

Kraftmessung in Highlines

8. Oktober 2010

Christian Katlein, Fritz Miller

1. Einleitung:

Die Kräfte beim Slacklines sind mittlerweile einigermaßen gut bekannt. Für Standardtricklines in Turnhallen gibt die zukünftige DIN-Norm eine maximale Reaktionskraft von 7kN vor. Härter gespannte Jumplines stoßen leicht in einen Bereich von Kräften zwischen 10 und 15kN vor. In dem gleichen Bereich bewegen sich die Belastungen beim Longlines bis ca. 100m. Erst bei extremen Longlines werden Kräfte über 20kN erreicht. Diese Erfahrungen lassen sich im statischen Fall direkt auf das Highlines übertragen. Eine gewisse Ungewissheit besteht jedoch was genau im Fall eines Leash-Sturzes passiert und welche Kräfte wirken. Bisher gibt es nur wenige Messungen^{1,2} an verhältnismäßig kurzen Lines mit geringer Vorspannung. Da jedoch immer mehr Highlines aufgebaut werden und dabei aufgrund der Längen von über 50m auch immer höhere Vorspannungen zum Einsatz kommen, sollen weitere Versuche weitere Erkenntnis bringen:



Highlinemessungen an einem schönen Herbsttag in Tübingen

2. Aufbau



Kraftmessdose im Highline-Aufbau

Zur Messung wurde eine 26m lange Highline an einem Kraftmesser befestigt um zunächst die Auswirkungen eines Sturzes auf die an den Fixpunkten wirkenden Reaktionskräften zu untersuchen. Der Slackliner mit einer Masse von 80kg stürzte nun in etwa der Mitte des Bandes, wo die höchsten Reaktionskräfte zu erwarten sind vertikal in die ca. 180cm lange Leash. Der Kraftverlauf wurde mit einer digitalen Kraftmesszelle aufgenommen. Diese Versuche wurden bei Vorspannungen von je 6kN bzw. 8,5kN durchgeführt. Diese Werte sind deutlich höher, als bei den bisherigen Messungen, aber entsprechen eher der Realität in längeren Highlines. Um die Messungen als Abschätzung von maximalen Kräften werten zu können, wurde ein nur wenig dynamisches 25mm Slackline-Band verwendet.

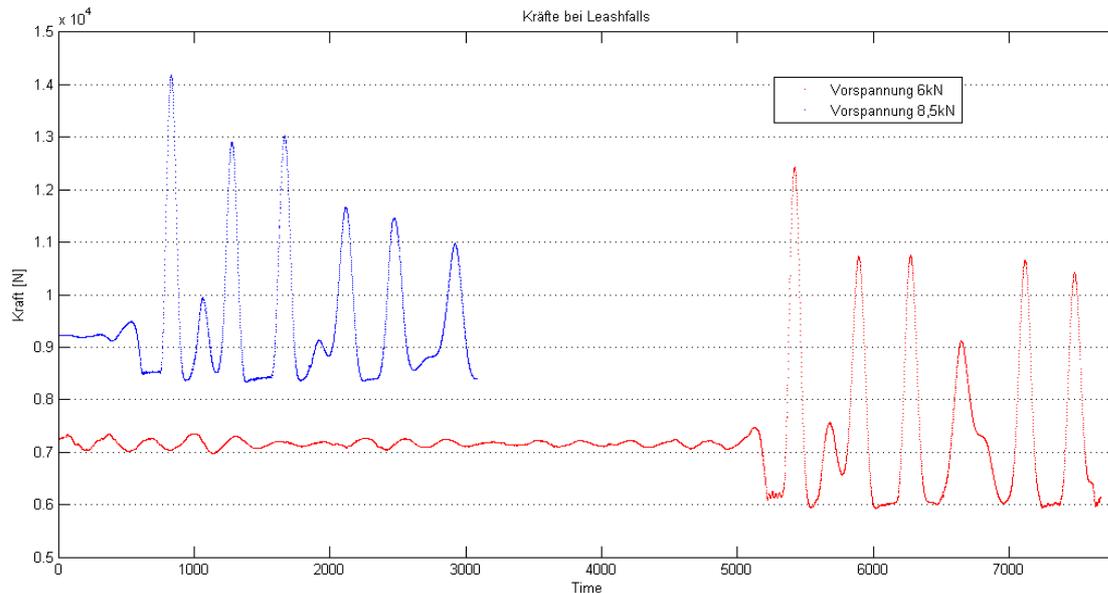
Im zweiten Abschnitt wurde die Kraftmesszelle direkt in die Highline-Leash eingebaut. Das Band wurde wiederum auf eine Vorspannung von ca. 9kN gebracht und der Slackliner stürzte sich bei etwa 1/3 der Linelänge in die Leash. Die Position in Richtung Rand wurde gewählt, da das Highline System am Rand über weniger Dynamik verfügt, somit ein geringerer Bremsweg zur Verfügung steht und die Kraft in der Leash höher ausfällt als bei einem Sturz in Bandmitte.



