



Walter Wildi, O. Adrian Pfiffner

Auf den Spuren folgenschwerer NATUREREIGNISSE IN DER SCHWEIZ

Mit 25 geologischen Exkursionen

Haupt

Walter Wildi, O. Adrian Pfiffner

AUF DEN SPUREN FOLGEN- SCHWERER NATUREREIGNISSE IN DER SCHWEIZ

Mit 25 geologischen Exkursionen

: Haupt

Verdankungen

Für ihren Beitrag zum Gelingen dieses Buches, und vor allem für Fotos, danken wir:

Hans Bühler, Netstal; Pierre Corboud, Genève; Andreas Fischer, Archäologie und Museum Baselland; Martin Forter, Basel; Christoph Graf, WSL; Kantonspolizei Glarus; Kantonspolizei Graubünden; André Lambert, Baden; Roberto Loat, Planat; Christoph Nänni, Tiefbauamt Graubünden; Jean-Luc Loizeau, Genève; Charles Paris, Médiathèque Valais, Martigny; Bruno Petroni, Tamedia; Christian Pfammatter, Steffisburg; Police cantonale du Valais; Jean-Pierre Quinodoz, Les Haudères; Hans Jakob Reich, Salez; Joe Rohrer, Luzern; Christian Schlüchter, Bern; Schweizer Erdbebendienst, Zürich; Lambert Zufferey, WSL.

Mit der Unterstützung von:



Legat Dr. Joachim Giacomi



Verein UNESCO-Weltnaturerbe
TektonikArena Sardona



Vischnanca burgaisa Domat
Bürgergemeinde Domat/Ems

Bürgergemeinde Domat/Ems

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
2 Naturgefahren und Extremereignisse	8
3 Erdbeben	10
4 Vulkanismus	20
5 Klimawandel	24
5.1. Eine kurze Klimageschichte der Nacheiszeit	24
5.2. Gletschergeschichte des Holozäns	30
6 Gravitative Prozesse	40
6.1. Bergstürze	40
6.2. Felsstürze	77
6.3. Hangrutsche	82
6.4. Murgänge	95
6.5. Lawinen	102
7 Hochwasser, Überschwemmungen, Dürren und Seespiegelschwankungen ..	106
7.1. Hochwasser	106
7.2. Dürreperioden	116
7.3. Seespiegelschwankungen	118
8 Rückschau und Zusammenfassung	122
Glossar	128
Bibliografische Referenzen	130

1 Einleitung

Naturkatastrophen und Extremereignisse begleiten die Geschichte und das Leben der Menschen. Dabei kennt die Natur keine Katastrophen, sondern nur Prozesse und Ereignisse, die mehr oder weniger intensiv sind und mehr oder weniger stark ausfallen. Katastrophen definieren wir in Relation zu unserem Empfinden. Die natürlichen

Prozesse, von geologischen Prozessen wie Erdbeben bis hin zu Wetter- und Klimaprozessen, folgen ihrer eigenen Logik, entweder angetrieben durch Kräfte innerhalb der Erde, insbesondere im Zusammenhang mit der Plattentektonik, oder durch äußere Kräfte, die oft astronomischen Ursprungs sind. Die Ereignisse können periodisch oder

6



▲ Abbildung 1-1 Erdbeben von Basel am 18. Oktober 1356. Karl Jauslin, 1842–1904
(© Wikimedia Commons, https://de.wikipedia.org/wiki/Basler_Erdbeben_1356#/media).

zyklisch sein, z.B. verbunden mit der Saisonalität (Meteorologie). Das Auftreten anderer Ereignisse ist durch eine Wahrscheinlichkeit gekennzeichnet (z.B. Erdbeben), und der genaue Zeitpunkt ihres Auftretens lässt sich nicht vorhersagen. Ereignisse einer dritten Kategorie (z.B. Felsstürze und Hangrutsche) sind die Folgen anderer Vorkommnisse, wie Wetterumschwünge, das Schmelzen eines Gletschers oder Erdbeben.

Diese rationale Wahrnehmung der Ereignisse ist nicht jene der Gesellschaften der Vergangenheit, wie F. Walter (2008) in seinem Buch «Katastrophen, eine Kulturge schichte» treffend beschreibt. Während einer langen Zeit brachten die Menschen extreme Ereignisse gemäss ihrem Glauben mit göttlichen Launen in Verbindung. Das Verhalten der Menschen war damals stark von Respekt und Angst vor dem Göttlichen und den Naturgewalten geprägt.

Im Empfinden der Menschen wechseln «gute Jahre» mit «schlechten Jahren» ab. Wenn wir die Presse und die sozialen Netzwerke verfolgen, so bewegen wir uns derzeit auf eine Periode «schlechter Jahre» zu, was mit den Auswirkungen der fortschreitenden globalen Klimawende zusammen hängen soll.

Während unseres Geologiestudiums haben wir gelernt, dass die Landschaften, wie sie sich heute unseren Augen präsentieren, zum einen durch langsame, sich wiederholende natürliche Prozesse und zum anderen durch die Auswirkungen von Extremereignissen entstanden sind, die von sehr kurzer Dauer sein konnten, von wenigen Sekunden (Erdbeben) bis zu wenigen Tagen (Wetterereignisse). Logischerweise müssen wir die Spuren dieser extremen Ereignisse der Vergangenheit in der Natur wiederfinden.

In diesem Buch suchen wir nach Spuren, welche Naturkatastrophen und Extremereignisse in unserer Landschaft hinterlassen haben, und schlagen Exkursionen (Feldbesuche) vor, um die Aussagen zu veranschaulichen. Es handelt sich jedoch nicht um eine systematische Bestandsaufnahme, sondern vielmehr um eine illustrierte Erzählung. Diese ist durch Publikationen dokumentiert, deren Referenzen im Text und in der Bibliografie angegeben sind. Die im Text erwähnten Lokalitäten, die sich für einen Besuch eignen, sind durch ihre Koordinaten lokalisiert.

Im folgenden Text zeichnen die Autoren für Textübersetzungen. Dieses Buch erscheint auch in französischer Sprache (Pfiffner & Wildi 2025) bei Editions Slatkine.

3 Erdbeben

Ein Erdbeben ist ...

Wir übernehmen hier die Definition der Erdbeben, wie sie auf in einer der meistbetroffenen Regionen der Schweiz, dem Wallis, verwendet wird (<https://www.vs.ch/de/web/seismes/lexique>).

Ein **Erdbeben** resultiert aus der Freisetzung von Energie, die bei der ruckartigen Entspannung von Kräften, welche durch die Verschiebungen und Reibungen der verschiedenen Platten der Erdkruste angehäuft werden (Phänomene, die unter dem Namen Plattentektonik zusammengefasst sind). Die meisten Erdbeben werden vom Menschen nicht wahrgenommen. Das Herz eines Erdbebens wird Hypozentrum genannt. Es liegt irgendwo zwischen der Oberfläche und einem Punkt in bis zu 700 Kilometern Tiefe. Vom Epizentrum eines Erdbebens, das den Punkt auf der Erdoberfläche bezeichnet, der senkrecht über dem Hypozentrum liegt, wird häufiger gesprochen.

Die **Magnitude** beziffert die Energie, die während eines Erdbebens freigesetzt wird. Sie kann durch die instrumentelle Messung von Bodenbewegungen berechnet werden. Die Magnitudenberechnung wurde ursprünglich 1935 von Charles Richter entwickelt, daher spricht man noch heute von der Richterskala. Auf einer Richterskala ist der Anstieg der Energie nicht linear, sondern exponentiell. Wenn also die Stärke um 1 zu-

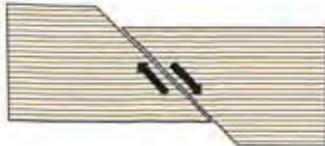
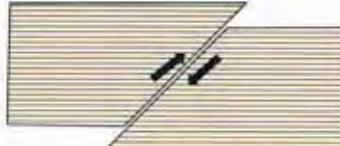
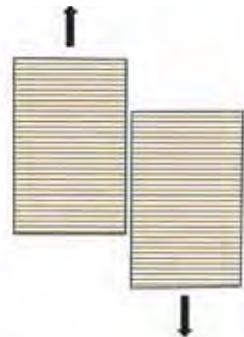
nimmt, ist die freigesetzte Energie etwa 30-mal grösser. Die Magnitude eines Erdbebens wird mit einem Seismografen gemessen. Im Wallis fand das letzte grosse Erdbeben 1946 statt. Das Epizentrum lag in der Region Siders, die Magnitude lag bei etwa 6,1 auf der Richterskala.

