



Foto: Christoph Hummel

Nylon, Kevlar, Dyneema ... Schlingen für Bergsteiger bestehen aus unterschiedlichsten Materialien. Christoph Hummel und Florian Hellberg von der DAV-Sicherheitsforschung liefern Hintergrundinformationen und Praxistipps zu Einsatzbereichen.

festigkeit im Einzelstrang ohne Knoten machen Kennfäden (pro Kennfaden 5 kN) auf der Schlinge kenntlich. Offenes Bandmaterial kommt heutzutage sinnvoll nur noch als Verbindung von Hüft- und Brustgurt zum Einsatz. Für alle anderen Anwendungen müsste Bandmaterial mit einem Knoten zum Ring verbunden werden – und der ist immer eine Schwachstelle. Mehrere schwere und tödliche Unfälle sind dokumentiert, bei denen sich der Bandschlingenknoten aufgezogen hat (**Abb. 1**). Deshalb ist Bandmaterial, mit Knoten zur Rundschnur verbunden, nicht mehr empfehlenswert. Vernähte Bandschlingen sind die bessere Alternative!

Als **Schlingen** werden nach der Norm formschlüssig zusammengefügte Band- oder Reepschnurstücke bezeichnet. Sie müssen eine Mindestbruchfestigkeit von 22 kN aufweisen. Gebräuchlich sind Bandschlingen aus Polyamid, Polyethylen (Dyneema) und Mischgewebe der beiden Fasern. Aramid (Kevlar) ist neuerdings auch als vernähte Reepschnurschnur erhältlich.

**Reepschnüre** gibt es aus Polyamid, Aramid und Polyethylen. Die Formel zur Bestimmung der Mindestfestigkeit lautet  $\varnothing^2 \times 0,2 = \text{Festigkeit in kN}$ . So muss eine 6 mm dicke Reepschnur  $6 \times 6 \times 0,2 = 7,2$  kN halten. Die Festigkeit von Polyamid-Reep-

Update Bandschlingen und Reepschnüre

# NEUES AUS DEM SCHLINGENDSCHUNGEL

**B**andschlingen wurden traditionell aus dem gleichen Material wie dynamische Bergseile hergestellt, aus Polyamid. Anfang der 1990er Jahre kamen die ersten Reepschnüre aus Aramid (Kevlar) auf den Bergsportmarkt, Ende der 1990er auch Schlingen aus Dyneema (Polyethylen) – wir haben also schon fünfzehn bis zwanzig Jahre Erfahrungen

mit den „neuen“ textilen Materialien gesammelt. Trotzdem gibt es immer noch viel Verunsicherung, welche Materialien für welchen Zweck eingesetzt werden können.

## Was ist was?

Als **Bandmaterial** wird offenes Schlauch- oder Flachband (Meterware) bezeichnet; es ist nur aus Polyamid erhältlich. Die Bruch-



schnüren liegt leicht über der Mindestanforderung, Reepschnüre mit einem Kern aus Polyethylen oder Aramid übertreffen diese Anforderungen bei Weitem.

### Was leistet was?

Polyamid, Polyethylen und Aramid unterscheiden sich in ihren physikalischen Eigenschaften zum Teil gravierend. Daher ergeben sich für jede Faser Anwendungsbereiche, für die sie mehr oder weniger geeignet ist. Um die Vor- und Nachteile zu verstehen, muss man die wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen Materialien kennen (**Tabelle 1**).

**Polyamid** – bekannte Markennamen sind „Perlon“ und „Nylon“ – ist zwar sehr reißfest, im Vergleich zu den anderen Materialien aber immer noch relativ schwach. Eine Polyamid-Bandschlinge muss deshalb deutlich dicker und schwerer sein als eine Polyethylen- oder Mischgewebeschlinge, um die Normanforderungen zu erfüllen. Der entscheidende Vorteil von Polyamid liegt in seiner Elastizität. Die Faser dehnt sich trocken vor dem Bruch um bis zu 20 Prozent (bei Raumklima sogar um über 50 Prozent) und kann dadurch sehr viel Energie aufnehmen. Nur dank dieser Materialeigenschaft kann man Kletterseile herstellen, die sich dehnen und so den Fangstoß (also die auf den Stürzenden wirkende Bremskraft) reduzieren.

