Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 128 (2002)
Heft: 17: Permafrost

Artikel: Permafrost - mit dem Risiko umgehen
Autor: Götz, Andreas / Raetzo, Hugo
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-80414

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: 08.08.2025

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

1
Permafrost bei Murtel/Corvatsch: zu Tal kriechende Wülste, die durch die Bewegung des Blockgletschers entstanden sind (Bild: Haeberli)

Andreas Götz, Hugo Raetzo

Permafrost – mit dem Risiko umgehen

Die Schweiz ist von jeher mit der Bedrohung durch Naturgefahren wie Lawinen, Hochwassern und Felsstürzen konfrontiert. Seit sich das Klima stark erwärmt, taucht aber eine zusätzliche Gefahr auf: Böden, die vorher das ganze Jahr über gefroren waren, tauen auf. Dadurch kann sich Lockermaterial, das bisher durch das Eis gebunden war, loslösen und zu Tal stürzen. Wie geht die Schweiz mit dieser Gefahr um?

Naturereignisse zählen im Alpenland Schweiz zu den grössten Gefahrenpotenzialen. Für den Umgang mit «raschen Prozessen» wie Rutschungen, Felsstürzen, Hochwasser, Lawinen und Murgängen verfügt die Schweiz über langjährige Erfahrungen und ausführliche gesetzliche Bestimmungen. Schwerer einzuschätzen und ungewohnter im Umgang sind demgegenüber Gefahren und Folgen aus «langfristigen Prozessen», zu denen auch das Schmelzen des Permafrostes gehört.
Durch ein Auftauen von bisher gefrorenen Böden sind einerseits Bauten bedroht, die ihre Fundamente im Permafrost haben (etwa Seilbahnmasten, Bergstationen oder SAC-Hütten). Es können Setzungen und Verschiebungen dieser Anlagen und dadurch ein Sachschaden eintreten. Andererseits führt das Schmelzen des Permafrostes zu einer langfristigen und deshalb schwer wahrnehmbaren Änderung der Hangstabilität. Es kann

Permafrost: Als Permafrost wird Untergrund bezeichnet, der permanent gefroren ist und in dem Lockermaterial durch das Bodeneis dauerhaft stabilisiert ist. Dieses Phänomen ist bekannt aus Ländern des hohen Nordens (Sibirien, Alaska, Kanada). Permafrost kommt aber auch in den Alpen ab etwa 2500 m ü. M. vor, je nach Hangposition.
Murgang: Schnell fliessendes Gemisch aus Wasser und einem hohen Anteil an Feststoffen (Steine, Blöcke, Geröll)
Blockgletscher: Mehrheitlich aus Gesteinsblöcken bestehende Gletscher, welche einige Zentimeter bis Dezimeter pro Jahr talwärts kriechen und mit ihrer auffälligen Form an einen Lavastrom erinnern
Periglazialzonen: Die Gletscher umgebende Zonen. Permafrost kann dort vorkommen.
Integrales Risikomanagement: Die Gleichwertigkeit aller Massnahmen (raumplanerische, bauliche, organisatorische usw.) im Kreislauf von Vorbeugung, Intervention und Wiederherstellung bildet die Grundlage des integralen Risikomanagements.

8th International Conference on Permafrost
Vom 21. bis zum 25. Juli 2003 wird in Zürich (Universität Zürich Irchel) die achte internationale Konferenz zum Thema Permafrost stattfinden.
Informationen dazu finden Sie unter:
www.geo.unizh.ch/ICOP2003/

