

# Aus Schaden wird man klug: «Fangstoss»

Ein Unfall. Nur Sachschaden – zum Glück. Aber der Sachschaden war gross, sehr gross! Darum lohnt es sich, einige Minuten über den oft unterschätzten dynamischen «Fangstoss» nachzudenken. Ein Fangstoss entsteht dann, wenn eine Masse in ein schlaffes Seil fällt.



Zwei Arbeiter sichern den Kollegen am Kran. Zum Glück kennen sie den Fangstoss nicht!

Autoren:  
Gabor Oplatka und Max Schärli

So geschah es im folgenden Fall. Eine Last von einigen hundert Kilogramm wird mit einer

Seilwinde gehoben und gesenkt. Abb. 1 zeigt die intakte Befestigung. Bei einer der Absenkungen rutscht die Last nicht ab. Die Seilwinde läuft aber, mangels Schlaffseilüberwachung weiter. Plötzlich rutscht die Last aber doch und fällt ins Schlaffseil. Was dann geschah, zeigt Abb. 2.

## Wie entsteht der «Fangstoss»?

Abb. 3 illustriert den Vorgang. Situation A: Die Masse  $m$  hängt am Seil mit der Länge  $l$ . Im Seil wirkt die Kraft  $F = mg$ . (Normalfall). Situation B: Die Masse  $m$  ist um die Höhe  $h$  angehoben und dort blockiert. Die Kraft im schlaffen Seil ist  $F = 0$ . Situation C: Die Blockierung löst sich, die Masse  $m$  fällt ins schlaffe Seil. Sie stoppt nicht nach der Länge  $l$ , sondern (sofern das Seil nicht reisst), um die Dehnung tiefer. Die dabei auftretende maximale Seilkraft  $F_{\max}$  wird als Fangstoss bezeichnet. Der Fangstoss ist  $k$  mal grösser als die statische Last.  $k$  wird deshalb «Lastvielfache» genannt. Im Seil wirkt die Kraft  $F_{\max} = k mg$ !

## Berechnung des Fangstosses

Der «Fangstoss» ist das  $k$ -fache der statischen Last.  $F_{\max} = k mg$ .  $k$  berechnet sich nach der Formel:

$$k = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot A \cdot E \cdot h}{m \cdot g \cdot l}}$$

Dabei sind:  $k$  = Lastvielfache,  $A$  = Seilquerschnitt,  $E$  = Elastizitätsmodul,  $h$  = Fallhöhe,  $m$  = Masse,  $g$  = Fallbeschleunigung,  $l$  = Seillänge,  $F_{\max}$  = Max. Fangstosskraft.

Numerisches Beispiel:

Stahlseil 6 x 7,  $F_{\text{Bruch}} = 17 \text{ kN}$ ,  $d = 5,5 \text{ mm}$ ,  $A = 10,9 \text{ mm}^2$ ,  $E = 100 \text{ kN/mm}^2$ ,  $m = 80 \text{ kg}$ ,  $l = 10 \text{ m}$ ,  $h = 1 \text{ m}$ .

Mit diesen Zahlen wird  $k = 17,53$ . Das heisst, der Fangstoss ist 17,53-mal grösser als die statische Last.  $F_{\max} = 17,53 \times 80 = 1402 \text{ kg}$  oder  $13,7 \text{ kN}$ . Das Seil reisst nicht, denn es hat eine Bruchkraft von  $17 \text{ kN}$ .

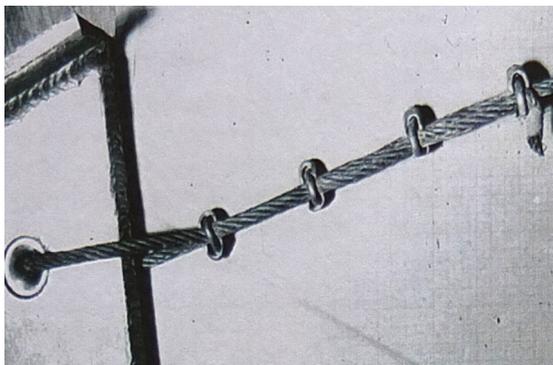


Abb. 1. Bei der Absenkung mit einer Seilwinde blieb eine Last für eine kurze Zeit hängen. Weil keine Schlaffseilüberwachung installiert war, lief die Winde weiter. Die Last stürzte ins Schlaffseil.

