

Haltbarkeit und Lebensdauer von Höhlenseilen

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Artikel fasst die Ergebnisse von fünf Jahren Forschung über Ablegekriterien für Seile, Gurte und Schlingen aus Polyamid zusammen. Es werden die Kriterien beschrieben, nach denen derartige Ausrüstungsgegenstände aus Sicherheitsgründen nicht mehr verwendet werden sollten. Dabei wurden die in den Herstellererklärungen beschriebenen Kriterien wissenschaftlich auf ihren tatsächlich gefährdenden Einfluss untersucht. Ein wesentliches Ergebnis ist, dass Zeitangaben keine Aussagekraft haben. Solange sie nicht beschädigt sind, können Gurte und Seile wesentlich länger auch über die angegebene Nutzungsdauer hinaus verwendet werden.

ABSTRACT

Durability and lifespan of cave ropes

The article sums up the results of five years of research on discard criteria for ropes and other textile polyamide components of personal protective outdoor equipment. Safety criteria for discarding pieces of equipment are described. Discard criteria defined in manufacturers' declarations were scientifically examined as to their actual risk. An essential result is that specifications on the time of usage are not relevant. As long as they are not damaged, ropes and safety harnesses can be used much longer than specified by the manufacturer.

Walter Siebert

Ramperstorffergasse 37
1050 Wien
office@siebert.at

VORBEMERKUNG

Aus Gründen einfacherer Lesbarkeit wurde die Literatur auf ein Minimum beschränkt. Wer an weiterer Literatur und Hintergrundwissen interessiert ist, findet dies in meiner Masterarbeit (Siebert, 2016), die zum Download bereitsteht.

Technisch gesehen heißt es auch bei Seilen „brechen“, wenn sie komplett versagen, der Volksmund spricht von „reißen“. Im Artikel wurde zwecks besserer Lesbarkeit die volkstümliche Formulierung verwendet.

EINLEITUNG

In der Welt der Seile scheint es zwei Realitäten zu geben: Die Welt der Handbücher und Herstellererklärungen und die Welt der Benutzer, im speziellen Fall der Höhlenforscher.

Wann sind Seile auszutauschen? In den Herstellererklärungen liest man: nach einer bestimmten Anzahl von Jahren (Abb. 1).

In gut besuchten Höhlen müssten die Seile nach spätestens fünf Jahren ausgetauscht werden. Das Gleiche gilt natürlich für die eigenen Seile und Gurte. Die Realität sieht freilich anders aus: Auch 20 Jahre alte Ausrüstungsteile sind keine Seltenheit.

Im Zuge einer wissenschaftlichen Arbeit zur Ablegereife von persönlicher Schutzausrüstung habe ich mich im Labor mit folgenden Fragen beschäftigt:

1. Gibt es dokumentierte Versagensfälle?
2. Welche Untersuchungen existieren?
3. Was sagen eigene Tests an alten Seilen?

Es galt herauszufinden, ab wann von Höhlenseilen eine Gefahr ausgeht.

BENUTZUNGSDAUER

Intensive Benutzung: 3 Monate bis 1 Jahr
Mittlere Benutzung: 2 bis 3 Jahre
Regelmäßige gelegentliche Benutzung: 4 bis 5 Jahre
Seltene Benutzung: 10 Jahre (maximale Nutzungsdauer)

Abb. 1: Aktuelles Beispiel einer Herstellererklärung zur Nutzungsdauer eines Höhlenseils.
Fig. 1: Current example of a manufacturer's declaration on the life span of a caving rope.

GIBT ES DOKUMENTIERTE VERSAGENSFÄLLE?

In früheren Jahrzehnten stellte sich niemand die Frage, wie lange Seile halten. Man verwendete sowieso Dinge solange es möglich war. Außerdem wurden Seile wenig belastet: Die Höhlenforscher kletterten auf Drahtseileitern auf und ab, und das Seil war Nebensache, weil es nur zur Sicherung verwendet und so gut wie nie belastet wurde. Das war auch gut so, denn ohne Gurt, nur um die Brust angeseilt, war das Hängen lebensgefährlich. Das Halten eines Sturzes mit der Schulter-sicherung war ohnehin mehr als fraglich.

Bis in die 1960er Jahre waren Seilrisse keine Seltenheit. Es wurden verbreitet Hanfseile verwendet, die verrotteten und dadurch schon unter Körpergewicht versagen konnten. Seit dem spektakulären Seilriss bei der Erstbesteigung des Matterhorns (1865) waren Seilrisse im Bewusstsein der Bergsteiger.

