

Vergleich der (Dehnungs- und) Dämpfungseigenschaften am Kletterseil Edelrid XP*

NEU GEGEN ALT

EINFACHSEIL GEGEN DOPPELSTRANG

Baumpfleger benutzen mit der PSA gegen Absturz ein sog. Arbeitsplatzpositionierungssystem. Die Seile, Gurte, etc. sollen statisch belastet werden, Materialien mit geringer Dehnbarkeit sind dafür geeignet. PSA mit hoher Dehnung würden die Arbeit erschweren. Für den Notfall (z. B. Standastversagen) weisen die Kletterseile eine gewisse Dehnung auf, um Stürze mit geringer Fallhöhe abfedern zu können. Welche Auswirkungen Stürze von 60 cm Fallhöhe haben, soll hier kurz skizziert werden.

Bei der Untersuchung und Bewertung dynamischer Lasten (Fangstöße) müssen neben der Sturzstrecke und Systemlänge im Einzelfall auch die Seildehnung, das Rutschen des Klemmknotens / Lockjacks, das Nachgeben des Ankerpunktes sowie die Körperverformung berücksichtigt werden. All diese Faktoren beeinflussen die Höhe des Fangstoßes und der Beschleunigung, die im Fall des Falls für das Ausmaß der körperlichen Belastung ausschlaggebend sind.

Das Prüfverfahren für Baumpflegeseile (DIN 1891) sieht vor, dass am Einzelstrang bei 60 cm Fallhöhe und Sturfaktor 0,3 ein Fangstoß von 6 kN nicht überschritten werden soll. Bereits 2009 hat B. Schütte Ergebnisse vorgestellt, wonach bei 1 bis 4 m Fallhöhe und Sturfaktor 0,3 Fangstöße über 6 kN auftreten können, da das Kletterseil im Doppelstrang verwendet wird. Das Rutschen des Klemmknotens auf dem Seil reduzierte die Kraftspitze bereits auf unter 6 kN. Darüber hinaus wird die Höhe des Fangstoßes von 2 weiteren Faktoren (Ankerpunktfederung, Körperkompression) wesentlich beeinflusst.

Fangstoß, Dehnung und Dämpfung

Die anlassgebende Frage ist, welche Fangstoßkräfte und Beschleunigungen bei der Verwendung von Baumpflegeseilen im Doppelstrang (beispielhaft) überhaupt auftreten. Diese sind je nach Sturzsituation natürlich sehr verschieden. Welche Einflüsse haben die Faktoren Ankerpunktbiegung bzw. -federung sowie die Verformung des Körpers? Wie unterscheiden sich alte und neue Seile in ihren Dehnungs- und Dämpfungseigenschaften?

Untersuchungsmaterial und Methoden

Im Prüflabor der Firma Edelrid wurden Anfang Juni 2009 70 m Kletterseil im Einzel- und Doppelstrang statisch und dynamisch belastet. Zur Untersuchung standen zwei 12 mm 35m-Seile vom Typ Edelrid XP*

zur Verfügung. Das eine Seil war ein ca. 4,5 Jahre altes, ausgesondertes Exemplar aus dem Bestand von A. Köhler. Das zweite war ein von der Firma Drayer gesponsertes fabrikanues Seil. Für Tests zur Kalibrierung und für Referenzen wurden weitere fabrikanue Seilmeter vom gleichen Typ von der Firma Edelrid bereitgestellt. Alle Versuche wurden im hauseigenen Prüflabor durchgeführt.



Abb. 1 statischer Zugversuch auf Schlingenscheiben

Es wurden 6 statische Belastungsversuche an einer Zugprüfmaschine (Abb. 1) durchgeführt, die die Seilstücke horizontal mit 1 m/min Belastungsgeschwindigkeit bis zum Bruch auseinanderzog. Aufgezeichnet wird dabei die Zugkraft in Abhängigkeit von der Dehnung (Abb. 2). Durch die Befestigung an sog. Schlingenscheiben war gewährleistet, dass das Seil bei Maximalkraft versagt und nicht durch Knicke oder Knoten geschwächt wurde.

Die 5 dynamischen Prüfungen wurden im Fallturm durchgeführt. Dies ist ein Schacht bis in den Keller (Abb. 3), in dem, an Rohren geführt, ein 100-kg-Ge-

