

Knotenschlingenausreißtest unter Realbedingungen

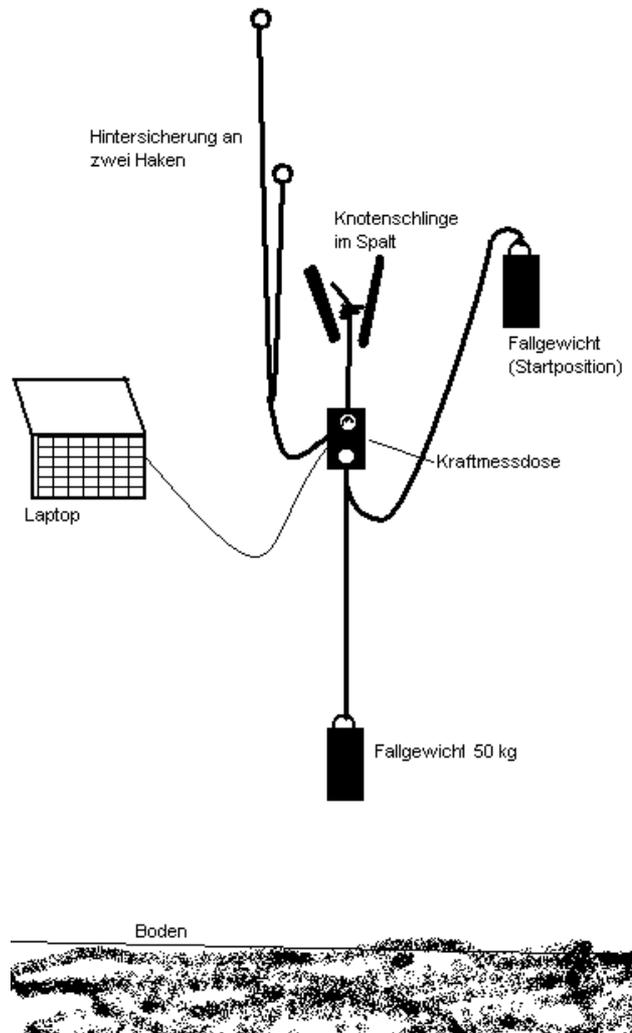
Jörg Brutscher, Sven Bombach, Thomas Böhmer
5.9.2010

Kurzfassung

Knotenschlinge sind ein Sicherungsmittel, welches hauptsächlich im Elbsandstein und den böhmischen Sandsteingebieten eingesetzt wird. Typischerweise nimmt man für Risschlingen den Achterknoten. Als Faustregel gilt hier, daß die Rissverengung, hinter der ein Knoten liegt, nicht weiter als der doppelte Schlingendurchmesser sein soll [1]. Diese Regel wurde stichprobenartig an an realem Fels und mit Sturzbelastung nachgeprüft.

Aufbau

Für die Test geeignet und bequem zu erreichen und auszuwerten erwiesen sich zwei Schlingenstellen in ca. 2m Höhe im Liebetaler Steinbruch an der Route Nr. 6. Die Verengung wurde mit Holzstücken und einer Schiebelehre nachgemessen. Für die untere Schlingenstelle, die übrigens eine sehr flache Verengung war, konnte 12-13mm an der engsten Stelle gemessen werden; bei der oberen, etwas stärker konischen Stelle waren es ca. 11-13mm. Bei allen Tests wurde ein Achterknoten zweilitzig verwendet. Direkt an der Schlinge wurde eine Kraftmessdose der Firma AST [2] befestigt. Die Kraftmessdose war mit einem Laptop verbunden, um den Kraftverlauf während des Fangstosses abspeichern zu können. An der Kraftmessdose war mittels eines doppelt genommenen, 1,5m langen Seilstücks ein 50 kg Fallgewicht befestigt. Für den Versuch wurde das Fallgewicht mittels eines anderen Seils (Flaschenzug) hochgezogen und dann ausgeklinkt. Mit diesem Aufbau ließen sich Kraftspitzen von ca. 6-9 kN erzielen.



untere Stelle flache Verengung auf 12-13mm, darüber eine eher offene und stärker konische Verengung auf 11-13mm. Rechts Schema des Versuchsaufbaus.

