

Klettern mit Redirect

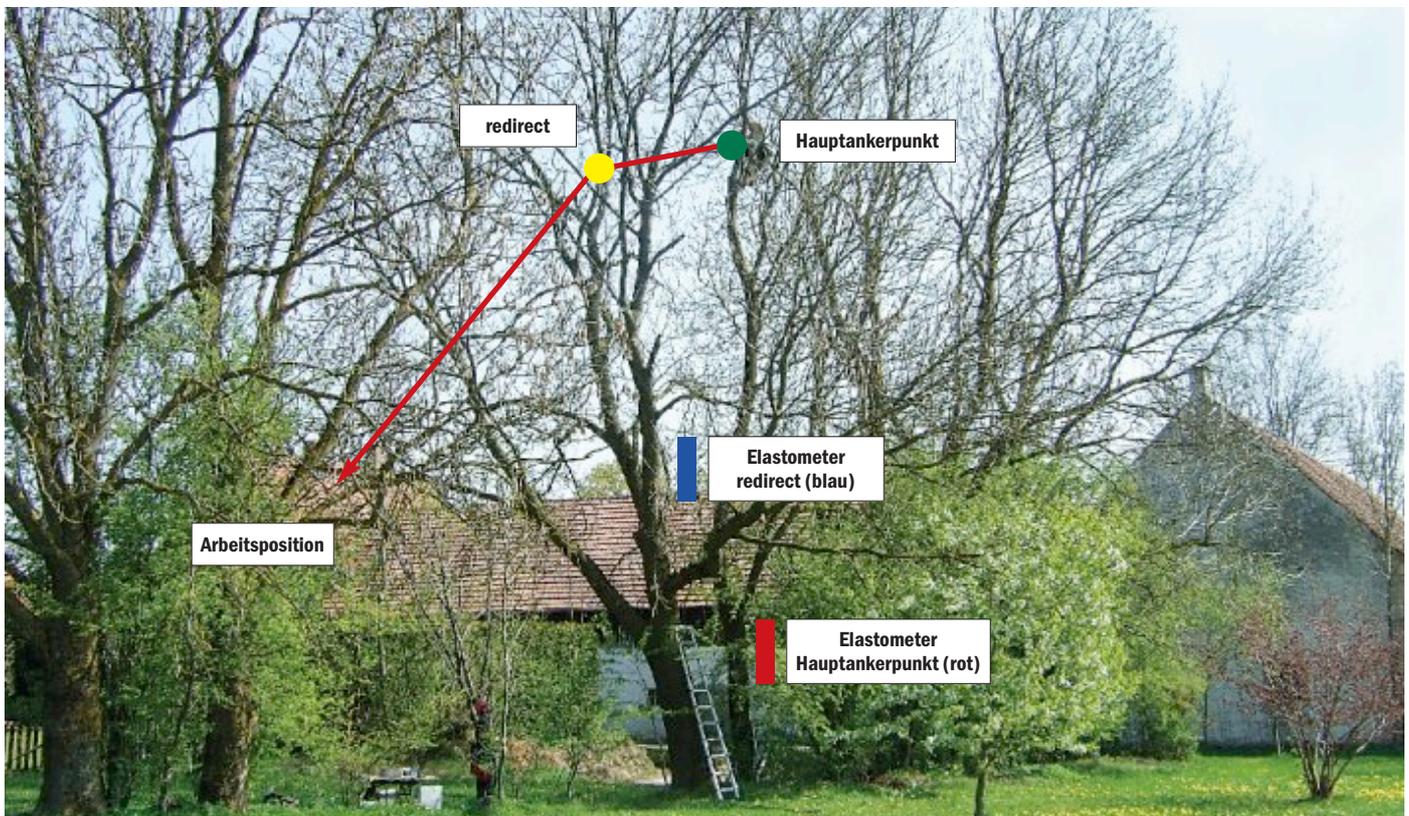


Abb. 1: Versuchsbaum mit Ankerpunkten und Seilverlauf. Die beiden Ankerpunkte wurden an zwei verschiedenen Stämmlingen angeschlagen. Die Biegung, die die Kletteraktionen hervorriefen, wurde weiter unten mit jeweils 2 Dehnungsmessern (Elastometer) pro Stämmling direkt am Holzkörper überwacht.

