

Schneedecke vorhanden, und es gibt zusätzlich starke Regenfälle. Unter diesen Umständen ist eine deutliche Verzögerung der erhöhten Wasserführung nicht zu beobachten; innerhalb weniger Stunden taucht das Schmelzwasser der Alb im Mordloch auf.

Für eine Mordlochbefahrung empfiehlt sich daher folgendes Verhalten: Befahrungen während des Winters sollten nur bei lang anhaltenden tiefen Temperaturen durchgeführt werden, wenn keine Wetteränderung zu erwarten ist. Da bei labiler Wetterlage das Mordloch schnell zu einer Sackgasse werden kann, da durch enge Stellen im System ein rascher Rückstau des Wassers erfolgt, sollten auf alle Fälle Erkundigungen über die Wetterlage bei der Wetterwarte Stötten eingezogen werden.

Tritt auch nur wenig Wasser aus dem Eingang oder der Seitenquelle, so muß eine Befahrung auf alle Fälle unterbleiben.

Die Gebrauchsfestigkeit von Kernmantelseilen

Von Michael Kipp (Eßlingen)

Die heute übliche Schachtbefahrungstechnik erfordert volles Vertrauen in die verwendete Seile. Die Nennreißfestigkeit der Kernmantelseile täuscht eine absolute Sicherheit vor. Es wird deshalb die Zugfestigkeit von gebrauchten Seilen in geknotetem, nassem und verlehmttem Zustand bei einer Temperatur von 0° C ermittelt. Die unter diesen höhleenspezifischen Bedingungen gemessene Zugfestigkeit wird als Gebrauchsfestigkeit definiert. Als Richtwert kann sie zu 25 % der Nennreißfestigkeit eines beliebigen Kernmantelseils aus Perlon angegeben werden.

Für die Beurteilung der Sicherheit von Seilen ist neben der statischen Gebrauchsfestigkeit auch die bei Stürzen auftretende Spitzenkraft, der Fangstoß, von Bedeutung. Bei Stürzen aus einem Meter Höhe wurden an Speleoseilen verschiedener Hersteller große Unterschiede in der Höhe des Fangstoßes gemessen. Die Angabe des Fangstoßes bei einem noch zu normenden Sturzversuch scheint deshalb auch bei Höhleenseilen notwendig zu sein. Bei einem Sturfaktor von 1,0 und 80 kg Fallgewicht riß jedoch keines der Seile. Wünschenswert wäre, wenn die Speleoseile den UIAA-Prüfbedingungen für Bergseile standhalten würden. Dabei wäre das Sicherheitsrisiko auf Steigklemmen und Abseilgeräte verlagert, die ebenfalls sturzfest konstruiert werden müssen.

1. Nennreißfestigkeit — Gebrauchsfestigkeit

1.1. Festigkeitsmindernde Faktoren

Wenn wir heute ein Seil kaufen, garantiert der Hersteller für eine Nennreißkraft von 20 kN (2000 kp) und mehr. Das gibt uns das Gefühl einer absoluten Sicherheit des Seiles. Der Gebrauch des Seiles bei Schachtbefahrungen

weicht aber wesentlich von den Versuchsbedingungen zur Ermittlung der Nennreißkraft ab, da viele Einflüsse das Seil bei der Benutzung schwächen.

Ich möchte sie einteilen in *unvermeidliche Einflüsse*, das sind Knoten, Durchnässung in feuchten Höhlen, niedrige Temperatur in alpinen Höhlen, Schmutz, Gebrauch von Abseil- und Steigvorrichtungen und Alterung sowie in *vermeidbare Einflüsse*, das sind schlechte Knoten, Scheuern, thermische Überbeanspruchung beim Abseilen, Verwendung zu alter Seile, Verwendung von Seilen mit sichtbaren Seilbeschädigungen, Verwendung von Seilen mit ungeeigneten Konstruktionen und Werkstoffen und falsche Lagerung (z. B. im Sonnenlicht).

I.2. Hinweise zur Vermeidung seilschwächender Einflüsse

Knoten: Es sind nur Knoten mit hoher Knotenfestigkeit zu verwenden: Bulinknoten, Sackstich, Heuknoten (= 8er-Knoten). Schlecht geknüpftete Knoten ergeben eine zusätzliche Quetschbelastung des Seiles.