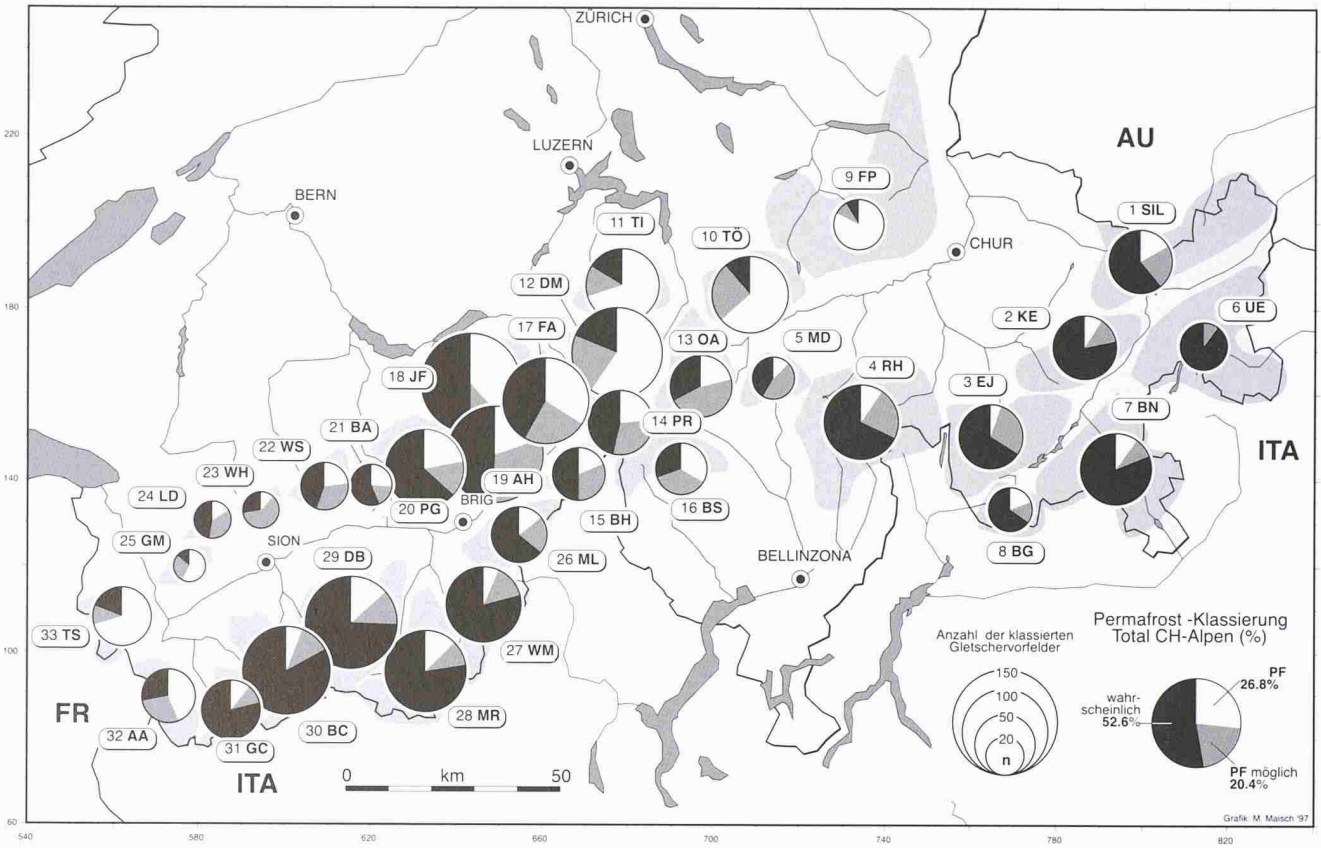
zu Rutschungen und Murgängen kommen, die wiederum für den Menschen eine direkte Bedrohung darstellen können.

Schmelzende Gletscher

Bei einer Temperaturerwärmung, wie sie in den letzten Jahrzehnten eingetreten ist, schmelzen Gletscher und taut Bodeneis auf.[1] Eine Veränderung tritt zuerst in den oberflächennahen Schichten, also in einigen Metern Tiefe, in schneefreien Zonen und in kleinen Permafrostgebieten geringer Mächtigkeit ein. In diesen Zonen können Block- und Felsstürze, Erosion, Rutschungen und Murgänge aufgrund der Erwärmung zunehmen und an Orten auftreten, wo sie bisher nicht vorkamen – so geschehen nach den Unwettern von 1987. Die vom Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) erstellte Ursachenanalyse zeigt, dass rund die Hälfte der Murgänge aus Anrisszonen mit wahrscheinlichem Permafrost oder aus Zonen stammen, die vor 1850 noch von Eis bedeckt waren.[2] Am Ritigraben (VS) brachen in den letzten zehn Jahren mehrmals Murgänge aus, die ihren Ursprung im Blockgletscher auf 2500 m ü. M. hatten.[3]
Für das 21. Jahrhundert gehen Klimaszenarien von einer Erwärmung von zirka 3 °C aus, was einen weiteren Rückzug der Gletscher und ein fortgesetztes Aufschmelzen von Permafrost nach sich zieht.[4] Da der Boden und das Eis über hohe Speicherkapazitäten verfügen, reagiert das System sehr träge. Das heisst, die Folgen einer fortgesetzten Klimaerwärmung verursachen beim Permafrost Auswirkungen, die erst sehr viel später ersichtlich werden. Diese lange Reaktionszeit gibt uns die Chance, weitere Abklärungen zu treffen und permanente Messungen durchzuführen. Andererseits ist das Auftauen ein irreversibler Prozess, sofern die Temperaturen weiter ansteigen. Trotzdem: Auch in Zukunft werden in den höher gelegenen Gebieten nicht Permafrost, sondern Lawinen, Rutschungen und Murgänge die dominante Gefahr darstellen.

