

Künstliche Lawinenauslösung

Autor(en): **Stoffel, Lukas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **131 (2005)**

Heft 9: **Sprengungen**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-108542>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Künstliche Lawinenauslösung

Die in den letzten Jahren aus Wintersportgebieten lautstark zu vernehmenden Klagen über zu wenig Schnee täuschen darüber hinweg, dass das weisse Pulver in höheren Lagen weiterhin eine relevante Naturgefahr ist. In jedem Winter sind Pisten und Bahnen, Verkehrswege und Siedlungen durch Lawinen gefährdet. Neben permanenten Massnahmen wie Verbauungen oder Sonderbauweisen spielt die präventive Auslösung von Lawinen zur Verhinderung von Unglücken eine entscheidende Rolle.

Die künstliche Lawinenauslösung ist in der Schweiz seit etwa 1940 die Standardmethode zur temporären Sicherung von Skigebieten bei Lawinengefahr und wird auch zur Sicherung von Verkehrswegen und in Einzelfällen von Siedlungsgebieten verwendet. In der Anfangszeit wurden vor allem Handsprengungen vorgenommen, bei denen der Patrouilleur die Sprengladung von einem sicheren Standort ins Anrissgebiet wirft. In den 1960er-Jahren kam der *8.1 cm-Minenwerfer* hinzu, mit dem im Voraus eingeschossene Ziele sichtunabhängig beschossen werden können. Ebenfalls in diese Zeit dürfte der

Bau der ersten *Sprengseilbahnen* fallen, die Sprengladungen an einem Seil ins potenzielle Anrissgebiet transportieren (Bild 2). *Raketenrohre* der Armee stehen seit Anfang der 1970er-Jahre für den direkten Beschuss zur Verfügung. In dieser Zeit wurde auch begonnen, Sprengungen mittels Helikopter durchzuführen, indem Ladungen (in der Regel à 4–5 kg) aus geringer Flughöhe auf die Schneedecke abgeworfen werden (Bild 1). Seit 1985 kann für Zielgebiete, die zwischen 1 und 4 km entfernt liegen, der *12 cm-Minenwerfer* der Armee eingesetzt werden. Vorteilhaft ist vor allem die gegenüber dem kleinen Minenwerfer deutlich grössere Ladungsmenge von 3 kg. Die Schweiz ist übrigens eines der wenigen Länder, in denen Armeewaffen (Minenwerfer, Raketenrohr) für künstliche Lawinenauslösung eingesetzt werden dürfen. Pro Winter werden in der Schweiz durchschnittlich über 75 t Sprengstoff für Lawinensprengungen verwendet.

1988 wurde mit dem *Gasex-System* das erste ortsfeste, im Anrissgebiet installierte Sprengsystem gebaut (Bild 4). Von einer Gaszentrale aus wird ein Propan-Sauerstoff-Gemisch durch eine Zuleitung in einem gegen die Schneedecke gerichteten Zündrohr zur Detonation gebracht. Im Lawinenwinter 1998/99 konnten mit den erwähnten Methoden viele Lawinen vorzeitig ausgelöst und mögliche grosse Schadenlawinen verhindert



1

Blick aus dem Helikopter: Rissfortpflanzung in der Schneedecke nach einer Sprengung am Flüelapass (Bilder: SLF Davos)

werden, wobei es auch zu etlichen Schäden kam (Gebäudeschaden in Leukerbad, Hochspannungsmasten am Lukmanier zerstört, diverse Schäden an Winter-sportanlagen).

Seit 1999 sind zwei weitere ortsfeste Sprenganlagen, der *Sprengmast Wyssen* (Bild 3) und die *Lawinensprenganlage Inauen-Schätti* (Bild 5), auf dem Markt. Bei beiden Systemen sind die Sprengladungen in Kästen im Anrissgebiet vorhanden und können bei Bedarf vom Tal aus mittels Funkbefehl zum Ab- respektive Auswurf gebracht werden. Als weiteres Gerät steht der *Avalancheur*, mit dem mit rund 2 kg Sprengstoff gefüllte Lanzen bis 2 km in die Anrissgebiete geschossen werden können, zur Verfügung. Das *Avalhex*, ein weiteres System, das auf der Detonation eines Gas-Sauerstoff-Gemischs beruht, steht in der Schweiz vor der Einführung. Am meisten verwendet werden nach wie vor Handsprengungen und Helikoptersprengungen, Letzteres setzt allerdings genügend gute Flugbedingungen voraus. Mehrere Ladungen zusammen werden nur bei der Sprengung von Schneeverwehungen (Wächten) mittels Sprengschnur und Sicherheitszündschnur gezündet.