Scheuern: Starkes Scheuern des Seiles am Fels führt nach kurzer Zeit zu schwerwiegenden Beschädigungen des Mantels. Bei einem Mantelriß verschiebt sich dieser, insbesondere bei neuen Seilen, um mehrere Meter oder gleitet ganz vom Kern. Das Scheuern muß deshalb durch Seilschoner und Zwischenbefestigungen vermieden werden (Abb. 1).

Abseilen: Die Temperatur der Abseilgeräte kann bei einer Abseilgeschwindigkeit von 0,6 m/s schon nach 30 Metern 100° C überschreiten (3). Eine vorhergehende Befeuchtung des Seils, vernünftiges ruckfreies Abseilen und sofortiges Lösen der Bremse vom Seil am Schachtgrund vermeiden eine zu starke thermische Beanspruchung.

Seilwerkstoffe: Polypropylen (PP) scheidet wegen zu niedriger Schmelztemperatur aus. Polyester (PE) ist wegen seiner geringen Scheuerbeständigkeit nicht empfehlenswert. Polyamid (PA) wird von Schwefelsäure angegriffen, daher ist Vorsicht mit Bleiakku-Lampen geboten.

Seilkonstruktionen: Nur Kernmantelseile sind zu verwenden.

I.3. Definition der Gebrauchsfestigkeit

Zur quantitativen Abschätzung der unvermeidlichen Seilchwächung wird die Gebrauchsfestigkeit folgendermaßen definiert:

Gebrauchsfestigkeit = Nennfestigkeit — Summe der unvermeidlichen Festigkeitsminderungen oder

Gebrauchsfestigkeit = relative Knotenfestigkeit × relative Naßfestigkeit × relative Schmutzfestigkeit × relative Altersfestigkeit × Nennfestigkeit.

II. Ermittlung der Gebrauchsfestigkeit

II.1. Versuchsbedingungen

Von neuen und gebrauchten Kunstfaserseilen in Kernmantel-Konstruktionen wurden Proben von einem Meter Länge am Seilende entnommen und für die Bestimmung der Wasseraufnahme gewogen. An beiden Enden wurden

mittels Bulinknoten Schlingen geknüpft, über die später in der Zerreißmaschine die Zugkraft eingeleitet wurde.

Dann wurden die Proben für fünf Tage in Wasser eingelegt, wieder gewogen und anschließend bis zum quasistatischen Zugversuch für einige Stunden in Eiswasser auf 0° C gekühlt, da Temperaturen um den Gefrierpunkt in alpinen Höhlen üblich sind. Durch die lange Wässerung wurde die maximale Wasseraufnahme der Polyamidfasern sicher erreicht. Einige neue Parallelproben wurden zum Vergleich in eine dicke Lehmbrühe gelegt, die mehrmals täglich durchgerührt wurde. Diese Proben werden als „künstlich verlehmt“ bezeichnet.

Die Zerreißversuche wurden an einer Universal-Prüfmaschine, Fabrikat Zwick, mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 40 bis 80 mm/min durchgeführt. Die Reißkraft wurde am Schleppzeiger abgelesen.

Die Dehnung wurde über Bezugsmarken im Abstand von 100 mm mit dem Maßband bestimmt und auf eine Vorlast von 200 N bezogen.