Die Skala für die **Intensität** eines Erdbebens wurde ursprünglich vom Vulkanologen Giuseppe Mercalli gegen Ende des 19. Jahrhunderts vorgeschlagen und 1931 in die MSK-Skala umgewandelt.

Tektonische Störungen (Verwerfungen)

Die meisten Erdbeben werden durch Bewegungen an Verwerfungen ausgelöst, wenn sich zwei Gesteinskompartimente entlang einer Bruchfläche relativ zueinander bewegen und dabei Energie zwischen den beiden Kompartimenten freigesetzt wird (Abb. 3-1). Die Energie des Erdbebens geht aus der elastischen Entspannung des Gesteins bei einem Bruch entlang der Verwerfung hervor.

Ein anderer Mechanismus ist für die Erdbeben von Vulkanen verantwortlich. Es handelt sich dabei um den «Tremor», der von dem in den Schloten aufsteigenden Magma erzeugt wird.

Aufschiebung**Abschiebung****Blattverschiebung**

▲ Abbildung 3-1 Beben auslösende Mechanismen an tektonischen Verwerfungen.

Erdbeben in der Schweiz

Der **Schweizerische Erdbebendienst** (SED) registriert Erdbeben, deren Epizentrum auf oder in der Nähe des Schweizer Territoriums liegt. Laut SED (<http://www.seismo.ethz.ch/de/home>) werden in der Schweiz jedes Jahr zwischen 1'000 und 1'500 Erdbeben registriert, von denen 10 bis 20 von den Einwohnern gespürt werden. Die Erdbeben werden seit Ende des 19. Jahrhunderts mit Seismografen aufgezeichnet. Für frühere Ereignisse gibt es schriftliche Aufzeichnungen und davor natürliche Archive, wie zerbrochene Stalagmiten und Stalaktiten in Höhlen oder gestörte Seesedimente.

Die Epizentren der Erdbeben sind nicht gleichmässig über das Land verteilt. Die Gebiete mit der höchsten Seismizität sind entweder mit dem Rheingraben im Norden der Stadt Basel und der Verlängerung der Grabenverwerfungen in Richtung Süden, in den Jura, oder mit bestimmten Gebieten in den Alpen verbunden: Wallis und Rhone-

tal oberhalb des Genfersees, Mittelbünden und Engadin, Gebiet auf der Achse von Sarnen bis Sargans.

Erdbeben, die Schäden an Gebäuden verursachen, sind in der Schweiz selten, aber es gibt sie, und sie können jederzeit ohne Vorwarnung auftreten. Der SED hat die folgende Liste der wichtigsten historischen Erdbeben in der Schweiz erstellt (Tab. 3-1).

Für zwei historische Erdbeben werden im Folgenden die Spuren im Gelände verfolgt: Für das Erdbeben von Basel im Jahr 1356 und für das Erdbeben von Siders von 1946. Erdbeben haben in der Vergangenheit zu grösseren Rutschungen in Seen und zur Auslösung von Tsunamis geführt. Siehe hierzu die Ausführungen in Kapitel 7.3.

▼ Tabelle 3-1 Die zehn stärksten historischen Erdbeben in der Schweiz, ihre Magnitude und Intensität laut Schweizerischem Erdbebendienst (SED).

Datum	Ort	Magnitude	Intensität
18.10.1356	Basel (BS) mit starken Nachbeben	6,6	IX
03.09.1295	Churwalden (GR)	6,2	VIII
25.07.1855	Stalden-Visp (VS) mit starken Nachbeben	6,2	VIII
11.03.1584	Aigle (VD) mit starken Nachbeben	5,9	VIII
18.09.1601	Unterwalden (NW)	5,9	VIII
04.1524	Ardon (VS)	5,8	VII
25.01.1946	Sierre (VS) mit starken Nachbeben	5,8	VIII
09.12.1755	Brig-Naters (VS)	5,7	VIII
10.09.1774	Altdorf (UR)	5,7	VII
03.08.1622	Ftan (GR)	5–4	VII

Das Erdbeben von Basel vom 18. Oktober 1356

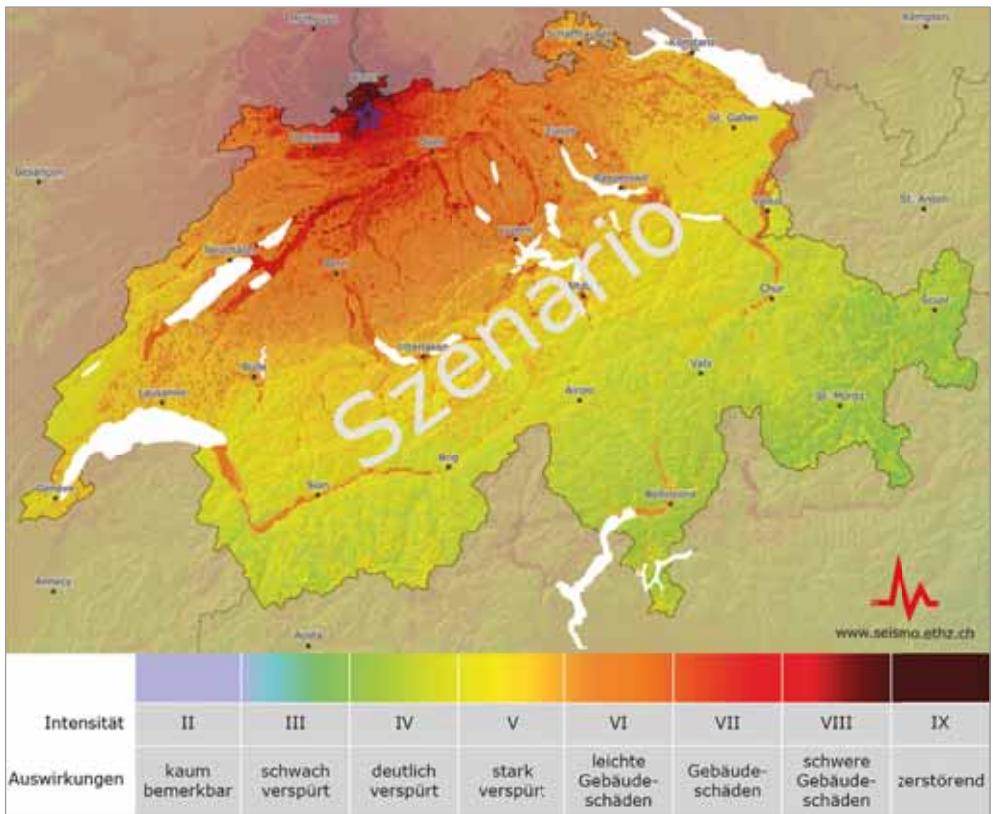
Am 18. Oktober 1356 ereigneten sich um 16 Uhr und 17 Uhr Vorbeben, gefolgt vom Hauptbeben, am Abend um 22 Uhr. Ein grosser Teil der Stadt und ihrer Kirchen wurde zerstört (Abb. 1-1). Die Schätzungen der Anzahl der Todesopfer schwanken je nach Autor zwischen 100 und 1'000.

Das Beben hatte eine Intensität zwischen VIII und X, eine geschätzte Magnitude von 6,6 und einen Schadensradius von etwa 400 km (Abb. 3-2). Laut Grathoffs Bericht (siehe Literaturangabe unten rechts) wurden 63 Schlösser und Burgen in den umliegenden Gebieten beschädigt oder zerstört (Beispiele: Abb. 3-6, 3-7).

