

1 Einführung

Siegfried Sauermoser, Florian Rudolf-Miklau

1.1 Lawinen und Lawinengefahren

1.1.1 Begriffsdefinition und Problemstellung

Als *Lawine* („Schneelawine“, in begrifflicher Abgrenzung zu anderen Lawinenformen, wie z. B. „Gerölllawine“, „Schlammlawine“ oder „submarine Suspensionslawine“), werden große Massen von Schnee oder Eis bezeichnet, die sich von Berghängen ablösen und zu Tal gleiten oder stürzen. Gemäß ONR 24805, 3.34 [235] ist diese durch die schnelle Bewegung einer Schneemasse charakterisiert, die aus der Schneedecke angebrochen ist. Lawinen, die große Sach-, Personen- oder Umweltschäden verursachen, werden zu den Naturkatastrophen gezählt und auch als „Schadlawinen“ bezeichnet.

Lawinen haben die Besiedlung von Gebirgsräumen seit jeher stark beeinflusst (Bild 1-1). Dies ist sowohl an der Lage und Struktur von Siedlungen und Verkehrswegen als auch an häufigen Namensgebungen wie „Lähn“ oder „Lavin“ zu erkennen. Beide Bezeichnungen leiten sich wahrscheinlich von den lateinischen Begriffen „labi“ (herabgleiten) und „labes“ (Fall) ab [7]. Jahrhunderte lang war der Mensch nicht in der Lage, den Schneelawinen wirksame Schutzmaßnahmen entgegen zu setzen, so blieb als einzige Option die Meidung von lawinengefährdeten Bereichen. Trotz der dünnen Besiedlung des Alpenraums kam es im Laufe der Geschichte immer wieder zu schweren Lawinenkatastrophen mit zahlreichen Todesopfern, da die Menschen nicht in der Lage waren, seltene Katastrophenereignisse richtig einzuschätzen.



Bild 1-1 Alpiner Lebensraum, von Lawinen geprägt (© Sauermoser)

Die Zunahme der Bevölkerung im Alpenraum (1870: 7,8 Mio.; 2010: 13,6 Mio. Menschen), verbunden mit einem stark angestiegenen Bedarf an Mobilität, hat die Lawinengefährdung vor allem im letzten Jahrhundert massiv verschärft. Ursprünglich waren die Gebirgstäler durch die traditionelle Berglandwirtschaft geprägt und nur spärlich besiedelt, heute konkurrieren zahlreiche Raumnutzungsinteressen – insbesondere die Siedlungsentwicklung, Verkehr, Gewerbe und Industrie, Tourismus und Freizeiteinrichtungen – und führen zu einem ständig steigenden Flächenbedarf auch in lawinengefährdeten Gebieten. Manche Alpentäler in wirtschaftlich gut entwickelten Regionen unterliegen einer zunehmenden Zersiedelung und Urbanisierung, in vielen Teilen der Alpen stellt jedoch der Tourismus den einzigen rentablen Wirtschaftszweig dar und führt zu einer intensiven Erschließung bis in die hochalpinen Regionen (Skigebiete). Hingegen herrscht in strukturschwachen Regionen der Süd- und Westalpen eine starke Abwanderungstendenz („Bergflucht“). Für den europäischen Transitverkehr stellen die Alpen eine massive Barriere dar. Das ständig steigende Verkehrs- und Transportaufkommen erhöht daher den Bedarf nach leistungsfähigen und ganzjährig sicheren, alpenquerenden Verbindungen (z. B. Tendapass, Fréjus, Mont-Blanc-Tunnel, Simplonpass, Lötschbergtunnel, St. Gotthard, San Bernadino, Arlberg, Reschenpass, Brenner, Felbertauern, Tauern- und Katschbergtunnel, Tauernbahnschleuse Böckstein/Mallnitz, Gesäusebahn). Als Quelle natürlicher Rohstoffe und Ressourcen (Holz, Wasser, Energie, Bergbau) werden die Alpen auch zukünftig intensiv genutzt werden. Nicht zuletzt hat der Trend zu „Outdoor“-Freizeitaktivitäten (Bergsport, Skisport, Jagd) der Menschen zu einer starken Ausdehnung der frequentierten Gebiete bis in die Hochlagen geführt. Der größte Teil der Lawinenopfer in den letzten Jahrzehnten sind Freizeitsportler abseits der gesicherten Pisten und im Freigelände. Die hier dargestellten Entwicklungstrends sind – wenn auch zeitlich verzögert – ebenso in anderen Gebirgsregionen der Erde zu erwarten.