Wie groß sind die Belastungen auf die beiden Ankerpunkte beim Klettern in einem Redirect-System tatsächlich? Welche Aktionen verursachen besonders starke Einwirkungen und wie können Belastungen reduziert werden? Diesen Fragen gingen Paul Howard, Georg-Friedrich Wittmann und der Autor in einer Messreihe nach. **Von Andreas Detter**

Die meisten Kletterer kennen diese Situation: Wird ein Redirect eingesetzt, spürt man, wie stark sich der Hauptankerpunkt bewegt. Die mechanischen Hintergründe für diese Veränderung gegenüber einem schrägen Seilverlauf sind rasch erklärt: Die schräge Seilführung belastet den Ankerpunkt in der Regel mit einer geringeren Kraft. Da der Körper beim Klettern in der Kronenperipherie wegen des schrägen Seilverlaufs immer einen zweiten Haltepunkt braucht, wird ein gewisser Teil des Körpergewichts zusätzlich über Füße oder Arme auf den Baum übertragen. Der Redirect ermöglicht es demgegenüber, sich auch im Kronenrandbereich in der Arbeitsposition deutlich steiler nach oben

zu sichern. Auf diese Weise wird ein größerer Teil des Gewichts auf das Sicherungssystem übertragen.

Auch auf einen einzelnen Ankerpunkt kann, zum Beispiel beim vertikalen Aufstieg, zwar durchaus das volle Körpergewicht wirken. Dafür verändert sich aber der Angriffswinkel der Last deutlich, so dass der einzelne Stämmling manchmal nahezu entlang seiner Achse belastet wird. Dadurch entfalten die Kräfte eine viel geringere Wirkung auf die tragende Struktur. Die Biegeeffekte sind in einem solchen Fall sehr viel schwächer als bei einer schräg angreifenden Last, weil das Holz fast nur auf Druck belastet wird.

Wie groß sind nun aber die Belastungen auf die beiden Ankerpunkte beim Klet-

tern in einem Redirect-System tatsächlich? Diese Frage sollte in einer Messreihe untersucht werden, die im April 2011 an zwei Eschen durchgeführt wurde. Die Bäume bilden eine gemeinsame Krone und eigneten sich daher sehr gut als Versuchsobjekte (Abb. 1). Untersucht wurde ein einfaches Redirect-System, bei dem am Hauptankerpunkt eine Pinto-Rolle von DMM und als Umlenkung eine Doppelrolle von Petzl verwendet wurde. Das Klettersystem selbst bestand aus einem Teufelberger-Seil (Tachyon 11,5 mm) mit Klemmknoten und dem DMM Hitch Climber.

An beiden Ankerpunkten wurden digitale Zugkraftmesser angebracht, die konstant die Kräfte aufzeichneten. Wie oben erläutert, sind die auftretenden Kräfte aber nur die halbe Wahrheit. Um die Belastung des Ankerpunktes zu bemessen, kommt es wesentlich darauf an, in welchem Winkel die Kräfte angreifen. Dieses Problem lässt sich umgehen, indem die Reaktion des Ankerpunktes selbst gemessen wird. Sogenannte Elastometer, ►

► die auch zur Überwachung von Faserdehnungen und -stauchungen bei baumstatischen Zugversuchen eingesetzt werden, machen die kleinste Durchbiegung der tragenden Stämmlinge sichtbar. Sie mes-

sen die Längenänderung von Holzfasern auf 1/1000 mm genau und übertragen die Daten an den Computer. An jedem Ankerpunkt wurden zwei Elastometer in rechtem Winkel zueinander angebracht,

um die Verformung des Holzkörpers in allen Richtungen erfassen zu können.

Aus der Faserdehnung kann direkt auf das einwirkende Biegemoment geschlossen werden. Indem man in einem gesonderten Zugversuch misst, welche Kraft eine bestimmte Dehnung hervorruft, wird der Baum sozusagen als Lastmesser kalibriert. Die Daten, die während einer Kletteraktion aufgezeichnet wurden, können nun kontinuierlich in einem Koordinatensystem dargestellt werden. Dadurch ergibt sich ein Bild, das Ken James als ball of strings, zu Deutsch etwa „Wollknäuel“, bezeichnet.

Die Darstellung zeichnet eine Art „digitale Spur“ der Biegemomente und spiegelt so gleichzeitig die Bewegungsrichtung und Auslenkung des Ankerpunktes wieder (Abb. 2). Ein solches Bild liefert ein Maß dafür, wie sich der Ankerpunkt in unterschiedlichen Kletterszenarien verhält.

Verschiedene Kletteraktionen

Bei den Messungen wurden verschiedene dynamische Kletteraktionen untersucht:

- Wechsel von einem Ankerpunkt zum anderen,
- Abstieg in eine Arbeitsposition in der Kronenperipherie (limb-walk) und
- Aufstieg aus dieser Arbeitsposition.

