

# Langzeitverhalten von Ankern im Lawinenverbau – Erste Erkenntnisse

Der gewaltige Schneefall in diesem Winter hat auch die Frage nach den Schutzmassnahmen vor Lawinen wieder aktuell gemacht. Wie sicher sind die Verankerungen in Schutzbauten, die zum Teil schon 20 Jahre alt sind? Halten Sie der Schneelast stand? Die Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Chur hat dies untersucht und kann nun erste Ergebnisse aufweisen.



Abb. 1: Schadensbild bergseitige Verankerung.



Abb 2: Zugprobe an einer bestehenden Schneebrücke, LV Munt da Lü.

Das Forschungsprojekt zur Tragsicherheit von Ankern wurde im Sommer 2008 gestartet. Auftraggeber waren das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die Eidgenössischen Expertenkommission für Lawinen und Steinschlag (EKLS). Begleitet wurden die Arbeiten vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos und dem Amt für Wald Graubünden. Im Projekt wurden folgende Themen untersucht:

- Wie gross ist die Traglast nach 20 Jahren verglichen mit der Traglast von neuen Ankern?
- Wie ist der Zustand des Materials (Ankermörtel, Stahlanker)?
- Welchen Einfluss hat das Bodenkriechen auf die Traglast?
- Welchen Einfluss hat die Nachinjektion auf die Traglast?

## Äussere Traglast massgebend

Die äussere Traglast war für 19 von 20 geprüften zwanzigjährigen Ankern und alle 20 neu versetzten Vergleichsanker massgebend (Abb. 4,5). Die Traglast nimmt mit dem Alter nicht ab (Tabelle 1). Teilweise wurden Mängel beim Verbund von Stahlglied und Mörtelsäule festgestellt, die über eine grössere Zeitspanne den inne-

ren Tragwiderstand erheblich herabsetzen könnten. An den ausgegrabenen Ankern wurde der Korrosionsgrad auf 2 bis 3 beziffert (auf einer Skala von 0 bis 4 mit 4 als Maximum, d.h. erheblicher Querschnittsverminderung oder Lochfrass), wobei sich diese Klassierung auf eine visuelle Betrachtung beschränkt. Weitere Laboruntersuchungen werden diesbezüglich angestrebt. Mit den gemessenen äusseren Tragwiderständen haben die geprüften Anker noch eine mittlere rechnerische Sicherheit von 1,4. Dieser Wert ist im Vergleich mit der Gesamtsicherheit von 2,03 (Lastbeiwert von 1,5 und Widerstandsbeiwert von 1,35), den die Norm SIA 267 und die Technische Richtlinie «Lawinenverbau im Anbruchgebiet» 04/07 vorgeben, sehr tief, bedeutet aber nicht, dass die Funktionsfähigkeit der gesamten Verbauung in den vergangenen zwanzig Jahren beeinträchtigt gewesen wäre.

Zur Erklärung: Die äussere Traglast (Tragwiderstand) ist die Last, die vom Verankerungskörper (Stahlglied mit Mörtelsäule) auf den Boden übertragen und von diesem aufgenommen werden kann. Sie ist von den Bodenverhältnissen wie Bodentyp nach USCS-Klassifikation, hydrologischen sowie morphologischen Gegebenheiten abhängig. Mit innerem Tragwiderstand wird die Bruchlast des Verankerungskörpers selber bezeichnet, d.h. in unserem Fall die Fließlast des Stahlstabes.

Anhand des Bruchversagens und der visuellen Aufnahmen der ausgegrabenen Anker ist zum jetzigen Zeitpunkt der innere Tragwiderstand für die Tragfähigkeit des Ankers nicht massgebend.

## Zustand der Anker – moderate Korrosion

Der Zustand der Anker muss mit Bezug auf die Qualität des Ankermörtels, des Stahls und

Berücksichtigte Prüflinge	Bruchlast neue Anker ohne Nachinjektion Fr [kN]	Bruchlast alte Anker Fr [kN]	Bruchlast-erhöhung / Abminderung [%]
mit Felsankern und Ausreissern	114	96,8	11,8
ohne Felsanker und Ausreisser	90,6	100,5	-9,9

Tabelle 1: Vergleich alte und neue Anker ohne Nachinjektion.



Abb. 3: Exzentrisches Schutzrohr mit starker Korrosion.

