**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt

**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

**Band:** 115 (1997)

**Heft:** 47

**Artikel:** Naturgefahren in der Schweiz: Entwicklung im Zeichen der Klimaänderung

**Autor:** Vischer, Daniel

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-79348

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 07.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

Daniel Vischer, Zürich

# Naturgefahren in der Schweiz

## Entwicklung im Zeichen der Klimaänderung

**Im Zusammenhang mit der schleichenden Klimaerwärmung stellt sich unter anderem die Frage nach der Entwicklung der Naturgefahren. Bereits gibt es viele Stimmen, die von einer markanten Zunahme der Katastrophen sprechen. Gibt es diese Zunahme? Nachstehend wird im Blick auf die Schweiz eine Antwort formuliert. Sie stützt sich auf die Ergebnisse des vor dem Abschluss stehenden Nationalen Forschungsprogramms «Klimaänderungen und Naturgefahren». Aus Platzgründen beschränkt sie sich auf Stürme, Hagel, Lawinen, Murgänge und Hochwasser (Bild 1).**

1992 setzte der Bundesrat das Nationale Forschungsprogramm «Klimaänderungen und Naturgefahren» (NFP 31) ein. Dieses vereinigte etwa fünfzig Forschergruppen, wovon elf die Naturgefahren bearbeiteten. Die beiden Hauptfragen lauteten:

- Können die heute im Alpenraum auftretenden Naturgefahren bereits mit der vermuteten Klimaänderung in Verbindung gebracht werden?
- Welchen Einfluss hat die Klimaänderung auf die Entwicklung zukünftiger Naturkatastrophen?

Um die zweite Frage zu behandeln, wurde den Forschern ein bestimmtes Szenario vorgegeben. Dieses wurde aus der Prognose des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) von 1990 für den Alpenbogen abgeleitet. Es sieht für das Winterhalbjahr eine Temperaturänderung von +2 °C vor und eine Niederschlagsänderung von +5%. Für das Sommerhalbjahr wird die Temperaturänderung auf +2,5 °C veranschlagt und die Niederschlagsänderung auf -5 bis -15%. Dabei ist hervorzuheben, dass sich alle Änderungen auf den Zeitraum von 1800 bis 2030 beziehen.

## Die Westwind- und Hagelstürme

### Der Sturm Vivian von 1990

Anfang 1990 wurde die Schweiz von einer Westwind-Sturmserie heimgesucht. Der folgenschwerste Sturm war Vivian am 27. Februar. Er trug die Hauptverantwortung für zahlreiche Schäden an Wäldern, Gebäuden und Verkehrsanlagen. So wurden 50 km² Wald oder 0,45% der damaligen Schweizer Waldfläche geworfen. Die entsprechende Menge an Wurfholz erreichte mit fünf Millionen Kubikmetern etwa diejenige, die in einem Durchschnittsjahr eingeschlagen wird. War Vivian ein Jahrhundertereignis?

### Das Westwindsturm-Geschehen seit 1868

In der Schweiz existieren verhältnismässig lange Messreihen von Windstärken. Vor allem in der Nordostschweiz gibt es Messwerte schon ab 1868. Die statistische Bearbeitung zeigte, dass die Anzahl und die Stärke der Westwindstürme, die vor allem im Winterhalbjahr wehen, in den vergangenen 100 Jahren abgenommen haben [1]. So war die Periode von 1880 bis 1930 wesentlich windiger als jene nach 1940. Ja, seit 20 Jahren dauerte kein Sturm länger als vier Tage. Der letzte Sechstage-Sturm - unter Sturm versteht man in der Regel ein Ereignis mit Beaufort 8 (60 bis 75 km/h) und mehr - trat 1934 auf. Und Vivian war seit 1978 das einzige Ereignis mit Beaufort 9 (75-90 km/h); deshalb fiel er 1990 auch derart auf.

