



Pfadibewegung Schweiz
Mouvement Scout de Suisse
Movimento Scout Svizzero
Moviment Battasendas Svizra

Gilwell Ticket 2021

Entscheidungsempfehlung für die Weiterverwendung beschädigter Hanfseile

Michae I Kahler v/o Cocco & Lukas Schlagenhauf v/o Nimbus



Betreuung:
David Walker v/o Axel
Matthias Rothmayr v/o Piccolo

Pfadibewegung Schweiz
Februar 2022

Pfadibewegung Schweiz (PBS)
Speichergasse 31
CH-3011 Bern

+41 31 328 05 45
info@pbs.ch

1. Zusammenfassung

Hanfseile werden in vielen Abteilungen für diverse Aktivitäten gebraucht. Prinzipiell dürfen Hanfseile aber nicht für Sicherheitsrelevante Aktivitäten genutzt werden (z.B. Abseilen, Seilbrücke, etc.). Für den Pionierbau bieten Hanfseile aber trotzdem noch eine gute Alternative zu den Statik- oder Manipulierseilen. Die Literatur und das Internet liefert viele Informationen über Kunststoffseile, aber sehr wenige über die Abnutzung von Hanfseilen.

Dieses Ticket beschäftigte sich mit der Verschlechterung der Reißfestigkeit von alten Hanfseilen und über den Einfluss von Schäden am Seil. Dafür wurden Zugversuche mit einem älteren Seil durchgeführt, welches mehrere beschädigte Stellen aufwies. Die Ergebnisse zeigten, dass das Seil durch Vermoderung über die Zeit massiv an Zugfestigkeit (Zugfestigkeit = Reißfestigkeit) eingebüsst hat und die Schäden nur noch eine minime Rolle spielten. Soll ein Hanfseil für Pionierbauten verwendet werden, sollte darauf geachtet werden, dass dieses periodisch ausgetauscht oder geprüft wird und nicht über zu viele Jahre verwendet werden.

Beschädigte oder alte Seile sollte man nur noch für nicht-tragende Elemente nutzen. Zum Beispiel könnte man damit die Blachen eines Sarasani abspannen, oder eine Wäscheleine spannen. Für die Abspannung des Baumstamms sollten aber neue Hanfseile oder Kunststoffseile verwendet werden .

*Disclaimer: Alle Auswertungen und Resultate können nicht als Standard oder Sicherheitskonzept angesehen werden. Alle getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die im Laufe dieses Tickets gemachten Versuche und sind nur **EMPFEHLUNGEN** von uns.*

2. Danksagung

Unser grösster Dank gilt sicherlich dem gesamten Leitungsteam des Gilwellkurses für den unvergesslichen Kurs in Mazzorbetto. Besonders Bedanken möchten wir uns ausserdem bei David Walker v/o Axel und Matthias Rothmayr v/o Piccolo für ihre Hilfsbereitschaft während der Realisation dieses Tickets.

Zusätzlichen Dank verdienen ausserdem Dr. Jörg Heingärtner und Prof. Dr. Dirk Mohr der ETH Zürich bzw. von Inspire für die Durchführung der Versuche auf der Zugmaschine und Michel Hitz v/o Mogli von der HiMech AG für die Fertigung der Klemmplatten. Weiter möchten wir uns bei Tobias Juon v/o Appendix bedanken für die Vermittlung von Kontaktdaten und unsere Verbindung zu der Geschäftsstelle der PBS.

Weiterer Dank gilt Jugend und Sport Schweiz (J+S) für die beschädigten Manipulierseile .

3. Abbildungs- & Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel einer Kennzeichnung bei einem Statikseil	6
Abbildung 2: Kontrolle der korrekten Seillänge und Mittelmarkierung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 3: Sichtprüfung des Mantels	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 4: Haptische Prüfung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 5: Kontrolle der Abschlüsse und Knoten	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 6: Mögliche Schäden an Kunstfaserseilen und der richtige Umgang	9
Abbildung 7: Einspannung Variante I mit Klemmplatten und Knoten	11
Abbildung 8: Einspannung Variante II mit Endacht und Schäkel	12
Abbildung 9: Simulation der Klemmplatte zwischen Maschine und Schäkel	13
Abbildung 10: Alle getesteten Versuchsseile	14
Abbildung 11a-d: Nahaufnahmen der Seilschäden	15
Abbildung 12: Spannung- Dehnungsdiagramm Referenzseil I	16
Abbildung 13: Spannung- Dehnungsdiagramm Referenzseil II	17
Abbildung 14: Spannung- Dehnungsdiagramm Referenzseil III	17
Abbildung 15: Zerrissenes Hanfseil	18
Abbildung 16: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserschaden I	19
Abbildung 17: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserschaden II	19
Abbildung 18: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserriss I	20
Abbildung 19: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserriss II	20
Abbildung 20: Spannung- Dehnungsdiagramm aufgedrehtes Seil I	21
Abbildung 21: Spannung- Dehnungsdiagramm aufgedrehtes Seil II	22
Abbildung 22: Verwendete Zugmaschine	26
Abbildung 23: Simulation gesamt	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Seile und ihre Verwendung [2,3]	3
Tabelle 2: Übersicht der Versuchsseile	14
Tabelle 3: Zusammenfassung der Reisskräfte	23

4. Inhaltsverzeichnis

<i>Zusammenfassung</i>	1
<i>Danksagung</i>	2
<i>Abbildungs- & Tabellenverzeichnis</i>	3
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	4
1	1
1.1	1
1.2	1
2	2
2.1	2
2.2	2
2.2.1	2
2.2.2	2
2.2.3	4
2.2.4	4
2.2.5	4
2.2.6	8
2.2.7	8
2.2.8	10
2.3	10
3	11
3.1	11
3.2	11
3.3	13
3.4	14
4	16
4.1	16
4.1.1	16
4.1.2	18

4.1.3	20
4.1.4	21
4.2	23
4.3	23
5	24
5.1	24
5.2	24
6	25
7	26

1 Einleitung

1.1 Motivation

Wir haben uns für dieses Ticket entschieden, da im Sommer 2022 das Bundeslager mova stattfinden wird. Wie immer bei solchen Lagern gibt es massive Lagerbauten. Während die Infrastrukturbauten des Bundeslagers die höchsten Sicherheitsstandards erfüllen, verfügen viele Abteilungen nicht über das nötige Budget, Material oder Know How , um auf dem gleichen Level Bauten realisieren zu können. Viele Abteilungen verfügen noch über alte Hanfseillager, welche auch noch für diverse Bauten genutzt werden.

Mit diesem Ticket wollen wir eine Empfehlung abgeben, für was diese alten Hanfseile, die oft Gebrauchsschäden aufweisen, aufgrund der Reißfestigkeit je Schadensart noch verwendet werden können.

1.2 Ziele des Tickets

Für unser Ticket haben wir vorgängig in Absprache mit unseren Betreuern folgendes Ziel definiert:

Wir erstellen eine Entscheidungsempfehlung für gebrauchte Seile. Dafür prüfen wir die Zugfestigkeit von einem Seil an unterschiedlichen beschädigten Stellen. Wir geben aufgrund dessen eine Empfehlung ab, wo man diese Seile noch einsetzen kann (für Leitende und Materialverantwortliche).

Die Erkenntnisse und wichtigsten Eigenschaften werden in einem Leporello zusammengefasst und können bei Bedarf von den Leitenden und Materialverantwortlichen bezogen werden.

Hinweis: Leider musste vorerst auf die Tests mit den Manipulierseilen verzichtet werden, da der zu Verfügung stehende Fahrweg der Maschine nicht ausreichen würde, um das Seil zu zerreißen.

2 State-of-the-Art

2.1 Geschichte des Seils

Was ist ein Seil? Ein Seil ist ein aus zusammengedrehten („geschlagenen“) oder geflochtenen Natur- oder Kunstfasern oder Drähten bestehendes längliches, zugfestes, schlaff biege- und meist torsionsweiches elastisches Element. Es wird überwiegend zur Aufnahme von Zugkräften genutzt. Von Gegenständen mit ähnlichen Eigenschaften und Funktionen wie Strick, Schnur, Kordel oder Leine unterscheiden sich Seile durch ihre Länge und/oder Dicke.

Das Seil hat eine lange Geschichte, bevor es industriell mit synthetischen Materialien hergestellt worden ist, wurde es aus Naturfasern hergestellt. Das Seil konnte bis ins Mesolithikum (ca. 10'000 v. Chr. – 5'800 v. Chr) zurückverfolgt werden. [1]

2.2 Seilkunde

2.2.1 Seilarten

Es gibt unzählige Arten von Seilen aus den verschiedensten Materialien. Neben Naturfaserprodukten wie: Baumwolle, Flachs, Hanf, Kokos, Manilahanf und Sisal, gibt es Seile aus Kunstfasern wie Aramid (Technora/ Twaron/ Nomex/ Kevlar), Polyester, Polyamid (Nylon, DeDeRon, Perlon), Polypropylen, Polyethylen (Dyneema/ Spectra) sowie Poly(p-phenylen-2,6-benzobisoxazol) (Zylon).

Metall- bzw. Drahtseile werden aus Stahl oder Edelstahl hergestellt. Für elektrische Leitungen werden auch Kupfer, Messing, Aluminium und spezielle Legierungen verwendet.

2.2.2 Verwendung

Für diesen Bericht werden nur die in der Pfadi geläufigen Seilarten weiter erläutert. Dies sind Hanfseile bei den Naturfasern und bei den Kunstfasern Polypropylen (PP), Polyamid (PA) und Hochfestes Polyethylen (PE).

Tabelle 1: Seile und ihre Verwendung [2,3]

Material	Vorteil	Nachteil	Verwendung
Hanf	Höchste Festigkeit bei den Naturfasern	Geringe Bruchdehnung, Fasern sind grob und hart, im Freien verrottet Hanf nur langsam, Knoten in feuchten Seilen nur schwer zu lösen.	Pionierbauten, Tauziehen, Deko, Seilkunde, Knotenkunde. Nicht geeignet für Seilbahnen, Seilbrücken, etc.
Polypropylen (PP)	sehr leicht (schwimmfähig), nimmt kein Wasser auf, chemisch beständig gegenüber den meisten Säuren und Laugen, verhältnismäßig preisgünstig, hohe UV-Beständigkeit	nur ausgerüstet abriebfest und temperaturbeständig	Schwimmlleine, günstige Festmacher, Allzweckseile z. B. kleine Lagerbauten, Wurflleine
Polyamid (PA)	hohe Festigkeit und hohe Bruchdehnung, d. h. hohe Energieaufnahme	quillt im Wasser auf, verliert Festigkeit bei Kontakt mit Wasser, wird u. U. hart, nicht komplett beständig gegen einige Säuren und UV-Strahlung	Klettern, Sichern, hochwertige Festmacher für Lagerbauten
Polyethylen (PE)	extrem hohe Bruchfestigkeit (5-fache von Polyamid), sehr leicht (schwimmfähig), nimmt kein Wasser auf, äußerst beständig gegenüber Säuren und Laugen	extrem geringe Bruchdehnung, Temperaturbeständig nur bis 70 °C	Klettern, Sichern, hochwertige Festmacher für Lagerbauten (Wie Türme, Brücken, etc)

In Aktivitäten von J+S kommen für Seilkonstruktionen statische Kernmantelseile Ø11 mm mit einer Reisskraft um die 30 kN zur Anwendung. Besonders anfällig sind solche Seile auf Reibung unter Druck und/oder Zug. Dies gilt es unbedingt zu vermeiden. [4]

2.2.3 Lagerung

Wenn man ein Seil (Kunst- oder Naturfaser) über einen längeren Zeitraum oder im Winter nicht benutzt, muss es richtig gelagert werden. Idealerweise sollte es an einem trockenen, dunklen und kühlen Ort gelagert werden und nicht in einem Behälter. Dies geschieht am besten in einem Seilsack oder ordentlich aufgerollt, fern von direkter Sonneneinstrahlung, Chemikalien, Hitze oder anderen potenziellen mechanischen Beschädigungsquellen. Das Seil darf nicht an einer Rolle aufgehängt werden. Ebenfalls sind dauerhafte Knoten zu vermeiden.