Dieses Beben, das mit der Absenkung des Rheintalgrabens zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald zusammenhing, war weder das erste noch das letzte in der Region Basel. Der Schweizerische Erdbebendienst erwähnt beispielsweise die Möglichkeit, dass die römische Garnison in Augusta Raurica um das Jahr 250 von einem grossen Ereignis betroffen war.

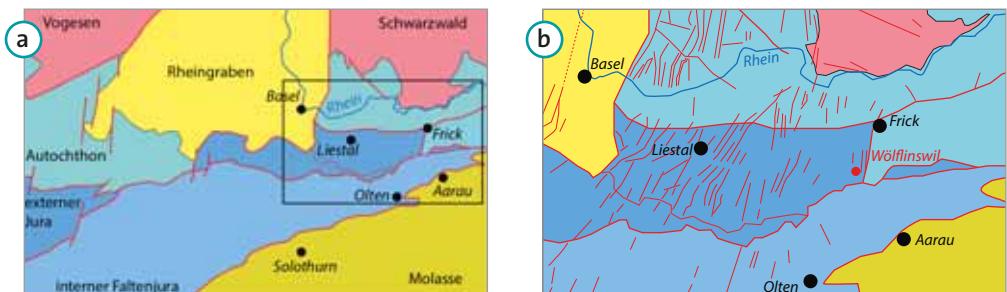
Die Erdbeben von Basel sind Teil einer langen geologischen Geschichte, die bis ins Oligozän, vor etwa 30 Millionen Jahren zurückreicht. In dieser Zeit begann sich der Oberrheingraben zu bilden. Dieser Graben entstand durch eine E-W gerichtete Streckung der europäischen Platte, begleitet von einem Absinken, was bis südlich von Basel sichtbar ist (Abb. 3-3). Die Verwerfungen dieses Grabens setzen sich in südlicher und südwestlicher Richtung im Jura fort. Ihr Verlauf ist in der Landschaftsmorphologie deutlich zu erkennen. Allerdings lassen sich die Verwerfungen nur selten an der Oberfläche beobachten, wie es zum Beispiel in Wölflinswil (Abb. 3-3, 3-4), am Rande des tektonischen Grabensystems, der Fall ist.

(Bibliografie: Stefan Grathoff: Das Grosse Beben von Basel im Jahr 1356. www.regionalsgeschichte.net/bibliothek/aufsaetze/grathoff-erdbeben-basel.html)



▲ Abbildung 3-2 Das «Basler Beben» heute: Zu erwartende «ShakeMap» (Erdbebenkarte) bei einem Beben bei Basel mit einer Magnitude von 6,6 (©Schweizerischer Erdbebendienst, 28.02.2024).

13



▲ Abbildung 3-3 a-b Tektonische Karte des Rheintalgrabens mit Sedimentfüllung (gelb), Vogesen und Schwarzwald (rot), Tafeljura (hellblau), Faltenjura (blau); Inset: Fortsetzung der Verwerfungen (rote Linien) im Tafeljura und im Faltenjura sowie Lokalisierung der Wölflinswiler Verwerfungen von Abb. 3-4 (Karte: ©swisstopo).

5 Klimawandel

5.1 Eine kurze Klimageschichte der Nacheiszeit (Holozän, seit 11'760 Jahren)

24

Vor etwas 23'000 Jahren zeigten die Alpengletscher der sogenannten Würm- oder Birrfeld-Vereisung ihre letzte maximale Ausdehnung, gefolgt von einer langen Schmelzperiode («Gletscherrückgang», Preusser et al. 2011). Jüngsten Untersuchungen von Eisbohrkernen aus dem grönländischen Eisschild zufolge war der Übergang zum Holozän vor 11'700 Jahren durch eine starke globale Erwärmung gekennzeichnet (Stuiver et al. 1995, https://de.wikipedia.org/wiki/Holoz%C3%A4n#cite_note-8). Die Klimageschichte der darauffolgenden Nacheiszeit wird von mehreren, kurz dauernden Kaltzeiten geprägt (Mayewski et al. 2004). Von Paläobotanikern wird das Holozän anhand der Entwicklungsgeschichte der Vegetation in fünf Perioden (Präboreal, Boreal, Atlantik, Subboreal und Subatlantik) unterteilt. Vereinfacht lässt sich das Holozän dreiteilen: Das Frühe Holozän (Greenlandian) 11'7000 bis 8'176 BP¹, das Mittlere Holozän (Northgrippian) 8'176 bis 4'200 BP und das Späte Holozän (Meghalayan) von 4'200 BP bis heute.

In Abb. 5-1 ist die zeitliche Abfolge von Temperaturschwankungen, abgeleitet aus den Eisbohrkernen aus Grönland (Stuiver et al. 1995), den globalen Kaltzeiten (Mayewski et al. 2004), den alpinen Kalt- und Warmzeiten sowie Perioden mit nass-kühlem Klima (nach Joerin et al. 2006 und Hormes et al. 2001), zusammengestellt. Eingetra-

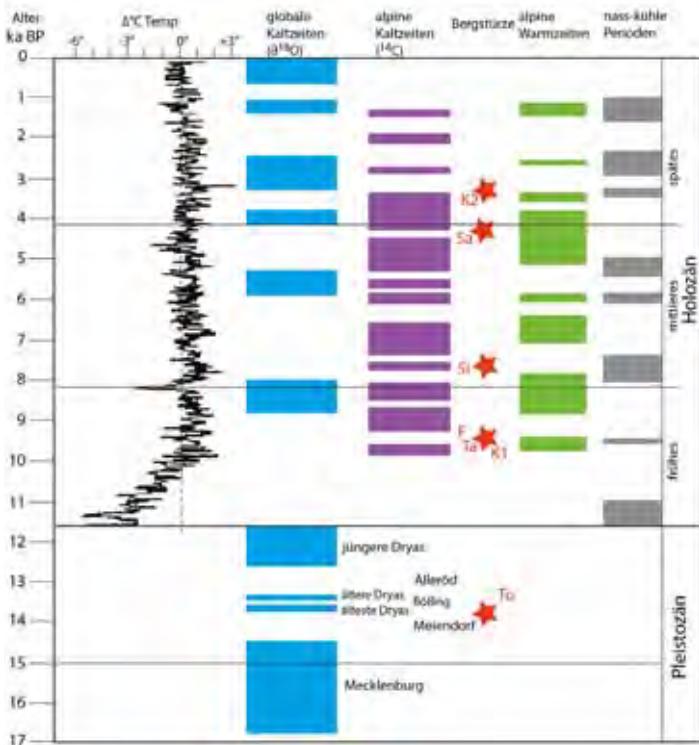
gen sind auch die grossen Bergstürze in der Schweiz, welche im nächsten Kapitel näher diskutiert werden. Die Quervergleiche zwischen den verschiedenen Datensätzen ergeben scheinbare Widersprüche, weil das globale Klima nicht streng mit dem lokalen Klima übereinstimmen muss. Zusätzlich sind alle Messwerte auch mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Die aus den Eisbohrkernen ermittelten Temperaturen schwanken nach der Erwärmung im Frühen Holozän um etwa 1 °C, sind aber im Mittleren Holozän deutlich höher als im Späten Holozän.

Für die Periodizität der Schwankungen wird auch die Sonnenaktivität verantwortlich gemacht. Kurze Zyklen der Sonnenaktivität haben Perioden von 86,5 und 210 Jahren, die alle 1'470 Jahre zu einer maximalen Überlagerung führen. Diese sogenannten Dansgaard-Oeschger-Zyklen (Mogesen 2009) haben jedoch ein relativ schwaches Signal. Die Klimaschwankungen im viel länger dauernden Pleistozän werden durch Milanković-Zyklen erklärt. Diese Zyklen haben mit der Erdbahngeometrie zu tun und haben längere Perioden: ca. 25'780 Jahre durch die Präzession der Erdrotationsachse, 112'000 Jahre durch die Präzession der Apsiden (Periheldrehung), 41'000 Jahre für die Ekliptigschiefe (Neigung der Erdachse) und 405'000 Jahre für die Exzentrizität der Erdbahn um die Sonne.

