

# Schlingenrisse an Standplätzen

Ein Unfall und ein Beinahe-Unfall auf Grund gerissener Standplatz-Verbindungen lassen aufhorchen. Im Dezember 2017 stürzte eine Seilschaft am Obstanser-Eisfall in Osttirol ab. In der Route „Brunsin“ an den Mëisules/Sellamassiv in den Dolomiten riss im Juni 2018 eine Reepschnur bei einem Nachsteigersturz. Beide Male handelte es sich um Kevlar(= Aramid)-Reepschnüre.

Chris Semmel hat die Unfälle analysiert und entsprechende Messungen durchgeführt.

Beim Beinahe-Unfall in der „Brunsin“ rissen beide Einzelstränge (die zu den Fixpunkten des Standplatzes führten) dieser vorgefundnen Kevlar-Reepschnur (Aramid-Kern/PA-Mantel), als sich der Nachsteiger ins Seil setzte.



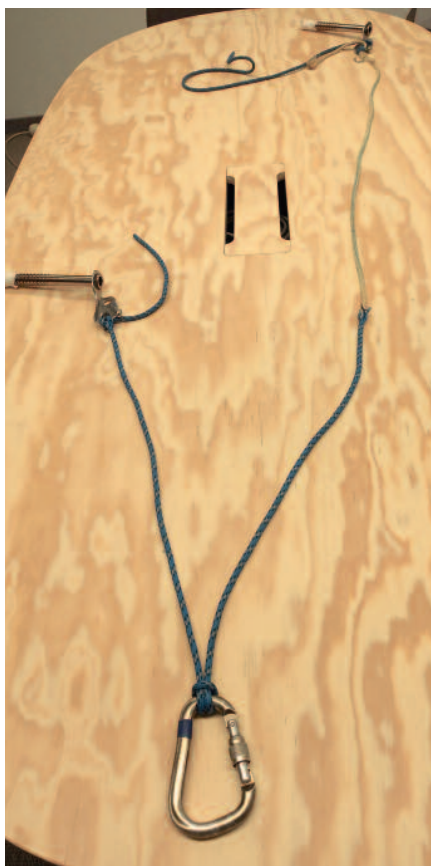
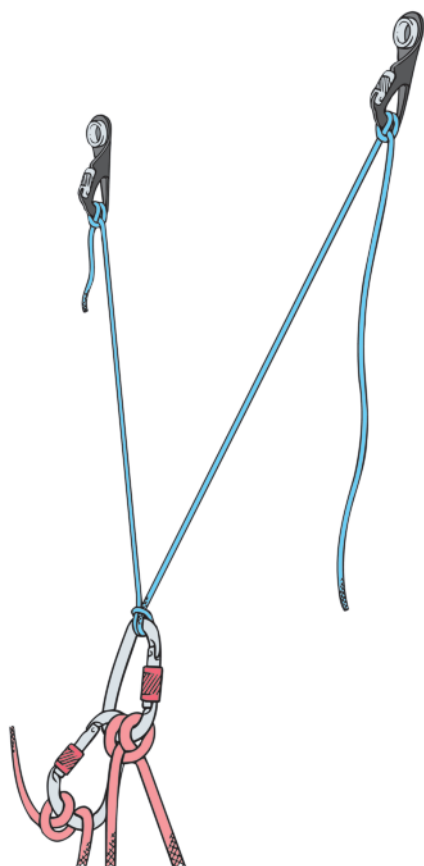
**V** von Chris Semmel

Am 16. Dezember 2017, also noch recht früh in der Eissaison des Winters 17/18, stürzten zwei Eiskletterer aus Südtirol am Obstanser-Eisfall samt ihrem Standplatz über 70 m ab. Beide Kletterer überlebten den Unfall schwer verletzt, da der Eisfall am Wandfuß in ein steiles Schneefeld übergeht.

Beim Klettern in den Dolomiten ließ Ende Juni 2018 eine Seilschaft dem Vorsteiger der nachfolgenden Seilschaft einen Halbseilstrang hinunter, da sich dieser nicht über die Schlüsselstelle traute. Kurz darauf setzte sich der nun im Nachstieg gesicherte Kletterer in diesen Halbseilstrang. Eine im Standplatz eingehängte Kevlar Reepschnur riss an zwei Strängen.