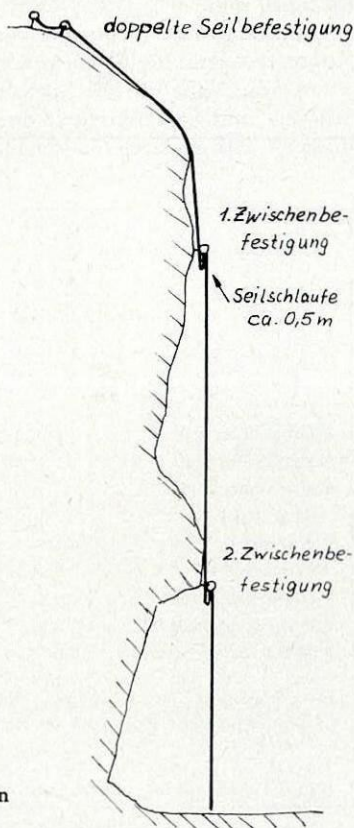


Abb. 1: Zwischenbefestigungen verhindern gefährliches Scheuern des Seils

II.2. Festigkeitsminderung durch Knoten

Alle Seilproben rissen, wie erwartet, im Knoten. Die in der Bergsteigerliteratur (1, 4) angegebene relative Knotenfestigkeit für den Bulinknoten gilt offenbar nur für 11-mm-Bergseile eines bestimmten Fabrikates (Edelrid). In Tabelle 1 sind die Reißkräfte verschiedener *neuer* Kernmantelseile zusammengestellt. Die gemessene Reißkraft nach fünftägiger Wässerung enthält nur Knotenfestigkeit und Naßfestigkeit. Es wird angenommen, daß die Naßfestigkeit allein vom Faserwerkstoff abhängt (Hypothese). Dann lassen sich aus der von Edelrid angegebenen Knotenfestigkeit die Naßfestigkeit von Polyamidseilen allgemein und die Knotenfestigkeit der Seilproben errechnen. Dieses Verfahren mußte aus Mangel an Probestücken angewendet werden.

Die Tabelle 1 zeigt wichtige Tendenzen:

a) Die relative Knotenfestigkeit sinkt mit abnehmender Bruchdehnung, da im Knoten die am äußeren Radius liegenden Fasern des Kerns stärker gedehnt werden als die inneren. Dadurch können Teilrisse entstehen, die aber nicht zu erkennen sind.

b) Seile mit kleinerem Durchmesser (9, 10 mm ϕ) zeigen eine bessere Knotenfestigkeit als die entsprechenden dickeren Seile.

Daraus läßt sich für Speleoseile eine Optimierung hinsichtlich Gebrauchs-, Scheuer- und Sturzfestigkeit durch die Seilhersteller erhoffen. Bei einer Optimierung nach anderen Gesichtspunkten können auch extrem schlechte Werte der

	Durchmesser mm+	Nenn-Reißkraft + kN o)	gemessene Reißkraft kN	Bruchdehnung %	relative Festigkeit %	relative Knotenfestigkeit %		relative Naßfestigkeit %	Seilwerkstoff
						Bulin	Spiereinstich		
Edelrid classic	11	27, 1	15, 8	63+	58	71+	63+	82	PA
Schuster Bergseil	11	28, 0	12, 9	31	46	56	50	82	PA
Edelrid Speleoseil	10	26, 4	16, 4	29, 5	62	76	67	82	PA
Everset Speleoseil	10	18, 0	10, 0	20	55	68	60	82	PA
Bluewater II	11	34, 4	117, 8	18	52	-	-	-	PA
Bluewater II	9	17, 2	12, 7	16	74	-	-	-	PA
Kevlar Seilmuster	10	42, 0	14, 6	13	35	42	37	82	PA
FSE Polyester-Schot	12	28, 0	14, 5	-	52	52	46	100	PE
FSE Polyester-Schot	10	19, 6	12, 2	13	62	62	55	100	PE

PA = Polyamid (Perlon, Nylon). PE = Polyester. + = Herstellerangabe.

o) Gesetzliche Maßeinheit für die Kraft ist das Newton. 9, 81 N = 1 kp, 1 kN = 1000 N = 101, 9 kp.

Anmerkung: Die Werte für den Spiereinstich wurden im Verhältnis der Edelrid-Angaben (71%/63%) errechnet, um den Einfluß eines schlechten Knotens zu zeigen.

Tabelle 1: Knotenfestigkeit neuer Seile

Knotenfestigkeit auftreten, wie z. B. beim Schuster-Bergseil und bei dem Kevlar-Seilmuster von Seine & Lys mit Polyamidmantel (34 %) und einem Kern aus Kevlar 29 (66 %), das aber nicht im Handel ist.

Bei Polyamidseilen liegt die relative Knotenfestigkeit des Spierenstichs zwischen 50 % und 67 %, d. h., nicht der Wert des Edelrid-Seils, sondern der des in dieser Hinsicht schlechtesten Seils mit 50 % muß für die Berechnung der Gebrauchsfestigkeit zugrunde gelegt werden. Bei Polyesterseilen kann man nur mit 46 % rechnen. FSE (6) gibt einen ähnlichen Wert (47 %) an.

