Messbericht Manipulierseile

Zugversuch zur Bestimmung der Dehnung und Zugfestigkeit

Version:
1.0

Datum:
19.11.2017

Autor:
Christof Baeriswyl

Management Summary:
Der vorliegende Messbericht wurde anlässlich des ersten Planungsweekends von Outdoorsolutions im Herbst 2017 realisiert. Verschiedene, gealterte Manipulierseile wurden in einem Zugversuch auf ihre Zugfestigkeit und Dehnung geprüft. Dabei wurden Zugfestigkeiten zwischen 1130daN und 1700daN festgestellt. Die Dehnung bei 100daN zu 200daN beträgt zwischen 2% und 6% - es handelt sich bei den getesteten grünen Manipulierseile um statische Seile, während die getesteten violetten Manipulierseile dynamische Seile sind.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Messaufgabe	2
3	Messobjekte	3
4	Messaufbau	4
	4.1 Schematische Darstellung	4
	4.2 Messprozedur	4
	4.3 Fotos vom Messaufbau	5
	4.4 Umgebungsbedingungen	7
5	Messmittelliste	7
6	Normen	8
	6.1 Relevante Normwerte	8
	6.2 Unterschiede zum Zugversuch gemäss EN 1891:1998 und EN 364:1992	8
7	Messresultate	9
	7.1 Dehnung	9
	7.2 Zugfestigkeit	10
	7.3 Diagramme	11
8	Interpretation der Messresultate	12
9	Schlussbemerkung und Forderungen	12

1 Einleitung

Der vorliegende Messbericht wurde anlässlich des ersten Planungsweekends von Outdoorsolutions im Herbst 2017 realisiert. Er vergleicht verschiedene, gealterte sogenannte Manipulierseile, wie sie von Jugend+Sport-Lagern der Nutzergruppe 3 (Lagersport/Trekking) im Prozess einer Leihmaterialbestellung ausgeliehen werden können. Der Messbericht geht auf die typischen Merkmale von Seilen ein:

Die *Dehnung* des Seiles in Zugrichtung bei einer definierten Kraftzunahme gibt Ausschluss darüber, ob es sich bei den Kernmantelseilen um den Grundtypus statische oder dynamische Seile handelt. Die Einteilung erfolgt gemäss EN 1891:1998 (statische Seil).

Die *Zugfestigkeit* ermöglicht eine Beurteilung des Materialzustandes und der Materialermüdung. Sämtliche getesteten Manipulierseile weisen ein Alter von über 10 Jahren auf. Seile dieses Alters sollen gemäss Seilherstellers aussortiert werden; die Gefahr eines Seilrisses steigt.

Die *Interpretation der Messresultate* beurteilt die gemessen Seile anhand der EN 1998 und liefert Forderungen für die Praxis.

2 Messaufgabe

Messung der Dehnung und Zugfestigkeit von diversen Manipulierseilen anhand eines Zugversuches. Interpretation der Messresultate anhand der gültigen Normen.

3 Messobjekte

Bezeichnung	Foto
Seil 1 Alter unklar, älter 10 Jahre	
Seil 2 Alter unklar, älter 10 Jahre	
Seil 3 Alter unklar, älter 10 Jahre	
Seil 4 Alter unklar, älter 10 Jahre	
Seil 5 Alter unklar, älter 10 Jahre	
Seil 6 Alter 2016, kein J+S-Seil (kein Manipulierseil)	
Seil 7 Alter unklar, älter 10 Jahre	