Jeder Unfall ist tragisch. Niemand von uns ist davor gefeit. Das einzig Positive an ihnen ist, dass man daraus lernen kann. Es geht nicht um die „Schuldfrage“, sondern darum, was unfallursächlich war und durch welche Maßnahmen ein Unfall zu vermeiden gewesen wäre. Auffällig war, dass bei beiden Standplatzaufbauten eine Kevlar-Reepschnur im Einzelstrang verwendet wurde. Beide Kevlar-Reepschnüre rissen im Knoten.

Abb. 1 Der Standplatz am Obstanser-Eisfall. Abb. 2 Das Unfallmaterial mit der gerissenen Aramid-Reepschnur vom Obstanser-Eisfall.



## Unfall Obstanser-Eisfall

Der Eisstand am Obstanser-Eisfall (Abb. 1) bestand aus zwei 19 cm langen Black Diamond-Eisschrauben, die mit einem Abstand von ca. 70 cm auf selber Höhe gesetzt waren. Da der Vorsteiger, nachdem er die volle Seillänge ausgegangen war, kein Material mehr hatte, verband er beide Schrauben mit einer ca. 240 cm langen, 5,5 mm starken Kevlar-Reepschnur (Aramid-Kern/Polyamid-Mantel). Die Enden der Reepschnur befestigte er mit gesteckten Mastwürfen direkt in den Laschen der Eisschrauben. Als Zentralpunkt wurde ein Schraubkarabiner mit Ankerstich in Schlingenmitte fixiert. Der Winkel der Reepschnur am Zentralpunkt betrug ca. 80°.

Der Sichernde war mit einem Mastwurf im Zentralpunkt selbstgesichert. Der Vorsteiger wurde mit Doppelseilen über HMS am Zentralpunkt gesichert. Der Vorsteiger kletterte gut 10 m über den Stand und stürzte aus unbekanntem Ursachen. Da er keine Zwischensicherungen gesetzt hatte, erfolgte der Sturz direkt in den Stand. Durch die Sturzenergie wurde die linke der beiden Schrauben aus dem Eis gerissen (Abb. 3)

Anschließend wirkte die gesamte Sturzenergie über die Kevlar-Reepschnur im Einzelstrang auf die verbleibende rechte Eisschraube. Der

Mastwurf zog sich zu, der Polyamid-Mantel der Reepschnur riss, der Aramid-Kern der Kevlar-Reepschnur begann im Mastwurf an der Eisschraubenlasche zu laufen. Bevor das Ende durch den Mastwurf gezogen wurde, riss nach ca. 88 cm auch der Aramid-Kern der Reepschnur (Abb. 2).

In Folge stürzten beide Kletterer als Seilschaft ab, die rechte der beiden Eisschrauben mit dem restlichen Reepschnur-Mantel und einem kurzen Stück des Kerns steckte noch am Standplatz. (Abb. 3).

### Unfallursachen Obstanser-Eisfall

- Die auf den Standplatz wirkende Sturzenergie war sehr groß, da keine Zwischensicherung nach dem Stand platziert wurde und der Vorsteiger mit über 20 Metern Sturzstrecke in den Standplatz stürzte.
- Die linke der beiden Eisschrauben steckte im jungen und röhriigen Eis. Offensichtlich wurde das Eis oberflächlich nicht vom Schnee und morschem Eis gesäubert.
- Nach Ausbruch der ersten Eisschraube wirkte die gesamte Sturzenergie auf den Einzelstrang der Reepschnur an der verbleibenden Schraube.
- Das Schlingenmaterial lief im zugezogenen Mastwurf direkt über die relativ scharfe Kante der Eisschraubenlasche. Sowohl der Sturzzug als auch das Körpergewicht des Sichernden belasteten nun die verbleibende Eisschraube am Einzelstrangmaterial.



**Abb. 3 Der Standplatz am Obstanser-Eisfall nach dem Absturz** (bzw. beim Lokalausganschein der Alpinpolizei). Links der Platz bzw. die Eisqualität der ausgebrochenen Eisschraube, daneben die verbliebene zweite (rechte) Eisschraube mit den Resten der Reepschnur (im hohlen PA-Mantel befand sich nur ein kurzes Stück Aramid-Kern). Quelle: Unfallprotokoll von Alpinpolizist Klaus Hanser.



