Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103 (1985)
Heft: 17

Artikel: Verankerung von Lawinenverbauungen im Anrissgebiet
Autor: Dauner, Hans-Gerhard / Krummenacher, Werner
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75762

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: 10.12.2025

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

Verankerung von Lawinenverbauungen im Anrissgebiet

Von Hans-Gerhard Dauner, Aigle, und Werner Krummenacher, Brig

Die Schneelasten stellen hohe Anforderungen an die Verankerung von Lawinenverbauungen. Je nach Baugrund und Neigung waren bisher verschiedene und oft aufwendige Verankerungssysteme erforderlich. Versuche mit Verankerungen mittels Mikroverbundpfählen zeigen, dass dieses System wesentliche Vereinfachungen und verbesserte Verankerung von Lawinenverbauungen erlaubt.

Der beste Schutz vor Lawinen besteht darin, sie erst gar nicht entstehen zu lassen, d.h. den Schnee dort, wo er hinfällt, bis zum Abtauen im Frühling festzuhalten. Wälder erfüllen diese Aufgabe vorbildlich.

Stützverbau

Wo diese natürliche Stabilisierung fehlt und Lawinengefahr besteht, muss der Schnee gegen Losreissen und Abgleiten gestützt werden. Man spricht darum von Stützverbau und unterscheidet zwischen temporärem und permanentem Stützverbau.

Ersterer ist dort sinnvoll, wo durch eine Aufforstung der Wald nach 20 bis 40 Jahren wieder seine natürliche Funktion als Stabilisator der Schneemassen übernehmen kann. Hier genügen meist Verbauungen aus imprägniertem Holz, die «Holzschneerechen».

Permanenter Stützverbau gelangt zum Einsatz, wo eine Aufforstung nicht möglich ist, d.h. oberhalb der Waldgrenze oder auf felsigem Untergrund. Dabei hat sich in den letzten Jahren mehr und mehr der Stahl als Baumaterial und der starre Stützverbau mit Schneebrücken durchgesetzt.

Die Kräfte, die auf diese Rückhaltevorrichtungen, auch Werke genannt, wirken, sind beachtlich. Sie hängen von einer Anzahl von Faktoren ab, z.B. der Schneemächtigkeit, der Oberflächenbeschaffenheit, der Hanglage und -neigung. Nicht selten muss nach den Richtlinien [1] mit nahezu hangparallelen Kräften von 100 kN (10 t) pro Laufmeter gerechnet werden.

Die Bemessung des Oberbaues der Werke für diese Lasten ist im Augenblick kein Problem, solange die anerkannten Regeln des Stahlbaues eingehalten werden. Gegenwärtig sind die Richtlinien [1] noch nicht der als «allgemeine Regel» zu verstehenden Stahlbaunorm SIA 161, Ausgabe 1979, angepasst.

Das Baumaterial und sein Verhalten sind bekannt (z.B. durch Werkzeugnisse), und die Herstellung erfolgt in dafür eingerichteten Werkstätten.