2.2.4 Transport

Es eignen sich zwei Arten zum Transportieren eines Seils.

Seilsack:

Ein Seilsack ist die ideale Lösung für den Transport und die Aufbewahrung eines Seils. Er erleichtert das Verstauen des Seils, lässt sich platzsparend zusammenpacken und schützt das Seil vor Schmutz und Feuchtigkeit. Es empfiehlt sich im Seilsack eine Plane mitzuführen, um das Seil zu schützen, wenn es ausgelegt ist, indem es vom Boden und von Schmutz, Sand usw. ferngehalten wird. Das Seil im Seilsack wird in losen Windungen gelagert, so dass es seine natürliche Form wieder annehmen kann. Dies hilft, Verdrehungen und Knicke zu vermeiden. Außerdem haben die meisten Seilsäcke Schlaufen, an denen die Seilenden befestigt werden können. Dies erleichtert das Auffinden der Enden und das Seilmanagement.

Aufwickeln:

Das Aufwickeln ist die beste Art, ein Seil zu transportieren, wenn man keinen Seilsack hat. So bleibt das Seil sauber und ist praktisch aufbewahrt. Es dauert eine Weile, bis man lernt, wie man sein Seil richtig aufwickelt. Hier sind ein paar Tipps, die man beachten sollte. Erstens spielt es keine Rolle, ob man das Seil von der Mitte oder von beiden Enden aus doppelt aufwickelt. Es kann auch von einem Ende aus als Einzelstrang gewickelt werden. Wichtig ist, dass man es in Schlaufen aufwickelt und nicht in Ringen wie ein Kabel. Am einfachsten ist es, die Schlaufen in einer Hand zu sammeln oder sie über den Hals zu hängen und abwechselnd nach links und rechts zu wickeln.

2.2.5 Inspektion

Seile sind dafür gemacht, benutzt zu werden. Doch jeder Gebrauch hinterlässt seine Spuren. Deshalb sollte ein Seil sorgfältig vor und nach dem Gebrauch geprüft werden. Es sollte zudem ein Verwendungsnachweis geführt werden. Der Materialverantwortliche hat so einen besseren Überblick über die Gesamtzeit, in der die einzelnen Artikel benutzt wurden und eine zusätzliche Sicherheitsmassnahme für mögliche nicht sichtbare Schäden. Neben der Sichtkontrolle sollten die Seile auch von Hand überprüft werden. Nur so können nicht offensichtliche, kleine Unregelmäßigkeiten oder Beschädigungen festgestellt werden.

Hanf:

Es ist wichtig, dass genügend Platz vorhanden ist, um das Seil in seiner ganzen Länge systematisch zu bearbeiten, und dass es gut beleuchtet ist. Die gesamte Länge des Seils sollte in Abschnitten von jeweils ca. 300 mm durch leichtes Drehen gegen den Schlag geprüft werden, um die Innenflächen der Litzen für die Prüfung freizulegen. Danach sind die Litzen wieder in ihre ursprüngliche Lage zu bringen. Die äußeren Lagen der Litzen müssen ebenfalls sorgfältig inspiziert werden.

Prüfen der Außenseite des Seils auf folgende Punkte:

- a. Gebrochene Fasern - Abschürfungen.
- b. Schnitte.
- c. Weiche Flecken - ein sicheres Zeichen für Abnutzung.
- d. Fäulnis oder Verbrennungen - Hitze oder Chemikalien.
- e. Jede andere Verformung oder Unregelmäßigkeit.

Überprüfen des Innere des Seils auf folgende Punkte:

- a. Gebrochene Fasern.
- b. Pulverisierung - Anzeichen für innere Schäden oder Überlastung.
- c. Trockenfäule oder Schimmel.
- d. Veränderung der Farbe.
- e. Geruch, der auf Schimmel, Fäulnis usw. hinweist.

Anmerkung:

Alle Seile sollten dauerhaft gekennzeichnet werden, und es sollten Aufzeichnungen über die einzelnen Seile, ihre Verwendung und Inspektionen geführt werden. Vorgeschlagene Rubriken für ein Seiltagebuch sind:

Nummer des Seils, Typ, Verwendung/Datum, Datum der Inspektion, Inspektion durch (Name),
Unterschrift

Wenn nach einer Inspektion Mängel festgestellt werden, müssen sofort Maßnahmen ergriffen werden, um das/die Problem(e) zu beheben.

Statikseile Kunstfaser:

Hinweis: Die meisten Informationen in diesem Kapitel inkl. den Bildern stammen von EDELRID [5].

1. Es wird die Kennzeichnung und die maximale Lebensdauer überprüft: Prüfen, ob die Kennzeichnung und die Seriennummer deutlich lesbar sind. Wichtig ist die Prüfung der maximalen Nutzungsdauer des Produkts, diese darf nicht überschritten sein. Benötigt wird dafür das Jahr der Herstellung des Seils. Bei statischen Seilen findet man dies entweder auf dem Etikett am Seilende (als Teil der Seriennummer) oder auf dem Kennzeichnungsband im Inneren des Seils. Informationen über die maximale Lebensdauer findet man immer im Benutzerhandbuch des Herstellers. Dieses wird beim Kauf eines Seils mitgeliefert und kann auch von der Website des Herstellers heruntergeladen werden. Wenn keine Kennzeichnung oder Information zum Seil vorhanden sind oder wenn das Seil seine Lebensdauer überschritten hat, darf das Seil für nicht für sicherheitsrelevante Aktivitäten verwendet werden.



Abbildung 1: Beispiel einer Kennzeichnung bei einem Statikseil

2. Kontrolle der korrekten Seillänge und Mittelmarkierung:



Prüfen, ob die angegebene Seillänge korrekt ist und ob die Mittelmarkierung an der richtigen Stelle sitzt.

3. Sichtprüfung des Mantels:



Prüfen, ob der Mantel mechanische Beschädigungen wie Schnitte, Abrieb, Schmelzstellen, harte Stellen, Verfärbungen oder Verrutschen des Mantels aufweist. Einschnitte bedeuten, dass das Seil beschädigt ist. Geschmolzene oder harte Stellen bedeuten, dass das Seil starker Hitze ausgesetzt war. Verfärbungen können bedeuten, dass das Seil mit Chemikalien in Kontakt gekommen ist. In jedem dieser Fälle

darf das Seil nicht mehr verwendet werden.

4. Haptische Prüfung:



Den Kern des Seils auf seiner gesamten Länge fühlen. Dazu das Seil leicht biegen und durch beide Hände führen. Sind steife, weiche, ungewöhnlich dicke, verformte oder hartgequetschte Stellen, deutet das darauf hin, dass der Kern des Seils beschädigt oder degeneriert ist. Das Seil muss sofort aus dem Verkehr gezogen werden.

5. Kontrolle der Abschlüsse und Knoten:



Die Nähte und Knoten müssen überprüft werden. Dafür kann gegebenenfalls die Schutzabdeckung abgezogen werden, um die darunter befindlichen Sicherheitsnähte ordnungsgemäß überprüfen zu können. Ist eine der Nähte durchgeschnitten, gerissen oder abgenutzt, muss das Seil aus dem Verkehr gezogen werden.

Es gilt die allgemeine Regel: Wenn ein Benutzer aus irgendeinem Grund unsicher ist, ob ein Seil für die Verwendung geeignet ist, sollte das Seil nicht verwendet oder eine Fachperson zu Rate gezogen werden.

2.2.6 Reinigung

Hanf:

Schmutzige Hanfseile müssen unbedingt gereinigt werden. Dafür eignet sich ein Staubsauger für Sand und andere trockene Rückstände. Seile, die durch Schlamm, Sand oder Kies gezogen wurden, sollten nach Beendigung der Arbeit immer durch gründliches Waschen des Seils unter fließendem Wasser gereinigt werden. Es sollten keine Reinigungsmittel verwendet werden.

Statikseile Kunstfaser:

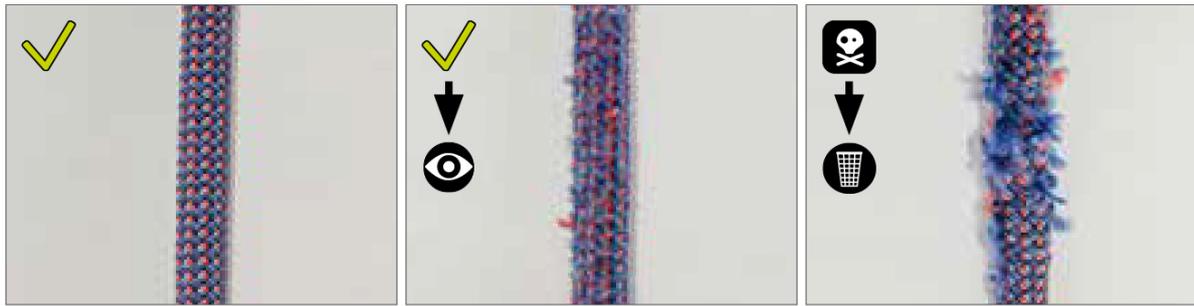
Es lässt sich nicht vermeiden, dass Seile schmutzig werden (vor allem, wenn man keinen Seilsack verwendet). Das ist kein Problem und bedeutet auch nicht, dass man sie ersetzen muss. Seile sind Textilprodukte und können gewaschen werden. Wenn ein Seil schmutzig ist, verbessert das Waschen sogar seine Handhabung. Zum Waschen verwendet man ein mildes synthetisches Waschmittel aus dem Fachhandel. Seile wäscht man am besten mit der Hand in kaltem bis lauwarmem Wasser. Das Seil sollte nicht zum Trocknen aufgehängt werden und direkte Sonneneinstrahlung sollte vermieden werden. Seile trocknen am besten, wenn man sie an einem kühlen, dunklen Ort auf dem Boden ausbreitet. Bitte beachten: Niemals das Seil in den Tumbler geben.

2.2.7 Schäden

Hanf:

Leider gibt es in der Literatur und im Internet nicht viele Referenzen zu Schäden an Hanfseilen, was mitunter auch ein Grund für diese Ticket war. Schäden an Hanfseilen wurden für dieses Ticket in Kapitel 3.4 definiert.

Statikseile Kunstfaser:



Beschädigter Mantel

Abgenutzter Mantel

Beschädigter Mantel



Schnittschaden

Reibungsverbrennung

Reibungsverbrennung



Verfärbung

Verfärbung

Dreck



Verformter Seilkern

Beschriftung ist nicht lesbar

Abschluss mit gerissener Sicherheitsnaht

Abbildung 6: Mögliche Schäden an Kunstfaserseilen und der richtige Umgang

2.2.8 Reparaturen

Seile sollten immer von Fachpersonal repariert werden. Vor allem dann, wenn die Seile für das Sichern von Lagerbauten oder anderer Verwendung mit hohem Sicherheitsstandart verwendet werden

2.3 Vergangene Versuche

Die Firma Outdoorsolution hat im Herbst 2017 anlässlich des ersten Planungsweekends einen Messbericht realisiert. Verschiedene, gealterte Manipulierseile wurden in einem Zugversuch auf ihre Zugfestigkeit und Dehnung geprüft. Dabei wurden Zugfestigkeiten zwischen 1130 daN und 1700 daN festgestellt.