Bild fehlt noch!

Bild Detail: Schlinge in der Rißverengung.

Ergebnisse

Getestet wurden die obere und die untere Schlingenstelle, jeweils mit Schlingendurchmessern von 6, 7 und 8mm.

| Schlingenstelle | Maßgebliche Verengung | Schlinge | Kraft | Kraftkurve | durchgezogen / gerissen | Bemerkung |
|-----------------|-----------------------|----------|--------------------|------------|----------------------------------|--|
| unten | ca. 12-13mm | 6mm | 4.93kN | | durchgezogen | |
| unten | ca. 12-13mm | 6mm | 1.64kN | 8 | durchgezogen | |
| unten | ca. 12-13mm | 7mm | 4.48, 5.67, 5.62kN | 1,2,(3) | gehalten, gehalten, durchgezogen | |
| unten | ca. 12-13mm | 7mm | 2.86, 3.5 | 4,5 | gehalten, durchgezogen | 2. Schlinge, etwas anders gelegt, beim 1. Versuch schlug Gewicht in den Boden. |
| unten | ca. 12-13mm | 8mm | 6, 7.23 | 6,7 | 2*gehalten | |
| oben | ca. 11-13mm | 6 mm | 3.24 | 9 | durchgezogen | |
| oben | ca. 11-13mm | 7 mm | 6.25 | 10 | gehalten | |
| oben | ca. 11-13mm | 7 mm | 6.89 | 11 | gehalten | Schlinge aber unterhalb vom Knoten durch Scheuern am |

| | | | | | | |
|------|-------------|------|------|----|----------|-----------------------|
| | | | | | | Fels stark beschädigt |
| oben | ca. 11-13mm | 8 mm | 6.11 | 12 | gehalten | |
| oben | ca. 11-13mm | 8 mm | 8.5 | 13 | | Bandschlinge gerissen |

13 mm Riss, Sturzstrecke max. 4,4m (Riss 2,2m über Boden)

Kraftkurven:

1: 7mm; 8erKnoten; max. 4,48 kN; Schlinge hält - etwas nach vorn gerutscht

2: wie 1; max. 6,67 kN; siehe 1

3: 7mm; max. 5,62 kN; Kabel herausgezogen - Overload, Film Sturz + Foto von Schlinge

4: wie zuvor; max. 2,86 kN; Schlinge zu lang - Bodeneinschlag Gewicht

5: Whdl.; max. 3,5 kN; Schlinge durchgezogen - nach Vorversuch aber schon in Riss nach außen (breiter) gezogen, Foto 2

6: 8 mm Schlinge; 8er Knoten; max. 6kN; Sturzstrecke ca. 3,5m, Schlinge hält, Knoten etwas nach außen gezogen

7: wie vorher; max. 7,23 kN; Schlinge hält; Schlingenpos. unverändert, optisch noch fester gezogen

8: 6 mm Schlinge; 8er Knoten; max. 1.64 kN; Schlinge rausgezogen, Knoten verdickt, Mantelschäden, Foto 3