¹BP (before present), bezeichnet Alter, das in Anzahl von Jahren ausgedrückt ist, gezählt bis zum Jahr 1950 des gregorianischen Kalenders. Dieses Datum wurde als Referenzjahr festgelegt, da es mit den ersten grösseren Atomtests zusammenfiel, die den Gehalt an Kohlenstoff-14 in der Atmosphäre veränderten.

► Abbildung 5-1

Tabellarische Zusammenstellung der globalen und alpinen Klimageschichte des Holozäns. Die Kurve des Temperaturverlaufs links stammt von grönländischen Eisbohrkernen (Stuiver et al. 1995), die globalen Kaltzeiten aus einer Kompilation von Majewski et al. (2004), die alpinen Kalt- und Warmzeiten aus Joerin et al. (2006), die Perioden mit nass-kühlem Klima aus Hormes et al. (2001). Grosse Bergstürze in den Alpen: To (Totalp), K1 (älterer Kandersteg), Ta (Tamins), F (Flims), Si (Siders), Sa (Salez), K2 (jüngerer Kandersteg).



Definitionen (nach Ch. Pfister 1988):

- **Wetter:** momentaner Zustand der Atmosphäre.
- **Wetterlage:** Ein längerfristiger Zustand, dessen Dauer sich aus einer bestimmten Wetterlage ergibt.
- **Klima:** «... ist die für einen Ort, eine Landschaft oder einen grösseren Raum typische Zusammenfassung der atmosphärischen Bedingungen und meteorologischen Prozesse in Erdnähe, die die Erdoberfläche über einen längeren Zeitraum beeinflussen, mit einer charakteristischen Verteilung

der häufigsten, mittleren und extremen Werte.»

- **Klimawandel:** «... eine Verschiebung der atmosphärischen Zirkulation, die die charakteristische Verteilung der häufigsten, mittleren und extremen Werte auf eine deutlich erkennbare Weise verändert.»

Für Informationen, Wettervorhersagen und das Klima in der Schweiz: www.meteosuisse.admin.ch.

Exkursionen

Moränen von Reuss- und Linth-Limmat-Gletscher der letzten Eiszeit (Würm- oder Birrfeld-Eiszeit): Endmoränenkranz des Reuss-Gletscher und Drumlinzirkus von Schwand (Mellingen, ZG)

Die Endmoränen der letzten grossen Eiszeit (Würm- oder Birrfeld-Eiszeit) bilden in den Tälern des zentralen und östlichen Mittellandes markante Hügelzüge, die quer zum Talverlauf liegen. Besonders schöne Moränenzüge finden sich etwa im Suhre-, Reuss- und Limmattal.

Die Exkursion über den **Endmoränenkranz des Reuss-Gletschers in Mellingen** ist in einem kompakten geologischen Wanderführer beschrieben (Wildi 2017 a, <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:97019>).

Zur Wanderung: Mellingen kann man mit Bahn und Bus namentlich aus Baden leicht erreichen. Die hier vorgeschlagene Marschroute geht vom südwestlichen Ausgang der Altstadt (Bushaltestelle) aus. Aber man kann auch am SBB-Bahnhof Mellingen–Heitersberg in die Exkursion einsteigen. Die vorgeschlagene Wanderstrecke entspricht etwa 3 Stunden Marschzeit. Es ist aber unumgänglich, noch etwa eine weitere Stunde für die Betrachtung der Gletscherlandschaft hinzuzuzählen.

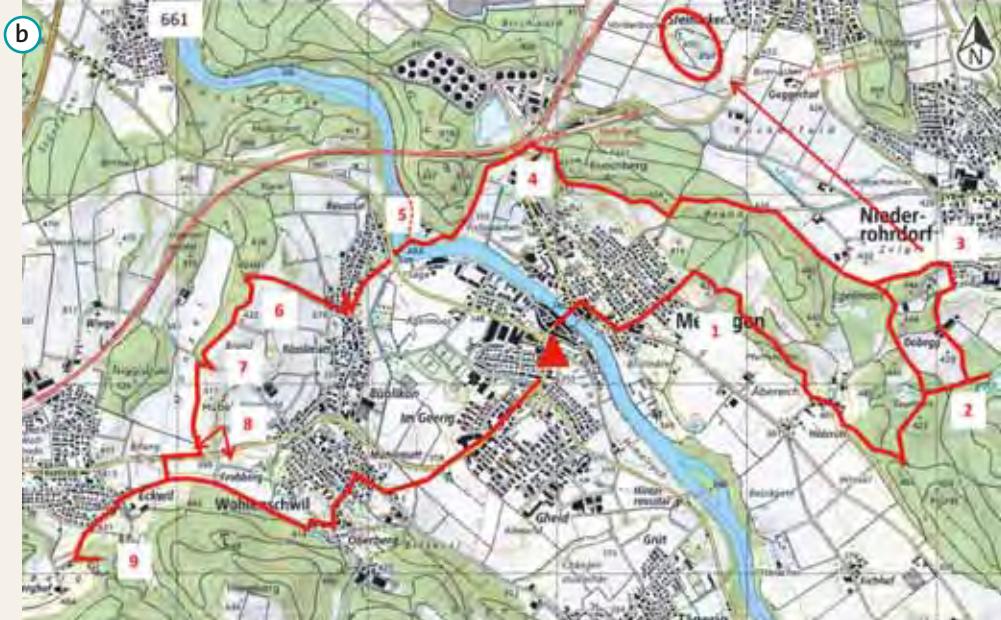
Station 1: Moränenwall mit scharfer Krete, topografischer Punkt 424. Von Mellingen folgt man dem Wanderweg Richtung Busslingen–Remetschwil. Der Aussichtspunkt liegt auf der rechten Seitenmoräne des Reuss-Gletschers der letzten Kaltphase, vor 20'000 Jahren. Er erlaubt einen weiten Rundblick, von den Alpen der Zentralschweiz und dem oberen Aargauer Reusstal im Süden, zum Ausfluss der Reuss aus dem Becken der ehemaligen Gletscherzunge. Die Stadt Mellingen liegt im Zentrum des Gletscherbeckens auf See- und Flussablagerungen.

Station 2: Von der Station 1 zur Station 2 folgt man weiter dem Wanderweg Richtung Süden und biegt 450 m nach dem Weiler Holzrüti scharf links auf die Waldstrasse Richtung Niederrohrdorf ab. Bald durchquert man die Feuchtzone des Taumoo- ses und erreicht schlussendlich die offenen Wasserflächen der Teiche des Torfmooses. Diese Feuchtgebiete innerhalb der Moränen des Reuss-Gletschers entstanden, als der Reuss-Gletscher zu Beginn seines Abschmelzens vor 20'000 Jahren Eislinsen (sogenanntes «Toteis») zurückliess, sodass das Schmelzwasser die Depressionen in der Landschaft nicht mit Sedimenten füllen konnte. In der Glaziologie werden diese Depressionen Toteislöcher («Kettle-Holes») genannt. Während der folgenden Warmzeit, dem Holozän, verlandeten diese Zonen allmählich doch oder füllten sich mit Torf. Die offenen Wasserflächen wurden teilweise nachher wieder aufgegraben.

Station 3: Nach dem Besuch der «Kettle-Holes» führt die Wanderung in abwechs-



▲ Abbildung 5-2 a Findlingsgruppe auf der Moräne von Mellingen.



▲ b Exkursionskarte über die Endmoränen des Reuss-Gletschers bei Mellingen (©swisstopo).

lungsreichen Moränenlandschaften weiter in Richtung Nordwesten bis zum Buechberg. Die weite Ebene zwischen Moränenwällen und den ersten Häusern von Niederrohrdorf, das Rückerfeld, ist eine Schwemmebene von Kies und Sand, welche durch die aus dem Gletscher austretenden Schmelzwasser aufgeschüttet wurde. Auf der geologischen Karte werden diese Ablagerungen als «Gletscherrandschotter» bezeichnet. Beim Blick über diese Schwemmebene in nordwestlicher Richtung erkennt man eine symmetrische Geländekuppe, welche die Ebene und einen sanften Moränenhügel überragt, den «Boll». Diese Kuppe besteht aus Moränenmaterial und wird einem älteren Moränenwall zugeordnet. Sie wurde nach der Ablagerung nochmals durch den Gletscher überfahren und erhielt so ihre Form.