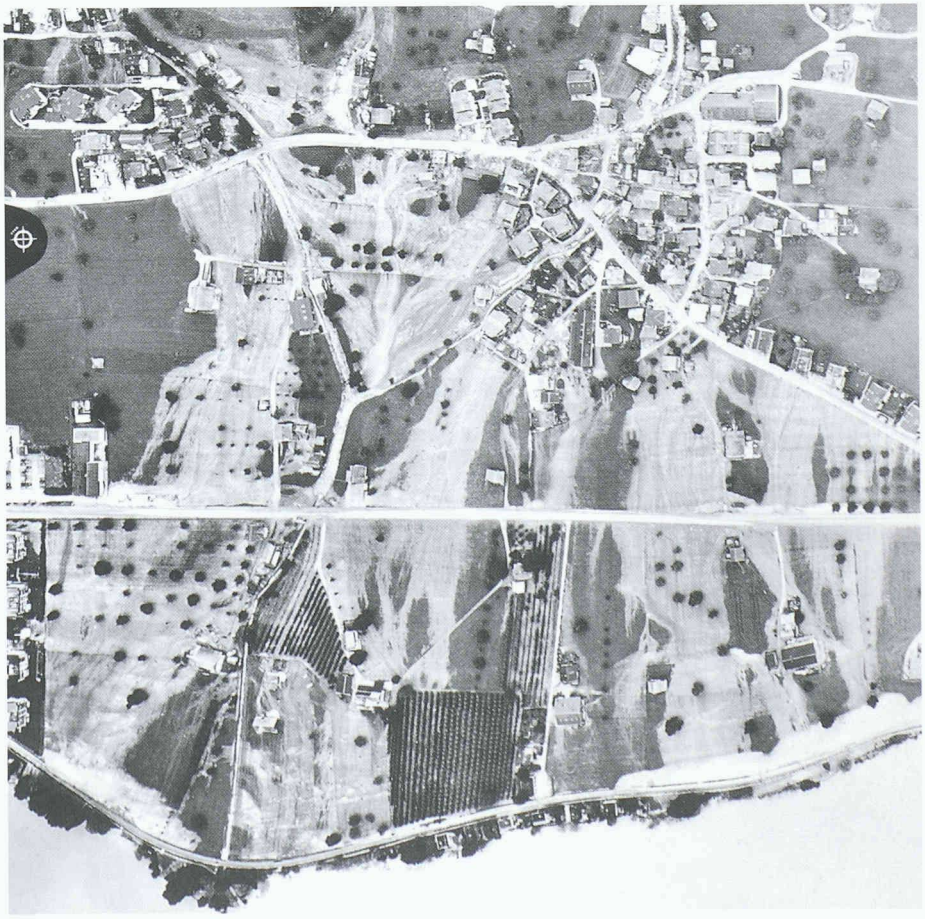
Bild 2 fasst das Geschehen zusammen: Es gab bei den Westwindstürmen grosse Streuungen von Jahr zu Jahr, doch ist eine allmähliche Beruhigung unübersehbar. Die Forscher stellten denn auch fest, dass diese Stürme zwar noch ungebrochen toben, aber zunehmend nördlich an der Schweiz vorbeiziehen. Vivian war in der Schweiz also kein Sonderfall. Die von ihm verursachten grossen Schäden machten ihn aber wohl dennoch zum Jahrhundertereignis.

Ein Zusammenhang zwischen den mittleren Saisontemperaturen und der Anzahl und Stärke der Westwindstürme liess sich nicht feststellen. «Man ist deshalb noch weit davon entfernt, Aussagen für eine allfällig wärmere Zukunft zu machen» [1], folgern die Forscher.

### Die Entwicklung der Hagelstürme

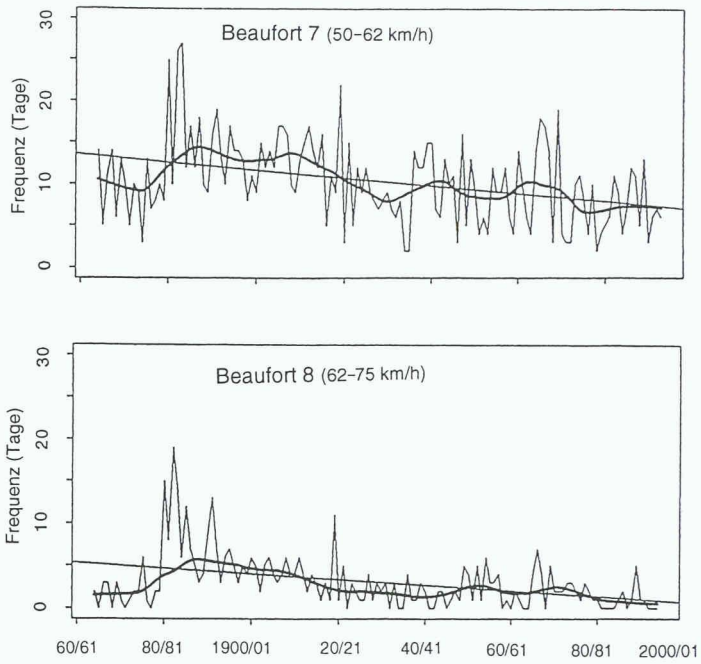
Eine Hagelstatistik liegt in der Schweiz erst seit 1920 vor, gute verlässliche Werte gar erst seit 1949. Als Mass für die Hagel-

1
Unwetter vom 15. August 1997 in Sachseln. Hochwasserspuren im Dorfteil Edisried (unten ist der Sarner See sichtbar)



aktivität wählten die Forscher [1] die Anzahl der Hagelschadentage pro Jahr. Dabei legten sie als Schwellenwert ein Ereignis fest, das mindestens eine Gemeinde betraf. Und zu den schlimmen Hageltagen rechneten sie solche, die mindestens 100 Gemeinden schädigten. Im Mittel der Messreihe von 1920 bis heute traten rund 60 Hagelschadentage pro Jahr auf, 5% davon waren schlimme.