In den 1960er Jahren wurden die Hanfseile durch Polyamid ersetzt. Polyamid, in den USA unter dem Markennamen Nylon und in Europa unter dem Namen Perlon bekannt geworden, war seit den 1940er Jahren für Seile verwendet worden.

In den 1970ern änderte sich die gesamte Seiltechnik dramatisch. Im Bereich der Speläologie waren Gurte, Abseilgeräte und Steigklemmen entscheidend für den Durchbruch der Einseiltechnik.

Seit Polyamidseile verwendet werden, gibt es nur noch folgende vier Ursachen für Seilversagen:

- Scharfe Kanten
- Steinschlag
- Batteriesäure
- Durchschmelzen (wenn Seil auf Seil unter Belastung reibt)

Immer wieder tauchen Gerüchte auf – auch in Höhlenforscherkreisen – dass Seile auch ohne einen dieser vier schädigenden Einflüsse reißen können. In Frankreich und in Bulgarien soll es zu so einem Seilriss gekommen sein. Bei genauen Recherchen lösten sich diese Hinweise jedoch in Luft auf. Tatsächlich wurde seit 40 Jahren kein einziger altersbedingter Seilriss dokumentiert. Es wurden zwar immer wieder Seilrisse beschrieben; diese waren aber auf die oben erwähnten Einflüsse zurückzuführen.



Abb. 2: Zerreißmaschine.
Fig. 2: Experimental setup.

WELCHE UNTERSUCHUNGEN EXISTIEREN?

Vorweg: bei Untersuchungen sind Beobachtungen und Messungen das eine, die Interpretation ist das andere. Nehmen wir an, eine Untersuchung stellt fest, dass UV-Strahlung die Haltbarkeit um 20 % verringert. Ist das alarmierend? Oder ist es belanglos, weil ein solcher Wert sogar innerhalb der Schwankungsbreite der Knotenfestigkeiten bei Neuseilen liegt? Hinter der Interpretation verbergen sich oft Motivationen der Forscher: Soll ein Ergebnis möglichst gut aussehen oder möglichst schlecht? Selbst wenn man objektiv bleiben möchte, tendiert man bei der Interpretation von Daten unbewusst oft zu einer Seite.

Zahlreiche Tests und Untersuchungen beschäftigten sich mit der Frage der Haltbarkeit von Seilen, einige auch in Bezug auf Höhlenseile. Bereits vor über 40 Jahren veröffentlichte Kipp (1978) einen Bericht über die Gebrauchsfestigkeit von Höhlen- und Bergseilen.

Diese und alle anderen Studien stellten fest, was Krause (1999: 2) so zusammenfasste: „... *manche gute Seile werden nach einer maximalen Gebrauchsdauer von 3, 5 oder sogar 10 Jahren unnötig aussortiert*“. Wertvoll ist auch die Arbeit des DAV-Sicherheitskreises unter Pit Schubert. Er machte zahlreiche Tests an bis zu Jahrzehnte alten Seilen, die das oben erwähnte Ergebnis stützen. Um die Jahrtausendwende formulierte er unmissverständlich: „*In practice, today's ropes will neither break in the attachment knot nor at the carabiner*“ (Schubert, 2000a: 13).

Im Zuge meiner Recherche fand ich keinen Hinweis darauf, dass jahrelang gelagerte Seile aus Polyamid gefährlich geschwächt waren. Nach bisherigen Untersuchungen versagen Polyamid-Seile nicht, solange die vier oben genannten Ursachen ausgeschlossen werden können.

WAS SAGEN EIGENE TESTS MIT ALTEN SEILEN?

Um 1970 fand sich in einem Artikel von Pit Schubert ein Foto eines gebrochenen Test-Karabiners, neben dem ein großer Totenkopf prangte. Dieser Karabiner hatte bei weitem nicht jene Bruchlast erreicht, die seine Aufschrift versprach.

Seit damals wuchs der Wunsch, auch solche Tests zu machen, worauf ich allerdings mehr als 40 Jahre warten musste. 2013 erfüllte sich der Traum mit dem Bau einer eigenen Zerreißmaschine (Abb. 2).

In den letzten fünf Jahren wurden damit hunderte Seile (sowie Gurte und Schlingen) getestet, darunter auch Höhlenseile.

