

2.9. Lawinen

Walter J. Ammann

Lawinenkatastrophen mit vielen Schadenlawinen verursachen grosse Schäden. In der Schweiz werden sie in der Regel durch rasch aufeinander folgende Nordwest- oder Südostlagen ausgelöst, die heftige Niederschläge mit Neuschneehöhen von weit über 1 m bringen. Im 20. Jahrhundert hat die winterliche Schneedecke bei ausgewählten alpinen Stationen weder eindeutig zu- noch abgenommen. Auch die Schadenlawinenaktivität zeigt keine Veränderung. Eindeutige Prognosen zur Veränderung der Schadenlawinenaktivität als Folge der Klimaänderung sind nicht möglich.

Definition, Bedeutung und Ausmass

Lawinen sind für das Gebirgsland Schweiz eine bedeutende Naturgefahr. Jeden Winter gibt es eine Vielzahl von Lawinen. Als Lawine wird der gesamte Bewegungsvorgang der Schneemassen vom Anrissgebiet über die Sturzbahn bis ins Ablagerungsgebiet bezeichnet. Jede Lawine kann aufgrund von rein äusserlichen, morphologischen Merkmalen im Anrissgebiet, in der Sturzbahn und im Ablagerungsgebiet klassifiziert werden. Lawinen unterscheiden sich zudem wesentlich in ihrer Grösse.

Lawinen mit relativ kleinen beteiligten Schneemassen, kurzen Bahnen und vorwiegend fliessender Bewegungsform treten jeden Winter auf und werden als Schneebrettlawinen bezeichnet. Sie treten über den ganzen Winter zeitlich und räumlich regelmässig verteilt auf. In der Schweiz fallen ihnen im langjährigen Mittel jedes Jahr 23 Personen zum Opfer (vgl. Kapitel 1.6.2.).

Lawinen mit grossen beteiligten Schneemassen und langen – oft einige Kilometer – Sturzbahnen werden Katastrophenlawinen, Grosslawinen oder Tallawinen genannt. Neben Fliesslawinen kommt es dabei häufig auch zu Staublawinen oder zu einer Kombination von beiden. Unter Fliesslawinen versteht man dabei kompakt abstürzende Schneemassen, bei den Staublawinen kommt es zu einer Aufwirbelung und einem Mitreissen der Schneemassen durch die Luft.

Extreme Lawinen treten in einem bestimmten Gebiet relativ selten auf.

Ihre Wiederkehrperiode beträgt 10 bis 30 Jahre, für extrem grosse Lawinen gar über 100 Jahre. Sie werden Schadenlawinen genannt, wenn sie Menschen, Siedlungen und Verkehrswege gefährden. In der Vergangenheit haben sie immer wieder zu grossen Opferzahlen und Sachschäden geführt, zum letzten Mal im Februar 1999. Damals forderten über 1200 Schadenlawinen insgesamt 17 Todesopfer und verursachten Sachschäden von über 600 Mio. SFr.¹ Man spricht dann von eigentlichen Lawinenkatastrophen.

Ursachen und Voraussetzungen

Katastrophensituationen mit sehr vielen, im gleichen Zeitraum und verteilt über ein grosses Gebiet abgehenden Schadenlawinen werden stets von besonderen Wetterlagen verursacht. In der Regel sind es für das Gebiet der Schweizer Alpen eine oder mehrere rasch aufeinander folgende Nordwest- oder Südostlagen, die zu heftigen Schneefällen während mehreren Tagen führen und Neuschneehöhen von weit über 1 m verursachen. Solche Wetterlagen können während des ganzen