Die für Bluewater-Seile angegebenen Werte entziehen sich jedem Vergleich, da die Nennreißkraft zu hoch angegeben ist. Der richtige Wert dürfte bei 24 kN (statt 34,4 kN) liegen. Weiterhin sind die Fasern zum leichteren Ver-seilen mit einem Gleitmittel versehen, das die Knoten- und Naßfestigkeit beeinflussen dürfte, solange das Seil noch nicht gewaschen ist.

II.3. Festigkeitsminderung durch Wasseraufnahme

Da Polyesterfasern kein Wasser aufnehmen, kann eine relative Naßfestigkeit von 100 % bei Polyesterseilen angenommen werden. Durch die schlechte Knotenfestigkeit ergibt sich aber insgesamt kein Vorteil gegenüber Polyamidseilen.

Die Wasseraufnahme der Polyamide ist abhängig vom Verhältnis der CH_2 -Gruppen zu den CONH -Gruppen. Bei kleinen Werten, z. B. bei PA 6, ist die Wasseraufnahme groß. Sie führt zu einer beträchtlichen Festigkeitsminderung bei Polyamid-Seilen.

Gemessen wurde die Reißkraft von geknoteten neuen Seilen nach fünf-tägiger Wässerung. Die Naßfestigkeit wird daraus errechnet.

$$\begin{aligned} \text{Relative Naßfestigkeit} &= \frac{\text{gemessene Reißkraft}}{\text{Nennreißkraft}} \times \frac{\text{Nennreißkraft}}{\text{Knotenreißkraft}} \times 100 \% \\ &= \frac{\text{gemessene Reißfestigkeit}}{\text{Knotenfestigkeit}} \times 100 \% \end{aligned}$$

Das Edelrid-Bergseil hat demnach eine relative Naßfestigkeit von ca. 82 %. Es wird angenommen, daß die relative Naßfestigkeit von 82 % als typisch für Polyamidseile gelten kann (Richtwert).

Inwieweit imprägnierte Seile (Everdry, Super-Dry) nach Lagerung in nassen Höhlen oder nach mehrmaligem Waschen nach Gebrauch Vorteile bieten, muß noch untersucht werden.

Eine kurzzeitige Durchnässung von Seilen, wie sie bei normalen Befahrungen auftreten kann, führt zu keinem Festigkeitsverlust (7). Verbleiben die Seile jedoch in der Höhle — in alpinen Höhlen ist das oft für viele Jahre der Fall —, so muß die Festigkeitsminderung durch Wasseraufnahme der Fasern berücksichtigt werden.

II.4. Festigkeitsminderung durch Verschmutzung

Um den Einfluß der Verschmutzung auf die Gebrauchsfestigkeit erfassen zu können, wurde eine *neue* Seilprobe für fünf Tage in eine Lehmrühre gelegt und mehrmals täglich darin durchgeknetet. Die Festigkeitsminderung infolge der künstlichen Verlehmung wurde durch Vergleich mit einer gewässerten Parallelprobe vom gleichen Seil bestimmt (Tabelle 2).

Probenbehandlung	Gewicht je Meter		Nenn-reißkraft kN	gemessene Reißkraft kN	relative Schmutz= festigkeit %
	getrocknet g/m	naß g/m			
gewässert (sauber)	63	82	26	16,1	100
künstlich verlehmt	71	96	26	12,1	78

Tabelle 2: Einfluß der Verschmutzung bei einem neuen Edelrid-Speleoseil

An anderen Seilen wurde selbst bei geringster Schmutzaufnahme eine Festigkeitsminderung um 10 % festgestellt. Wie die Gewichtsangaben gebrauchter Seile (Tabelle 3) zeigen, muß man in der Praxis mit noch stärker verschmutzten Seilen rechnen. Die ermittelte relative Schmutzfestigkeit (78 %) der künstlich verlehnten Probe ist daher sicher etwas zu günstig.