**Folgende Fragestellungen treten auf**

**Welche Kräfte wirkten beim Sturz und welche Festigkeiten waren zu erwarten?**

Der Halbmastwurf am feuchten Doppelseil bei einem Standsturz läuft in Abhängigkeit von der Rauigkeit des Seilmantels sowie der Handkraft des Sichernden bei einer Kraft zwischen 3,5 und 5,5 kN durch. Der Sichernde belastet die verbleibende Schraube durch sein Pendeln zusätzlich mit ca. 1 kN. Demnach wirkte eine Kraft im Bereich zwischen 4,5-6,5 kN auf die verbleibende rechte Schraube. Bei einer gut eingestellten Kräfteverteilung würde theoretisch auf jede der beiden Schrauben etwas mehr als die Hälfte des Sturzzugs gewirkt haben, da durch den Winkel von 80° die Belastung im optimalen Fall bei ca. 53 % liegt. Ist die Kräfteverteilung nicht exakt eingestellt, könnte kurzzeitig auch die gesamte Kraft auf eine der beiden Schrauben gewirkt haben. Somit muss die linke der beiden Schrauben bei einer Kraft zwischen 2,5 und 6,5 kN ausgebrochen sein. Das „junge Eis“ mit den erkennbaren Hohlräumen sowie die geringe „Kraterbildung“ des Eisausbruchs im Bild belegen, dass die linke Schraube nicht im soliden Wassereis steckte. Ausreißversuche von Eisschrauben in schlechter Wassereisqualität zeigten extrem stark streuende Festigkeiten zwischen 1 kN und 6 kN. Bei diesen Versuchen fiel auf, dass bei sehr schwacher Eisqualität keine „Kraterbildung“ um den Eiskanal entsteht. Die Schraube wird dabei quasi aus dem morschen Eis gezogen. Je besser die Eisqualität, desto größer ist

die „Kraterbildung“, da die Gewindgänge der Schraube die Kraft auf das Eis übertragen und dieses dann großflächig wegbricht. Es ist also durchaus plausibel, dass die linke der beiden Schrauben auch bei optimaler Kräfteverteilung versagte, da die Eisqualität hier als „schlecht“ bezeichnet werden muss. (Abb. 3)

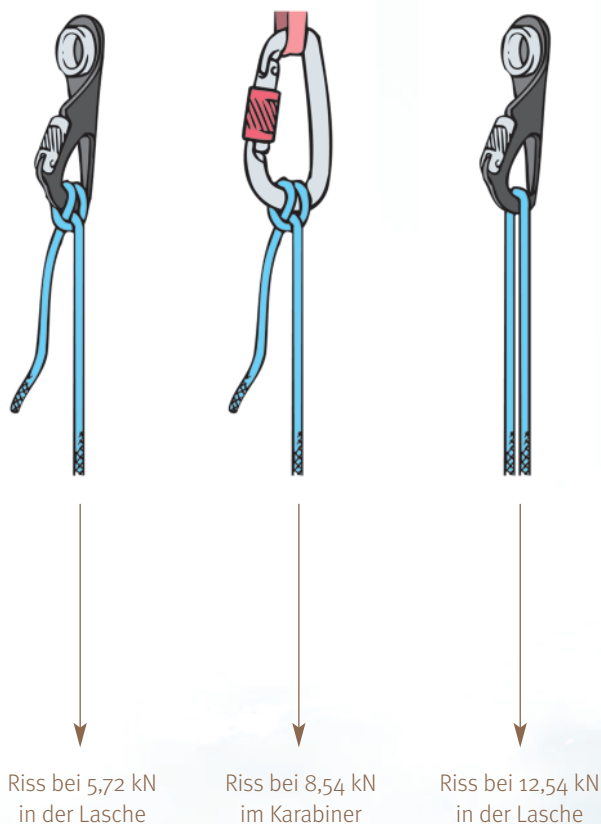
**Bei welchen Kräften läuft und reißt eine Aramid-Reepschnur (Aramid-Kern/PA-Mantel), die mit einem gestecktem Mastwurf in einer Black-Diamond Eisschraubenlasche fixiert ist?**

Getestet wurde bei allen Versuchen mit einer neuen Edelrid Kevlar-Reepschnur (5,5 mm) und quasi statischer Krafteinleitung an der Zugmaschine mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 1.000 mm/min. Im gesteckten Mastwurf an einer Black Diamond-Eisschraubenlasche begann die Reepschnur ab einer Kraft von ca. 3 kN im Mastwurf zu laufen. Bei einer Belastung von 5,72 kN kam es zum Riss der Kevlar-Reepschnur im Mastwurf an der Eisschraubenlasche. Hierbei sind Einzelstrangbelastung und Scharfkantenbelastung kombiniert.