Station 4: Die Station liegt am Waldeingang gleich oberhalb eines Wendeplatzes. Eine Informationstafel weist auf ein Naturreservat hin und zeigt, dass die vielseitige

Moränenlandschaft von Mellingen auch für Fauna und Flora von Bedeutung sein kann.

Station 5: Beim Fussgänger- und Radsteg über die Reuss tritt der Fluss in den engen Durchbruch durch die Stirnmoräne der letzten Eiszeit ein. Wie oben bereits erwähnt, befand sich das Gletschertor bereits am Ende der Eiszeit an dieser Stelle. Wer einen Abstecher dem Uferweg entlang wagt, wird etwas unterhalb dieser Stelle bei nicht allzu hohem Wasserstand grosse erratische Blöcke im Flussbett entdecken.

Station 6: Vom Fussgänger- und Radfahrersteg über die Reuss erfolgt der Aufstieg zur Frontmoräne des Reuss-Gletschers im Westen des Städtchens Mellingen. Auf der Krete der Moräne folgt man dem Strässchen Richtung Süden bis zur markanten Kuppe des topografischen Messpunktes 422. Hier bietet sich eine schöne Übersicht über das Zungenbecken des Reuss-Gletschers an.

Exkursion

Gletscherrückgang des Mer de Glace-Gletschers von der Kleinen Eiszeit bis heute

Die Tour beginnt in der Nähe des Hubschrauberlandeplatzes von Chamonix-Les Praz, nordöstlich der Stadt, etwa 15 Gehminuten vom Bahnhof Les Praz entfernt, (Abb. 5-3 c). Gutes Schuhwerk und die Fähigkeit, 500 m auf zum Teil recht steilen und steinigen Pfaden aufzusteigen, sind erforderlich. Diese Tour zeigt die Moränenwälle und die tiefe Gletscherschlucht des Arveyron, des subglazialen und proglazialen Flusses des Mer-de-Glace-Gletschers, von der Kleinen Eiszeit bis heute.

Überqueren Sie zunächst die Brücke über den Arveyron und biegen Sie rechts ab (Abb. 5-6 c). Bei der Ferme d'Ortha überquert die Strasse den Abfluss des Wasserkraftwerks, das einen Teil des Wassers des subglazialen Flusses des Mer-de-Glace-Gletschers nutzt. Etwa 500 m nach der Brücke kommen Sie zur Haltestelle 1.

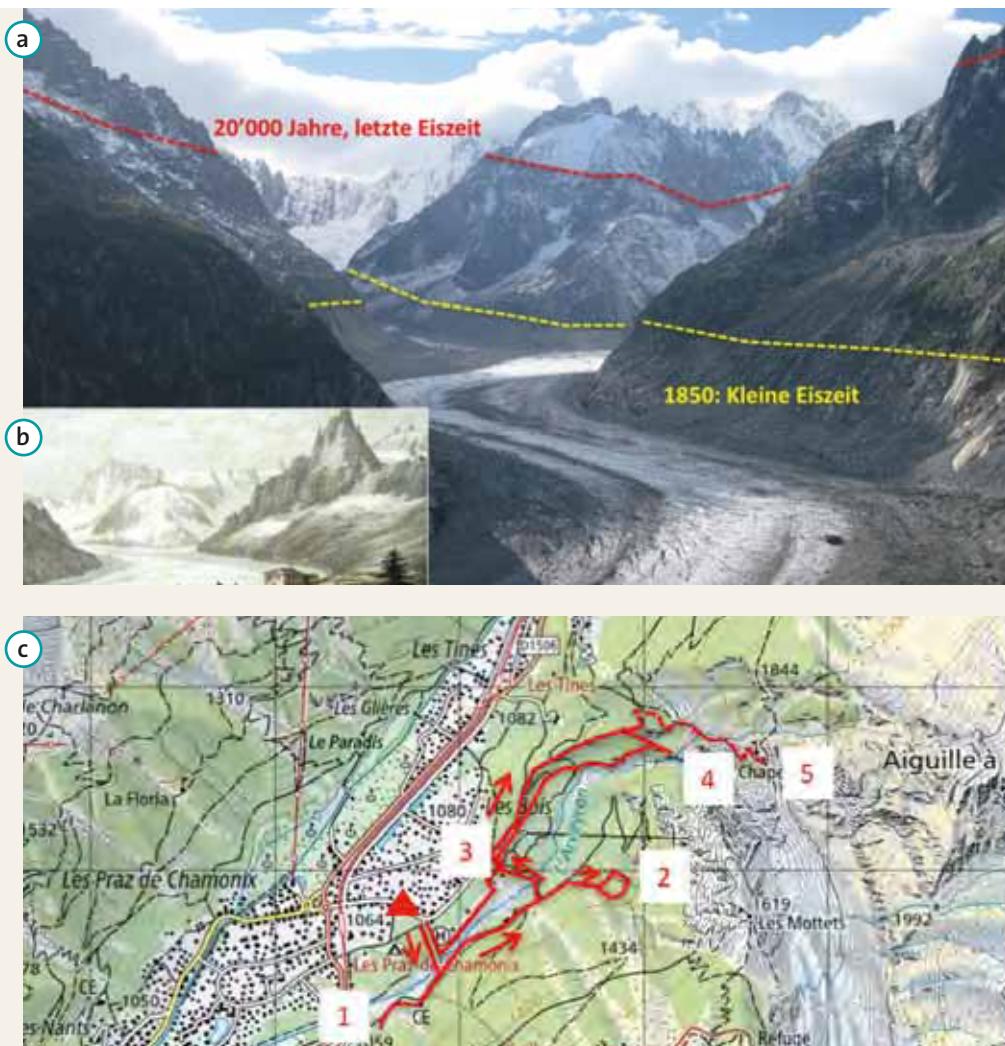
Haltestelle 1, Pierre d'Ortha: Es handelt sich um einen Granitblock, der aus dem zentralen Teil des Mont-Blanc-Massivs stammt. Dieser erratische Block wurde von der Gletscherzungе des Mer-de-Glace-Gletschers am Ende der letzten Eiszeit, während des Dryas III-Vorstosses (ca. 10'700–8'700 Jahre v. Chr.), abgelagert. Dieser Granitblock ist eines der Argumente, die die grosse Ausdehnung der Gletscher während der letzten Eiszeit beweisen. Er wurde lange Zeit für Bauzwecke genutzt, wie man an den Spuren erkennen kann, die Meissel und Hammer bei der Bearbeitung hinterlassen haben. Von der Pierre d'Ortha aus folgt man der kleinen Strasse («Chemin des carrières») am orografisch linken Ufer des Arveyron flussaufwärts. Nach fast 1,5 km weist eine Holztafel auf die «carrières» (Steinbrüche) hin.

Haltestelle 2, Steinbrüche («carrières»):

Bei den Steinbrüchen handelt es sich um Werkstätten, die auf einer Moräne des Mer de Glace lagen. Im 17. Jahrhundert nutzten die Einwohner diese Granitblöcke für Bauarbeiten in der Stadt Chamonix. Die Blöcke wurden zunächst in eine provisorische Form gebracht, bevor sie in die Stadt transportiert wurden. Diese Arbeit wird auf Tafeln entlang eines kurzen Rundwegs im Wald erklärt. Der Besuch dauert etwa eine halbe Stunde. Von den «carrières» kehrt man zurück zu einem Bauernhaus und überquert den Fluss Arveyron über eine kleine Brücke.

Haltestelle 3, Gletscherfront zur Zeit des Maximums der Kleinen Eiszeit: Die Auswandschungsebene (Sandur) des Mer-de-Glace-Gletschers während der Kleinen Eiszeit erstreckt sich vom Heliport bis zur Grenze des Waldes, wo Moränenwälle aus riesigen Granitblöcken die maximale Ausdehnung des Mer-de-Glace-Gletschers während der Kleinen Eiszeit markieren. Die Morphologie dieser Wälle ist chaotisch; heute bedeckt ein junger Wald das gesamte Gebiet. Sodann steigt man auf einem der gut ausgeschilderten Wanderwege zu den Gorges de l'Arveyron auf. Der Weg folgt dem Moränenkamm der grössten Ausdehnung des Eisstroms.

