



FAQs–Dyneema

Als mich Peter (Chief von bergundsteigen) anrief und fragte, ob ich nicht was über die „Facks zum Thema Dyneema“ schreiben könnte, stutzte ich zunächst. Anglizismen sind mir nicht ganz unvertraut, doch dachte ich zunächst an eine urmenschliche Sache (auch ein Anglizismus), dann an ein veraltetes Kommunikationsmittel (schon wieder ein Anglizismus), bis mir klar wurde, was gemeint war: Frequently Asked Questions, abgekürzt und ausgesprochen „FAQs“. Also beantworte ich im folgenden Beitrag solche „häufig gestellten Fragen“ rund um das Thema „Dyneema“.

von Chris Semmel

Tatsächlich tauchen in Kletter- und Ausbildungskursen immer wieder die gleichen Fragen auf: „Darf man eine Dyneema-Schlinge knoten?“ „Welcher Knoten darf denn da gemacht werden?“ „Reißen Dyneema-Schlingen, wenn man sie als Selbstsicherungsschlinge am Stand verwendet und dann reinrutscht?“ „Schmilzt Dyneema durch, wenn man eine Schlinge zum Prusiken benutzt und hält diese überhaupt?“ und so weiter, und so weiter.

Nylon, Dyneema & Kevlar

Doch der Reihe nach. All diese Fragen beziehen sich letztendlich auf drei unterschiedliche Merkmale oder besser Materialeigenschaften von Dyneema: nämlich den Schmelzpunkt, die Knotbarkeit (Oberflächenbeschaffenheit) sowie das Bruchverhalten (Elastizität). Deshalb beginne ich mit einem Vergleich zwischen Dyneema und Nylon. Damit alles seine Ordnung hat – und weil Nutella eben eine Nussnougat-Creme ist – vorweg: Dyneema ist der Markenname der Firma DSM für ihr Faserprodukt aus Polyethylen, genauer HPPE (higher performance polyethylene). Denn es gibt zig unterschiedliche Polyethylen-Verbindungen; eine ähnliche Faser ist unter dem Namen Spectra bekannt. Und Nylon lautet der Markenname von DuPont für ihre Polyamid-Faser. Und weil wir keine der im Bergsport verwendeten High-Tech-Fasern vergessen möchten, auch noch kurz zu Kevlar: Das ist der Markenname für eine Aramid-Faser der Firma DuPont. Zum Angeben: Aramid ist ein Kürzel für aromatische Polyamide; weitere Fasern der Aramid-Gruppe tragen die Namen Twaron, Nomex oder Technora. Die Materialeigenschaften dieser drei Fasern sind in Abb. 1 dargestellt.

Überblick typischer Fasermaterialien im Bergsport

Häufig werden Express- und Bandschlingen (neben den breiteren Nylon-Schlingen) auch aus Dyneema angeboten: Leicht, schmal und weiß. Diese gibt es nur vernäht zu kaufen, da sich das extrem glatte Material in Knotenverbindungen sehr früh aufzieht. Auch Mischgewebe aus Nylon und Dyneema sind üblich, zB für Expressschlingen, Bandschlingen oder den Sicherungsring am Klettergurt (Abb. 2). Zudem werden Kern-Mantel-Schnüre (Reepschnüre) aus Fasermischungen angeboten. Es gibt zB neben der klassischen Reepschnur, bei der Kern wie Mantel

aus Nylon besteht, die Dyneema- oder Kevlar-Reepschnüre, deren Mantel aus Nylon, der Kern jedoch aus dem entsprechenden High-Tec-Garn hergestellt wird (Abb. 3).

Aber zurück in die Praxis und zu den FAQs:

1

Reißt eine Dyneema-Schlinge, wenn man sich damit am Stand selbst sichert und in die Schlinge stürzt?