Über die zeitliche Entwicklung informiert Bild 3. Die Anzahl der Hagelschadentage wird dort als Abweichung vom langjährigen Mittelwert dargestellt. Daraus ist zu entnehmen, dass die Hageltage über die Messperiode um rund 10% gestiegen sind. Betrachtet man aber nur die schlimmen Hagelschadentage, ist dieser Trend weniger ausgeprägt. In einer gesonderten Studie liess sich feststellen, dass die Wetterlagen, die Hagel erzeugen, im Zunehmen begriffen sind. Auch bei diesen Ergebnissen wird betont, dass kein Zusammenhang mit den saisonalen Temperaturen vorhanden ist. Deshalb sind Korrelationen mit der schleichenden Klimaerwärmung nicht möglich. Der inskünftig allenfalls geringere Sommerniederschlag dürfte auf die Hagelstürme kaum von Einfluss sein.




2
Zeitreihen der Anzahl Starkwindtage im Winterhalbjahr. Oben Ereignisse, die mindestens Beaufort 7, unten solche, die mindestens Beaufort 8 erreichten (nach [1])

## Die Lawinen

### Die letzten Lawinenwinter

In den Alpen treten jeden Winter viele Lawinen auf. Von diesen erreichen aber nur wenige besiedelte Gebiete oder wichtige Verkehrsverbindungen. Entsprechende Katastrophenlagen gab es 1968, 1975 und 1984. Am grössten waren die Schäden 1951. Wie sind diese Ereignisse einzuordnen?

### Entwicklung der Schneeverhältnisse und Wetterlagen

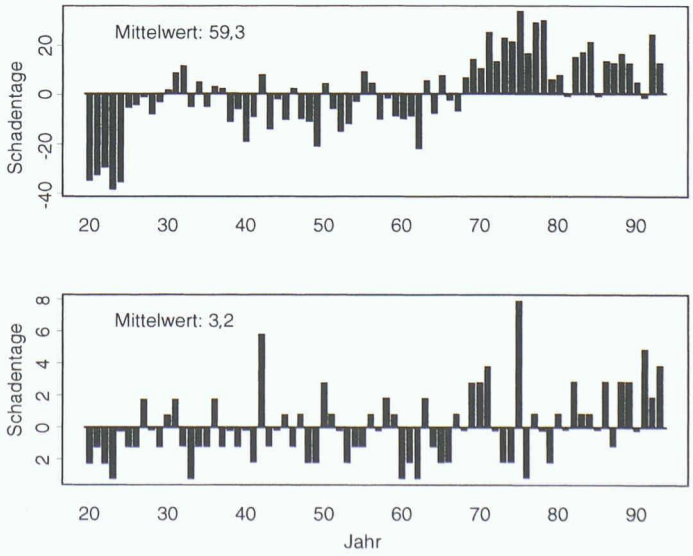
Die vom NFP 31 beauftragten Forscher [2] widmeten sich zunächst den Veränderungen der Schneedecke. Zu diesem Zweck wählten sie drei für die Alpen typische Standorte, nämlich Andermatt auf 1440 m ü.M., Davos auf 1560 m ü.M. und Bever auf 1710 m ü.M. Für Andermatt lag eine fast fünfzigjährige Messreihe vor, für Davos und Bever eine fast hundertjährige. Das erlaubte für das laufende Jahrhundert folgende Aussage: Es lassen sich an diesen drei Standorten statistisch keine signifikanten Trends feststellen. Dies gilt sowohl für die mittlere Ortstemperatur wie für die mittlere Schneehöhe. Es gilt insbesondere auch für die Dreitages-Neuschneesummen, die für die Lawinenaktivität massgebend sind (Bild 4). Weitere Analysen ergaben, dass die Extremwertverteilung der lawinenrelevanten Schneefälle in der ersten Hälfte des Jahrhunderts praktisch gleich war wie in der zweiten.

Selbst die oft vermutete zeitliche Verlagerung der permanenten Schneedecke in Richtung Frühjahr - die sogenannte Verschiebung des Winters - hat nicht stattgefunden. Ebensowenig zeigt die Mächtigkeit der Schneedecken einen Trend mit Ausnahme des Standorts Bever, wo sie seit den 70er Jahren etwas abgenommen hat. Natürlich entspricht diese Beobachtung auf 1500 bis 1700 m ü.M. nicht jener im Mittelland, wo die räumliche und zeitliche Ausdehnung der Schneedecke markant zurückgegangen ist.