Diese Entwicklungsdynamik in den Gebirgsregionen hat zu einer starken Zunahme und Verlagerung des Lawinenrisikos geführt. Die Zahl der exponierten Personen und gefährdeten Sachwerte in Lawinengebieten ist in den letzten 100 Jahren auf ein Vielfaches angewachsen. Gleichzeitig haben sich die Sicherheitsanforderungen und die Risikobereitschaft der Menschen dramatisch verändert. Dadurch ist die Nachfrage nach Lawinenschutzmaßnahmen in den letzten Jahrzehnten in den Alpen stark gestiegen. Der hohe Schutzbedarf hat eine dynamische technologische Entwicklung im Bereich des Lawinenschutzes in Gang gesetzt (siehe Abschnitt 2.3). Insbesondere auf dem Sektor des technischen Lawinenschutzes fanden in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Innovationen statt. Neben den permanenten, baulichen Schutzmaßnahmen (Lawinenverbauung) wurden auch zahlreiche technische Systeme mit temporärer Schutzwirkung (Lawinenbeobachtung, Warnung und Alarmierung, künstliche Lawinenauslösung) entwickelt, wodurch sich der technische Lawinenschutz im Lauf der Zeit als eigenständige Ingenieurdisziplin etabliert hat.

1.1.2 Lawinengefahren in den Alpen und anderen Gebirgsregionen

Alleine in Österreich sind 6018 Lawinenstriche, welche den „raumrelevanten“ Bereich gefährden und somit Schadenspotenzial aufweisen, dokumentiert [44]. Zahllose weitere Lawinenstriche gefährden den freien Gebirgsraum und entlegene, saisonal genutzte Gebiete. In der Schweiz wurden bisher ca. 20.000 Lawinenstriche registriert.

Das Wort *Lawinengefahr* beinhaltet verschiedene Dimensionen von Gefährdung und ist in der fünfteiligen *Europäischen Lawinengefahren-Skala* [97] (Tabelle 5-1) ausgedrückt. Der Begriff *Lawinenrisiko* steht für die Intensität und Wahrscheinlichkeit der Schadenswirkung

von Lawinen (siehe Abschnitt 5.1.2). Lawinengefahr muss nicht zwangsläufig mit einer Katastrophensituation zu tun haben. Zahlreiche Lawinenunfälle treten im Bereich des freien Skiraums oder des alpinen Geländes ein, wo Personen bei der Ausübung von Ski- oder Bergsportaktivitäten Lawinen selbst auslösen und häufig dadurch ums Leben kommen. Allerdings werden Infrastruktureinrichtungen und Siedlungen von diesen Lawinen, den sog. „Skifahrerlawinen“, selten erreicht, permanente technische Schutzmaßnahmen gegen diese Kategorie von Lawinen sind daher aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht zweckmäßig. Mit zunehmender Größe der Lawinen sind auch Verkehrswege und Siedlungsräume gefährdet. Die Größenordnung einer Lawine wird durch die Wiederkehrswahrscheinlichkeit und das Ausmaß ihrer Wirkung (Magnitude) ausgedrückt; wenn man von einer „Jahrhundertlawine“ spricht, so entspricht dies im statistischen Sinne einem Lawinenereignis, welches durchschnittlich alle 100 Jahre einmal eintritt (siehe Abschnitt 3.4.2).