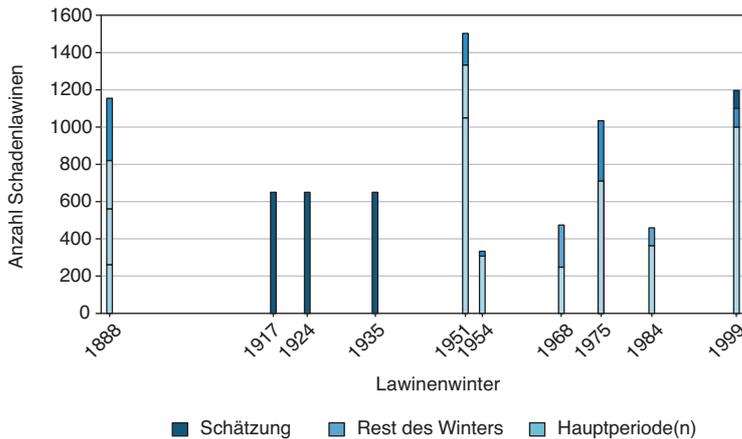


Abbildung 44: Die katastrophalen Lawinenwinter in den Schweizer Alpen seit 1887/88. Als Vergleichskriterium dient die Anzahl Schadenlawinen. Als Schadenlawine wird sowohl eine Lawine gezählt, die z.B. einen Alpstall beschädigt, als auch eine Lawine, die ein Haus zerstört oder eine Nationalstrasse verschüttet. Die Balken sind jeweils unterteilt in die Hauptlawinenperioden. 1888 gab es drei markante Lawinenperioden (zwischen Mitte Februar und Ende März), 1951 waren es zwei (im Januar und im April). Die Angaben für 1916/17, 1923/24 und 1934/35 sind geschätzt.^{2,3}

Winters von Dezember bis April auftreten, aber nicht alle dieser Starkschneefälle führen zwangsläufig auch zu einer katastrophalen Lawinensituation. Im Lawinenwinter 1999 verursachten die ergiebigen Schneefälle während des Monats Februar gebietsweise akkumulierte Neuschneehöhen von über 5 m.¹ Oft sind solche Niederschlagsperioden mit stürmischen Winden verbunden, was zu umfangreichen Verfrachtungen des Neuschnees und vor allem in kammnahen Steilhängen zu zusätzlichen Schneeakkumulationen führt. In solchen Situationen können Grosslawinen entstehen mit Anrissmächtigkeiten, d.i. die Dicke der losbrechenden Schneeschicht, von mehreren Metern, mit Anrissbreiten bis über 1 km sowie einem losbrechenden Volumen von bis zu 1 Mio. m³ Schnee.

Das Anrissgebiet von Grosslawinen liegt in der Regel deutlich über der Waldgrenze. Im Lawinenwinter 1999 lag es im Mittel auf etwa 2300 m.¹ Grosslawinen stürzen mit sehr hohen Geschwindigkeiten zu Tal: Bei Fliesslawinen werden über 100 km/h erreicht und bei Staublawinen gegen 300 km/h. Die zerstörerische Kraft von Grosslawinen ist sehr gross. Es können Drücke bis zu 1000 kN/m² entstehen. Gegen diese Kräfte ist ein Schutz von Bauwerken illusorisch. Die abstürzenden Schneemassen verlieren entlang der Sturzbahn Energie durch Reibungsvorgänge. Weil die Reibung zwischen den abgleitenden Schnee-

massen und dem Boden gering ist, werden Fliesslawinen aber erst in flachem Gelände bei weniger als 12° Hangneigung abgebremst. Die Reichweite und der zerstörerische Einfluss einer Lawine ist deshalb sehr gross.

Bei frühlinghaften Bedingungen oder wenn Regen in die Schneedecke eindringt, kann die Lawinenaktivität ebenfalls steigen. Diese Nassschneelawinen haben aber einen grösseren Reibungswiderstand zu überwinden. Deshalb ist ihre Reichweite im Vergleich zu den trockenen Hochwinterlawinen bedeutend kürzer, auch wenn die Kubaturen der abstürzenden Schneemassen vergleichbar sind.

Historische Lawinenkatastrophen und allfällige Trends

Lawinenwinter in der Vergangenheit

Katastrophale Lawinensituationen, die mit dem Lawinenwinter 1999 vergleichbar sind, ereigneten sich im Winter 1950/51 mit 95 Todesopfern⁴ und im Winter 1887/88 (Abbildung 44). Aber auch aus früheren Jahrhunderten sind ähnliche Katastrophen-Situationen verteilt über den gesamten Alpenraum bekannt.⁵

Für den Zeitraum nach 1500 sind grosse Lawinenereignisse mit zunehmender Vollständigkeit dokumentiert. Ab 1888 sind alle grösseren Schadenereignisse erfasst. Davor sind die Aufzeichnungen selektiv und unvollständig. Seit 1945 werden alle gemeldeten Schadenlawinen einzeln in einem Schadenlawinen-Archiv des SLF registriert. Diese Datenbasis ermöglicht eine detaillierte Übersicht über die zeitliche und räumliche Verteilung der Schadenlawinen im Gebiet der Schweizer Alpen. Kombiniert mit meteorologischen Daten kann die Wahrscheinlichkeit von Schadenlawinen bei gewissen Witterungssituationen abgeschätzt werden. Dazu wurden im Rahmen des NFP31⁵ für die Stationen Andermatt, Bever und Davos möglichst weit zurückreichende meteorologische Datenreihen zusammengetragen. Diese Stationen liegen ungefähr auf gleicher Höhe (ca. 1500 m) in klimatisch unterschiedlichen

