

Schlingen und Reepschnüre gehören seit jeher zur Grundausrüstung eines Bergsteigers. Seit etwa sechs Jahren werden neben Polyamid auch Polyethylen-Schlingen (Dyneema) angeboten. Die DAV-Sicherheitsforschung beleuchtet Vor- und Nachteile der Materialien.

▷ VON CHRIS SEMMEL

# Drum prüfe, wer sich bindet...

Im Sommer 2006 machte die Geschichte einer mittels Ankerstich verbundenen und gerissenen Dyneema-Bandschlinge die Runde. Gerissen beim Abseilen an einem Fixseil – also bei einer Belastung von etwa ein bis eineinhalb-fachem Körpergewicht. Das Fixseil war mittels Reihenschaltung an zwei Fixpunkten befestigt, so dass niemand ernsthaft zu Schaden kam. Die „Unfall“-Schlingen konnten wir begutachten und überprüfen (siehe Abb. 1 und 2).

## Schlingen-Arten

„Schlingen“ werden beim Bergsport vielfach verwendet. Als Expressschlingen, als Bandschlingen zur Verlängerung von Zwischensicherungen, als Standschlingen, als Selbstsicherungsschlingen, als Sanduhrschlingen, als Knotenschlingen oder als Köpfelschlingen. Sie bestehen aus Band- oder Reepschnurmaterial, sind vernäht oder als Meterware erhältlich. Die Materialien, die im Bergsport Verwendung finden sind Polyamid, Polyethylen, Mischgewebe aus beidem und Aramid. Mitunter wird auch Polypropylen-Material aus dem Wassersportbereich zweck-

entfremdet eingesetzt (vgl. Abb. o. und Abb. 3). Doch der Reihe nach.

Schlingen dienen zur Kraftaufnahme. Im Gegensatz zu energieaufnehmenden Systemen wie dem Kletterseil, das sich beim Sturz dehnt und durch seine Elastizität Energie aufnimmt, reagieren Schlingen und Reepschnüre mehr oder weniger statisch. Hier ist keine Dehnung gefordert, sondern sie müssen einer Kraft widerstehen – also Kraft aufnehmen.

Die Bruchdehnung eines Bergseils beträgt in etwa 60–80 Prozent, die von Reepschnüren hingegen liegt bei 30–40 Prozent. Bandmaterial aus PA weist eine Bruchdehnung von 30 Prozent auf, PE-Band von 7–9 Prozent.

Man unterscheidet zwei Schlingenarten. Die Bandschlingen, bestehend aus Schlauchband oder Flachband, und Rundmaterial, das als Reepschnur bezeichnet wird. Dieses besteht meist aus einer Kern-Mantel-Konstruktion. Früher wurden Reepschnüre auch spiralflochten ohne Mantel verwendet (ähnlich

## Verschiedene Materialien für Schlingen und Reepschnüre

[ Teil 1 ]



dem Polypropylen-Seil in der Abb. oben). Heute z.B. werden mantellose Seile aus Polyethylen in der Bergrettung eingesetzt.

## Materialeigenschaften

■ **Polyamid (PA)** Nylon ist ein Markenname für ein Polyamid-Garn der Firma DuPont. Weitere Markennamen sind Perlon, Dornon oder Dederlon. Allesamt also Polyamid-Garne. Zur Seil- und Schlingenherstellung wird Polyamid 6.6 verwendet. Dieses Garn zeichnet sich durch eine hohe Festigkeit, chemische Beständigkeit und eine gute Verarbeitbarkeit aus. Das spezifische Gewicht liegt bei 1,14 g/cm<sup>3</sup>. Somit ist es etwas schwerer als Wasser. Der Schmelzpunkt liegt bei ca. 260° C. Im Gegensatz zu Kevlar oder Polyethylen besitzt es eine höhere Elastizität, kann also mehr Energie aufnehmen. Diese Eigenschaft in Kombination mit einer speziellen Flechtweise ermöglicht die enorme Energieaufnahme von Bergseilen (sie dehnen sich um bis zu 80 Prozent,

Foto: DAV-Sicherheitsforschung

bevor sie reißen!). Da polymere Kunststoffe unter UV-Belastung verspröden und dadurch ihre Festigkeit verlieren, werden dem Garn bei der Herstellung UV-Stabilisatoren beigegeben. Diese bewirken eine Pufferung der UV-Alterung (siehe Abb. 4).