Im Laborversuch mit 80 kg Eisenmasse – je nach Sturzhöhe – **JA!**

Wobei mit Knoten versehen auch die Polyamidschlinge reißt. (vgl. die bekannt/beliebten Infos auf www.dmmclimbing.com > knowledge > how-to-break-nylon-dyneema-slings/)

In der Praxis – angeseilt mit Ankerstich in der Einbindeschlaufe, Sackstichknoten in Schlingenmitte zum verkürzten Einhängen und Mastwurf am Karabiner, mit 80 kg sandgefülltem Reifen als Sturzmasse sowie einer maximalen Sturzhöhe von 2,1 Metern (für die 120 cm Schlinge also abzüglich der drei Knoten die maximal mögliche Sturzhöhe mit Sturzfaktor 2): **NEIN!** Weder die Polyethylen (PE) noch die Polyamid (PA) oder die Mischgewebeschlinge (PE/PA) rissen bei Versuchen, die das DAV-Lehrteam sowie das Bergführerlehrteam des VdBS (Verband der Deutschen Berg- und Skiführer) durchführten. Bei größerer Sturzhöhe – angeseilt wie beschrieben, aber Verwendung der Schlinge als provisorische Sicherung am Klettersteig – rissen alle drei Materialien bei einer Sturzhöhe von vier Metern.

Fazit: Auf keinen Fall sollte man mit Bandschlinge (oder Reepschnur¹) gesichert leichtfertig über dem Stand herumturnen und in seine Selbstsicherung stürzen. Denn das tut nicht nur weh, die auftretenden Kräfte liegen deutlich über den kassenärztlich empfohlenen Obergrenzen für den menschlichen Körper – auch wenn die Schlingen dabei nicht reißen, weil der menschliche Körper durch seine Verformung die Kraftspitze im Gegensatz zu den Versuchen mit Eisenmasse dämpft.

Die Schlussfolgerung, sich keinesfalls mit einer Dyneema-Schlinge am Stand oder beim Abseilen zu sichern, ist demnach nicht ganz korrekt. Eher sollte man formulieren: Auf keinen Fall sollte man eine größere Strecke in seine Selbstsicherungsschlinge hineinfallen, weder in eine aus Dyneema noch in eine aus Nylon.

Eigenschaften	Zugfestigkeit [N/mm]	Elastizität / Bruchdehnung [%]	Schmelzpunkt [°C]	Dichte / Gewicht [g/mm ³]	Schnittfestigkeit	UV-Beständigkeit
Nylon Polyamid (PA)	ca. 900	ca. 37	ca. 255	0,97	gering	mittel
Dyneema Polyethylen(PE)	ca. 3.400	ca. 2,7-3,5	ca. 130	1,14	hoch	mittel
Kevlar Aramid (Ar)	ca. 3.000	ca. 2-4	ca. 550 (Zersetzung)	1,45	mittel	gut

Abb. 1 Materialeigenschaften von Nylon, Dyneema & Kevlar. Zudem ist die Oberfläche von Dyneema sehr glatt, weshalb sich das Material schlecht färben lässt sowie bei statischer Zugbelastung Knoten früh anfangen zu rutschen.



Chris ist Bergführer, Sachverständiger, Kiter und war bis vor kurzem Leiter der DAV-Sicherheitsforschung.



Abb. 2 Typische Bandschlingen
aus Dyneema (links), Mischgewebe (hier ein Dyneema-Kern
mit einer PA-Ummantelung) und Nylon (rechts).

2**Darf man Dyneema-Schlingen knoten?****KLAR** darf man die knoten.