Seiltyp	Verwendung	Alter in Jahren	Geschmeidigkeit	Gewicht g/m		Nennreißkraft kN	gemessene Reißkraft kN	relative Reißkraft in %
				neu a)	gebraucht			
Edelrid Einfachseil	Kletterseil	4	flexibel	69	72	21,3	8,9(7,9)	43(38)
Edelrid Einfachseil	Höhlenseil	8	sehr steif	72	92	21,3	7,9(7,0)	37(33)
Edelrid Speleoseil	ein Mal gebraucht	1	steif	63	65	25,9	15,3(13,6)	59(52)
Edelrid Speleoseil	wenig gebraucht	2	steif	63	73	25,9	10,8(9,6)	42(37)
Edelrid Speleoseil	künstlich verlehmt	1	steif	63	71	25,9	12,4(11,0)	48(43)
Perlenseil DIN	vier Jahre in Kar- grabenhöhle	5	sehr steif	79	104	24,3	8,5(7,5)	35(31)

a) Herstellerangabe
b) Die in Klammern angegebenen Werte für den Spierenstich sind um 11% gegenüber der Reißkraft mit Bulinknoten reduziert.

Tabelle 3: Eigenschaften gebrauchter Seile

II.5. Festigkeitsminderung durch Alterung und Gebrauch

In Tabelle 3 werden die Eigenschaften gebrauchter Seile angegeben. Durch Vergleich der Reißkraft eines zwei Jahre alten Seils und jener einer neuen, künstlich verlehnten Probe mit etwa gleicher Lehmaufnahme läßt sich die relative Altersfestigkeit nach zwei Jahren zu 86 % bestimmen. FSE (3) gibt die

Festigkeit nach zweijähriger Bewitterung mit 70 % bei Polyamidseilen und mit 90 % bei Polyesterseilen an. Eine ungünstige Lagerung der Seile am Licht ergibt demnach eine wesentlich stärkere Alterung.

II.6. Gebrauchsfestigkeit von Kernmantelseilen aus Polyamid

Die bereits definierte Gebrauchsfestigkeit wird nun als Produkt der geringsten gemessenen relativen Festigkeiten durch Knoten (50 %), Nässe (82 %), Schmutz (78 %) und Alter (86 %) und der Nennfestigkeit aller untersuchten Perlonseile berechnet.

Gebrauchsfestigkeit $\approx 0,27 \times$ Nennfestigkeit.

Die allgemeine Gebrauchsfestigkeit sagt aus, daß die Reißkraft bei einem unbekanntem gebrauchten Seil nur etwa ein Viertel der Nennreißkraft betragen wird. Da der Seilzustand nie genau bekannt ist, sollte man allen Überlegungen die hier angegebene allgemeine Gebrauchsfestigkeit eines Seiles zugrunde legen.

Bei Polyesterseilen wird die schlechte Knotenfestigkeit durch gute Naßfestigkeit ausgeglichen. Da die Scheuerfestigkeit beim Jümarsteigen erfahrungsgemäß recht unbefriedigend ist, wird trotz der angenehm geringen Dehnung von der Verwendung von Polyesterseilen abgeraten.

Durch ausschließliche Verwendung hochfester Knoten (Bulin, Sackstichschlinge) ließe sich ein beträchtlicher Gewinn an Sicherheit ohne Mehrkosten erzielen. Eine darauf basierende höhere Gebrauchsfestigkeit anzugeben, wäre nach meinen Erfahrungen jedoch nicht angebracht.

III. Seilkräfte beim Jümarsteigen und bei Stürzen

Um die Verwendbarkeit bzw. Sicherheit der in Tabelle 3 beschriebenen Seile abschätzen zu können, wurden die Seilkräfte beim Jümarsteigen und bei kleineren Stürzen mit hohem Sturzfaktor gemessen. Stürze mit Sturzfaktor 1 (Sturzhöhe/dämpfende Seillänge) sind z. B. an ungünstigen Einstiegstellen beim Beginn des Abseilens denkbar, aber sicher nicht die Regel.

III.1. Versuchsanordnung

Das zu prüfende Seil wurde mittels Karabiner an einem Zugkraftmesser mit vier aktiven Dehnungsmeßstreifen angehängt. Die Zugkraft wurde mit einem Lichtstrahloszillographen auf UV-Papier registriert. Die Eigenfrequenz des Spulenschwingers betrug 2 kHz. Das Fallgewicht wurde von einem Seilstück umschlungen, was wie das Gurtzeug des Höhlenforschers eine gewisse Dämpfung ergibt.