**Wie problematisch ist die scharfe Kante der Eisschraubenlasche im Vergleich zur Einzelstrangbelastung der Kevlar-Reepschnur?**

Im Vergleich zur scharfkantigen Eisschraubenlasche hält die Reepschnur im Karabiner am Einzelstrang mit Mastwurf 8,54 kN. Vermeidet man also die scharfkantige Lasche, hält der Einzelstrang im

**Abb. 4 Bruchkräfte der geprüften 5,5 mm Aramid-Reepschnur (Aramid-Kern/PA-Mantel) im Einzelstrang mit Mastwurf in die Eisschraubenlasche bzw. in einen Karabiner sowie durch die Lasche gefädelt, also im „Doppelstrang“.**



Mastwurf am Karabiner 8,54 kN statt 5,72 kN (Abb. 4). Ohne Mastwurf, sondern wie beim „Südtiroler Stand“ (vgl. bergundsteigen #92) direkt durch die scharfkantige Eisschraubenlasche gefädelt, hält die Reepschnur am Doppelstrang 12,54 kN! Wird ein Bohrhaken, ein Normalhaken oder eine Eisschraubenlasche mit dem Einzelstrang gefädelt und dann verbunden (= Belastung am Doppelstrang), reduziert die scharfe Kante die Bruchfestigkeit der Reepschnur deutlich weniger als eine Einzelstrangbelastung an einem Karabiner (Abb. 4). Die Einzelstrangbelastung im Knoten ist demnach heikler als eine Scharfkantenbelastung.

#### **Wäre der Unfall bei Verwendung derselben Reepschnur im Doppelstrang vermeidbar gewesen?**

In beiden Fällen, Einzelstrangbelastung an Karabiner wie Scharfkantenbelastung im Doppelstrang, wäre der Unfall mit großer Wahrscheinlichkeit vermieden worden, da beide Festigkeiten über 6,5 kN liegen.

#### **Wäre der Unfall durch das Anbringen einer Zwischensicherung vermeidbar gewesen?**

Hätte der Vorsteiger kurz nach dem Stand im guten Wassereis eine Schraube im soliden Eis gesetzt, wäre es mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht zum Seilschaftsabbruch gekommen. Eine Eisschraube im guten Eis weist eine Festigkeit von 16 bis über 20 kN auf. Selbst mit Ausbruch des Standes bei Belastung nach oben wären beide Kletterer dann an der Zwischensicherung gegangen.

#### **Fazit**

Es wird deutlich, dass eine Einzelstrangbelastung am Standplatz das Material enorm schwächt und daher unbedingt vermieden werden muss. Egal ob Kevlar- oder Dyneema-Reepschnur, die Festigkeit liegt selbst bei neuen Schnüren mit 5-8 kN im Einzelstrang im Knoten im kritischen Bereich. Auch Dyneema-Bandschlingen zeigen hier eine Festigkeit von nur noch 4-5 kN. Berücksichtigt man nun noch weitere schwächende Einflüsse wie Alterung, Nässe oder dynamische Kräfteinleitung, reduziert sich die Festigkeit weiter!

Im Doppelstrang hingegen liegen die Festigkeiten auch beim Fädeln durch Hakenaugen, Bohrhaken- oder Eisschraubenlaschen bei über 12 kN. Somit ist ein Standplatzaufbau wie beim „Südtiroler Stand“, bei dem die Haken direkt ohne Karabiner mit Kevlar- oder Dyneema-Material gefädelt werden, unproblematisch.