Im Bericht wurde festgehalten, dass die getesteten Manipulierseile auch bei hohem Alter noch eine hohe Reissfestigkeit aufweisen und sie aufgrund der geringen Dehnung gut für den Lagerbau geeignet sind für nicht-kritische Abspannungen wie Blachen und ähnliches.

Bei dem Test von Outdoorsolutions wurden keine Naturfaserseile verwendet.

3 Versuche

3.1 Versuchsaufbau

Die Hanfseile konnten auf einer ZWICK Zugmaschine von Inspire, einem Spin-Off der ETH Zürich, durchgeführt werden [6, 7]. Die Zugversuche wurden gemäss dem Teststandard DIN EN ISO 10618 durchgeführt. Dies bedeutet unter anderem, dass die Seile mit einer konstant festgelegten Geschwindigkeit auseinandergezogen werden und die resultierende Kraft gemessen wird. Mit bekanntem Querschnitt der Seile konnte das resultierende Spannungs-Dehnungsdiagramm geplottet werden. Die Dehnung ist nicht aussagekräftig, da ein Grossteil davon aus dem Zusammenziehen der Knoten kam.

3.2 Einspannung

Für die Einspannung der Seile wurden zwei mögliche Varianten untersucht. Bei Variante 1 werden die Seile zwischen zwei Klemmplatten eingeklemmt, welche mit einem Endknoten gesichert wird. Somit wird das Seil hauptsächlich durch Reibschluss in der Maschine gehalten. Damit werden Schwachstellen, welche ein Knoten ins Seil einbringen würde, nicht mitgemessen. Variante 1 ist in Abbildung 7 skizziert.

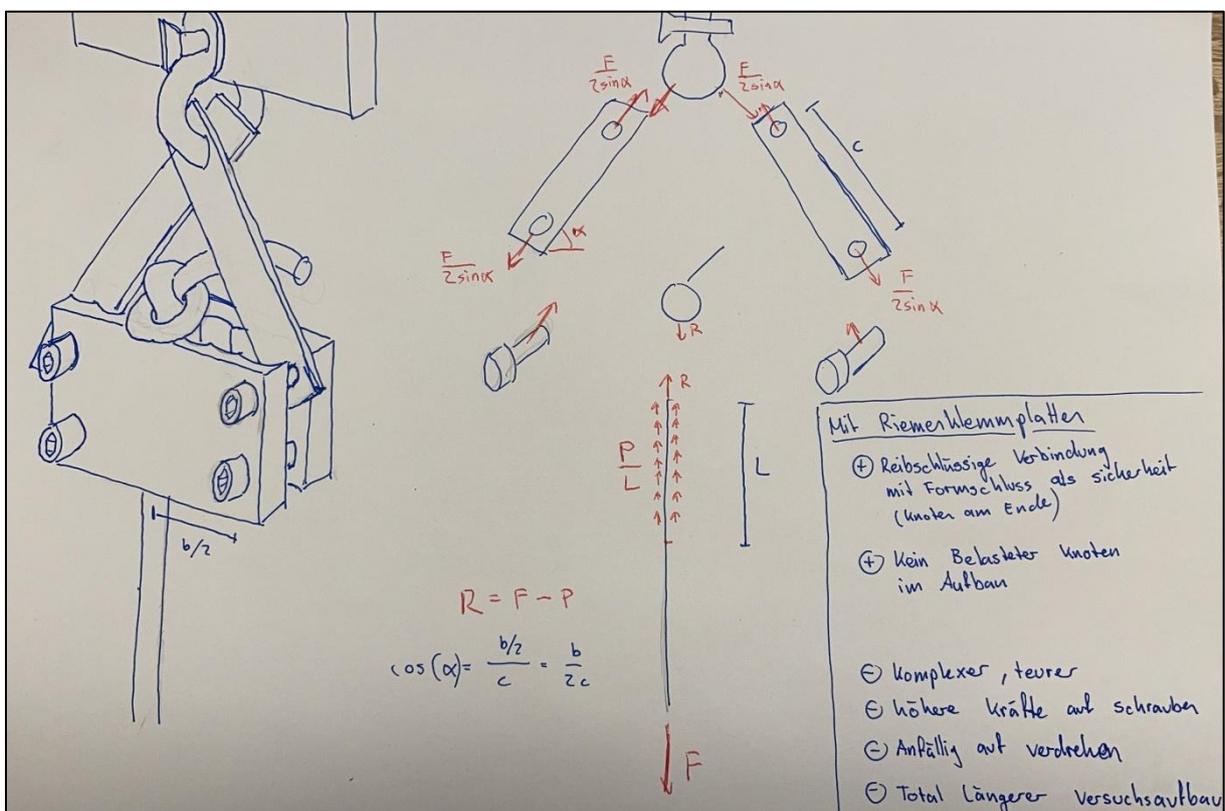


Abbildung 7: Einspannung Variante 1 mit Klemmplatten und Knoten

Der grosse Nachteil dieser Variante ist die hohe Komplexität der Einspannung und vor allem der Platzbedarf der Klemmplatten. Der Zugweg auf der Maschine ist begrenzt und die Klemmplatten auf beiden Seiten würden einen relativ hohen Teil davon beanspruchen. Damit können die Seile nicht mehr so weit gedehnt werden und man müsste allenfalls den Versuch abbrechen, ohne einen Riss verursacht zu haben.

Bei Variante 2 werden die Seile mittels eines Doppel-Endacht Knotens und einem Schäkel an der Klemmplatte befestigt. Dieser Knoten wird auch beim Klettern oft verwendet und schwächt das Seil nur relativ wenig. Zusätzlich kann mittels des Knotens Weg auf der Zugmaschine gespart werden, welcher bei dem Test allenfalls benötigt wird. Auch sind die Materialien günstiger zu bekommen. Variante 2 ist in Abbildung 8 skizziert.

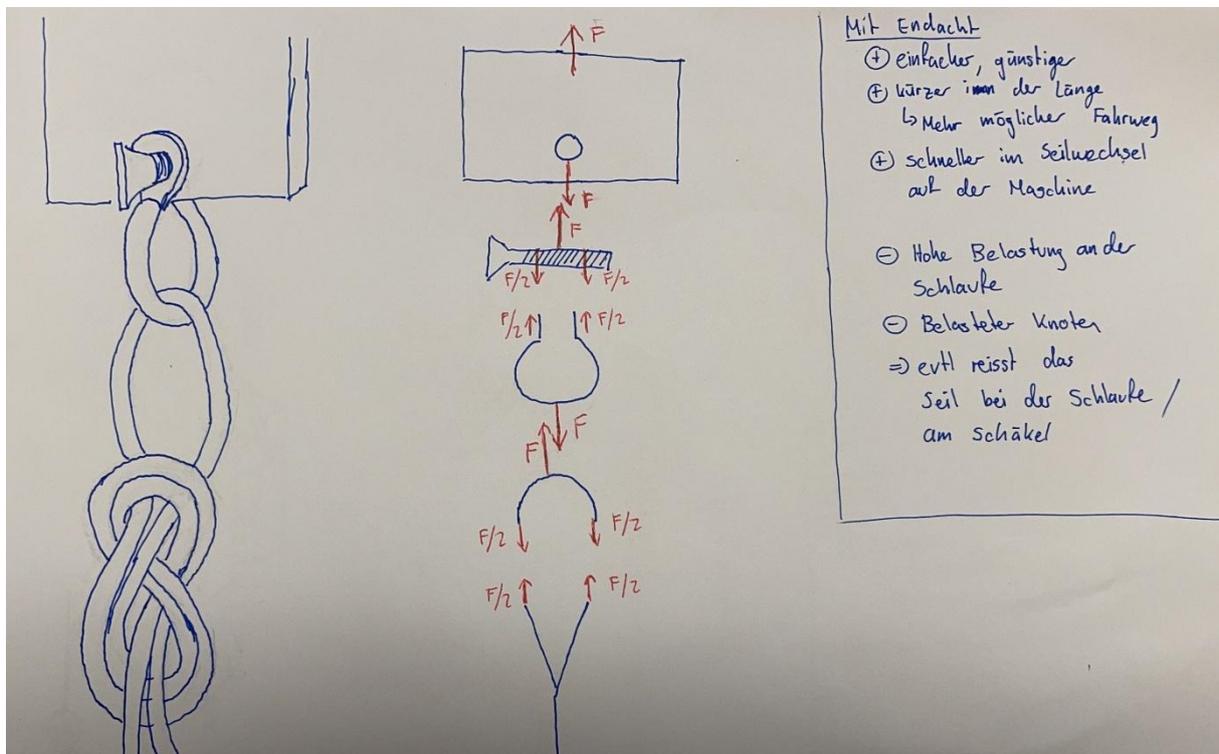


Abbildung 8: Einspannung Variante II mit Endacht und Schäkel

Während den Experimenten zeigte sich allerdings, dass der Knoten sich auf der Zugmaschine stark zusammenzog, was das Seil länger machte. Somit wurde es bei einigen Versuchen kritisch das Seil zum Reissen zu bringen. Alle getesteten Seile konnten zwar wie geplant zerrissen werden, allerdings empfiehlt es sich in zukünftigen Versuchen die Einspannung zu überdenken, bzw. die Knoten vor den Tests mittels Hebel festzuziehen. (und nicht nur mit Handkraft). Dieses Zusammenziehen des Knotens war auch der Grund, dass die Manipulierseile von J+S nicht getestet werden konnten.

3.3 Stahlplatte

Die Zugmaschine ist so ausgelegt, dass die Zugproben mittels Klemmplatten in der Maschine festgemacht werden (vgl. Anhang). Für die Versuche wurde aus einem Flachstangenprofil aus Stahl Teile mit den Massen 150x40x8 mm abgesägt und ein 10mm grosses Loch reingebohrt. In diesem Loch konnte der Schäkel mit dem Seil befestigt werden und das restliche Profil zwischen die Klemmplatten gespannt werden.

Um die Festigkeit des Profils zu überprüfen, wurde eine FEM Simulation durchgeführt. Somit konnten die Spannungen im Loch analysiert werden. Die Simulation wurde mit 20'000 Newton Kraft durchgeführt und es zeigte sich, dass die Platte dieser Kraft problemlos standhalten kann. Eine lokale Spannungsspitze von 674 MPa wurde berechnet, welches eine lokale plastische Verformung nach sich zieht. Da aber die umliegenden Knoten alle weitaus weniger hohe Spannungen aufwiesen wurde die Klemmplatte als tauglich für die Seilversuche eingestuft. Auch wurde bezweifelt, dass die Seilstücke noch 20'000 N aushalten würden, was sich in den Versuchen bestätigte.