■ **Polyethylen (PE)**-Garn ist vor allem unter dem Markennamen Dyneema von der Firma DSM bekannt. Dieses Material zeichnet sich durch extrem hohe Festigkeiten bei minimalem Gewicht aus (0,94 g/cm<sup>3</sup>). Im Unterschied zum herkömmlichen PE, aus dem z.B. Plastiktüten hergestellt werden, kommt im Bergsport ein ultrahochmolekulares (UHM)-PE zur Anwendung (Dyneema). Dieses spezielle

PE-Garn besitzt eine gleichgerichtete kristalline Molekularstruktur und unterscheidet sich dadurch drastisch vom herkömmlichen PE. Dyneema ist leichter als Wasser bei einer Zugfestigkeit ähnlich der von Stahl. Man könnte ein Polyethylenseil von 400 Kilometer Länge aufhängen, bevor das Eigengewicht zum Riss führen würde. Ein Stahlseil hingegen kann 25 Kilometer lang sein, bevor das Eigengewicht zum Bruch führen würde. Der Schmelzpunkt ist mit 144° C allerdings relativ niedrig! Die Faser zeichnet sich durch eine hohe Schnittfestigkeit aus. Problematisch ist die extrem glatte Oberfläche des Materials. Dadurch ist ein Einfärben schwierig. Auch das klassische Vernähen ist problematisch, da sich die Fasern leicht durch die Naht ziehen lassen würden. Dies ist auch der Grund dafür, dass man dieses Material nicht ausreichend fest verknoten kann. Ein Sackstich beginnt bereits bei Kräf-

## Zusammenfassung Teil 1

1. Dyneema Material ist rund viermal so reißfest wie Polyamid.
2. Der Schmelzpunkt von Dyneema liegt mit 144° C etwa bei der Hälfte von Polyamid (260° C).
3. Bandmaterialien werden durch UV-Belastung mehr geschädigt als Reepschnüre.
4. Reepschnüre und Bandschlingen sollten spätestens nach zehn Jahren ausgewechselt werden.

ten in Höhe des Körpergewichts eines Erwachsenen zu laufen. Daher ist das Material nicht als Meterware erhältlich.

■ **Mischgewebe** (Polyethylen/Polyamid) ist eine Kombination aus beiden Materialien. Da PE und PA unterschiedliche Dehnungseigenschaften besitzen, können diese Materialien nicht für dynamisch wirkende Bergseile kombiniert werden. Statisch wirkende Bandschlingen aus Mischgewebe reißen quasi in zwei Schritten, zuerst der Polyethylenanteil, dann das elastischere Polyamid.

■ **Kevlar** ist ein Markenname für Aramidfasern (Ar). Aramid besteht aus aromatischen Polyamiden, ist also verwandt mit dem Polyamid. Es unterscheidet sich allerdings deutlich durch seine höhere Zugfestigkeit, die zwischen der von Polyamid und der von Polyethylen liegt. Die an der goldgelben Farbe erkennbare Faser (siehe Abb. links oben) besitzt eine hervorragende Temperaturbeständigkeit. Die Faser beginnt bei etwa 400° C an zu verkohlen. Daher wird das Material auch für feuersichere Bekleidung verwendet. Die Enden von Kevlar-Reep-

schnüren können also nicht verschweißt werden, sondern nur der aus Polyamid bestehende Mantel. Sehr gut ist auch die Schnittfestigkeit. Aramid wird – wie auch Polyethylen – zur Herstellung kugelsicherer Westen oder schnittfester Schutzbekleidung verwendet.

■ **Polypropylen (PP)** findet „normalerweise“ keine Verwendung als Seil- oder Schlingenmaterial für den Bergsport. Die Vorteile des PP liegen vor allem im geringen spezifischen Gewicht (0,90 g/cm<sup>3</sup>). Dadurch schwimmt es im Wasser und wird häufig im Wassersport verwendet. „Zweckentfremdet“ findet man PP-Seile als Fixseile beim Höhenbergsteigen. Problematisch ist die fehlende UV-Stabilisierung und die geringe Schnittfestigkeit (siehe Einsatzbereich).

### Einsatzbereich

■ **Kevlar** (Aramid) ist besonders reißfest. Eine 4,5 Millimeter starke Reepschnur hält im Einzelstrang bereits über 12 kN. Achtung: der Knoten ist das Problem (siehe hierzu Knotenfestigkeiten im nächsten Panorama). Als Sanduhrschlingen oder auch als Standschlinge macht Kevlar Sinn. Wegen der größeren Empfindlichkeit bei häufigem Biegen und gegenüber UV-Licht sollte das Material alle fünf Jahre erneuert werden. Reepschnüre sind erhältlich als 4,5 und 5,5 Millimeter-Meterware.

■ **Dyneema** (Polyethylen) ist die stabilste Faser, die es gibt. Allerdings kann das Material nicht verknotet werden. Vernähungen müssen nach einem speziellen Verfahren angebracht sein. Am besten sind Vernähungen, bei denen das Band inein-

Fotos: John Sherman



Abb. 1 und 2: Die „Unfall“-Schlinge vor Ort und die Fixseilaufhängung in Reihenschaltung für den Abseilvorgang.

Abb.: DAV-Sicherheitsforschung



Abb. 3: Verschiedene Schlauchbandmaterialien, unten die Spezialvernähung für eine hohe Nahtfestigkeit.

ander geführt und anschließend vernäht wird (siehe Abbildung 3, untere Schlinge). Achtung: der Schmelzpunkt ist mit 144°C sehr niedrig. Schmelzverbrennungen sind hier eine Gefahr, zudem das Material meist in sehr dünnen Querschnitten zur Anwendung kommt. Ideal als Expressschlingen oder Bandschlingen für Zwischensicherungen. Als Standplatzschlinge, die mitunter abgeknotet wird, ist Dyneema weniger geeignet. Hier ist Mischgewebe oder klassisches Polyamid bzw. Kevlar besser (Knotenart beachten!).

