

Kraftmessung in Slacklines - Applikationsbericht

24. Juli 2008

Christian Katlein , Patrick Engel

Partner: LORENZ Messtechnik GmbH

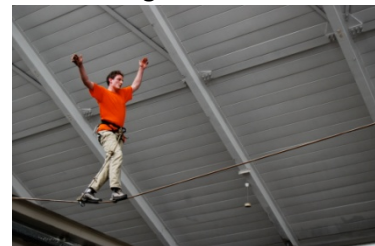
1. Slacklines:



Slacklines ist ein Trendsport, der in den letzten zwei Jahren in Europa einen von der Kletterszene ausgehenden unglaublichen Aufschwung erlebt. Obwohl die Wurzeln des Sports bereits im legendären (Kletter-) „Camp 4“ im Yosemite-Valley (USA) der 70er Jahre liegen, ist er erst in letzter Zeit populär geworden.

Beim Slacklines wird ein flaches dehnbare Kunstfaserband (25-35 mm) zwischen zwei Fixpunkten (z.B. zwei Bäumen) mittels Flaschenzug oder Ratsche aufgespannt. Der Sportler versucht auf diesem Band zu laufen und verschiedene Kunststücke (Tricks) auszuführen. Bei einem flüchtigen Blick ähnelt Slacklines dem (Draht-) Seiltanz, unterscheidet sich davon aber durch die unterschiedlichen Materialien auch erheblich in seinen

Anforderungen. Slacklines können auf vielfältige Weise gespannt werden. Die Länge variiert zwischen 5 und momentan knapp 200 Metern während vor allem bei kürzeren Slacklines auch die Spannung von durchhängend bis stark gespannt variiert. Als Königsdisziplin gilt das „Highlines“: Hierbei wird eine Slackline oberhalb der Absprunghöhe zum Beispiel zwischen zwei Felsgipfeln aufgebaut. Jede dieser verschiedenen Slacklines birgt eigene Gefahren und Risiken.



2. Aufgabenstellung:

Die in einer Slackline auftretenden Kräfte werden schnell größer als man denkt. Die physikalischen Hintergründe sind nur wenigen Slacklinern bekannt, so dass es regelmäßig zu Fehleinschätzungen und daraus resultierendem gefährlichem Materialversagen kommt.

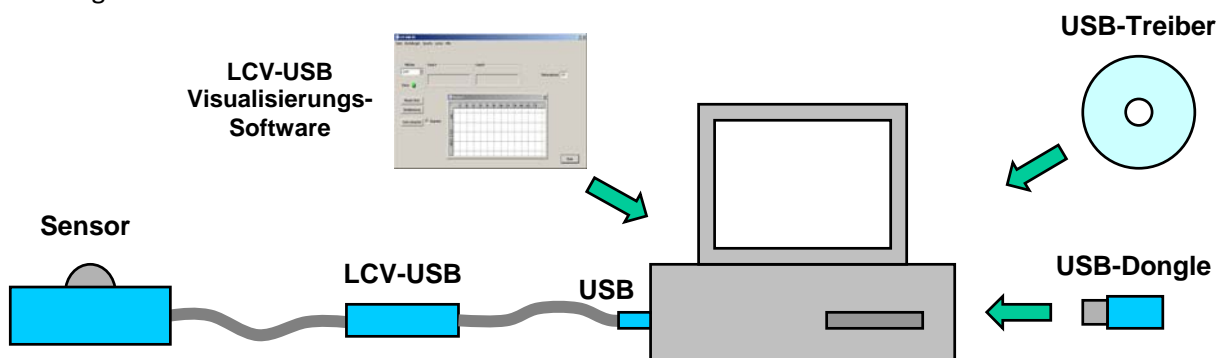
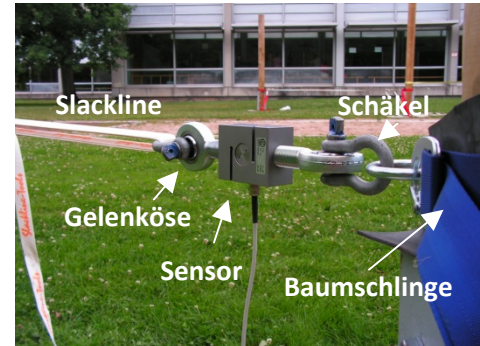
Durch den Einbau eines Kraftmessers in Slacklines bei Kursen und Workshops, soll über die Größe der Kräfte und das resultierende Gefahrenpotential aufgeklärt werden.