Entscheidend dabei ist, wie getestet wird. Die Tests sollten so praxisnahe wie möglich gestaltet sein, weshalb die Bruchlast im Achterknoten und im Bulin getestet wurde.

Eine entscheidende Frage: Wie sicher ist sicher genug?

Eigentlich müsste ein Seil nur 1 Gramm mehr halten als es belastet wird. Man geht davon aus, dass bei der Einseiltechnik maximal das 2,5-fache Körpergewicht als Belastung auftreten kann. Die schlimmsten Belastungen sind sogenannte Faktor-2-Stürze: Dazu müsste man das Seil anbinden, hinaufklettern und die doppelte Seillänge hinunterspringen. Erst kürzlich hörte ich, dass ein Höhlenforscher versehentlich von einer Plattform gesprungen war, ohne das Seil vorher einzuziehen. Die Folgen waren ein sehr harter Sturz und ein paar Wochen Kreuzweh.

Die Belastung war jedoch deutlich weniger als 6 kN. Übrigens: Was im Volksmund „statisches Seil“ heißt, muss im Sturzfall gemäß Norm auch eine bestimmte Dehnung aufweisen und wird deshalb in der Fachsprache auch „halbstatisch“ genannt – im Gegensatz zu Dyneemaseilen, die sich wirklich kaum dehnen. Mir ist keine Messung bei bergsteigerischen Tätigkeiten bekannt, wo 6 kN erreicht werden (bei Dyneema könnte das passieren). Dazu müsste man über den letzten Bohrhaken steigen, in den man mit einer Bandschlinge eingehängt ist (die auch ziemlich statisch ist). Für meine Untersuchungen habe ich mich für 9 kN entschieden. Das ist doppelt so viel wie die höchste gemessene Belastung in der Praxis. Alle Seile, die im Knoten weniger als 9 kN hielten, waren für mich interessant (siehe Einschub Seite 144).

Seile sind aus Materialien hergestellt, die gegen Verrottung und Alterung resistent sind. Im Zeitalter der Hanfseile war Verrottung eine permanente Bedrohung, heute ist dieses Thema erfreulicherweise Geschichte. Das versehentlich im Schleifsack vergessene feuchte Seil mag zwar nach einem Jahr stinken, aber es hält. Von mir wurden einige Seile getestet, die mindestens fünf Jahre feucht in wasserdichten Schleifsäcken gelagert waren, stark gestunken haben und teilweise Schimmelflecken hatten. Ihre Bruchfestigkeit war jedoch nicht geringer als die vergleichbarer, ordentlich gelagerter Seile.

Daraus ergibt sich, dass Seile (auch Gurte), die vor 40 Jahren den Normtest bestanden haben, heute noch einsatzfähig sind, vorausgesetzt, sie sind nicht beschä-

Einschub: Normtests sind kein Abbild der Wirklichkeit

Es gibt Normtests, die in den UIAA-Normen und in den Euronormen von Kommissionen festgelegt werden. Hier liegt einer der häufigsten Irrtümer: Die Normtests sind kein Abbild der Wirklichkeit. Sie dienen der Vergleichbarkeit der Materialien und sie sollen sicherstellen, dass diese Materialien in der Praxis auch halten. Daher sind Normtests wesentlich härter als es die Praxis im Regelfall ist. Die Kriterien für die Normtests müssen sicherstellen, dass ein Seil bei normaler Benutzung auch hält, was es verspricht: Durch Benutzung wird ein Seil geschwächt, soll aber immer noch halten. Daher hält ein neues, unbenutztes Seil im Normtest wesentlich mehr Stürze als ein benutztes Seil.

Die Normen haben sich hervorragend bewährt. Seit es diese gibt (seit ca. vier Jahrzehnten), ist kein Versagen eines normgeprüften Seils oder Gurts bei normaler Benutzung bekannt geworden. Das ist

als hervorragende Ingenieursleistung zu werten. Es ist daher ein – leider nicht seltener – Fehlschluss, wenn man aus einer Abnahme der Normwerte auf die Sicherheit schließt. Der Normsturz, nach dem Kletterseile getestet werden, ist wesentlich härter als jede Sturzbelastung durch einen Menschen. Ein Seil, das einen Normsturz hält, hält auch sämtliche Stürze eines Menschen, sogar vielfach hintereinander. Die aktuelle Norm für Kletterseile verlangt fünf solcher Stürze.