Haltestelle 4, Gorges de l'Arveyron: Nach 30 bis 40 Minuten erreicht man die felsige Plattform der Gorges de l'Arveyron. Von diesem Felsvorsprung aus hat man einen schönen Blick auf die Schlucht, die durch das Schmelzwasser des Arveyron während der letzten Eiszeit entstanden ist. Von hier aus erkennt man auch deutlich den Unterschied zwischen Flusserosion in der steilen Schlucht, glazialer Politur an den Talschul-



▲ Abbildung 5-6

a Mer-de-Glace 2014, Ausdehnung des Gletschers während des Maximalstandes der letzten Eiszeit vor 20'000 Jahren und während der Kleinen Eiszeit um 1850 (Foto: W. Wildi, Wildi 2014).

b Montenvers und Mer-de-Glace während der Kleinen Eiszeit
[\(\[http://www.glaciers-climat.fr/Mer_de_glace/La_Mer_de_glace.html\]\(http://www.glaciers-climat.fr/Mer_de_glace/La_Mer_de_glace.html\)\).](http://www.glaciers-climat.fr/Mer_de_glace/La_Mer_de_glace.html)

c Exkursionskarte zum Abschmelzen des Gletschers nach der Kleinen Eiszeit.

tern und Frostspaltung an den Felsen der höheren Gipfel. Der Aufstieg zum «Le Chapeau» ist steil und dauert etwa eine Stunde.

Haltestelle 5, Le Chapeau: Von der Terrasse dieses Rastplatzes auf 1576 m ü. M. hat man

einen schönen Blick auf die Gletscherfront des Mer de Glace, etwa 200 m unterhalb, im Gletschertal, und auf die rezenten und aktuellen Moränenrücken und Gletscherseen.

6 Gravitative Prozesse

40

In diesem Kapitel befassen wir uns mit natürlichen Prozessen und von der Schwerkraft gesteuerten Ereignissen, die zahlreiche Spuren in den Landschaften und vor allem in den Alpen hinterlassen haben:

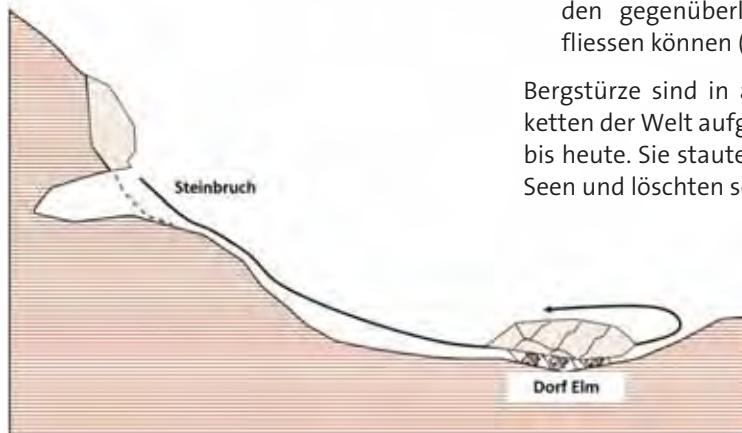
- ▶ Bergstürze
- ▶ Felsstürze
- ▶ Hangrutsche
- ▶ Murgänge
- ▶ Lawinen

6.1 Bergstürze

Grosse Bergstürze können wie folgt charakterisiert werden:

- ▶ grosse bis gigantische Gesteinsmengen von mindestens 1 Million m³, die in Form von intern zerstörten Massen mit hoher Geschwindigkeit (bis etwa 100 km/h) von steilen Bergflanken losbrechen und abstürzen;
- ▶ dank ihrer Geschwindigkeit und der enormen potenziellen Energie können sich diese Gesteinsmassen über grosse Entfernungen bewegen, vom steilen Hang in die Ebene des Talbodens, wo sie sich ausbreiten und manchmal sogar den gegenüberliegenden Hang hoch fliessen können (Abb. 6-1).

Bergstürze sind in allen grossen Gebirgsketten der Welt aufgetreten, von der Urzeit bis heute. Sie staute Flüsse, verursachten Seen und löschten schon ganze Dörfer aus.



▲ Abbildung 6-1 Schematische Darstellung eines Bergsturzes am Beispiel des Bergsturzes von Elm im Jahr 1881. Der Bergsturz wurde durch unsachgemäßen Abbau im Steinbruch ausgelöst.

Exkursion



▲ Abbildung 6-2

a Bergsturz von Goldau von 1806, Ansicht von Südosten, Zugensee

(© Triner, Josef Franz Xaver Leontius; Lory, Mathias Gabriel, 1806, Schweizerische Nationalbibliothek).

b Exkursionskarte zum Bergsturz von Goldau; Tierpark Goldau (Karte: © swisstopo).

41



Bergsturz von Goldau

Der Bergsturz von Goldau bildet das bewaldete Relief im Osten des Dorfes. Zur Illustration empfehlen wir den Besuch des Natur- und Tierparks gleich nördlich des Bahnhofs Arth-Goldau (Zugang im Norden des Parkes, an der Parkstrasse 38). Der Park ist gruppiert um einen Hügel, der aus

Bergsturzmaterial besteht, insbesondere aus riesigen Blöcken von Nagelfluh (grobes Konglomerat aus den abgestürzten Molassefelsen des Rossbergs). Im Westen finden sich kleine Bergsturzseen (<https://www.tierpark.ch>, Abb. 6-2 b).

6.5 Lawinen

In der komplexen Welt der Lawinen lassen sich vereinfachend drei Haupttypen unterscheiden (Abb. 6-49).

Staublawinen (Abb. 6-50)

Staublawinen sind die Rennwagen unter den Lawinen. Sie werden bis zu 300 km/h schnell. Eine Staublawine kann sich aus einer Schneebrettlawine entwickeln. Wenn diese einen langen Weg den Abhang hinab hat und dieser sehr steil ist, vermischt sich der aufgewirbelte Schnee mit Luft. Diese riesige Schneewolke fliesst zu Tal und die Druckwelle, die sie vor sich her schiebt, hat eine enorme Zerstörungskraft.

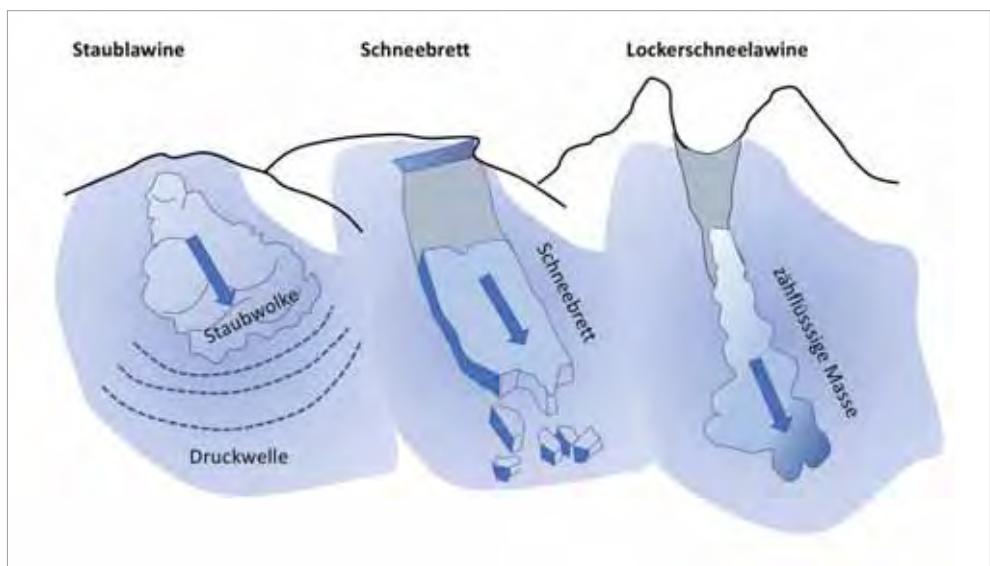
Zum Glück sind grosse Staublawinen relativ selten und haben somit für Schneesportler eine eher geringe Bedeutung. Diese Lawinen sind es allerdings, die in den Lawinenwintern 1951 und 1999 die grössten Zerstörungen in den Alpen angerichtet haben.