Bild 1-2 Gefährdung des isländischen Dorfes Seydisfjördur durch Lawinen (© Sauermoser)

Nicht nur in den Alpen besteht in zahlreichen Gebieten Lawinengefahr, beispielsweise ist Juneau, die Hauptstadt von Alaska, stark von Lawinen bedroht [76] (Bild 5-7). Bereits der griechische Geograph Strabon (63 v. Chr. bis 23 n. Chr.) berichtet in seinen Schriften „Geographica“ von Lawinenereignissen im Kaukasus [7]. Ebenso sind zahlreiche Orte in den Pyrenäen, im Apennin (Italien), in Norwegen, in Island (Bild 1-2), in den Rocky Mountains, in den Anden, in den Japanischen und Neuseeländischen Alpen, im Elbrusgebirge, im Hindukusch und Pamir-Gebirge, im russischen Altai- und Baikalgebirge, im chinesischen Tianshan sowie im Himalaya lawinengefährdet (siehe Abschnitt 13.2). Generell können überall dort auf der Erde, wo viel Schnee innerhalb kurzer Zeit auf Hänge mit einer Neigung über 30° fällt, Lawinen entstehen (Bild 1-3).

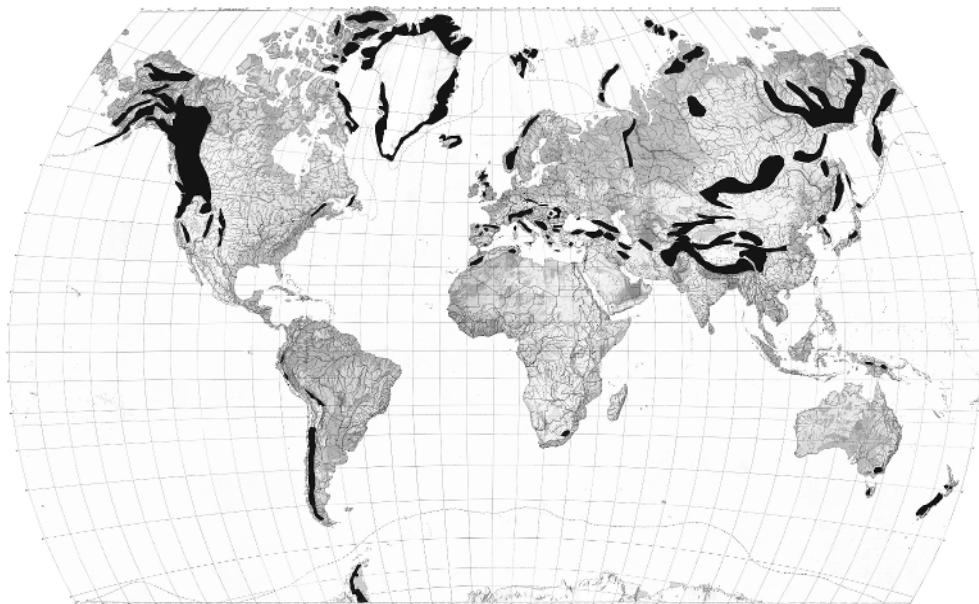


Bild 1-3 Weltkarte der Gebirgsregionen mit Lawinengefahren (erstellt nach *Glazovszkaya* [96])
(Die Karte bietet nur einen groben Überblick über Gebirgsregionen, in denen Lawinen auftreten. Detaillierte Untersuchungen liegen nicht zugrunde.)