**Polyethylen** – bekannt unter dem Handelsnamen „Dyneema“ – ist hoch reißfest und gleichzeitig sehr leicht. Hinzu kommt, dass es die höchste Schnittfestigkeit unserer drei Fasern hat. Auf den ersten Blick mag

man sich da fragen, warum Dyneema die anderen Materialien nicht schon vollständig ersetzt hat. Für bestimmte Anwendungen sind aber eben weitere Details von großer Bedeutung! So liegt die Bruchdehnung des Materials bei nur rund 3,5 Prozent, es ist also fast mit einem Stahlseil vergleichbar und eignet sich nicht für Anwendungen, bei denen Energieaufnahme wichtig ist, wie dynamische Seile. Polyethylen hat mit rund 135 Grad Celsius einen relativ niedrigen Schmelzpunkt, der lange für Diskussionen gesorgt hat. Diverse Versuche haben aber gezeigt, dass wegen der glatten Oberfläche des Materials weniger Reibungswärme entsteht und so der niedrige Schmelzpunkt kompensiert wird. Durch die glatte Oberfläche können Knoten unter Belastung zu laufen beginnen, ein Durchschmelzen dabei ist aber nicht zu befürchten.

**Aramid** – bekannt unter dem Handelsnamen „Kevlar“ – ist fast genauso reiß- und schnittfest wie Dyneema und in diesen Punkten Polyamid ebenso überlegen. Seine Bruchdehnung ist ähnlich der von Dyneema, weshalb es sich ebenfalls nicht zur Herstellung von dynamischen Seilen eignet. Aramid ist derart hitzebeständig, dass an den Enden von Kevlar-Reepschnüren nur der PA-Mantel, nicht aber der Aramid-Kern verschweißt werden kann.

### Knoten schwächen Schlingen

Im Outdoor-Einsatz sind synthetische Materialien vielen Einflüssen ausgesetzt, die sich negativ auf ihre Festigkeit auswirken. Knoten reduzieren die Festigkeit deutlich; um wie viel, hängt vom Schlingenmaterial

und vom verwendeten Knoten ab. Beispielsweise hält eine 7-mm-Polyamid-Reepschnur ohne Knoten im Einzelstrang „nur“ 12 kN,

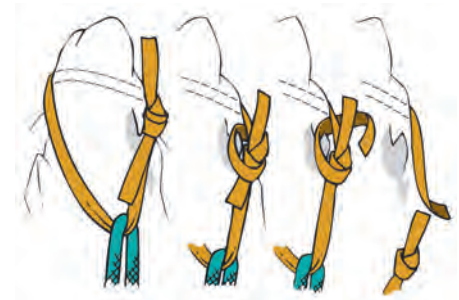


Illustration: Georg Sojer

**Abb. 1:** Vorsicht – geknüpft Bandschlingen können sich öffnen, besser sind vernähte.

eine 5,5-mm-Dyneema-Reepschnur dagegen 20 kN. Mit einem gesteckten Sackstich hält die Polyamid-Schnur noch 7 kN, während die Dyneema-Schnur schon bei 6 kN versagt! (Mehr Info in DAV Panorama 4/2007 „Knotenfestigkeit“ und im Alpin-Lehrplan 5: Klettern. Sicherung und Ausrüstung).

### Praxistipps:

- Schlingenmaterial nicht im Einzelstrang verwenden! Bei allen Bandmaterialien sinkt die Festigkeit im Einzelstrang mit Knoten auf kritische Werte. Eine 16-mm-Polyamid-Bandschlinge hält im Einzelstrang mit Achterknoten in Tropfenform nur noch 6,4 kN, eine Polyethylen-Bandschlinge nur noch 5,4 kN! Bei hart gesicherten Vorstiegsstürzen treten durchaus Kräfte von etwa 6 kN auf.
- Faustformel: Knoten reduzieren die Festigkeit um 50 bis 60 Prozent, bei Dyneema und Kevlar sogar um bis zu 75 Prozent!

