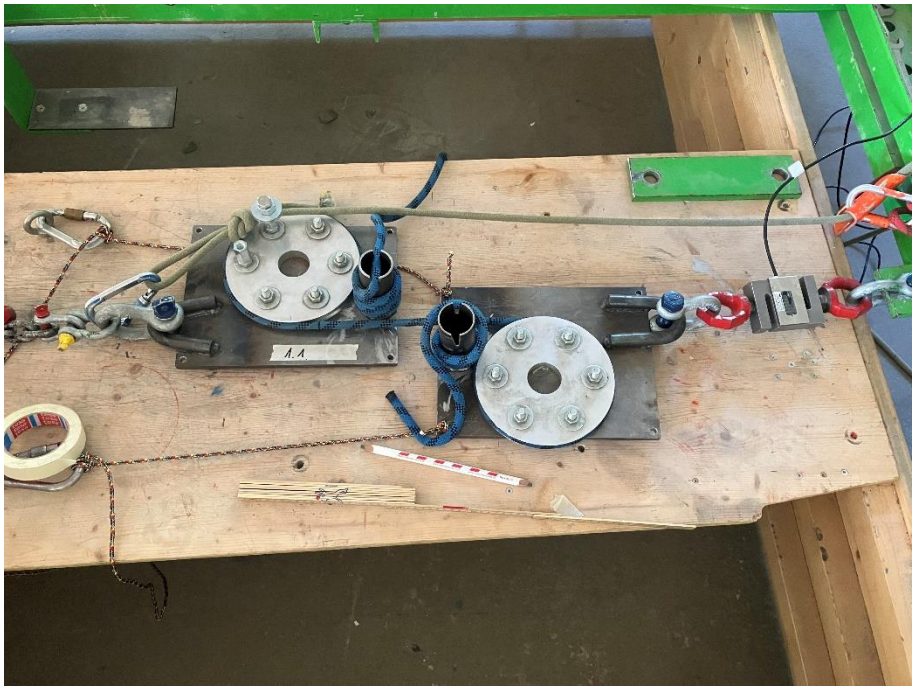
Seilzugang GmbH
HÖHENARBEIT | INDUSTRIEKLETTERN | ARBEITSSICHERHEIT
Rosenböhleli 6
CH-9050 Appenzell Meistersrüte

Dehnung / Fangstoss / Festigkeit halbstatischer Seile nach mechanischer Dauerbelastung



4.8.2022, Kubel SG, Manuel Siegl

Rosenböhleli 6
CH-9050 Appenzell Meistersrüte

Inhalt

1 Ausgangslage ... 3
2 Versuchsaufbau ... 3
3 Statische Dehnung gem. EN 1891, Ziffer 4.5 (Norm 1998) ... 3
3.1 Spitzenauffangkraft gem. EN 1891, Ziffer 4.10 (Norm 1998) ... 4
3.2 Bruchfestigkeit ... 4
4 Seiltypen ... 5
5 Ergebnisse ... 5
5.1 Statische Dehnung gem. EN 1891, Ziffer 4.5 (Norm 1998) ... 5
5.2 Spitzenauffangkraft gem. EN 1891, Ziffer 4.10 (Norm 1998) ... 5
5.3 Bruchfestigkeit ... 5
5.3.1 Bruchfestigkeit ohne Endverbindung ... 6
5.3.2 Bruchfestigkeit mit Endverbindung – 8er Knoten ... 7
6 Interpretation der Ergebnisse ... 7
7 Schlussfolgerungen ... 8

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsaufbau - Bruchkraft ohne Endverbindung ... 4
Abbildung 2: Versuchsaufbau - Bruchkraft mit Endverbindung ... 4
Abbildung 3: Versagen des Seils bei Zugversuch ohne Endverbindung ... 6
Abbildung 4: Bruchfestigkeit ohne Endverbindung - Kraft / Zeit Diagramm ... 6
Abbildung 5: Bruchfestigkeit mit Endverbindung - Kraft / Zeit Diagramm ... 7

Rosenböhleli 6
CH-9050 Appenzell Meistersrüte

1 Ausgangslage

Die im AZ Kubel während 8 Jahren installierten Lifelines, wurden aufgrund der maximal zulässigen Verwendungsdauer altershalber ersetzt. Diese horizontal installierten Seile dienten als Absturzsicherung im Rahmen der PSAgA und erfuhren keine Sturzbelastung.
Während der gesamten Installation waren die Seile mit einer permanenten Vorspannung beaufschlagt. Diese genau zu beziffern ist kaum möglich – die gemittelte Vorspannung lag im Bereich von 150 kg.