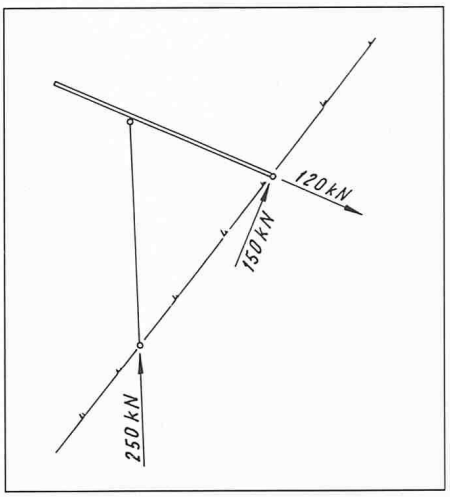


Bild 1. Fundamentkräfte für D = 4 m, N_{fc} = 2,6 bei einer Hangneigung von 100%

Verankerung

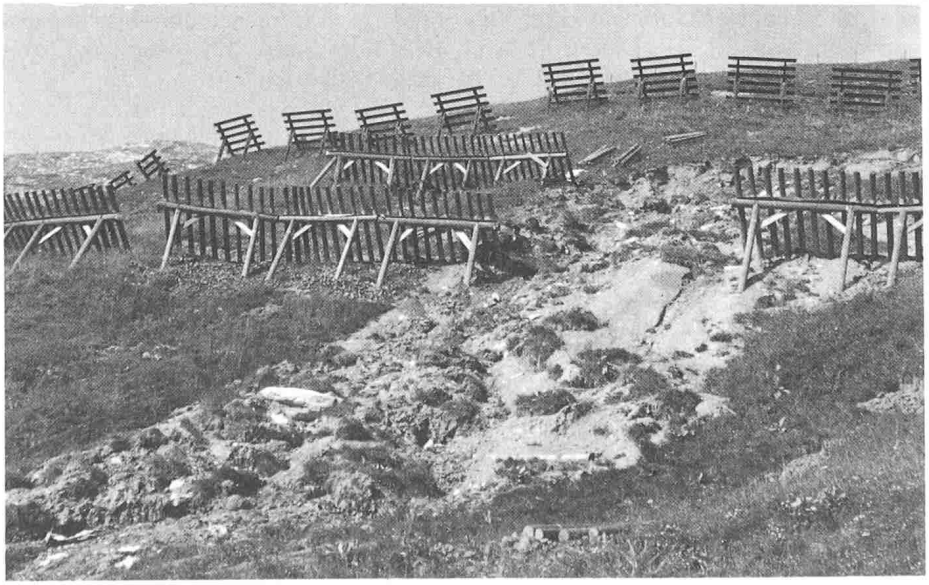
Sehr viel komplexer und damit schwieriger ist das Problem der Verankerung der Werke im Untergrund:

- die Bodenbeschaffenheit ist nicht selten ungewiss,
- die Arbeiten werden durch das steile Gelände erschwert,
- die Einbauequipen sind oft nicht genügend geschult und ausgebildet,
- eine Bauüberwachung durch einen verantwortlichen Bauingenieur findet meist nicht statt,
- eine Kontrolle der Zugfundamente ist im allgemeinen nicht möglich.

Dabei sind die auftretenden Fundamentkräfte, bei Stahlschneebrücken, wie sie für eine Einflussbreite von drei Metern in Bild 1 eingezeichnet sind, beachtlich und dürfen nicht dem Zufall

Bild 2. Schneerechen in erosionsanfälligem Untergrund

Bild 3 (rechts). Schneebrücken mit nicht aufgefüllter Erdkorbverankerung



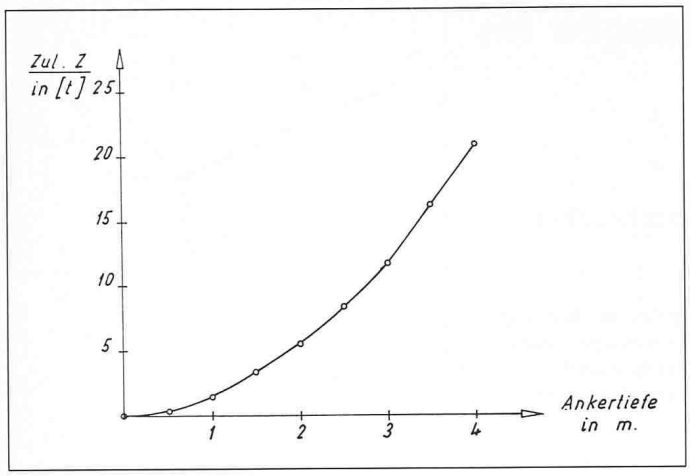


Bild 4. Zulässige Zugkraft von Einlochankern nach [1]