Rissbreite

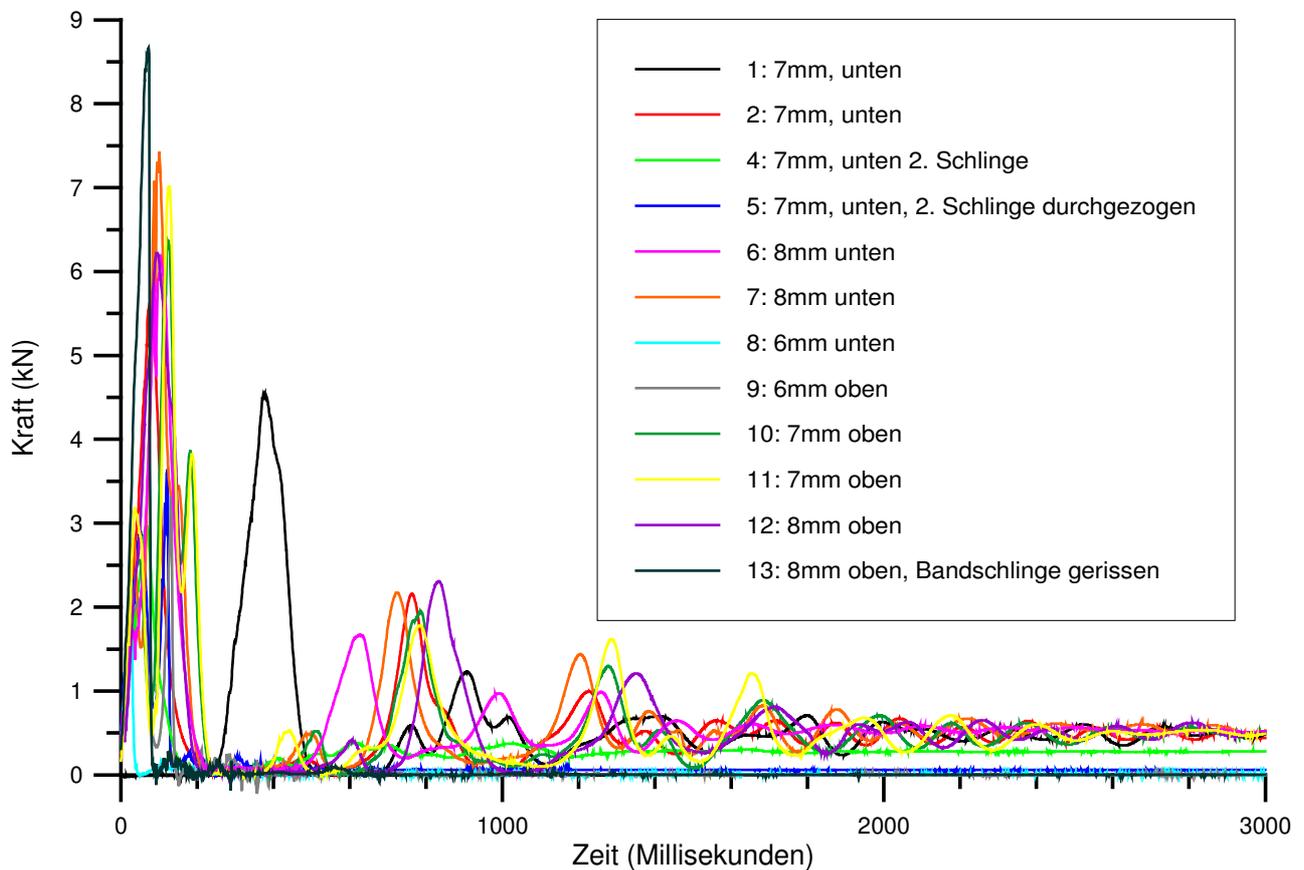
9: 6mm Schlinge; 8er Knoten; max. 3,24 kN; Schlinge rausgezogen, starke Mantelschäden, Verbrennung an Schlinge selbst