Wer sprengt wo?

Wichtige Kriterien beim Vergleich der Sprengmethoden sind die Sicherheit der Sprengpatrouille, die Sprengwirkung, die Reichweite, die Einsetzbarkeit in Abhängigkeit der Sicht- und Wetterverhältnisse, die Ausführungszeit und die Kosten. Bei den Kosten fallen Installations- und Betriebskosten an. Für den Bau ortsfester Sprenganlagen ist pro Anlage mit etwa 100 000 Fr. zu rechnen. Eine Ladung für eine Handsprengung zu 2 kg kostet etwa 20 Fr., eine Helikoptersprengladung ohne Transport etwa 50 Fr.

Viele Sicherungsdienste haben die Sprengpunkte im Anrissgebiet auf einer Karte oder Fotografie eingetragen. Für Minenwerfereinsätze sind solche Übersichts-

fotos mit den notwendigen Angaben zu den eingeschossenen Zielen seit langem vorhanden (Bild 6).

Sprengungen dürfen erst ausgeführt werden, nachdem die gefährdeten Gebiete abgesperrt und gegebenenfalls evakuiert sind. Für Gebiete mit einem bedeutenden Schadenpotenzial sind schriftliche Konzepte (Einsatz, Absperrungen) sehr zu empfehlen. Zu Lawinensprengungen ist berechtigt, wer den Sprengausweis Lawinen besitzt, den das Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT) an Absolventen des Lawinensprengkurses der Seilbahnen Schweiz (SBS) nach bestandener Prüfung abgibt. Um sprengberechtigt zu bleiben, muss alle 5 Jahre eine ergänzende Schulung absolviert werden.

Sprengtechnik

Die Sprengladungen werden meist durch pyrotechnische Zündung, d.h. Sicherheitszündschnur und Sprengkapsel, zur Detonation gebracht. Während der Detonation einer Ladung bewirkt die sich ausbreitende Druckwelle eine bedeutende Zusatzbelastung auf die Schneedecke. Sprengungen sind über der Schneedecke (Überschneesprengungen), auf der Schneedecke (Oberflächensprengungen) und in der Schneedecke möglich. Überschnee- und Oberflächensprengungen erzeugen eine Druckwelle, die aus der Luft großflächig auf die Schneedecke wirkt. Die Tiefenwirkung auf die Schneedecke ist dabei relativ gering. Bei trockenem Neuschnee muss mit einer starken Abschwächung der Zusatzspannung im obersten halben Meter der Schneedecke gerechnet werden, was nicht heisst, dass bei einem Anriss keine grösseren Anrisshöhen entstehen können. Sprengungen in der Schneedecke, wie beim Minenwerfer, sind in ihrer Wirkung grösstenteils auf den Kraterbereich beschränkt, wobei auch Bodenerschütterungen auftreten. Die vier wichtigsten Einflussfaktoren auf die Sprengwirkung sind der Sprengpunkt, die Spreng-



3

Ortsfeste Lawinensprenganlage: Sprengmast Wyssen auf der Engstligenalp bei Adelboden. Die Ladung wird an einem Seil vom Magazinkasten abgeworfen und detoniert über der Schneedecke (Bild: Wyssen Seilbahnen)



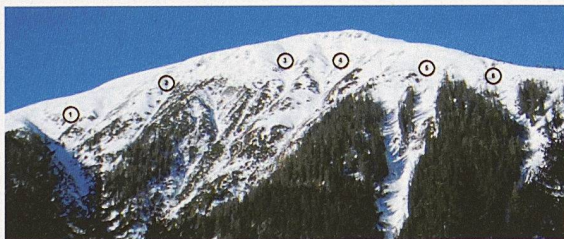
4

Ortsfestes Lawinensprengsystem: Zündrohr für Propan-Luft-Gemisch einer Gasex-Anlage bei Ischgl (A) (Bilder: SLF Davos)



5

Ortsfeste Lawinensprenganlage: Sprenganlage Inauen-Schätti auf Davos Parsenn. Die offene Türe ist bereit zum ferngesteuerten Auswurf der Ladung



6

Eingeschossene 12cm-Minenwerferziele auf dem Breitzug oberhalb Davos Glaris (Bild: H. Henny, Andermatt)