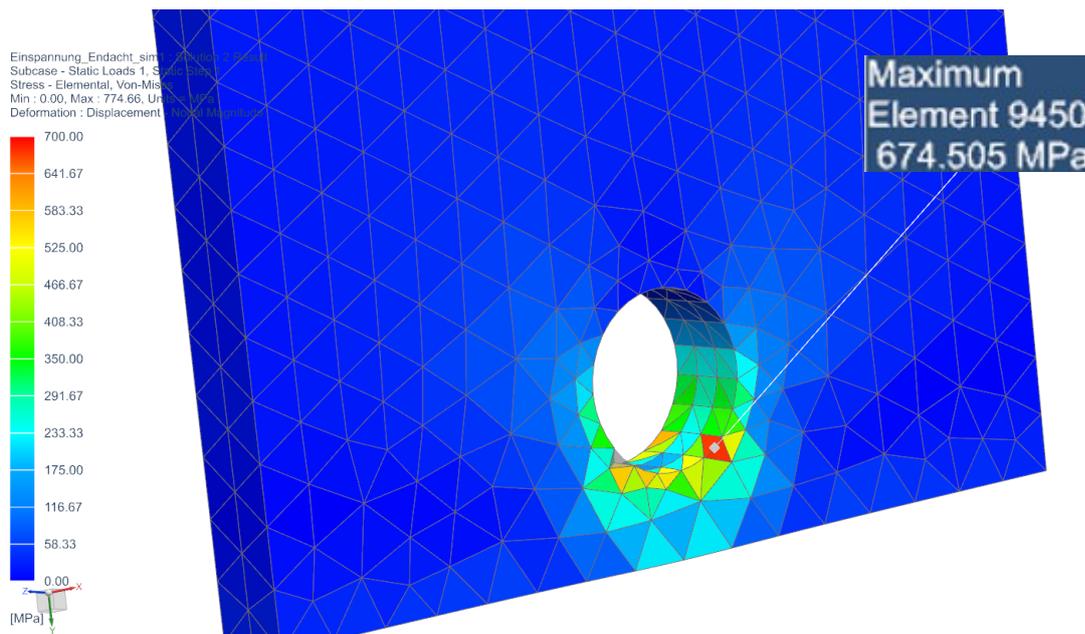


Abbildung 9: Simulation der Klemmplatte zwischen Maschine und Schäkel

3.4 Übersicht Versuchsseile

Alle Versuchsseile wurden aus einem alten beschädigten 30m Hanfseil mit 16mm Durchmesser gemacht. Damit wurde versucht eine möglichst gleiche Ausgangslage für alle Tests zu schaffen. Die Versuchsstücke wurden nach den Schäden kategorisiert und in Zweiergruppen eingeteilt. Ebenfalls wurden 3 Referenzstücke aus unbeschädigten Stellen zugeschnitten, um eine Basis zu bilden. Beim gesamten Hanfseil war die Mittelfaser nicht mehr existent, bzw. zerriss bei kleinsten Belastungen. Alle Versuchsseile sind in Figur 10 abgebildet.

Tabelle 2: Übersicht der Versuchsseile

Nummer	Name	Schaden	Bemerkungen
Ref_1	Referenzseil 1	-	Bildet Basismesswert
Ref_2	Referenzseil 2	-	Bildet Basismesswert
Ref_3	Referenzseil 3	-	Bildet Basismesswert
H_FS_1	Hanfseil mit Faserschaden 1	Faserschaden	
H_FS_S	Hanfseil mit Faserschaden 2	Faserschaden	
H_Riss_1	Gerissenes Hanfseil 1	1 durchtrennte Faser	Wurde manuell mit Messer verursacht
H_Riss_2	Gerissenes Hanfseil	1 durchtrennte Faser	Wurde manuell mit Messer verursacht
H_Auf_1	Aufgedrehtes Seil	Aufgedrehte Fasern	Vor allem am Seilende ein auftretendes Problem
H_Auf_2	Aufgedrehtes Seil	Aufgedrehte Fasern	Vor allem am Seilende ein auftretendes Problem



Abbildung 10: Alle getesteten Versuchsseile

Die 4 eingeteilten Schäden sind nochmals vergrößert in Figur 11 dargestellt:



(a) Referenzseil



(b) Faserschaden



(c) Faserriss



(d) Aufgedrehtes Seil

Abbildung 11a-d: Nahaufnahmen der Seilschäden

4 Resultate & Diskussion

4.1 Zugversuche

4.1.1 Referenzseile

Die Referenzseile zerrissen auf der Zugmaschine alle bei ca 7500- 8000 N was wesentlich tiefer ist als die vom Hersteller gegebenen 1600 kg Reisskraft (ca. 15670 N). Somit konnte schon mal gezeigt werden, dass die kalendarische und witterungsverursachte Alterung dem Seil massiv schadet. Von Auge betrachtet wirkte das Seil nicht völlig vermodert und auch nicht besonders schwach. Dennoch riss es bereits bei ca. der Hälfte der angegebenen Reisskraft.

Interessanterweise riss nicht das komplette Seil durch, sondern nur einzelne Fasern (vgl. Abbildung 15). In Abbildung 12 sieht man das Spannungs- Dehnungsdiagramm von Referenzseil 1. Nach dem Riss einer Faser sank die Spannung instantan ab und begann dann wieder zu steigen, da die anderen Fasern wieder mehr belastet wurden. Der Zugversuch wurde da aber automatisch unterbrochen.