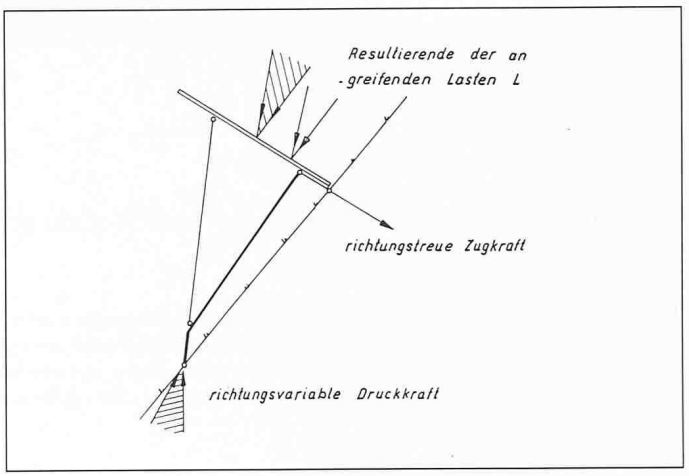


Bild 5. Schneebrücke auf einem Basisrahmen

einer unsachgerechten Arbeit überlassen werden.

Grundsätzlich kann zwischen zwei Bodenbeschaffenheiten unterschieden werden, nämlich der lockeren und der festen, wobei die Grenze zwischen beiden da zu ziehen ist, wo Pickel und Schaufel nichts mehr ausrichten können.

Für die talseitigen Druckfundamente ist in beiden Fällen die Kraftaufnahme über Bodenpressung mit mehr oder weniger grossen Grundplatten möglich. Grundsätzlich sind diese Fundamente in statischer Hinsicht problemlos, solange sie tief genug versetzt sind. Im Lockerboden kann dies jedoch grossen Aushub und starken Geländeeinschnitt erfordern.

Problematischer ist das bergseitige Zugfundament sowohl im festen als auch und insbesondere im lockeren Untergrund. Im Fels wurden bisher rund 1,5 m lange Injektionsanker versetzt, wobei der Injektionsmörtel meist von Hand eingefüllt wurde. Es sind Schadensfälle bekannt, bei denen nachträglich festgestellt werden konnte, dass der Injektionsmörtel nur teilweise den Betonstab umschloss, d.h. dass entweder unsachgemäss vergossen wurde (z.B. ohne Vibrieren) oder dass der Mörtel in einer Felsspalte versickerte.

Bei Gründungen im lockeren Untergrund wurden bisher in genügender Tiefe Bauteile eingegraben und der Zugwiderstand durch die Masse des Aufschüttmaterials gewährleistet. Diese Bauweise ist oft teuer und umweltzerstörend. Sie kann zu Erosion ganzer Hänge führen, wenn die ursprüngliche Oberfläche nicht wiederhergestellt werden kann (Bilder 2 und 3)

Frühere Versuche

Wegen dieser Nachteile werden schon lange Anstrengungen unternommen, umweltfreundlichere und billigere Zugverankerungen zu finden.

So hat das Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (EISLF), Davos, Vorschläge der Vöest Alpine AG aufgegriffen und 1976 ein umfangreiches Programm für Feldversuche mit Rammpfählen aufgelegt [2]. Die Versuche müssen als gescheitert angesehen werden, da nur in zwei von zehn Versuchsfeldern mit Erfolg gerammt werden konnte. Dieser Misserfolg mit Rammpfählen führte zu Untersuchungen mit gebohrten Sprengankern, die wiederum vom EISLF, Davos, in den Jahren 1977 bis 1979 durchgeführt wurden und deren Ergebnisse 1981 in einem Bericht [3] veröffentlicht sind.

Es wurden Doppelzuganker und Ankerdreibeine untersucht. Die positiven Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die zulässige Zuglast von Einlochankern kann in Abhängigkeit von der Ankertiefe nach der im Bild 4 gezeichneten Parabel ermittelt werden und beträgt bei 3 m Tiefe 120 kN (12 t);
- Die Ankerdreibeine sind auf Druck ungefähr doppelt so tragfähig wie die Einloch-Zuganker. Bei grossen Lasten besteht allerdings die Gefahr, dass der Ankerkopf seitlich auskippt.

Diese Untersuchungen basierten auf folgendem Gründungsprinzip (Bild 5):

- bergseitig *richtungstreue Zugkraft* (unter Vernachlässigung der Seitenkräfte),
- talseitig *richtungsvariable Druckkraft*, die wegen der erforderlichen Querkraftaufnahme und dem kleinen Winkel zwischen Hang und Druckpfahl zur Dreibeinlösung führt.