Die aufgezeichneten Daten lassen sich gut beim Ankerpunktwechsel erläutern (vgl. Abb. 3). Im Laufe des Vorgangs wirkt auf beide Ankerpunkte eine Kraft von maximal etwa 0,8 kN (entspricht einem Gewicht von ca. 80 kg), das Biegemoment erreicht jeweils rund 5 bis 6 kNm. Die Einwirkungen auf den linken

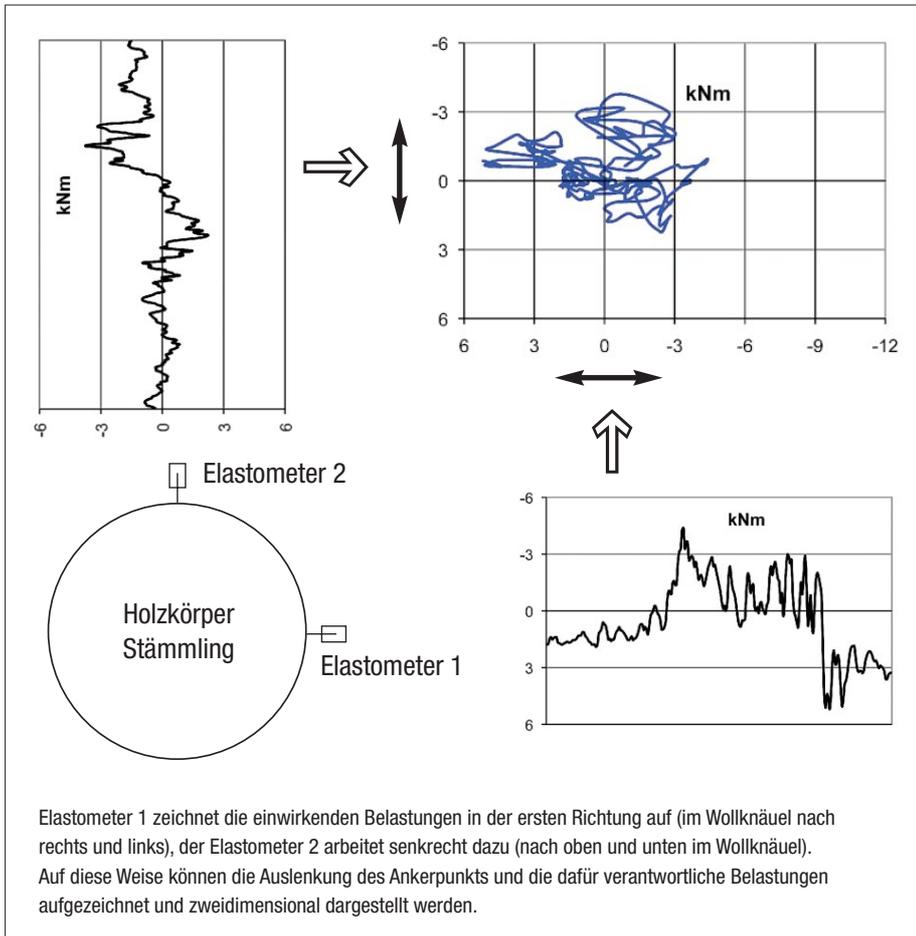


Abb. 2: Schematischer Aufbau Messgeräte, Wollknäuel mit Erläuterungen

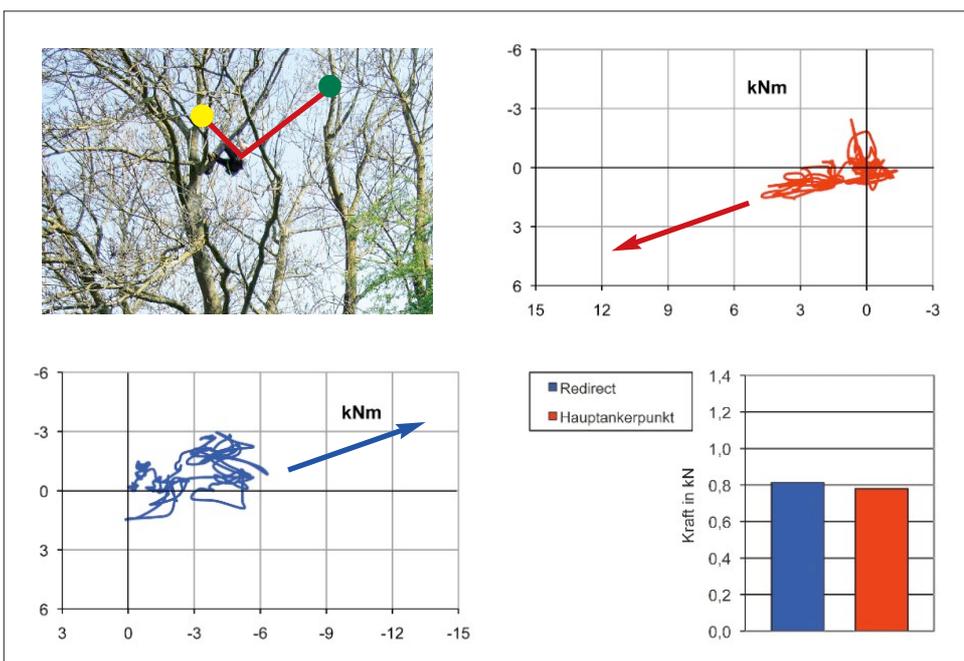


Abb. 3: Belastung beim Wechsel zwischen Ankerpunkten.