Diese sehr glatten Schlingen gibt es ja nur vernäht zu kaufen, so dass man keine Verbindungsknoten braucht, die bei statischer Belastung zu rutschen drohen. Ein Sackstich-Auge in eine Dyneema-Schlinge geknüpft hält statisch 11 kN, ein Achter-Auge 17 kN und das doppelte Bulin-Auge à la „Weiches Auge“ (Reihenschaltungsschlinge) 24 kN. Man kann also einen Sackstich in der Standschlinge akzeptieren. Wer auf Nummer sicher gehen möchte, wählt den doppelten Bulin. Den kann man auch wieder öffnen, nachdem der Partner eine „Standbreze“ reingesetzt hat. Apropos „Nummer sicher“: Alterung, und eine dynamische Belastung (Sturz) können die statisch gemessenen Bruchfestigkeiten um 30–50 % reduzieren, weshalb es sich zudem lohnt, an solch zentraler Stelle (Zentralpunktauge) den doppelten Bulin vorzuziehen; einmal geschafft, wird der Knoten ja in der Standschlinge belassen. Die Bauanleitung dazu findet man in bergundsteigen 2/10 (www.bergundsteigen.at).

3**Kommt es tatsächlich zu einem Sturz in den Stand und der Knoten am Auge der Standschlinge wird belastet, dann läuft dieser doch auch. Gibt es da keine Schmelzverbrennungen bei Dyneema?**

Es gibt oberflächliche „Verbrennungen“, ähnlich wie am Seilmantel, wenn man seinen Partner zu schnell ablässt. Dieselben leichten Verbrennungen wird es aber auch bei Polyamid-Schlingen geben.

Dass eine Bandschlinge in dieser Situation „durchbrennt“, ist nicht möglich. Wie bei der HMS läuft ja immer ein neues Stück Material aufeinander.

Es kommt also nicht zu dem Phänomen, wie wenn man den katastrophalen Fehler begeht und ein Seil durch eine Schlinge fädelt und seinen Partner (dann bald „Expartner“) darüber ablässt. Wie sich Polyamid und Dyneema in dieser Situation verhalten, habe ich gemeinsam mit dem Kaderkurs der Schweizer Bergführer ausprobiert. Die These lautete: Dyneema-Schlingen sind dünner (geringerer Materialquerschnitt) und haben einen niedrigeren Schmelzpunkt als Polyamid. Dafür ist ihre Oberfläche glatter als die von Polyamid, somit entsteht weniger Reibung, weniger Hitze ... gleicht sich das aus?

Ein Freiwilliger wurde schnell bestimmt und beugte sich dem Gruppendruck (der abgelassene Kollege wurde natürlich hinter sichert). Der ganze Versuch wurde später standardisiert (konstante Ablassgeschwindigkeit) an der Kletteranlage von Flo Hellberg wiederholt.

Das Ergebnis: Polyamid und Polyethylen schenken sich da nix. Die Merkmale (dünner, dafür glatter) heben sich gegenseitig auf. Eine 16-mm-PA-Schlinge brannte nach ca. 4,8 Metern durch, die 8-mm-PE-Schlinge nach 4,2 Metern. Das Argument, die dünnen Dyneema-Schlingen sind am Stand zu gefährlich, weil sie durchgebrannt werden könnten, schlägt also nicht.

Im Übrigen wurden die Schlingen im Wortsinn nicht primär „durchgebrannt“, sondern mehr durch die Kombination Hitze und rauer Seilmantel durchgeschauert. Die Aramid-Reepschnur konnte in diesem Versuchsaufbau übrigens gar nicht zerstört werden.

4**Darf mit einer Dyneema-Reepschnur oder einer Dyneema-Bandschlinge geprusikt werden? Halten die und wie sieht das mit dem Kurzprusik beim****Abseilen aus – brennt der im Falle nicht durch? Und darf ich denn eine Kurzprusik-Schnur aus Kevlar oder Dyneema mit einem Sackstich in Tropfenform verknoten oder muss das ein Spierenstich oder Paketknoten sein?**

Zunächst besitzt die Reepschnur aus Dyneema ja einen Mantel aus Polyamid. Hier ist der Fall natürlich ganz klar: **JA!**