Die Seillänge zwischen den Knoten betrug bei Belastung durch das Fallgewicht von 80 kg ca. 1 m. Das Fallgewicht wurde an einer Schnur entsprechend dem gewünschten Sturzfaktor hochgezogen (Abb. 2). Nach dem Durchschneiden der Schnur stürzte das Fallgewicht bei nur geringem Pendeln in das Seil.

III.2. Jümarsteigen

An dem mit 50 N vorbelasteten Seil wurde schnell und stoßweise mit der Raupenmethode gestiegen. Bei einem Körpergewicht von 73 kg wurden Spitzen-

kräfte von 2,2 kN gemessen, d. h. das Seil wurde dynamisch mit dem dreifachen Körpergewicht belastet. Abbildung 3 zeigt ein Oszillogramm vom Jümarsteigen.

III.3. Sturzversuch

Die Seile wurden trocken getestet. Ein Vorversuch mit einstündiger Wässerung ergab kaum abweichende Werte. Eine fünftägige Wässerung wurde aus Zeitgründen nicht versucht. Abbildung 4 zeigt das Oszillogramm des fünf Jahre alten Perlonseils aus Tabelle 3.

Bei den Sturzversuchen (Tabelle 4) ist *kein* Seil gerissen. Es ist also anzunehmen, daß alle untersuchten Seile noch ausreichende Sicherheitsreserven für einen solchen Sturz haben. Der Fangstoß läßt sich nicht mit der Gebrauchsfestigkeit vergleichen, da kein Zusammenhang zwischen der vorwiegend machart-

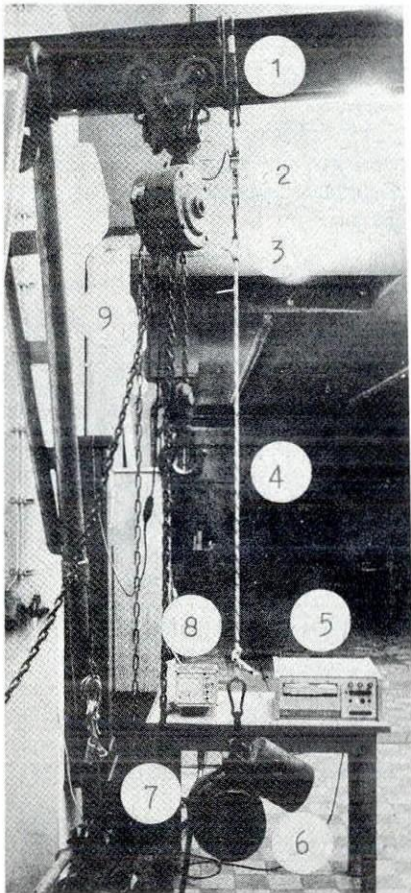


Abb. 2: Versuchsanordnung bei den Sturzversuchen. Es bedeuten: 1. Stahlseil. — 2. Zugkraftmesser 2 Mp. — 3. Karabiner. — 4. Seilprüfling. — 5. Lichtstrahloszillograph. — 6. Fallgewichte. — 7. dämpfende Seilschlinge. — 8. Meßbrückenverstärker. — 9. Flaschenzug.

bedingten dynamischen Festigkeit und der mehr faserbedingten statischen Festigkeit besteht. Zweifellos gibt ein Seil mit geringerem Fangstoß aber die größere Sicherheit. Man sollte deshalb auf den Komfort, den ein extra dehnungsarmes Seil beim Jümarsteigen gibt, zugunsten der Sicherheit verzichten.