Regionen der Schweizer Alpen. Angaben zur Mächtigkeit der Schneedecke mit täglicher Auflösung existieren für Davos seit 1896, für Bever seit 1910 und für Andermatt seit 1947.

Basierend auf diesen Daten wurde die Entwicklung der Schneedecke im 20. Jahrhundert untersucht. Für die Station Davos wurde auch ein potentieller Schadenlawinenaktivitäts-Parameter berechnet, der nur von meteorologischen Daten abhängt. Die wichtigsten Schlussfolgerungen der Auswertungen sind (vgl. auch Abbildung 45):

- Die Schneehöhe ist von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich. Ein eindeutiger zeitlicher Trend ist aber nicht feststellbar, vermutlich deshalb, weil die mittlere Wintertemperatur auch heute noch deutlich unter 0°C liegt. Die letzten Jahre waren an den untersuchten Stationen bezüglich der Schneehöhe nicht aussergewöhnlich. Bezüglich der mittleren Schneehöhe ist in den 1990er Jahren ein leicht abnehmender Trend feststellbar. Schneearme Jahre traten gehäuft aber bereits auch in den 1920er Jahren auf.
- Die Schadenlawinenaktivität hat z.B. in Davos weder zu- noch abgenommen (vgl. Abbildung 45).
- Schadenereignisse haben ein regional beschränktes Ausmass. Während der vergangenen 600 Jahre wurde noch nie der gesamte schweizerische Alpenraum gleichzeitig von einer Lawinenkatastrophe heimgesucht. Es lässt sich kein Trend zu verstärkter oder verminderter Lawinenaktivität erkennen.

Schutzmassnahmen und Schadenausmass

Bereits nach dem Lawinenwinter 1887/88 wurde mit ersten Lawinenverbau-Massnahmen zum Schutz von Siedlungen vor Lawinen begonnen. Anfänglich wurden Blocksteinmauern zur Terrassierung der Hänge gebaut, später vor allem Stützverbauungen aus Stahl zur Stabilisierung der Schneemassen im Anrissgebiet. Diese Anstrengungen wurden nach dem Katastrophenwinter 1950/51 massiv verstärkt. Bis heute hat der Bund rund 1.5 Mrd. SFr. in den baulichen Lawinenschutz investiert.

Das grosse Schadenausmass im Lawinenwinter 1999 darf nicht dazu verleiten, die in den letzten Jahrzehnten getätigten Schutzmass-

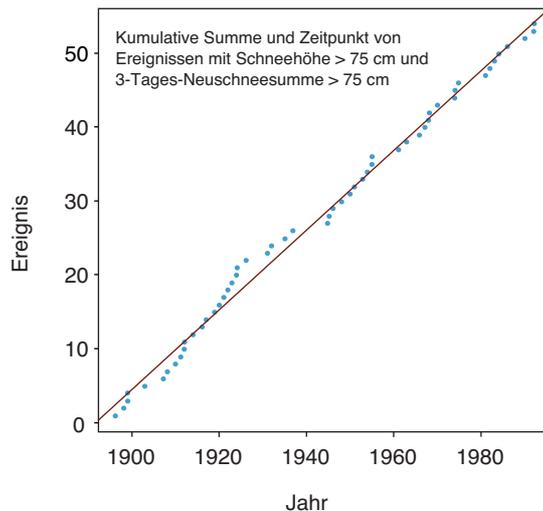


Abbildung 45: Summe und Zeitpunkt der Ereignisse mit Schneehöhe und 3-Tages-Neuschneesumme je grösser als 75 cm. Die gerade Linie zeigt den mittleren Trend von 1896–1993 für Davos. Potentiell lawinenaktive Zeitabschnitte sind steiler als lawinenarme.⁵