**Tabelle 1: Materialeigenschaften verschiedener Fasern (trocken)**

	Bruchdehnung	Zugfestigkeit (kN/mm <sup>2</sup> )	Abfall der Zugfestigkeit durch Feuchtigkeit	Gewicht (g/mm <sup>3</sup> )	Schnittfestigkeit	Schmelzpunkt (°C)	Schädigung durch UV	Eindringtiefe von UV
<b>Polyamid 6</b> (Nylon, Perlon)	12 – 25 %	0,7 – 1	ca. 10 %	1,1 – 1,15	niedrig	215	hoch	niedrig
<b>Polyethylen</b> (Dyneema SK 60)	3,5 %	2,7	ca. 0 %	0,97	hoch	135	mittel	hoch
<b>Aramid</b> (Kevlar 49)	2,4 %	2,8	ca. 0 %	1,45	hoch	480	hoch	niedrig

- > Knoten in Tropfenform (Sackstich, Achter- und Paketknoten) und der einfache Spierenstich reduzieren die Knotenfestigkeit am meisten. Für fix verbundene Reepschnüre eignet sich der doppelte oder noch besser der dreifache Spierenstich. Für nicht dauerhafte Verwendung wie Sanduhrschlinge oder Spaltenbergung sind Knoten in Tropfenform akzeptabel.
- > Dyneema-Bandschlingen dürfen auch mit Knoten benutzt werden (z.B. als Standschlinge). Die Tatsache, dass der Knoten bei relativ niedrigen Werten zu laufen beginnt, führt nicht zum Versagen des Sys-







tems, da diese Schlingen ja nur vernäht erhältlich sind.

### Wie Schlingen altern

Die Hersteller geben eine maximale Lebensdauer von zehn Jahren an, selbst wenn das Produkt nie im Einsatz war. Je nach Verwendungshäufigkeit kann sie auch kürzer sein. Seit 2007 muss das Herstellungsjahr auf dem Produkt stehen. Mechanische Beschädigungen und Verschleißspuren sind akute Gründe, Band- und Expressschlingen auszusondern. Je mehr Fasern einer Schlinge verletzt sind, desto größer ist der Festigkeits-

verlust. Die wesentlichste mechanische Alterung wird durch Walkarbeit verursacht und ist an starker „Aufpelzung“ des Materials zu erkennen. Die in der Anfangszeit thematisierte Anfälligkeit von Aramid für Wechselbiegebelastungen hat sich als nicht praxisrelevant herausgestellt. Die Schwächung der Faser tritt erst nach so vielen Biege- und Wechsellastzyklen auf, wie sie in der maximalen Lebensdauer von zehn Jahren quasi nicht zu erreichen sind. Aktuelle Versuche haben allerdings gezeigt, dass bei dünnen Dyneema-Schlingen (6 und 8 mm Breite) in Bezug auf Alterung Vorsicht geboten ist. Wegen

Tabelle 2: Welches Material für welchen Einsatz?

