

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 136 (2010)
Heft: 5-6: Bauen im Permafrost

Artikel: Kriechbewegungen unterschätzt
Autor: Phillips, Marcia / Margareth, Stefan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-109561>

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: 19.07.2025

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

KRIECHBEWEGUNGEN UNTERSCHÄTZT

Titelbild

Fassade des Bergrestaurants auf dem Par-
datschgrat (A-Tirol) (Foto: Silvrettaseilbahn AG)

FLEXIBLE SCHNEENETZE

Infolge der für Permafrostböden typischen Kriechbewegungen werden für den Verbau von steilen Permafrosthängen flexible Schneenetze² anstelle von starren Stahlschneebrücken empfohlen. Schneenetze sind Lawinenverbauungen aus dreieckigen Drahtseilnetzen, die an Pendelstützen montiert und über Drahtseile mit den berg- und talseitigen Ankern verbunden sind (Abb. 2). Wegen ihrer Flexibilität sind sie relativ unempfindlich gegen Baugrundverschiebungen und im Vergleich zu starren Systemen weniger empfindlich gegen Steinschlag. Ihre Geometrie kann zudem nach grösseren Deformationen einfach nachgerichtet werden.

AM PROJEKT BETEILIGTE

Auftraggeber: Charly Wuilloud, Leiter Sektion Naturgefahren, Kanton Wallis, und Norbert Carlen, Ingenieur Naturgefahren, Kreis Oberwallis

Unterhalt der Lawinenverbauungen:

Leo Jörger, Revierförster Randa

Bauherrschaft: Gemeinde Randa

Bauleitung: Reinhold Bumann, Ingenieurbüro Bumann GmbH, Naters

Bohrlochdeformationsmessungen:

Rovina + Partner AG, Varen

Vermessung der Lawinenverbauungen:

Klaus Aufdenblatten, Geomatik AG, Zermatt

Material- und Personentransporte:

Air Zermatt, Zermatt

Bau und Sanierung der Schneenetze: E. Lauber & Sohn AG, Hoch- und Tiefbau, Zermatt

Herstellung der Schneenetze: Geobrug AG, Schutzsysteme, Romanshorn

In der Lawinenanrisszone am «Wisse Schijen» in Randa (VS) wurden 1990 Schneenetze als Lawinenverbauung gebaut – ohne permafrostspezifische Vorstudien, da diese nicht üblich waren. Da die Geländeverschiebungen überdurchschnittlich gross sind, wird die Verbauung seit 2001 systematisch beobachtet. Nach nur 17 Jahren Betriebszeit mussten 2008 die Fundamente saniert werden. Heute würde man hier auf eine Verbauung verzichten und temporäre Massnahmen wie Lawinensprengungen einsetzen.

Seit 2001 untersucht das WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) Lawinenverbauungen in der Lawinenanrisszone Wisse Schijen oberhalb Randa im Walliser Mattertal.¹ Der 40° steile und mit Felsen durchsetzte Hang besteht an der Oberfläche aus einer etwa 2.5m mächtigen grobblockigen Schuttschicht (Gneis, Quarzit und Marmor), die sich in einem labilen Gleichgewicht befindet. Darunter befindet sich eine 0.5m mächtige Schicht aus eisreichem Lockermaterial, die auf Permafrost-Fels liegt.

