb. 11 > Grossflächiger Anbruch der Gratlawine

Der Anriss hat sich auch durch und um die verbaute, nördliche Teilfläche ausgebreitet. Der Sprengpunkt befindet sich noch weiter links.



Foto: P. Schwitter

Mit einer Gazex Explosion ($4,5 \text{ m}^3$ Zündrohr) wurde auf der Hockenhorn Südostseite auf dem Milibachgletscher während eines Schneefalls die mittelgrosse Lawine A ausgelöst (Abb. 12). Während des Winters waren von diesem Sprengpunkt aus bereits Lawinen ausgelöst worden, was wohl die Grösse der ausgelösten Lawine reduzierte. Von Gandegg aus wurde festgestellt, dass sich sekundär eine weitere Lawine im Bereich des kleinen Hockenhorns B auf ca. 3100 m gelöst haben musste. Diese Lawine, ebenfalls mit dem Anriss auf dem Gletscher, wies als Staublawine eine beträchtliche Grösse auf. Der Fliessanteil dürfte auf der Höhe Gandegg (ca. 2700 m) zum Stillstand gekommen sein.

Der ganze Hangbereich liegt bei NW-Lagen im Lee des Hockenhorns. Der Grund für die Sekundärlawine respektive Fernauslösung in rund 200 m Entfernung von der Primärlawine dürfte bei der damaligen Situation in der Bruchfortpflanzung in der Schneedecke – auf dem Milibachgletscher – und der Auslösung in steilem Gebiet

Beispiel 2:

Blatten, Gratlawine, 3.3.2007, Helikoptersprengung

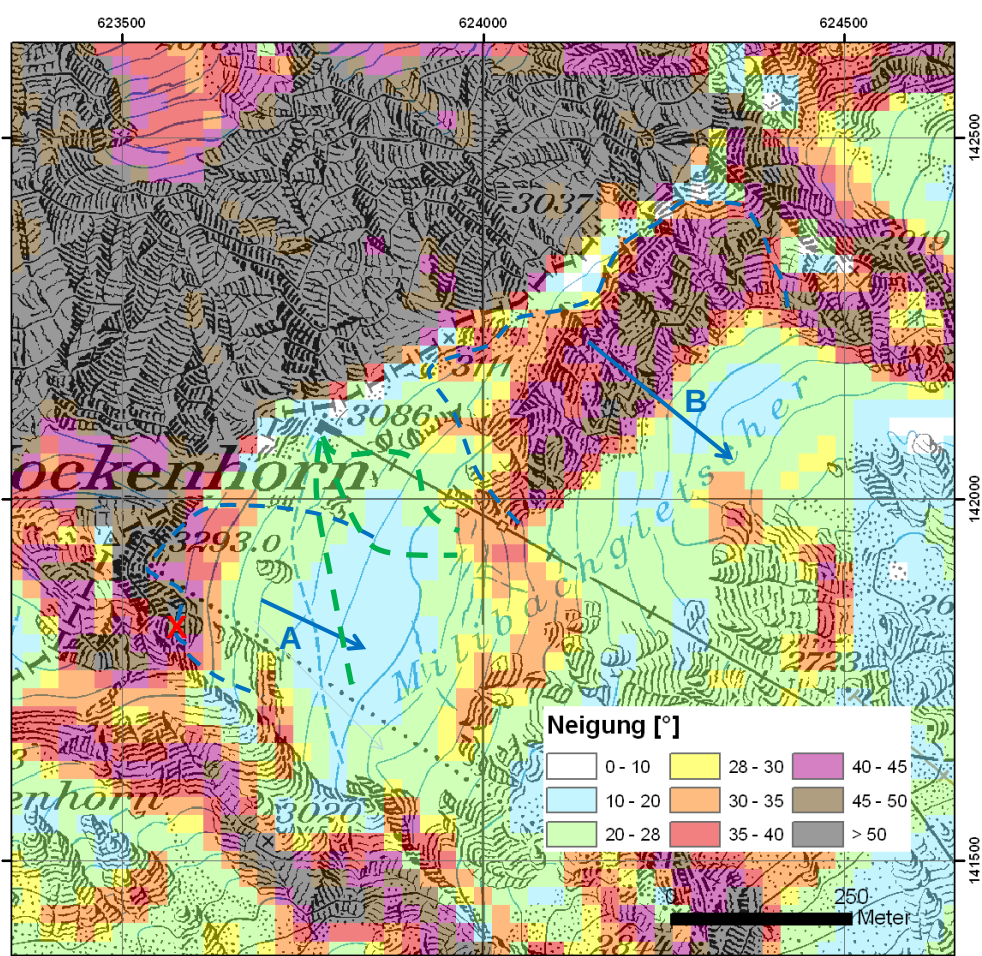
Beispiel 3:

**Auslösung von 2 Lawinen:
Wiler, Hockenhorn-Südostseite
und sekundäre Lawine ca. 200 m
entfernt am kleinen Hockenhorn,
Gazex Einsatz**

liegen. Südlich der Bergstation ist das Gelände zwischen den beiden Lawinen gemäss Hangneigungskarte nur 20–28° steil. In diesem Bereich sind auch drei Pisten vorhanden, die am Tag der Sprengung eingeschneit waren. Möglich ist auch, dass die Luftdruckwelle zur sekundären Auslösung geführt hat (Distanz ca. 450 m ab Zündrohr, Überschneesprengung).

Abb. 12 > Hangneigungskarte Hockenhorn

Mitteltgrosse ausgelöste Lawine A, grosse Lawine B, Sprengpunkt X und Pisten ab Bergstation (grün gestrichelt).



A2-2 Beispiele von Sprengungen und Auslösung um Geländerücken

Abb. 13 zeigt, wie es unmittelbar nach der Detonation zur Bruchausbreitung und an verschiedensten (einzelnen!) Stellen zu Auslösungen gekommen ist. Vom tief gelegenen Sprengpunkt sind Bruchfortpflanzungen in der Schneedecke rund 500 Höhenmeter nach oben, bis gegen den Grat aufgetreten, inkl. nach Osten um den ersten Geländerücken herum (Abb. 13, Abb. 14). Die einzelnen Auslösungen vereinten sich zu einer grossen Staub-/Fliesslawine. Das anschliessende Anrissgebiet Val da Barcli B wurde nicht ausgelöst (Abb. 14).

Es herrschte eine NW-Lage vor (lokal auch N-Winde) und gemäss SLF-Bulletin erhebliche Lawinengefahr. Bei NW-Lagen befindet sich der Geländerücken im Lee hinter der Spi da Laschadura. Die Karte zeigt, dass es sich um einen abgerundeten, z. T. steilen Geländerücken handelt.

Mit dem tiefgelegenen Sprengpunkt wurde versucht, nur ein kleines Gebiet respektive eine kleine Lawine auszulösen, was aber nicht gelang.

Abb. 13 > Bruchausbreitung und Momentaufnahme erster Auslösungen im Anrissgebiet Laschadura A

Die Sprengladung detonierte links weiter unten, ausserhalb des Fotos.

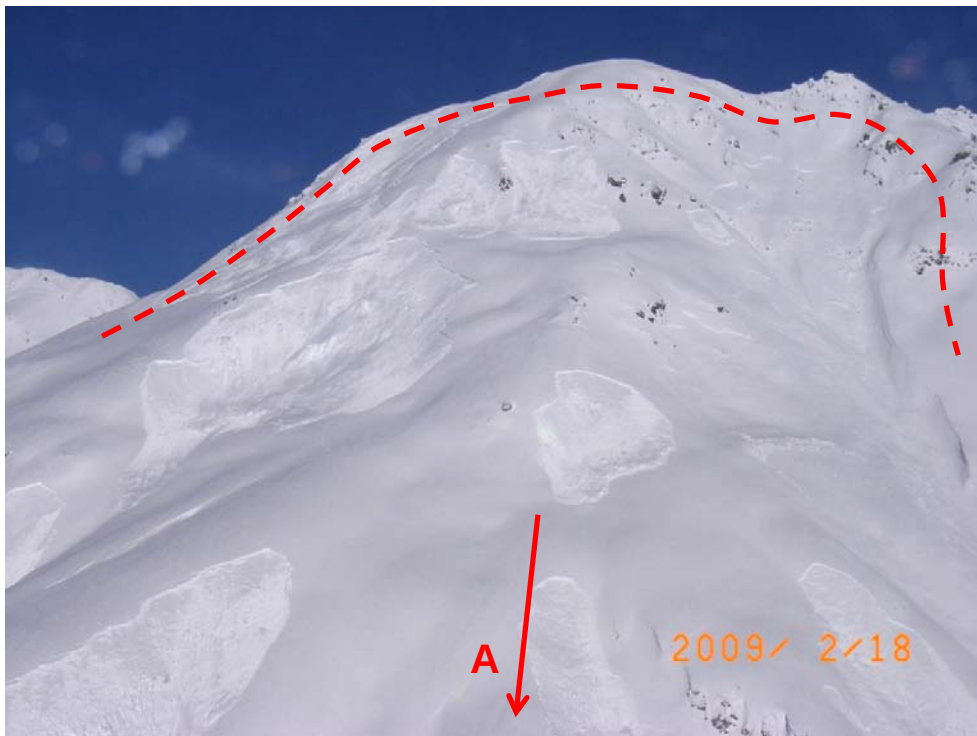


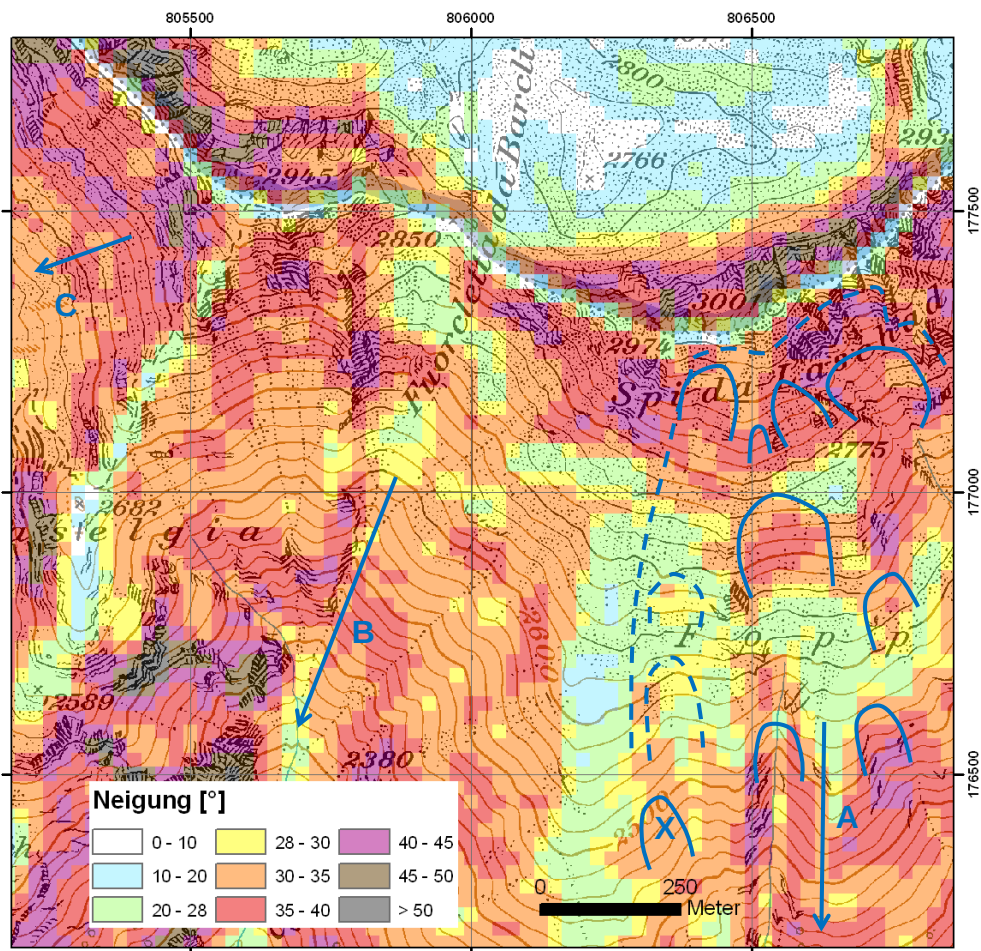
Foto Peder Caviezel Tiefbauamt Graubünden

Beispiel 4:

Zerne, Laschadura, sekundäre
Anrisse um Geländerücken,
18.2.2009, Helikoptersprengung

Abb. 14 > Hangneigungskarte Anrissgebiet A Laschadura mit ungefähre Lage des Sprengpunktes X und einzelner Anrisse, Anrissgebiete B Val da Barcli und C Val Gondas

Sprengungen vom 18.02.2009).



Sprengungen an der Weissfluhgipfel-Ostseite mit dem Rak-Rohr (2x R, Abb. 15) verliefen negativ. Die Detonation einer aus der Luftseilbahn abgesenkten 2 kg Sprengladung (Überschneesprengung) führte schliesslich zur Auslösung der Lawine L1 (A) und sekundär von L2–L5 (B). Die Anrissgebiete B befinden sich bei NW-Lagen im Lee der Weissfluh (Abb. 16). Ein wichtiger Faktor dürfte die durchgehende Schneedecke um den z. T. felsigen steilen Geländerrücken gewesen sein, die eine Bruchfortpflanzung ermöglichte.

