

# Felsenfest

## Bolts auf schwachem Grund

von Gerald Valentin und Michael Grassl

*Eiskletterer wussten schon immer: Die Schwachstelle eines Sicherungspunktes ist nicht die Eisschraube, sondern die beschränkte Festigkeit des umgebenden Mediums. Dass dieses auch für Bohrhaken im Fels gilt, wird durch jüngste Unfälle bestätigt. Gerald Valentin und Michael Grassl zeigen die Problematik der Haltekräfte von Bohrhaken im Fels.*

Der Bergführer wollte Sicherungsseile eines Eisfall-Klettergartens abbauen. Dabei stürzte er am 26. März 2002 in der Almbachklamm am Untersberg 22 Meter ab. Beim Abseilen an einem 10 mm – Expansionsbohrhaken des Fabrikates Petzl „Coeur goujon“, brach dieser völlig unerwartet aus. Das Seil war am Bohrhaken fixiert, die Selbstsicherung bereits entfernt, als bei der ersten Belastung ein kleines Felsstück neben dem Bohrhaken absplitterte. Der Haken war mit einer 10 x 10 cm großen Felsplatte ausgebrochen. Unkontrolliert stürzte er in den schotterbedeckten Klammgrund und blieb schwer verletzt in 15 cm tiefem Wasser liegen. Nach einer Viertelstunde entdeckten Wanderer den Verletzten, der von der Canyoning-Rettungs-

truppe Marktschellenberg geborgen werden konnte. Nach mehreren Tagen in der Intensivstation des Unfallkrankenhauses Salzburg ist er heute in der Rehabilitation und unternimmt bereits wieder erste Kletterversuche.

Dieser Unfall würde kein besonderes Interesse erwecken, wenn nicht in der Almbachklamm schon einmal Bohrhaken versagt hätten. Es geschah im September 2001, als bei einer Übung der bayerischen Bergwacht ein Standplatz mit drei Bohrhaken (Petzl „Coeur goujon“) durch eine behelfsmäßige Seilbahn belastet wurde. Ähnlich wie beim vorhin geschilderten Fall brachen zwei Haken mit dem umgebenden Gestein aus.

Der dritte Bohrhaken verhinderte ein schweres Unglück.

### Wenn das Gestein bricht ...

Alle Haken waren in Dolomitgestein gesetzt worden. Dieses ist als marines Ablagerungsprodukt eng mit Kalk verwandt. Chemisch ist in Dolomit neben Calcium auch Magnesium eingebaut. Daraus ergeben sich Änderungen der Mineraleigenschaften. Im Gegensatz zu Kalkgestein, das sehr kompakt und massig auftreten kann, ist Dolomitgestein häufig mit einem kleinstückig – splittigen Bruchmuster behaftet.

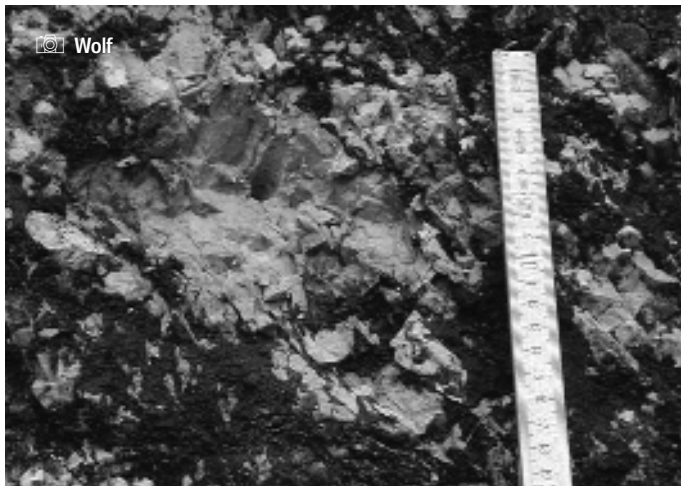
Dass Dolomit – trotz des engen Trennflächengefüges – dennoch kompakt sein kann, verdankt er einem Prozess, der sonst für Kalk charakteristisch ist. Dieser Vorgang kann in geringem Ausmaß auch beim Dolomit auftreten: *Verkarstung*. Die Verkarstung ist ein chemisches Geschehen, bei dem Gestein durch Wasser aufgelöst wird. Das im Regenwasser vorhandene Kohlendioxid fördert die Verkarstung maßgeblich – und zwar durch die Bildung von Kohlensäure. Die gelösten minerali-