Wenn nun ein Seil, das im Originalzustand fünf Stürze hält, nach Gebrauch nur mehr zwei Stürze hält, könnte das als potentielle Gefährdung interpretiert werden. Dies ist aber falsch, da selbst ein gehaltener Normsturz mehr als ausreichend ist. Selbst wenn das Seil im Normsturz reißt, kann man daraus nicht schließen, dass das Seil auch bei einem Sportklettersturz gerissen wäre.

dig. Das gilt auch für Höhlenseile. Es ist immer wieder faszinierend, einen alten lehmigen Strick, der fast nicht mehr zu Knoten ist, zu testen. Es knackt, es staubt – aber er hält.

Abbildung 3 zeigt eine typische Bruchlastkurve eines Höhlenseils. Die Zacken entstehen, wenn der Knoten sich festzieht. Dieses Seil war so steif, dass es ab ca. 4 kN vier Mal nachrutschte und schließlich bei 11,3 kN versagte.

Zum Vergleich: Sturzbelastungen von 6 kN sind die erlaubte Grenze beim Industrielklettern, bei Klettersteigsets und in Hochseilgärten. Härtere Belastungen können in der Regel zu Verletzungen führen.

Abbildung 4 zeigt typische Ergebnisse für drei mindestens 20 Jahre alte Höhlenseile und benutzten Dyneemaschlingen (genaues Alter unbekannt, aber mindestens 5 Jahre benutzt).

Die Dyneemaschlingen hielten jedenfalls so viel wie die Seile. Empfehlenswert ist aber, Dyneema mit doppeltem Spierenstich zu verknoten. Ein einfacher Spierenstich rutschte bei Dauerschwellbelastungen von 6 kN langsam durch, bis er offen war. Am Ende dieses Beitrags gibt es einen Link zu einem Video dazu. Resümee: Solange Seile und Schlingen „unverletzt“ sind, können sie in Höhlen weiter verwendet werden.

SPIELT ZEIT EINE ROLLE?

In Abbildung 5 sieht man die Bruchkraft von Seilen unterschiedlichen Alters.

Zum Begriff „Mindestalter“: Bei alten Seilen ist das Herstellungsjahr oft unbekannt. Das Mindestalter ist das „bekannte“ Alter. Beispiel: Ein benutztes Seil wurde vor genau 10 Jahren verbaut. Das Seil ist vermutlich 20 Jahre alt, das ist aber nicht mehr feststellbar. Daher wurden die 10 „sicher bekannten“ Jahre als Mindestalter angenommen.

Wenn mit steigendem Alter die Bruchlast abnehmen würde, müsste das Diagramm eine Korrelation mit negativer Steigung zeigen.

Dies ist die erste wichtige Erkenntnis: Alter und Bruchlast hängen nicht zusammen.

Wenn Seile aus dem gleichen Material wären wie Gummiringe, dann wäre es anders: Ein Gummiring, den man jahrelang in der Schublade liegen lässt, verliert die Elastizität, und die Bruchlast geht rapide zurück – egal, wie oft das Gummiringerl verwendet wurde. Unbenutzte wie benutzte Gummiringe werden im Laufe der Zeit brüchig.

Doch Seile für den Höhlengebrauch sind glücklicherweise aus einem sehr stabilen Material, das man jahrzehntelang im Materialschränk liegen lassen kann; der Festigkeitsverlust ist so minimal, dass er sich nicht gefährdend auswirkt.

Die meisten getesteten Seile hielten mehr als 9 kN (unabhängig vom Alter). Aber es gab einige Seile, die un-

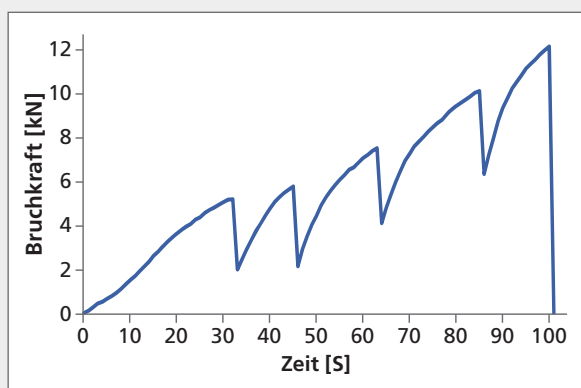


Abb. 3: Bruchlast eines Höhlenseils.
Fig. 3: Breaking load of a caver's rope.