Um Standplatzausbrüche wie diesen zu vermeiden, sollten folgende Punkte beherzigt werden:

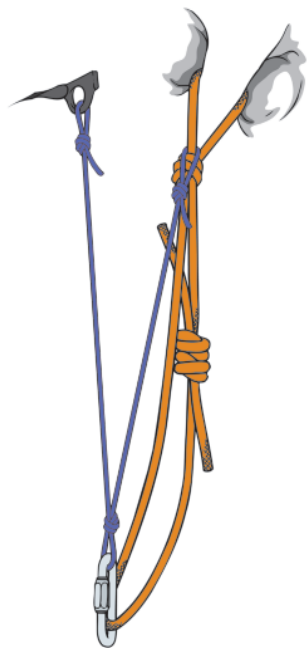
- Am Stand immer nur Material im Doppelstrang verwenden, egal ob eine Kräfteverteilung oder Reihenschaltung aufgebaut wird.
- Nur Schrauben vertrauen, die im kompakten Eis stecken (auf permanenten Eisauswurf beim Setzen der Schraube achten). Schnee und oberflächliches morsches Eis immer entfernen, bevor eine Schraube gesetzt wird.
- Nach dem Stand frühzeitig eine erste Zwischensicherung (z.B. gute Schraube) setzen.



**Abb. 6 Der verbesserte Standplatz in der „Brunsin“ nach dem Beinahe-Unfall.** Der belassene Stand bestand aus dem gelben Seilstück (durch eine Sanduhr gefädelt) und der violetten ausgebleichten Aramid-Reepschnur (Aramid-Kern/PA-Mantel). Die Belastung in den Zentralpunkt ging zuerst auf diese Reepschnur, deren Einzelstränge daraufhin rissen. Den Klemmkeil, sowie die durch eine weitere Sanduhr gefädelte blaue Reepschnur, brachte die Bergführerin an und verband sie mit dem Zentralpunkt (Rapidglied).



**Abb. 5 Der vorhandene Standplatz in der „Brunsin“-Führe auf den Östlichen Turm der Mëisules dala Biesces/Sella.**



## **b** Beinahe-Unfall „Brunsin“

Der Stand war hier eine gute Sanduhr, in die ein Seilstück eingeknotet war, sowie ein schlechter Normalhaken, der mit einer vor Ort belassenen, alten Kevlar-Reepschnur mit der Sanduhr (bzw. dem Seilstück) zu einem Abseilstand verbunden war (Abb. 5). Zentralpunkt war ein Rapidglied, das in der Aramid-Reepschnur hing, durch das aber auch noch das Seilstück redundant (lose) durchlief.

Die Bergführerin legte zusätzlich einen Klemmkeil, fädelt eine weitere Sanduhr und verband alles mit dem Zentralpunkt des Abseilstandes (Abb. 6 & Titelbild).

Die geführte Seilschaft befand sich an diesem Stand, als der Vorsteiger der nachfolgenden Seilschaft Probleme in der Schlüsselstelle hatte. Die Bergführerin ließ ihm einen ihrer Halbseilstränge hinunter, in den er sich einhängte und so von oben mittels Plate gesichert wurde. Beim Versuch, die Schlüsselpassage zu klettern, gab er das Kommando „zu“ und setzte sich in den Halbseilstrang. Daraufhin vernahm die Seilschaft am Stand ein knirschendes Geräusch und stellte fest, dass die „alte“ Kevlar-Reepschnur am Zentralpunkt ihres Standes gerissen war.

**Abb. 7 Statische und dynamische Festigkeiten einer 5,5 mm Armaid-Reepschnur (Aramid-Kern/PA-Mantel).**

<b>Ergebnisse Modell Unfallsschlinge Einzelstrang Kevlar 5,5 mm:</b>	<b>in kN</b>	<b>in %</b>
Statische Festigkeit Einzelstrang, neue Schlingen (Normaufbau):	20,8 kN	100 %
Statische Festigkeit Einzelstrang, alte Schlingen (Normaufbau):	17,1 kN	82 %
Statische Festigkeit mit Knoten an Bolzen, neue Schlingen:	7,1 kN	34 %
Statische Festigkeit mit Knoten an Bolzen, alte Schlingen:	6,9 kN	33 %
Dynamische Festigkeit mit Knoten an Bolzen, neue Schlingen:	6,2 kN	30 %
Dynamische Festigkeit mit Knoten an Bolzen, alte Schlingen:	5,8 kN	28 %
Dynamische Festigkeit m. K. an Bolzen, alte Schlinge, kleinster Wert:	4,2 kN	20 %

### Beinahe-Unfallursachen Brunsin

- Die auf den Standplatz wirkende Sturzenergie kann nicht groß gewesen sein, da sich der Nachsteiger lediglich in den Halbseilstrang „setzte“. Trotzdem riss die Schlinge an beiden Strängen im Knoten.
- Geht man davon aus, dass nur ein Strang der Kevlar-Reepschnur belastet war, müssen eine mögliche Vorschädigung, Alterung und die Knotenfestigkeit als Ursachen in Betracht gezogen werden.