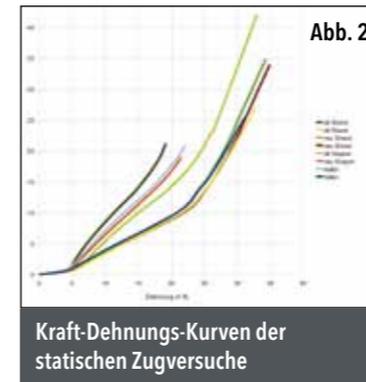


Abb. 2 Kraft-Dehnungs-Kurven der statischen Zugversuche

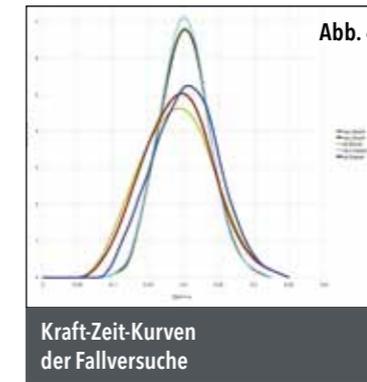


Abb. 4 Kraft-Zeit-Kurven der Fallversuche



Abb. 5 Kraft-Zeit-Kurve, verändert nach H. Mägdefrau

wicht 60 cm tief fallen gelassen wurde. Das zu testende Seilstück war fest mit zwei 8er-Knoten angeschlagen und fing das Gewicht auf. In den Einzelstrangversuchen waren die Stücke ca. 2 m lang, in den Doppelstrangversuchen doppelt so lang. Der Sturfaktor belief sich somit in beiden Fällen auf 0,3. (Erläuterung Sturfaktor: Dies ist der Quotient aus der Sturzhöhe geteilt durch die wirksame Seillänge. Die Erfahrungen zeigen, dass der Sturfaktor wesentlich den Fangstoß beeinflusst.) Im Fallturm zeichnete eine Kraftmessdose am Ankerpunkt die Kraft in Abhängigkeit von der Zeit auf (Abb. 4). Dabei entsprechen 1000 N (Newton) oder 1 kN der Gewichtskraft einer Masse von etwa 100 kg. Die höchste Zugkraft, die im Seil auftritt,



Abb. 3 Fallversuch mit Doppelseil

ist der Fangstoß. Er wäre am größten, wenn der freie Fall des Körpers ruckartig abgebremst würde. Die umgesetzte Energie, die Dehnungsarbeit im Seil verrichtet, steigt mit der Sturzhöhe, weil der Körper im freien Fall eine höhere Geschwindigkeit erreicht. Der Fangstoß ist bei gleicher Sturzsituation mit dehnbaren Seilen niedriger als bei Verwendung statischer, weil der Bremsvorgang über eine längere Zeit ausgedehnt wird und Spitzenbelastungen abgemildert werden.

Die Beschleunigung bzw. Verzögerung beim Auffangen der Fallmasse ist der zweite wichtige Indikator zur Beurteilung eines Sturzes. Sie kann aus dem Verhältnis der aufgezeichneten Kraft zur Gewichtskraft des Körpers berechnet werden. Für die Bewertung der möglichen Auswirkungen einer auftretenden Beschleunigung auf den menschlichen Körper und die SKT-Ausrüstung sind ihre Höhe und Einwirkdauer wichtig. Je länger eine hohe Beschleunigung einwirkt, desto schädlicher für den Menschen - aus diesem Grund wurde ermittelt, wie lange die höchste Beschleunigung andauerte. Mägdefrau stellte fest, dass die Spitze der Kraftkurve durch die Körperkompression abgemildert wurde (vgl. Abb. 5). Dabei sind Kraft und Beschleunigung einer konstanten Masse gekoppelt. Am deutlichsten wird dies bei Riggingarbeiten: Eine abzuseilende Holzmasse verursacht am Ankerpunkt, je nachdem ob dynamisch oder statisch abgeseilt wird, eine geringe oder eine hohe Kraftspitze = geringe oder hohe Beschleunigung.

Um Abmilderungseffekte durch die Nachgiebigkeit des Körpergewebes und die geringe Auswirkung der kurzzeitigen Spitzenlasten zu berücksichtigen, haben wir vom Maximalwert 15 % abgezogen.

Ergebnisse und Bedeutung für die Baumpflege

Vor der Ergebnisvorstellung möchten wir betonen, dass die Tests nur einer Stichprobe an einem Seiltyp entsprechen. Generelle Aussagen lassen sich daraus weder für den Seiltyp und noch weniger für andere Kletterseile ableiten. Zudem war der statische Versuch am Doppelseil mit technischen Schwierigkeiten behaftet: Die Schlingenscheiben sind für Doppelseilversuche nicht ausgelegt, sodass die absolute Gleichbelastung beider Stränge nicht sichergestellt war. Zudem verlor der optische Dehnungsmesser die Markierungen im Doppelseilversuch mit dem neuen Seil.

Bei gleicher Sturzsituation ist der Fangstoß im Doppelseil mit über 6 kN erwartungsgemäß höher als im Einfachseil (vgl. Abb. 4). Das ältere Seil führt hier zu etwas niedrigeren Maximalwerten. Diese Tatsache wird bestätigt durch Messungen an gebrauchten Rigging-Seilen, die nach mehreren Fangstößen einen niedrigeren Seilmodul, also größere Dehnung bei einer bestimmten Kraft aufwiesen (vgl. Rigging-Report). Falldämpfer würden durch erhöhte Dehnbarkeit bzw. zusätzlichen Energieabbau beim Öffnen an dieser Stelle den Fangstoß reduzieren.