Sprengpunkthöhe	Ladungsgrösse	Radius	Wirkungszone
Überschneesprengung (+3-3.5m)	4-5kg	120-130m	
Überschneesprengung (ca. +1m)	1.5-2.5kg	60-70m	
Oberflächensprengung	4-5kg	50-60m	
Oberflächensprengung	1.5-2.5kg	35-40m	
Sprengung im Schnee	1.5-3kg	10m	
Minenwerfer 12cm (0m)	3kg	40m	
Raketenrohr 8.3cm (0m)	0.7kg	20-25m	

7

Ungefähre Radien der Wirkungszonen bei trockenem Neuschnee, Durchschnittswerte für gleichförmige Hänge

punkthöhe (in, auf oder über der Schneedecke), die Ladungsgrösse und der Sprengstofftyp. Bezüglich Sprengpunkt ist die Topografie des Geländes zu beachten. Bereiche im Umfeld der Ladung, die vom Sprengpunkt aus nicht eingesehen werden können, befinden sich im Druckschatten der Luftdruckwelle. Im Druckschatten wird keine direkte Zusatzbelastung auf die Schneedecke erzeugt. Bei trockenem Neuschnee wird die grösste Sprengwirkung mit Überschneesprengungen erreicht. Der Sprengpunkt liegt idealerweise zwischen 0.5 und ca. 3 m über der Schneedecke. Auch während Nassschneesituationen kann versucht werden, eine Lawine auszulösen, wobei der Sprengpunkt auf oder in der Schneedecke liegen sollte.

Bei den meisten Sprengmethoden liegt die Ladungsgrösse zwischen 1 und 5 kg. Die Detonationen von Gas erzielen je nach Gaskubatur ähnliche Wirkungen wie Sprengstoffdetonationen. Mehrere Lawinensprengstoffe (Slurry, Gelatine, Wassergel-Sprengstoff) mit ähnlicher Sprengwirkung können eingesetzt werden. Die Wirkung wird primär durch die gemessene Explosionswärme bestimmt. Neben der Leistungsfähigkeit sind vor allem auch die Handhabungssicherheit und die Funktionstüchtigkeit, insbesondere der Einfluss tiefer Temperaturen, zu beachten.

Sprengwirkung

Falls es bei einer Lawinenauslösung (positive Sprengung) zum Abbruch einer ganzen Schneetafel kommt, spricht man von einer Schneebrettlawine. Die Anrisslänge kann je nach Schneedeckenaufbau und Gelände zwischen wenigen Metern und mehreren hundert Metern variieren (siehe Bild 1). Es ist auch möglich, dass keine Lawine ausgelöst wird, jedoch Setzungsbrüche in der Schneedecke entstehen.

Falls keine Lawine ausgelöst wird (negative Sprengung), ist die Wirkung der Sprengung(en) abzuschätzen. Anhaltspunkte ergeben sich über so genannte Wirkungszonen (Tabelle 7). Wirkungszonen sind als Kreisflächen um

den Sprengpunkt definiert, wobei die Fläche zumindest auf eine kleine Zusatzbelastung getestet ist. Ob in einem Lawinenzug nach negativen Sprengungen davon auszugehen ist, dass ohne grössere Änderungen der Situation keine Lawine abgeht, ist unter anderem von der erzeugten Sprengwirkung (Anzahl Sprengungen), dem Schneedeckenaufbau und der Hangneigung abhängig.

Nutzen und Problematik

Der Nutzen der künstlichen Lawinenauslösung besteht in der temporären Sicherung eines lawinengefährdeten Gebietes. Je nach Situation resultieren kürzere Sperrzeiten. Mittels regelmässiger, der Situation angepasster Sprengensätze und entsprechender Auslösungen können kleinere Lawinen erreicht werden. Einer möglichen späteren spontanen Grosslawine mit allfälliger Schadenfolge kann entgegengewirkt werden. Sprengungen stellen Tests der Schneedeckenstabilität im Anrissgebiet dar und ergeben Anhaltspunkte zur Anbruchwahrscheinlichkeit von Lawinen.