schen Stoffe werden über das Wasser abgeführt und an anderer Stelle wieder ausgeschieden.

Wo die Minerale gelöst wurden, entstehen charakteristische Einbuchtungen und Hohlräume wie Karren, Dolinen oder auch riesige Höhlen unter der Erdoberfläche. Bei Verdunstung des Wassers kristallisieren die gelösten Stoffe oft wieder aus. Dies kann zur Verkittung des klüftigen Gesteins führen. Tropfsteine aber auch Wandsinter, der als dünne Haut den Fels überzieht, bleiben als sichtbare Produkte der Verkarstung übrig.

### Sinter verleiht dem Gestein trügerische Festigkeit

Oberflächensinter bewirkt eine Verfestigung der Gesteinsoberfläche. Dadurch erhält der Fels einen sehr kompakten Charakter. Die gute Gesteinsqualität ist bei Dolomit, aber auch bei brüchigem Kalk schon wenige Millimeter unter der Felsoberfläche nicht



**Ausbruchstelle des Bohrhakens. Deutlich ist das kleinstückig-splittrige Gestein (Dolomit) zu sehen.**

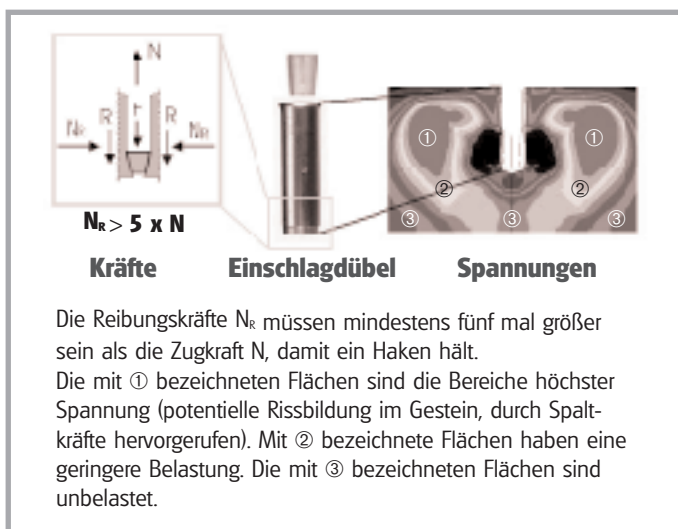
mehr vorhanden. Im regen-sicheren Schutz von Überhängen kann naturgemäß kein Sinter entstehen. Hier tritt das Gestein in seiner ursprünglichen Form, also oft sehr brüchig und gelblich verwittert, zutage.

Müssen bei Berücksichtigung einer fragwürdigen Gesteinsqualität die gewohnten Praktiken für das Anbringen von Bohrhaken überdacht werden? Für die Befestigung von Bohrhaken - in der Fachsprache Anker genannt - gibt es zwei grundsätzliche Methoden: Chemische Anker werden im Bohrloch „verklebt“. Bei Belastung verläuft die Kraftverteilung über die gesamte Länge des

Bohrhakens. Die im Bergsport üblichen mechanischen Anker funktionieren dagegen nach dem Prinzip der Reibung. Beim Setzen wird durch Keilwirkung die Ankerwandung aufgeweitet, die Last wird über Reibung zwischen Bohrloch und Ankerwandung aufgenommen und ins Gestein übertragen.