1.1.3 Auswirkungen von Lawinengefahren auf den menschlichen Lebensraum

In früheren Jahrhunderten waren die Alpen dünn besiedelt, es wurden Gunstlagen wie Gelandeterrassen oder Geländerücken für den Bau von Bauernhäusern und Siedlungen genutzt. Erst durch die Erschließung mit Straßen und Eisenbahnlinien sowie durch die Intensivierung des Wintertourismus (im Zusammenhang mit der Entwicklung des Skisports) nahm die Besiedlung in vielen Alpentälern deutlich zu. Die Folge war die Ausdehnung von Siedlungsräumen und Infrastruktureinrichtungen in Richtung der von Lawinen gefährdeten Zonen. Gegenwärtig sind zahlreiche Sektoren von Lawinenrisiken betroffen, sodass sich der Lawinenschutz zu einer bedeutenden Grundlage und Voraussetzung der Wirtschaftsentwicklung in den Alpen entwickelt hat. Tabelle 1-1 gibt einen Überblick über die Auswirkungen von Lawinen auf den menschlichen Lebensraum in den betroffenen Sektoren.

Tabelle 1-1 Auswirkungen (Gefahren, Risiken, Schäden) von Lawinen in den betroffenen Sektoren: Überblick

Betroffener Sektor	Lawinenwirkung
Siedlungsraum	Personenschäden innerhalb und außerhalb von Gebäuden Zerstörung und Schäden an Gebäuden Schäden an Liegenschaften und Gebäudezubehör Evakuierung von Gebäuden (Siedlungen)

Tabelle 1-1 (Fortsetzung)

Betroffener Sektor	Lawinenwirkung
Land- und Forstwirtschaft	Zerstörung von Waldbeständen Schäden an land- und forstwirtschaftlichen Betriebseinrichtungen Ertragsverluste
Verkehrsanlagen	Unterbrechung (Sperre) von Verkehrswegen (Straße, Bahn) Zerstörung von Verkehrsanlagen Zerstörung und Beschädigung von Fahrzeugen (fahrend, parkend) Personenschäden innerhalb und außerhalb des Verkehrsmittels (Fahrgäste)
Infrastruktur, Versorgung, Energie	Unterbrechung der Versorgung (Energie, Wasser, Nachrichten) Zerstörung und Schäden an energiewirtschaftlichen Leitungen Zerstörung und Schäden von Kraftwerksanlagen Zerstörung und Schäden an anderen Versorgungseinrichtungen (Telekommunikation, Gas, Abwasser etc.)
Tourismus	Personenschäden innerhalb und außerhalb von Gebäuden Personenschäden im gesicherten Skiraum (Piste) Zerstörung von touristischen Gebäuden (Hotels, Bergbahnen) Sperre von touristischen Anlagen (Bergbahnen, Pisten, Wanderwege, Loipen) Ertragsverluste durch hohes Lawinenrisiko (Vertrauensverlust der Touristen)
Freizeit	Personenschäden im ungesicherten Gebirgsraum (Tourengeher, Variantenskifahrer, Schneeschuhgeher, Alpinisten, Schneemobilfahrer)
Gewerbe und Industrie	Personenschäden inner- und außerhalb von Betriebsanlagen Zerstörung und Schäden an Betriebsgebäuden und Produktions-einrichtungen Produktionsausfälle und Zerstörung von Mobilien (Gütern)
Öffentlicher Sektor	Personenschäden inner- und außerhalb öffentlicher Gebäude (Einrichtungen) Zerstörung und Schäden an öffentlichen Gebäuden (Ämter, Schulen, Spitäler etc.) und militärischen Anlagen Sperre und Evakuierung öffentlicher Gebäude und Plätze
Natur-, Landschafts- und Kulturgüter, Umweltschutz	Zerstörung und Schäden an Kulturgütern (materiell, immateriell; kulturelles Erbe) Auswirkungen auf wertvolle (geschützte) Naturräume und Landschaftselemente (Naturerbe) Verlust an traditionellen Bewirtschaftungsformen Umweltschäden (unmittelbar oder mittelbar)
Katastrophenschutz	Lawinenwarnung Organisation des Katastrophenmanagements und Einsatzorganisationen Einsatz- und Evakuierungspläne für den Katastrophenfall Schadensregulierung nach Lawinenkatastrophen