Sprengensätze weisen aber auch spezifische Nachteile und Problematiken auf: So kann die Beurteilung der aktuellen Lawinensituation im Einzelhang sehr schwierig sein. Ausgelöste Lawinen können grösser ausfallen als erwartet, und auch ungewollte Sekundärauslösungen von weiteren Lawinen sind möglich, sodass Schadenfälle unter Umständen Rechtsverfahren zur Folge haben. Die Überwachung des abgesperrten Gebietes

kann schwierig sein, und je nach Sprengensatz und Sichtverhältnissen ist das Sprengresultat schwierig festzustellen (Erfolgskontrolle). Bei schlechter Sicht kommt es vor, dass über das Resultat, d. h. ob eine Lawine ausgelöst wurde, nichts bekannt ist, ausser eine künstlich ausgelöste Lawine ist z. B. bis zu einer Strasse vorgestossen. Aber auch in diesem Fall sind je nach Situation und Entladung des Anrissgebietes weitere Lawinen, die unter Umständen in zu sicherndes Gebiet vorstossen, möglich. Die Anordnung weiterer Massnahmen wie «Strasse öffnen oder gesperrt lassen» ist je nach den Verhältnissen schwierig. Wichtig für die Sicherheitsverantwortlichen ist, dass getroffene Massnahmen begründet und schriftlich festgehalten werden (Journal). Unter der Leitung des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) konnte 2004 eine Praxishilfe zu Rechts- und Versicherungsfragen bei der künstlichen Lawinenauslösung herausgegeben werden. Bezüglich der Detektion von Lawinenabgängen bei schlechter Sicht sind weitere Abklärungen angebracht. Auch zur Sprengwirkung sind noch etliche Fragen offen. Bei der künstlichen Lawinenauslösung sind Gebietskenntnisse, Kenntnisse zu Sprengwirkung und Lawinenkunde sowie Erfahrung sehr wichtig.

Lukas Stoffel, dipl. Bauing. ETH,
WSL Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Flüelastrasse 11, 7260 Davos Dorf
stoffell@slf.ch

Das neue Geobruigg RXI Steinschlag-Barrieren System mit RUNTOP-Technologie...

... ist kompromisslos auf max. Einschlag-Energien in die Randfelder und mit Mehrfachtreffern in das gleiche Schutznetz getestet.

RUNTOP Technologie heisst:

- grosse wirksame Ringnetzfläche bleibt nach 100%-Treffer mit mehr als 60% Restnutzhöhe erhalten
- Schutzwirkung der Nachbarfelder werden durch Treffer nicht beeinträchtigt
- kurze Anker, kurze Bohrzeit
- leichtere Einzelteile vereinfachen die Montage

Sicherheitsreserven reduzieren unkalkulierbare Risiken.

Die Energieklassen 3, 5, 7 und 8 sind nach BUWAL-Richtlinien typengeprüft. Fordern Sie den neuen RXI-Prospekt an: info@geobruigg.com

GEOBRUGG 

Fatzer AG

Geobruigg Schutzsysteme
CH-8590 Romanshorn • Schweiz
Tel. +41 71 466 81 55
Fax +41 71 466 81 50
www.geobruigg.com



Hat Sprengen noch Zukunft?

Gesprengt wird heute vor allem im Tunnelbau, bei Grossbohrlochsprengungen zur Rohmaterialgewinnung in den Steinbrüchen und bei Werksteinsprengungen für die Blockgewinnung zur Veredelung von wertvollem Rohmaterial. Dazu kommen Lawinensprengungen, gelegentliche Gebäudesprengungen und nicht zu vergessen die Stock- und Wurzelsprengungen in der Forst- und Landwirtschaft. An diesen Arbeiten wird sich in nächster Zeit nicht viel ändern.

Im Tunnelbau hängt die Entscheidung zwischen sprengtechnischem Vortrieb oder mechanischem Abbau mittels Tunnelbohrmaschine (TBM) von verschiedenen Parametern ab. Die aufzufahrende Geologie, die Länge des Bauwerks, das Bauprogramm, die Wirtschaftlichkeit, die finanziellen Ressourcen und auch Umweltschutzaspekte fallen unterschiedlich ins Gewicht. Heute ist im Fels der Sprengvortrieb bis ca. 2.5 km Tunnellänge flexibler und kostengünstiger als ein TBM-Vortrieb, und die Bauzeiten sind unter Berücksichtigung der Montagezeiten für eine TBM sicher gleichwertig. Bei längeren Tunnels erzielt der fabrikmässige Tunnelbohrbetrieb mit Hochleistungsnachlaufsystemen und ausgeklügelten Logistikkonzepten höhere Durchschnittstagesleistungen. In städtischen Gebieten werden auch aus umwelttechnischen Gründen vermehrt TBM als Schild-TBM, Erddruck- oder Mixschild eingesetzt. Auch in Zukunft wird es aber Sprengvortriebe geben, bei denen die Flexibilität bei wechselhaften Gebirgsformationen ausschlaggebend ist.