Nach der Wirkdauer von 8 Jahre mit konstanter Vorspannung gilt es nun das mechanische Verhalten der Seile zu ermitteln. Dafür wurde in Anlehnung an die EN 1891 sowohl die Dehnung, als auch die Spitzenauffangkraft ermittelt.
Des Weiteren sollen Hinweise über das aktuelle vorhandene Festigkeitsniveau des Seils gewonnen werden.

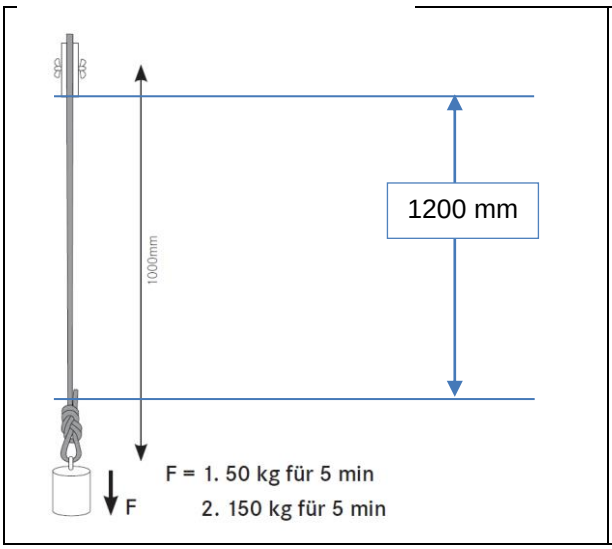
Die Versuche wurden im Ausbildungszentrum „Kubel“ des Schweizer Bergführerverbandes durchgeführt.

2 Versuchsaufbau

Zwei Versuche sollen Aufschluss über die Dehnungseigenschaften der verwendeten Seiltypen geben.

- Ermittlung statischer Dehnung in Anlehnung an EN 1891
- Ermittlung der Spitzenauffangkraft bei Sturzfaktor 0.3 in Anlehnung an EN 1891

3 Statische Dehnung gem. EN 1891, Ziffer 4.5 (Norm 1998)

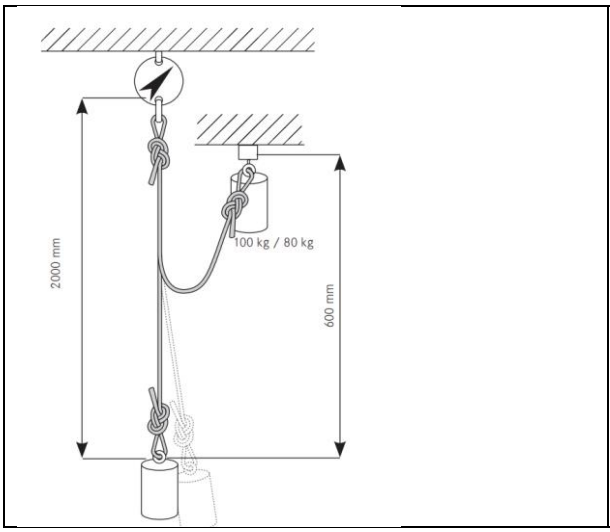


- Seillänge zwischen Klemmplatte und Achterknoten betrug 1200 mm
- Nach Ablauf der 5 min bei 50 kg Belastung wurde innerhalb dieser Strecke die 1000 mm lange Messstrecke aufgetragen.
- Nach weiteren 5 min bei 150 kg Belastung wurde die Längenänderung der Messstrecke ermittelt
- Maximal zulässige Dehnung: **5%**.

Rosenböhleli 6
CH-9050 Appenzell Meistersrüte

3.1 Spitzenauffangkraft gem. EN 1891, Ziffer 4.10 (Norm 1998)

In einem zweiten Versuch sind auf einer hydraulischen Horizontal-Zugmaschine, zwischen 0.5 und 6 kN, die Dehnungswerte ermittelt worden.