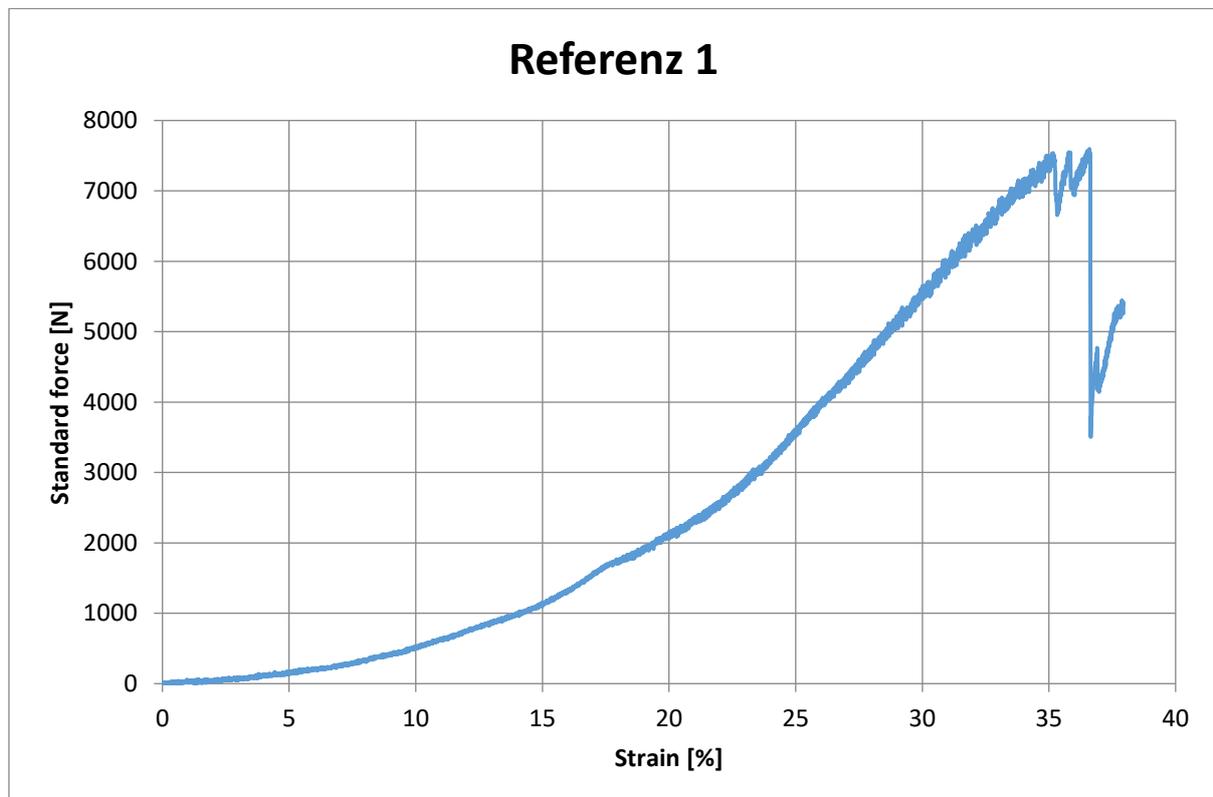


Abbildung 12: Spannung- Dehnungsdiagramm Referenzseil I

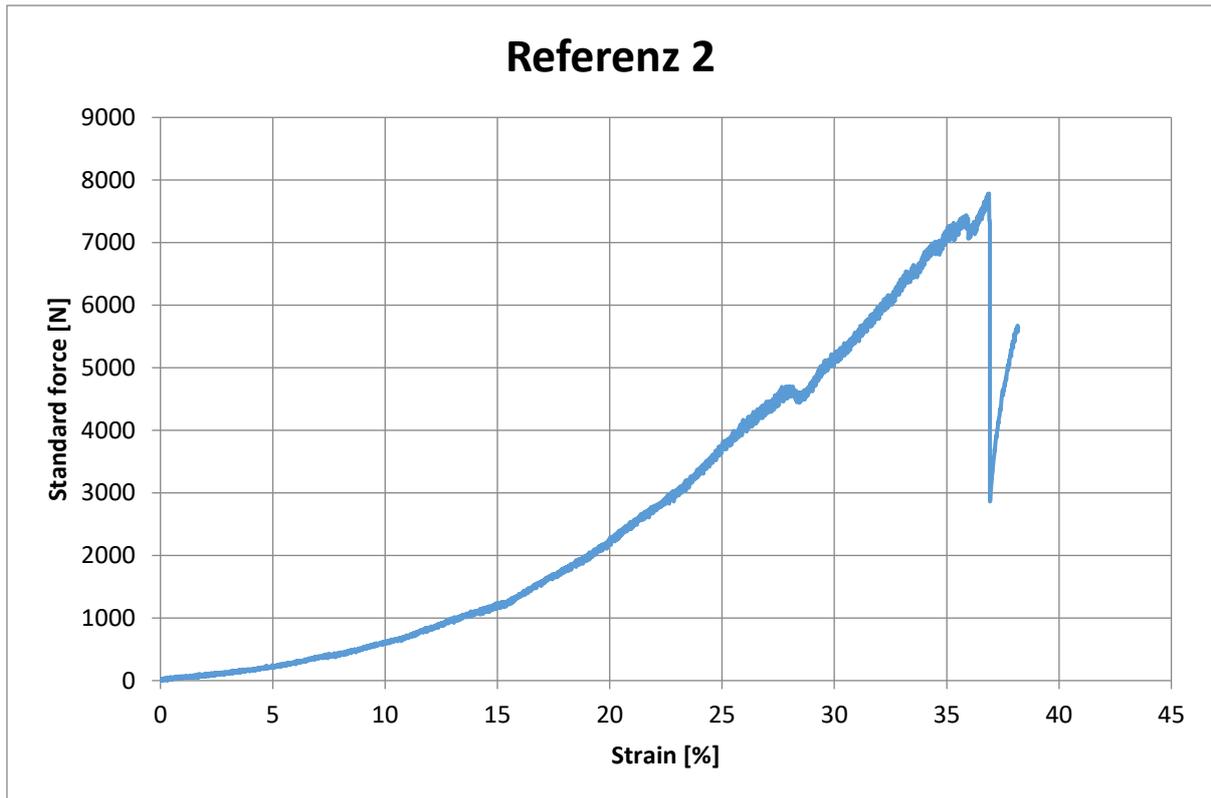


Abbildung 13: Spannung- Dehnungsdiagramm Referenzseil II

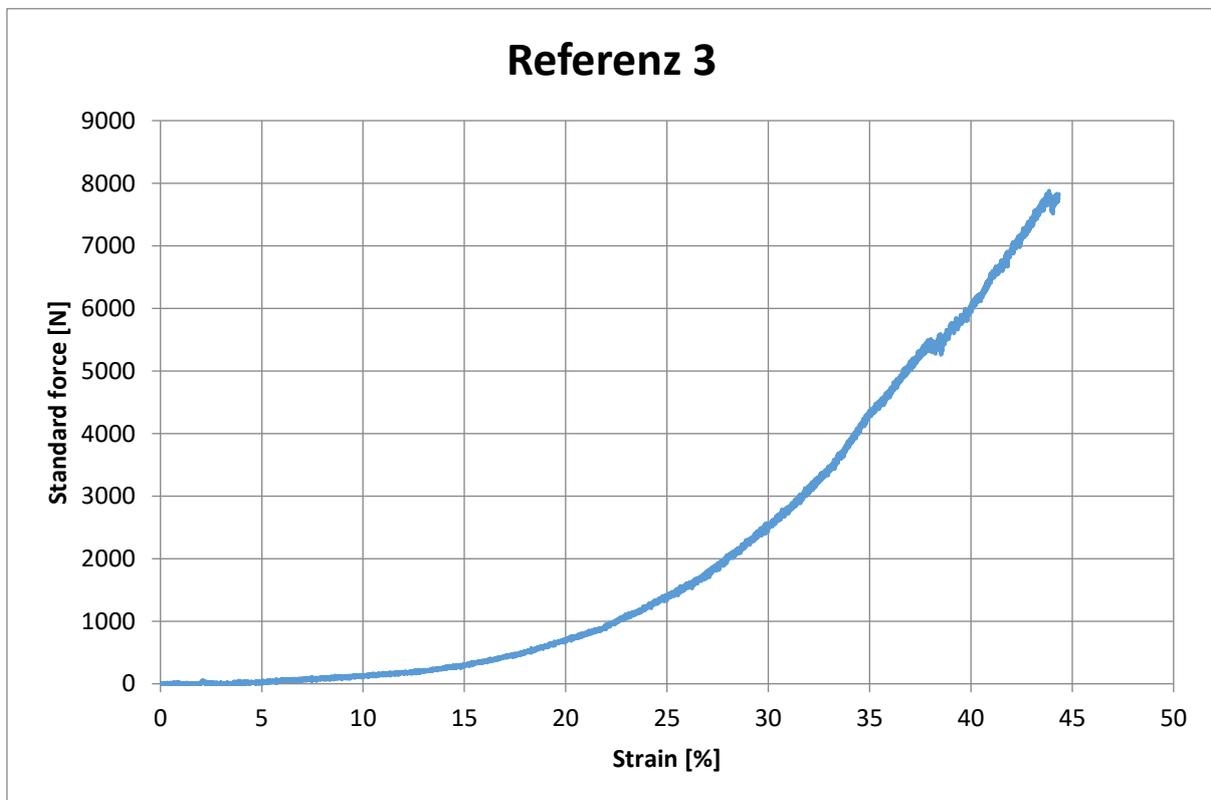


Abbildung 14: Spannung- Dehnungsdiagramm Referenzseil III

4.1.2 Faserschaden

Während das Versuchsseil mit Faserschaden Nr. 1 bei viel tieferer Kraft als die Referenzseile riss, hatte das Seil Nr. 2 fast dieselbe Reisskraft wie die Referenzseile. Ein Seil, welches einen Faserschaden hat, kann (aber muss nicht) somit wesentlich schneller reißen als ein noch intaktes Seil. Bei Seil Nr. 1 riss eine Faser bei ca. 5000 N, worauf der Zugversuch aber noch nicht abgebrochen wurde. Eine weitere Faser Riss dann auch wieder etwa bei 5000 N, da jetzt nur noch 3 Fasern die Spannung aufnehmen konnten.

Interessanterweise waren bei beiden Versuchsseilen noch jene Faser intakt welche beschädigt war. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass die beschädigte Faser aufgrund des Schadens länger war und somit nicht gespannt wurde und keine Kraft aufnehmen konnte. Somit riss dann eine intakte Faser früher als beim Referenzseil.



Abbildung 15: Zerrissenes Hanfseil

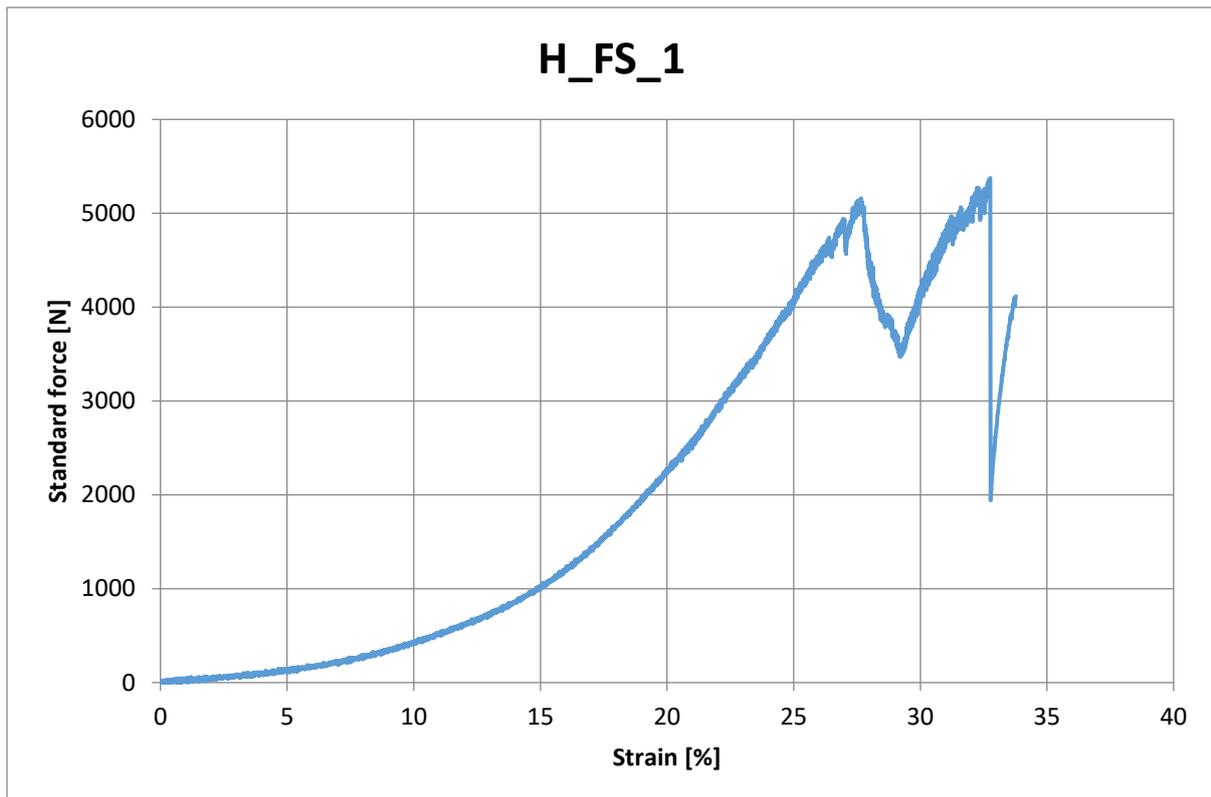


Abbildung 16: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserschaden I

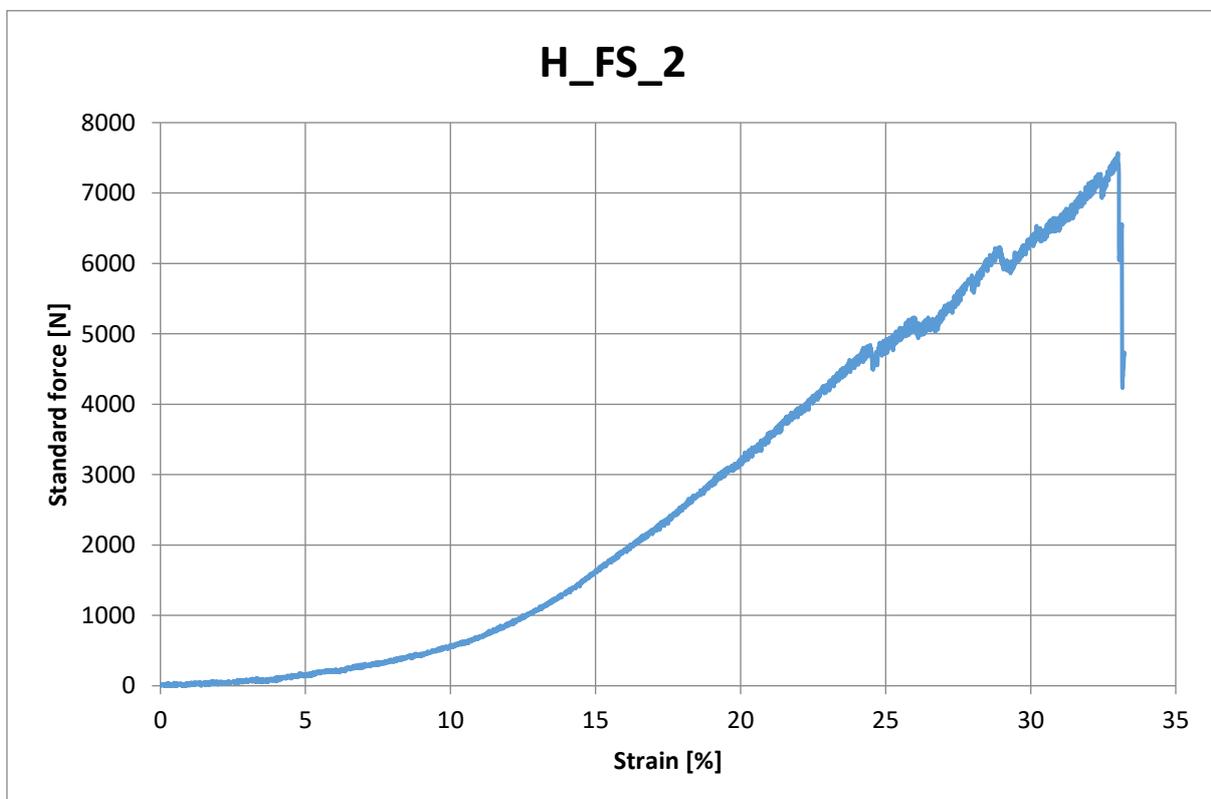


Abbildung 17: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserschaden II

4.1.3 Faserriss

Die beiden Seile mit den durchtrennten Fasern rissen erwartungsgemäss bei einer niedrigeren Zugkraft als die Referenzseile. Auch erreichten die Seile mit ca. 6000 N ungefähr 75% der Zugfestigkeit der Referenzseile.