Beispiel 5:
Davos, Weissfluhgipfel-Ostseite,
8.1.1981, Absenken Sprengladung
aus Luftseilbahn

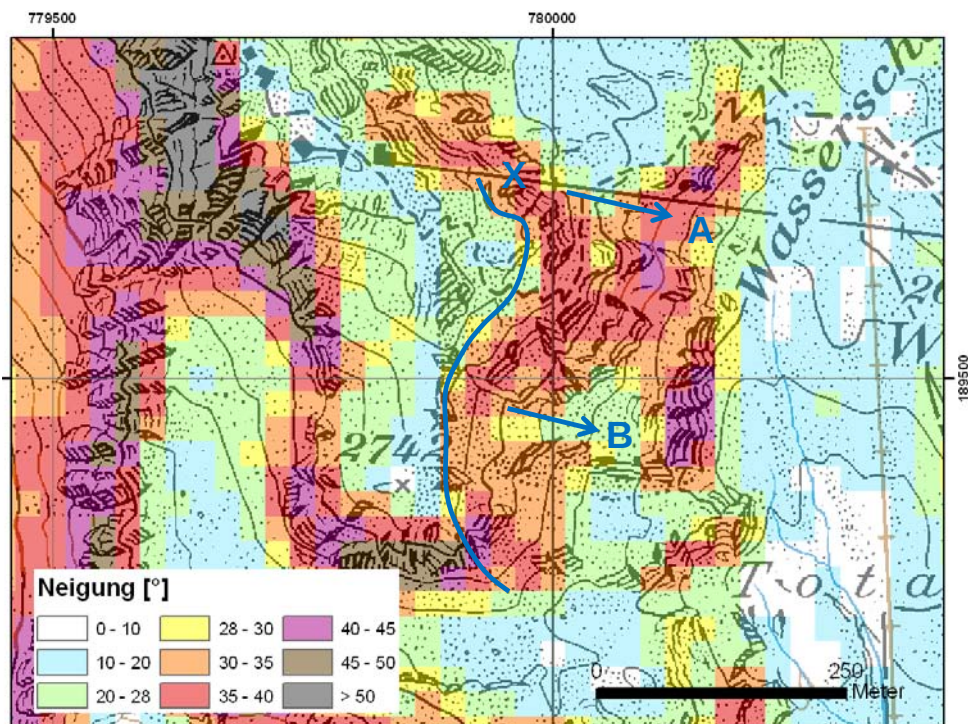
Abb. 15 > Weissfluhgipfel-Ostseite

Mit dem Sprengpunkt (Sp) und den Lawinen L1–L5.



Abb. 16 > Hangneigungskarte Weissfluhgipfel

L1 Lawine A (X = Sprengpunkt aus Luftseilbahn) sekundäre Auslösungen B.



Mit Helikoptersprengungen sind im Val d'Urezza A zwei grosse sekundäre Auslösungen im Val Gianduns B in den letzten 12 Jahren, am 18.2.1999 und am 26.12.2009, aufgetreten (Abb. 17, Abb. 18). Die Anrissgebiete des Val d'Urezza und des Val Gianduns sind über einen Geländerücken verbunden. Der Geländerücken befindet sich bei NW-Lagen im Lee des Vorgipfels des Piz Griatschouls, ist abgerundet und an vielen Stellen 20–28° geneigt. Der Rücken liegt ungefähr parallel zur Hauptwindrichtung.

Am 18.2.1999 befand sich der Anriss der sekundären Lawine im östlichen Bereich des Anrissgebietes Gianduns (Abb. 18), rund 300 m vom Geländerücken gegen das Val d'Urezza entfernt. Interessant ist, dass es im Westteil des Anrissgebietes Gianduns nicht zur Auslösung kam. Es dürfte sich um eine Bruchfortpflanzung in der Schneedecke gehandelt haben. Am 26.12.2009 hatte es eher wenig Schnee auf dem Geländerücken. Gemäss SLF Bulletin herrschte Gefahrenstufe erheblich. Eine Bruchfortpflanzung in der Schneedecke im violett markierten Bereich (Abb. 18) könnte aufgetreten sein. Im steilen Gebiet zwischen den beiden Anrissgebieten (ca. 2650 m) wurde kein Anriss beobachtet.

In 20 Jahren (1993–2012) wurden im Val d'Urezza rund 60 Sprengeinsätze durchgeführt. Ca. 35x dürfte es im Val d'Urezza zu positiven Sprengungen gekommen sein, mit 2 grossen sekundären Auslösungen im Val Gianduns (d.h. ca. 6% der positiven Sprengungen).

Am 20. Januar 1951 verschüttete die Albanaslawine D mehrere Wohngebäude in Zuoz und forderte 5 Tote. Der Albanashang war damals noch unverbaut. Die Lawinen Albanas und Urezza waren höchstwahrscheinlich durch eine Minenwerfergranate ausgelöst worden, wobei nicht klar ist, ob die Granate im Val d'Urezza oder am Albanashang detoniert ist.

Abb. 17 > Lawinenzüge Val d'Urezza A, Val Gianduns B, Val Buera C, Albanashang D.



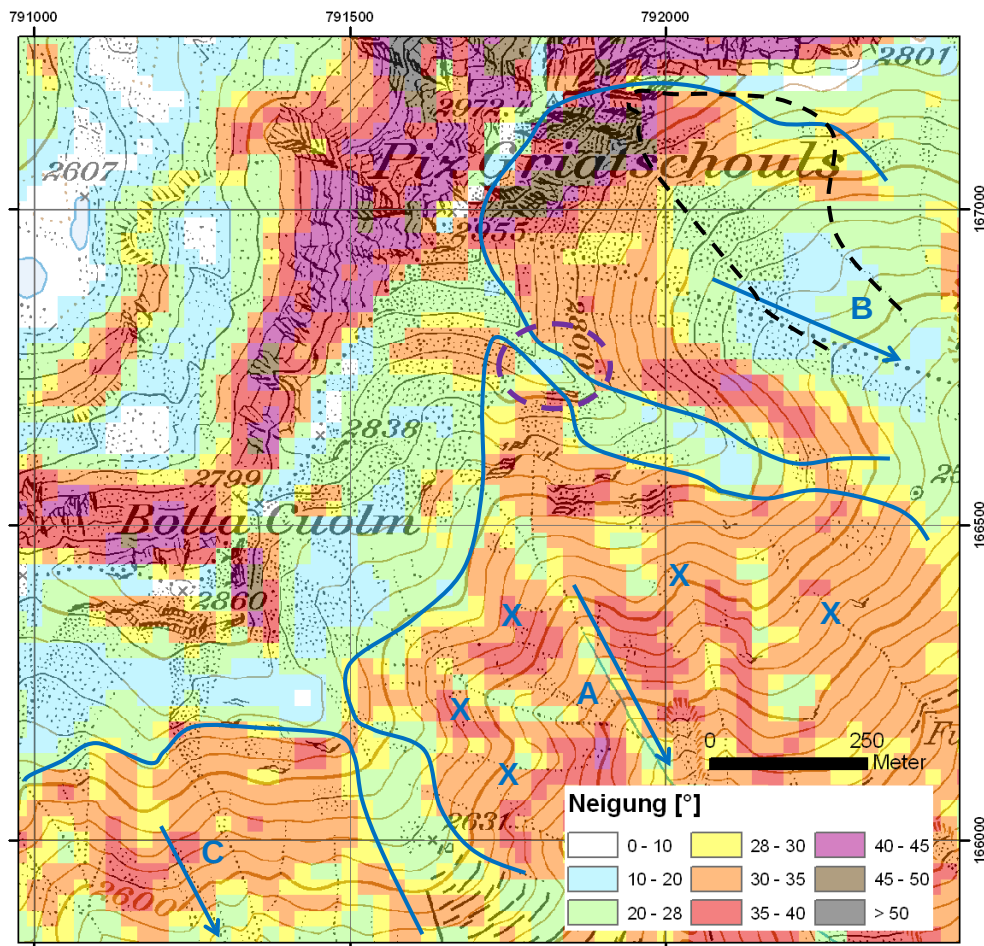
Foto Jürg Schweizer

Beispiel 6:

Zuoz, Val d'Urezza und sekundär
Val Gianduns, 18.2.1999,
Helikoptersprengung

Abb. 18 > Hangneigungskarte Anrissgebiete Val d'Urezza A, Val Gianduns B und Val Buera C

X = typische Sprengpunkte (Helikoptersprengungen); schwarz gestrichelt Anriss vom 18.2.1999.



- > Bsp. 6a, Samnaun Laret, Munschuns Süd C, sekundär Munschuns Ost D, Febr. 1999, Helikoptersprengung: Auslösung um einen Geländerücken; Geländerücken ungefähr parallel zur Hauptwindrichtung (NW-Winde) im Lee des Piz Munschuns. Siehe Abb. 1.
- > Bsp. 6b, Lavin, Gonda-Lawine A und sekundär Lawine ins Val Tuoi B (Abb. 44), 25.2.1970 und 25.2.1999, Helikoptersprengung: Auslösung um einen Geländerücken; Geländerücken ungefähr parallel zur Hauptwindrichtung (NW-Winde) im Lee des Piz Chapisun, respektive des östlichen Vorgipfels.
- > Bsp. 6c, Medel Lucmagn, Lawine Val Aulta und sekundär Val Sparsa, 25.2.1999, 12 cm Minenwerfer, Lawinengefahrenstufe sehr gross (5): die ausgelösten Lawinen waren sehr gross (z. T. Grundlawine) und zerstörten einen Mast der 380kV-Hochspannungsleitung; vom Minenwerferziel kam es westlich zum Anriss im gesamten Anrissgebiet des Val Aulta (um Geländerücken) und östlich um Geländerücken zum Anriss im sekundären Gebiet Val Sparsa.

Weitere Beispiele

A2-3 Beispiele von Sprengungen und Auslösung auf anderer Gratseite

Die Helikoptersprengung im Klaagraben A führte zu einer grossen sekundären Auslösung der Lawine Trubelboden/Larschi B (Abb. 19). Der Anriss der Klaagrabenlawine erstreckte sich bis zur Geländekante (Abb. 20). Oberhalb des Sprengpunktes ist das Gelände hinter der Geländekante gegen das Anrissgebiet Trubelboden ca. 20° geneigt.

Zur sekundären Auslösung kann es durch Bruchfortpflanzung in der Schneedecke (Pfeil in Abb. 20) oder durch die Bodenerschütterung der Primärlawine gekommen sein. Eventuell hat sich die Bruchfortpflanzung in der Schneedecke auch im südwestlichen Gratbereich ereignet, wo eine steile Verbindung zwischen den beiden Anrissgebieten besteht (rot gestrichelt dargestellt in Abb. 21, Abb. 22).

Vom Klaagraben kommt es immer wieder auch zu Lawinenauslösungen im anschliessenden Pischürgraben C (siehe Hangneigungskarte Abb. 22) – möglicherweise durch eine Übertragung der Erschütterungen der Felsen.

Beispiel 7:

Leukerbad, Klaagraben und sekundär Trubelboden/Larschi, 7.2.2003, Helikoptersprengung

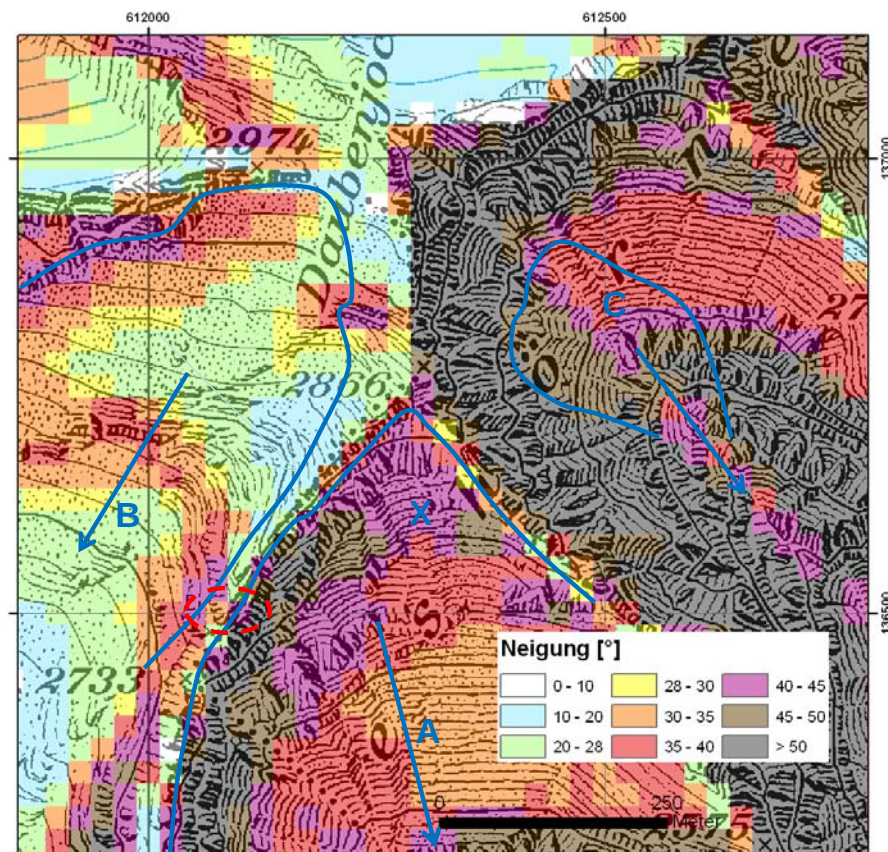
Abb. 19 > Lawinen Klaagraben (mit Sprengpunkt) und Trubelboden

Situation am 7.2.2003.