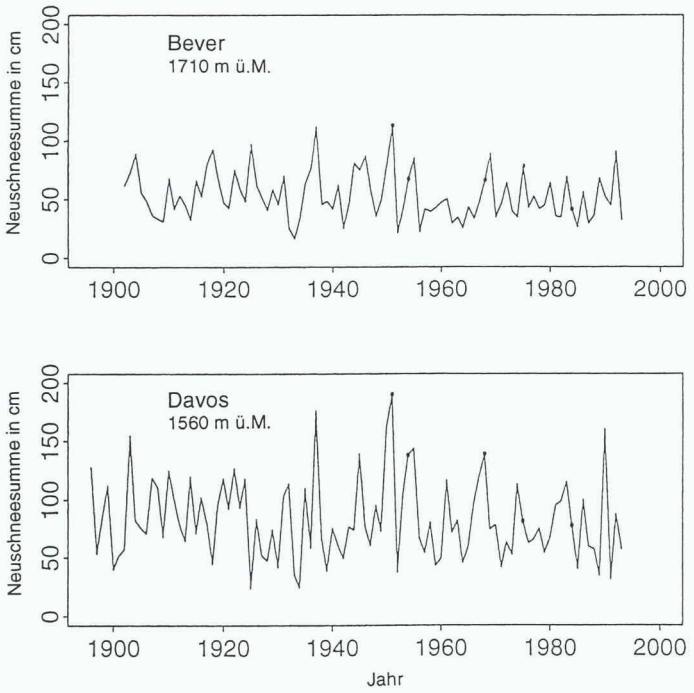
Wie entwickelten sich die lawinenträchtigen Wetterlagen? Zu diesen gehören solche, die entweder langanhaltende Neuschneefälle und windbedingte Schneeverfrachtungen oder eine markante Erwärmung mit Regen bis in grosse Höhen bringen. Eine Untersuchung der Daten von 1881 bis 1992 ergab diesbezüglich auf der Alpennordseite keine Veränderung. Auf der Alpensüdseite scheint sich aber ab 1945 eine Zunahme der erwähnten Wetterlagen abzuzeichnen. Ein Zusammenhang zwischen mittleren Ortstemperaturen, mittleren Schneedeckenausmassen usw. und derartigen Wetterlagen konnte nicht festgestellt werden. Die Forscher postulieren ausdrücklich, dass allfällige saisonale Temperaturänderungen von 1 bis 2 °C oder Niederschlagsänderungen von 10 bis 20% nicht mit lawinenträchtigen Wetterlagen korrelieren. Im Gegensatz zu den Gletschern sind Lawinen also keine Klimaindikatoren!

### Die Entwicklung der Lawinen

Selbstverständlich widmeten sich die Forscher auch direkt der Lawinenstatistik. Sie etablierten für die drei erwähnten




3
Zeitreihen der Anzahl Hageltage pro Jahr, dargestellt als Abweichung vom Mittelwert. Oben Tage, die mindestens in einer Gemeinde Schaden verursachten, unten solche, die mindestens 100 Gemeinden schädigten (nach [1])




4
Zeitreihen der jährlichen Maximalwerte der Dreitages-Neuschneesumme. Oben in Bever, unten in Davos (nach [2])

Standorte sowie für die Schweizer Alpen eine von 1947 bis 1993 reichende Zeitreihe der Lawinen pro Tag. Daraus lässt sich kein Trend zur Verstärkung der Lawinengefahr entnehmen. Ja, man könnte eher eine Abnahme herauslesen. Dieses Bild wird auch durch den Einbezug von historischen Ereignissen seit dem 15. Jahrhundert nicht getrübt. Grosse Schadenlawinen traten in sehr unregelmässigen Abständen auf, im Mittel aber alle 2,5 Jahre. Und wirklich katastrophale Ereignisse sind nur alle paar Jahrzehnte oder noch seltener vorgekommen.

## Murgänge

### Die Ereignisse von 1987

Das Hochwasserjahr von 1987 brachte dem ganzen Alpenraum grosse Schäden. In den Schweizer Alpen wurden insbesondere die Gebiete Goms, Tessin, Puschlav, Vorderrhein und Uri betroffen. Die Ursache waren starke und langdauernde Regenfälle im Juli und August bis in grosse Höhen. Dabei lösten sich in diesen Höhen rund 60 grössere Murgänge. Einige davon schleppten ganz beträchtliche Schuttmassen ins Tal, wie beispielsweise jene im Bett der Plaunca, des Minstigerbachs und der Zavragia. Da mehrere Anrisse in Schutthalden entstanden, die infolge des rezenten Rückzugs von Gletschern freigegeben worden waren oder aus relativ frisch aufgetauten Permafrostvorkommen bestanden, war der Zusammenhang mit der Klimaerwärmung evident.