Seillänge 2000 mm bei 100 kg Vorspannung

- Aus der mit 100 kg vorgespannter Situation wird das Gewicht um 600 mm angehoben
- Resultierender Sturzfaktor: 0.3
- Masse wird fallengelassen
- Maximal zulässiger Fangstoss: **6.0 kN**

3.2 Bruchfestigkeit

Auf einer Horizontal Zugmaschine soll die Bruchfestigkeit bzw. die Restfestigkeit des Seils ermittelt werden. Dabei sind zwei Konstellationen von Interesse:

- Bruchkraft ohne Knoten / Endverbindung
- Bruchkraft mit 8er - Knoten / Endverbindung

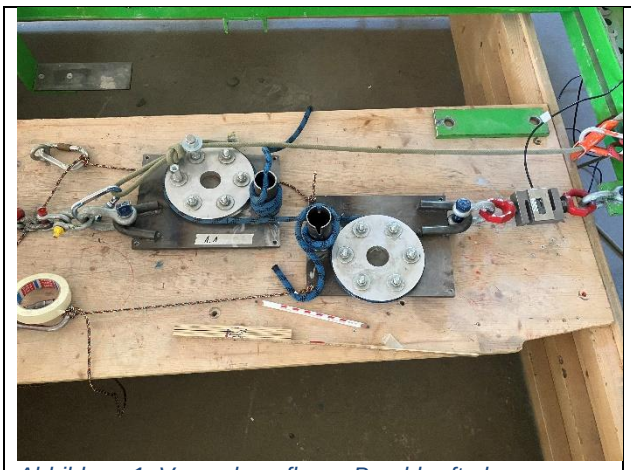


Abbildung 1: Versuchsaufbau - Bruchkraft ohne Endverbindung

Abbildung 2: Versuchsaufbau - Bruchkraft mit Endverbindung

Rosenböhleli 6
CH-9050 Appenzell Meistersrüte

4 Seiltypen

Alle getesteten Seiltypen liegt der Kern / Mantel Aufbau zu Grunde. Der Mantelanteil liegt bei allen Seilen zwischen 20 und 30%.

Hersteller	Typ	Norm	Durchmesser	Alter	Gebrauch
Edelrid	Performance 12.0 mm	En 1891	12.0	10 Jahre	8 Jahre - Konstante Vorspannung

5 Ergebnisse

5.1 Statische Dehnung gem. EN 1891, Ziffer 4.5 (Norm 1998)

Die statische Dehnung eines EN 1891 zertifizierten, halbstatischen Seils, darf 5% nicht überschreiten.

Hersteller	Typ	Norm	Lagerung nach Belastung	∅	Längenänderung	Dehnung
Edelrid	Performance 12.0 mm	EN 1891	0.2 h	12.0	29 mm	2.9 %
Edelrid	Performance 12.0 mm	EN 1891	24 h	12.0	30 mm	3.0 %

Der ermittelte Dehnungswert liegt exakt bei der vom Hersteller ausgewiesen Angabe von 3%. Die Dehnungseigenschaften des Seils wurden trotz der langen Krafteinwirkung nicht oder nur marginal beeinflusst.

5.2 Spitzenauffangkraft gem. EN 1891, Ziffer 4.10 (Norm 1998)

Die Spitzenauffangkraft (Fangstoss) bei einem Sturzfaktor von 0.3 darf 6 kN nicht überschreiten.

Hersteller	Typ	Norm	Lagerung nach Belastung	∅	Sturzfaktor	Fangstoss
Edelrid	Performance 12.0 mm	EN 1891	0.2 h	12.0	0.3	5.1 kN
Edelrid	Performance 12.0 mm	EN 1891	24 h	12.0	0.3	5.1 kN

Erwartungsgemäss liegt somit auch der Fangstoss im zulässigen Bereich von < 6 kN.

5.3 Bruchfestigkeit

Die Veränderung der Bruchfestigkeit nach einer Dauerlastsituation von 8 Jahren, liefert Hinweise über die Wiederverwendung von Seilen welche über längere Zeit einer Vorbelastung von ca. 150 kg ausgesetzt waren.