Auch fortgeschrittene Slackliner können oft die auftretenden Kräfte schlecht einschätzen, so dass die Systeme unnötig überdimensioniert und damit untransportabel werden. Bei sehr langen Slacklines, sogenannten „Longlines“ muss aufgrund der Länge mit sehr hohen Vorspannungen (~10 kN) gearbeitet werden, damit der Sportler nicht in der Mitte den Boden berührt. Hierbei hilft der Kraftmesser die Kräfte trotz hochübersetzten Spannmechanismen (Kettenzug/15:1 Flaschenzug) unter Kontrolle zu behalten und damit unter der Belastungsgrenze des Materials zu bleiben. Bei „Highlines“ ist zwar die Vorspannung nicht so groß, aber der Sportler sichert sich direkt am Band, was bei einem Sturz auch entsprechend hohe Kräfte verursacht. Bisher begegnen die Sportler der Gefahr hier mit stark überdimensionierten Systemen mit mehrfacher Redundanz. Es ist allerdings nur wenig

über die tatsächliche Größe der auftretenden Kräfte bekannt. Diese Belastungen sollen mithilfe des Kraftmessers näher untersucht werden um die Sicherheit des Slackline-Aufbaus zu optimieren.

3. Messaufbau:

Die Kraftmesszelle K-25 (Messbereich 20kN) von Lorenz Messtechnik wurde auf beiden Seiten mit einer M24x2 Gelenköse versehen, die mithilfe von Schäkeln direkt in die Slackline eingebaut wurde. Mithilfe des USB-Messverstärkers LCV-USB wurde der Sensor direkt an den USB-Port eines Laptops angeschlossen. Je nach Anwendung wurden die Messdaten mit der mitgelieferten Software LCV-USB-VS aufgezeichnet und in Kraft-Zeitdiagrammen dargestellt, oder mittels der Software Lab-View der Laptop als analoge Anzeige für den Kraftsensor verwendet. Um auch dem Slackliner selbst ein Gefühl für die in der Line auftretende Kraft zu vermitteln, wurde mittels Lab-View der Kraftwert an die Frequenz eines Sinusgenerators gekoppelt, was ein relatives Einschätzen der Kraft durch den selbst aktiven Sportler ermöglicht.



4. Kraftmessung im laufenden Kursbetrieb:

In den Kursen wurde in eine der aufgebauten Lines der Kraftmesser eingebaut. Die Kursteilnehmer konnten so während der gesamten Übungsstunde die wirkenden Kräfte bei den verschiedensten Aktionen auf der Line beobachten. Besonders interessant war hierbei der Einbau des Kraftmessers in sog. Jumplines, bei denen sehr schnell überraschend hohe Kräfte von ca. 9kN erreicht wurden.



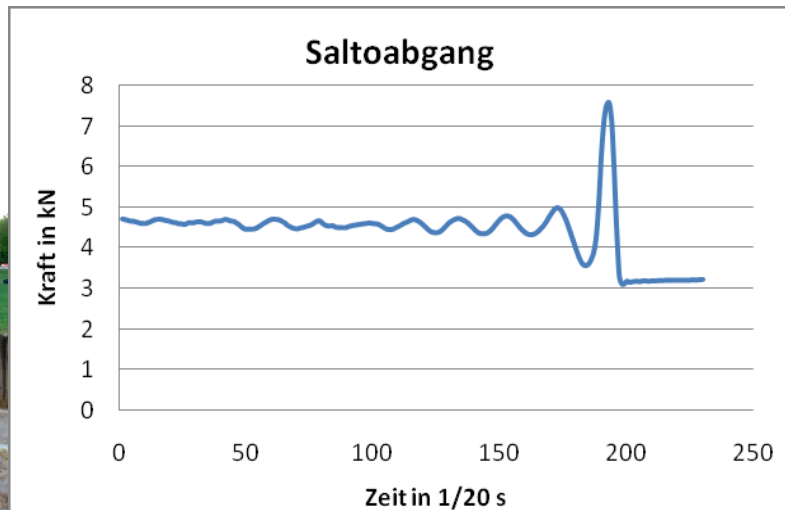
Den Kursteilnehmern ermöglichte dies einen einfachen Einblick in die Physik der Slackline. Sie waren sehr beeindruckt von der tatsächlichen Größe der Kräfte.



5. Kraft-Kurven bei verschiedenen Tricks

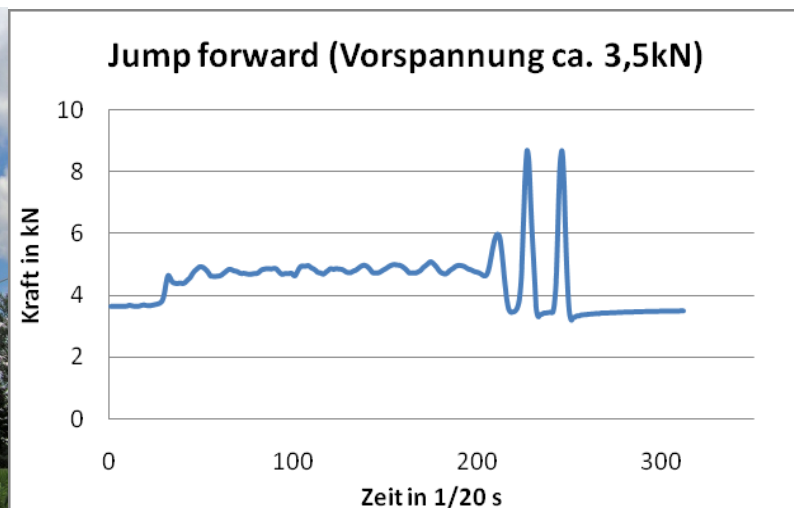
Der Kraftmesser wurde wie vorher direkt in die Line (8m) gebaut und nun während zwei verschiedenen Tricks die Kraftkurve aufgezeichnet.