4 Messaufbau

4.1 Schematische Darstellung

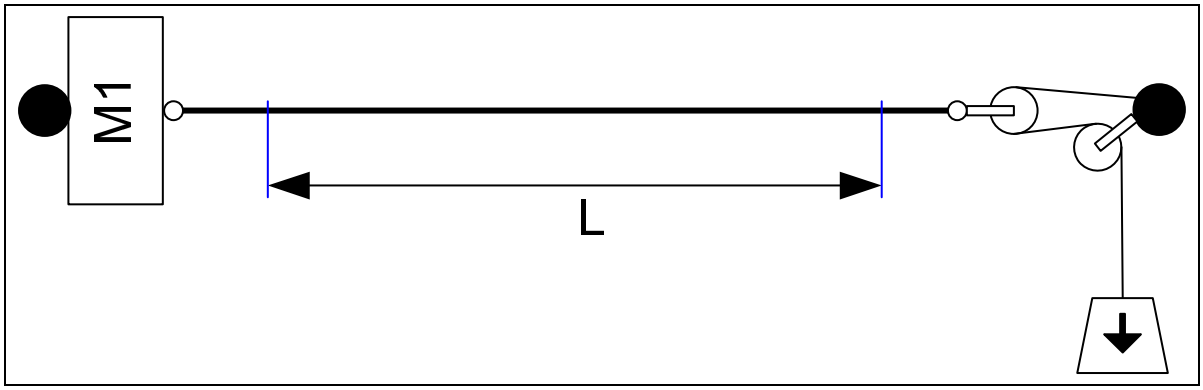

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Messaufbaus

Abbildung 1 zeigt den Messaufbau schematisch. Das Kraftmessgerät M1 wird einseitig fixiert. Die Seilprobe wird einseitig mit einem Achterknoten (Endacht) am anderen Ende des Messgerätes angebracht. Zwei Markierungen, im Schema blau ersichtlich, dienen zur Längenmessung. Die Seilprobe wird am anderen Ende ebenfalls mit einem Achterknoten an der Zugvorrichtung montiert. Die Zugvorrichtung besteht aus einem Drahtseil, das fix montiert und einfach umgelenkt wird (Kräfteverhältnis 1:2) und anschliessend ein zweites Mal umgelenkt wird, sodass für die Testpersonen keine Gefahr entsteht bei einem Seilriss.

4.2 Messprozedur

4.2.1 Dehnung

1. Erstes Ende des Seiles mit einem Achterknoten am Kraftmessgerät befestigen.
2. Zweites Ende des Seiles mit einem Achterknoten am Schäkel der Zugvorrichtung befestigen.
3. Jeweils 30cm entfernt vom Achterknoten eine Markierung machen.
4. Seil mit einer Zugkraft von 100daN in Längsrichtung belasten.
5. Länge L1 messen zwischen den beiden Markierungen.
6. 30 Sekunden warten.
7. Seil mit einer Zugkraft von zusätzlich +100daN in Längsrichtung belasten.
8. Länge L2 messen zwischen den beiden Markierungen.

4.2.2 Zugfestigkeit

1. Seil befestigen gemäss 4.2.1
2. Seil mit einer Kraftzunahme von 100daN/min belasten, bis eine Zugkraft von 800daN erreicht ist.
3. Seil mit einer Kraftzunahme von 300daN/min belasten bis zum Seilriss.
4. Höchstzugkraft notieren.

4.3 Fotos vom Messaufbau

Abbildung 2: Befestigung des Messobjektes (grünes Seil) durch einen Achterknoten an dem Kraftmessgerät. Dieses ist mit einem Rundschlinge an einem Baum fixiert. Die Länge des Seiles wird durch ein Messband gemessen; eine Markierung dient als Referenz.

Abbildung 3: Befestigung des Messobjektes (grünes Seil) durch einen Achterknoten an der Zugvorrichtung. Das violette Seil dient als Fangleine bei der Zugfestigkeitsprobe. Die Länge des Seiles wird durch ein Messband gemessen; eine Markierung dient als Referenz.

Abbildung 4: Befestigung und Umlenkung der Zugvorrichtung.

Abbildung 5: Der Drahtseilzug ist mit einer Rundschlinge an einem Baum fixiert.