Abb. 20 > Anriss im Klaagraben oben am Grat*Beträchtliche Anrissmächtigkeit.*

Foto rechts: Google Earth Aufnahme

Abb. 21 > Klaagraben A, Trubelboden B*Ursache der Auslösung evtl. Bruchfortpflanzung im Bereich des Pfeils oder um rot gestrichelten Geländerrücken.***Abb. 22** > Hangneigungskarte Anrissgebiet Klaagraben A, Trubelboden B, Pischür C*Mit ungefährem Sprengpunkt X vom 7.2.03 und den kartierten Lawinenumrissen 2003.*

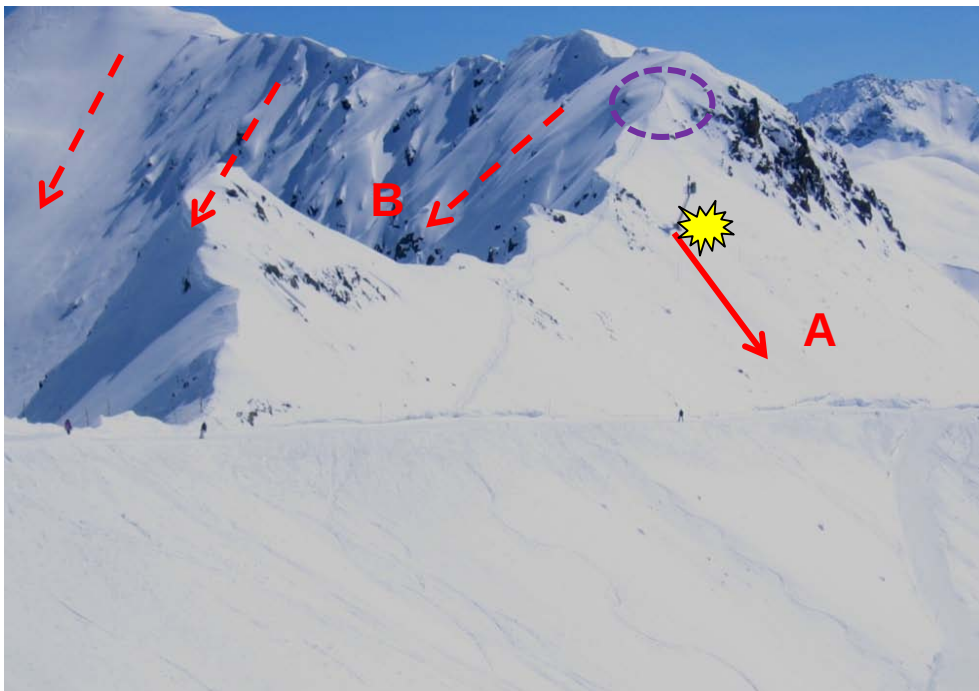
Mit Überschneesprengungen im Jatzhang A sind sozusagen jährlich Fälle bekannt, bei denen die Lawine Jatzhang A und sekundär eine Lawine auf der Jatzhorn-Nordwestseite B, auf der anderen Gratseite, ausgelöst werden (Abb. 23, Abb. 24). Das Fundament des Sprengmastes befindet sich nur 10–15 m vom Grat entfernt. Der Grat oberhalb des Sprengmastes ist relativ steil, schmal und weist z. T. Wächten auf.

Eine direkte Bruchfortpflanzung in der Schneedecke auf die andere Gratseite ist z. B. in kleinen Bereichen ohne Wächten denkbar. Durch die Detonation kommt es aber auch zur Erschütterung der südlich gelegenen Felsen (ca. 80 m entfernt) und die Luftdruckwelle wirkt auf die 20–28° geneigten Bereiche oberhalb dieser Felsen, die mit der anderen Gratseite verbunden sind (Abb. 23, Abb. 24, violett, resp. rot markiert). Somit dürfte die Luftdruckwelle stark zu den sekundären Auslösungen beitragen.

Mit Handsprengungen, die kleinere Wirkungszonen aufweisen, waren keine Auslösungen auf die andere Gratseite bekannt.

Abb. 23 > Jatzhang mit Sprengmast

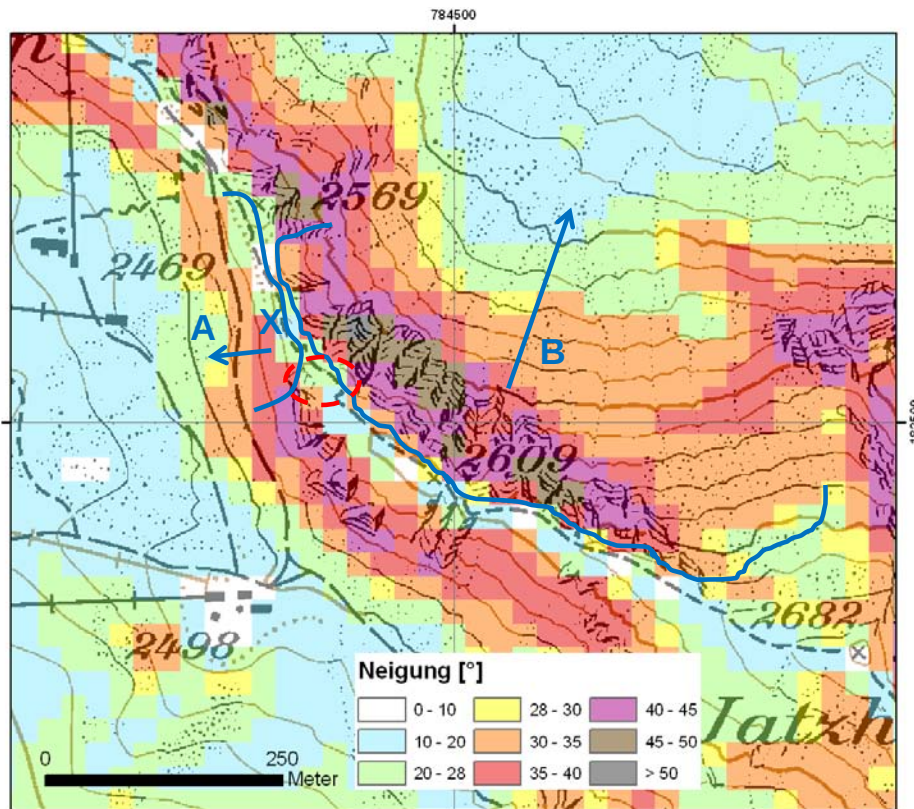
Durchgehende Schneedecke violett gestrichelt.



Beispiel 8:

Davos, Jakobshorn, Jatzhang und sekundär Jatzhorn-Nordwestseite, Sprengung mit Sprengmast

Abb. 24 > Hangneigungskarte Anrissgebiete Jatzhang A (mit Sprengpunkt X) Jatzhorn Nordwestseite B
 Rot dargestellt Bereich mit durchgehender Schneedecke.



Vom 19. bis 24. März 2002 hatte die Schneehöhe auf dem Weissfluhjoch um 80 cm zugenommen. Der Wind drehte in dieser Zeit von Südwest über West auf Nord-/Nordost, was zu Tribschneeansammlungen in verschiedenen Expositionen führte. Eine Helikoptersprengung zur Sicherung des Winterwanderweges löste die Primärlawine aus und ergab grosse sekundäre Auslösungen auf der anderen Seite des Geländerückens resp. Grates (Abb. 25–Abb. 27). Mindestens 13 kleine bis mittelgrosse Lawinen wurden ausgelöst. Die Länge des gut sichtbaren, oft ca. 2 cm breiten Risses betrug gemäss SLF-Winterbericht 2001/02 ca. 3,6 km (!).

Im Gebiet Wäng A befand sich der Zugriss an einer ziemlich flachen Stelle des Hanges (ca. 10°), was «für eine gute Kohäsion des abgeglittenen Schnees» spricht (Zitat Winterbericht SLF 2001/02, T. Wiesinger).

Interessant ist, dass es auf der anderen Seite des Sprengpunktes im steilen Gelände nicht zum Abgang gekommen ist.

Es ist schwierig zu sagen, was zu den sekundären Auslösungen geführt hat. Sie könnten durch die Sprengung nahe am Geländerücken (Wirkung der Luftdruckwelle auf Gratbereiche und Auslösung einer ersten Sekundärlawine) oder die Bruchfortpflanzung in der Schneedecke verursacht worden sein.

Beispiel 9:

Davos, Pischas, Lawine nördlich der Luftseilbahnbergstation, sekundäre Auslösungen gegen Wäng und Verborgenes Pischas, 25.3.2002, Helikoptersprengung

Abb. 25 > Blick von Wäng gegen Verborgен Pischа

(Sekundärlawine Wäng A mit gestricheltem Pfeil markiert). Pfeil = Anriss Primärlawine.

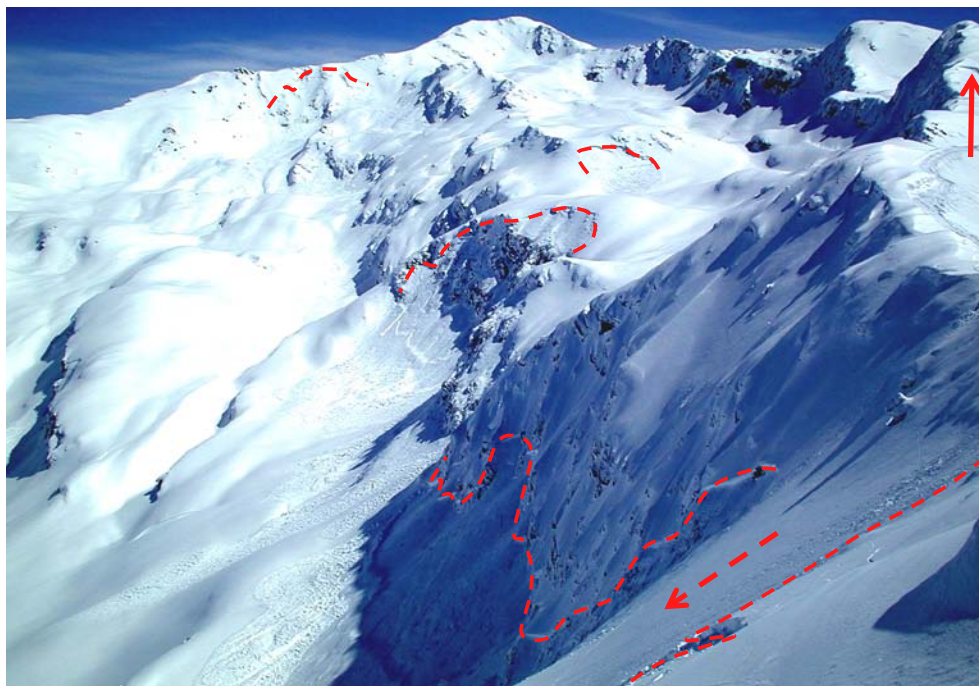


Foto Thomas Wiesinger

Abb. 26 > Verborgен Pischа

Lawine Wäng A, Sprengpunkt auf anderer Gratseite B, Lawinen C und D.

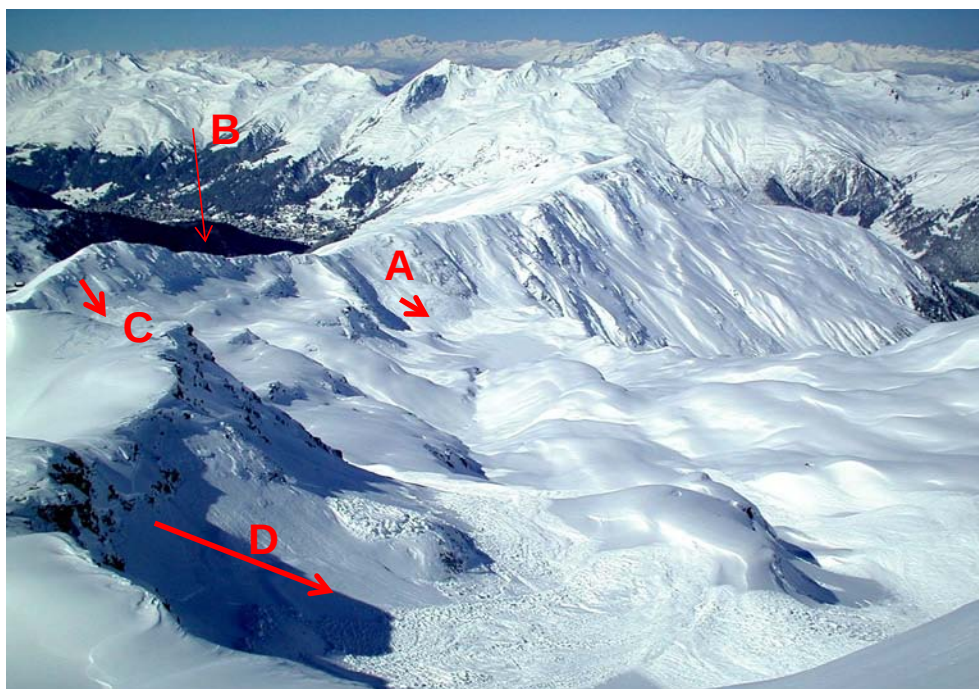
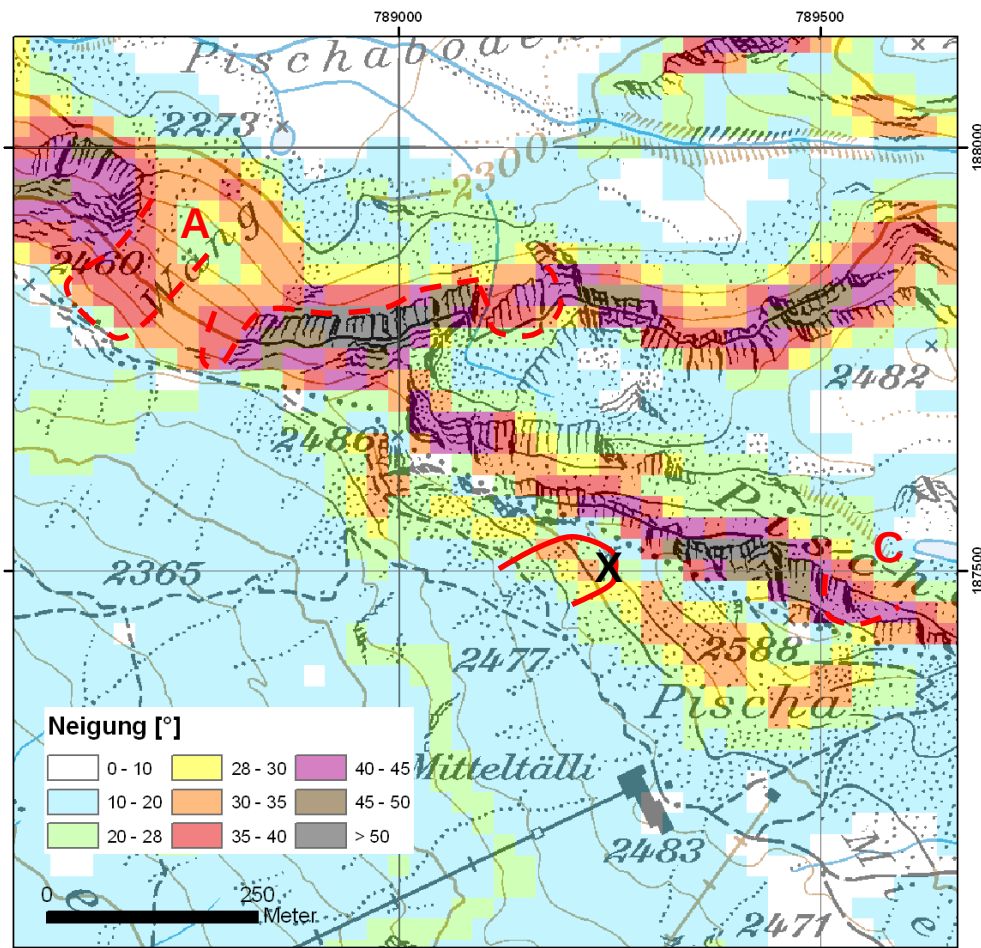


Foto Thomas Wiesinger

Abb. 27 > Hangneigungskarte Sekundärlawinen u.a. Wäng A und C

Sprengpunkt X.