Bei den herkömmlichen Stützverbauungen (Schneerechen und -brücken aus Holz oder Stahl) gilt folgendes Gründungsprinzip (Bild 6):

Bild 6. Herkömmlicher Werktyp (Rechen oder Brücke)

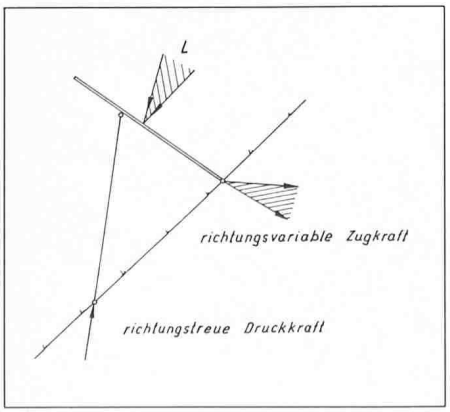


Bild 7. Einfluss richtungsvariabler Lasten

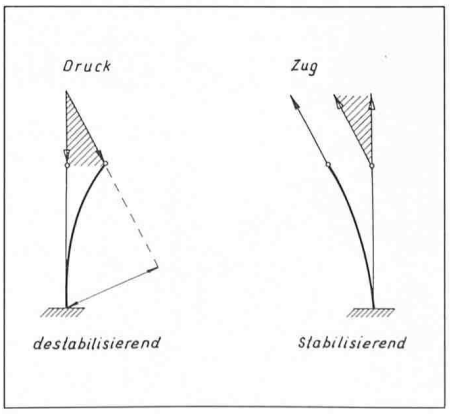
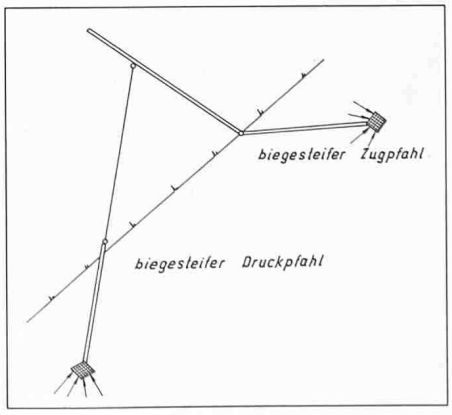


Bild 8. Verankerungsprinzip mit beigesteiftem Pfahl



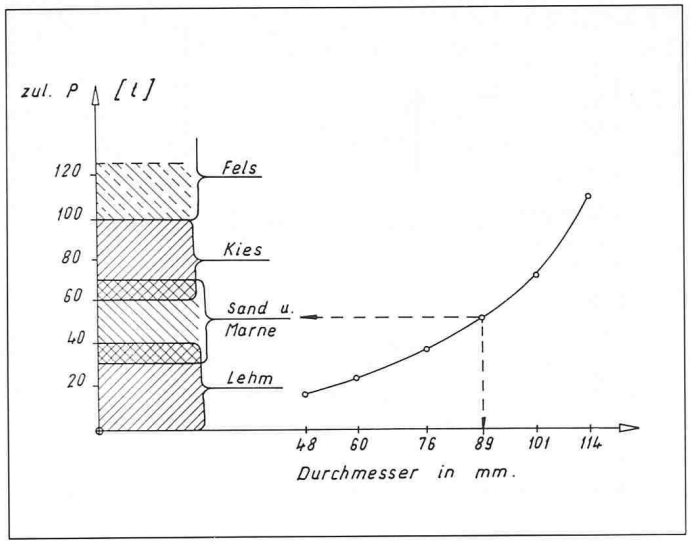


Bild 9. Grössenordnung der zulässigen Belastung P von Mikropfählen (Angaben von Swissboring AG)