In den Jahren 1990 und 1991 wurden dort auf der Höhe zwischen 3010 und 3140m ü.M. acht Schneenetze erstellt. Sie ersetzen einen Auffangdamm, der die darunterliegenden Stahlschneebrücken vor Steinschlag schützte, aber wegen Geländeinstabilitäten zurückgebaut wurde. Die Netze verhindern das Anbrechen von Lawinen im obersten Anrissgebiet. Sie sind 24 bis 46m lang und 4m hoch (Abb. 1 und 2). Ihre Konstruktion ist flexibel und nimmt Geländeinstabilitäten auf. Die Pendelstützen sind auf Mikropfählen fundiert, die aus eingemörtelten 32-mm-GEWI-Ankerstäben und 76-mm-Stahlrohren bestehen. Zusätzlich ist der Kopf des Mikropfahles mit einem Betonfundament stabilisiert. Die Seilanker, mit Verankerungslängen von 5m und im Abstand von 3.5m berg- und talseitig versetzt, sind am Kopf durch je ein Betonfundament gesichert – der Fels wurde durchwegs erreicht. Da der Schutt in den obersten Metern Hohlräume enthält, war der Ankermörtelverbrauch mit etwa 30kg pro Meter Ankerlänge sehr hoch.

MESSEN, BEOBACHTEN UND SCHLÜSSE ZIEHEN

Ende der 1990er-Jahre stellte sich heraus, dass die Stabilitätsprobleme durch überdurchschnittlich rasch kriechenden Permafrost hervorgerufen wurden (vgl. nebenstehenden Kasten). Der Kanton Wallis liess daraufhin den Steilhang überwachen. Das SLF nahm Ingenieurvermessungen vor, liess drei 6m lange Bohrlöcher abteufen und mit Instrumenten ausrüsten. Seit 2001 werden die Bodentemperaturen in den Bohrlöchern mittels Thermistoren stündlich gemessen. Die Hangdeformationen werden in denselben Bohrlöchern jährlich mittels Inklinometermessungen erfasst. Ausserdem werden jedes Jahr die 48 Fixpunkte auf den Fundamenten der Schneenetze vermessen, der Bauwerkszustand visuell beurteilt und dokumentiert. Die Beobachtungen erlauben, Änderungen der Geometrie und des Zustandes der Schneenetze zu quantifizieren und falls erforderlich entsprechende Massnahmen zu ergreifen.

Die Messungen zeigen, dass die Permafrosttemperaturen, die zwischen –0.5 und –1.5°C schwanken, relativ hoch sind. Die Mächtigkeit der Auftauschicht beträgt gemäss den Temperaturmessungen rund 1.8m – im Hitzesommer 2003 war sie etwa 0.1m stärker. Die horizontalen Bohrlochdeformationen in Talrichtung sind in der Regel gleichmässig und kleiner als 5cm pro Jahr. Eine Ausnahme war die in einem Bohrloch gemessene horizontale Verschiebung um 12.6 cm im Sommer 2003 (Abb. 4). Die Fundamente haben sich zwischen