Meterware gibt es verständlicher Weise nicht, da nur komplizierte Spezialknoten eine ausreichende Festigkeit gewährleisten würden (vierfacher Spierenstich). Als vernähte Schlingen in 6-12 Millimeter Breite, Mischgewebe 12-16 Millimeter Breite erhältlich. Das Material hält im Einzelstrang (Breite 6 mm, Dicke 3 mm) über 16 kN.

**Nylon** (Polyamid) hat zwar nicht die Festigkeit und Schnittbeständigkeit wie Dyneema oder Kevlar, ist aber verknotbar und zeigt eine geringere Abnahme der Knotenfestigkeit als Kevlar. Preisgünstig und geeignet für alle Einsatzbe-

reiche, als Standschlinge, Zwischensicherungsschlinge oder Expressschlinge.

**Polypropylen** ist oft nicht UV-stabilisiert und entspricht nicht den Festigkeitsnormen für Bergsportausrüstung. Vor der Verwendung von Polypropylen-Seilen als leichtes Fixseilmaterial beim Höhenbergsteigen wird dringend gewarnt! Vor allem die Benutzung älterer Seile führte immer wieder zu Unfällen.

**Alterung**

Die UV-Alterung ist auch heutzutage immer noch ein großes Fragezeichen. Zwar hat die Untersuchung Pit Schuberts aus den 1990er Jahren gezeigt, dass bei den von ihm getesteten Schlingen keine gravierende Festigkeitsreduzierung zu beobachten war, allerdings scheint es sich bei UV-Belastung um eine schwer abschätzbare Größe zu handeln. Zwei Unfälle, bei denen die UV-Alterung als Ursache angenommen werden muss, belegen die Aussage eines Kunststoffspezialisten. Demnach werden Polyamide bei der Herstellung mit Mangan-Verbindungen versetzt, welche die zerstörend wirkenden freien Radikale des UV-Lichts äh-

**UV-Alterung**



Abb. 4: Festigkeitsabnahme durch UV-Belastung. Die Haltbarkeit ist abhängig von der Intensität der UV-Belastung.

lich einer Pufferlösung binden. Ist jedoch das Mangan verbraucht, sinkt die Festigkeit schlagartig.

Die Einwirktiefe des UV-Lichts beträgt etwa 0,2-1,5 Millimeter. Ein durch den Mantel geschützter Kern einer Reepschnur wird also wesentlich weniger belastet als eine Bandschlinge. Stark ausgebleichenes Bandmaterial muss demzufolge wesentlich kritischer hinterfragt werden als altes Reepschnurmaterial. An Abseilständen also immer alle vorhandenen Schlingen nutzen, auf mechanische Beschädigungen hin prüfen und im Zweifelsfall alte Schlingen herausschneiden und neues Material einknüpfen.

Alle genannten Materialien sind Kunststoffe. Sie altern durch Belastung und Reibung (mechanische Alterung). Aber auch durch UV-Licht, Temperaturschwankungen und Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe (thermische und hydrogene Alterung). Schlingen kosten zum Glück nicht viel. Daher ist es durchaus zumutbar, spätestens alle zehn Jahre sein Material zu erneuern. Sind mechanische Verschleißspuren sichtbar, sollte dies sofort geschehen.

**Auflösung der Unfallursache**

Hier kann ganz klar Entwarnung gegeben werden. Der Ankerstich ist eine geeignete Verbindung für Bandschlingen (siehe nächstes Panorama). Die Untersuchung der „gerissenen“, mit Ankerstich verbundenen Schlingen ergab eine klare Schnittbelastung – nicht über eine scharfe Felskante, sondern wahrscheinlich durch eine Schere oder ein Messer. Wer so etwas tut? ◁

Materialeigenschaften							
	Zugfestigkeit	freie Bruchlänge	Gewicht	Schmelzpunkt	Chemische Beständigkeit	UV-Beständigkeit	Schnittfestigkeit
PA 6.6	260 N/mm <sup>2</sup>	85 km	1,14 g/cm <sup>3</sup>	260 °C	(+)	(+)	-
PE (Dyneema)	900 N/mm <sup>2</sup>	400 km	0,97 g/cm <sup>3</sup>	144 °C	(+)	(+)	o
Aramid	740 N/mm <sup>2</sup>	235 km	1,45 g/cm <sup>3</sup>	400 °C	(+)	-	+
PP	160 N/mm <sup>2</sup>	70 km	0,90 g/cm <sup>3</sup>	160 °C	(+)	-	-
Stahl	920 N/mm <sup>2</sup>	25 km	7,86 g/cm <sup>3</sup>	1500 °C	++	++	++

++ = sehr gut, + = gut, o = mittel, - = empfindlich, -- = sehr empfindlich  
 ( ) = generell; einige Substanzen schädigen jedoch stark bzw. UV-Belastbarkeit hängt von Intensität und Dauer ab