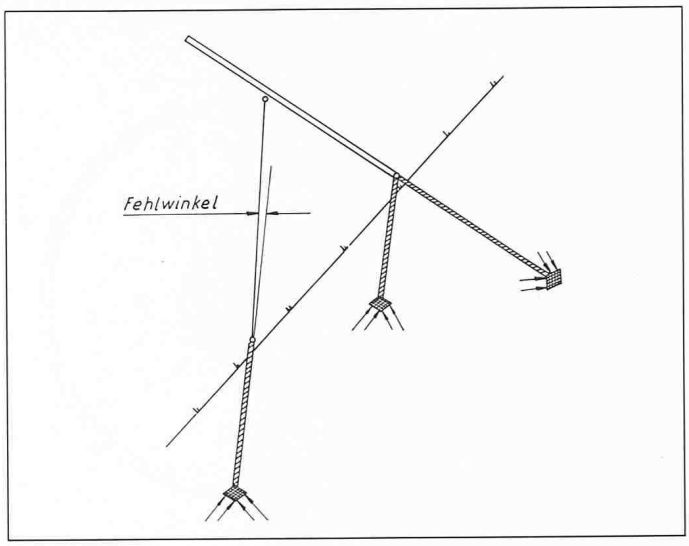


Bild 10. Verankerung auf Mikropfählen

- bergseitig ist die Zugkraft richtungsvariabel,
- und talseitig ist die Druckkraft richtungstreu.

Die Grundlagen der Statik und Stabilitätstheorie lehren uns, dass es einfacher ist, einen richtungsvariablen Zug aufzunehmen als einen richtungsvariablen Druck. Der richtungsvariable Druck wirkt oft destabilisierend (Bild 7). Daraus lässt sich ein einfaches Verankerungsprinzip ableiten (Bild 8).

Mikroverbundpfahl

Für den richtungstreuen Druck bietet sich der in der Baupraxis seit Jahren bewährte *Mikroverbundpfahl* an. Er besteht aus einem Stahlrohr, das in ein Bohrloch versenkt und nachträglich mit Zementmörtel ausgegossen wird. Der Rohrdurchmesser wird im allgemeinen zwischen 50 und 115 mm gewählt, und die Nutzlasten erreichen je nach Rohrwandstärke und Bodenbeschaffenheit Werte bis zu 1100 kN (= 110 t) (Bild 9). Im Lawinenverbau haben wir es mit maximalen Druckkräften von etwa 300 kN und Zugkräften von 150 kN zu tun.

Da es aus technischen Gründen vorläufig noch schwierig ist, steigende Zuganker auszuführen, ergeben die vorausgegangenen Überlegungen folgendes Verankerungsprinzip (Bild 10).

Für die Aufnahme der richtungstreuen Druckkraft schlagen wir einen biegesteifen Einzelpfahl vor. Da dieser Einzelpfahl im Gegensatz zu den im Bauwesen üblichen Pfählen eines Pfahlrostes an seinem oberen Ende nicht durch eine Betonkopfplatte seitlich gehalten ist, muss man sich über sein Tragverhalten, insbesondere im Hanggelände, Klarheit verschaffen. Wir konnten nicht in Erfahrung bringen, ob und wo in der Literatur über die Stabilität von Mikropfählen in schrägem Gelände berichtet wird. Deshalb waren wir auf eigene Untersuchungen angewiesen.

Um eine Aussage über die Traglast machen zu können, muss die Bettung des Pfahlkopfes im Hang oder, einfacher, seine Biegelinie beim Versagen bekannt sein. Dies erlaubt, aufwendige Versuche mit grossen Vertikallasten und Pendelstützen zu umgehen und durch einfache Versuche zur Ermittlung des horizontalen Biegewiderstandes zu ersetzen.

Im Juni 1982 haben wir die sogenannten «Briger Versuche» (vgl. Kästchen) durchgeführt. Ausser vertikal belasteten Pfählen (Bild 11) wurden auch solche mit Horizontallasten erprobt (Bild 12); der Versuchsbericht des EISLF ist in Vorbereitung. Versuchsort war der etwa 80% geneigte Auffülldamm der BLS in der Nähe von Brig. Alle Versuche wurden an gleichen Verbundpfählen, wie sie im Bild 13 dargestellt sind, durchgeführt.