### **Expansionshaken können schon beim Setzen den Fels schwächen**

Schon beim Setzen überträgt der Expansionsanker sehr hohe Kräfte in den umgebenden Fels. Die entstehenden Spannungen können bereits erste Mikrobrüche im



**Abbildung 2: Kräfte und Spannungen bei einem Expansionshaken (Quelle: hilti)**

Gestein verursachen bzw. vorhandene Risse vergrößern. Bei Belastung des Hakens treten die größten Spannungen wieder im Bereich des Spreizdübels auf. Die allfällig schon vorhandenen kleinen Risse und Mikrobrüche begünstigen die von allen Festigkeitsexperten gefürchtete Kerbwirkung. An diesen Kerben entstehen nämlich letztlich die großen und sehr gefährlichen Bruchstellen, die zum Absturz der ganzen Installation führen können. Die Beanspruchung des umgebenden Gesteins ist bei Expansionsankern jedenfalls deutlich höher als bei Klebe- bzw. Verbundhaken (Abbildung 2).

Bei einem mechanischen Anker kann als weiteres Risiko Wasser durch das Bohrloch und vorhandene Risse in das Gestein eindringen. Wasser dehnt sich beim Gefrieren um neun Prozent seines Volumens aus. In Hohlräumen eingeschlossen, entwickelt es dabei gewaltige Spannungen, die bei minus 22° C Höchstwerte von 20 kN/cm<sup>2</sup> erreichen. Das wird von Fachleuten „Frostsprengung“ genannt. Sie kann ebenso wie die Ankerkräfte das umgebende Gestein maßgeblich destabilisieren.

Festigkeitsprobleme treten nicht nur bei Dolomit sondern auch bei brüchigem Kalk, verwittertem Granit sowie schwach verfestigtem Sandstein und Konglomerat auf. Und fast immer ist die Gesteinsqualität von außen nur schwer zu beurteilen. Eine geomechanische Quantifizierung der Festigkeiten kann im Ansatz mittels Feldversuche gelingen. Der dazu notwendige hohe Aufwand und die zu erwartende hohe Streuung der Ergebnisse lassen das Kosten-Nutzen-Verhältnis derartiger Untersuchungen jedoch schon im vorhinein als unverhältnismäßig erscheinen.

### **Brüchiges Gestein erfordert besondere Maßnahmen**

Für die Praxis bedeuten die aufgezeigten Aspekte, dass bei brüchigen Gesteinen – die oft unter trügerischem Wandsinter verborgen sind – die Haltekräfte

durch entsprechende Sicherungsmittel zu gewährleisten sind. Dazu können nachstehende, allgemeine Empfehlungen ausgesprochen werden:

- Klebe- bzw. Verbundhaken sind Expansionshaken grundsätzlich vorzuziehen, da sie eine Lastverteilung über die gesamte Länge des Ankers und eine Abdichtung des Bohrloches gegen eindringendes Oberflächenwasser bewirken.
- Lange Bohrhaken beanspruchen das Gestein über ein größeres Volumen und führen so zu einer günstigeren Spannungsverteilung.
- Standhaken sind in ausreichendem Abstand (mind. 20, besser 30 cm) zu setzen um Spannungsüberlagerungen zu vermeiden und beim Versagen des Hakens nicht den lebensrettenden Nachbarhaken zu gefährden.



**Klebehaken sind Expansionshaken vorzuziehen, da sie eine Lastverteilung über die gesamte Länge des Ankers und eine Abdichtung des Bohrloches bewirken.**

*Michael Grassl (li.), 33, ist Leiter der Bergschule Watzmann und Ausbildungsleiter der Bergwacht Chiemgau.*

*Mag. Gerald Valentin (re.), 38, ist Sachverständiger des Landes Salzburg für Geologie und Alpine Sicherheit und langjähriges Mitglied im Lehrteam des Österreichischen Alpenvereins.*