Im Gefolge wurden dann Schreckenszenarien entworfen, die eine Proliferation von Murgängen aus laufend schwindenden Permafrostzonen voraussagten. Einige populärwissenschaftliche Berichte vereinfachten die Verhältnisse etwa wie folgt: Das in den Permafrostzonen enthaltene Eis ist gleichsam der Leim, der das Gebirge zusammenhält. Schmilzt das Eis, zerfällt das Gebirge, also stehen der Alpenregion schlimme Zeiten bevor. Die viel differenzierteren Aussagen der beteiligten Forscher wurden dabei ausgeblendet.

Wie steht es mit dieser Murganggefahr?

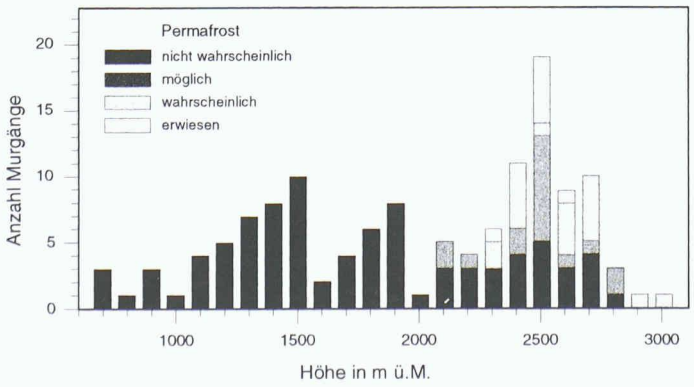
### Das gesamte Murgang-Geschehen

Den Forschern des NFP 31 [3] gelang es, für die letzten 250 Jahre rund 160 grössere Murgänge auszumachen und zu analysieren. Es gab natürlich weit mehr. Darum wird diese Statistik stark von den 1987er Ereignissen geprägt. Doch ist zu sagen, dass 1987 die erste Vollanalyse der Schweiz überhaupt durchgeführt wurde. Früher wurden jeweils nur Ereignisse festgehalten, die wirklich schädlich waren. Zudem unterschied man damals langgestreckte Murgänge oft nicht von Wildbach-Hochwassern.

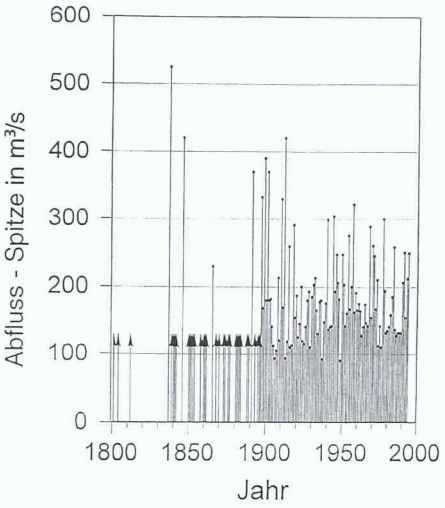
Die Auswertung der Murgang-Statistik machte deutlich, dass die Murgangaktivität von 1987 relativiert werden muss. Die meisten Murgänge lösten sich nämlich nicht am Rand der sich zurückziehenden Kryosphäre und damit nicht bloss im Hochgebirge (Bild 5). Sie suchten vorwiegend randalpine Zonen heim. «Die klare Dominanz der Periglazialzone konnte nicht bestätigt werden» [3], schreiben die Forscher. Als allerneuestes Beispiel, das vom NFP 31 nicht mehr erfasst werden konnte, sei die Katastrophe vom 15. August 1997 in Sachseln erwähnt. Dort ereigneten sich in einem typisch randalpinen Einzugsgebiet zahlreiche, allerdings bloss kleinere Murgänge. Das Oberforstamt Obwalden zählte insgesamt rund 450 Fälle. Diese stiessen glücklicherweise nicht bis ins Dorf vor, reicherten aber die dort ausufernden Wildbäche mit viel Geschiebe an (Bild 1).

Die Murgänge entstehen durchwegs in steilen, mit Verwitterungsschutt bedeckten Gebieten. Die Auslösung geschieht jeweils bei einem starken Wasseranfall. Dieser stammt zumeist aus langdauernden Starkniederschlägen oder aus Gewittern. Es gibt Hinweise darauf, dass die ersteren vor allem im Hochgebirge wirksam sind, die letzteren in den randalpinen Zonen. Die Forscher geben für diese Niederschläge Schwellenwerte in Form von Regenintensitäten und Regendauern an. Als kritisch erweist sich eine kurzfristig anfallende Regensumme von 40 bis 70 mm. In einigen Fällen werden die Murgänge auch durch ausbrechende Gletscherseen oder -wassertaschen verursacht, häufig dann bei schönstem Wetter.