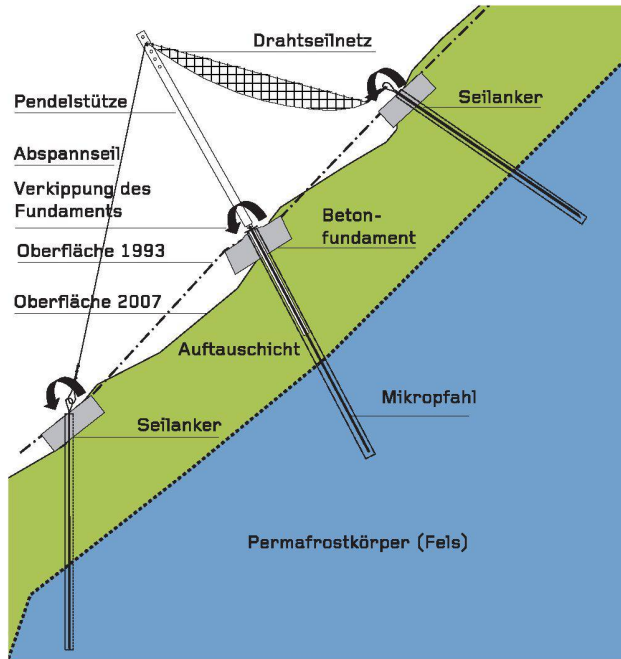
01

1999 und 2007 um 0.47 m horizontal verschoben und 0.38 m gesetzt. Auch hier waren die Verschiebungen, mit durchschnittlich 0.1 m allein im Sommer 2003, besonders stark. Diese ausgeprägten Kriech- und Setzungen verursachten zunehmend Schäden an den Schneenetzen. Differentielle Verschiebungen der einzelnen Fundamente veränderten die ursprüngliche Geometrie ganzer Netzreihen (Abb. 1), was zu ungleichmässigen Belastungen und erhöhten Zwängungen führte. Infolge talseitigen Verkippens der Stützenfundamente kugelten die Gelenke der Pendelstützen aus, die Netze drohten einzustürzen. Ausserdem legte die Oberflächenerosion einzelne Fundamente frei, was die Stabilität der Mikropfähle reduziert und zum Versagen führen kann. Die Zustandsbewertung der Schneenetze gemäss der technischen Richtlinie² zeigte, dass nach einer Nutzungsdauer von nur 17 Jahren sechs Reihen in die Zustandsklasse 2 (schadhaft) und zwei Reihen in die Klasse 3 (schlecht) eingeordnet werden mussten. Die Lawinenverbauung wurde daraufhin 2008 saniert.

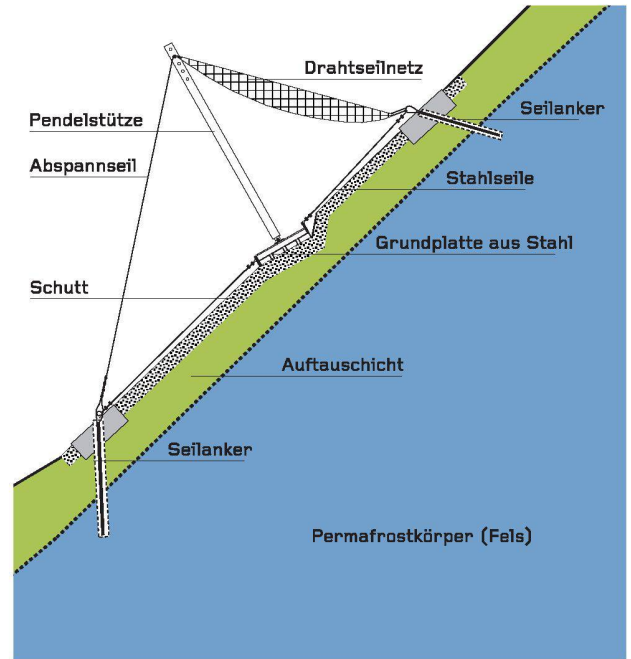
NUTZUNGSDAUER VERLÄNGERN

Um die Nutzungsdauer des Systems zu verlängern, wurden unter den Pendelstützen der «schlechten» Schneenetzeihen «schwimmende» Grundplatten aus Stahl anstelle der Mikropfahlfundamente installiert (Abb. 3). Die 90 × 90 cm grossen Grundplatten sind mit Drahtseilen an den berg- und den talseitigen Seilankern der Schneenetze befestigt. Sie reagieren weniger empfindlich auf Hangbewegungen und können normalerweise mit Seilzügen neu

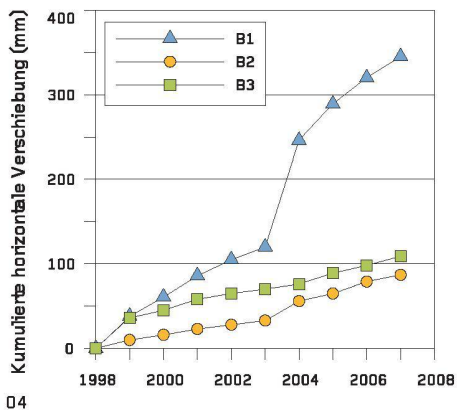
01 Schneenetze mit veränderter Geometrie in der Lawinenanrisszone «Wisse Schijen» oberhalb Randa im Mattertal (VS), auf etwa 3100 m ü. M. (Foto: Marcia Phillips)



02



03



04

02 Prinzipskizze eines Schneenetzes im Permafrosthang «Wisse Schijen». Die Oberflächenerosion des Hanges und die daraus resultierende Freilegung und Verkipfung der Fundamente sind dargestellt.