	Angaben Hersteller	Nach 8 Jahren Vorspannung
Bruchfestigkeit ohne Knoten	38 kN	38 kN
Bruchfestigkeit mit 8er Knoten	25 kN	26 kN

Die Festigkeits- bzw. Bruchfestigkeitseigenschaften erfahren aufgrund der Langzeit Vorspannung keinerlei Beeinflussung.

Das nachfolgende Bild zeigt das Versagen des Seils beim Zugversuch ohne Knoten / Endverbindung. Das Seil ist als Kernmantelseil aufgebaut. Aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus des Kerns und des Mantels, in Bezug auf die Art der Flechtung, versagte beim Zugversuch nur der Kern. Das heisst der Kern ist gerissen, der Mantel blieb intakt. Der Mantel konnte aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus, die Dehnung vollumfänglich mitmachen ohne dass er dabei zerstört wurde.

Abbildung 3: Versagen des Seils bei Zugversuch ohne Endverbindung

Aus den nachfolgenden zwei Kraftdiagrammen, kann der entsprechende Bruchkraftwert herausgelesen werden.

5.3.1 Bruchfestigkeit ohne Endverbindung

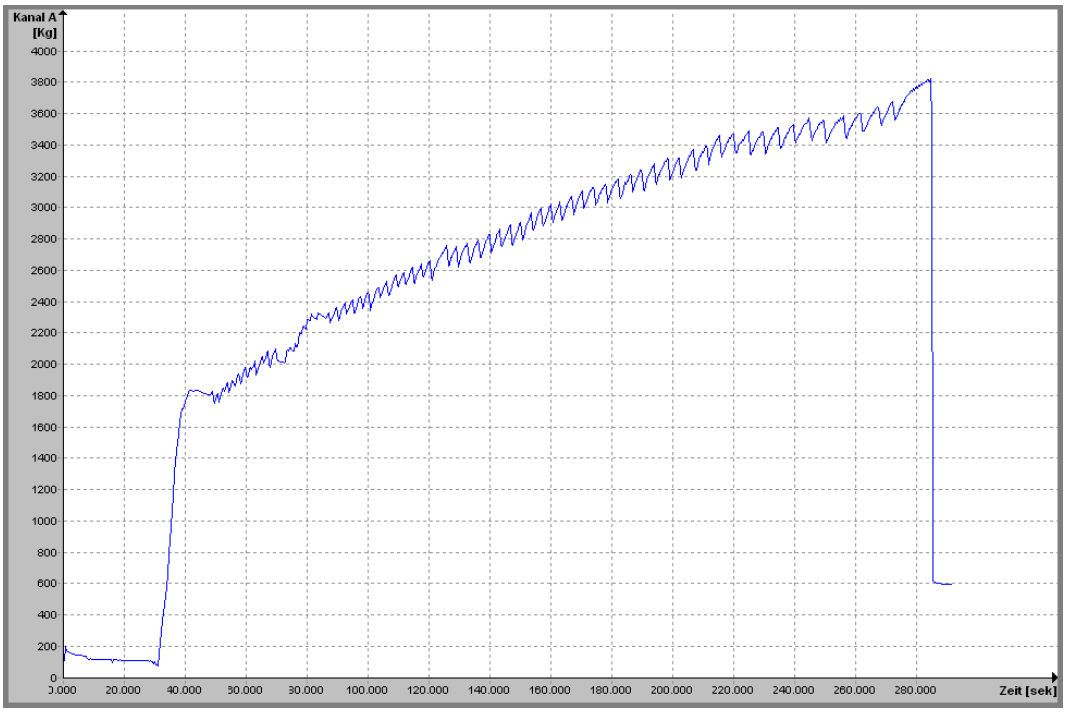


Abbildung 4: Bruchfestigkeit ohne Endverbindung - Kraft / Zeit Diagramm

5.3.2 Bruchfestigkeit mit Endverbindung – 8er Knoten

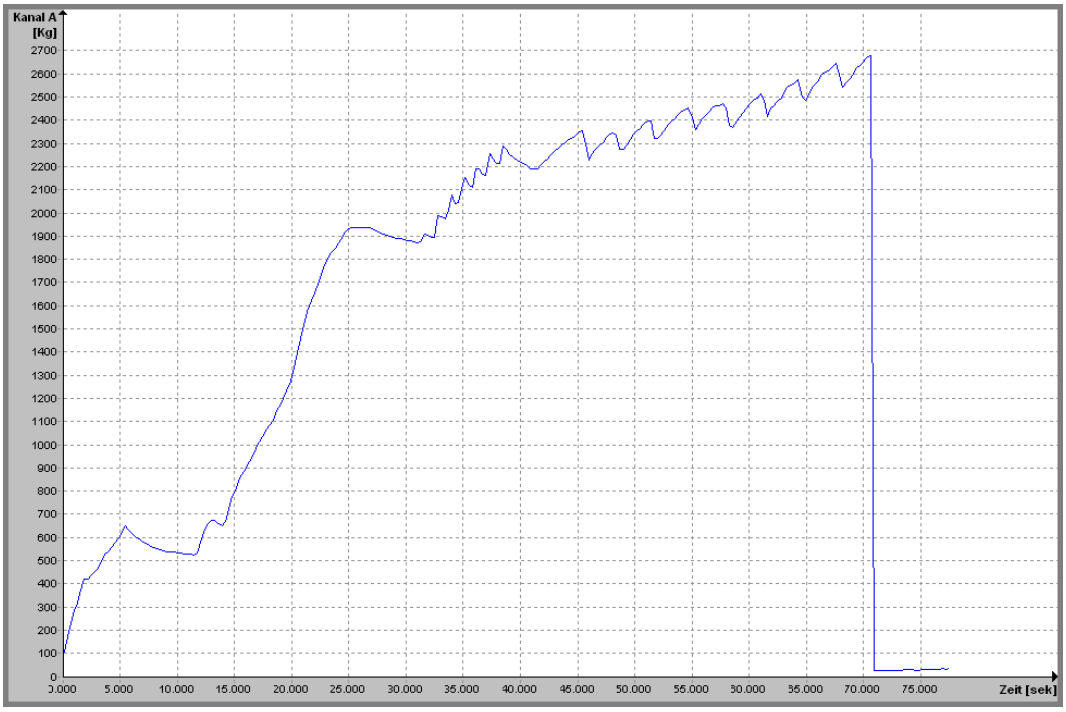


Abbildung 5: Bruchfestigkeit mit Endverbindung - Kraft / Zeit Diagramm

6 Interpretation der Ergebnisse

- Über lange Zeit, konstant wirkende Vorspannungskräfte im Bereich von ca 1.5 kN wirken sich kaum auf das mechanische Verhalten der Seile aus.