4.4 Umgebungsbedingungen

Umgebungstemperatur:	4˚C
Regen:	0.5mm/h
Rel. Luftfeuchtigkeit:	71%
Luftdruck:	964.2 mbar
Wind (Durchschnitt):	3km/h
Wind (Böen):	7km/h

5 Messmittelliste

Bez.	Bezeichnung	Seriennummer
M1	PCE-CS 3000HD CRANE SCALE, MAX 3000kg	OT01

6 Normen

Folgende Normen kommen im Messbericht zur Geltung:

- EN 364:1992 Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz – Prüfverfahren
- EN 1891:1998 Persönliche Schutzausrüstung zur Verhinderung von Abstürzen – Kernmantelseile mit geringer Dehnung

6.1 Relevante Normwerte

Norm	Bezeichnung	Wert
EN 1891:1998	Static strength with termination (4.12.2), sustain for a period of 3 minutes	15kN (Typ A) * 12kN (Typ B)
EN 1891:1998	Elongation, maximal (4.5)	5%

* TYP A gemäss 3.4 der EN 1891:1998: *Low stretch kernmantel ropes designed for general use by persons in rope access including all kinds of work positioning and restraint; in rescue and in speleology.*
TYP B gemäss 3.5 der EN 1891:1998: *Low stretch kernmantel ropes of a lower performance than type A ropes, requiring greater care in use.*

6.2 Unterschiede zum Zugversuch gemäss EN 1891:1998 und EN 364:1992

6.2.1 Dehnung

Die *Dehnung* wird gemäss 5.6.2.2 in der EN 1891:1998 mit einer Masse von 50kg belastet und nach 5 Minuten wird die Referenzlänge ermittelt. Danach wird die Masse um weitere 100kg erhöht und die Länge erneut gemessen.
In unserem Zugversuch haben wir eine Zugkraft von 100daN angelegt und für ca. 30 Sekunden belassen. Danach haben wir die Zugkraft um 100daN erhöht und die Länge erneut gemessen.

6.2.2 Zugfestigkeit

Die Ausdehnungsgeschwindigkeit soll gemäss 4.1.2.2 der EN 364:1992 zwischen 50mm/min und 150mm/min betragen für Teststücke zwischen 1.0m und 2.0m. Die Ausdehnungsgeschwindigkeit für längere Teststücke soll proportional erhöht werden. Gemäss 5.10.2.1 der EN 1891:1998 soll die Länge des Teststückes minimal 3.0m betragen.
In unserem Zugversuch haben wir Teststücke der Längen 5.02 bis 11.42m verwendet. Gemäss Norm wären dadurch für die Länge 5.02m eine Ausdehnungsgeschwindigkeit zwischen 250mm/min und 375mm/min erforderlich. Für die Länge 11.42m ergibt sich eine Ausdehnungsgeschwindigkeit zwischen 571mm/min und 856mm/min.

In unserem Zugversuch haben wir die Ausdehnungsgeschwindigkeit nicht separat überprüft oder gemessen. Die Kraftzunahme bis zu einer Vorspannung von 800daN war ungefähr 100daN/min, was bei Seil 2 mit der Länge 11.42m zu einer Ausdehnunggeschwindigkeit von 370mm/min führt. Die Ausdehnungsgeschwindigkeit war damit langsamer als gefordert in der EN 364:1992.
Ab einer Vorspannung von 800daN war die Kraftzunahme ungefähr 300daN/min, was zu einer Ausdehnungsgeschwindigkeit von 1110m/min führt, was schneller ist als gefordert in der EN 364:1992.

7 Messresultate

7.1 Dehnung

7.1.1 Messwerte

Seil 1

Kraft [kg]	Länge [m]
110	9.75
200	9.95
300	10.15
400	10.35
524	10.52
665	10.65
780	10.8

Seil 2

Kraft [kg]	Länge [m]
100	11.79
200	12.16
397	12.48
370	12.7
505	13.04
605	13.23
812	13.55

Seil 3

Kraft [kg]	Länge [m]
96	11.57
196	12.25
293	12.73
765	14.42

Seil 4

Kraft [kg]	Länge [m]
96	9.64
220	10.27
290	10.48
380	10.79
500	11.09
580	11.33
750	11.68