Berücksichtigte Prüflinge	Bruchlast neue Anker ohne Nachinjektion Fr [kN]	Bruchlast neue Anker mit Nachinjektion Fr [kN]	Bruchlasterhöhung / Abminderung [%]
mit Felsankern und Ausreißern	114	129,6	13,7
ohne Felsanker und Ausreißer	90,6	90,7	0

Tabelle 2: Vergleich neue Anker mit und ohne Nachinjektion.

des Verbundes beurteilt werden. Die Laboruntersuchungen am Ankermörtel haben eine mittlere Druckfestigkeit von 92 N/mm<sup>2</sup> und einen mittleren Frostbeständigkeitsindex von 1,1 ergeben. Bei einzelnen Abschnitten der Stahlglieder, die visuell geprüft werden konnten, wurde der Korrosionsgrad auf 2 bis 3 bestimmt. Die Anker weisen Einbaumängel auf wie die fehlende Zentrierung der Stahlglieder, die ein Korrodieren begünstigen. Problematisch ist die nicht mehr vorhandene Ummörtelung der Schutzrohre. Durch das starke Abplatzen des Ankermörtels wurde an diesen Rohren (Abb. 3) eine erhöhte Korrosion festgestellt (KG 3). Weitere Untersuchungen über die Stahlqualität und das Verbundwirken sind dieses Jahr geplant. Diese Prüfungen sind notwendig für eine relevante Aussage über die weitere Entwicklung des inneren Tragwiderstands der Anker.

#### Einfluss Bodenkriechen – keine Verminderung der Traglast

Vergleicht man die Resultate aus den Ausziehversuchen der alten und der neuen Anker, sieht man keine signifikanten Unterschiede. Es konnte keine Verminderung der Traglast durch das Kriechen des Hanges nachgewiesen werden. Hingegen sind die unterschiedlichen Verschiebungsraten an der Oberfläche und in der Tiefe Hauptgrund für die aufgetretenen Schäden beim Übergang Oberbau – Unterbau.

#### Nachinjektion blieb wirkungslos

In den letzten Jahren wurde in Verbauungen, in denen hohe Ankerkräfte auftraten und der Bodentiefe Auszieh Widerstände hatte, Anker mit Nachinjektionen ausgeführt. Über die Wirkung der Nachinjektion, die eine Traglasterhöhung bringen sollte, waren

die Meinungen in der Fachwelt geteilt. Das Beispiel in Lü zeigt, dass die gewünschte Wirkung einer Nachinjektion nicht a priori gewährleistet ist, sondern sehr stark von der Bodenbeschaffenheit abhängt. Wegen des hohen Anteils an durchnässtem siltigem Sand und tonig-siltigem Kies konnten in Lü nur geringe Mengen Injektionsgut verpresst werden. Die Ausziehversuche haben gezeigt, dass die Nachinjektion in diesem Boden wirkungslos blieb (Tabelle 2).

Fazit: Da eine Nachinjektion Mehrkosten verursacht, sollte deren Wirkung vor Baubeginn genau abgeklärt werden.

#### Abgrenzung des Projekts

Alle Aussagen und Resultate in diesem Bericht beziehen sich ausschliesslich auf das Verbaueungsgebiet Lü.

Sie können erst nach ausgedehnter Überprüfung in anderen Verbaueungen verallgemeinert werden.

#### Ankerprüfungen auch als Dienstleistung an der HTW

Seit vier Jahren bietet die HTW Chur die Dienstleistung «Ankerprüfungen speziell für Lawin- und Steinschlagverbauungen» an. Ausziehversuche nach SIA 267/1 Abschnitt 7.1.2 und Zugproben nach Abschnitt 7.1.4 (Qualitätsprüfung) in schwierigem Gelände erfordern Erfahrung und den richtigen Geräteeinsatz. Mit beiden Prüfungen kann eine Aussage über die äussere Tragfähigkeit des Ankers gemacht werden (Tragfähigkeit zwischen Anker und Baugrund). Die äussere Tragfähigkeit eines Ankers ist vom Baugrund (u.a. Fels, Lockergestein) und dessen hydrologischen Bedingungen sowie der Bauausführung abhängig. Ausziehversuche werden für die Dimensionierung eines Ankers (Einbindetiefe des Ankers in den Boden) verwendet. Hierfür müssen vor Baubeginn einer Verbauung Prüfanker versetzt werden, die bis zum Bruch gezogen werden. Nach Fertigstellung einer Verbauung kann mittels einer Zugprobe (Abb. 2), die auf die 1,35-fache Gebrauchslast des jeweiligen Ankers angesetzt ist, dessen Qualität geprüft werden.