Kraftmessdose in der Leash

3. Ergebnisse

Das folgende Diagramm zeigt zwei typische Sturzverläufe bei unterschiedlichen Vorspannungen:



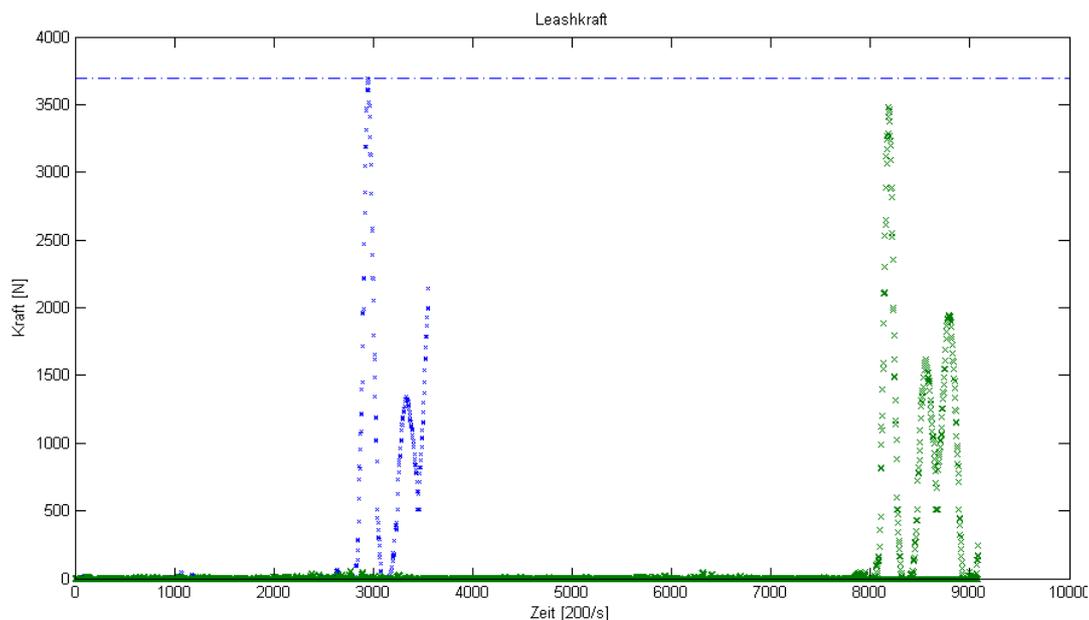
Hierbei ist gut zu erkennen, dass bei einer Vorspannung von 8,5kN durchaus Kräfte von über 14kN auftreten können. Es zeigt sich jedoch auch, dass der prozentuale Anstieg der Spitzenkraft im Vergleich zur Vorspannung mit steigender Vorspannung merklich abnimmt. Wagt man aus den vorliegenden Daten eine Extrapolation aus den vorliegenden Daten, so zeigt sich das bei einer Vorspannung von 20kN ein Leashsturz die Reaktionskräfte lediglich um 3kN erhöht. Bei ca. 25kN Vorspannung wäre gar einzig und allein die Vorspannung relevant. Diese Extrapolation ist natürlich mit Vorsicht zu genießen, dennoch deckt sie sich relativ gut mit dem aus extremen Longlines bekanntem Verhalten. In der Vergangenheit angeregte Zusammenhänge (Reaktionskräfte = 2,5 x Vorspannung³) bewahrheiten sich also nicht.