A2-4 Beispiele von Fernauslösungen infolge Luftdruckwelle

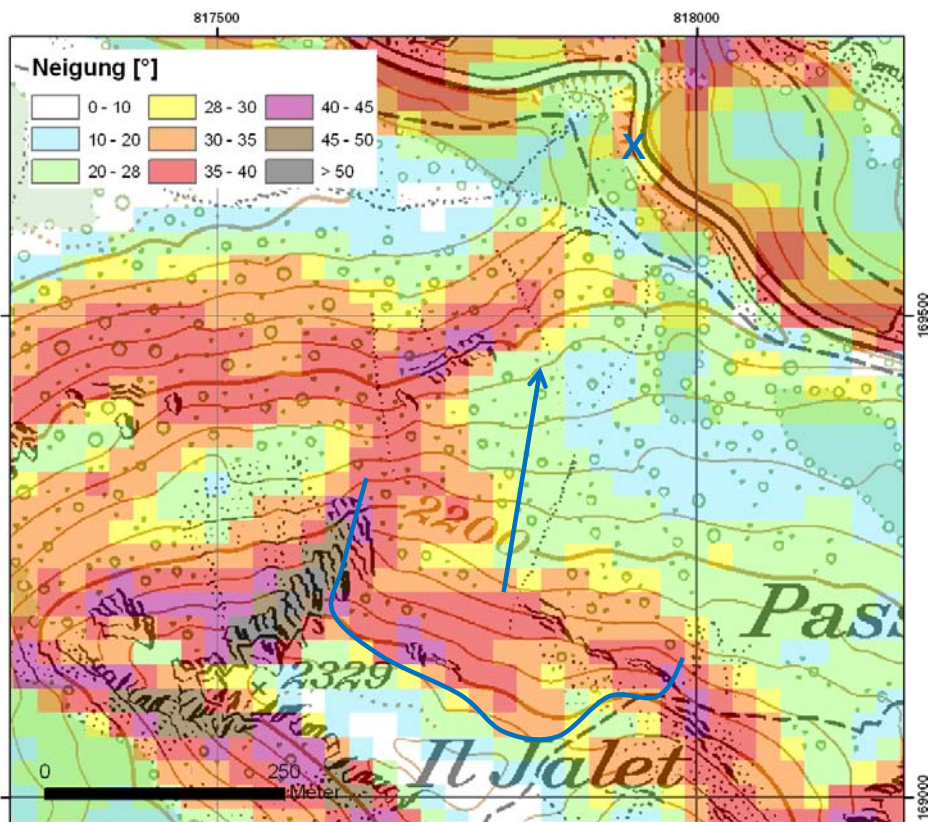
Mit einer 2.5 kg Sprengladung auf einem Holzpfeiler wurde versucht, eine Strassenböschung oberhalb der Ofenpassstrasse zu entladen. In der Böschung gab es keine Auslösung, jedoch am Gegenhang gegen Il Jalet (Abb. 28). Der Anriss ist rund 500 m vom Sprengpunkt entfernt (Abb. 29). Es ist anzunehmen, dass die Luftdruckwelle in einer Distanz von etwa 200 m vom Sprengpunkt im Gegenhang zu einer grossflächigen Zusatzbelastung geführt hat, es zur Bruchfortpflanzung im Hang und zum Anriss weiter oben bei Il Jalet gekommen ist.

Beispiel 10:

Zerne, Ofenpass, westlich vor der Passhöhe, Fernauslösung am 1.12.2009 durch Stangensprengung

Abb. 28 > Von der Ofenpassstrasse Blick gegen Il Jalet*Der Lawinenriss ist unterhalb des Grates erkennbar.*

Foto Peder Caviezel Tiefbauamt Graubünden

Abb. 29 > Hangneigungskarte Il Jalet westlich Ofenpass Passhöhe*Lawine 1.12.2009 und Sprengpunkt X.*

Durch eine Handsprennung ist im Hauptertälli eine Fernauslösung dokumentiert (Abb. 30). In einer Distanz von rund 75 m vom Sprengpunkt ist die Lawine L1 angerissen (Abb. 31).

Wir nehmen an, dass die Luftdruckwelle im Bereich der Felsen zur Auslösung geführt hat. Möglicherweise war die Schneedecke im Bereich der Felsen störanfälliger (z. B. weniger mächtig). Gemäss der Hangneigungskarte ist es im Bereich des Sprengpunktes mit Neigungen $> 35^\circ$ ähnlich steil wie im Gebiet des Lawinenabganges.

Abb. 30 > Fernauslösung Lawinen L1 und L2 im Hauptertälli am Schafläger

Sprengpunkt Sp.

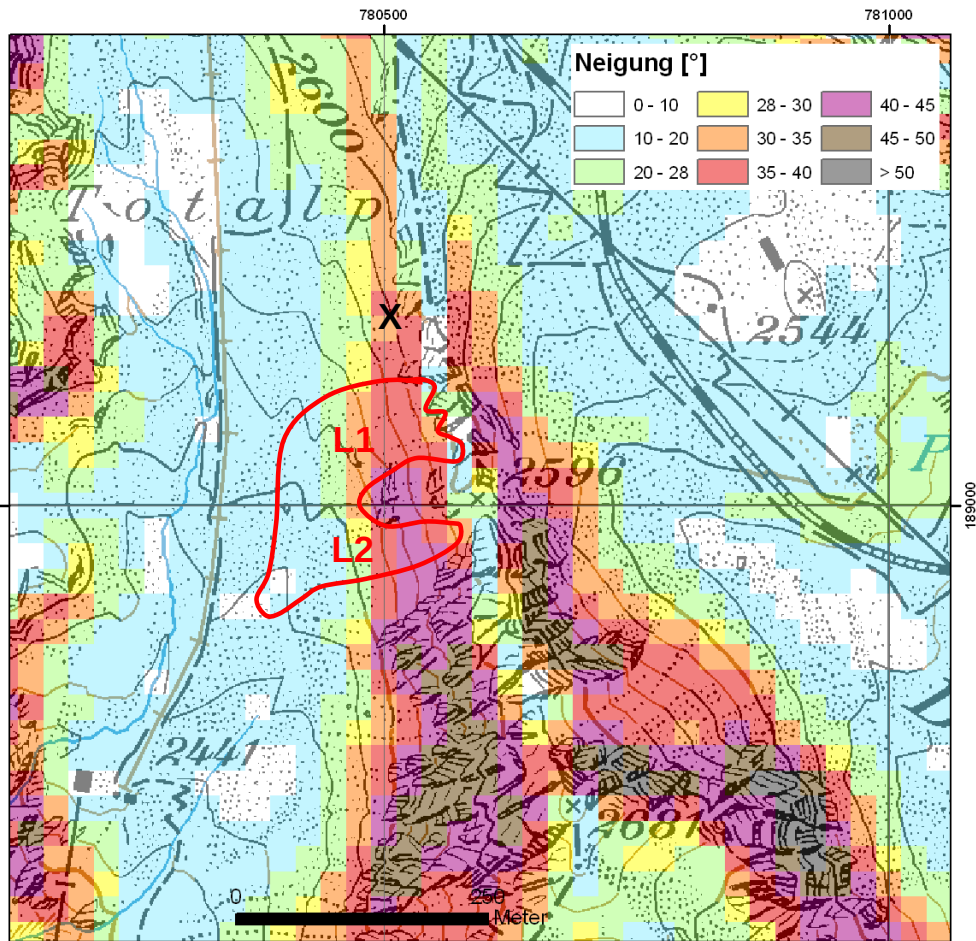


Beispiel 11:

**Davos, Parsenn, Fernauslösung
am Schafläger, 8.1.1981, 1,5 kg
Handsprennung**

Abb. 31 > Fernauslösung im Hauptertälli

Sprengpunkt X und ausgelöste Lawinen L1 und L2.



Eine Sprengung auf einem kleinen Hügel hat bei relativ lockeren Neuschneeverhältnissen (ca. 40 cm Neuschnee) im umliegenden Gebiet zu Lockerschneelawinen aus felsigem Gebiet geführt (Abb. 32). Die Distanz zu den nordwestlich gelegenen Felsen am Piz Glüna beträgt rund 200 m, zu den nordöstlichen Felsen ca. 300 m (Abb. 33). Primär dürfte die Wirkung der Luftdruckwelle zu den Auslösungen in den Felsen geführt haben.

Vom Sprengpunkt aus gegen Südwesten gab es gegen den Piz Corviglia in 600–700 m Distanz keine Auslösungen.

Beispiel 12:

Samedan, Fernauslösung am Piz Glüna / Piz Saluver, 11./12.3.2004, 5 kg Sprengladung Felsaufleger

Abb. 32 > Piz Glüna und Piz Saluver

Sprengpunkt X, Auslösungen links am Piz Glüna und rechts am Piz Saluver.

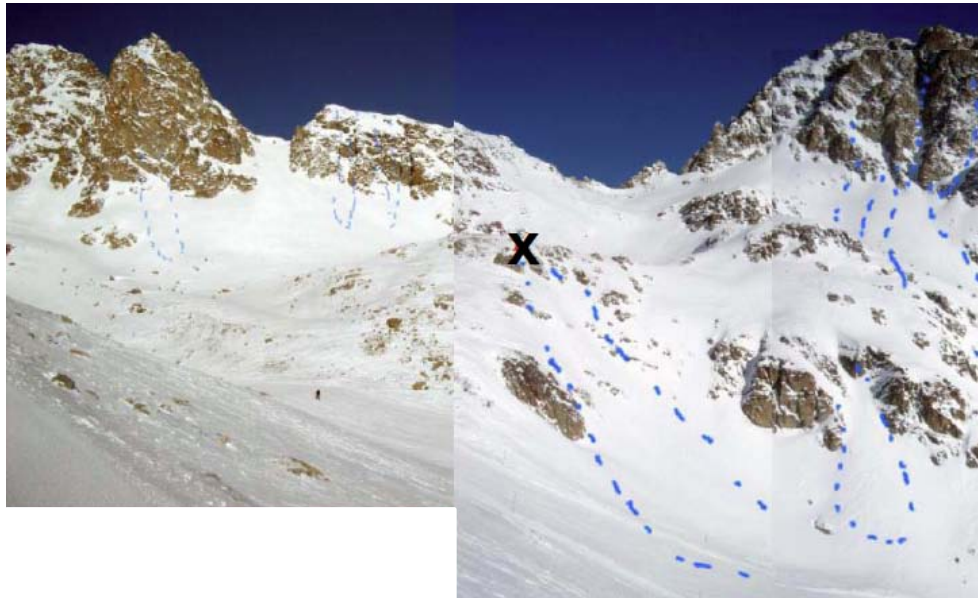
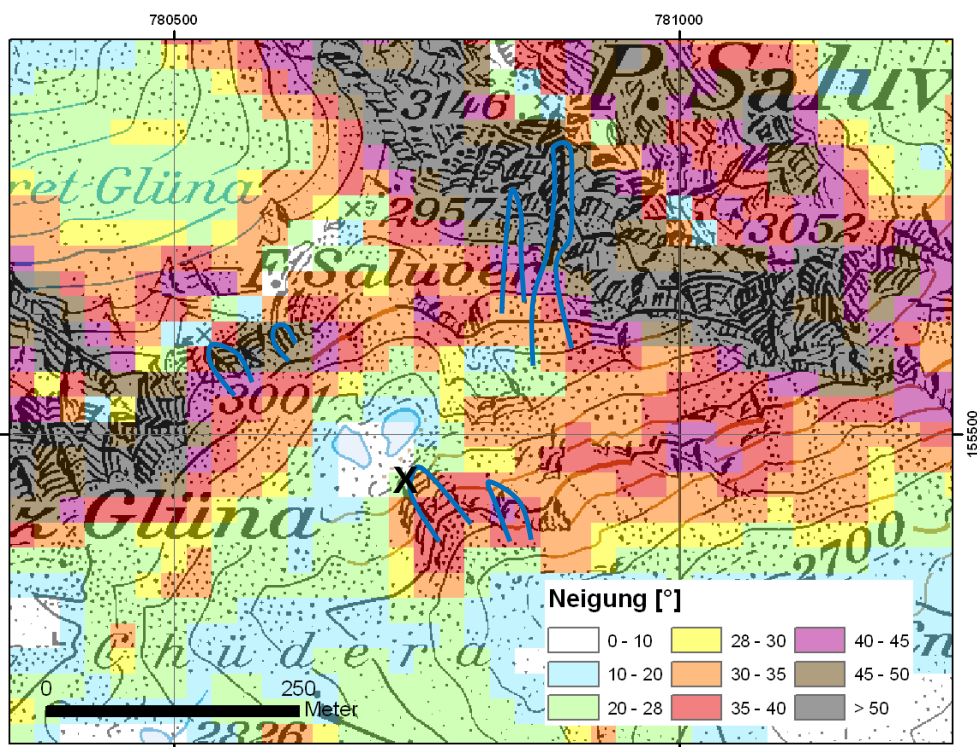


Foto Frank Techel

Abb. 33 > Hangneigungskarte Piz Saluver Südseite

(X Sprengpunkt 11./12.3.2004); Auslösungen gegen Piz Glüna und am Piz Saluver.



