Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 83 (1991)
Heft: 3-4

Artikel: Die Alpen im Treibhaus
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940988

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: 23.08.2025

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

Die Alpen im Treibhaus

Ergebnisse der internationalen Fachtagung vom 11. Mai 1990 an der ETH Zürich über Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre

1. Die Ausgangsbedingungen

Die Gefahr einer Klimaveränderung als Folge der zunehmenden Erwärmung der Erdatmosphäre ist ein vieldiskutiertes globales Umweltproblem, gerade auch wegen seiner weitreichenden gesellschaftspolitischen Konsequenzen. Seit der Mitte des letzten Jahrhunderts – dem Ende der «Kleinen Eiszeit» – ist die mittlere Lufttemperatur der Erde um rund 0,5°C angestiegen. Dieser Temperaturanstieg könnte bereits einen anthropogen verstärkten Treibhauseffekt widerspiegeln. Das neueste IPPC-Szenarium (Klimakonferenz in Genf, November 1990) rechnet bei einem linearen Wachstum der Emissionen («business as usual») mit einer durch den anthropogen verstärkten Treibhauseffekt verursachten mittleren globalen Erwärmung von 1,8 bis 3,8°C gegenüber der vorindustriellen Zeit bis ins Jahr 2050. Daraus erscheinen, stichwortartig aufgezählt, folgende weltweite Entwicklungen als wahrscheinlich: stärkere Verdunstung, damit geringere Bodenfeuchte im Sommer; häufigere Trockenperioden; wegen der höheren Temperaturen weniger Niederschläge in Form von Schnee; die Schneeschmelze setzt früher ein. Infolge der allgemeinen Erwärmung sind mehr Hitzetage und weniger Tage mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt zu erwarten. Viele Modellsimulationen ergeben eine Intensivierung des Wasserkreislaufes. Die Häufigkeit und die Intensität der konvektiven Niederschläge dürfte zunehmen, eine Quantifizierung ist derzeit jedoch nicht möglich.

Die Komplexität der ablaufenden Vorgänge lässt bis anhin nur grossflächige (maximal 300 × 300-km-Raster) Modellierungen und entsprechende Vorhersagen zu, regionale Voraussagen, etwa für die Schweiz, sind momentan noch überhaupt nicht möglich. Daneben ist zu bedenken, dass die Schweiz trotz ihrer Kleinheit kleinräumig stark differenziert ist, weshalb auch für die unterschiedlichen Landesteile (Alpennordseite/Alpensüdseite; Mittelland/Alpen/inneralpine Trockentäler usw.) teilweise andere Prognosen angenommen werden müssen.

An einer von der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich zusammen mit dem Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (Weissfluhjoch) und dem Geographischen Institut der ETH organisierten Fachtagung, für die auch der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband (SWV) das Patronat übernommen hatte, wurde der heutige Wissensstand aufgezeigt über die Folgen für Schnee, Eis und Wasser, die eine solche Klimaveränderung auf den ökologisch besonders empfindlichen alpinen Raum haben könnte oder allenfalls bereits hat. Den Referenten wurde dazu das bereits erwähnte aktuelle Klimaszenario vorgegeben. Die Vorträge, aber auch die Diskussionsbeiträge und eine zusammengefasste Darstellung der wichtigsten Ergebnisse der Tagung erscheinen als Nr. 108 der Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (*Vischer* 1990), ein Auszug, der auf den Faktor Abfluss eingeht, wurde bereits vorabgedruckt (*Schädler* 1990).