Wie könnte sich die Klimaerwärmung auswirken? Die erwähnte Periglazialzone ist selbstverständlich empfindlich. Das weitere Abschmelzen der Gletscher und Auftauen des Permafrosts werden dort neue labile Schutthalden schaffen. Doch




5
Höhenverteilung von ca. 130 untersuchten Murganganrissen mit Unterteilung bezüglich des Permafrosteinflusses. Oberhalb von ca. 2200 m ü.M. stammen viele Daten von den 1987er Ereignissen (nach [3])




6
Zeitreihe der jährlichen Maximalwerte des Abflusses in der Emme bei Emmenmatt. Die Pfeile deuten historische Hochwasser an, die nicht quantifiziert wurden (nach [5])

sind diese Zonen gesamthaft gesehen eher klein. Die weitaus grösseren potentiellen Murgang-Gebiete liegen - wie angedeutet - ausserhalb und werden kaum auf die Klimaänderung reagieren. Der episodische Charakter der Murgänge überprägt dort den schleichenden Klimaeinfluss.

## Hochwasser

### Sensibilisierung der Gesellschaft

Die bereits erwähnten Schadenhochwasser von 1987 sowie jene von 1993 in Brig und 1997 in Sachseln (Bild 1) haben die schweizerische Bevölkerung für Hochwasser sensibilisiert. Dazu trugen auch mehrere spektakuläre Ereignisse im Ausland bei, wie etwa am Mississippi, am Niederrhein und unlängst an der Oder. Zwar gab es überall verhältnismässig wenig Todesopfer zu beklagen, die Überschwemmungsschäden waren aber enorm.

Ist eine Zunahme solcher Ereignisse zu erwarten?

### Die historischen Hochwasser

Von Studien, die zum Teil ausserhalb des NFP 31 durchgeführt wurden, weiss man, dass es schon früher verheerende Fluten gab. Das grösste Hochwasser, das sich aufgrund der Chroniken bestimmen lässt, suchte die Schweiz 1342 heim, das heisst also im Jahrhundert der Schlachten von Morgarten und Sempach. Und die für die Periode von 1500 bis heute rekonstruierten Zeitreihen von Überschwemmungen der Gebirgsflüsse sowie von Ausuferungen des Langensees zeigen, dass es im 16. Jahrhundert und vor allem im 19. Jahrhundert grössere Häufungen von Katastrophen gab als im 20. Jahrhundert [4].

Im Rahmen des NFP 31 wurde unter anderem die Emme bei Emmenmatt untersucht [5]. Dort erreichte das von Jeremias Gotthelf unter dem Titel «Die Wassernot im Emmental» beschriebene Hochwasser von 1837 schätzungsweise eine Spitze von 525 $m^3/s$. Dieser Wert ist im Blick auf die vergangenen 500 Jahre rekordverdächtig. Im 20. Jahrhundert trat der Höchstwert 1912 auf und betrug lediglich 420 $m^3/s$ (Bild 6). Bei der Wahl von Bemessungshochwassern für Schutzmassnahmen sollten deshalb unbedingt auch historische Ereignisse Berücksichtigung finden und nicht bloss rezente Messreihen. Dafür liefern die Forscher die erforderlichen methodischen Ansätze. Als Beispiel sei ein Ergebnis für die Sitter bei Appenzell angeführt [5]: Errechnet man beispielsweise das entsprechende hundertjährliche Hochwasser nur aufgrund der Messreihe der Periode von 1920 bis 1940, erhält man 155 $m^3/s$. Wird das grösste historische Hochwasser von 245 $m^3/s$ des Jahres 1836 einbezogen, steigt das hundertjährliche Hochwasser auf 220 $m^3/s$. Bei Nichtberücksichtigung würde man jenes also erheblich unterschätzen.

### Veränderungen im Abflussregime

Die Abflussbildung aus Niederschlägen und Schmelzwasser ist - entgegen einer selbst in Fachkreisen verbreiteten Meinung - noch nicht voll geklärt. Dennoch erstellten drei Forschergruppen entsprechende Simulationsmodelle, um den Trend allfälliger Veränderungen aufzuzeigen. Dabei richteten sie sich allerdings nicht auf Extremereignisse aus, sondern auf normale Niederschläge, Schmelzvorgänge und Verdunstungswerte. Sie verglichen das heutige Abflussregime verschiedener Flüsse mit einem zukünftig möglichen Regime. Um die Unterschiede zu verdeutlichen, gingen sie dabei zum Teil erheblich über das vorgegebene Klimaszenario des IPCC von 1990 hinaus.

Als Beispiel sei die Simulation des Rheins bei Felsberg erwähnt [6]. Für ein Szenario, das ab heute eine Temperaturerhöhung von 4°C sowie eine Niederschlagsänderung von +10% im Winter und -12,5% im Sommer voraussetzt, ergab sich im Vergleich zur Periode von 1961 bis 1990 folgendes: Die geringere Schneeretention und die höhere Verdunstung bewirken, dass der Jahresabfluss um 13% abnimmt. Dabei verschiebt sich das Abflussregime derart, dass die Hochwassersaison um zwei bis drei Monate verlängert wird. Die hochwasserfreie Saison verkürzt sich damit auf die Wintermonate Dezember bis März. Über die Höhe der Hochwasser kann jedoch nichts ausgesagt werden. Das bestätigen auch jene Forscher, die das Abflussregime der Thur und der Broye entsprechend untersuchten.