	Hier abgebildet	+	-	Optimaler Einsatzbereich	
	<b>Bandschlingen aus Polyamid</b> (Nylon, Perlon)	16 mm Flachband, mit 3 Kennfäden > 15 kN, im Ring vernäht > 22 kN	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Hohes Energieaufnahmevermögen (Elastizität) erhöht das Sicherheitspolster</li> <li>&gt; Knoten lassen sich relativ gut wieder lösen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vergleichsweise dick, schlecht am Gurt zu verstauen</li> <li>&gt; Als Rundmaterial nur vernäht zu empfehlen (Abb. 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Beim Mehrseillängenklettern als vorbereitete Standplatzschlinge mit Bulinauge</li> <li>&gt; Als Selbstsicherungsschlinge, z.B. beim Abseilen</li> <li>&gt; Für mobile Seilaufbauten</li> </ul>
	<b>Bandschlingen aus Polyethylen</b> („Dyneema-Schlingen“)	8 mm, Festigkeit > 22 kN, nur vernäht erhältlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Leicht und dünn</li> <li>&gt; Hohe Kantenschnittfestigkeit</li> <li>&gt; Gut für Klemmknoten geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Niedriges Energieaufnahmevermögen (quasi-statisches Material)</li> <li>&gt; 6 und 8 mm Breite spätestens nach 5 Jahren ersetzen, bei häufigem Gebrauch früher</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Als „Alpin-Expressschlinge“ (Abb. 2)</li> <li>&gt; Für T-Anker und Köpfelschlingen</li> <li>&gt; Zum Fädeln von Sanduhren und Hakenösen</li> </ul>
	<b>Mischgewebe-Bandschlingen</b> (Polyethylen + Polyamid)	12 mm, Festigkeit > 22 kN, nur vernäht erhältlich (der Allrounder unter den Bandschlingen)	Kompromiss zwischen Polyamid und Polyethylen	s. o.	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Da Mischgewebeschnüre die Vorteile von Polyamid und Polyethylen vereinen, eignen sie sich für alle Anwendungen. In bestimmten Fällen sind jedoch die Vorteile eines Materials entscheidender (z.B. Gewicht, Lösbarkeit von Knoten, siehe oben)</li> </ul>
	<b>Polyamid-Reepschnur</b> (Kern und Mantel aus Polyamid)	7 mm, Festigkeit ≈ 12 kN (erhältlich zwischen 4 und 8 mm Durchmesser)	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; „Beißen“ am besten im Prusikknoten und haben geringe Mantelverschiebung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Geringe Reißfestigkeit im Vergleich zu Kevlar und Dyneema</li> </ul> <p><b>Vorsicht: nicht geeignet</b> zum Standplatzbau, als Selbstsicherungsschlinge oder für Zwischensicherungen (Sanduhren)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Als Kurzprusik beim Abseilen (am besten 6 mm)</li> </ul>
	<b>Dyneema-Reepschnur</b> (Kern aus Polyethylen, Mantel aus Polyamid)	5,5 mm, Festigkeit ≈ 20 kN (gebräuchlich in 5,5 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Hohe Festigkeit</li> <li>&gt; Hohe Kantenschnittfestigkeit</li> <li>&gt; Sehr leicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Größere Mantelverschiebung als bei reinen Polyamidschlingen</li> <li>&gt; Niedriges Energieaufnahmevermögen (quasi-statisches Material)</li> </ul> <p><b>Vorsicht: nicht geeignet</b> zum Sichern für dynamische Belastungen (Vorstieg)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Als Standplatzkrake (Abb. 4)</li> <li>&gt; Zum Prusiken, für Köpfelschlingen und Sanduhren</li> <li>&gt; Für die behelfsmäßige Bergrettung (z.B. für Flaschenzüge)</li> <li>&gt; Als Hilfsleine: zum Abseilen und zum Materialnachziehen in schweren Mehrseillängenrouten</li> </ul>
	<b>Kevlar-Reepschnur</b> (Kern aus Aramid, Mantel aus Polyamid)	5,5 mm, Festigkeit ≈ 18 kN, auch vernäht erhältlich (gebräuchlich in 5,5 oder 6 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Hohe Festigkeit</li> <li>&gt; Hohe Kantenschnittfestigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Größere Mantelverschiebung als bei reinen Polyamidschlingen</li> </ul> <p><b>Vorsicht:</b> Das quasi-statische Material ist <b>nicht geeignet</b> zum Sichern für dynamische Belastungen (Vorstieg)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Zum Fädeln enger Sanduhren</li> <li>&gt; Als Standplatzkrake (Abb. 4)</li> <li>&gt; Zum Prusiken und für Köpfelschlingen</li> <li>&gt; Für die behelfsmäßige Bergrettung (z.B. für Flaschenzüge)</li> <li>&gt; Als Hilfsleine: zum Abseilen und zum Materialnachziehen in schweren Mehrseillängenrouten</li> </ul>



**Abb. 2:** Die „Alpin-Expressschlinge“ lässt sich flott verlängern, um den Seilverlauf zu begradigen.

ihrer kleinen Querschnittsfläche liegt die Bruchfestigkeit dieser Schlingen im Neuzustand nur knapp über der Normanforderung von 22 kN. Nach drei bis fünf Jahren Gebrauch sinkt sie zum Teil auf Werte von 13-15kN. Deshalb sollten sie spätestens nach fünf Jahren ausgesondert werden, bei häufigem Gebrauch schon früher.

Praxisrelevant neben der Alterung sind für die persönliche Ausrüstung mechanische Verletzungen, etwa durch Steinschlag, Scheuerbelastung am Fels oder Stürze, bei denen das Material über scharfe Kanten belastet oder über raues Gestein „gewetzt“ wird.

Zur Beurteilung von vorgefundenem Material wie Fixexen oder Standplatzschlingen, die lange Zeit UV-Strahlung ausgesetzt sind, muss man wissen, wie stark die Strahlung dieses Material schädigen kann und wie tief sie eindringt (**Tabelle 1**). Für