Im alpinen Lebensraum traten immer wieder Phasen mit hoher Lawinengefährdung auf, in denen die Benutzung von Verkehrsverbindungen und die Versorgung der Bevölkerung nicht möglich waren. Die bevorzugte Wirtschaftsform der betroffenen Bevölkerung war folglich die Vorratswirtschaft. Für die bäuerliche Bevölkerung stellte es kein Problem dar, die Häuser mehrere Tage nicht verlassen zu können. In den letzten Jahrzehnten ging diese Anpassungsfähigkeit der Bevölkerung infolge der zunehmenden Anforderungen an Wohlstand, Lebensqualität und Mobilität verloren. Durch den Tourismus kommen zudem Menschen in die Alpen, die keine Erfahrung im Umgang mit Lawinengefahren haben. Daraus ist zu schließen, dass das Lawinenrisiko in den Alpen trotz umfangreicher Schutzmaßnahmen insgesamt stark angestiegen ist.

Der Eintritt von Lawineneignissen ist trotz moderner Technologie der Lawinenbeobachtung (siehe Kapitel 12) schwer prognostizierbar, in der Vergangenheit war die Vorhersage ohne technische Hilfsmittel überhaupt nicht möglich. Dies führte zu Irrtümern und Fehleinschätzung von Lawinengefahren; die Folge waren zahlreiche Todesopfer und die Zerstörung von Siedlungen oder Verkehrseinrichtungen. Heute sichern umfangreiche planerische, technische und organisatorische Schutzmaßnahmen (siehe Abschnitt 1.2) die von Lawinen gefährdeten Gebiete. Die sichere Nutzung des alpinen Lebensraums wäre ohne technische Lawinenschutzbauten nicht mehr vorstellbar.

1.2 Technischer Lawinenschutz: Klassifikation und Umfang

1.2.1 Systematik und Wirkung der Maßnahmen

Wie in Abschnitt 1.1 dargestellt wurde, verursachen Lawinen vielfältige Gefahren- und Risikoszenarien, ebenso variantenreich ist das Spektrum der Maßnahmen des Lawinenschutzes. Es hat sich daher in den von Lawinen stark betroffenen Ländern das System des *integralen Lawinenschutzes* etabliert, welches auf einer vollständigen (gesamtheitlichen), für sich stehenden Betrachtung aller möglichen und sinnvollen Schutzkonzepte aufbaut.

Lawinenschutz umfasst in diesem Sinne die Gesamtheit aller Maßnahmen, die im Einzugs- und Wirkungsgebiet einer Lawine ausgeführt werden, um das angestrebte Schutzziel zu erreichen [235]. Dazu zählen nach [187]:

- *aktive Schutzmaßnahmen*, die der Entstehung von Lawinen vorbeugen bzw. direkt auf den Prozess der Lawine einwirken und
- *passive Schutzmaßnahmen*, die die Folgen des nicht direkt beeinflussbaren Gefährdungspotenzials ausschließen oder verringern.

Aktive Schutzmaßnahmen sind geeignet, entweder die Häufigkeit von gefährlichen Lawinenereignissen zu verändern oder den Prozess „Lawine“ direkt zu beeinflussen (Ereignisintensität). Passive Lawinenschutzmaßnahmen bewirken hingegen entweder eine Reduktion der potenziellen Schäden oder der Schadensempfindlichkeit (Vulnerabilität). Lawinenschutzmaßnahmen könnten eine permanente, also dauerhaft bestehende, oder temporäre, also kurzfristige oder auf eine bestimmte Situation abgestimmte Schutzwirkung entfalten [263]. Tabelle 1-2 gibt einen Überblick über die Systematik der Lawinenschutzmaßnahmen.