Kalte Schneeflocken sind leicht und bilden eine Schneedecke mit einer geringen Dichte von 50–150 kg/m³. Es bedarf grosser Schneemengen, damit eine Lawine ausgelöst werden kann.

Schneebrettlawinen

Sie sind die typische Schneesportlerlawine. Das heisst, sie werden oft von Skifahrerinnen oder Snowboardern ausgelöst. Schneebrettlawinen gehen im Bruchteil von Sekunden los. An einer Kante im gut verfestigten Schnee (oben im Bild) löst sich das Schneebrett und gleitet meist auf einer darunterliegenden Schneeschicht hangabwärts. Typisch für Schneebretter ist die scharfe Anrikkante, welche mehr als einen Meter mächtig sein kann.

Schneebrettlawinen können Geschwindigkeiten von bis zu 80 km/h erreichen. Die Dichte der Schneebretter liegt oft bei 300 kg/m³, während die Schichten, auf denen sie liegen, eher bei 100 kg/m³ bleiben.



▲ Abbildung 6-49 Schematische Darstellung der drei wichtigsten Lawinentypen (vereinfacht nach <https://paysgrandbrianconnais.fr/girn/les-risques-naturels-en-montagne/titre-par-defaut>).



▲ Abbildung 6-50 Staublawine an den Breithornzwillingen (©ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv/
Fotograf: Huss, Matthias / Hs_1458-GK-B014-2006-0006 / CC BY-SA 4.0)

Lockerschneelawinen

Lockerschneelawinen beginnen an einem Punkt und breiten sich von dort aus birnenförmig aus, indem der abrutschende Schnee immer mehr Schnee mitreisst. Lockerschneelawinen gehen oft während oder kurz nach einem Schneefall oder bei starker Erwärmung ab. Sie können sowohl in nassem als auch in trockenem Schnee entstehen. Lockerschneelawinen lösen sich oft spontan. Sie fordern weniger als 10% der Lawinenopfer und diese oft im Sommer, wenn Bergsteiger im steilen Gelände mitgerissen werden und abstürzen. Löst ein Schneesportler eine Lockerschneelawine aus, so wird er normalerweise nicht verschüttet, weil sie unter ihm abgeht.

Lockerschneelawinen können viel festes Material mit sich führen: abgerissene Böden, Steine, Bäume und Sträucher. In ihrem Ablagerungsgebiet bilden sich daher Kegel mit typischer Morphologie, die sich gut an

die Hänge anlehnken. Da diese Böden nur wenig durchlässig sind, fließen die Bäche in den Lawinenzügen oberflächlich ab und versickern nur wenig (Abb. 6-47). In der warmen Jahreszeit können Lawinenrinnen auch von Murgängen befahren werden.

Lawinen sind in der Schweiz heute die häufigste Todesursache durch Naturereignisse (Tabelle 2-1). Obwohl jeder Winter eine Reihe von Ereignissen mit sich bringt, sind es vor allem die extremen Winter, die sich in das kollektive Gedächtnis eingraviert haben, wie zum Beispiel der Lawinenwinter 1950–51, dem «schrecklichen Winter», der 265 Menschen in der Schweiz, Österreich und Italien das Leben kostete; sodann der Winter 1966–67 (Abb. 6-51 a) und der «schreckliche» Winter 1999, mit vielen Verschütteten in der Schweiz (Abb. 6-51 b), Frankreich, Österreich und in geringerem Masse auch in Italien (Fauchère 2002).



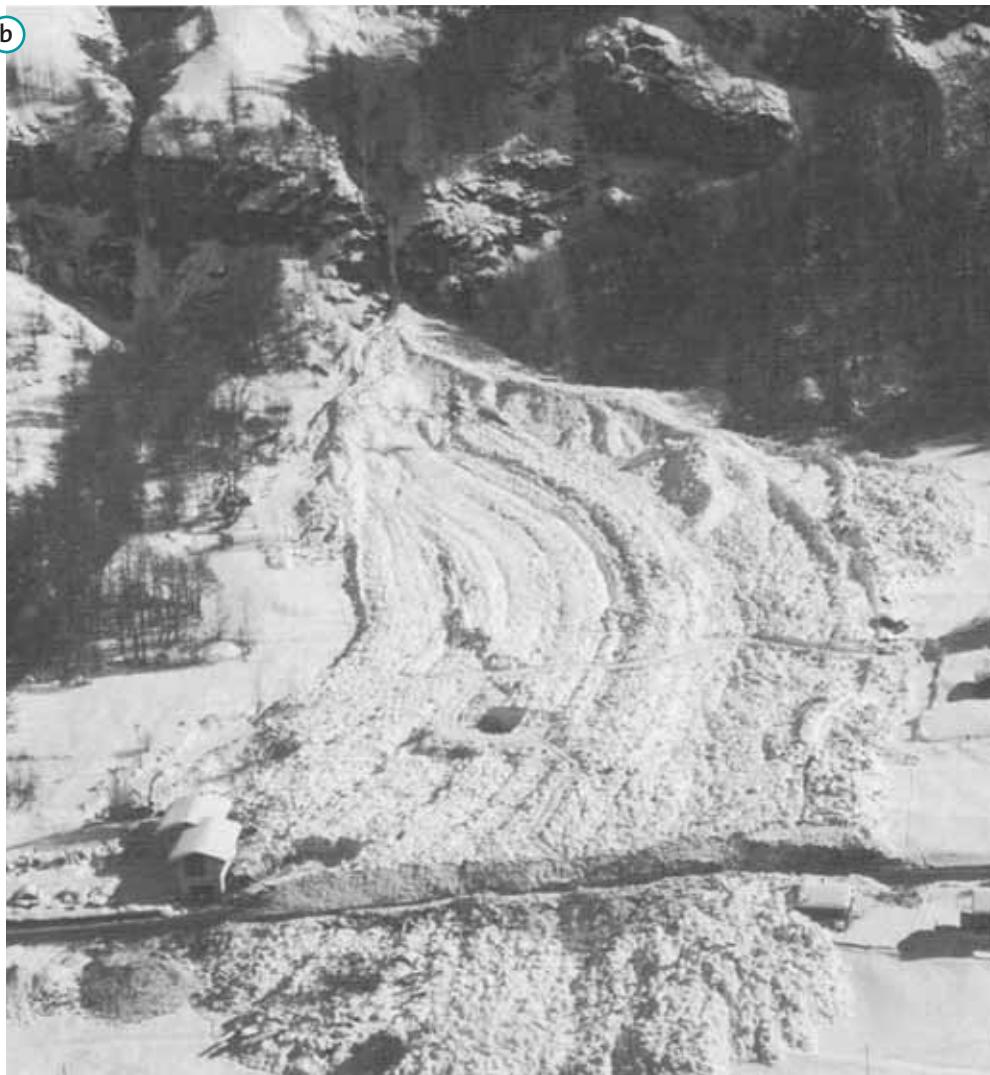
Abbildung 6-51

- ▲ a Lawinenwinter 1966/67, Davos,
©ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Fotograf: unbekannt / Dia_292-4682 / CC BY-SA 4.0).
- b 21. Februar 1999, Lawinen in Evolène (Wallis), Avalanche de la Confrarie
(©Jean-Pierre Quinodoz, Les Haudères, in A. Fauchère 2002).

In der Schweiz überwacht das *Institut für Schnee- und Lawinenforschung* (SLF) die Schneedecke und erstellt die Lawinenbulletins mit einer Prognose zur Lawinengefahr. Die durch das Institut publizierte Statistik (<https://www.slf.ch/de/lawinen/>

[unfaelle-und-lawinen/langjaehrige-statistiken](#)) weist für die Periode von 1936 bis 2023 ein Mittel von 23 Lawinentoten pro Jahr aus. Dies verstärkt die Aussagen von Badoux et al. (2016).

b



105

Exkursion

Besuch am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos

Das WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos offeriert öffentliche und Gruppenführungen (mit Kostenbeitrag): <https://www.slf.ch/de/ueber-das-slf/fuehrungen/exkursionsfuehrer-schnee-und-eis>.