Aus dem NFP 31 lassen sich also keine klaren Veränderungen der Häufigkeit und Grösse der Hochwasser, beziehungsweise der Hochwasserwahrscheinlichkeiten ableiten. Die seltenen Hochwasser werden ja nicht durch mittlere, sondern durch seltene, extreme Wetterlagen verursacht. Und in der bemerkenswert grossen Variation derselben geht das Signal einer schleichenden Klimaänderung unter. Da spielt der Zufall eben stark mit. In andern Worten: Bei der Abschätzung künftiger Hochwasserereignisse bedeutet die Klimaänderung einfach eine zusätzliche Unsicherheit unter vielen andern Unsicherheiten.

## Fazit

Die geschilderten Forschungsarbeiten des NFP 31 erlauben eine methodische und eine faktische Schlussfolgerung:

- Mit einer Reihe von eher episodischen Extremereignissen lässt sich eine schleichende Klimaänderung nur schlecht belegen. Noch weniger gut kann von einer schleichenden Klimaänderung auf die Entwicklung solcher Extremereignisse geschlossen werden.
- Bei einigen Naturereignissen gibt es offensichtlich gewisse Veränderungen, die ernst zu nehmen sind. Eine dramatische

### Literatur

[1]
*Schiesser H.H.* et al.: Klimatologie der Stürme und Sturmsysteme anhand von Radar- und Schadendaten. Schlussbericht NFP 31, vdf Zürich 1997

[2]
*Schneebeli M.* et al.: Wechselwirkungen zwischen Klima, Lawinen und technischen Massnahmen. Entwurf zum Schlussbericht NFP 31, Davos 1997

[3]
*Zimmermann M.* et al.: Murganggefahr und Klimaänderung - ein GIS-basierter Ansatz. Schlussbericht NFP 31, vdf Zürich 1997

[4]
*Pfister Ch.*: Häufig, selten oder nie; zur Wiederkehrperiode der grossräumigen Überschwemmungen im Schweizer Alpenraum seit 1500. Festschrift Bruno Messerli, Geogr. Ges. Bern, Bd. 59, 1994-1996, S. 139-148, 1996

[5]
*Weingartner R.*: Analyse der räumlichen und zeitlichen Variabilität der Hochwasser in der Schweiz. Entwurf Schlussbericht NFP 31, 1997

[6]
*Ehrler C.*: Klimaänderung und alpine Schneedecke. Auswirkungen auf das Abflussregime am Beispiel des Einzugsgebiets Rhein-Felsberg. Entwurf Schlussbericht NFP 31, 1997

Zunahme der Stärke und Häufigkeit lässt sich für die Schweiz aber nicht nachweisen. Wenn heute also von einer bedrohlichen Zunahme der Naturkatastrophen gesprochen wird, ist das weniger auf die erwähnten Veränderungen zurückzuführen als auf den Umstand, dass sich der menschliche Lebensraum ständig ausweitet und damit vermehrt mit gefährlichen Naturereignissen interferiert. Das gilt namentlich für Gebiete, die Murgängen und Hochwasser ausgesetzt sind. Die Aufgaben, die sich daraus für die Schweiz ergeben, sind zwar gross, aber nicht unlösbar. Einen guten Ausgangspunkt für ihre Bewältigung liefern das neue Wasserbaugesetz und das neue Waldgesetz, die eine umfassende Gefahrenzonenplanung fordern.

Adresse des Verfassers:
*Daniel Vischer*, Prof. Dr.-Ing., Experte NFP 31, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zentrum, 8092 Zürich

Der Artikel stellt die gekürzte Fassung eines Referats dar, das der Autor am 18. September 1997 bei Basler & Hofmann, Zürich, zur Eröffnung der Ausstellung «Der Wald schützt auch Dich» hielt. Die Ausstellung mit 18 thematischen Bildtafeln in Baumform entstand für das Jahresthema 1997 «Naturgefahren, Schutzwald, Mensch» des Internationalen Tags des Waldes und wurde durch den Interkantonalen Rückversicherungsband der kantonalen Gebäudeversicherungen und das Buwal unterstützt.

Pascal Kronenberg, Lausanne, Nicoletta Casanova, Grancia

# Sofo: Bauwerksüberwachung mit Glasfasersensoren

Dieser Artikel ist eine überarbeitete und aktualisierte Version des am 6. Dezember 1995 in IAS (Nr. 26) erschienenen Textes mit dem Originaltitel «Sofo: Surveillance d'ouvrages par senseurs à fibres optiques» [9]. Der Artikel wurde damals zu Ehren des 60. Geburtstags von Professor L. Pflug publiziert.