10: 7mm Schlinge; 8er Knoten; max. 6,25 kN; Schlinge hält

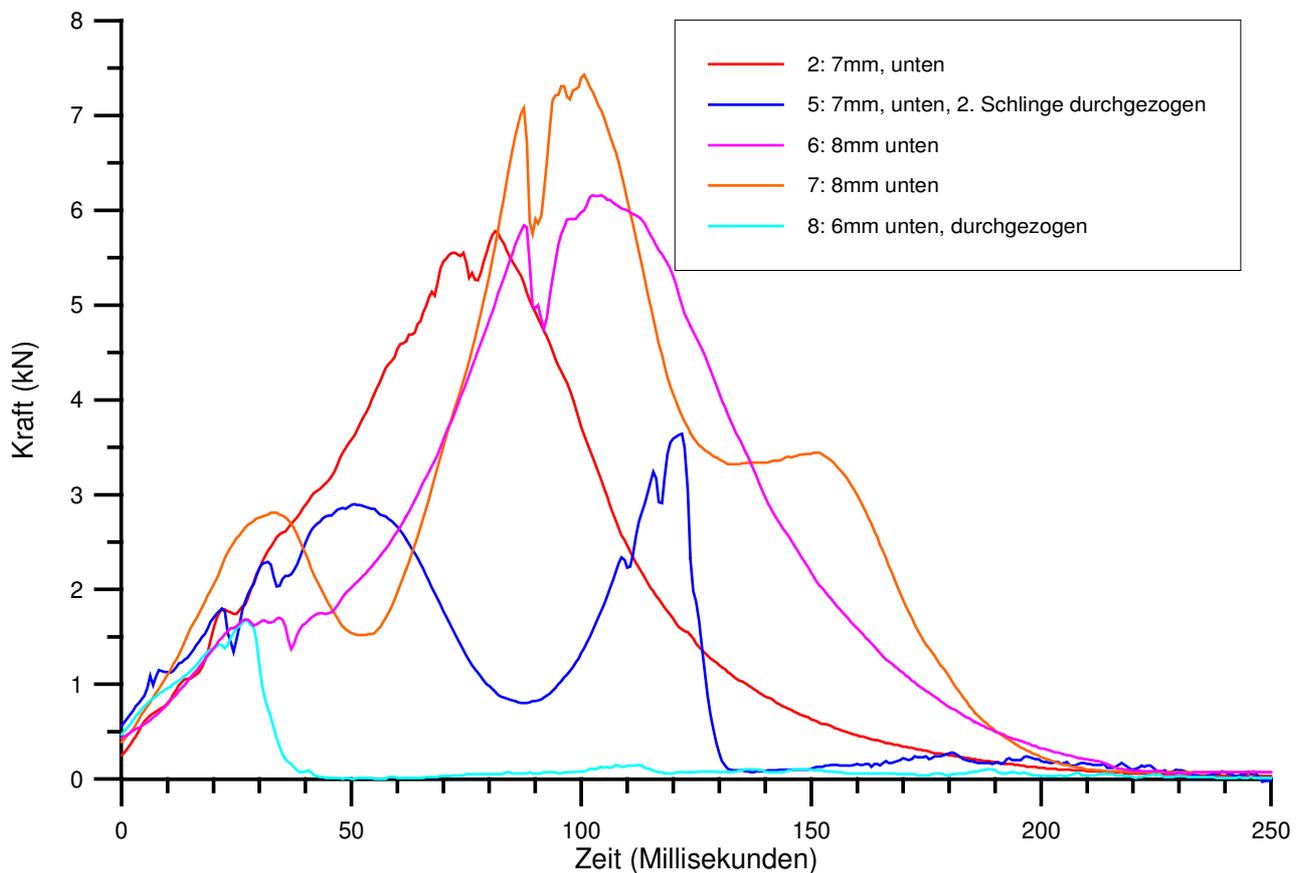
11: wie vorher, höher; max. 6,89 kN; Schlinge hält

12: Bandschlingentest (an 8mm Schlinge); max. 6,11 kN; Schlinge hält, Enden etwas in Knoten gezogen

13: wie vorher - höher; max. 8,5 kN; Bandschlinge: Schlingenriss auf Bandstück, knotenfern



Kraftverlauf bei den Reißtests, Übersicht alle Messungen. Beim 1. Versuch war das Gewicht noch einsträngig angebunden, deshalb ist dort die Kraftspitze niedriger, aber länger.