Schutzpolitik

In der Schweiz sind schätzungsweise fünf bis sieben Prozent der Landesfläche von Permafrostböden bedeckt. Die genaue Ausdehnung ist jedoch noch mit Unsicherheiten behaftet. Am stärksten betroffen sind die Walliser, Bündner und Berner Alpen (siehe Bild 2).
Der Schutz der Menschen vor Naturgefahren wie auch der Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen ist ein zentrales Anliegen von Bund, Kantonen und Gemeinden. Die Strategie des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (Uvek) fordert bezüglich Schutz vor Naturgefahren – einer wesentlichen Komponente der sozialen Nachhaltigkeit – ein integrales Risikomanagement mit gesamtschweizerisch vergleichbaren Sicherheitsstandards sowie die Berücksichtigung der Gefahrensituation bei raumwirksamen Tätigkeiten.[5] Für ein integrales Risikomanagement müssen alle bestehenden und absehbaren Naturgefahren analysiert werden, wobei in der Ursache kein Unterschied gemacht wird. Permafrostgefahren und deren Folgen werden demnach in demselben Masse wie alle anderen Gefahren (Hochwasser, Lawinen, Murgänge) berücksichtigt. Im Verhältnis zum Risiko werden Massnahmen getroffen: mittels planerischer (gefährdete Gebiete meiden) und baulicher Massnahmen (Schutzbauten) können bestehende Risiken vermindert werden.
Gemäss den im Jahr 1991 revidierten Bundesgesetzen über den Wald (WaG) und den Wasserbau (WBG) sollen Naturgefahren in der Raumnutzung berücksichtigt werden. Dies betrifft insbesondere die Siedlungsplanung: es sollten immer genügend Freiräume für ausserordentliche Ereignisse bestehen. Dies ist weitaus günstiger als die Erstellung und der Unterhalt von Schutzbauten. Für die Umsetzung dieser Politik sind Gefahrenkarten notwendig, in welchen die Ausdehnung, die Intensität und die Wahrscheinlichkeit der gefährlichen Prozesse nach einheitlichen Kriterien beurteilt werden.[6,7] Das Gesetz verpflichtet die Kantone, solche Gefahrenkarten zu erstellen und raumplanerisch umzusetzen. Die Erstellung von Gefahrenkarten ist sehr zeit- und kostenintensiv. Gefahrenhinweis-



Gletscherregionen (Gebirgsgruppen):

26 **ML** MONTE LEONE
27 **WM** WEISSMIES
28 **MR** MONTE ROSA
29 **DB** DENT BLANCHE
30 **BC** MONT BL. DE CHEILON
31 **GC** GRAND COMBIN
32 **AA** AIG. D'ARGENTIÈRE
33 **TS** TOUR SALLIÈRE

17 **FA** FINSTERAARHORN
18 **JF** JUNGFRAU
19 **AH** ALETSCHHORN
20 **PG** PETERSGRAT
21 **BA** BALMHORN
22 **WS** WILDSTRUBEL
23 **WH** WILDHORN
24 **LD** LES DIABLERETS
25 **GM** GRAND MUVERAN

11 **TI** TITLIS
12 **DM** DAMMA
13 **OA** OBERALP
14 **PR** PIZ ROTONDO
15 **BH** BLINNEHORN
16 **BS** BASODINO

6 **UE** UNTERENGADIN
7 **BN** BERNINA
8 **BG** BERGELL

9 **FP** FLIMS-PIZOL
10 **TÖ** TÖDI

1 **SIL** SILVRETTA
2 **KE** KESCH
3 **EJ** ERR-JULIER
4 **RH** RHEINWALD
5 **MD** MEDEL

2

Permafrostverbreitung in der Schweiz: besonders betroffen sind die Walliser, Bündner und Berner Alpen (Bild: NFP 31)

karten (Massstab 1:25 000) geben einen generellen Überblick über die Gefahrensituation und erlauben es, potenzielle Konfliktgebiete zu erkennen. Konfliktgebiete können mittels einer detaillierten Gefahrenkarte (Massstab 1:5–10 000) genauer untersucht werden. Inzwischen haben alle Kantone mit der Erarbeitung von Gefahrenkarten begonnen. Bis sämtliche Gefahrenkarten der Schweiz vorliegen, braucht es gemäss einer BWG-Schätzung noch rund 15 Jahre.