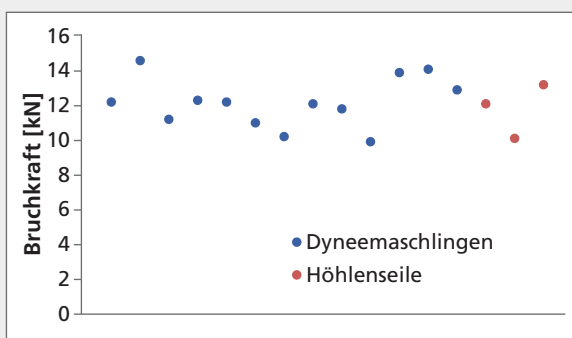


Abb. 4: Bruchlastmessungen an Höhlenseilen und Dyneemaschlingen.

Fig. 4: Results of breaking load tests of caver's ropes and dyneema slings.

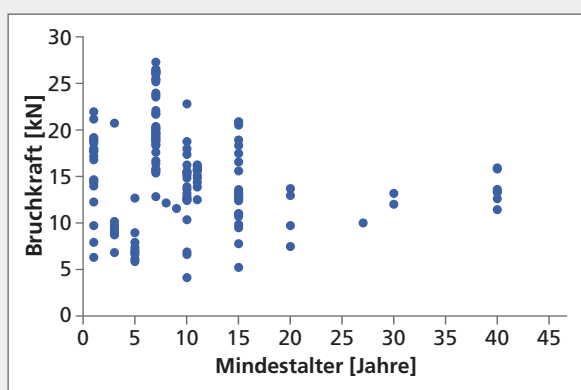


Abb. 5: Vergleich von Mindestalter zu Reißfestigkeit.
Fig. 5: Comparison of age versus breaking load.

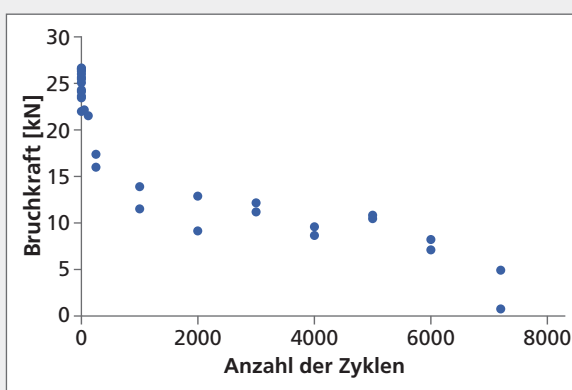


Abb. 6: Bruchlast eines halbstatistischen Seils je nach Anzahl der Lastbiegwechsel.

Fig. 6: Cyclic bending loading.

terhalb dieser Grenze rissen, und hier galt es, die Ursachen zu finden.

Augenscheinlich waren sehr stark verschlissene Seile darunter, teilweise stark beschädigt, zuweilen war der Mantel bis zum Kern durchgescheuert. Es waren Seile, die man sofort ausscheidet, wenn man sie sieht. Aber es gab auch einige Seile, denen man nicht ansah, wie schwach sie waren. Sie hatten aber eine Gemeinsamkeit: Es waren Toprope-Seile aus Kletterhallen oder Seile mit sehr vielen Vorstiegsstürzen. Diese Seile wurden in einem Umlenkkarabiner oft „gewalkt“ (Fachterminus: „Lastbiegwechsel“). Die erniedrigte Bruchlast tritt auf, wenn man an der „durchgewalkten“ Stelle einen Knoten macht und diesen testet. Teilweise werden sogar 6 kN unterschritten. Die Ursache für diese Materialschwächung liegt in der Reibung zwischen Mantel und Kern, die letzteren schädigt.

In einer extra gebauten Maschine wurden Seile, umgelenkt in einem Karabiner, mit einer Kraft von 0,8 kN bewegt, um das Ablassen einer Person mit 80 kg beim Toprope-Klettern zu simulieren. Nach einer bestimmten Anzahl von Zyklen (=Ablassvorgängen) wurde die Bruchlast der Probe gemessen. Jeder Zyklus entspricht

einmal einer Person von 80 kg, die im Toprope-Karabiner abgelassen wird.

In Abbildung 6 sieht man dann die Bruchlast der Proben gegen die Anzahl der Zyklen aufgetragen.