### Folgende Fragestellungen treten auf

Hinweis zum Messaufbau: Alle „quasi statischen“ Versuche wurden an einer Zugmaschine mit einer Belastungsgeschwindigkeit von 300 mm/min. durchgeführt. Bei den dynamischen Versuchen wurde die Kraft über ein Statik-Seil (Edelrid „Safety Super II“, 11 mm) mit einer Fallmasse von 80 kg und einer Fallhöhe von 2500 mm an der Normsturzanlage eingeleitet.

### Welche Kräfte wirkten auf den Standplatz beim Sturz bzw. „Reinsetzen“ eines Nachsteigers in einen Halbseilstrang und welche Festigkeiten waren zu erwarten?

Die beiden Personen am Standplatz wogen zusammen ca. 130 kg. Da es sich um einen Hängestand handelte, muss davon ausgegangen werden, dass sie den Standplatz maximal mit einer Kraft zwischen 1 bis 1,3 kN belasteten.

Der von oben nachgesicherte Kletterer wog 95 kg. In Versuchen wurden beim „Reinsetzen“ des Nachsteigers gesichert über eine Sicherungsplatte (Reverso 4 bzw. ATC Guide) mit einem Halbseilstrang bei einer Seillänge von ca. 15 m Kräfte bis maximal 3,1 kN gemessen. Auffällig war, dass durch die große Seildehnung des Halbseilstranges „Sturzstrecken“ von bis zu drei Metern auftraten. Gesamt können demnach Kräfte bis zu 4,4 kN am Zentralpunkt gewirkt haben.

### Gemessene Festigkeiten

Die Festigkeiten wurden entsprechend der Normprüfung im Einzelstrang an Schlingscheiben gemessen, für neue und gebrauchte Schlingen. Dann wurde die zusätzliche Reduktion durch Sackstichknoten an den Enden zwischen zwei 10-mm-Bolzen gemessen und schließlich die Festigkeit bei alten, in den Dolomiten gesammelten Kevlar-Schlingen ermittelt – ebenfalls mit und ohne Knoten. In einer weiteren Messreihe wurden dann neue wie gealterte Schlingen mit Knoten dynamisch am Sturzstand zerrissen. Die Ergebnisse sind in Abb. 7 zusammengefasst.

### Welche Rolle spielt die Alterung bei belassenen Kevlar-Reepschnüren?

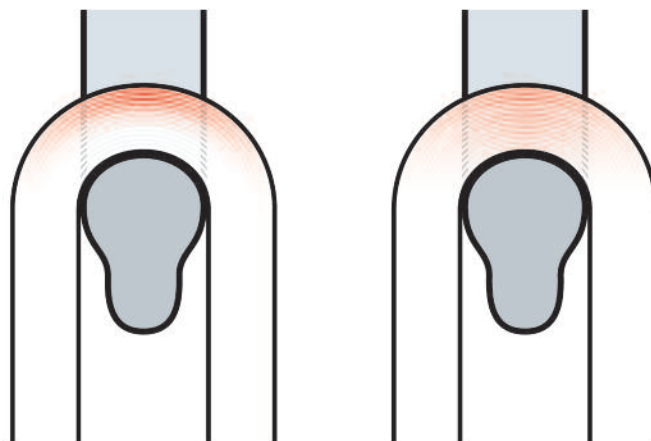
Betrachtet man die Ergebnisse in Abb. 7, so kann bei den gebrauchten Schlingen eine große Streuung der Festigkeiten beobachtet werden. Das ist nicht weiter verwunderlich, unterscheiden sich die Proben auch hinsichtlich der Dauer ihrer Exposition gegenüber Wasser





Chris Semmel ist Bergführer und Sachverständiger. Er lebt und klettert im bayerischen Alpenvorland.

**Abb. 8 Biegebelastung bei hochstatischen und elastischen Materialien.** Bei statischen Materialien wie Dyneema oder Kevlar erfolgt bei Biegungen die Belastung stärker auf die äußeren Fasern als bei semistatischen und elastischen Materialien (PA, ...), wo mehr Faseranteile belastet werden.