Bei der Arbeit in den Steinbrüchen wird es kaum möglich sein, mit hydraulischen Abbaugeräten die Effizienz einer Grossbohrlochsprengung zu übertreffen. In der Werksteingewinnung ist die schonende Schwarzpulversprengung ein bewährtes Rezept, das Klüfte und Schichtverläufe berücksichtigt, um grosse, ungerissene Blöcke zu gewinnen.

Gebäude-, Kamin- und Abbruchsprengungen, so spektakulär sie sind, erhalten oft Konkurrenz durch hydraulische Abbaugeräte. Zeit- und Platzverhältnisse können aber auch für die Sprengung sprechen, da durch die vollzogene Sprengung eine länger dauernde Instabilität des Gebäudes ausgeschlossen wird. Problematisch sind jedoch meistens die vielen Schaulustigen. Auf diesem Gebiet wird sich der Abbau mittels mechanischer und hydraulischer Geräte wohl eine grössere Tranche vom Auftragsvolumen abschneiden.

Grosse Abtragssprengungen wie in den Anfängen des Nationalstrassenbaus sind heute selten. Die Autobahnen sind in grossen Zügen gebaut, und in Siedlungsgebieten wird aus umwelttechnischen Überlegungen dem Fels mit mechanischen Grossgeräten zu Leibe gerückt.

Fast gänzlich verschwunden sind die Graben- und Aushubsprengungen. Aufgrund von Erschütterungen in Wohngebieten, Absperproblemen und der gesetzlichen Rahmenbedingungen sind Sprengungen hier nicht mehr wirtschaftlich. Die verschärfte Gesetzgebung, die Aufwendungen für die Lagerung und die Wahl der Lagerstandorte sowie die Auflagen bezüglich Transport von Sprengstoffen und Sprengmitteln sind aktuelle Beweggründe, nach alternativen Methoden zu Sprengungen zu suchen. Trotzdem werden wir uns auch in Zukunft mit der Sprengtechnik befassen und weitere Innovationen suchen und auch realisieren. Die Arbeit der Mineure und Sprengmeister wird deswegen sicherlich nicht einfach aus dem Bauwesen verschwinden.

Kurt Morger

Zentralpräsident des Sprengverbandes Schweiz SVS

info@sprengverband.ch



4 Künstliche Lawinenauslösung

| *Lukas Stoffel* | Bevor Lawinen spontan niedergehen und Schäden verursachen, können sie mit verschiedenen Einsatztechniken durch Detonationen kontrolliert ausgelöst werden.

8 Zündende Lösung für den Gotthardtunnel

| *Konrad Annen* | Mit neuen flüssigen Sprengstoffen hat der konventionelle Sprengvortrieb bei grossen Tunnelbauten weiterhin seine Berechtigung neben dem maschinellen Tunnelbau.

12 Präzises Ende eines Ärgernisses

| *Aldo Rota, Ivo Bösch* | Die Fällung des Sendeturms auf dem Höhrnonen beseitigt ein ungeliebtes Bauwerk und veranschaulicht den Technologiewandel im Kommunikationswesen.

16 Wettbewerbe

| Neue Ausschreibungen und Preise | Zentrumsentwicklung Schlieren | Bahnmuseum Bergün | Verwaltungsgebäude Predigerstrasse 5 in Bern | Altersheim Sissach | SIA-Haus, Zürich |

22 Magazin

| Holzbauforum Garmisch | Signers «Windraum» auf der Ebenalp standortgebunden | Wasser und Biomasse: viel Potenzial | In Kürze | Bücher: Wer plant die Planung? Texte von Lucius Burckhardt | Torfeld Süd in Aarau kommt voran | Rheinhafen: Fusion besser abklären? | Neuer Sprengverband |

26 Aus dem SIA

| Reise Fachverein Architektur und Kultur: Lehmarcitektur in Mali | Berufsgruppe Architektur: Rolle der Berufsgruppen | Mit SIA-Kostengarantievertrag Budget sicher einhalten | Kurs: Wirtschaftlichkeitsrechnung |

30 Produkte

| Regale dank Schiebetüren salonfähig | Leistungsstarker Abfallverdichter | Fenstersystem von Tuchschild | Umfrage: FM im Bauprozess | Klassiker in neuem Gewand |

38 Veranstaltungen