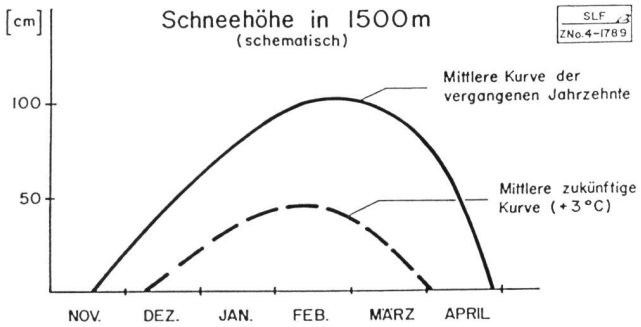

Bild 1. Schematischer Verlauf der Schneehöhen im Winter in 1500 m ü. M. (Kurortshöhe) in den vergangenen Jahrzehnten und in Zukunft (nach *Föhn*, in *Vischer* [1990]).

2. Mögliche Veränderungen im Alpenraum

Klimavorhersagen für den Alpenraum werden erschwert durch die Varianz verschiedener Einflussgrössen für die Bestimmung des Energieaustausches zwischen Atmosphäre, Schneedecke und Gletschereis. Entsprechend haben Veränderungen der Schnee- und Eismassen nicht nur praktische Auswirkungen, sondern sind auch wichtige Indikatoren hinsichtlich komplexer und schwer messbarer atmosphärischer Prozesse. Die Schnee- und Eisvorkommen der Alpen befinden sich nahe am Schmelzpunkt und reagieren besonders empfindlich auf Erwärmungstendenzen. Deutlich zu erkennen ist diese «Schneegrenze» an der Gleichgewichtslinie eines Gletschers, die dessen Zuwachsbereich vom Abschmelzbereich trennt. Mit einfachen Ansätzen über die vorhergesagten Veränderungen von Temperatur und Strahlung und unter Berücksichtigung deren Rückkoppelungen lässt sich berechnen, dass die Gleichgewichtslinie bei einer 3°C wärmeren Atmosphäre rund 300 Meter gegenüber heute ansteigt, auch die temporäre Schneegrenze im Winter dürfte um rund 400 Meter höher liegen. Eine Schneedecke würde sich auf «Kurortshöhe» (1500 m) dementsprechend erst ab dem 10. Dezember bilden, und sie würde schon Ende März wegschmelzen, womit sich die Wintersaison um rund einen Monat verringert (Bild 1). Noch nichts ausgesagt werden kann über zukünftige Lawinenbildung.

Der Schnee als eigentliches verbindendes Element besitzt eine dominierende Reglerfunktion in alpinen Ökosystemen und wirkt über sein Vorhanden- bzw. Nichtvorhandensein auf die Gletscher, auf die Tiefe der zeitweisen oder dauernden (Permafrost) Bodengefrornis, auf die Vegetationszeit der Pflanzen oder auf die Schmelzwasserabflüsse. Diese Auswirkungen äussern sich zeitlich unterschiedlich: Während die Schneedecke auf veränderte atmosphärische Bedingungen stark und praktisch unmittelbar reagiert, sprechen Gletscher und Permafrost verzögert an.

Die Auswirkungen des Temperaturanstiegs seit der Mitte des letzten Jahrhunderts sind in den Alpen am offensichtlichsten bei den Gletschern wahrnehmbar. Die Gleichgewichtslinie ist um knapp 100 m angestiegen, die vergletscherte Fläche ist um etwa 40% zurückgegangen und rund die Hälfte des alpinen Eisvolumens ist abgeschmolzen. Der Schwund ist allerdings nicht kontinuierlich erfolgt, sondern war besonders zwischen 1890 und 1925 wie auch zwischen 1965 und 1980 durch mehrjährige Wachstumsphasen unterbrochen. Dies ist die Folge von kühleren und feuchteren Abschnitten innerhalb des oszillierenden Klimaverlaufs und zeigt, dass Gletscher zwar relativ träge, aber sehr aussagekräftige Zeigerphänomene sind.