(hydrogene Alterung), UV-Strahlung (UV-Alterung), Temperatur (thermische Alterung) und ihrer mechanischen Alterung. Nur der kleinste gemessene Wert bei den dynamisch zerrissenen gealterten Schlingen (4,2 kN) kann den Riss erklären. Die Abseilschlinge muss also schon sehr lange in der Route gegangen haben. Auch muss die Belastung zunächst nur auf einen der beiden Stränge gewirkt haben.

Bei den Versuchen fiel auf, dass die Knoten der Versuchsproben stark wanderten, sich also durch die Belastung zuziehen. Dieser in der Praxis günstige Effekt dürfte bei stark versprödeten und durch Vorbelastung zugezogenen Schlingen kaum auftreten. Das bedeutet, dass gealterte, vorgefundene Schlingen im Vergleich zu neu eingeknoteten bereits bei geringer Änderung der Zugrichtung keine Kräfteverteilung mehr zeigen. Insgesamt lag die altersbedingte Reduzierung der Festigkeit bei allen Proben zwischen 3 % und 25 %.

#### **Welche Rolle spielt die Festigkeitsreduktion durch Knoten bei alten Aramid-Reepschnüren?**

Durch den Sackstich-Knoten in Anseilform (über den Doppelstrang) belastet reduziert sich die Festigkeit bei Aramid-Reepschnüren durchschnittlich um 66 % (neue Schlingen) und 67 % (alte Schlingen).

Verglichen mit Polyamid-Reepschnüren, bei denen sich die Knotenfestigkeit um ca. 50 % reduziert, können sich hochstatische Fasern wie Kevlar (Aramid) oder Dyneema (Polyethylen) kaum dehnen. Bei

Biegung im Knoten führt dazu, dass nur die äußeren, also stärker gedehnten Faseranteile Belastung aufnehmen können, während die inneren kaum Kraft mittragen können (Abb. 8).

#### **Welche Rolle spielt eine dynamische Belastung im Vergleich zu statischen Zugtests?**

Dynamische Belastungen reduzieren im Vergleich zur quasi statischen Belastung (im Labor) die Bruchfestigkeit bei Kevlar-Reepschnüren zwischen 14 % und 20 %. Bei Polyamid liegt die Reduzierung hingegen nur bei wenigen Prozent (1-5 %). Dyneema-Reepschnüre zeigen wie Kevlar eine Reduktion von 15-21 %.

#### **Kann der Schlingenriss durch die oben aufgeführten möglichen Ursachen erklärt werden oder muss eine Vorschädigung der Schlinge in Betracht gezogen werden?**

Nur bei einer weiteren Kevlar-Probe aus der süd-ostseitig exponierten Route „Calice“ konnte eine Festigkeitsreduzierung aufgezeigt werden, die den Bruch erklärt.

Durch die Test konnte aber gezeigt werden, dass wenn alle Faktoren zusammen auftreten, eine erhebliche Reduzierung verursacht wird. Da die Unfall-Schlinge mit großer Wahrscheinlichkeit schon einige Zeit in der Route hing und durch die Vorbelastungen sowie die altersbedingte Versprödung keine Kräfteverteilung wirken konnte, ist der Bruch durchaus erklärbar und ein Materialfehler unwahrscheinlich.

#### **Fazit**

Ebenso wie beim Unfall am Obstanser-Eisfall wäre der Schlingenriss am Standplatz in der Route „Brunsin“ durch Verwendung der Reepschnur im Doppelstrang vermieden worden. Vorgefundene (aber auch selbst angebrachte) hochstatische Schlingen genauso wie gealterte Bandschlingen oder Reepschnüre aus Polyamid sollten nie im Einzelstrang verwendet werden.

Das Material selber, ob Kevlar, Dyneema oder Polyamid, scheint weniger ausschlaggebend zu sein. Bei allen Materialien kann man durch Knoten, Alterung, dynamische Belastungen und fehlende Kräfteverteilung, bedingt durch altersbedingte Versprödung und durch Vorbelastung zugezogene Knoten drastische Festigkeitsverluste beobachten. In allen Fällen wäre die Bruchfestigkeit bei Verwendung des Materials im Doppelstrang jedoch vermeidbar gewesen.