03 Prinzipskizze eines Schneenetzes mit Grundplatte aus Stahl unter der Pendelstütze.

04 Kumulierte horizontale Bohrlochdeformationen in 1 m Tiefe in drei Bohrlöchern (B1 bis B3) auf «Wisse Schijen» zwischen 1998 und 2007. Die Auswirkung des Hitzesommers 2003 ist im Bohrloch B1 klar ersichtlich. Das Bohrloch befindet sich zwischen den beschädigten Schneenetzeihen (Abbildungen: SLF).

ausgerichtet werden. Je nach Tragfähigkeit des Baugrundes werden solche Grundplatten in eine Ausgleichsschicht aus Magerbeton eingebettet (z.B. bei wenig tragfähigen Böden) oder wie im vorliegenden Fall direkt auf die Bodenoberfläche gelegt. Gleichzeitig wurden zwei neue Bohrlöcher abgeteuft und instrumentiert, denn die alten waren infolge der Verformungen unbrauchbar geworden. Mit ihnen werden der Permafrost und die Hangstabilität weiterhin überwacht, um kritische Zustände zu erkennen.

ERFAHRUNGEN LIEFERN NEUE ERKENNTNISSE

Die Probleme mit instabilen Permafrostbaugrund erkannte man erst mit der Überwachung von Gebieten wie am «Wisse Schijen». Die Projektierung der Schneenetze erfolgte darum 1990 ohne permafrostspezifische Vorstudien und Baumethoden. Dies war damals für Permafrostböden nicht üblich, da Leitfäden, aber auch die Erfahrung fehlten. Da die eingebauten Stützenfundamente nicht permafrostkonform sind, ist der Unterhaltsaufwand sehr hoch: Netze müssen neu ausgerichtet und Steine, die durch Steinschlag in die Netze fallen, in den Sommermonaten ausgeräumt werden. Fungierten die Netze nicht noch als Steinschlag-schutz, würde man aus heutiger Sicht hier wahrscheinlich auf Lawinenverbauungen verzichten. Die angrenzende Lawinenanrisszone wurde jedenfalls nicht mit Stützwerken verbaut. Dort werden Lawinen mittels Sprengung künstlich ausgelöst. Gleichzeitig sind bauliche Verstärkungen der lawinengefährdeten Infrastrukturen im Tal geplant. Das Fallbeispiel «Wisse Schijen» zeigt, wie wichtig eine detaillierte Vorstudie mit einer gründlichen Baugrunduntersuchung ist, die eine Abklärung des Permafrostvorkommens und des Eisgehalts umfasst. Dadurch kann die Dauerhaftigkeit von Bauwerken im Hochgebirge gewährleistet werden.³

Marcia Phillips, Geografin und Leiterin der Gruppe Permafrost und Schneeklimatologie am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), phillips@slf.ch

Stefan Margreth, dipl. Bauing. ETH und Leiter der Gruppe Schutzmassnahmen am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), margreth@slf.ch

Anmerkungen

- 1 P. Thalparpan, K. Moser, M. Phillips: Bauen auf bewegtem Boden. TEC21, 17/2002. S. 19–24
- 2 S. Margreth: Lawinenverbau im Anbruchgebiet, Technische Richtlinie als Vollzugshilfe, Umwelt-Vollzug Nr. 0704. Bundesamt für Umwelt, Bern, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), Davos, 2007
- 3 C. Bommer, M. Phillips, H.-R. Keusen, P. Teyssie: Bauen im Permafrost. Ein Leitfaden für die Praxis. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)/SLF, Birmensdorf, 2009