Seil 5

Kraft [kg]	Länge [m]
118	5.22
200	5.42
309	5.65
507	6
692	6.23
795	6.29

Seil 6

Kraft [kg]	Länge [m]
92	10.05
200	10.23
390	10.54
485	10.68
600	

7.1.2 Berechnete Dehnung

Die Dehnung wird gemäss 5.6.2.2 in der EN 1891:1998 bei einer Erhöhung der Masse von 100kg bestimmt. Wie bei den Messresultaten ersichtlich, konnten wir die Seilproben aufgrund der Einstellgenauigkeit des Seilzuggerätes nicht mit exakten Differenzen von 98.1daN belasten. Aufgrund dessen wird unter Annahme von Linearität (Hookesches Gesetz) anhand der ersten beiden Messpunkte (ca. 100daN und ca. 200daN) eine Inter- bzw. Extrapolation der Länge durchgeführt. Dieser berechnete Wert ist in der nachfolgenden Tabelle **rot** eingetragen. Alle anderen Werte sind für die Bestimmung der Dehnung gemäss EN 1891:1998 nicht relevant.

Seil 1

Kraft [daN]	Dehnung [%]
107.91	0.00
196.20	2.05
206.01	2.28
294.30	4.10
392.40	6.15
514.04	7.90
652.37	9.23
765.18	10.77

Seil 2

Kraft [daN]	Dehnung [%]
98.10	0.00
196.20	3.14
196.20	3.14
291.36	5.85
362.97	7.72
495.41	10.60
593.51	12.21
796.57	14.93

Seil 3

Kraft [daN]	Dehnung [%]
94.18	0.00
192.28	5.88
192.28	5.88
287.43	10.03
750.47	24.63

Seil 4	
Kraft [daN]	**Dehnung [%]**
94.18	0.00
215.82	6.54
192.28	5.27
284.49	8.71
372.78	11.93
490.50	15.04
568.98	17.53
735.75	21.16

Seil 5	
Kraft [daN]	**Dehnung [%]**
115.76	0.00
196.20	3.83
213.86	4.80
303.13	8.24
497.37	14.94
678.85	19.35
779.90	20.50

Seil 6	
Kraft [daN]	**Dehnung [%]**
90.25	0.00
196.20	1.79
188.35	1.66
382.59	4.88
475.79	6.27

Eine Zusammenfassung der berechneten Dehnung liefert nachfolgende Tabelle:

Seil	Dehnung bei Δ98.1daN
Seil 1	2.28
Seil 2	3.14
Seil 3	5.88
Seil 4	5.27
Seil 5	4.80
Seil 6	1.66

7.2 Zugfestigkeit

7.2.1 Messwerte

Seil	Zugfestigkeit [daN]
Seil 1	1275.30
Seil 2	1353.78
Seil 3	1137.96
Seil 4	1569.60
Seil 5	1471.50
Seil 6	588.60
Seil 7	1667.70