Eine 5,5 mm dicke Dyneema-Reepschnur taugt für alles. Zum Prusiken, Haken Abbinden, Fädeln von Sanduhren, sogar zum Standplatzbauen oder als Zwischensicherung eingehängt. Und was den Knoten betrifft, so kann auch hier Entwarnung gegeben werden: Natürlich ist der doppelte oder dreifache Spierenstich zum Verknoten der Reepschnur noch besser. Da es sich bei einem Sturz aber in der Regel um eine sehr geringe Einwirkdauer der Kraftspitze handelt, 0,2 – 0,5 Sekunden, ist das Aufrollen des Knotens oder das Rutschen des Dyneema-Kerns im Polyamid-Mantel nicht das Thema. Eine Dyneema-Reepschnur mit PA-Mantel kann also auch mit einem zugezogenen Sackstich und ausreichend langen Enden (ca. fünf Zentimeter und länger) als Kurzprusik oder Sanduhrschlinge verwendet werden. Selbiges gilt für die Kevlar-Reepschnur: Je mehr Windungen der Knoten besitzt, desto mehr Reibung wirkt im Knoten und desto größer wird seine Festigkeit, bevor er zu „rollen“ oder „rutschen“ beginnt.

Wer also maximale Sicherheit will, nimmt den doppelten (die ganz besonders Sicherheitsbedürftigen den dreifachen) Spierenstich – oder den Paketknoten als Kompromiss. Für eine im Einfachstrang gefädelt Sanduhr reicht bei der Dyneema- oder Kevlar-Reepschnur bei ordentlich zugezogenem Knoten und ausreichend langen Enden auch der gewöhnliche, gelegte Sackstich aus.

Kurzprusik-Schlingen aus Polyamid-Reepschnur sind hingegen ein Auslaufmodell, da sie nur zum Prusiken, nicht aber als Sanduhrschlinge, Zwischensicherung etc. taugen.

Spannend wird es bei den vernähten, kurzen Dyneema-Bandschlingen. Das Durchbrennen beim Prusiken oder als Selbstsicherung beim Abseilen stellt kein größeres Problem als bei Nylon dar. Wie oben beschrieben sorgt die glatte Oberfläche hier für weniger Reibung. Aber genau diese geringe Reibung kann dazu führen, dass der Prusik- oder auch der Kreuzklemmknoten speziell bei neuen Dyneema-Bandschlingen nicht ausreichend klemmt. Es kann also grundsätzlich damit geprusikt werden (zB bei der Spaltenbergung), man möge aber berücksichtigen, dass die Klemmwirkung deutlich geringer ist. Folglich sind mindestens der dreifache Prusik angesagt bzw. beim Kreuzklemmknoten mehr als vier Wicklungen.

5**Sind die dünnen Dyneema-Schlingen bei Kantenbelastung nicht Wahnsinn?**

Kantenbelastung ist jetzt so ein Begriff, besser trifft es die Beschreibung „Schnittfestigkeit“. Wird eine Schlinge also bei einer Pendelbewegung über eine Felskante gezogen, kann diese natürlich reißen. Da graut einem zunächst vor den dünnen Dyneemateilen. Doch haben die Diplomarbeiten von Peter Riesch und Michael Bückers an der TU-München und bei der DAV-Sicherheitsforschung eindrücklich gezeigt, dass Dyneema hier Nylon deutlich überlegen ist. Vergleicht man gleiche Quer-

Abb. 3 Kern-Mantel-Schnüre
Kern aus Kevlar (li) oder Dyneema (re),
Mantel aus Nylon.