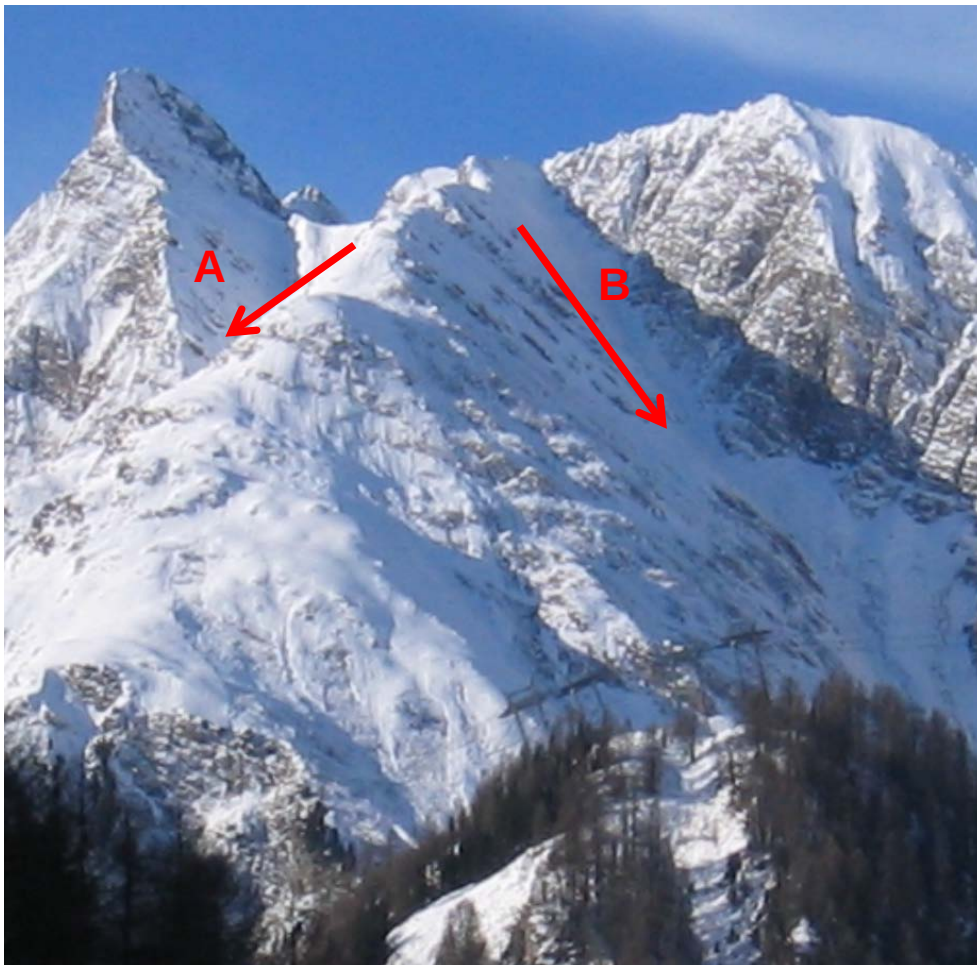
A2-5 Beispiele von spontanen Lawinen und sekundären Auslösungen

Am 22. Februar 1999 ist ca. um 3 Uhr nachts die Lawine Piz Ot A (Abb. 34) spontan angerissen und hat ein grosses Ausmass erreicht. Auch die angrenzende Lawine Sur Platta B stiess bis in besiedeltes Gebiet vor. Aus den Aufzeichnungen geht hervor, dass es sich um einen gemeinsamen Abgang gehandelt haben dürfte, wie vermutlich auch am 9. Februar 1984 (Anhang A2-7).

Sekundäre Auslösungen können infolge Bruchfortpflanzung über den Grat (Pfeile in Abb. 35), um den Geländerücken (z. B. im rot markierten Gebiet, Abb. 35) oder infolge Bodenerschütterung auftreten. Der Grat ist relativ schmal und liegt insbesondere bei W/NW-Winden zum grossen Teil im Lee. Am Grat sind stellenweise Wächten vorhanden. Grosse Wächten werden mit den seit dem Jahr 2000 häufig durchgeführten Sprenginsätzen nicht mehr so oft beobachtet. Möglicherweise führen die Einsätze mittels Sprengmasten auch zu Wächtenabbrüchen.

Abb. 34 > Anrissgebiete Lawine Piz Ot A und Sur Platta B

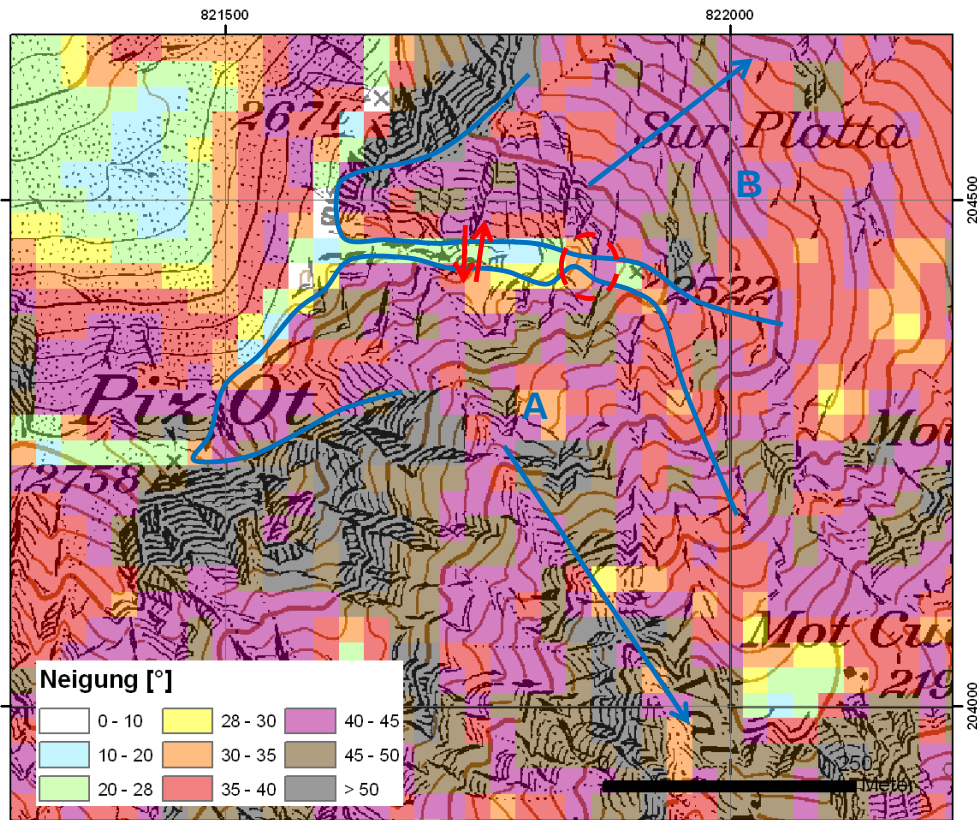
Geländekessel z. T. verdeckt.

**Beispiel 13:**

Samnaun Dorf, gemeinsamer
Abgang der Lawinen Piz Ot und
Sur Platta Ravaisch, 22.2.1999
und evtl. 9.2.1984

Abb. 35 > Hangneigungskarte Anrissgebiete Piz Ot A, Sur Platta B

Rote Pfeile = Verbindung über den Grat; rot gestrichelt = steiler Abschnitt des Geländerückens.



Von 1970 bis 2011 ist ein gemeinsamer, grosser, spontaner Abgang der Meissenboden-B und Chüebodenlawine A am 19.2.1999 um 1.30 Uhr dokumentiert (Auswertung SLF-Schadenlawinendatenbank und Lawinenkataster Tiefbauamt Kt. Glarus).

Im oberen Bereich des Schafgrinds sind die beiden Anrissgebiete über einen Geländerrücken verbunden (ca. 80 m Höhendifferenz), bevor in ost-südöstlicher Richtung ein v. a. auf der Meissenbodenseite steiler Grat folgt (Abb. 36, Abb. 37). Auf der Seite Meissenboden sind Lawinenverbauungen zwischen ca. 1920 und 1960 m vorhanden. Die Meissenbodenlawine hat ihr Hauptanrissgebiet weiter nördlich im Bereich des Nägelistocks. NW-Lagen führen zu bedeutenden Schneeansammlungen im Anrissgebiet der Chüebodenlawine (Lee Seite des Schafgrinds).

Es ist damit zu rechnen, dass die Chüebodenlawine A am Schafgrind über eine Bruchfortpflanzung um den Geländerrücken zur sekundären Auslösung der Meissenbodenlawine führen kann (und umgekehrt). Die Chüebodenlawine reisst häufig aber auch weiter unten an, weshalb solche Ereignisse sehr selten sind.

Beispiel 14:

Elm, gemeinsamer Abgang der Meissenboden- und Chüebodenlawine, 19.2.1999

Abb. 36 > Anrissgebiet Chüebodenlawine A und Teilanrissgebiet B der Meissenbodenlawine

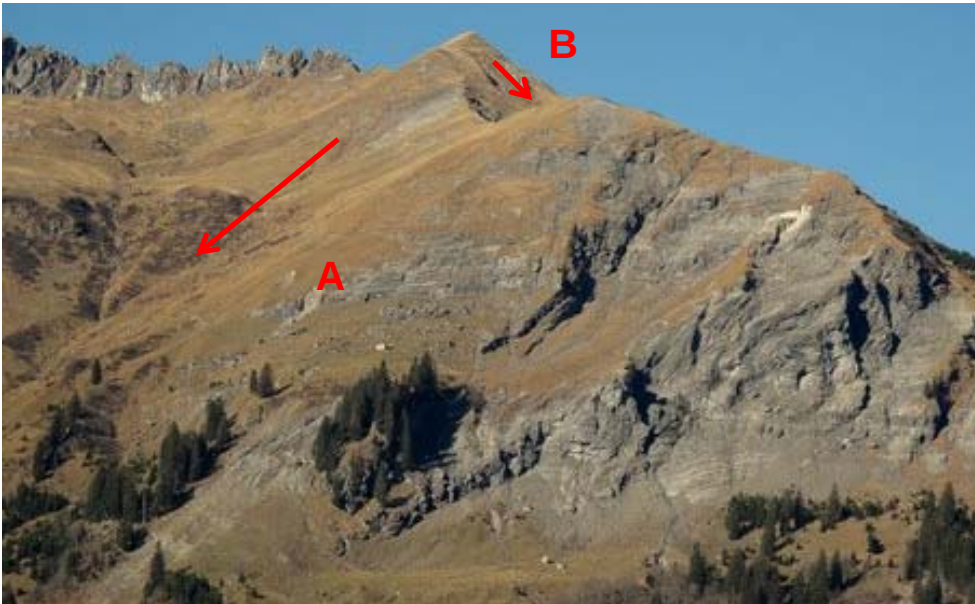
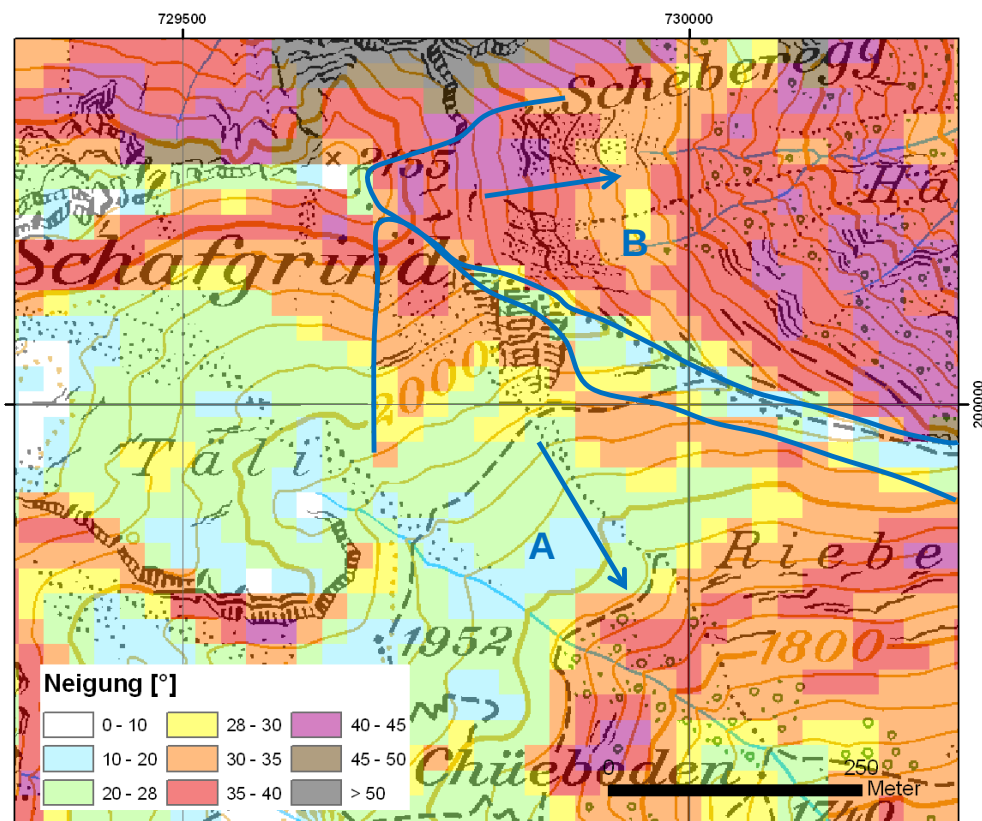


Foto Ruedi Rhyner Tiefbauamt Glarus

Abb. 37 > Hangneigungskarte Gebiet Schafgrind

Anrissgebiet Chüebodenlawine A und Teilgebiet B der Meissenbodenlawine.