Saltoabgang



Durch das Gewicht des Slackliners liegt die Kraft anfangs bei knapp 5kN. Fängt der Sportler an Schwung zu holen, ist dies gut im Kraft-Diagramm zu sehen. Nach dem deutlich erkennbaren Absprung, währenddessen eine Spitzenkraft von knapp 8kN wirkt, sinkt die Kraft bis zum Vorspannungswert von gut 3 kN ab.

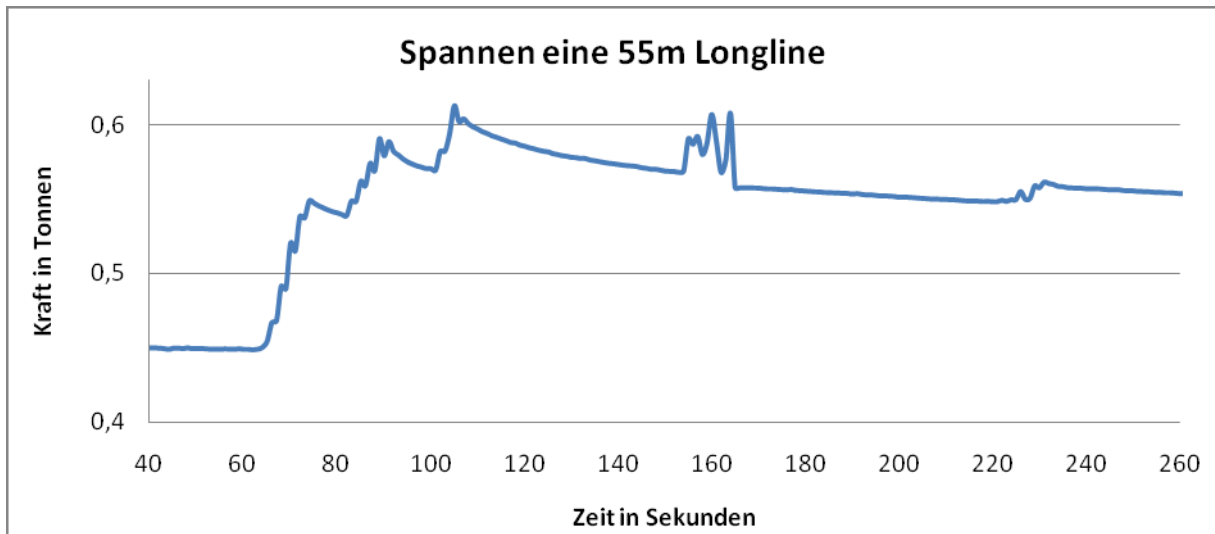
Jump forward



Hier ist wieder gut das langsame Schwungholen zu erkennen. Zwei deutliche Kraftspitzen von knapp 8,6 kN zeichnen Absprung und Landung.

6. Kontrolle der Kraft beim Longlineaufbau

Nun wurde eine 55 Meter lange Longline mittels 45:1 Flaschenzug¹ gespannt. Während einem Teil des Spannvorgangs wurde die Kraft mittels direkt eingebautem Kraftmesser festgehalten.



Hierbei sind gut die einzelnen Krafthübe des Flaschenzugsystems zu erkennen. Besonders auffällig ist, dass während der Phasen in denen das System ruhte die Kraft im System langsam exponentiell wieder zurückfällt, was auf die textilen Materialeigenschaften des Bandes zurückzuführen ist.

7. Fazit

Die mithilfe der mit dem Sensor K25 von Lorenz Messtechnik sowie der dazugehörigen Messperipherie gemachten Messungen lassen interessante Schlüsse zu.

So zeigte sich z.B., dass ohne weiteres auch in kurzen nicht außerordentlich gespannten Slacklines (unter 5kN Vorspannung) bei Sprüngen und ähnlichen Tricks sehr hohe Kräfte von ca. 9kN wirken können. Einige Hersteller bieten momentan Slackline-Sets mit Ratschen deren Spannkraft mit lediglich 7,5kN angegeben ist an. Diese Systeme können also im täglichen Slacklineinsatz durchaus an ihre Grenzen gelangen. Bereits bei diesen einfachen Fragen hilft hier die moderne Messtechnik der Firma Lorenz Messtechnik die Dimensionierung des verwendeten Slackline-Materials zu verbessern.

Die Messungen zeigen auch, dass sich eine Slackline nicht wie eine Hooke'sche Feder verhält. Die Effekte der textilen Materialeigenschaften, Nichtlinearität und Hysterese beherrschen deutlich das dynamische Verhalten des Kunstfaserbandes. Dieses gewonnene Wissen kann in die Optimierung der Spannvorgänge und Bandmaterialien einfließen.

¹ Durch Reibungsverluste ist der Flaschenzug effektiv kein 45:1 Flaschenzug
Bilder: Christian Katlein, Patrick Engel