Zuständigkeiten

Bei drohenden Naturgefahren liegt die Verantwortung für die Sicherheit der Bevölkerung primär bei den Gemeinden und den kantonalen Behörden. Nebst der Umsetzung der Gefahrenkarten in die Nutzungsplanung sind die Gemeinden zuständig für bauliche Massnahmen zur Verminderung des Gefahrenpotenzials, für die Erstellung einer zweckmässigen Alarmorganisation und für die Evakuierung oder Sperrung gefährdeter Gebiete. Die kantonalen Fachstellen erarbeiten die Grundlagen für die Gefahrenbeurteilung, während die Bundesstellen Empfehlungen sowie Richtlinien dazu herausgeben. Zudem stellen sie Arbeitsinstrumente zur Verfügung. Andererseits leistet der Bund, gestützt auf das WaG respektive das WBG, Beiträge an die Erstellung von Gefahrenkarten und Schutzbauten, den Betrieb von Messstellen sowie den Aufbau von Frühwarndiensten.

Mit Beiträgen an das von der Schweizerischen Akademie für Naturwissenschaften getragene Permafrost-Messnetz «Permos» leisten das BWG und das Buwal auch einen Beitrag zur Dokumentation der Entwicklung des alpinen Permafrostes und begleiten Forschungsprojekte zum besseren Verständnis der Prozesse in Periglazialzonen. Mit dem Ziel, die Vorbeugung im Bereich Naturgefahren zu verbessern, hat der Bundesrat zudem eine nationale Plattform für Naturgefahren (Planat) geschaffen. Sie setzt sich zusammen aus Vertreterinnen und Vertretern des Bundes, der Kantone, der Forschung, der Berufsverbände, der Wirtschaft und der Versicherungen. Die Planat setzt sich dafür ein, dass die gesellschaftlichen Schutzinteressen ganzheitlich und

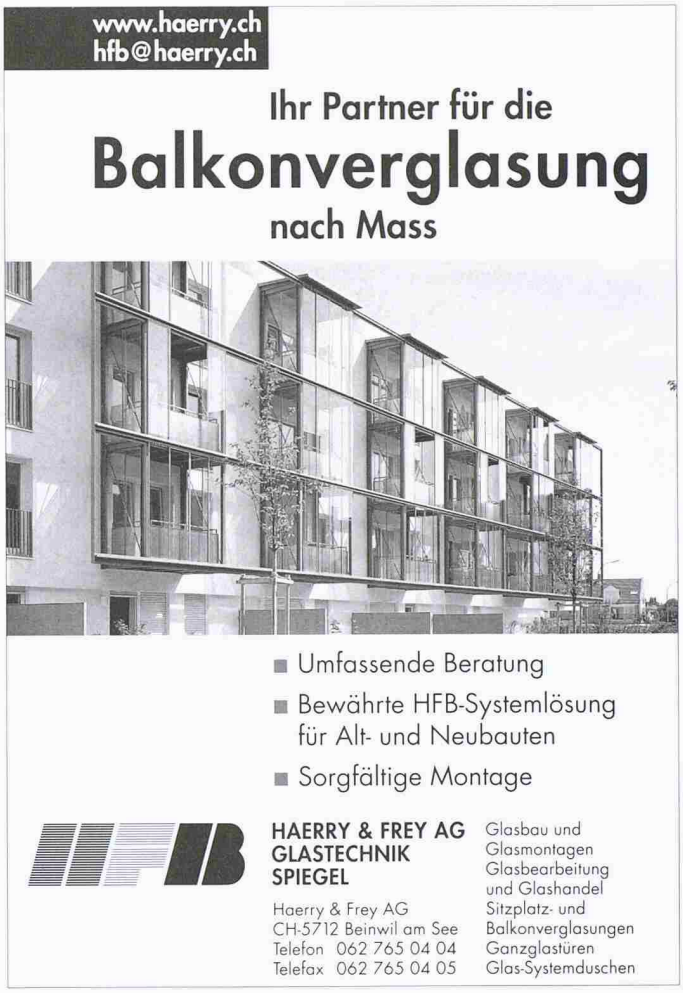
interdisziplinär wahrgenommen werden, dass also raumplanerische, bauliche und organisatorische Massnahmen gleichwertig berücksichtigt werden.[8] Der in diesem Zusammenhang mit Fachleuten, Politikern und potenziell Betroffenen eingeleitete Risikodialog soll noch verstärkt werden. Eine absolute Sicherheit vor Naturgefahren ist nie zu erreichen. Der Umgang mit dem Risiko und damit ein Risikodialog mit allen Beteiligten ist deshalb von zentraler Bedeutung.