Eine Auswertung des Lawinenkatasters zeigt, dass die Lochtallawine A relativ häufig mit der Lauitallawine B anbricht (Abb. 38, Abb. 39). Die Wahrscheinlichkeit für einen gemeinsamen Abgang beträgt ca. 50 % (7 Abgänge, 4 Mal zusammen), wobei v. a. die grossen Abgänge dokumentiert sein dürften. Auch gemeinsame Abgänge der Lawinen Lochtal A, Lauital B und Spitzegg C wurden beobachtet. Von 7 Abgängen ist es 2 Mal zum Anbruch aller 3 Lawinenzüge gekommen (Wahrscheinlichkeit ca. 25 %).

Die Anrissgebiete weisen alle Südostexpositionen auf und befinden sich bei NW-Lagen im Lee der Bergkette. Sie sind über Geländerücken (Lochtal A und Lauital B) miteinander verbunden, respektive das Anrissgebiet Spitzegg C schliesst direkt ans Lauital B an.

Beispiel 15:
Realp, nördlich gelegene
Südosthänge

Abb. 38 > Situation mit den Lawinen Lochtal, Lauital und Spitzegg

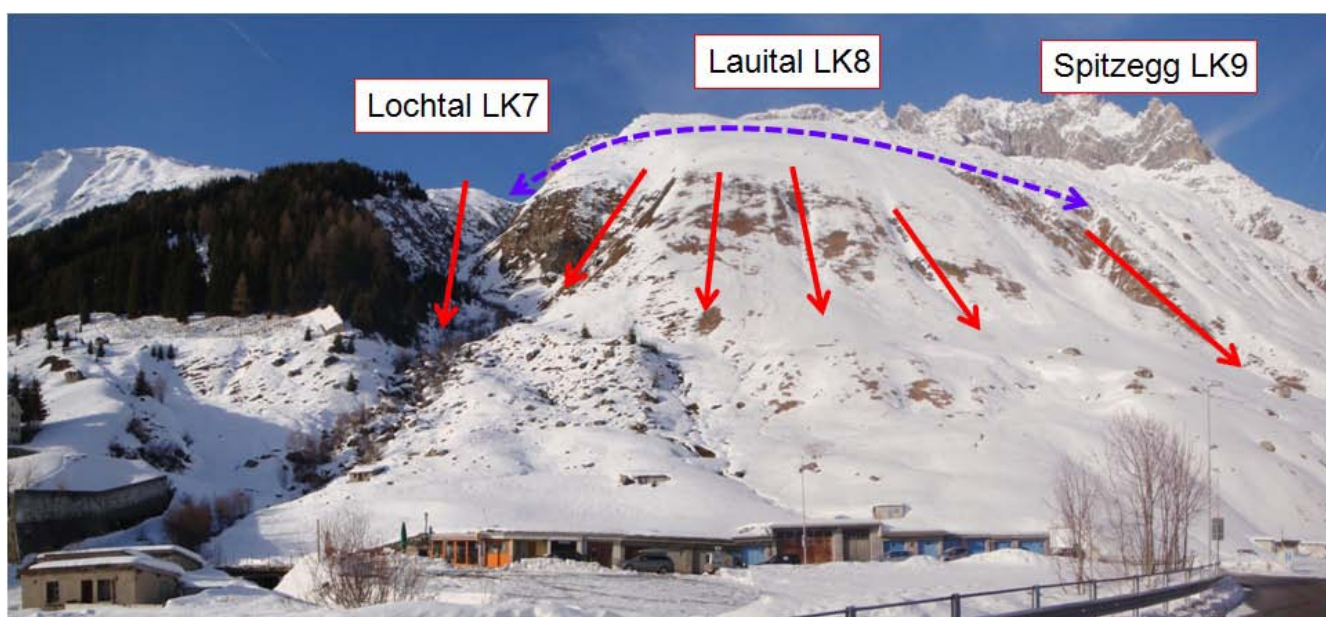
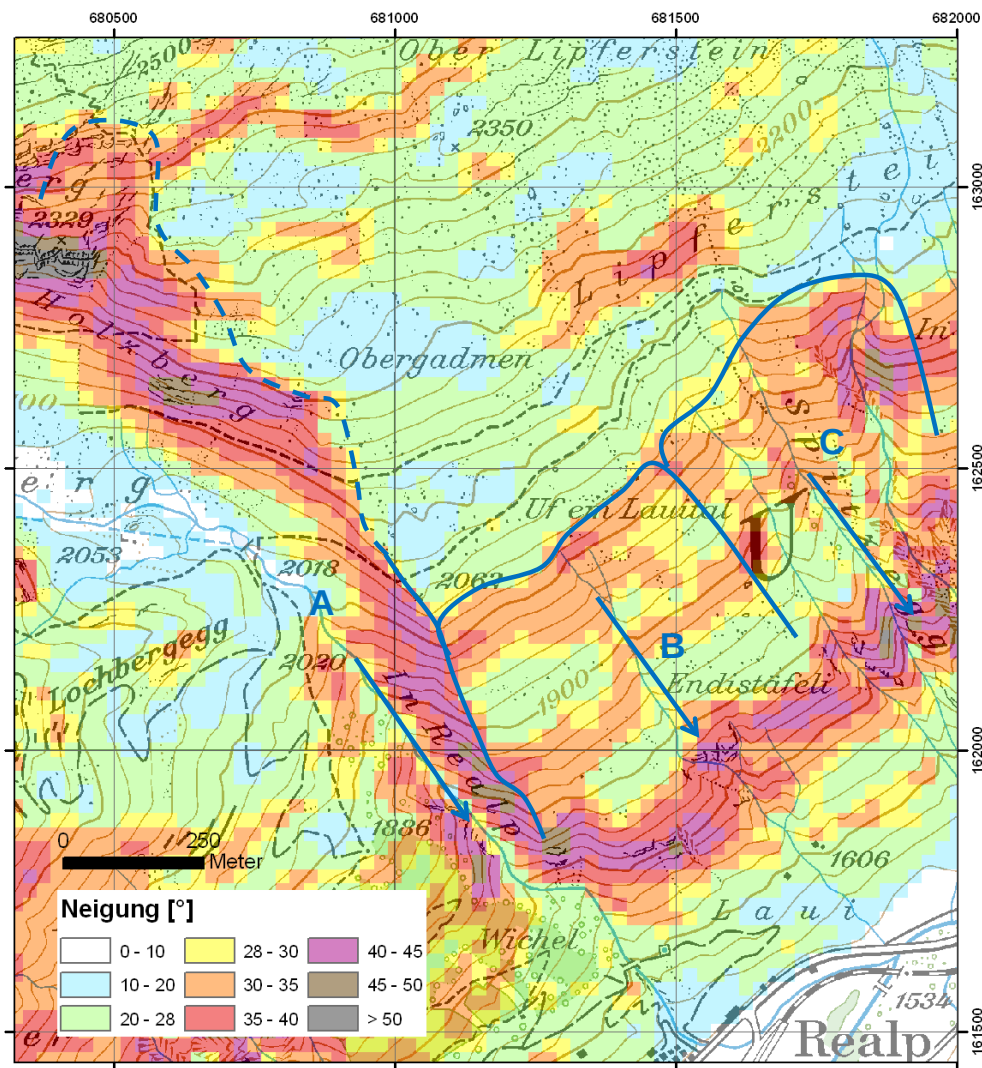


Abb. 39 > Hangneigungskarte Anrissgebiete Lochtal A, Lauital B, Spitzegg C



Am 28.3.1965 ist ein gemeinsamer spontaner Abgang der Lawinen Val Buera C und Val d'Urezza A dokumentiert (Abb. 17). Die Anrissgebiete sind über einen z.T. 30–35° steilen Geländerücken verbunden (Hangneigungskarte Abb. 18). Mit der damals vorherrschenden NW-Lage befindet sich der Rücken im Lee und ungefähr parallel zur Windrichtung.

In rund 50 Jahren ist es einmal zu einem gemeinsamen (grossen) Abgang gekommen, der natürlich stattfand. In beiden Anrissgebieten werden seit ca. 1965 regelmässig Sprengeneinsätze durchgeführt. Mit Sprengungen im Val Buera ist es seit 1975 nie zu einer Sekundärauslösung im Val d'Urezza gekommen (Auswertung Schiessprotokolle Lawindienst Zuoz). Gemäss Hangneigungskarte weisen die benachbarten Gebiete Neigungen von 30–35° auf.

Beispiel 16:

Zuoz, gemeinsamer Abgang Val Buera und Val d'Urezza, 28.3.1965

A2-6 Beispiele von Gebieten ohne bekannte sekundäre Auslösungen

Südlich von Elm befinden sich im Bereich des Zwölfihorns die Anrissgebiete Vordere Schooss A, Schafplanggen B, Böden C und das Anrissgebiet der Sandweidlau D. Die Hauptlawinenaktivität tritt in der Vorderen Schooss A und in der Sandweidlau D auf (Abb. 40-42). Beide Gebiete liegen bei NW-Winden zumindest teilweise im Lee. Die Gebiete A und D sind ca. 800 m entfernt. Von 1970 bis 2011 sind keine gemeinsamen Abgänge der Vorderen Schosslau A (inkl. B) und der Sandweidlau D bekannt (Auswertung SLF-Schadenlawinendatenbank und Lawinenkataster Tiefbauamt Kt. Glarus). Im Februar 1999 sind die Vordere Schooss A inkl. B und teilweise C 2x gemeinsam als Grosslawine angerissen. Die Anrissgebiete A-C sind nordnordwestlich orientiert, das Anrissgebiet D weist Nordexposition auf.

Die Anrissgebiete der Schafplanggen B und der Sandweidlau D sind durch eine deutliche Geländekante getrennt. Unterhalb 2100 m besteht eine Verbindung B – C – D mit sehr steilem Gelände $> 40^\circ$ zwischen C und D (Abb. 41, 42).

Beispiel 17:

Elm, Vordere Schosslau
und Sandweidlau,
keine Sprengensätze

Abb. 40 > Vordere Schooss A, Schafplanggen B, Lawine gegen Böden C, Sandweidlau D

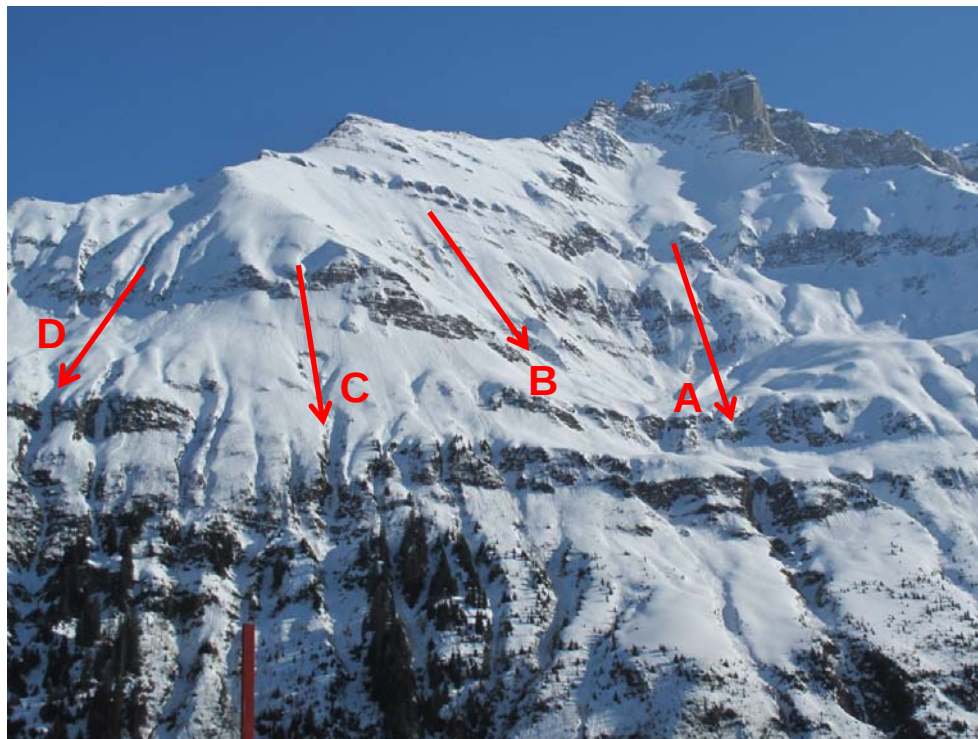
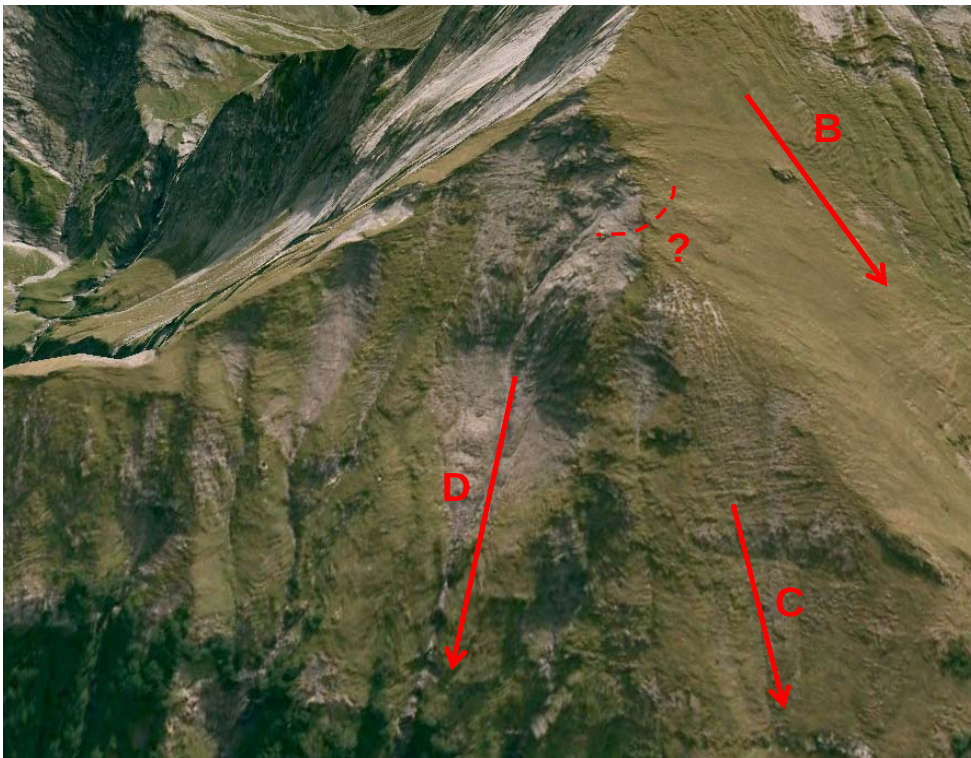