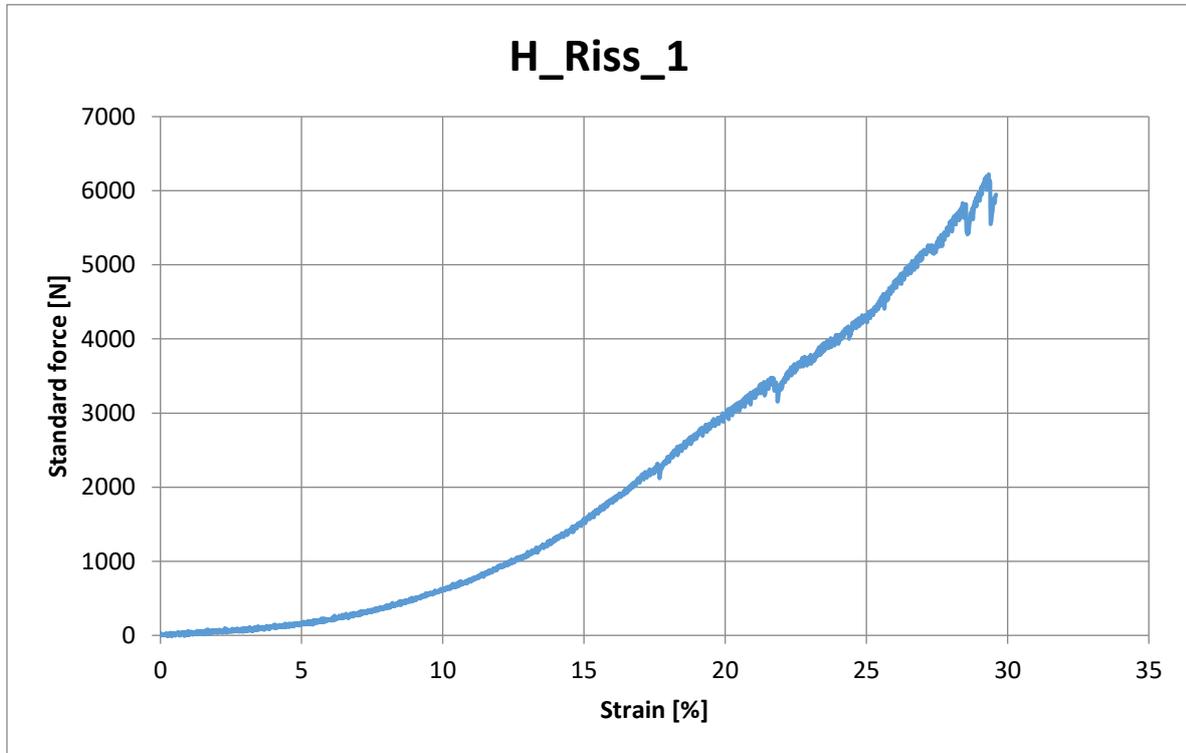


Abbildung 18: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserriss I

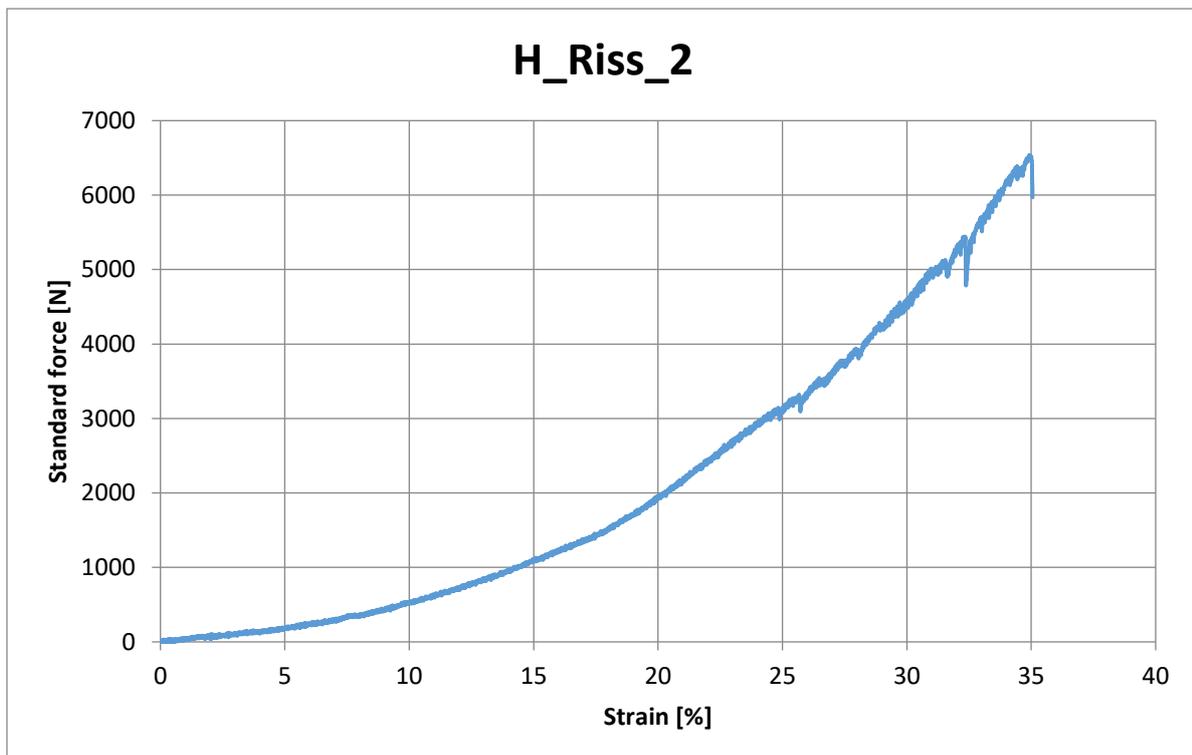


Abbildung 19: Spannung- Dehnungsdiagramm Seil mit Faserriss II

4.1.4 Aufgedrehtes Seil

Die aufgedrehten Testseile hatten keine merklich tiefere Zugfestigkeit wie die Referenzseile. Seil Nr. 2 riss auch nicht an der aufgedrehten Stelle, sondern im Knoten drin.

Es konnte somit nicht gezeigt werden, dass aufgedrehte Seile schwächer sind als intakte. Dennoch darf das **nicht** als Beweis angesehen werden, dass aufgedrehte Stellen keine Schwachstellen im Seil bilden. Dafür ist die Anzahl der getesteten Seile zu tief und die Unsicherheit zu gross.

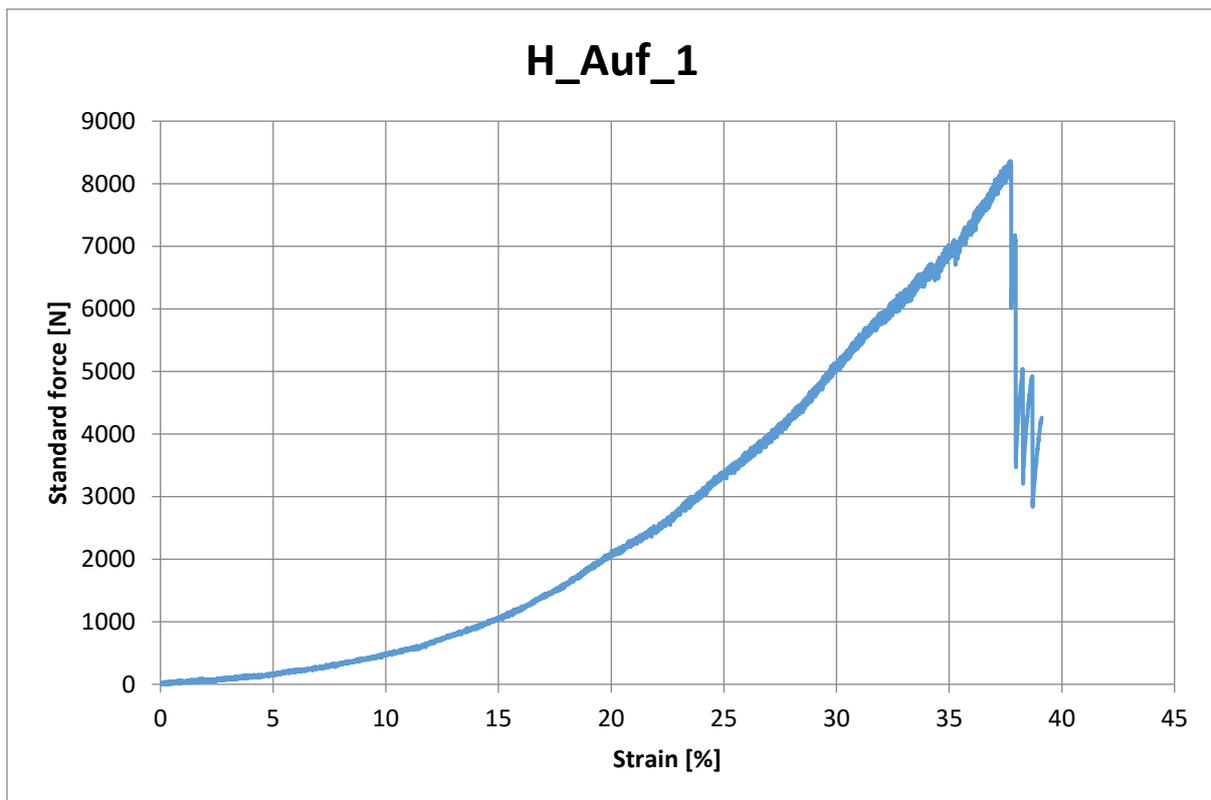


Abbildung 20: Spannung- Dehnungsdiagramm aufgedrehtes Seil I

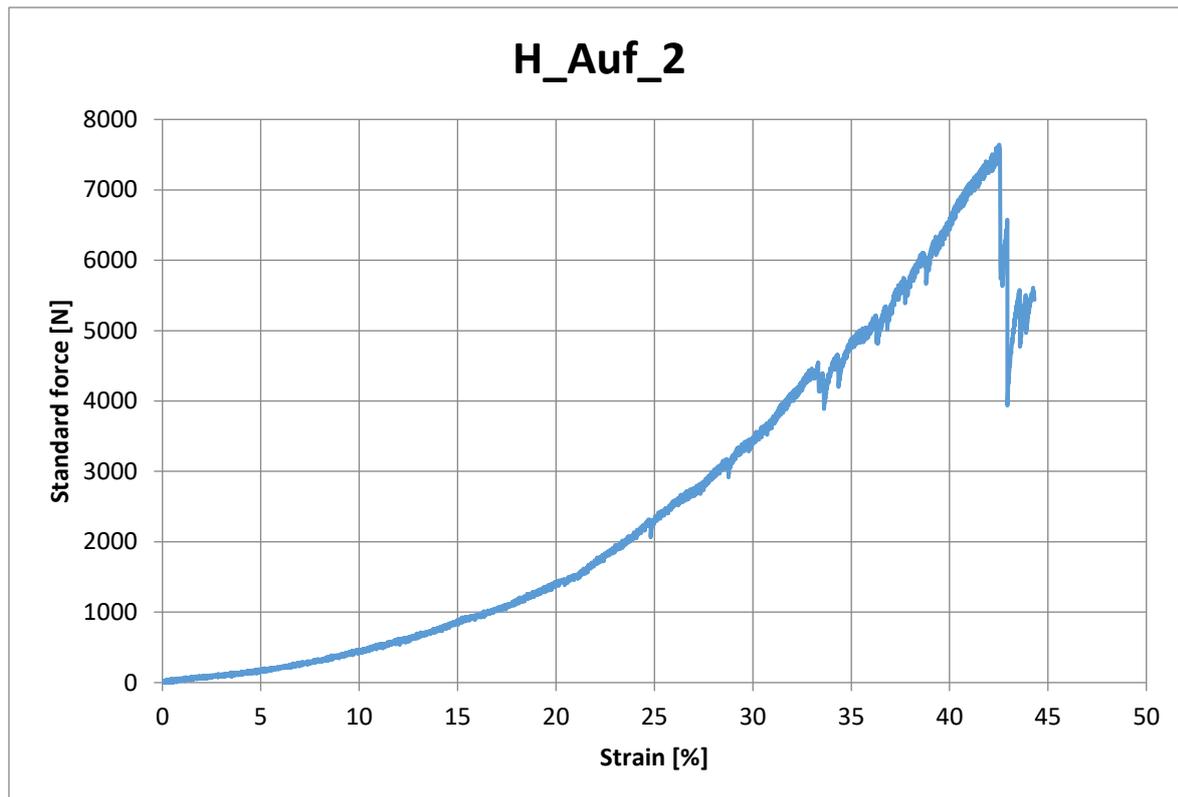


Abbildung 21: Spannung- Dehnungsdiagramm aufgedrehtes Seil II

4.2 Interpretation und Diskussion

Die wohl wichtigste Erkenntnis aus den Versuchen ist die tiefe Kraft, bei der das Seil auch unbeschädigt reisst. Bei einem älteren Seil muss offenbar davon ausgegangen werden, dass es nur noch einen Bruchteil der vom Hersteller angegebenen Kraft ertragen kann, auch wenn das Seil von aussen betrachtet, noch gut wirkt. In diesem Versuch wurde ein Seil verwendet, bei dem vom Hersteller 1600 kg als Reisskraft angegeben wurden. Die tatsächlichen Reisskräfte der Seile sind nochmals in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenfassung der Reisskräfte