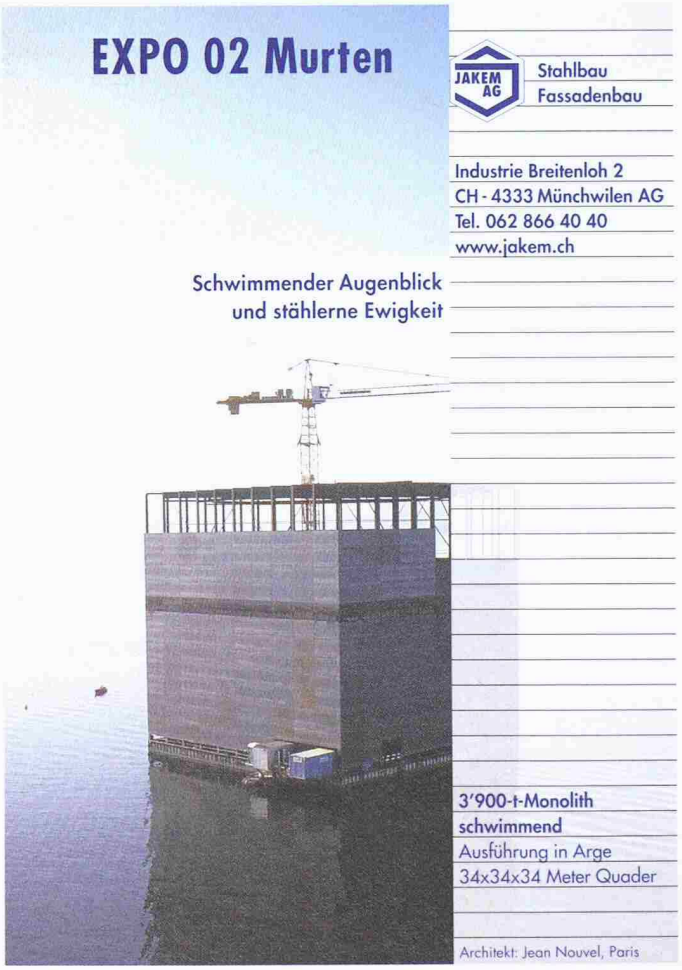
Andreas Götz, dipl. Ing. ETH, Vizedirektor Bundesamt für Wasser und Geologie, Präsident Planat
Hugo Raetzo, Dr. sc. nat., Geologe, Bundesamt für Wasser und Geologie, Geologische Risiken

Literatur

1 Haeberli, Wilfried et al.: Eisschwund und Naturkatastrophen im Hochgebirge. Schlussbericht NFP 31. vdf-Verlag, Zürich, 1999.
2 Bundesamt für Wasserwirtschaft, Landeshydrologie und -geologie: Ursachenanalyse der Hochwasser 1987. EDMZ, Bern, 1991.
3 Lugon, Ralph und Michel Monbaron: Stabilité des terrains meubles en zone de pergélisol et changements climatiques. Rapport final PNR 31. vdf-Verlag, Zürich, 1999.
4 Bader, Stephan und Pierre Kunz: Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz. Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31. vdf-Verlag. Zürich, 1998.
5 http://www.uvek.admin.ch/gs_uvek/de/umwelt/natur/index.html
6 Bundesämter für Raumplanung, für Wasserwirtschaft und für Umwelt, Wald und Landschaft: Empfehlungen – Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Reihe Naturgefahren. EDMZ, Bern, 1997.
7 Bundesämter für Raumplanung, für Wasserwirtschaft und für Umwelt, Wald und Landschaft: Empfehlungen – Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Reihe Naturgefahren. EDMZ, Bern, 1997.
8 Planat: Empfehlungen zur Qualitätssicherung bei der Beurteilung von Naturgefahren. Bezug bei Planat-Sekretariat c/o Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Postfach, 2501 Biel.

Maisch, Max et al.: Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Gletscher und deren Vorfelder. Schlussbericht NFP 31. vdf-Verlag, Zürich, 1998.