Tabelle 1-2 Systematik der Schutzmaßnahmen gegen Lawinengefahren

Schutzmaßnahmen			Permanente Wirkung	Temporäre Wirkung
Aktive	vorbeugende Wirkung	Ereignisdisposition beeinflussend	Forstlich-biologische Maßnahmen (Schutzwald, Hochlagenauftorstung) Bauliche Lawinenschutzmaßnahmen: Stützverbau, Verwehungsverbau	Künstliche Lawinenauslösung
		direkt auf den Prozess einwirkend	Bauliche Lawinenschutzmaßnahmen: Auffang- und Bremsverbau, Galerien, Tunnels	Sperre im Akutfall Evakuierung im Akutfall
	Reaktion auf das Ereignis			Sofortmaßnahmen (im Ereignisfall) Katastrophenmanagement
Passive	vorbeugende Wirkung		Rechtliche Maßnahmen (Gebote, Verbote) Gefahrenzonenplanung Planerische Maßnahmen (Raumplanung) Administrative Maßnahmen (Baugenehmigung, Absiedelung) technischer Gebäudeschutz (Objektschutz) Katastrophenschutzplanung	Information (Risikokommunikation) Lawinenprognose Lawinenkommissionen Lawinenwarnung
	Reaktion auf das Ereignis			Vorbereitung Katastrophenmanagement

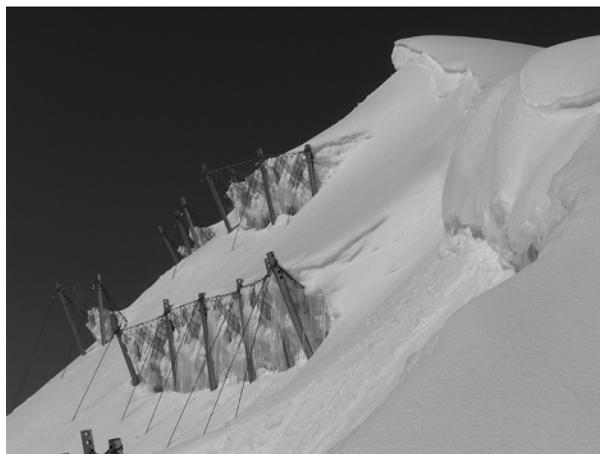
Eine Klassifikation ist auch durch die Einordnung der Lawinenschutzmaßnahmen in die *Modelle des Risikokreislaufs* des Naturgefahren-Managements möglich [242]. Nach [263] zählen zu den Maßnahmen der Bewältigung der Katastropheneinsatz, die Hilfeleistung und der Wiederaufbau, zu den Maßnahmen der Vorsorge die Prävention, die Vorbeugung und die Vorbereitung. Der überwiegende Teil der in diesem Buch behandelten Lawinenschutzmaßnahmen ist der Prävention oder Vorbeugung zuzuordnen.

Systeme eines integralen Lawinenschutzes haben sich in den Alpenländern (Österreich, Schweiz, Frankreich, Italien, Deutschland, Slowenien) sowie in Kanada, den USA, Japan, Norwegen und Island etabliert. In den meisten dieser Länder stellt der Lawinenschutz eine öffentliche Sicherheitsaufgabe (Aufgabe des Staates) dar, die jedoch von den Staaten in sehr unterschiedlichem Umfang wahrgenommen wird. Dies gilt insbesondere für die Finanzierung und Umsetzung des technischen Lawinenschutzes. Auch in den Gebirgsregionen anderer Länder, insbesondere in Tschechien, Polen, der Slowakei, Rumänien, Bulgarien, Spanien, Großbritannien, Russland, der Türkei, den Anden- und Himalaya-Staaten, China und Neuseeland hat in den letzten Jahren die Bedeutung des Lawinenschutzes zugenommen (siehe Abschnitt 13).

1.2.2 Permanenter technischer Lawinenschutz (Baulicher Lawinenschutz)

In der einschlägigen Fachliteratur (z. B. *Margreth* [191], *ONR 24805* [235]) wird technischer Lawinenschutz mit dem permanenten baulichen (strukturellen) Lawinenschutz (im Gegensatz zum temporären technischen Lawinenschutz, siehe Abschnitt 1.2.3) gleichgesetzt, also mit jenen Maßnahmen, deren Wirkung – unabhängig von Jahreszeit oder Lawinengefahr – ständig vorhanden ist. Betrachtet man zunächst die technischen Lawinenschutzmaßnahmen im engeren Sinn, so handelt es sich um *Lawinenschutzbauwerke*, definiertsgemäß also um bauliche Anlagen (ggf. einschließlich maschinereller und elektronischer Bestandteile), die nach [235] in der Ingenieurpraxis auch als „Lawinenverbauung“ bezeichnet werden (Beispiele siehe Bild 1-4a und b).

