

Seilrisse

Wenn dünne Stricke reißen

In den letzten Jahren gibt es wieder mehr Seilrisse. Der Preis der Ultraleicht-Technologie? Die DAV-Sicherheitsforschung hat das Problem untersucht und gibt Tipps für die Praxis.

Text: Chris Semmel, Florian Hellberg, Julia Herb

Vor hundert Jahren waren Seilrisse am Berg nichts Ungewöhnliches. Bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts sicherten sich Kletterer mit spiralgeflochtenen Seilen aus Hanf oder reiner Naturseide. Diese Seile waren zwar umweltfreundlich, weil aus Naturmaterial hergestellt, biologisch abbaubar und kompostierbar, aber bei Feuchtigkeit faulten sie und die Bruchfestigkeit verringerte sich drastisch.

Als um 1940 der Kunststoff Polyamid (PA) – unter Markennamen wie Nylon, Perlon, Dorlon oder Dederlon bekannt – erfunden und für Bergseile verwendet wurde, steigerte das deren Festigkeit und Dynamik (Energieaufnahme durch Dehnung) enorm. Erste Kernmantel-Seile, wie heute beim Klettern üblich, wurden in den 1950er-Jahren entwickelt, etwa zehn Jahre später wurde ein internationales Prüfzeichen für Bergseile eingeführt. Seit den 1970ern verhindern Spezialimprägnierungen die Feuchtigkeitsaufnahme, und auch Festigkeit, Energieaufnahme und Handling wurden intensiv weiterentwickelt.

Der Schlankheits-Trend

Heute kann man Bergseile als Hightech-Produkt bezeichnen. Und wie in anderen Sportarten geht der Trend zur Gewichtsoptimierung durch immer dünnere Seile. Vor einigen Jahren kam das erste Einfachseil mit einem Durchmesser von unter neun Millimetern auf den Markt, mittlerweile hat jeder Hersteller ein solches Seil im Portfolio. Trotz ihrer Schlankheit erfüllen diese Seile die Mindestanforderung der Norm.

Allerdings bieten die leichtesten, dünnsten Seile weniger Sicherheitsreserven als schwerere, robustere Stricke.

Für die erste Rotpunktbegehung der „Salathe“ (1000 m, X-) am El Capitan vertraute Alexander Huber 1995 einem der ersten ultradünnen Einfachseile – und sagte dazu: „Ich muss darauf achten, dass keine scharfen Kanten im Weg sind.“





| Seiltyp/Hilfsleinen | Durchmesser (mm) | Kantenarbeitsvermögen (J) | Faktor (gerundet) |
|--|------------------|---------------------------|-------------------|
| Einfachseil | 10,3 | 50,2 | 8 |
| | 9,1 | 27,9 | 4 |
| Halbseil | 8,0 | 23,6 | 4 |
| Polyamid-Reepschnur | 8,0 | 16,2 | 3 |
| | 7,0 | 10,1 | 2 |
| | 5,0 | 6,4 | 1* |
| Dyneema-Reepschnur (PE-Mantel und PE-Kern) | 5,0 | 46 | 7 |
| Dyneema-Reepschnur (PA-Mantel, PE-Kern) | 5,5 | 40 | 6 |
| Kevlar-Reepschnur (PA-Mantel/Ar-Kern) | 5,5 | 19 | 3 |

Abb. 2: Die Ergebnisse unserer Untersuchung: Das Kantenarbeitsvermögen hängt hauptsächlich vom Durchmesser ab; moderne Materialien sind stärker als herkömmliches Nylon.

*Als Vergleichsfaktor 1 wurde die 5-mm-PA-Reepschnur verwendet.

Und das spiegelt sich in den Unfallzahlen. In den 1980er und 90er Jahren wurden laut Pit Schubert (in bergundsteigen 2/09) von 1983 bis 2005 unter österreichischen und deutschen Kletterern nur zwei Seilrisse bekannt. Danach, parallel zur Ultraleicht-Technologie, stieg die Unfallzahl deutlich an. Zwischen 2005 und 2012 registrierte der DAV 17 meist tödlich verlaufene Seilrisse (siehe Abb. 1, S. 57).

Das stellt die DAV-Sicherheitsforschung vor folgende Fragen: Wie kann ein Seil heutzutage überhaupt reißen? Welchen Einfluss hat dabei die Seilgeometrie und -beschaffenheit? Und wie können Kletterer das Risiko eines Seilrisses reduzieren?

Wie aus den Unfallanalysen hervorgeht, gibt es drei wesentliche Mechanismen, die zu Seilrissen führen: Scharfkanteneinfluss durch den Fels, Steinschlag und Einfluss von säurehaltigen Substanzen.

Hauptgefahr scharfe Kante

Kommt das Seil auf einer scharfen Kante zu liegen, entsteht eine Scherbelastung. Dies kann für jedes Seil schon dann das Aus bedeuten, wenn die Kante nur scharf genug ist. Besonders ungünstig ist ein Verklemmen des Seils bei Sturz in einem scharfkantigen Riss oder zwischen scharfem Fels und Umlenkkarabiner.