Detail der Kraftverläufe an der unteren Schlingenstelle. An den Zacken des ansteigenden Kraftverlaufs sieht man, daß die Schlinge durchrutscht.

Bewertung

Die Ergebnisse zeigen, daß Knotenschlingen halten, wenn sie für die Schlingenstelle taugen. Die Faustregel "Verengung muß kleiner sein als doppelter Schlingendurchmesser" konnte in erster Näherung bestätigt werden. Zumindest bei der oberen Schlingenstelle wurde die 6er Schlinge, die diese Bedingung nicht erfüllt, durchgezogen, und 7er und 8er Schlingen halten.

Bei der unteren Schlingenstelle wurde allerdings entgegen der Erwartung dieser Regel in zwei Fällen auch die 7er Schlinge durchgezogen. Man kann vermuten, daß dies damit zusammenhängt daß diese Verengung sehr flach ist. Dadurch wird die Schlinge unter Last schon vor der Verengung ein Stück durch den Riß gezogen und dadurch beschädigt. Man kann dies schön in den Bildern sehen; auch die Kraftkurven zeigen schön das Durchrutschen. Die dadurch vorgeschädigte Schlinge hält dann nicht mehr, was sie sollte.

Lernen kann man daraus, das flache Verengungen nicht so gut sind wie stärker ausgeprägte Verengungen; und daß man für diese flachen Verengungen die Regel besser auf "kleiner 1.8-fachen Schlingendurchmesser" verschärfen sollte.