7.3 Diagramme

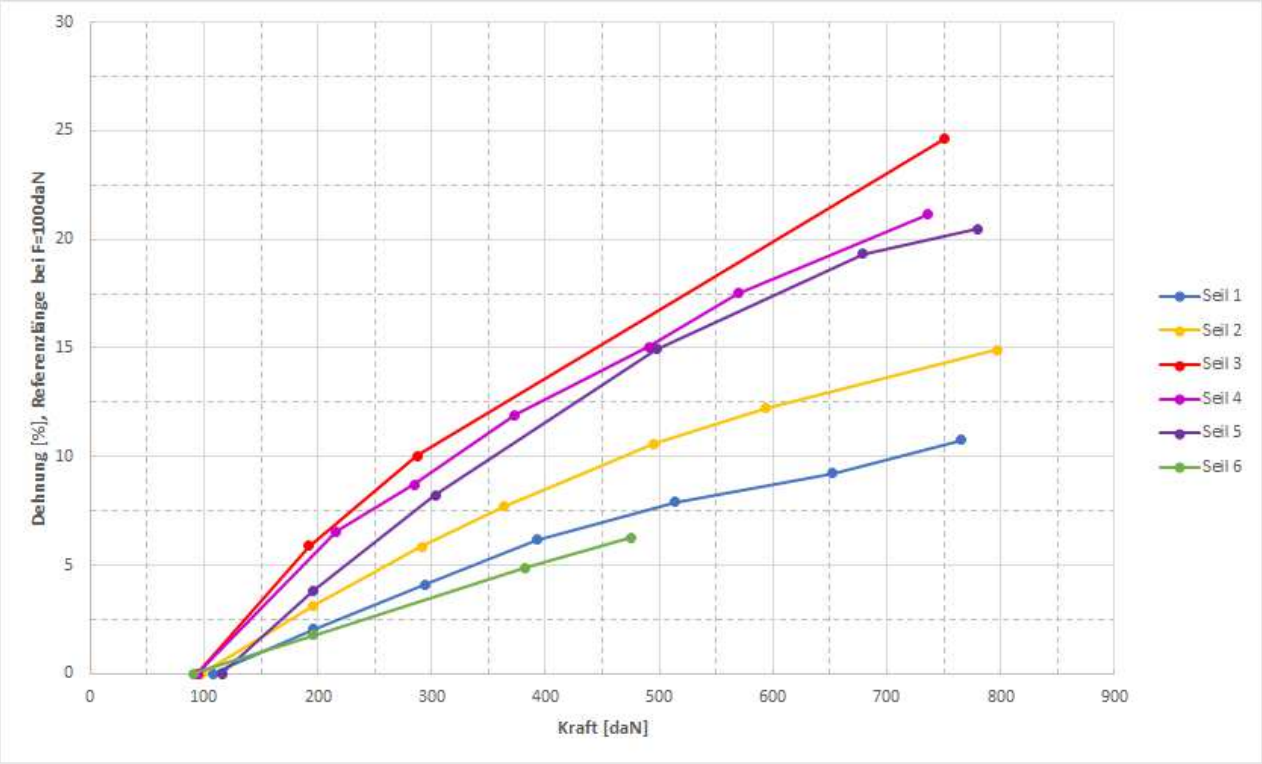

Abbildung 6: Dehnung als Funktion der Zugkraft. Als Referenzlänge wurde jeweils der erste Messpunkt pro Seilprobe definiert (Zugkraft ungefähr 100daN).