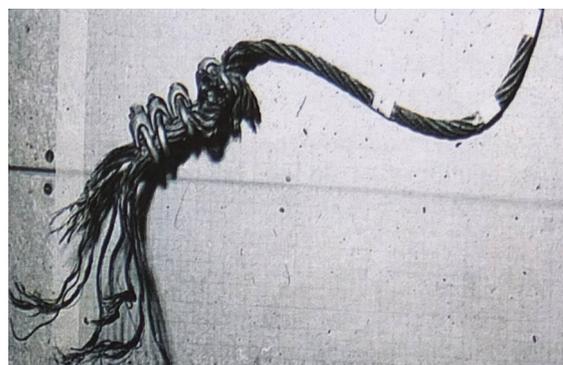
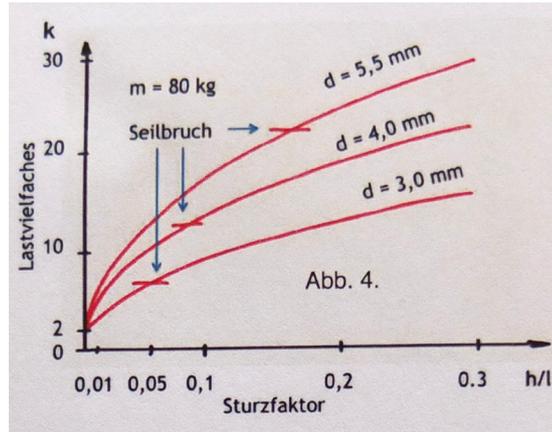
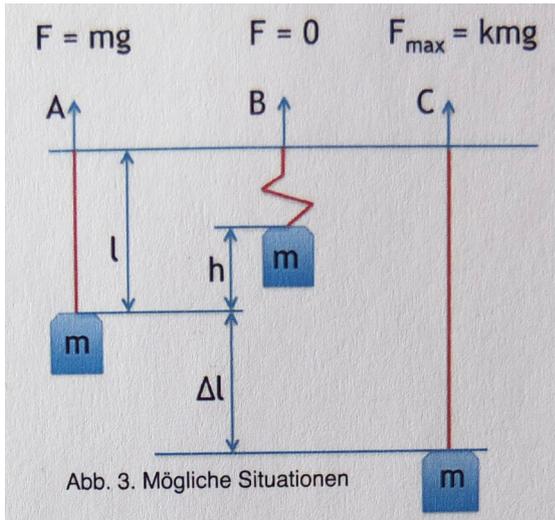


Abb. 2. Trotz der Dämpfung durch die rutschenden Bügelklemmen brach das Seil. Die Markierungen in der rechten Bildhälfte zeigen die Positionen der Klemmen vor dem Unfall.

# Wissen



In Abb. 4 ist das Lastvielfache  $k$  in Abhängigkeit des Sturzfaktors  $h/l$  dargestellt. Zu Grunde liegen Stahldrahtseile  $6 \times 7$  mit verschiedenen Durchmessern.

## Folgerungen

a) Massgebend für die Grösse des Fangstosses ist der Sturzfaktor  $h/l$ , d.h. das Verhältnis der Fallhöhe zur Seillänge.

b) Bei einem Sturzfaktor  $h/l = 0$  ist der Faktor  $k = 2$ ! D. h. bei einem mit 0 Kraft gespannten Seil steigt die Kraft beim Sturz bereits auf das Doppelte der statischen Kraft, z.B. bei  $m = 80$  kg auf 160 kg bzw. 1,6 kN.

c) Mit zunehmendem Seildurchmesser und identischem Sturzfaktor, steigt das Lastvielfache  $k$ .

## Bemerkungen

a) Der E-Modul eines Seiles ist im Allgemeinen nur in einem beschränkten Bereich konstant. Ausserhalb dieses Bereiches ist die oben angeführte Berechnung nur beschränkt gültig.

b) Verläuft das Seil zwischen der Fixierung und der fallenden Masse an Ablenkungen und/oder Klemmen vorbei (Abb. 1 und 2), so wird an diesen Stellen durch Reibung Energie absorbiert. Der Fangstoss wird entsprechend kleiner, aber das Seil kann an diesen Stellen gravierend beschädigt werden.

c) Für Seile die extra für kleine Fangstöße konzipiert sind, zum Beispiel: [www.petzl.com](http://www.petzl.com) (Seile für Personensicherungen, Bergsteiger,...), [www.buwalshop.ch](http://www.buwalshop.ch) (Richtlinien über die Typenprüfung von Schutznetzen gegen Steinschlag).

## Merke

Überall wo Lasten oder Menschen in ein Seil «fallen» können, ist besondere Aufmerksamkeit geboten. Dies ist nicht nur bei Seilwinden der Fall, auch bei Rettungseinsätzen oder einfachen Hebeeinrichtungen sind Sturzfaktor und Lastvielfache zu bedenken, diese Grössen werden meistens unterschätzt!