Bilder der durchgezogenen Schlingen: Schmelzspuren, Abrieb

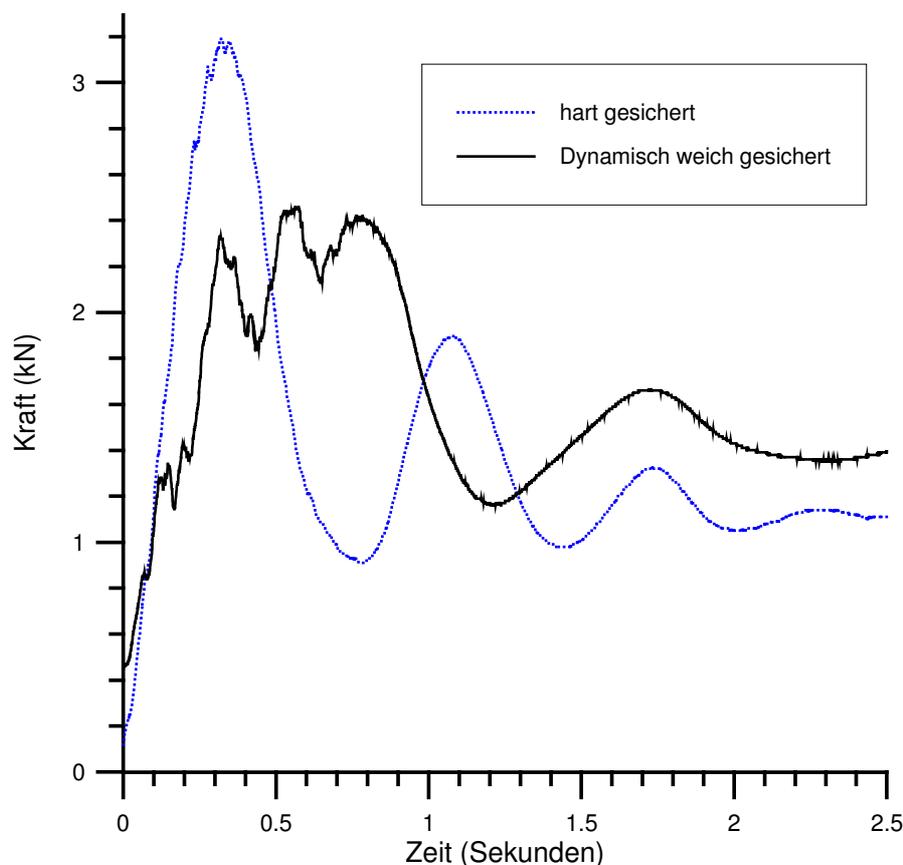
Weitere Tests

Beim letzten Test wurde noch eine Fusselbandschlinge mit einem Sackstich als Knoten mitgetestet. Unerwarteterweise hielt der Sackstich trotz einer Kraftspitze von 8.5 kN, stattdessen riss die Bandschlinge mitten im Material, also nicht im Knoten. Dies steht im Widerspruch zu bisherigen, auch schon nicht eindeutigen Ergebnissen []

Ergebnisse Sturzversuche

Als letztes wurde die Gelegenheit genutzt, die bei echten Kletterstürzen auftretenden Kräfte noch einmal nachzumessen. Dazu wurde im Liebetaler Steinbruch die Route recht von der Nr. 6 (???) bis zum 4. Haken geklettert und in diesen 4. Haken wurde anstatt eine Expressschlinge die Kraftmessdose eingehängt. Dieser Haken befand sich ca. 10m über dem Boden. Dort wurde abgesprungen und unterschiedlich gesichert.

| Nr. | Kletterergewicht | Höhe Anseilpunkt über Umlenkung | Sicherung | Kraftspitze [kN] |
|-----|------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 1 | 79 kg | 1.2m | Körpersicherung extraweich | 2.4 |
| 2 | 79 kg | 1.2m | Körpersicherung, etwas härter | 3.42 |
| 3 | 79 kg | 2.6m | Körpersicherung, etwas härter | 4 |
| 4 | 87 kg | 0.4m | Körpersicherung weich | 2.66 |
| 5 | 87 kg | 1m | Körpersicherung, etwas härter | 3.95 |
| 6 | 87 kg | 1m | Körpersicherung, etwas härter | 3.88 |
| 7 | 87 kg | 1m | statisch über Fixpunkt | 4.84 |
| 8 | 77 kg | 1.5m | Körpersicherung 60 kg Kletterer | 3.95 |
| 9 | 77 kg | 1.5m | Körpersicherung 87 kg Kletterer | 4.1 |
| 10 | 77 kg | 1.5m | Fixpunktsicherung | 5.4 |



Kräfte auf die Umlenkung in Abhängigkeit von der Zeit. Sturzversuche 1 und 2. (Kletterer 79 kg, in ca. 10m Höhe, Anseilpunkt 1.2m über Haken). Bei der dynamischen Sicherung kann man schön den Seildurchlauf erkennen.

Die gemessenen Kräfte hängen doch deutlich von der Art der Sicherung ab. Weiche Sicherung kann die Kräfte auf die Umlenkung signifikant reduzieren. Allerdings waren all diese Kräfte für die Versuchspersonen noch gut im für Freiwillige zumutbaren Bereich; man hätte wohl auch noch bis 7 kN gehen können. In diesem Bereich dürften sich auch die meisten Stürze abspielen.

Danksagung

Der Firma AST wird gedankt für die Ausleihe des Kraftmessgeräts. Ohne dieses wären diese Versuche nicht möglich gewesen.

Ein Dank geht auch an Paul Sass für das Mitspringen bei den Sprungversuchen.

Bilder



Der Knotenschlingenteststand.



Auswertung der Kraftmessung; die Schlinge hat gehalten.



Messung der auftretenden Kräfte bei einem Sportklettersturz.

Literatur:

[1] "Was halten Knotenschlingen", Mitteilungsblatt des SBB 1/1998, aber auch hier <http://www.joergbrutscher.homepage.t-online.de/knoten.htm>

[2] <http://www.ast.de/geschaeftsfelder/kraftmess--und-waergetechnik,14.html> bzw.
<http://www.landcruising-slacklines.de/vmchk/10-02-01-advanced-force-controller.html>