Man sieht, dass nach einigen hundert Zyklen die Bruchlast um die Hälfte reduziert wird. Das wäre alarmierend, wenn es so weitergehen würde. Aber glücklicherweise gibt es eine lange „Plateauphase“, in der über mehrere tausend Zyklen die Belastbarkeit des Seils konstant bleibt, um erst am Ende seiner Lebensdauer wieder abzunehmen.

Bisher hat dieses Phänomen zu keinem Seilversagen geführt, weitere Forschungen sind hier aber notwendig.

Demnach sollten ausgeschiedene Hallenseile (die meistens ausgeschieden werden, weil sie unhandlich geworden sind) nur zum Topropen verwendet werden, nicht aber zum Brückenspringen, für Seilbahnen oder ähnliche Zwecke. Das Gleiche gilt für Seile, die von Sportkletterern nach hunderten Stürzen ausgeschieden werden. Man erkennt diese Seile daran, dass sie sehr weich und flexibel sind und ohne Kraftaufwand in der Schlaufe plattgedrückt werden können (Abb. 7).

BEDEUTUNG DER FORSCHUNGSERGEBNISSE FÜR HÖHLENFORSCHER

Seile

Das Alter ist kein Ablegekriterium

Nach dem derzeitigen Stand der Forschung gibt es keinen Hinweis darauf, dass das Alter eine gefährdende Wirkung auf die Festigkeit eines Seiles hat. Wenn ein zertifiziertes Seil die vom Hersteller angegebene Nutzungsdauer überschritten hat, bedeutet das nicht, dass es deswegen gefährlich geschwächt ist.

Was ist mit einem Seil, bei dem der Mantel beschädigt ist?

Es kommt drauf an, wie stark der Mantel beschädigt ist. Sobald der Kern sichtbar ist, sollte man diesen Teil nicht mehr verwenden. Wenn man beim Aufstieg mit Seilklemmen sieht, dass der Mantel gerissen ist, braucht man nicht in Panik zu verfallen. Das Seil hält, solange die meisten Litzen intakt sind. Es sollte dennoch ausgetauscht werden.

Eine Ausnahme, die aber Höhlenforscher kaum betrifft: Wenn der Kern bzw. Kernlitzen durch den Mantel dringen, dann ist das ein Hinweis auf eine schwere Schädigung des Seilkerns, und ein Versagen ist möglich. Das gleiche gilt, wenn man beim Seilaufschließen das Gefühl hat, dass an einer Stelle der Kern deformiert ist.

Was tun mit einem Seil, bei dem der Kern beschädigt ist?

Unbedingt ausscheiden. Man ertastet das leicht beim aufmerksamen Aufschließen mit der Hand. Bei Seilen, die oft durchgewalkt wurden, bricht zuerst der Kern.

Was ist mit einem Seil, bei dem der Mantel stark verschoben ist?

Es gibt keine Hinweise auf eine Schwächung. Eine Mantelverschiebung ist unangenehm, kann aber leicht repariert werden.

Ein Seil, das „pelzig“, also oberflächlich stark abgenutzt ist?

Das ist kein Problem.

Schmelzverbrennungen?

Diese sind nur dann ein Problem, wenn sie auch den Kern betreffen.

Temperaturen über 120 °C sind gefährdend. Wenn Seile Temperaturen über 120 °C ausgesetzt waren, können sie zerstört sein. Dies tritt aber normalerweise nicht auf. Oberflächliche Schmelzspuren, die beim schnellen Abseilen auftreten können, schwächen das Seil nicht in gefährdendem Ausmaß.

Chemikalien?

Kletter- und Höhlenseile sind zumeist aus Polyamid. Es gibt regelmäßig Unfälle durch Batteriesäure, und diese ist wirklich tückisch. Man sieht sie nicht, sie hat Langzeitwirkung. Auch wenn irgendwo vor Jahren Batteriesäure verschüttet wurde, kann das noch schädigend wirken. Säuregeschädigte Seile brechen unter



Abb. 7:: Linke Schlaufe ist ein stark benutztes Seil, rechte Schlaufe ist ein neues Seil, das sich nicht zusammendrücken lässt.

Fig. 7: Left loop is a heavily used rope, right loop is a new rope that cannot be pressed together.



Abb. 8: Dieses Seil hielt noch 8 kN.

Fig. 8: This rope's breaking load was still 8 kN.