Im Gesamtsystem Kletterer-Seil-Ankerpunkt bedeutet dies jedoch nur ein Teilergebnis: Die Faktoren Ankerpunktfederung und Sturzdämpfung durch den Körper des Kletterers haben wesentlichen Einfluss auf die Schwere der Belastung durch den Sturz. So konnte in eigenen Feldversuchen eine Verringerung des Fangstoßes bei 60 cm Sturzhöhe durch den federnden Ankerpunkt um 45 bis 75 % gemessen werden (technisch bedingt handelte es sich dabei um Seitenäste). An Terminalen ist dieser Einfluss noch nicht untersucht worden.

Zudem verformt sich der menschliche Körper im Sturzfall, sodass der Fangstoß gegenüber einem Eisengewicht gleicher Masse geringer ist. Nach Erfahrungen von Pit Schubert kann dies 30% betragen. Weiterhin hat ein rutschender Klemmknoten eine ebenso dämpfende Wirkung. Die Sturzsituation selber ist darüber hinaus auch sehr entscheidend für das Verletzungsrisiko: Aufrecht erlebte Stürze führen erfahrungsgemäß zu geringeren Belastungen als solche in waagerechter Lage der Wirbelsäule.

Daraus kann zusammengefasst werden, dass bei einem Sturz ins SKT-System mit Sturfaktor 0,3 die Fangstöße wahrscheinlich unter der Grenze von 6 kN liegen. Dies wird aber von Fall zu Fall sehr unter-

schiedlich sein. Integrierte Fangstoßdämpfer können dabei in jedem Fall das Verletzungsrisiko senken.

In den Sturzversuchen maßen wir gleiche bis leicht geringere Fangstöße als mit fabrikneuen Seilen, obwohl es deutlich steifer und fester in der Hand lag. Dies wird im Wesentlichen von der Dehnfähigkeit bestimmt, die in den statischen Versuchen altersunabhängig ähnlich hoch war. Das dynamische Dehnungsverhalten des Seils konnte aus technischen Gründen nicht ermittelt werden. Es wäre aber durchaus interessant, ob halbstatische Kletterseile unter Sturzbelastung sich nachgiebiger oder steifer verhalten als unter der im Prüfverfahren vorgeschriebenen geringen Belastungsgeschwindigkeit.

In den Fallversuchen ermittelten wir eine maximale Beschleunigung von 5 bis 5,5 g (Einzelstrang), bzw. 7 g (Doppelstrang). Dabei dauerte die Belastung von 4 bis 4,5 g über 0,06 s an, während etwa 6 g nur für 0,04 s überschritten wurden. Wird der Sturz aufrecht erlebt, kann man für 0,05 s von einem Grenzwert von etwa 16 g ausgehen. Bei kontrollierten Stürzen können 8 bis 9 g, bei unkontrollierten Stürzen 5 bis 11 g als Grenzwert für die Halswirbelsäule angenommen werden. Diese ist hinsichtlich der Beschleunigung die empfindlichste Stelle. Die Beschleunigung liegt damit je nach Sturzposition im unkritischen bis leicht kritischen Bereich. Unter Einbeziehung der federnden und dämpfenden Eigenschaften von Ankerpunkt, Körper usw. ist eine weitere Verringerung der Beschleunigungswerte analog zum Fangstoß zu erwarten, da eine direkte Abhängigkeit besteht. Darüber hinaus bestehen hinsichtlich der Beschleunigung nur sehr wenige nutzbare Erfahrungs- bzw. Grenzwerte. Die Begrenzung auf 6 kN maximalen Fangstoß erfolgte hinsichtlich der Beschleunigung auf ein Maß, bei dem sehr wahrscheinlich nur unterkritische Werte auftreten.

Die Ergebnisse verdeutlichen, warum eine straffe Seilführung sowie das Nicht-Übersteigen des Ankerpunktes für Baumkletterer so wichtig sind. Mit diesen Maßnahmen wird der Gefahr, die aus Stürzen hervorgeht, am wirkungsvollsten begegnet. Zugleich wird dem hier noch nicht genannten Risiko des Auf- und Anschlagens an Stamm und Äste vorgebeugt. **K**

DIPL.-ING. ANDREAS KÖHLER

www.Gruen-in-Form.net

Baumpfleger mit SKT, seit 2003 Fachagrarwirt Baumpflege

DIPL.-ING. ANDREAS DETTER

www.tree-consult.org

Die Autoren danken den Firmen Edelrid und Drayer für die technische und materielle Unterstützung. Quellenangabe und Literatur auf www.gruen-in-form.net.