Foto Ruedi Rhyner Tiefbauamt Glarus

Mögliche Gründe für keine gemeinsamen Abgänge A (B, C) und D:

- > Markante Geländekante zwischen B und D: Geländekante bei NW-Winden im Luv, eher wenig Schnee (z. T. abgeblasen) oder wenige Schwachschichten
- > Anrissgebiet Schafplanggen B und Gebiet zwischen C und D sehr steil ($> 40^\circ$), z. T. Abgänge bereits während Schneefällen oder wenig Schnee (im Luv, windabgeblasen)
- > Gebiete B und D mit unterschiedlichen Expositionen.

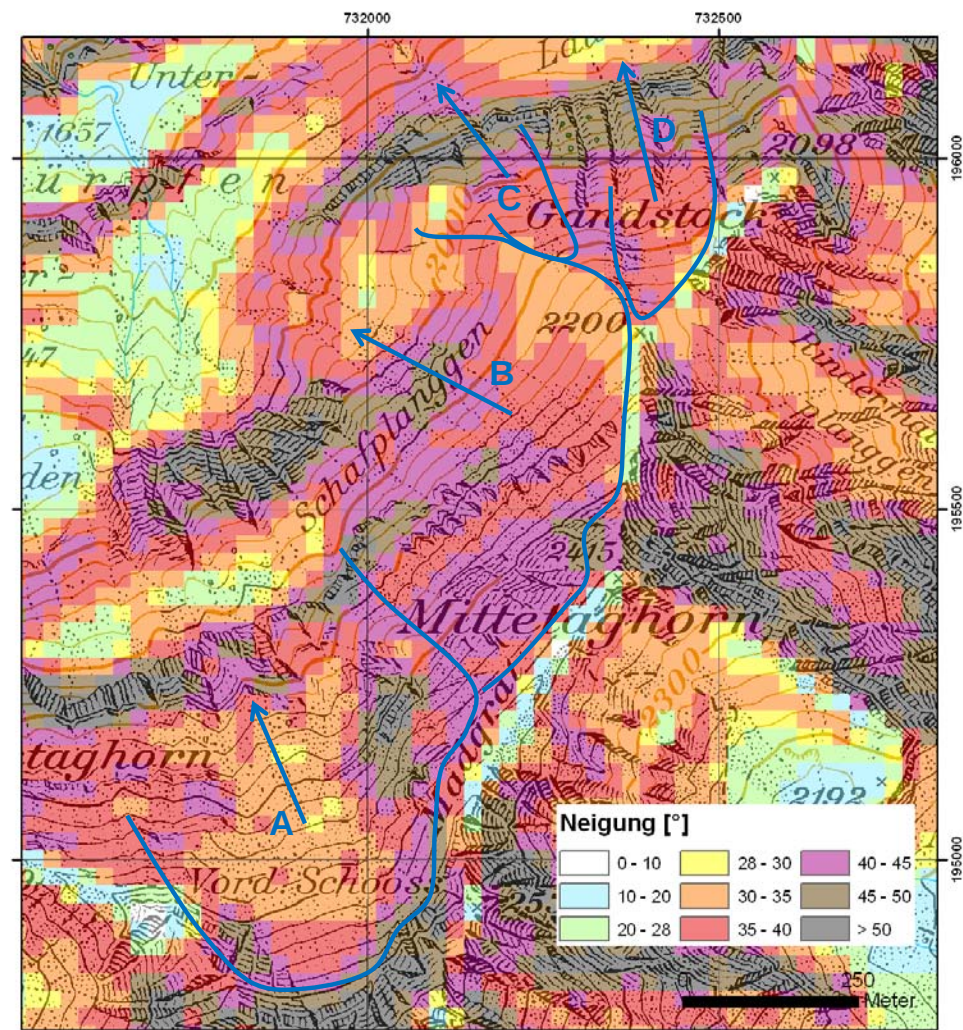
Abb. 41 > Mögliche Verbindung (rot gestrichelt) der Gebiete Schafplanggen B und Sandweidlaui D jedoch windexponiert



Google Earth Aufnahme

Abb. 42 > Hangneigungskarte Lawinenzüge Vordere Schoos A, Schafplanggen B, Gebiet Böden C und Sandweidlau D

Geländekante westlich Sandweid erscheint in der Darstellung nicht markant.



Von 1950 bis 2011 sind gemäss SLF Schadenlawinendatenbank keine gemeinsame (grosse) Abgänge der Lawinen Val da Barcli B und Val Gondas C bekannt (Hangneigungskarte Abb. 14). Im Val da Barcli sind gegen den Geländerücken B-C teilweise Felsen vorhanden, der Aufbau einer durchgehenden Schneedecke scheint aber in gewissen Teilgebieten möglich zu sein. Anrisse der Barclilawine B bis an den Geländerücken gegen Val Gondas sind von 1999 kartiert.

Mögliche Gründe für keine gemeinsamen Abgänge:

- > Geländerücken wird durch umliegende Gipfel nur unwesentlich überragt, bei NW-Winden ist der Geländerücken windexponiert (Barcli B im Lee)
- > Oberste Gebiete im Val Gondas C windexponiert, d.h. Schneerosion bei NW-Winden.

Beispiel 18:
Zerne, Val da Barcli
und Val Gondas

Gemäss der SLF-Schadenlawinendatenbank sowie den Aufzeichnungen des Tiefbauamtes Graubünden sind von 1970 bis 2011 keine gemeinsamen Abgänge der Gondalawine A und der Lawine ins Val Lavinuoz E bekannt (Abb. 43, Abb. 44).

Im Lawinenzug Gonda werden Lawinen seit ca. 1970 künstlich ausgelöst. Während dies früher mit dem 12 cm Minenwerfer geschah, finden Sprengeinsätze heute mittels Sprengmasten statt oder es werden Helikoptersprengungen durchgeführt.

Zwischen den beiden Anrissgebieten A und E liegt eine ca. 30° geneigte Mulde. Im untersten Bereich folgt nach der Mulde ein ungefähr 40 m breiter Geländerücken (Sattel). Dort besteht eine direkte 10° geneigte Verbindung zwischen den beiden Anrissgebieten A und E. Die im Lee gelegene Mulde dürfte oft viel Schnee aufweisen, während der flache Rücken (Sattel) eher windexponiert ist.

Mögliche Gründe für keine gemeinsamen Abgänge A – E:

- > Oberster Bereich des Anrissgebietes Val Lavinuoz E bei NW-Lagen windexponiert und z. T. nur 30° steil.
- > Deutliche, ca. 40 m breite Mulde zwischen den Anrissgebieten. Mulde und Anrissgebiet A bei NW-Lagen im Lee.
- > Unterhalb anschliessend ca. 40 m breiter, eher windexponierter Geländerücken (Sattel).

Abb. 43 > Westteil des Gonda-Geländekessels mit der deutlichen Mulde gegen das Val Lavinuoz (X Sprengmast)

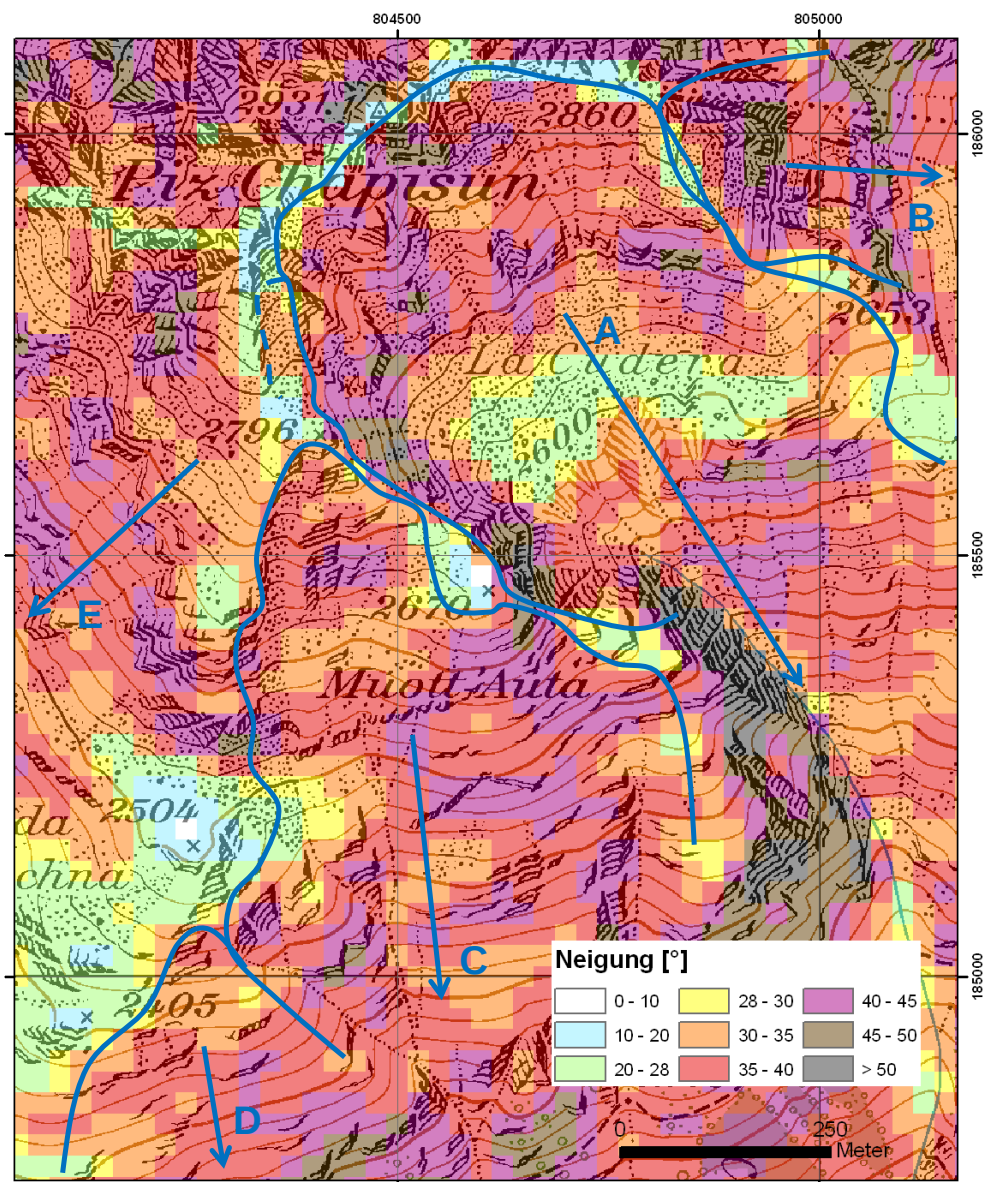


Beispiel 19:

Lavin, Gondalawine und Lawine ins Val Lavinuoz, Sprengeinsätze im Anrissgebiet Gonda

Abb. 44 > Hangneigungskarte Piz Chapisun

Gondalawine A (Mulde gegen E gestrichelt), Lawine Val Tuoi B, Urezza C, Val Punia D, Val Lavinuoz E.



Mit Helikoptersprengungen wird die Tschuggen Gipfelmulde A auf der Nordostseite für den Betrieb des Skiliftes Gummi seit ca. 1996 gesichert (Abb. 45). Auf der Tschuggen Westseite ist das Anrissgebiet der Chläbischopflouena Lawine B und ein sehr steiles Couloir C vorhanden. Häufig befindet sich im Gebiet B der Anriss beim «Schwarzen Band».

Sekundäre Anrisse von der Tschuggen-Nordostseite A auf die Seite Schwarzes Band B wurden in den letzten 15 Jahren nicht beobachtet.