Ein weniger bekannter und auch weniger gut dokumentierter Indikator ist Permafrost. Eisreiche Lockergesteine in Hangpartien befinden sich in einer langsamen Kriechbewegung und bilden zahlreiche lavastromartige Blockgletscher. Verschiedene Eigenschaften (sommerliche Auftautiefe, Wärmefluss, basales Abschmelzen) des Permafrostes reagieren zeitlich sehr unterschiedlich auf Temperaturveränderungen und sind daher wichtige Zeigergrössen. Der

Rückzug und Abbau von alpinem Permafrost infolge beschleunigter Erwärmung würde zu einer Setzung und Destabilisierung der zuvor durch das Eis zusammengehaltenen Gesteinsschutthalden führen. Zusammen mit dem durch den Gletscherrückgang anfallenden Moränenmaterial stehen dadurch ausgedehnte Lockerschuttmassen für den Abtrag bereit. Befürchtet wird, auch weil vermehrt bei Sommergewittern bis in grosse Höhe Niederschläge in flüssiger Form fallen, eine Zunahme der Aktivität und der Grösse von Murgängen, schnellfliessenden Gemischen aus Lockermaterial und meist geringen Anteilen von Wasser. Grosskalibrige Murgänge mit hoher Reichweite könnten vermehrt Siedlungen in Tallage bedrohen. Bild 2 zeigt den Murgang im Witenwasserntal vom August 1987 als Beispiel eines Abtragsereignisses aus dem Rückzugsgebiet von Permafrost und Gletscher. Deutlich zu erkennen sind in der Anrisszone Moränenwälle der Jahrhundertwende. Im stehengebliebenen Teil des obersten Anrisses konnte mit geophysikalischen Sondierungen Permafrost nachgewiesen werden.

3. Wann wissen wir es genau?

Temperaturanstieg und Gletscherschwund im 20. Jahrhundert waren ausgesprochen schnell und haben die obere Grenze des nacheiszeitlichen Schwankungsbereiches erreicht. Die Standardabweichung der mittleren Jahrestemperaturen, ein Mass der natürlichen Klimaschwankungen, der Station Innsbruck als Beispiel liegt mit 0,6°C gleich hoch wie der Temperaturtrend in den letzten 100 Jahren. In den nächsten Jahren bis Jahrzehnten könnte die Entwicklung erstmals über diesen Schwankungsbereich hinausgehen und damit den Beweis einer Erwärmung liefern. Bei einem solchen Trend werden sich Verhältnisse einstellen, die seit der Eiszeit nie geherrscht haben.

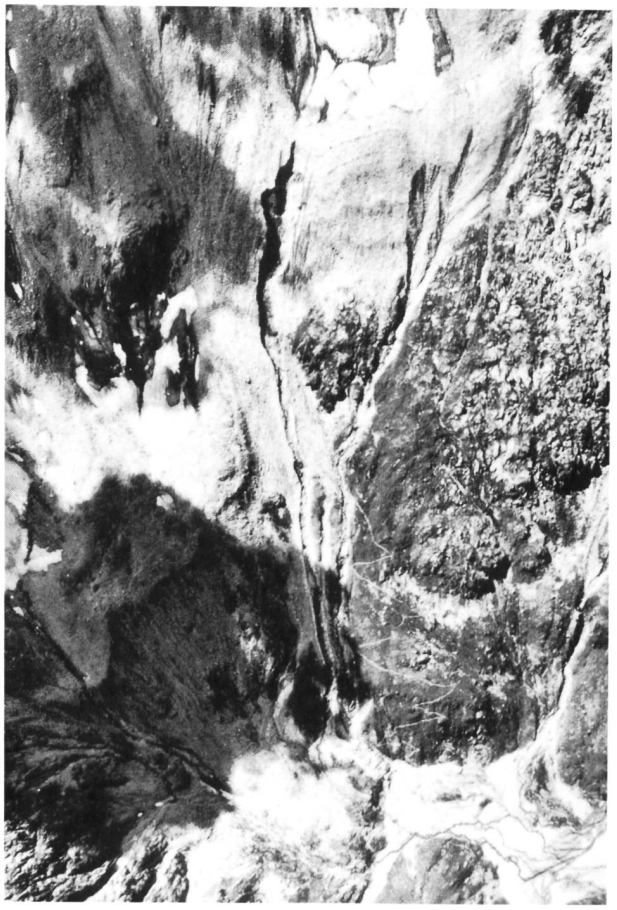

Bild 2. Der Murgang im Witenwasserntal vom September 1987 als Beispiel eines Abtragsereignisses aus dem Rückzugsgebiet des Permafrostvorkommens (nach *Zimmermann*, in *Vischer* [1990], Foto: Baudep. Kanton Uri).