Nummer	Name	Schaden	Reisskraft [N]
Ref_1	Referenzseil 1	-	7595,5
Ref_2	Referenzseil 2	-	7784,4
Ref_3	Referenzseil 3	-	7880,0
H_FS_1	Hanfseil mit Faserschaden 1	Faserschaden	5375,3
H_FS_S	Hanfseil mit Faserschaden 2	Faserschaden	7568,1
H_Riss_1	Gerissenes Hanfseil 1	1 durchtrennte Faser	6222,6
H_Riss_2	Gerissenes Hanfseil	1 durchtrennte Faser	6538,1
H_Auf_1	Aufgedrehtes Seil	Aufgedrehte Fasern	8360,6
H_Auf_2	Aufgedrehtes Seil	Aufgedrehte Fasern	7642,5

4.3 Empfehlungen

Viele Pfadiabteilungen verfügen über alte Seile, deren Ursprung nicht bekannt ist. Solche Seile eignen sich für die nicht sicherheitsrelevante Pfadi-Technik wie zum Beispiel Knoten üben oder die Integration als Spielobjekt. Sie eignen sich nicht für Lagerbauten, Seilbahnen und/oder -brücken, sowie zum Abseilen von Personen und Material. Falls man ein Hanfseil für Pioniertechnik verwenden will, muss man sicher sein, dass es neuwertig ist.

Es ist deshalb von fundamentaler Wichtigkeit, dass ein Seil nur für dessen vorhergesehenen Zweck verwendet wird. Es müssen darum Materialverantwortliche sowie Leitende gut über die Pflege, die Lagerung und die richtige Verwendung von Seilen informiert sein und die verwendeten Seile müssen regelmässig getestet werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Zusammenfassung

Seile werden von der Menschheit seit langer Zeit verwendet und sind ein wichtiger Bestandteil in der Identität der Pfadi. Dort wo Seile für Lagerbauten und Pioniertechnik verwendet werden, können bei unsachgemässer Handhabung des Materials Unfälle passieren.

Gerade bei altem Material, wo die Herkunft und der Zustand nicht einwandfrei festgestellt werden können, ist Vorsicht geboten. Seile müssen regelmässig gewartet geprüft und notfalls ersetzt werden.

Die Seiltests haben gezeigt, dass die grösste Schwachstelle des Hanfseils die Vermoderung beziehungsweise Alterung darstellt und es essenziell ist, die für Bauten verwendeten Seile entweder periodisch prüfen zu lassen oder auszutauschen.

5.2 Ausblick

Die von J+S zu Verfügung gestellten beschädigten Manipulierseile könnten in weiteren Versuchen noch getestet werden. Allerdings müsste man dies sehr wahrscheinlich mit einer anderen Zugmaschine machen oder allenfalls draussen mit anderen Zugmitteln, da der zu Verfügung stehende Fahrweg der verwendeten Zugmaschine zu knapp sein wird für ein Manipulierseil.

6 References

1. Bick A. *Die Steinzeit: Theiss WissenKompakt*. Erweiterte Neuauflage. Stuttgart: Theiss; 2012. Theiss WissenKompakt
2. Asia Dragon Capital. Available at: <https://asiadragoncordage.com/en/rope-1/>. Accessed January 15, 2022
3. JUMBOSHOP BLOG. Available at: <https://www.jumbo-shop.de/blog/baumwollseil-jute-seil-oder-pp-seil-die-beliebtsten-seile-und-ihre-anwendung/>. Accessed January 15, 2022
4. Brunner A, et al. *Seiltechnik: Grundsätze für alle Seilkonstruktionen*. Bern; 2016. https://www.jugendundsport.ch/content/jus-internet/de/sportarten/skitouren-uebersicht/aus-und-weiterbildung/_jcr_content/contentPar/tabs_copy/items/dokumente/tabPar/downloadlist_2028361_727698519/downloadItems/948_1460030496742.download/seiltechnik_d.pdf. Accessed January 15, 2022
5. EDELRID, Straub S, et al. *Static Rope Handbook*, Isny im Algäu; Unbekannt. <https://www.edelrid.de/en/work-safety/knowledge/staticrope-handbook.php>
6. Zwick Zugmaschinen: <https://www.zwickroell.com/de/>
7. Inspire: <https://www.inspire.ethz.ch/>

7 Anhang



Abbildung 22: Verwendete Zugmaschine

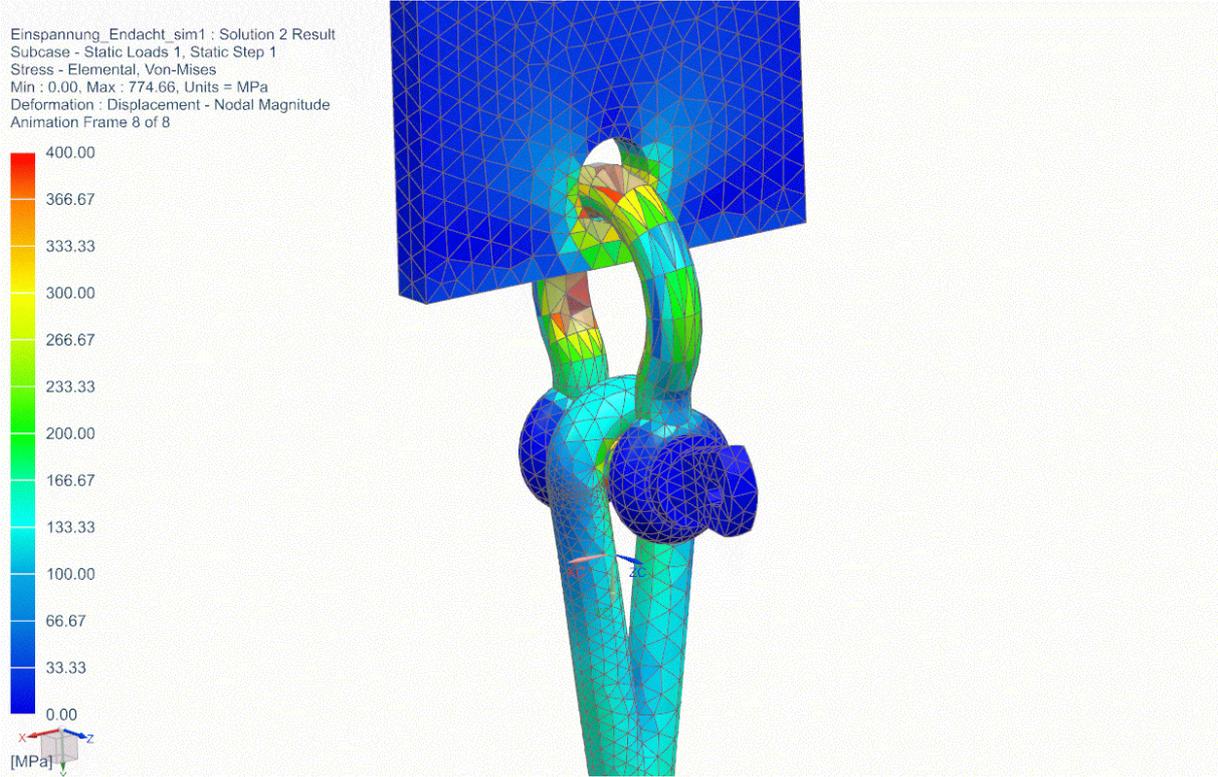


Abbildung 23: Simulation gesamt



Pfadibewegung Schweiz
Mouvement Scout de Suisse
Movimento Scout Svizzero
Moviment Battasendas Svizra

Entscheidungsempfehlung für die Weiterverwendung beschädigter Hanfseile



Gilwell Ticket 2021

Michael Kahler v/o Cocco & Lukas Schlagenhaut v/o Nimbus

Betreuung:
David Walker v/o Axel
Matthias Röthmayr v/o Piccolo

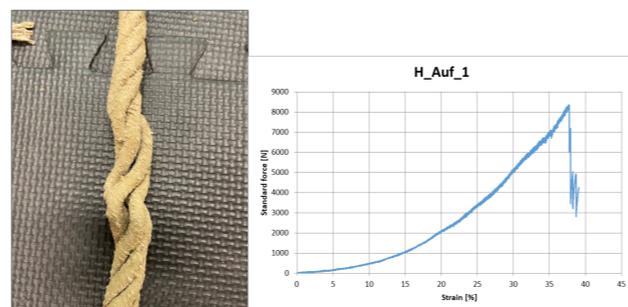
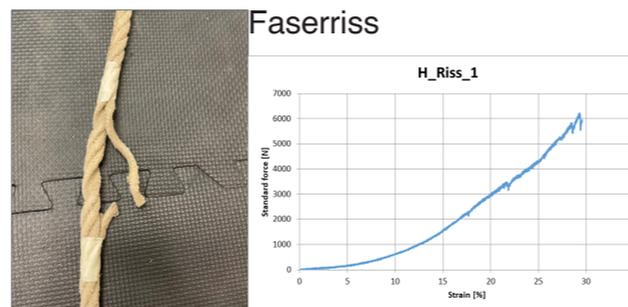
Zusammenfassung

Hanfseile werden in vielen Abteilungen für diverse Aktivitäten gebraucht. Prinzipiell dürfen Hanfseile aber nicht für Sicherheitsrelevante Aktivitäten genutzt werden (z.B. Abseilen, Seilbrücke, etc.). Für den Pionierbau bieten Hanfseile aber trotzdem noch eine gute Alternative zu den Statik- oder Manipuliergeilen. Die Literatur und das Internet liefert viele Informationen über Kunststoffseile, aber sehr wenige über die Abnutzung von Hanfseilen.

Dieses Ticket beschäftigte sich mit der Verschlechterung der Reissfestigkeit von alten Hanfseilen und über den Einfluss von Schäden am Seil. Dafür wurden Zugversuche mit einem älteren Seil durchgeführt, welches mehrere beschädigte Stellen aufwies. Die Ergebnisse zeigten, dass das Seil durch Vermoderung über die Zeit massiv an Zugfestigkeit (Zugfestigkeit = Reissfestigkeit) eingebüsst hat und die Schäden nur noch eine minimale Rolle spielten. Sollte ein Hanfseil für Pionierbauten verwendet werden sollte darauf geachtet werden, dass diese periodisch ausgetauscht oder geprüft werden und nicht über zu viele Jahre verwendet werden.

Beschädigte oder alte Seile sollte man nur noch für nicht-tragende Elemente nutzen. Zum Beispiel könnte man damit die Blachen eines Sarasani abspannen, oder eine Wäscheleine spannen. Für die Abspannung des Baumstamms sollten aber neue Hanfseile oder Kunststoffseile verwendet werden verwendet werden.

Untersuchte Schäden



Während das Versuchsseil mit Faserschaden Nr. 1 bei viel tieferer Kraft als die Referenzseile riss, hatte das Seil Nr. 2 fast dieselbe Reisskraft wie die Referenzseile. Ein Seil, welches einen Faserschaden hat, kann (aber muss nicht) somit wesentlich schneller reissen als ein noch intaktes Seil.