Beispiel 20:

Kleine Scheidegg, Tschuggen, Lawine gegen Gummi (Sprengensätze) und Lawine «Chläbischopflouena» gegen Cafe Oberland

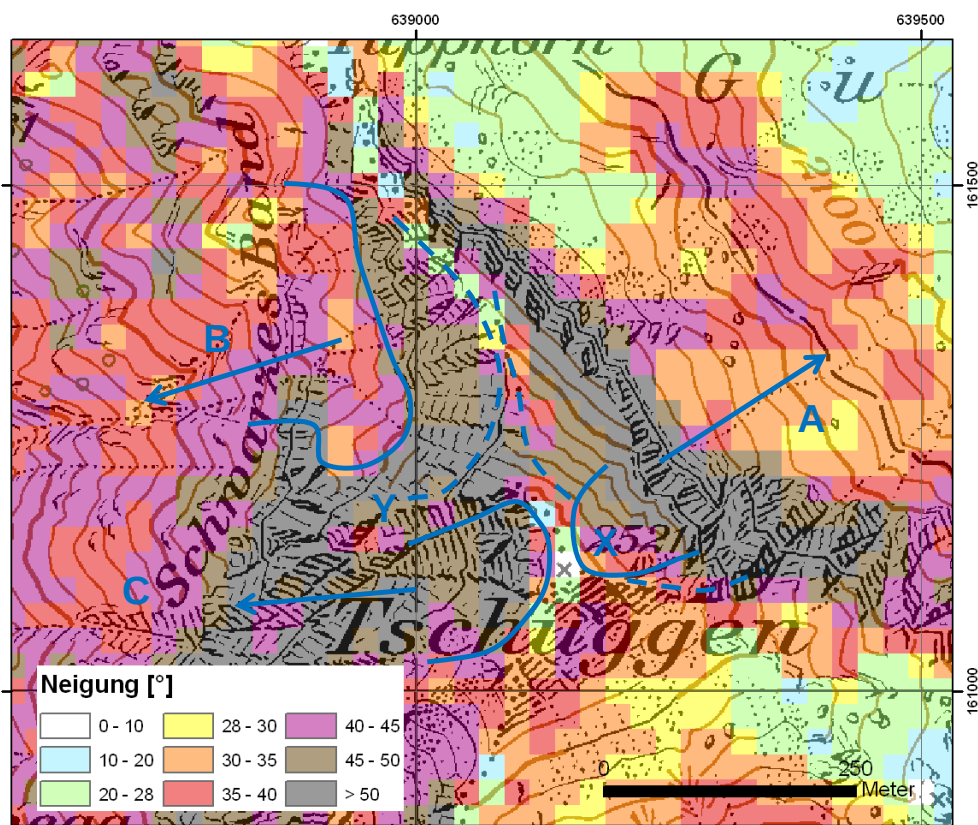
Mögliche Gründe für keine gemeinsamen Abgänge A – B:

- > Bei NW-Lagen liegt der Geländerücken A-B im Luv.
- > Sehr steiles Gelände im obersten Bereich der Westseite (z. T. $> 45^\circ$), windexponiert
- > Sehr steiles Gelände auch auf der Nordostseite, evtl. unregelmässige Schneedecke infolge der häufigen Abgänge.

Bemerkung: Nur einmal ist es in 15 Jahren mit Sprengeinsätzen in A zu einem Abgang im sehr steilen Couloir C gekommen. Der üblicherweise verwendete Sprengpunkt liegt nur rund 10 m vom Couloir C entfernt. Der Gipfelbereich dürfte i.d.R. windexponiert sein.

Abb. 45 > Hangneigungskarte Tschuggen

Lawine gegen Gummi A (typischer Sprengpunkt X), Chläbischopflouena B (seit ca. 2007 mit Sprengmast Y gegen B+C), sehr steiles Couloir C; ausgezogen eingezeichnet typische Anrisse, gestrichelt mögliche Anrisse.



A2-7 Beispiel eines Grossschneefalls mit nur wenigen bekannten sekundären Auslösungen

Abb. 46 zeigt die Lawinenaktivität vom 8. bis 10. Februar 1984 in Samnaun, wobei auch künstlich ausgelöste Lawinen kartiert sind. Mindestens 15 grosse Lawinen sind abgegangen. Die ausgeprägte Nordwestlage dauerte vom 6. bis 10. Februar. Am 7.2. wurden in Samnaun auf 1750 m 37 cm Neuschnee gemessen, am 8.2. 27 cm, am 9.2. 56 cm und am 10.2. 10 cm. Dies ergibt eine 4-Tages-Neuschneesumme von 130 cm. Die Schneehöhe ist von 83 cm auf max. 169 cm angestiegen.

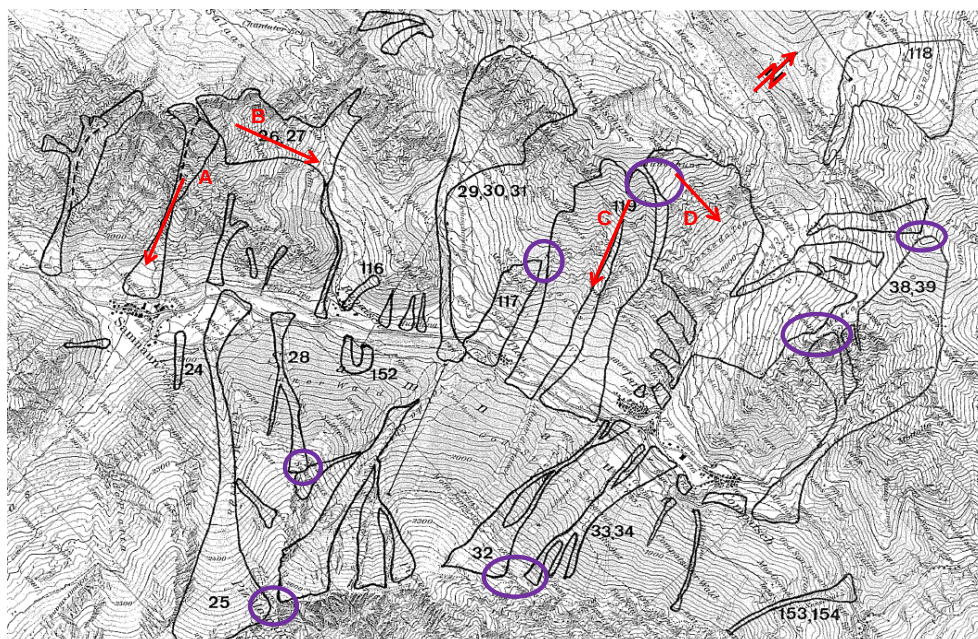
Aus den detaillierten Angaben zu den einzelnen Lawinen geht hervor, dass die Lawinen mehrheitlich einzeln angerissen sind. Die Ausnahme könnten die Piz Ot Lawine A und die Lawine Sur Platta B sein, bei denen ein gemeinsamer spontaner Abgang nicht ausgeschlossen werden kann (vgl. auch Abb. 34, Abb. 35). Im Lawinenzug Munschuns Süd C sind Lawinen aus den benachbarten zwei Geländekammern gemeinsam abgegangen (Lawine Nr. 119). Die Lawinen wurden durch die intensiven Schneefälle und die starken Schneeverfrachtungen ausgelöst (SLF-Winterbericht 1984); Die Stabilität der Altschneedecke dürfte insbesondere in Lee-Hängen eine untergeordnete Rolle gespielt haben.

Gebiete, in denen gemeinsame Abgänge aufgrund einer Interpretation des Geländes oder der Karte theoretisch möglich sind, sind mit den violetten Kreisen angedeutet.

Samnaun, Lawinenaktivität in der Schneefallperiode vom 6. bis 10. Februar 1984 (Lawinenunglück von Samnaun-Plan, 9.2.)

Abb. 46 > Lawinenaktivität vom 8.–10.02.1984 in Samnaun

violett markiert = theoretisch mögliche Orte mit sekundären Auslösungen, ausgeschieden nur aufgrund des Geländes oder der Karte; Orte mit bekannten sekundären Auslösungen Lawine Piz Ot A und Sur Platta B (Bsp. 13), Munschuns Süd C und Munschuns Ost D (Bsp. 6a).



> Literatur

Stoffel L., Margreth S. 2009: Künstliche Lawinenauslösung oberhalb von Siedlungen. Teil 5.4 und Anhang A9 zu Teil 5 des «Handbuch NFA im Umweltbereich». Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern: 15 S.

Stoffel L. 2001: Künstliche Lawinenauslösung. Praxishilfe. 2. überarbeitete Auflage. Mitt. Eidgenöss. Inst. Schnee- u. Lawinenforsch. 53: 66 Seiten.

SLF: Diverse Winterberichte.

SLF: Schadenlawinendatenbank.

> Glossar

(siehe auch Stoffel 2001)

Fernauslösung

Von einer Fernauslösung wird gesprochen, falls die Auslösung durch eine Zusatzbelastung erfolgt, die ausserhalb der abgleitenden Schneetafel erzeugt wurde.

Grat, Geländerücken

Als Grat wird die «schmale Kammlinie eines Berges» bezeichnet und als Geländerücken ein «langgestreckter, abgerundeter Geländeteil, der sich von der Umgebung abhebt» (Glossar Schnee und Lawinen).

Lee, Luv

Im Lee bedeutet auf der windabgekehrten Seite, im Luv auf der windzugewandten Seite.

primärem Anrissgebiet

Unter primärem Anrissgebiet versteht man jenes Anrissgebiet, in dem ein Sprengeneinsatz durchgeführt wird. Falls es dort zur Auslösung kommt, wird in dieser Praxishilfe z. T. von «Primärlawine» gesprochen.

sekundärem Anrissgebiet

Unter sekundärem Anrissgebiet versteht man ein Anrissgebiet, in dem eine Lawine ausgelöst werden kann, obwohl dort kein Sprengeneinsatz erfolgt. Man spricht von sekundären Lawinenauslösungen.

Sprengungen

Mit Sprengungen sind in dieser Praxishilfe Einsätze mit Sprengstoff und mit Gasgemischen gemeint.

Wirkungsradius

Der Wirkungsradius einer Sprengung bezeichnet jenes Gebiet, das bei einer negativen Sprengung als vor dem Anbrechen von Lawinen gesichert betrachtet werden kann.

> Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1	Hangneigungskarte und Lawinenzug A (mit Sprengpunkt X)	22	Abb. 15	Weissfluhgipfel-Ostseite	35
Abb. 2	Salezerhorn-Ostseite mit den Anrissgebieten A-C	23	Abb. 16	Hangneigungskarte Weissfluhgipfel	35
Abb. 3	Hangneigungskarte und Lawinenzug A (mit 2 Sprengpunkten X)	24	Abb. 17	Lawinenzüge	36
Abb. 4	Blick gegen den Äbi-Lawinenzug A (weitere Anrissgebiete B, C)	25	Abb. 18	Hangneigungskarte Anrissgebiete Val d'Urezza A, Val Gianduns B und Val Buera C	37
Abb. 5	Hangneigungskarte und Äbi-Lawinenzug A (mit 2 möglichen Sprengpunkten X)	26	Abb. 19	Lawinen Klaagrabben (mit Sprengpunkt) und Trubelboden	38
Abb. 6	Crêta Besse A im Abschnitt gegen das Gebiet E (auf der Rückseite)	27	Abb. 20	Anriss im Klaagrabben oben am Grat	39
Abb. 7	Anrissgebiete D und E	27	Abb. 21	Klaagrabben A, Trubelboden B	39
Abb. 8	Hangneigungskarte und Crêta Besse A (mit den 4 üblichen Sprengpunkten X)	28	Abb. 22	Hangneigungskarte Anrissgebiet Klaagrabben A, Trubelboden B, Pischür C	39
Abb. 9	Künstlich ausgelöste Lawine im Gebiet Pra Roua B	29	Abb. 23	Jatzhang mit Sprengmas	40
Abb. 10	Hangneigungskarte Anrissgebiete Vallée de la Sionne	30	Abb. 24	Hangneigungskarte Anrissgebiete Jatzhang A (mit Sprengpunkt X) Jatzhorn Nordwestseite B	41
Abb. 11	Grossflächiger Anbruch der Gratlawine	31	Abb. 25	Blick von Wäng	42
Abb. 12	Hangneigungskarte Hockenhorn	32	Abb. 26	Verborgene Pische	42
Abb. 13	Bruchausbreitung und Momentaufnahme erster Auslösungen im Anrissgebiet Laschadura A	33	Abb. 27	Hangneigungskarte Sekundärlawinen u.a. Wäng A und C	43
Abb. 14	Hangneigungskarte Anrissgebiet A Laschadura mit ungefähre Lage des Sprengpunktes X und einzelner Anrisse, Anrissgebiete B Val da Barcli und C Val Gondas	34	Abb. 28	Von der Ofenpassstrasse Blick gegen Il Jalet	44
			Abb. 29	Hangneigungskarte Il Jalet westlich Ofenpass Passhöhe	44
			Abb. 30	Fernausslösung Lawinen L1 und L2 im Hauptertälli am Schafläger	45
			Abb. 31	Fernausslösung im Hauptertälli	46
			Abb. 32	Piz Glüna und Piz Saluver	47

Abb. 33	
Hangneigungskarte Piz Saluver Südseite	47
Abb. 34	
Anrissgebiete Lawine Piz Ot A und Sur Platta B	48
Abb. 35	
Hangneigungskarte Anrissgebiete Piz Ot A, Sur Platta B	49
Abb. 36	
Anrissgebiet Chüebodenlawine A und Teilanrissgebiet B der Meissenbodenlawine	50
Abb. 37	
Hangneigungskarte Gebiet Schafgrind	50
Abb. 38	
Situation mit den Lawinen Lochtal, Lauital und Spitzegg	51
Abb. 39	
Hangneigungskarte Anrissgebiete Lochtal A, Lauital B, Spitzegg C	52
Abb. 40	
Vordere Schooss A, Schafplanggen B, Lawine gegen Böden C, Sandweidlai D	53
Abb. 41	
Mögliche Verbindung (rot gestrichelt) der Gebiete Schafplanggen B und Sandweidlai D	54
Abb. 42	
Hangneigungskarte Lawinenzüge Vordere Schooss A, Schafplanggen B, Gebiet Böden C und Sandweidlai D	55
Abb. 43	
Westteil des Gonda-Geländekessels	56
Abb. 44	
Hangneigungskarte Piz Chapisun	57
Abb. 45	
Hangneigungskarte Tschuggen	58
Abb. 46	
Lawinenaktivität vom 8.–10.2.1984 in Samnaun	59