Noch gefährlicher sind aber Schnittbelastungen, wie sie etwa bei einem Pendelsturz über eine Kante oder einem Sturz am Grat vorkommen können. Wenn das Seil nicht nur auf der Kante liegend belastet, son-

dern seitlich darübergezogen wird, kann die Kante das Seil richtiggehend durchsägen. Dabei kann eine ausreichend scharfe Kante schon ohne große Belastung einen großen Schaden am Seil anrichten oder zum Riss führen. Beispielsweise gab es einen Unfall mit Seilriss durch schlichtes Pendeln über eine Kante beim Abseilen.

Scheuerbelastung dagegen, also ein wiederholtes Auf und Ab oder Hin und Her des Seils am Fels, ist für Bergseile weniger gefährlich als für Bandmaterial (siehe Panorama 3/2011).

Um genauer zu untersuchen, wie sich Seile verhalten, wenn sie über Kanten belastet werden, und welchen Einfluss dabei Seilgeometrie und -beschaffenheit haben, gab die DAV-Sicherheitsforschung eine Diplomarbeit in Auftrag. Dabei wurden in Laborversuchen Scharfkantenbelastungen simuliert; gemessen wurde das Kantenarbeitsvermögen von Polyamid-Kernmantel-Materialien unterschiedlicher Durchmesser und von unterschiedlichen Materialien gleichen Durchmessers.

Als Prüfstand diente ein Kerbschlagpendel, das in der Industrie zur Ermittlung von Materialfestigkeiten verwendet wird. Ein „scharfes“ Pendel – mit einer Metallkante – durchschneidet die Seilprobe mit einer vordefinierten Energie von 150 Joule. Dabei wird gemessen, wie viel Energie nötig ist, um ein Seil durchzuschneiden. Dieser Wert wird auch als Kantenarbeitsvermögen bezeichnet. Je höher die gemessenen Werte bei diesem Versuch sind, desto wider-

standsfähiger ist das Seil gegenüber der Scharfkantenbelastung.

Je dicker, je stärker

Die Untersuchung der reinen PA-Seile und -Reepschnüre (Mantel und Kern aus PA) ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Durchmesser (genauer: Metergewicht) und dem Energieaufnahmevermögen, was nicht weiter verwundert. Webart, Fadenspannung, Mantelanteil und Ähnliches waren irrelevant. Nur zwischen Reepschnur (statisch) und dynamischem Seil ist ein konstruktionsbedingter Unterschied erkennbar (Abb. 2). Über den Daumen gepeilt hält im Vergleich zur 5-mm-Reepschnur eine 7-mm-Reepschnur das Doppelte, eine 8-mm-Reepschnur das Dreifache. Ein 8-mm-Halbseil kann bei Schnittbelastung schon viermal so viel Energie aufnehmen wie die 5-mm-Reepschnur, und ein 10,3-mm-Einfachseil ist noch mal doppelt so stark wie das 8-mm-Halbseil.

Superfasern für Hilfsleinen

Interessant ist zudem die unterschiedliche Schnittfestigkeit verschiedener Materialien. Denn vor allem Bergführer nutzen gerne die superleichten, aber robusten Leinen aus Dyneema oder Kevlar für spezielle Zwecke: Sie können nicht dynamische Sturzlaster auffangen wie Polyamid-Bergseile, aber als Fixseile, zur Sicherung von oben oder zum Abseilen und Ablassen sind sie verwendbar und sparen Gewicht.



Fotos: DAV-Sicherheitsforschung

Abb. 3: So sieht ein durch Steinschlag gerissenes Seil aus: Die Fasern sind scharf durchtrennt, aber durch die Energie des Steintreffers teilweise verschmolzen.

Im Laborversuch untersuchten wir also außer den Polyamid-Reepschnüren Hilfsleinen gleichen Durchmessers aus Polyethylen (PE, auch Dyneema genannt) und aus Mischgewebe: Dyneema-Reepschnur (Mantel aus PA, Kern aus PE) und Kevlar-Reepschnur (Mantel aus PA, Kern aus Aramid = Kevlar). Dabei erreichte Aramid (Kevlar) etwa den dreifachen, Polyethylen (Dyneema) den sechs- bis siebenfachen Wert von PA (Abb. 2).

Steinschlag und Säure

Bei drei schweren Unfällen in den letzten fünf Jahren riss das Seil unter Steinschlag-Einfluss (Abb. 3) – zweimal sogar im Klettergarten-Gelände. Dabei muss die Kante der fallenden Steine gar nicht so scharf sein: Bei ausreichend Fallhöhe kann auch ein stumpfer Brocken ein Seil zertrennen.