Abb. 4 Darstellung der Einwirktiefe der UV-Belastung auf den Werkstoff sowie die Festigkeitsreduktion/Einwirkzeit
gelb = geringer Einfluss, dunkelgrün = höherer Einfluss (nach Dürbeck).

schnitte, so zeigt Dyneema eine sechs- bis siebenfach höhere Kantenstabilität als Nylon. Die Antwort auf die Frage lautet also: **NEIN!**

Und eine 5,5 mm dicke Dyneema-Reepschnur mit Polyamid-Mantel zeigt das gleiche Energieaufnahmevermögen wie ein 9,2 mm starkes Einfachseil. Geprüft wurde mittels eines Kerbschlagpendels, mit Hilfe dessen man die notwendige Energie zum Zerschneiden der Fasern messen kann. Kevlar zeigt im Übrigen ein etwa dreimal höheres Energieaufnahmevermögen im Vergleich zu Nylon. Eine scharfkantige Sanduhr wird also optimaler Weise mit einer Dyneema-Bandschlinge, einer Dyneema- oder Kevlar-Reepschnur gefädelt. Und wer als Bergführer im Freeridebereich eine Dyneema-Hilfsleine zum Ablassen seiner Gäste dabei hat, muss kein „schlechtes Gewissen“ haben ...

5 Sind Dyneema- und Kevlar-Schlingen bezüglich UV-Alterung nicht empfindlicher? Und ist Kevlar bei Knickbelastung nicht heikel? Müssen die neuen Materialien früher ausgemustert werden?

Das Thema UV-Belastung geistert immer wieder durch Internet-Foren und Kursteilnehmerköpfe. UV-Belastung kann nur dann ein Thema werden, wenn Material sehr lange exponiert im Freien hängt, zB als Abseilschlingen oder bei fixen Exen in Klettergärten. Das persönliche Material ist ausschließlich von der mechanischen Alterung betroffen und die ist optisch erkennbar.

Vergleicht man nun die drei Materialien hinsichtlich UV-Stabilität nach einer Klimakammer-Exposition, so stellte Stefan Dürrbeck in seiner Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit dem skz Kunststoffzentrum Würzburg folgendes Phänomen fest: Zum einen wird das Material durch UV-Licht unterschiedlich stark geschwächt, zum anderen unterscheiden sich die Materialien bezüglich der Einwirktiefe des UV-Lichts. Während Polyamid 6.6 eine relativ große Schwächung durch UV-Einwirkung zeigt, fällt dieses Material gleichzeitig durch eine geringe „Eindringtiefe“ der Strahlen auf. Aramid zeigt eine ähnlich geringe Einwirktiefe bei einer geringeren Schwächung; Polyethylen hingegen eine große Eindringtiefe der Strahlung bei einer geringen Schwächung.

Als **Fazit** kann festgehalten werden (Abb. 4):

■ Die Eindringtiefe von UV-Strahlen in den Werkstoff Polyamid sowie Aramid ist sehr gering. Alle Materialien mit einem Polyamidmantel altern also nur an der Mantel-Oberfläche durch UV-Strahlen. Der Kern wird geschützt.

■ In den Werkstoff Polyethylen ist die Eindringtiefe von UV-Strahlen sehr hoch. Polyethylen ohne schützenden Polyamidmantel verliert über die Zeit deutlich an Festigkeit durch UV-Alterung. Zwar ist die Festigkeitsreduzierung durch UV-Einfluss bei PE geringer als bei PA, durch die sehr große Eindringtiefe zeigen sich jedoch höhere Festigkeitseinbußen als bei PA.

■ In den Werkstoff Aramid ist die Eindringtiefe sehr gering und zudem die Festigkeitsreduzierung der UV-Strahlen gering.

An Abseilständen sollte man also alten Dyneema-Schlingen etwas skeptischer gegenüber treten. Aber wer lässt schon seine Dyneema-Schlingen an Abseilständen hängen?