(a)



(b)



Bild 1-4 Beispiele des baulichen Lawinenschutzes: (a): Lawinenanbruchverbauung mit Schneenetzen (© Sauermoser); (b) Lawinenauffangdämme zum Schutz der Gemeinde Galtür (Tirol) (© Rudolf-Miklau)

Beim baulichen Lawinenschutz stehen nach [191] zwei Strategien im Vordergrund:

- einerseits, die Auslösung von Lawinen durch Abstützung der Schneedecke (Stützverbauung) oder Einschränkung der windbedingten Schneeverfrachtung (Verwehungsverbauung) zu verhindern,
- andererseits eine abstürzende Lawine mit Bauwerken wie Dämmen oder Galerien zu bremsen, aufzufangen oder wegzuleiten (Ablenk- oder Bremsverbauung).

Die erste Gruppe von Maßnahmen wird im Anbruch- oder Nährgebiet der Lawine eingesetzt (Bild 1-4a), die zweite Gruppe in der Sturzbahn oder im Ablagerungsgebiet (Bild 1-4b). Tabelle 1-3 gibt einen Überblick über die Systematik und Wirkungsweise baulicher Lawinenschutzmaßnahmen (Lawinenverbauung). Eine dritte Gruppe ist der *Objektschutz* (technischer Gebäudeschutz), dessen Schutzwirkung sich in der Regel nur auf ein einzelnes Bauwerk (z. B. Wohnhaus, Seilbahnstütze, E-Mast) bezieht. Objektschutzmaßnahmen werden nicht der Lawinenverbauung zugerechnet (siehe Abschnitt 10).

Tabelle 1-3 Überblick über die Maßnahmen des baulichen Lawinenschutzes, gegliedert nach ihrer Wirkungsweise (Funktion) und Lage im Lawinengebiet, erstellt nach [187]

Baulicher Lawinenschutz	Lawinenverbauung				Objektschutz
Verbauungstyp	Verwehungsverbauung	Anbruchverbauung	Auffang- und Bremsverbauung	Ablenkverbauung Überleitungsbauteile	Technischer Gebäudeschutz
Funktion	Bauwerke, die unter Ausnutzung der Windwirkung die Schneebeladung beeinflussen.	Bauwerke, die das Anbrechen von Lawinen verhindern oder kleine Schneebewegungen, die auch in einer Verbauung auftreten können, abbremsen oder auffangen.	Bauwerke, die die Lawinenbewegung vollständig stoppen oder die Lawinengeschwindigkeit reduzieren, um so eine kürzere Auslaufstrecke zu erreichen.	Bauwerke, die die Ableitung der Lawine vom Schutzobjekt oder Überleitung der Lawine über einen Verkehrsweg bewirken.	Das gefährdeten Gebäude (Objekt) wird so ausgebildet, dass die Lawineneinwirkung nur geringe Schäden bewirken kann.
Maßnahmentyp	Trieb- und Schneeaufzäune Kolktafel Schneedüsen	Schneebrücke/-rechen Schneenetz Kombinierte Stützwerke Schneebrücke/-rechen in Holz (Gleitschnee)	Auffangdamm Bremshöcker/-kegel/-keil Lawinenbrecher	Leitdamm Ablenkdamme Lawingalerie Lawintunnel Rohrbrücke	Spaltkeil Ebenhöhe Maßnahmen am Bauwerk
Einsatzbereich	Nährgebiet Anbruchgebiet	Anbruchgebiet	Sturzbahn Ablagerungsgebiet	Sturzbahn Ablagerungsgebiet	Sturzbahn Ablagerungsgebiet

1.2.3 Technischer Lawinenschutz mit temporärer Wirkung

In diesem Handbuch soll der Begriff „technischer Lawinenschutz“ weiter gefasst werden und auch die (aktiven und passiven) technischen Lawinenschutzmaßnahmen mit temporärer Wirkung mit einschließen, also jene Maßnahmen, die vorübergehend ergriffen werden und eine aktuelle Beurteilung der Lawinengefahr (z. B. durch eine Lawinenkommission) voraussetzen.