Einige Versuchsergebnisse sind im Bild 14 dargestellt. Sie zeigen, dass bereits relativ kleine Gesteinsbrocken (∅ 30 cm) eine Kraftsteigerung auf das Doppelte bewirken. Im lockeren Untergrund kann aus den Versuchen 1 und 2 sowohl durch Messen am ausgegrabenen und verbogenen Pfahl als auch über die Lastverformungskurven und das errechnete plastische Moment auf

Bild 11. «Briger Versuche», Vertikallasten

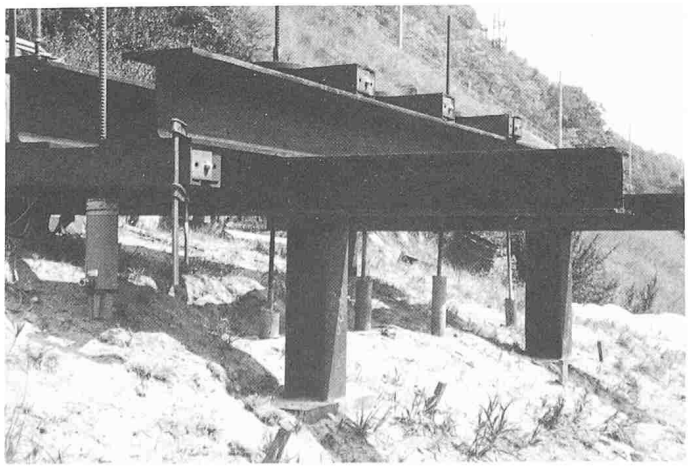
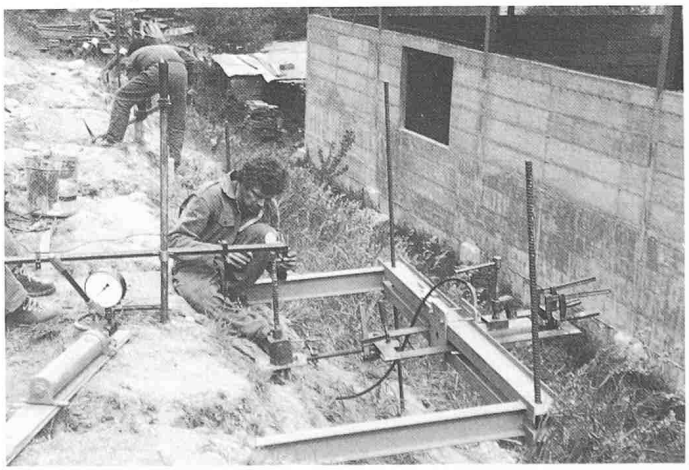


Bild 12. «Briger Versuche», Horizontallasten



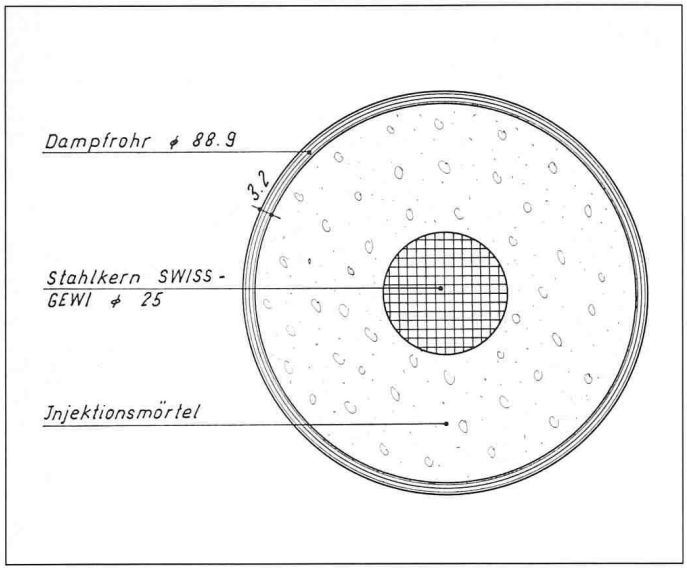


Bild 13. Versuchspfahl im Schnitt (Verbundpfahl)