Welche Schritte sind auf dieser Grundlage zu treffen? Unbestritten sollte für jeden einzelnen sein, das Treibhausproblem durch die Bekämpfung seiner Ursachen ernst zu nehmen. Von wissenschaftlicher Seite her muss, um die Reaktionen der alpinen Schnee- und Eisvorkommen korrekt erfassen zu können, das Mess- und Beobachtungsnetz («monitoring») verbessert und ausgebaut werden. Zudem ist es notwendig, die Interpretation der Beobachtungsreihen durch gezielte Prozessstudien, z.B. Energiebilanz über Permafrost und Murgangentstehung, und durch rechnerische Simulationen realistischer Szenarien zu verbessern. Nur so wird es in absehbarer Zeit möglich sein, genaueres über das Phänomen und die Auswirkungen von Klimaveränderungen aussagen zu können und damit die heute noch zu wenig gesicherten Aussagen besser abzustützen.

In Anbetracht der wohl noch einige Zeit bestehenden Unsicherheit hinsichtlich des zukünftigen Klimas sollten in der Praxis (Tourismus, Energieproduktion, Hochwasserschutz) zurückhaltende Entwicklungskonzepte entworfen werden, die sich rasch neuen Erkenntnissen anpassen lassen. Beispielsweise sind die schneearmen Winter der letzten Jahre noch kein Beweis für eine Klimaveränderung, denn ähnliches gab es schon in früheren Jahrzehnten. Die Tourismusindustrie, die auf eine genügende Schneedecke angewiesen ist, sollte daher für einige Jahre noch eine abwartende Haltung einnehmen, will sie nicht Gefahr laufen, unnötige Investitionen zu tätigen (neue Skitransportanlagen, Schneekanonen, Wasserspeicherbecken usw.). In spätestens fünf Jahren dürfte aus den laufenden Schneedaten ersichtlich werden, ob wir uns – trotz vielleicht fortschreitender globaler Erwärmung – einer wiederum schneereicheren Zeitspanne zubewegen oder ob die zunehmende Schneearmut und ihre Konsequenzen definitiv als Tatsache hingenommen werden müssen.

Literatur

Schädler, B. (1990): Abfluss im Alpengebiet in einer wärmeren Atmosphäre. «wasser, energie, luft», *82*, 10, 296–300.

Vischer, D. (Hrsg.) (1990): Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre. = Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich, Nr. 108, Zürich 1990, 135 S.

Referenten der Tagung vom 11. Mai 1990:
M. Aellen, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich

Dr. *P. Föhn*, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (Weissfluhjoch/Davos)

PD Dr. *W. Haeberli*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich

Prof. Dr. *M. Kuhn*, Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck

Univ.-Doz. Dr. *G. Patzelt*, Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Universität Innsbruck

Dr. *B. Schädler*, Landeshydrologie und -geologie, Bern

PD Dr. *U. Siegenthaler*, Physikalisches Institut, Universität Bern

Dr. *M. Zimmermann*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich

Teilnehmer Podiumsdiskussion der Tagung vom 11. Mai 1990:
Prof. Dr. *D. Vischer*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (Leitung)

A. Götz, Bundesamt für Wasserwirtschaft

Dr. *K. Kelts*, ProClim

A. Streichenberg, Nordostschweizerische Kraftwerke

P. Zahnd, Schweiz. Verband der Seilbahnunternehmungen

Adresse des Autors: *Daniel Schaub*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich (VAW), ETH-Zentrum, 8092 Zürich.