Dazu zählen insbesondere die Technologien der künstlichen Lawinenauslösung (siehe Abschnitt 11.2.1). Diese Maßnahmen können – auf bestimmte Gefahrensituationen abgestimmt – bauliche Lawinenschutzmaßnahmen ergänzen oder in besonderen Fällen sogar ersetzen. Bei der künstlichen Lawinenauslösung werden Instabilitäten in der Schneedecke durch das Aufbringen von Zusatzlasten dazu genutzt, den Lawinenabgang zum gewünschten Zeitpunkt zu erzeugen. Dadurch soll die Dauer der Gefahrenzeit und somit der Zeitraum einer Sperre (z. B. Straßen, Eisenbahnlinien, Seilbahnen, Skipisten) (siehe Abschnitt 11.2.2) oder Evakuierung (z. B. Gebäude, öffentliche Plätze) (siehe Abschnitt 11.2.3) mög-



Bild 1-5 Künstliche Lawinenauslösung mit dem System Gaz.Ex (© Interfab Snowbusiness GmbH)

lichst gering gehalten werden. Nach [316] stehen heute eine Vielzahl unterschiedlicher Technologien der künstlichen Lawinenauslösung zur Verfügung (z. B. Handsprengung, Sprengschlitten, Sprengung aus Hubschraubern, Lawinensprengbahnen, Lawinenorgeln, Sprengmasten oder Absprengen mit Gaskanonen (Bild 1-5). In Europa kommt die künstliche Lawinenauslösung überwiegend zum Schutz von Skigebieten und – mit Einschränkungen – für Verkehrswände zum Einsatz. Als Maßnahme zum Schutz von Gebäuden (des Siedlungsraums) wird dieser Maßnahmentyp hingegen aus rechtlichen oder sicherheitstechnischen Gründen kaum eingesetzt.

Technische Systeme werden im Lawinenschutz darüber hinaus im Bereich der Lawinenbeobachtung, Lawinenprognose und Lawinenwarnung eingesetzt (passive temporäre Lawinenschutzmaßnahmen). Lawinenbeobachtung und Lawinenprognose (Lawinenwarnung) (siehe Abschnitt 11.3.1) haben erst durch den Einsatz digitaler Messtechnik und computergestützter Prognosemodelle den Charakter technischer Maßnahmen erhalten. Nach [130] dienen diese Methoden der Beurteilung der Lawinengefahr, der Beschreibung des Schneedeckenaufbaus und der Zusammenstellung relevanter Wetterdaten mit dem Ziel der Erstellung des tagesaktuellen Lawinenlageberichts, der eine Prognose der Lawinengefahr mit Regionalbezug bietet. Computerbasierte Prognosemodelle sind hingegen geeignet, die Beurteilung der akuten Lawinengefahr auf lokaler Ebene zu unterstützen, wenn ausreichende Daten bekannter Lawinenereignisse verfügbar sind. Alle diese Instrumente bilden eine unverzichtbare Grundlage für die Entscheidungen von Behörden und Lawinenkommissionen im Akutfall (Sperre, Evakuierung, Räumung). Für Forschungszwecke wird auch die direkte Beobachtung von Lawinen – beispielsweise mit Hilfe von Hochgeschwindigkeitskameras, Dopplerradar oder Geophonen – eingesetzt. Die im Bereich der Lawinenbeobachtung und Lawinenprognose eingesetzten Technologien werden im Kapitel 12 im Detail behandelt.