Die beiden Seile mit den durchtrennten Fasern rissen erwartungsgemäss bei einer niedrigeren Zugkraft als die Referenzseile. Auch erreichten die Seile mit ca. 6000N ungefähr 75% der Zugfestigkeit der Referenzseile.

Die aufgedrehten Testseile hatten keine merklich tiefere Zugfestigkeit wie die Referenzseile. Seil Nr. 2 riss auch nicht an der aufgedrehten Stelle, sondern im Knoten drin. Es konnte somit nicht gezeigt werden, dass aufgedrehte Seile schwächer sind als intakte. Dennoch darf das nicht als Beweis angesehen werden, dass aufgedrehte Stellen keine Schwachstellen im Seil bilden. Dafür ist die Anzahl der getesteten Seile zu tief und die Unsicherheit zu gross

Interpretation und Diskussion

Die wohl wichtigste Erkenntnis aus den Versuchen ist die tiefe Kraft, bei der das Seil auch unbeschädigt reisst. Bei einem älteren Seil muss offenbar davon ausgegangen werden, dass es nur noch ein Bruchteil der vom Hersteller gegebenen Kraft ertragen kann, auch wenn das Seil von aussen betrachtet, noch gut wirkt. In diesem Versuch wurde ein Seil verwendet, bei dem vom Hersteller 1600 kg als Reisskraft angegeben wurden. Die tatsächlichen Reisskräfte der Seile sind nochmals in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Nummer	Name	Schaden	Reisskraft [N]
Ref_1	Referenzseil 1	-	7595,5
Ref_2	Referenzseil 2	-	7784,4
Ref_3	Referenzseil 3	-	7880,0
H_FS_1	Hanfseil mit Faserschaden 1	Faserschaden	5375,3
H_FS_S	Hanfseil mit Faserschaden 2	Faserschaden	7568,1
H_Riss_1	Gerissenes Hanfseil 1	1 durchtrennte Faser	6222,6
H_Riss_2	Gerissenes Hanfseil	1 durchtrennte Faser	6538,1
H_Auf_1	Aufgedrehtes Seil	Aufgedrehte Fasern	8360,6
H_Auf_2	Aufgedrehtes Seil	Aufgedrehte Fasern	7642,5

Alle Daten und sind im Bericht bei der PBS einsehbar.

Empfehlungen

Viele Pfadiabteilungen verfügen über alte Seile, deren Ursprung nicht bekannt ist. Solche Seile eignen sich für die nicht sicherheitsrelevante Pfadi-Technik wie zum Beispiel Knoten üben oder die Integration als Spielobjekt. Sie eignen sich nicht für Lagerbauten, Seilbahnen und/oder Brücken sowie zum Abseilen von Personen und Material. Falls man ein Hanfseil für Pionierarbeit verwenden will, muss man sicher sein, dass es neuwertig ist. Es ist deshalb von fundamentaler Wichtigkeit, dass ein Seil nur für dessen vorhergesehenen Zweck verwendet wird. Es müssen darum Materialverantwortliche sowie Leiter gut über die Pflege, die Lagerung und die richtige Verwendung von Seilen informiert sein und die verwendeten Seile regelmässig getestet werden.

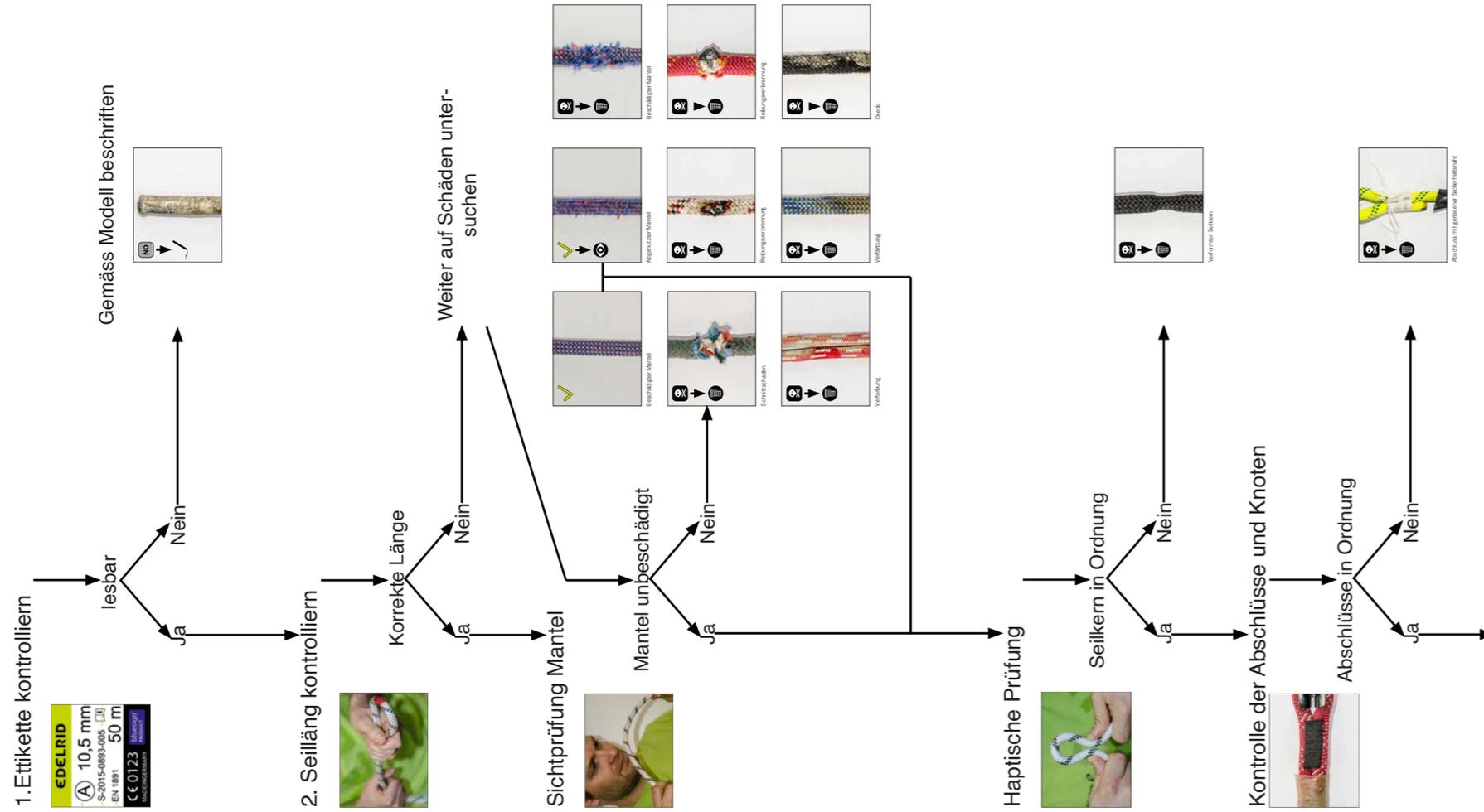
Ausblick

Die von J+S zu Verfügung gestellten beschädigten Manipuliergeile könnten in weiteren Versuchen noch getestet werden. Allerdings müsste man dies sehr wahrscheinlich mit einer anderen Zugmaschine machen oder allenfalls draussen mit anderen Zugmitteln, da der zu Verfügung stehende Fahrweg der verwendeten Zugmaschine zu knapp sein wird für ein Manipuliergeil.

Checkliste Seilunterhalt

Wenn man ein Seil (Kunst- oder Naturfaser) über einen längeren Zeitraum oder im Winter nicht benutzt, muss es richtig gelagert werden. Idealerweise sollte es an einem trockenen, dunklen und kühlen Ort gelagert werden und nicht in einem Behälter. Dies geschieht am besten in einem Seilsack oder ordentlich aufgerollt, fern von direkter Sonneneinstrahlung, Chemikalien, Hitze oder anderen potenziellen mechanischen Beschädigungsquellen. Das Seil darf nicht an einer Rolle aufgehängt werden. Ebenfalls sind dauerhafte Knoten zu vermeiden.

Seilkontrolle Kunstfaserseil



Seilkontrolle Naturfaserseil

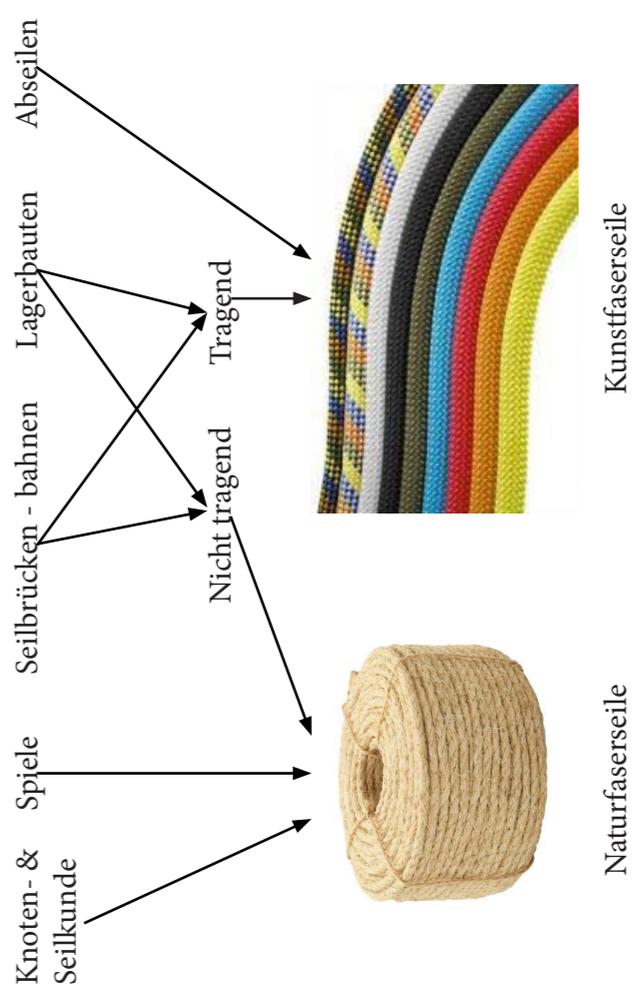
Prüfen der Außenseite des Seils auf folgende Punkte:

- Gebrochene Fasern - Abschürfungen.
- Schnitte.
- Weiche Flecken - ein sicheres Zeichen für Abnutzung.
- Fäulnis oder Verbrennungen - Hitze oder Chemikalien.
- Jede andere Verformung oder Unregelmäßigkeit.

Überprüfen Sie das Innere des Seils auf folgende Punkte:

- Gebrochene Fasern.
- Pulverisierung - Anzeichen für innere Schäden oder Überlastung.
- Trockenfäule oder Schimmel.
- Veränderung der Farbe.
- Geruch, der auf Schimmel, Fäulnis usw. hinweist.

Checkliste Seilgebrauch



Im Zweifelsfall sollte bei allen Seiltypen immer das Merkblatt zur Bedienung des jeweiligen Seiles und/oder ein Experte beigezogen werden. Gerade bei Aktivitäten welche eine hohe Sicherheitsanforderungen haben, ist es besser auf eine Aktivität zu verzichten.

Hilfsmittel

J&S hat ein Merkblatt in welchem das korrekte erstellen von Seilbrücken und Seilbahnen erklärt. Es ist immer gut, wenn man bei Aktivitäten im Bereich Pfadtechnik eine Anleitung zu benutzen, so können Fehler vermieden werden



Seiltechnik
Grundsätze für alle Seilkonstruktionen