STANDPUNKT

Aldo Rota

Auf Eis bauen

Das Trassee der Mitte der 50er-Jahre erstellten Luftseilbahn von Corviglia auf den 3057m hohen Piz Nair oberhalb St. Moritz (Bild) weist eine technische Besonderheit auf: Während der Bauarbeiten musste der Standort der Bergstation wegen kriechenden Permafrosts in stabilen Baugrund verlegt werden. Da die Positionen der Talstation und der Stützen nicht mehr geändert werden konnten, wurden die Seile an der Mittelstütze in Richtung der neuen Bergstation umgelenkt. Dank der kritischen Beurteilung der Stabilität von Bauten im Permafrost weisen die Seile der Piz-Nair-Bahn bis heute einen gut erkennbaren Knick bei der Mittelstütze auf.

Abgesehen von diesem Einzelfall war das Phänomen Permafrost bis vor wenigen Jahren in der Öffentlichkeit nicht präsent. Die Möglichkeit des Auftauens des Permafrosts bis in höchste Lagen wurde in der Epoche der expandierenden Wintersportindustrie trotz Gletscherschwund kaum in Betracht gezogen. Die Wissenschaft befasst sich in der Schweiz hingegen seit etwa drei Jahrzehnten systematisch mit der Erforschung und Modellierung des Permafrosts und seines Auftauens und ist zu teilweise beunruhigenden Folgerungen gelangt.[1] Im vergangenen Jahrzehnt haben ihre Warnungen auch in der Öffentlichkeit Beachtung gefunden, und in der Folge sind bei einigen Bergbahnen Baugrundstabilisierungen im Permafrost durchgeführt worden. Die praktische Umsetzung der Erkenntnisse der Permafrostforschung stellt Ingenieure und Planer auf verschiedenen Gebieten vor neue Aufgaben.

In den folgenden Fachartikeln werden einzelne technische Reaktionen auf die neuen Gefährdungen durch auftauenden Permafrost herausgegriffen. Landesweite raumplanerische und gesetzgeberische Massnahmen, Planung und Realisierung eines Siedlungsschutzes durch Dämme, Entwicklung leichter Lawinenverbauungen für den Einsatz auf kriechendem Permafrost stehen stellvertretend für eine Vielzahl von innovativen Strategien und Konzepten, die in den letzten Jahren entwickelt wurden.

Natürlich sind alle Massnahmen Symptombekämpfung, denn die Ursachen entziehen sich unserem Zugriff. Das Klima in den Alpen können wir allein nicht ändern. Wir können den Permafrost nicht wieder tiefgefrieren und die kriechenden Hänge nicht festnageln. Wir verfügen aber über ein weitgehendes naturwissenschaftliches Verständnis der Phänomene, über die Grundlagen zur Prognose neuer Risiken, über planerische und organisatorische Instrumente zur Minimierung der bekannten Risiken und über die technologischen Grundlagen zur Realisierung von Schutzmassnahmen. In den Alpen können wir auch auf jahrhundertealte Erfahrungen im Umgang mit Naturrisiken zurückgreifen.

Wenn wir die vorhandenen Kenntnisse und Möglichkeiten nutzen und gewisse Einschränkungen akzeptieren, ist das Risiko Permafrost im Alpenraum vorhersagbar und langfristig tragbar. Massnahmen in letzter Minute wie seinerzeit beim Bau der Piz-Nair-Luftseilbahn dürften auch in Zukunft Einzelfälle bleiben.

1 Haeberli, W., et al.: Eisschwund und Naturkatastrophen im Hochgebirge. Schlussbericht NFP 31. vdf Hochschulverlag, ETH Zürich, 1999.

Andreas Götz, Hugo Raetzo
7 **Permafrost – mit dem Risiko umgehen**
Die Schweizer Schutzpolitik gegen die Auswirkungen von auftauendem Permafrost sowie andere Naturgefahren in den Alpen

Felix Keller, Wilfried Häberli, Dieter Rickenmann, Hans Rigendinger
13 **Dämme gegen Naturgefahren**
Schutz des Zentrums von Pontresina vor Murgängen infolge auftauenden Permafrosts und vor Lawinen

Patrik Thalparpan, Konrad Moser, Marcia Phillips
19 **Bauen auf bewegtem Boden**
Konstruktive und materialtechnologische Lösungen für die Erstellung von Verbauungen in kriechendem Permafrost

30 **Expo.02 – die Projekte**
(Fortsetzung)