- Keine oder nur marginale Veränderungen im polymeren System aufgrund der Langzeit – Krafteinwirkung.
- Keine Relaxations- bzw. Ermüdungseffekte erkennbar
- Tendenziell hat die Geschmeidigkeit der Seile abgenommen.
- Die vom Hersteller limitierte Verwendungsdauer von 10 Jahren, kann problemlos verlängert werden, so lange keine Schub- und Walkkräfte auf das Seilsystem einwirken.
- Schub- und Walkkräfte werden durch Abseilbewegungen verursacht. Die Einwirkung dieser bewirkt einen signifikanten Festigkeitsabfall. Dieser zu quantifizieren wird zu einem späteren Zeitpunkt untersucht.

Rosenböhleli 6
CH-9050 Appenzell Meistersrüte

7 Schlussfolgerungen

- Keine plastischen Verformungen im Seilsystem erkennbar, während einer Belastungsdauer von 10 Jahren und Vorspannung von ca. 150 kg.
- ’’Normale’’ Arbeitsbelastungen, im Bereich bis 150 kg, wirken sich auch bei langen Arbeitseinsätzen nicht auf die mechanische Performace des Seils aus.
- Dauerlastbereich von ca. 150 kg ohne Einfluss auf das mechanische Verhalten des Seils.
- Stark belastete Seile, im Lastbereich von >150 - <600 kg, z.B. aus Tyroliennes, können nach einer Ruhezeit über ein paar Tage wieder eingesetzt werden (viskoelastische Erholung). Siehe dazu Versuche «Dehnung Halbstatische Seile»
- Eine Beanspruchung über 6 kN für eine längere Zeit kann zu Materialermüdungen und plastischen Verformungen führen, welche die Festigkeit des Seils erheblich reduzieren können.