Obwohl schon seit Jahren propagiert wird, dass Säuren Polyamid schädigen oder gar zersetzen, gibt es



Abb. 4: Nicht neben der Autobatterie lagern! Nach Einfluss von 36-prozentiger Schwefelsäure riss dieses Seil unter quasistatischer Zugbelastung von etwa 1 Kilonewton (100 kg) statt erst bei 20 kN, wie bei einem neuen Seil.

immer noch und immer wieder Seilrisse, die auf Säure-Einfluss zurückzuführen sind. Relevant für Kletterer ist vor allem Schwefelsäure, die in jeder Autobatterie vorkommt. Sie macht das Seil spröde; unter Umständen hält es dann nicht einmal mehr einen Kletterer, der sich nur zum Ablassen ins Seil setzt (Abb. 4).

Welches Seil wann?

Welches Seil man für einen Klettertag oder eine Bergtour aus dem Schrank nimmt, hängt letztlich vom persönlichen Sicherheitsbedürfnis ab – aber natürlich auch von der Kletter- und Sicherungserfahrung, dem Gelände und der Motivation.

Geht es um maximale Leistung, spielt das Gewicht eine große Rolle. So verwendete Alex Huber für die Rotpunktbegehung der Salathe 1995 eines der damals brandneuen Ultraleicht-Einfachseile – und sagt zur Scharfkantengefahr: „Wenn die Kante scharf genug ist, schneidet sie auch ein dickes Seil durch. Um die Kante muss ich mir Sorgen machen und sie vermeiden, nicht um den Seildurchmesser.“

Freilich ist es dabei von Vorteil, wenn man bei einem Rotpunktprojekt das Gelände kennt und Scharfkantenbelastung oder Steinschlag weitgehend ausschließen kann. Steigt man – wie meist üblich – ins Unbekannte, muss man Vor- und Nachteile abwägen: Dünne Seile wiegen weniger, sind schön im Handling und schaffen weniger Seilzug durch Reibung – aber sie rutschen auch sehr geschmeidig durch die Bremshand und das Sicherungsgerät und erfordern dadurch viel Erfahrung und mehr Kraft zum Halten von Stürzen (siehe Panorama 3/2012). Für Seilrisse bei Scharfkantenbelastung sind sie anfälliger als dicke Stricke, und auch ihre Lebensdauer ist deutlich kürzer.

Auch Alter und Nässe reduzieren die Energieaufnahme und Scharfkantenfestigkeit; trockene und wenig gebrauchte Seile halten mehr, komplett neue Seile noch mehr – aber auch das dickste Seil am Markt, frisch aus der Packung genommen, kann an einer ausreichend scharfen Kante, bei

einem Pendelsturz oder durch Steinschlag reißen. Es bietet lediglich ein Stück mehr Sicherheitsreserve.

Wer diese Sicherheitsreserve noch steigern will, kann ein Doppel- oder Zwillingsseil verwenden. Dass alle beiden Stränge unglücklich über die scharfe Kante laufen oder vom Steinschlag getroffen werden, ist deutlich unwahrscheinlicher als beim Einfachstrang; der DAV-Sicherheitsforschung sind nur zwei Doppelseilrisse bekannt. Zudem kann man damit über die volle Seillänge abseilen – ein weiterer Vorteil, der sie nach wie vor als Favoriten für alpines Gelände, aber auch für Mehrseillängen-Sportklettereien empfiehlt.

Bei Schlingen- und Bandmaterial und Hilfsleinen hat man eine breite Auswahl an Durchmessern, Materialien und Formen. Für Köpfel- oder Sanduhrschlingen sind Dyneema-Bandschlingen unschlagbar wegen der höheren Bruchkraft und dem enormen Kantearbeitsvermögen trotz geringem Durchmesser. Zum Fädeln von Sanduhren bieten Kevlar- und Dyneema-Reepschnüre maximale Festigkeit.

Nicht vergessen sollte man, dass Seile und Schlingen Textilien sind und entsprechend sorgfältige Behandlung brauchen. Wer sein Seil in der Garage neben die Autobatterie legt, darf sich nicht wundern, wenn es reißt. Aber auch der Schutz vor Schmutz hält das Seil länger fit – so sollte man beim Sportklettern das Seil auf den Seilsack und nicht in Staub und Sand legen.

Doch bei aller Sorgfalt muss man sich im Klaren darüber sein, dass ein Seil, das jeder denkbaren Kante standhält, auch vierzig Jahre nach der Mondlandung nicht in Sicht ist. Und dass immer das „Hebelgesetz“ der Seiltechnologie gilt: Was man an Gewicht spart, geht an Kantenfestigkeit und Lebensdauer verloren. Ausnahme sind die Dyneema-Schlingen, die trotz geringem Durchmesser besser abschneiden als herkömmliches Polyamid. □

Mehr Infos über Seile, Schlingen und Reepschnüre gibt es in den Panorama-Ausgaben 3/07, 4/07, 3/11 (alpenverein.de/panorama) und in „bergundsteigen“ 2/03, 1/06, 2/09, 2/10 (bergundsteigen.at).