nahmen in Frage zu stellen. Im Gegenteil: die seit vielen Jahren in enger Zusammenarbeit von Gemeinden, Kantonen und Bund verrichtete Präventionsarbeit hat ihre Bewährungsprobe bestanden! Die Verletzlichkeit von Menschen und Sachwerten hat seit 1950/51 um ein Vielfaches zugenommen und das Risiko ist somit gestiegen.¹ Trotzdem waren 1999 etwa sechsmal weniger Todesopfer zu beklagen als 1950/51. Die Sachschäden stiegen im Vergleich zu den Versicherungssummen für Bauten und Infrastrukturanlagen nur leicht überproportional an. Dank technischer, raumplanerischer und organisatorischer Massnahmen, aber auch dank der grossflächigen Schutzwirkung der schweizerischen Gebirgswälder konnten die Schäden in Grenzen gehalten werden.

Einfluss der Klimaänderung

Extreme Lawinensituationen entstehen als Folge ausserordentlicher Wetterlagen, die oberhalb von rund 1200 m während einiger Tage massive Schneefälle verursachen.

Als Folge der Klimaänderung wird in Zukunft eine Erwärmung der mittleren Lufttemperatur sowie eine Zunahme der Winterniederschläge und der Häufigkeit extremer Wetter-situationen im Winter erwartet. Bisher existieren nur wenige Studien, die zudem ausschliesslich den Einfluss der Temperaturerhöhung auf die

Schneedecke und die Lawinenaktivität untersuchen.⁶ Der Einfluss anderer Veränderungen und ihres Zusammenwirkens auf die Schneebedeckung und die Lawinenaktivität ist noch nicht untersucht. Somit sind nur qualitative Abschätzungen möglich⁷:

- (a) Die Schneefallgrenze wird als Folge der Erwärmung um einige hundert Meter ansteigen. Der Einfluss der Erwärmung führt isoliert betrachtet zu weniger mächtigen und kürzeren Schneebedeckungen.⁶
- (b) Andererseits führt die Zunahme der Winterniederschläge oberhalb der Waldgrenze, d.h. in potentiellen Lawinenanrissgebieten, zu mächtigeren Schneedecken. Passiert die Niederschlagszunahme hauptsächlich während einer ausserordentlichen Wetterlage und nicht verteilt über den ganzen Winter, wird das Potential für eine extreme Lawinensituation gegenüber heute vergrössert.
- (c) Heute führt im Winter etwa jede dritte ausserordentliche Wetterlage auch zu einer extremen Lawinensituation.¹ Mit der Zunahme der Häufigkeit von ausserordentlichen Wetterlagen während der Wintermonate steigt damit auch die Wahrscheinlichkeit, dass in einem Winter eine extreme Lawinensituation auftritt.
- (d) In tieferen Lagen kann häufigerer Regen auf eine vorhandene Schneedecke vermehrt Nassschneelawinen verursachen. Solche

Situationen treten aber bereits heute im Frühling auf, weshalb das Risiko kaum zunehmen wird.

- (e) Generell dürfte mit der Klimaerwärmung das Gleiten der Schneedecke auf dem bewachsenen Boden ausgeprägter werden, was zu vermehrten Gleitschnees Schäden an Vegetation und Boden führen könnte.

-
- 1 SLF, Der Lawinenwinter 1999 – Ereignisanalyse. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, 588 S., 2000.
 - 2 Quelle: SLF-Schadenlawinendatenbank.
 - 3 Calonder G. P., Ursachen, Wahrscheinlichkeit und Intensität von Lawinenkatastrophen in den Schweizer Alpen, Diplomarbeit Geographisches Institut der Universität Zürich, 1986.
 - 4 SLF, Schnee und Lawinen in den Schweizeralpen im Winter 1950/51, Winterbericht des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, Davos, Nr. 15, SLF Davos, 1952.
 - 5 Schneebeil M., M. Latenser, P. Föhn und W. Ammann, Wechselwirkungen zwischen Klima, Lawinen und technischen Massnahmen, Schlussbericht NFP31, vdf, Zürich, 132 S., 1998.
 - 6 Föhn P. M. B., Climatic change, snow-cover and avalanches, CATENA, Supplement 22, 11–21, 1992.
 - 7 Ammann W. J. and V. Stöckli, Economic consequences of climate change in Alpine regions: Impact and mitigation. In: Steiniger K. and H. Weck-Hannemann [eds.], Global environmental change in Alpine regions, impact, recognition, adaptation and mitigation, Edward Elgar Publishing, London, 2002.