Ein Vergleich insbesondere mit den Messungen von D. Mercier an einer kurzen 7m-Highline zeigen, dass eine längere Highline durch die höhere Dynamik im Sturzfall auch geringere Reaktionskräfte an den Fixpunkten erzeugt. Da die meisten Standard-Highlines meist Vorspannungen unter 10kN aufweisen, können die von uns gemessenen 15kN als Obergrenze angesehen werden. Lediglich in extremeren Highlines mit einer Länge von mehr als 50m, können auch Kräfte im Bereich von 20kN erzeugt werden. Bei extrem kurzen Lines unter 10m, macht sich die mangelnde Dynamik durch relativ gesehen hohe Reaktionskräfte an den Fixpunkten bemerkbar, die aber aufgrund der geringen Vorspannung unkritisch bleiben.

Die folgende Tabelle fasst diese sowie zwei bisherige Messergebnisse zusammen:

Länge [M]	Vorspannung [kN]	Reaktionskraft bei Sturz [kN]	Kraftzuwachs [%]
26	8,5	14,1	66
26	6,0	12,4	107
9 ²	4,0 ²	8,3 ²	108
7 ¹	3,3 ¹	9,8 ¹	197

Eine weitere kaum untersuchte Frage ist die Kraft, die im Sturzfall auf die Leash wirkt. Bereits logische Überlegungen und ein Vergleich des Sturzgefühles führen darauf, dass diese Kräfte im Bereich eines moderaten Sportklettersturzes liegen müssen. Da die Messung jedoch messtechnisch etwas anspruchsvoller ist, gibt es kaum Vergleichsdaten. Die Messungen aus der 7-Meter Highline¹ sind aufgrund der sehr kurzen Line wenig aussagekräftig. Und der Wahrheitsgehalt einer nur über Mund-zu-Mund Propaganda verbreiteten amerikanischen Messung ist auch nicht überprüfbar. Das folgende Diagramm zeigt unsere Messergebnisse:



Der ermittelte Wert von ca. 3,5kN bis 4kN liegt genau im erwarteten Bereich und bestätigt somit die Vermutung, dass in der Leash selber nur relativ geringe Kraftspitzen im Bereich von kleinen Sportkletterstürzen auftreten.

4. Fazit

Die Messungen haben gezeigt, dass sich die gängigen Vermutungen über Kräfte bei Highlinestürzen aufgrund des mittlerweile allgemein besseren Verständnisses der Slackline bestätigt haben. Um die Kraft im Highlinesystem so niedrig wie möglich zu halten, sollte jederzeit versucht werden die Highline bei einem Sturz zu fangen. Weiterhin sollte die Leash so kurz wie möglich gehalten werden und das Gesamtsystem auf Bruchlasten von 20kN besser 25kN ausgelegt werden. Hierbei ist insbesondere die Bruchkraftreduktion der Linebefestigung mit zu bedenken! Es sollte also vorrangig robustes Bandmaterial mit einer Bruchkraft um 30kN für Highlineaufbauten verwendet werden. Für die Leash reicht ein normales Einfachseil, das am Klettergurt mit Knoten eingebunden und über einen geprüften Stahlring mit Highline und Backup-System verbunden ist. Defensives Verhalten und Vorsicht sollten sowieso Standard sein.

¹ Mercier D. & Aschaber M. (2009) Highline, Etat de l'art

² Geyer D. & Hairer F. Kraftmessung an einer Slackline

³ Miller F. & Friesinger F., Slackline – Tipps Tricks Technik, Panico Alpinverlag 2008