Abb. 3: Jümarsteigen mit der Raupenmethode: Kraft-Zeit-Diagramm

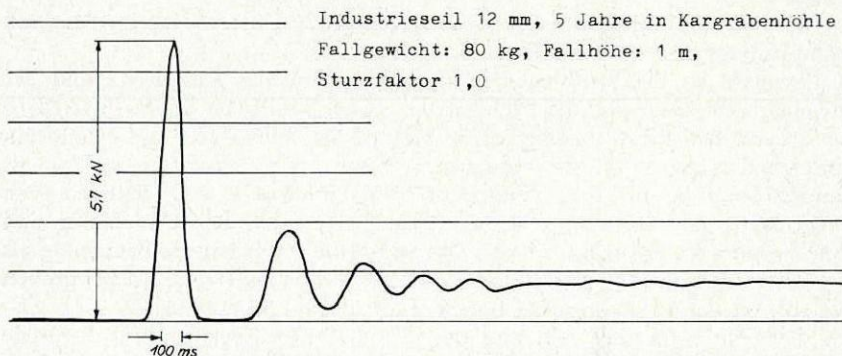


Abb. 4: Sturz in ein altes Seil: Kraft-Zeit-Diagramm

Industrieseil 12 mm, 5 Jahre in Kargrabenhöhle. Fallgewicht 80 kg, Fallhöhe 1 m, Sturzfaktor 1,0.

Seil	Fabrikat	Zustand	Sturz- faktor	1. Sturz	2. Sturz	3. Sturz
Bergseil	Edelrid	gebraucht	0,5 1,0	4,2 kN	4,4 kN	6,4 kN
Speleoseil	Mammut	neu	0,5	5,7 kN	6,2 kN	
	Edelrid	gebraucht	0,5	4,3 kN	4,8 kN	
Industrieseil + = 6. u. 7. Sturz	DIN	fünf Jahre alt	0,5	3,3 kN		
			1,0	5,7 kN	6,2 kN	
	DIN	neu	0,5	5,2 kN	5,4 kN	
			1,0		8,6 kN+	8,8 kN+

Tabelle 4: Spitzenkräfte beim Sturzversuch (Fangstoß) bei einem Fallgewicht von 80 kg und einer Fallhöhe von 1 Meter

IV. Folgerungen und Hinweise für weitere Untersuchungen

IV.1. Statische Zugversuche

Die durchgeführten Versuche zeigen, wie gering die statische Reißkraft beim Gebrauch benutzter Seile ist. Dafür wurde der Begriff der Gebrauchsfestigkeit eingeführt.

Von Bedeutung ist der Nachweis, daß man die wichtigsten festigkeitsmindernden Einflüsse, die beim Gebrauch auftreten, weitgehend in Laborversuchen mit neuen, aber geknoteten, nassen und künstlich verlehmtten Seilen meßtechnisch erfassen kann. Besondere Aufmerksamkeit muß man allerdings der künstlichen Verlehmung schenken. Wenn man zusätzlich den Einfluß der werkstoffbedingten Alterung berücksichtigt, die ja weitgehend bekannt ist, kann in relativ kurzer Zeit die zu erwartende spezifische Gebrauchsfestigkeit für ein neuentwickeltes Seil ermittelt werden.

Die für ein bestimmtes Seil spezifische Gebrauchsfestigkeit bzw. Gebrauchsreißkraft wäre für den Seilkäufer ein besseres Kriterium als die Nennreißkraft.

IV.2. Dynamische Versuche

Die durchgeführten Sturzversuche zeigen große Unterschiede im Fangstoß bei Seilen verschiedener Hersteller.

Deshalb ist die bei Bergseilen übliche Angabe des Fangstoßes und der ausgehaltenen Stürze auch bei Höhlenseilen sinnvoll und von den Seilherstellern zu fordern. Die Prüfbedingungen für Höhlenseile sollten aber die besonderen Einsatzbedingungen (Nässe, Schmutz) erfassen. Der Verfasser schlägt als Mindestforderung für einen Normsturz für Höhlenseile eine Fallhöhe von einem Meter mit Sturzfaktor 1 bei 80 kg Fallgewicht ohne Umlenkung und ohne weiteres Dämpfungsglied vor. Das wäre eine etwas härtere Bedingung als in III.1 beschrieben ist, versuchstechnisch aber nicht schwieriger. Da bei großen Fehlern, die der Höhlenforscher begeht, auch schwere Stürze möglich sind, sollten die Seile sturzsicher sein und den UIAA-Prüfbedingungen für Bergseile standhalten. Weitere Untersuchungen in dieser Richtung müssen noch durchgeführt werden.