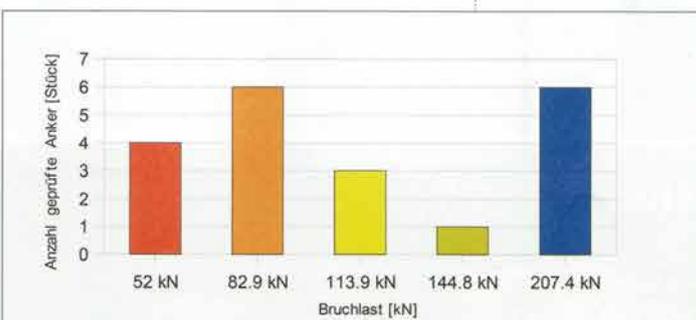


Abb. 4: Bruchlasten der neuen Anker.

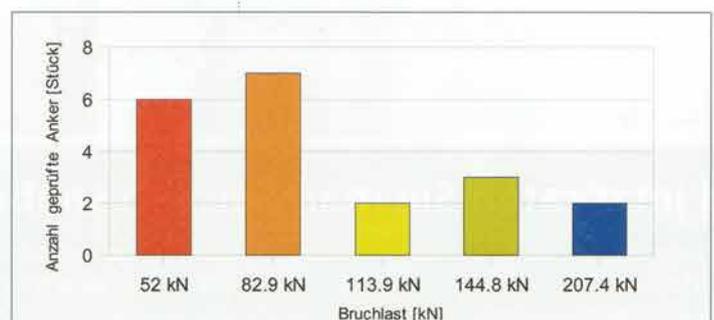


Abb. 5: Bruchlasten der zwanzigjährigen Anker.



Abb. 6: Eingeschneite Schneebrücke, LV Pignia GR Januar 2008.

### Rückblick auf die Forschungsarbeit

Damit eine Aussage über den Zustand von Ankern gemacht werden kann, sind im Vergleich zur Beurteilung des Oberbaus technisch und finanziell grössere Massnahmen notwendig. Für die Untersuchungen zur Tragfähigkeit von Ankern wurde das Verbauungsgebiet Munt da Lü gewählt. Die Stützverbauung Munt da Lü steht im Anbruchgebiet mit Exposition Süd-Südwest auf ca. 2400 m ü. M. und schützt das Dorf Lü im Val Müstair vor

Lawinen. Die geologischen und die besonderen hydrologischen Verhältnisse im Anbruchgebiet verursachen ein permanentes Kriechen des verbauten Gebietes. Die dabei entstehenden Kräfte, die auf die starren Fundationen der Verbauungen wirken, verursachen Schäden, die die Schutzfunktion der Verbauung schwächen können. Das Schadensbild beim Übergang Träger-bergseitige Verankerung (Abb. 2) zeigt unmissverständlich, dass eine Instandsetzung zwingend ist.

Welchen Einfluss aber haben solche Langzeitdeformationen auf die Tragfähigkeit von Ankern? Diese Frage stellte sich die HTW Chur. Unter der Leitung von Michel Heimgartner wurden insgesamt 50 Ankerprüfungen (Ausziehversuche und Zugproben) durchgeführt (Abb. 2). Weiter wurden 5 Anker für Materialprüfungen komplett ausgegraben. Alle geprüften Anker hatten eine Einbindetiefe von 4,0 m.

Die Forschungsarbeit Lü hat gezeigt, dass weitere periodische Untersuchungen an bestehenden Schutzbauten sinnvoll und notwendig sind. Denn nur mit umfangreichen periodischen Zustandsaufnahmen lässt sich der Alterungsprozess der Schutzbauten überwachen und ein eventueller Schaden rechtzeitig beheben.

Die Kenntnis des Zustandes der Verbauungen erleichtert die Planung ihres Unterhalts und hilft mit, Kosten einzusparen. Sie stärkt das Vertrauen in die Sicherheit der Schutzmassnahmen in unsern Alpentälern – eine beruhigendes Gefühl, das in einem strengen Winter wie dem aktuellen hoch willkommen ist (Abb. 6). 

Reto Störi  
Michel Heimgartner