#### Gut zu wissen

- > Erkennbar am strahlend weißen Polyethylen-Kern
  - > Dauerhafte Verbindungsknoten am besten mit doppeltem oder dreifachem Spierenstich
  - > Knoten in Tropfenform (Sackstich, Achter- und Paketknoten) für Zwischensicherung akzeptabel
  - > Bei Verwendung als Hilfseile zum Abseilen: Verbindung mit dem Seil durch Sackstich in Tropfenform mit ausreichend langen Enden
- 
- > Steif im Vergleich zu Polyamid und Dyneema
  - > Erkennbar am bräunlichen Aramid-Kern
  - > Dauerhafte Verbindungsknoten am besten mit doppeltem oder dreifachem Spierenstich
  - > Knoten in Tropfenform (Sackstich, Achter- und Paketknoten) für Zwischensicherung akzeptabel
  - > Als Hilfseile zum Abseilen: Verbindung mit dem Seil durch Sackstich in Tropfenform mit ausreichend langen Enden

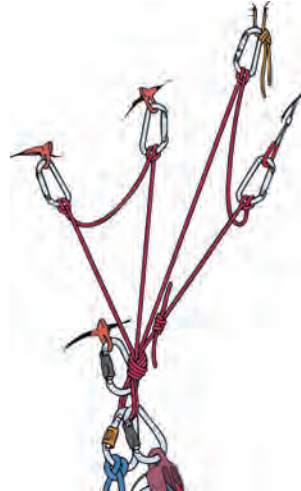


**Abb. 3:** Bandmaterial im Einzelstrang wird durch Knoten gefährlich geschwächt.

die persönliche Ausrüstung spielt die UV-Alterung keine Rolle.

#### Praxistipps:

- > Je länger die Wetter- und UV-Exposition, desto größer die Schwächung.
- > Als Indiz für Schädigung durch UV-Strahlung gelten Verfärbungen (Verblasen) und Steifigkeit.
- > Mäntel aus Polyamid schützen den Kern relativ gut gegen Schädigung durch UV-Strahlung. Deshalb wird Flachmaterial stärker geschädigt als Rundmaterial. Vorsicht also vor allem bei verblassten Bandschlingen an Ständen!
- > Mechanische Verletzungen treten bei fix am Berg belassenen Schlingen häufig an der Stelle auf, wo das Material unter Belastung aufliegt – also dort, wo wir es oft nicht sehen können (bei gefädelt Sanduhren an der hinteren Innenseite, bei Abseilständen dort, wo die Schlinge durch den Haken gefädelt ist, bei Fixexen im Klettergarten im Schraubglied etc.)
- > Fix am Berg belassene Schlingen müssen vor der Benutzung überprüft und beurteilt werden. An einem Standplatz sollte man dabei keine Kompromisse eingehen! An Abseilständen können – soweit keine anderen negativen Einflüsse beachtet werden müssen – kleine Abstriche gemacht werden, da Abseilen den Fixpunkt nur mit etwa doppeltem Körpergewicht belastet. Auf der sicheren Seite ist natürlich, wer



**Abb. 4:** Der „Standplatzkrake“ für viele dubiose Fixpunkte geht mit Schlingen oder starker Reepschnur.



**Abb. 5:** Vorsicht! Wenn man weit in die Selbstsicherungsschlinge fällt, kann sie reißen.

verwittertes oder verletztes Material immer gegen neuwertiges austauscht.

#### Kurz und knapp

Für alle Schlingen, egal ob Band- oder Reepschnurmaterial und gleich aus welchem Material, gelten folgende wesentlichen Grundsätze:

- > Nicht im Einzelstrang belasten! (**Abb. 3**)
- > Stürze in eine Selbstsicherungsschlinge können zum Bruch führen. (**Abb. 5**)
- > Alte, fix am Berg belassene Schlingen kritisch betrachten, wenn möglich hinter-sichern oder sogar ersetzen!

Schlingen aus Bandmaterial sind prinzipiell für alle Zwecke geeignet, bei denen sie im Bergsport normalerweise zum Einsatz kommen. Polyamid bietet wegen seiner Fähigkeit, Energie aufzunehmen, eine größere Sicherheitsreserve, Dyneema ist dafür dünner und leichter, altert aber schneller. Für welche Anwendungen eine bestimmte Faser besondere Vor- oder Nachteile hat, zeigt die Tabelle links im Detail. Bei Reepschnüren kann das klassische Polyamid heute generell durch die stärkeren Dyneema- und Kevlar-schnüre ersetzt werden.

Diese Zusammenstellung gibt den aktuellen Wissensstand wieder. Es werden weiterhin sicher neue Webkonstruktionen, Rohfasern und Faserkombinationen zum Einsatz kommen, zu denen es auch zukünftig immer wieder neue Erkenntnisse geben wird. ■