Um die Sicherheit des Höhlenforschers zu erhöhen, muß aber parallel zur Verbesserung der Seile auch die Sturzsicherheit der übrigen Ausrüstung, wie Steigklemmen und Abseilgeräte, erreicht werden.

IV.3. Scheuerversuche

Die in früheren Jahren vom Verfasser durchgeführten Versuche zur Ermittlung der Scheuerfestigkeit sind langwierig und wenig reproduzierbar. Ähnliche Erfahrungen machte Eavis (2). Das Hauptproblem liegt in der Wahl des Steines, an dem das Seil scheuert. Da für jede Prüfung eine neue Stelle am Stein verwendet werden muß, bewähren sich natürliche Gesteine nicht. Sie sind nicht homogen genug. Einen Ausweg bieten synthetische Steine (keramische Schleifsteine), deren Kerngröße, Härte und Bindung jedoch zu normen wäre. Man erhält dann zwar reproduzierbare Werte, die aber nicht auf das Scheuern in der Höhle übertragbar sind. Neben dem Scheuern in Längsrichtung des Seils muß

auch das seitliche Scheuern, das schneller zur Mantelzerstörung führt, untersucht werden.

Durch überlegte Seilführung und Zwischenbefestigungen kann ein gefährliches Scheuern am Fels weitgehend vermieden werden, weshalb das Scheuern zu den vermeidbaren Seilbelastungen zählen sollte.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei allen Freunden für die vielen Anregungen, die meine Versuche weiterführen halfen, sowie für die vielen Seilstücke, die sie geopfert haben, bedanken. Ich weiß, wie weh es tut, wenn man von seinem guten Seil ein Stück abschneidet. Ein besonderer Dank gilt meinen Kollegen Helmut Aldinger und Tobi Bossert für ihre tatkräftige Unterstützung.

Abstract

On the Practical Tensile Strength of Ropes

Single Rope Technique Caving requires full confidence in the ropes. The ultimate tensile strength gives the impression of an absolute security of ropes.

Therefore a practical tensile strength, to be measured under realistic caving conditions is suggested and defined. The conditions: Wet and dirty ropes with Bowline knots at the ends and a temperature of 0° C. Summerising the results of many measurements for Kernmantel ropes this tensile strength is about one fourth of the ultimate tensile strength.

The knowledge of the practical tensile strength will increase the caver's security.

A second essential criterion to judge the security of a rope is the peak force acting on the rope upon the breaking of a person's fall. Possible falls which might occur with Single Rope Technique Caving have been simulated (1 m, fallfactor 1, 80 kg). The measured peak force varied widely, even for ropes of the same kind. None of the ropes separated, however. For that reason we suggest the manufactures to state the peak force of the ropes. To do so, a cavespecific standardized droptest has to be defined, for example the UIAA droptest, specified to wet and muddy caving ropes.

The aim is to use better ropes, as well as stronger abseiling and ascending devices.

Literatur:

1. *Deutscher Alpenverein: Tätigkeitsbericht 1971—1973 des Sicherheitskreises im DAV, 2. Auflage, München 1975.*
2. *Eavis, J. Andrew: The Rope in Single Rope Technique Caving. Transactions of the British Cave Research Association, Vol. 1, Nr. 4, Dezember 1974, p. 181—198.*
3. *Eavis, J. Andrew: Thermal properties of Abseiling Devices. Proceedings of the 7th International Speleological Congress, Sheffield 1977, p. 165—167.*
4. *Edelrid, Seilkunde. Broschüre des Edelrid-Werkes, Isny.*
5. *Kipp, Michael: Über die Gebrauchsfestigkeit von Seilen. Referat beim 7. Internationalen Kongress in Sheffield 1977 (unveröffentlicht).*
6. *FSE, Der Tauspezialist, Faltprospekt der Flechterei und Seilerei, Emmendingen.*
7. *Planina, Tomas: Contribution to the knowledge of Climbing Ropes wearing out. Naše jame, vol. 17, Ljubljana 1975.*

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [029](#)

Autor(en)/Author(s): Kipp Michael

Artikel/Article: [Die Gebrauchsfestigkeit von Kernmantelseilen 125-135](#)