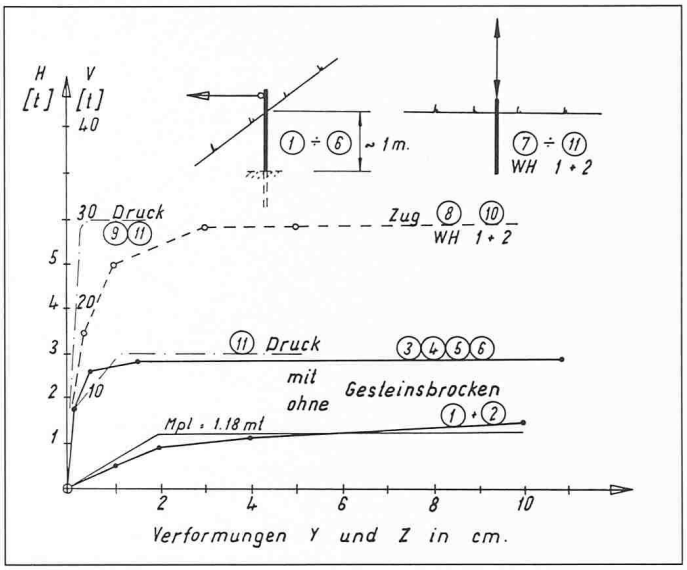


Bild 14. Einige Ergebnisse der «Briger Versuche»

eine Einspanntiefe von rund 1 m geschlossen werden.

Diese Versuche zeigen, dass man mit rund 90 mm dicken Mikroverbundpfählen für den Lawinenverbau auf dem richtigen Weg ist. Sie reichen jedoch nicht aus, um bereits Aussagen über die mögliche Beanspruchung machen zu können. Dafür sind zur Zeit Fortsetzungsversuche des EISLF im Gange. Ein Gesamtbericht, der auch die «Briger Versuche» einschliesst, wird eine Bemessungsgrundlage geben.

Literatur

[1] Lawinenverbau im Anbruchgebiet. Richtlinien des Eidg. Oberforstinspektorates für den Stützverbau. Mitteilung des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 29, Dezember 1968

[2] Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Berichte 3600/1, 2 und 3

[3] EISLF – interner Bericht Nr. 595, Stützverbau mit Sprengankern, *M. Heimgartner*

Zusammenfassung

Bisher waren Schneebrücken und -rechen geländeabhängig. Man unterschied drei Typen: den Typ Fels, den Typ Beton und den Typ Erde. Es kam nicht selten vor, dass wegen falscher Einschätzung des Untergrundes die gelieferten Werke nicht eingebaut werden konnten.

Wir schlagen die Gründung von Schneebrücken und -rechen auf biegesteifen *Mikroverbundpfählen* vor, die mehr oder weniger tief gebohrt und jedem Untergrund angepasst werden können. Da der Oberbau dabei immer gleichartig bleibt, lassen sich die oben genannten Schwierigkeiten vermeiden.

Die von uns durchgeführten «Briger Versuche» haben zumindest die Eignung von Verbundpfählen für den Lawinenverbau bewiesen.

Zwei Probleme sind noch zu lösen:

☐ die Erstellung von Bemessungsgrundlagen (z.Z. in Bearbeitung am EISLF),

☐ die Bildung spezialisierter Bautrupps, welche die entsprechende Bohrtechnik sowie Injektion und Verankerung auch im schwierigsten Gelände und Untergrund so beherrschen, dass das angestrebte Ziel einer *sicheren und wirtschaftlichen Bauweise* erreicht werden kann.

Adresse der Verfasser: Dr. Ing. *H.-G. Dauner*, dipl. Bauing. ETH/SIA, DIC Dauner – Ingénieur – Conseil, Rue de la Gare 4, 1860 Aigle, und *W. Krummenacher*, Krummenacher AG, 3900 Brig.

Durchführung der «Briger Versuche»

DIC Dauner-Ingénieur-Conseil, Dr. H.-G. Dauner, 1860 Aigle
Krummenacher AG, Stahlbau, 3900 Brig
EISLF, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 7260 Davos