Generell ist altem Bandmaterial ohne schützenden Mantel mit größerer Skepsis als Reepschnurmaterial zu begegnen. Bei persönlichem Material spielt die UV-Alterung bei üblichem Gebrauch keine Rolle. An ein Auswechseln seines Materials sollte man dann denken, wenn dieses deutliche mechanische

Gebrauchsspuren zeigt oder wenn es die offiziellen 10 Jahre überschritten hat. Natürlich reißt das Zeug dann nicht gleich; aber die Herstellerhaftung ist eben erloschen (wer im Übrigen den Anschaffungszeitpunkt seines Materials dokumentieren möchte, kann seine Schlingen, Seile, Gurte etc. ohne Bedenken mit einem Edding-Stift markieren oder beschriften).

Ach ja, bei Kevlar wird oft die Knickbelastung thematisiert: diese spielt aber erst ab Dauerknickbelastungen von mehreren 10.000 Zyklen an ein und derselben Stelle eine Rolle und ist für die Praxis vernachlässigbar.

Zusammenfassung

Ich hatte ursprünglich Bedenken. An dem dünnen Zeug über dem Abgrund zu baumeln, nagt anfangs schon an der Psyche. Und Angst ist irrational. Hat man sich aber einmal an die schmalen Dyneemaschlingen gewöhnt, möchte man sie nicht mehr missen. Neben dem geringen Gewicht und Volumen bieten Dyneema-Schlingen weitere Vorteile:

■ platzsparendes Verstauen am Rucksackträger oder an der Materialschleife des Gurts mittels Ankerstich, speziell wenn man als Bergführer mit Seilbund geht

■ super zum Fädeln oder Abbinden von Haken

■ Da sie so gut wie keine Dehnung besitzen und eine geringe Reibung aufweisen, eignen sie sich hervorragend zum Aufbau eines Schweizer Flaschenzugs bei der Bergrettung.

■ Notfalls kann man damit auch prusiken, braucht also nicht zusätzlich das Bündel Reepschnüre am Gurt.

Dyneema-Schnüre haben weitere Stärken:

■ im Gegensatz zu Polyamid-Reepschnüren aufgrund ihrer hohen Bruchkraft universell einsetzbar (Zwischensicherung, Stand, ...)

■ perfekt zum Prusiken und für alle Rettungstechniken (und im Gegensatz zur vernähten Schlinge wird ein Karabiner gespart, da direkt einknotbar)

■ entsprechend abgelängt anstelle einer Schlinge um den Oberkörper getragen kann die Dyneema-Schnur jederzeit geöffnet und in ihrer vollen Länge verwendet werden (Klemmblock, direktes Fädeln durch Hakenöse, ...)

Auf den Punkt gebracht, ist eine 240 cm lange Dyneema-Bandschlinge eine faustgroß zusammenpackbare Allzweckwaffe, geeignet zum Einfangen großer Blöcke, als Bergrettungsschlinge wie zum Bau einer Standplatzkrake.

¹Weil wir schon immer wissen wollten, wo der Begriff Reepschnur herkommt, haben wir Wikipedia gefragt: „Das Reep (Plural: die Reepe) bezeichnet in der Seefahrt ein Tau oder eine Trosse. Die Herstellung erfolgte früher durch das Handwerk der Reepschläger auf den sogenannten Reeperbahnen durch Verdrillen dünnerer Seile oder Reepe. Als Material wurde (und wird teilweise heute noch) vor allem Hanf oder Flachs verwendet.

Etymologie: Fremdwort aus der niedersächsischen Sprache, verwandt mit Engl. rope, Seil; auch Schwedisch rep, Seil.“

Literatur und weitere Informationen

■ bergundsteigen, #1/09, „Schlingen & Stand“ und #2/10, „Das weiche Auge“

■ Panorama, Ausgabe 6 und 7/2007

■ Alpinlehrplan Band 2A, „Klettern – Sicherung und Ausrüstung“, blv-Verlag

■ Diplomarbeiten an der TU München von Stefan Dürrbeck, Peter Riesch und

Michael Bückers ■ www.dmmclimbing.com/knowledge/

how-to-break-nylon-dyneema-slings/