#### **Um Standplatzausbrüche wie diesen zu vermeiden, sollten folgende Punkte beachtet werden:**

- Am Stand vorgefundenes Material mit Skepsis beurteilen.
- Kein Material im Einzelstrang am Standplatz verwenden, egal ob eine Kräfteverteilung oder Reihenschaltung aufgebaut wird.
- Wenn nötig, altes Material rausschneiden und eigenes, neues Material im Doppelstrang verwenden bzw. Redundanz schaffen.



**Abb. 9 Festigkeiten Vergleich Kevlar,- Dyneema-, Polyamid-Reepschnur und -Bandschlinge.** Prozentual als Reduzierung der Bruchfestigkeit ausgedrückt bedeutet das, dass Knoten bei statischen Materialien die Festigkeit um bis zu 66 % reduzieren, bei Polyamid-Reepschnüren um ca. 50 % und bei Bandschlingen aus PA um bis zu 60 %. Der Unterschied zwischen statischer und dynamischer Belastung liegt bei statischen Materialien bei ca. 15-20 %, bei Polyamid bei ca. 5 %. Die Alterung verringert die Festigkeit bei Kevlar-Reepschnüren um bis zu 25 %, bei Dyneema- und Polyamid-Reepschnüren um bis zu 20 %.

	Einzelstrang	Einzelstrang „neu“, statisch nach Norm	Einzelstrang „neu“, statisch Knoten	Einzelstrang „gealtert“, statisch Knoten	Einzelstrang „gealtert“, dynamisch Knoten
Reepschnur	Kevlar 5,5 mm	15-24 kN	7-9 kN	5-7 kN	4-6 kN
	Dyneema 5,5 mm	18-25 kN	9-10 kN	8-9 kN	7-8 kN
	Polyamid 7 mm	10-11 kN	5-6 kN	4-5 kN	3-5 kN
Bandschlinge	Polyamid 16 mm	16-17 kN	7-9 kN	5-6 kN	4-5 kN

## Z Zusammenfassung

Hochfeste Reepschnüre aus Dyneema oder Kevlar zeigen am Prüfstand bei statischer Belastung extrem hohe Festigkeiten. Im Vergleich liegen diese zwischen 15 und 24 kN (Abb. 9).

Das entspricht einer größeren Streuung als bei allen Seiltypen (Zwilling-, Halb- und Einfachseile). Man sollte sich beim Kauf solcher Schlingen also durchaus die technischen Daten anschauen. Hilfsseile oder Reepschnüre aus Kevlar oder Dyneema sollten eine Bruchfestigkeit von über 18 kN im Einzelstrang besitzen. Bei Benutzung als Hilfsleine im Einzelstrang müssen dynamische Belastungen - also Stürze - unbedingt vermieden werden und zum Nachsichern sollten nur dynamische Sicherungsgeräte verwendet werden.

Als Zwischen- oder Standplatzsicherung sollte das Material nur im Doppelstrang verwendet werden.

### Als Regel können folgende Aussagen helfen:

- Reepschnüre und Bandschlingen, egal aus welchem Material, am Stand oder an Zwischensicherungen nie im Einzelstrang verwenden.
- Vorgefundenem Material an Standplätzen grundsätzlich misstrauen.

■ Dynamische Belastungen reduzieren bei statischen Materialien wie Dyneema oder Kevlar die Festigkeit mehr als bei elastischen Materialien aus Polyamid.

■ Die Festigkeitsreduzierung durch Knoten beträgt bei Reepschnüren aus statischen Materialien (Kevlar, Dyneema) ca. 66 %, bei elastischen Materialien (Polyamid) ca. 50 %.

■ Bei selben Kern-Durchmessern sind Dyneema-Reepschnüre in der Regel stabiler als Aramid-Reepschnüre.

Dyneema- und Kevlar-Reepschnüre sind hervorragende Materialien und besonders gut zum Fädeln von Normalhaken und Sanduhren sowie zum Standplatzbau geeignet – aber eben nur in Ringform am Doppelstrang!

Dank an das Bergwacht-Ausbildungszentrum in Bad-Tölz und die Firma Edelrid (Flo Hellberg) für die großzügige Unterstützung bei den Messungen.

Zeichnungen: Georg Sojer

Fotos: Semmel, Hanser, Pietron, Trenkwalder