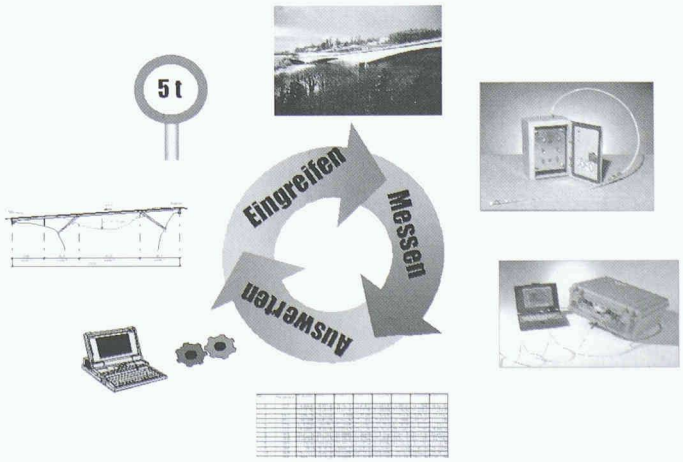
**Im Zeitalter zunehmender Besorgnis bezüglich der Sicherheit und der Langlebigkeit von Bauwerken haben sich Überwachungssensoren von einem akademischen Spielzeug zu einem unerlässlichen Arbeitsinstrument entwickelt. Der Beitrag illustriert ein neuentwickeltes faseroptisches Messsystem, mit dem der Verformungszustand von Bauwerken (insbesondere Brücken, Staumauern oder im Grundbau) bequem und zuverlässig überwacht werden kann.**

Im Bauwesen erfordert eine konsequente Sicherheitspolitik die periodische Überwachung wichtiger Bauwerke. Die derzeit benutzten Methoden (wie z.B. die Triangulation, Wasserpegel, Schwingungskabel oder mechanische Extensometer) sind oft mühsam und langwierig in der Anwendung und erfordern die Anwesenheit von Fachleuten. Die Komplexität und die daraus entstehenden hohen Kosten haben eine Einschränkung der periodisch durchzuführenden Kontrollen zur Folge. Die erhaltene räumliche Auflösung ist im allgemeinen schwach, und nur bei der Feststellung von Anomalien im generellen Verhalten wird man eine detailliertere und genauere Analyse vornehmen. Es existiert also ein reales Bedürfnis an einem Instrument, das eine automatische und permanente Überwachung im Inneren der Baustruktur mit höchster Empfindlichkeit und mit einer befriedigenden räumlichen Auflösung ermöglicht.

In dieser Hinsicht hat sich das Konzept des intelligenten Bauwerks (Smart Structure) in vielen Bereichen des Ingenieurwesens, insbesondere der Aeronautik und bei Verbundwerkstoffen bewährt [1]. Ein intelligentes Bauwerk ist mit einem internen Netz von Sensoren ausgestattet, das die Überwachung unterschiedlicher, sicherheitskritischer Parameter (wie z.B. Verformung, Temperatur, Druck, Vorhandensein von chemischen Substanzen usw.) erlaubt. Ihre Auswertung ermöglicht dann, rechtzeitig effiziente Gegenmassnahmen einzuleiten. Diese können eine aktive Korrektur der Struktur sein, beispielsweise mittels hydraulischer Pressen oder durch die Einleitung von Unterhaltsarbeiten, unter gewissen Umständen genügen aber auch passive Eingriffe, bei Kunstbauten kann als Beispiel dafür die Einschränkung der zulässigen Last genannt werden (Bild 1).

Glasfasersensoren weisen gegenüber herkömmlichen Messmethoden erhebliche Vorteile auf. Erwähnt seien hier das grosse Spektrum an messbaren Parametern, die Unempfindlichkeit gegen elektromagnetische Felder (Hochspannungsleitungen, Eisenbahnen, Gewitter) und gegen Korrosion, die kleinen Abmessungen, die Flexibilität in der Anwendung, die niedrigen Kosten und die grosse Menge an Informationen, die gewonnen werden kann.

Die Anwendung des Konzepts der Smart Structure erschliesst neue Wege auf dem Gebiet der langfristigen Überwachung von bedeutenden Bauwerken wie Brücken, Tunnels, Talsperren, Landepisten, grossen Platten sowie in der Fels- und Bodenmechanik. In dieser Hinsicht wurden am IMAC[1] der ETH Lausanne Abklärungen und die Entwicklung eines Systems zur Bauwerksüberwachung unternommen, das sich auf die Eigenschaften optischer Fasern abstützt.




1
Konzept des intelligenten Bauwerks (Smart Structure)