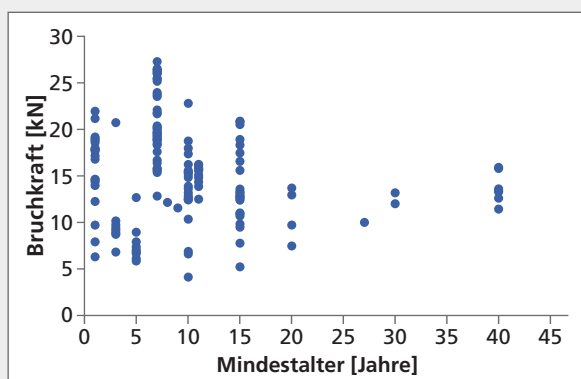


Abb. 9: Vergleich von Mindestalter zu Bruchlast bei Gurten.
Fig. 9: Comparison of age versus breaking load of harnesses.

Körpergewicht! Das Seil kann heute volle Bruchlast haben und in drei Monaten versagen. Hier hilft nur gute Lagerung, weit weg von Batterien und Säuren. Man sollte kein Seil Leuten borgen, denen man die entsprechende Sorgfalt nicht zutraut.

Seile, die stark belastet wurden, z.B. durch einen harten Sturz?

Es wurde kein Hinweis für eine Schädigung durch einen harten Sturz gefunden. Für ein Seil ist das kein Problem. Auch Autoabschleppen ist kein Problem.

UV-Strahlung?

Ultraviolette Strahlung schädigt Seile. Allerdings können die Strahlen nicht durch den Mantel dringen. Es wurden auch Seile getestet, die jahrzehntlang in einer

Südwand hängen. Hier versagte zwar der Mantel im Test, aber der Kern hielt immer noch. Solange also der Mantel nicht „zerbröselte“, kann man das Seil problemlos verwenden.

Anders sind Schlingen zu beurteilen. Wenn diese jahrelang draußen hängen und verschlissen sind (meistens lässt man nicht sein neuestes Material hängen), dann können sie unter Körpergewicht versagen! Es gibt dokumentierte Unfälle, wo Schlingen beim Abseilen und Topropen gerissen sind.

Schlingen

Bandmaterial ist komplett anders zu beurteilen als Seile

Es gibt Fälle, bei denen Bandmaterial unter Körpergewicht versagte. Abgenutztes Bandmaterial oder Bandmaterial, das längere Zeit draußen hängt, sollte man nicht mehr verwenden. Wo immer es geht, sollte man Seilmaterial verwenden.

Gurte

Zertifizierte Gurte halten, außer sie sind sehr stark verschlissen oder die Nähte sind beschädigt. Nach einem Sturz muss man die Nähte von Gurten auf Schädigung überprüfen. Seile, Gurte und Schlingen konnten im Labor mehrmals bis knapp zur Bruchfestigkeit belastet werden, ohne dass dies zu einem Versagen führte (Abb. 9). Gurte werden durch UV geschädigt, wenn man sie lange im Freien hängen lässt. Normales Tragen ist unbedenklich.

LITERATUR

Kipp, M. (1978): Die Gebrauchsfestigkeit von Kernmantelseilen. – Die Höhle, 29 (4): 125–135.

Krause, M. (1999): Britische Erfahrungen beim Test von Höhlenseilen. – Übersetzung und Zusammenfassung eines Vortrags von Owen Clarke in der Reihe Ausrüstung beim 12. UIS-Kongress in La Chaux de Fonds, Schweiz, 1999.

Schubert, P. (2000): About ageing of climbing ropes. – Union Int. des Associations d'Alpinisme, 2000 (3): 12–13.

Siebert, W. (2016): Untersuchung zur Ablegereife von textilen sicherheitsrelevanten Bestandteilen persönlicher Schutzausrüstung (gegen Absturz) aus Polyamid im Outdoor. – Unveröff. Masterarbeit, Universität Wien. Download: www.siebert.at/media/file/70_Masterarbeit_Walter_Siebert_Endfassung2.pdf

ZUSÄTZLICHE ELEKTRONISCHE DATEN



Unter dem Link https://youtu.be/_2QkHm7ggyQ ist ein Video zu Dyneemaschlingen und Seile im Test sehen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [71](#)

Autor(en)/Author(s): Siebert W.

Artikel/Article: [Haltbarkeit und Lebensdauer von Höhlenseilen 151-157](#)