Exkursionsführer können über folgende Adresse bestellt werden: <https://www.slf.ch/de/ueber-das-slf/fuehrungen/exkursionsfuehrer-schnee-und-eis>.

Prof. hon. Dr. *Walter Wildi* studierte Geologie an der ETH Zürich, wo er im Jahr 1978 doktorierte. Nach längerer beruflicher Tätigkeit am Service Géologique du Maroc und Forschungsprojekten an der ETH Zürich, der Université de Paris 6 und der Université de Fribourg, wurde er im Jahr 1986 zum Professeur Ordinaire an der Universität Genf berufen. Hier unterrichtete er bis 2013 namentlich in den Fachbereichen Erdgeschichte, Geomorphologie, Glazialgeologie und Umweltgeologie.

Prof. Dr. *Adrian Pfiffner* studierte und doktorierte an der ETH Zürich. Nach Aufenthalten in Vancouver (Kanada) und Neuenburg wurde er 1987 als Professor an die Universität Bern berufen. In seinen Forschungen beschäftigt er sich mit dem Bau und der Entstehung von Gebirgen. Hierzu analysiert er Gesteinsproben im mikroskopischen Bereich sowie die Tiefenstruktur wie auch die Oberflächenformen von Gebirgen. Fallbeispiele stammen aus der gesamten Welt.

1. Auflage: 2025

ISBN 978-3-258-08418-3

Umschlag, Gestaltung und Satz: tiff.any GmbH, D-Berlin

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright © 2025 Haupt Verlag, Bern

Jede Art der Vervielfältigung ohne Genehmigung des Verlags ist unzulässig.

Kein Teil dieses Werkes darf in irgendeiner Weise für das Training von Technologien oder Systemen der künstlichen Intelligenz verwendet oder vervielfältigt werden. Die Verwendung der Inhalte für das Text- und Data-Mining ist untersagt.

Wir drucken mit mineralölfreien Farben und verwenden FSC®-zertifiziertes Papier. FSC® sichert die Nutzung der Wälder gemäß sozialen, ökonomischen und ökologischen Kriterien.

Gedruckt in der Tschechischen Republik

144

Diese Publikation ist in der Deutschen Nationalbibliografie verzeichnet. Mehr Informationen dazu finden Sie unter <http://dnb.dnb.de>.

Der Haupt Verlag wird vom Bundesamt für Kultur für die Jahre 2021–2025 unterstützt.



© Shutterstock, Huza Studio

Sie möchten nichts mehr verpassen?

Folgen Sie uns auf unseren Social-Media-Kanälen und bleiben Sie via Newsletter auf dem neuesten Stand.

www.haupt.ch/informiert



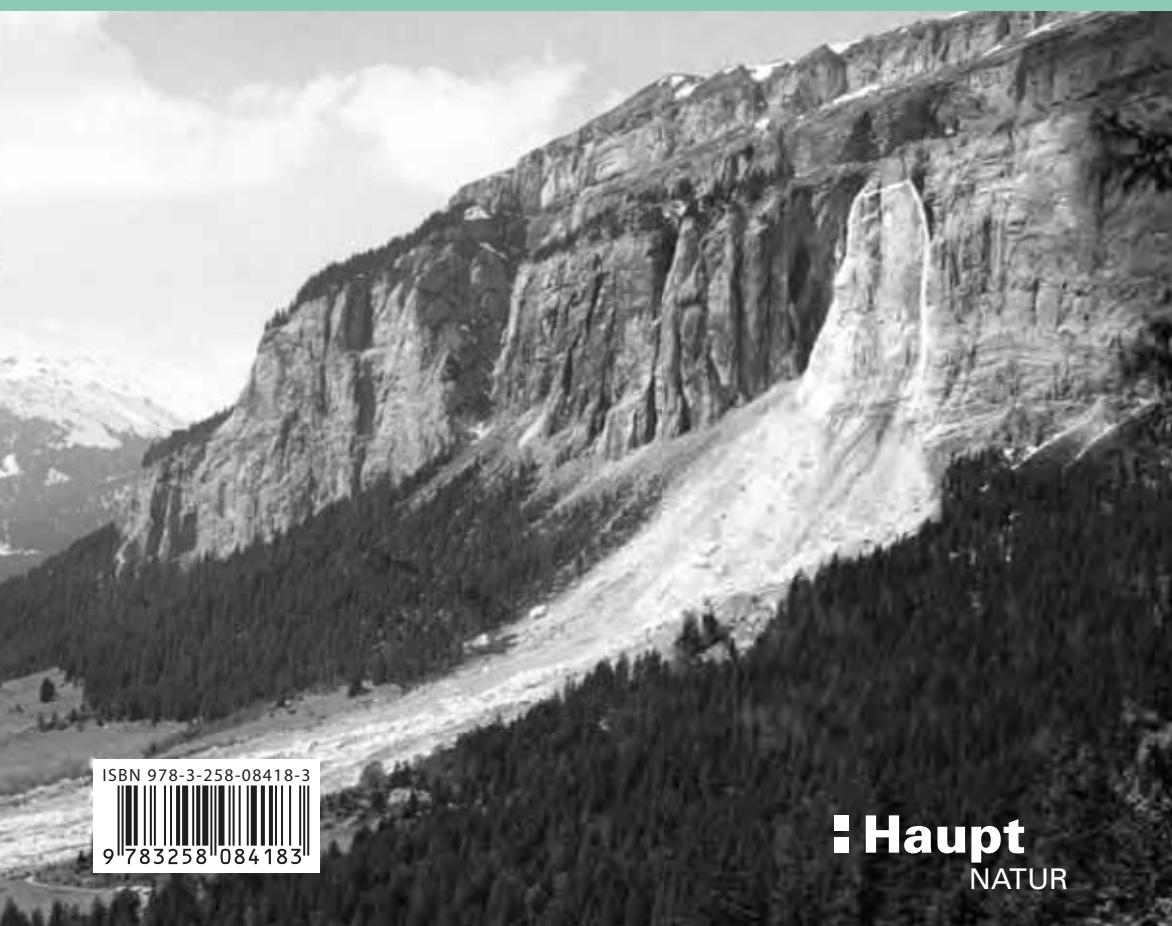
Wir verlegen mit Freude und großem Engagement unsere Bücher. Daher freuen wir uns immer über Anregungen zum Programm und schätzen Hinweise auf Fehler im Buch, sollten uns welche unterlaufen sein.

Haupt Verlag AG
Falkenplatz 14
3012 Bern
SCHWEIZ
herstellung@haupt.ch

www.haupt.ch

Verantwortlich in der EU (GPSR):
Brockhaus Kommissionsgeschäft GmbH
Kreidlerstr. 9
70806 Kornwestheim
DEUTSCHLAND
haupt@brocom.de

Erdbeben, Berg- und Felsstürze, Hangrutschungen, Murgänge, Überschwemmungen und Lawinenniedergänge – die Schweiz ist ein gebirgisches Land, das auch heute noch von der Alpenbildung beeinflusst wird. Dies führt dazu, dass es in unregelmässigen Abständen zu geologischen Extremereignissen kommt. Sie können Menschenleben kosten und bleiben zuweilen lange im kollektiven Gedächtnis bestehen. Noch viel länger prägen sie aber die Landschaften, in denen sie stattfinden. Die Autoren gehen den Spuren geologischer Extremereignisse seit dem Ende der letzten Eiszeit vor etwa 10'000 Jahren und in der jüngsten Vergangenheit nach und illustrieren sie anhand von zahlreichen Beispielen. 25 Exkursionsvorschläge motivieren dazu, sie im Gelände aufzuspüren und mehr über die uns umgebende Landschaft zu lernen.



ISBN 978-3-258-08418-3



9 783258 084183

Haupt
NATUR