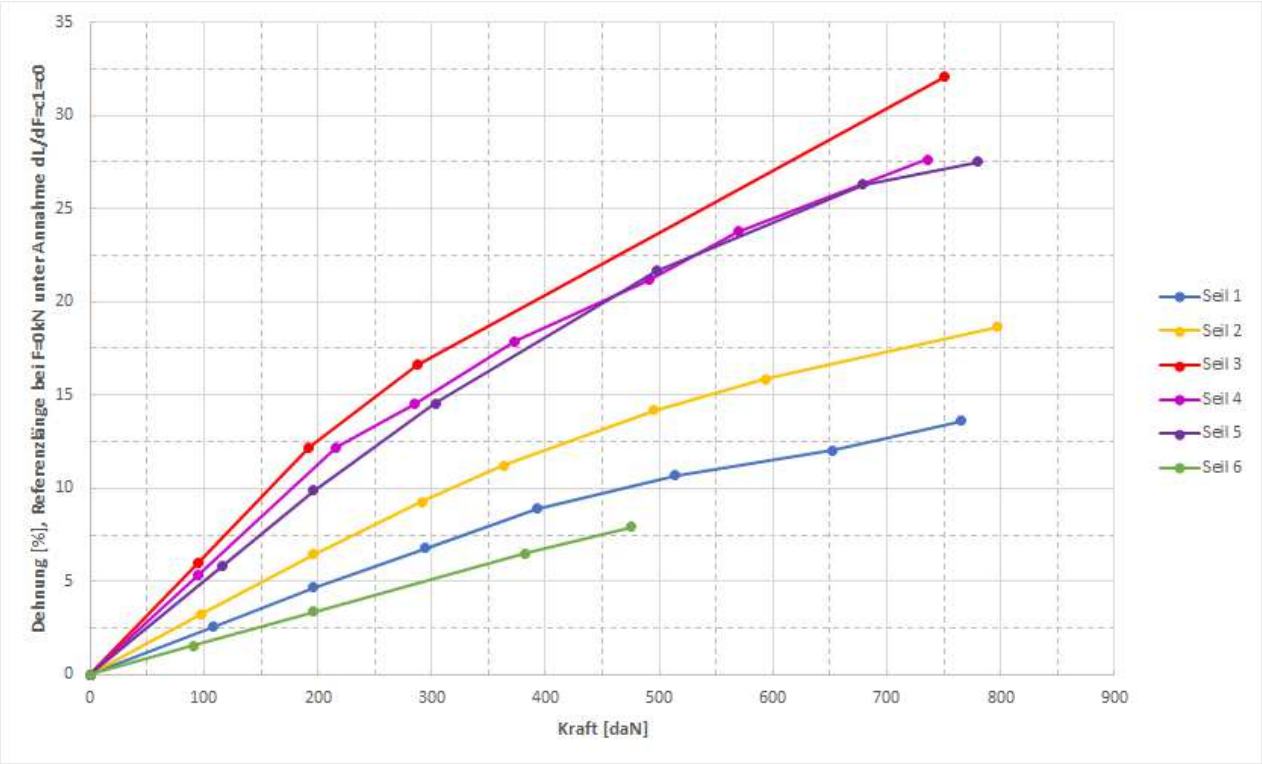

Abbildung 7: Dehnung als Funktion der Zugkraft. Als Referenzlänge wurde unter der Annahme von Linearität (Hookesches Gesetz) anhand der ersten beiden Messpunkte eine Extrapolation der totalen Länge L0 bei einer Kraft von 0 Newton durchgeführt.

8 Interpretation der Messresultate

Die berechnete *Dehnung* der Manipulierseile bei einer Kraftzunahme von 98.1daN beträgt zwischen 2.3% und 5.9%. Gemäss EN 1891:1998 muss ein statisches Seil bei der genannten Kraftzunahme eine Dehnung von maximal 5% aufweisen. Sämtliche grünen Manipulierseile weisen Werte deutlich geringer als 5% auf (2.3% für Seil 1 und 3.1% für Seil 2). Die violetten Seile 3 und 4 weisen Werte grösser 5% auf (5.9% für Seil 3 und 5.3% für Seil 4). Das violette Seil 5 weist eine Dehnung von 4.8% auf. Anhand der sichtbaren Kurvenscharen in Abbildung 6 und 7 lässt sich anhand der Dehnung bei grösseren Kräften erkennen, dass es sich auch Seil 5 um ein dynamisches Seil handelt. Die fehlenden 0.2% Dehnung zur Kategorisierung als dynamisches Seil lassen sich als Messfehler erklären.

Die *Zugfestigkeit* der Manipulierseile ist trotz Alterung immer noch erstaunlich hoch. Sämtliche Seile weisen Zugfestigkeiten höher 1100daN auf. Die Seile 4, 5 und 7 dürften nach Einschätzung des Autors den normierten Test für Seiltyp B bestehen (12kN für 3 Minuten, 4.12.2 nach 1891:1998).

Das *Seil 6* (türkis) ist kein Manipulierseil und wurde im Zugversuch als zusätzlicher Proband mitgetestet. Es erfüllt die EN 1891 nicht (Seilriss bei 600daN) und darf daher nicht als persönliche Schutzausrüstung verwendet werden. Ebenfalls ist von einem Gebrauch bei Lagerbauten abzuraten: Bei einem Sicherheitsfaktor 4 darf das Seil lediglich mit 150daN belastet werden. Eine solche Kraft kann durch Vorspannen mit einem Fuhrmanns- oder Mercedesknoten durch zwei Personen problemlos erreicht werden. Das Seil ist erst einjährig (angeschafft 2016) und die Alterung wird die Belastungsgrenze weiter senken.

9 Schlussbemerkung und Forderungen

Anhand der Messresultate kommt der Autor zu folgendem Schluss:

1. Bei den grünen Manipulierseilen handelt es sich um alte Statikseile, während die violetten Manipulierseile alte dynamische Bergseile sind.
2. Grüne Manipulierseile sind aufgrund der geringen Dehnung gut geeignet im Lagerbau für nicht-kritische Abspannungen wie Blachen und ähnliches.
3. Die Belastung der Seile soll 300kg nicht überschreiten (Sicherheitsfaktor 4).
4. Das Seil 6 ist unverzüglich auszusortieren.

Ort, Datum: Düdingen, 05.12.2017

Unterschrift: C. Baeriswyl