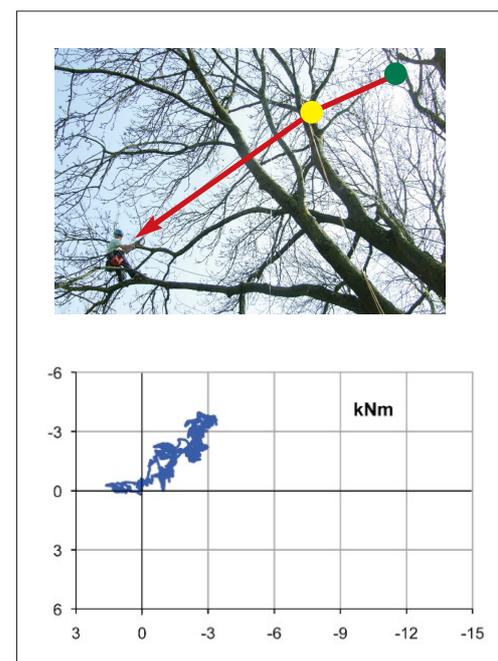


Abb. 4: Abstieg in eine Arbeitsposition am Kronennetz

Stämmeling, der später als redirect verwendet wird und in blau dargestellt ist, rufen eine etwas heftigere Reaktion hervor – erkennbar an den stärkeren Ausschlägen im „Wollknäuel“. Die Richtung der stärksten Belastung ist in etwa gegen gleich: Der Hauptankerpunkt (in rot) wird im Bild nach schräg links, in Richtung des zweiten Ankerpunktes gebogen. Der zweite Stamm, an dem der Redirect angeschlagen ist, wird zum Hauptankerpunkt gezogen, das entspricht im Bild der Bewegungsspur nach rechts oben.

Für die folgenden Kletteraktionen wurde eine Astgabel an einem horizontal ausladenden Starkast als fiktive Arbeitsposition gewählt und immer wieder angesteuert. Das Kletterseil verlief in dieser Stellung in einem Winkel von etwa 45° zum redirect. Die ersten Messungen beim Abstieg in diese Position zeigen, dass am Hauptankerpunkt das Körpergewicht nicht voll eingeleitet wurde (siehe Abb. 4). Dieser Effekt kommt sicherlich daher, dass bei Abstieg andere Äste und Gabelungen als Stütz- und Haltepunkte dienen.

Am Redirect wurden beim Abstieg noch deutlich geringere Lasten gemessen. Die dort auftretenden Kräfte betragen mit rund 0,5 kN etwa zwei Drittel des Wertes am Hauptankerpunkt. Die Überwachung der Reaktion der Stämmlinge zeigt, dass gegenüber dem Hauptankerpunkt weniger als 50 % des Biegemoments auftrat. Hier wirken sich die günstigen Seilangriffswinkel aus, durch die eine starke Biegung im Anschlagpunkt des redirects weitgehend vermieden wurde. Ganz anders stellt sich das Bild beim Auf-

stieg dar (vgl. Abb. 5). Aus der Arbeitsposition am Kronenrand wurde der Redirect wieder erklettert. Dabei war teilweise auch ein freier Aufstieg am Seil erforderlich, ansonsten wurden Äste und Stämmlinge einbezogen. Die Kraft im Hauptankerpunkt überstieg nun wieder 0,8 kN. Im Redirect traten jetzt aber deutlich heftigere Belastungen auf. Das Wollknäuel schlägt stark in verschiedene Richtungen aus, auch gegenläufige Bewegungsmuster sind zu erkennen. Verursacht wird dies wohl zum einen durch die mehr als doppelt so hohe Kraft von über 1 kN, zum anderen aber auch durch Schwingungseffekte in der Baumkrone.

Starke Schwingung des Stämmlings

Die Bewegungen des Kletterers, die die Anschlagpunkte in unterschiedlichem Maße und in verschiedenem Rhythmus belasten, können im Einzelfall dazu führen, dass der Stämmling zu starker Schwingung angeregt wird und auch über den eigentlichen Ruhepunkt nach hinten ausgelenkt wird. So erklärt sich auch, dass die Belastung am Hauptankerpunkt beim Aufstieg mit etwa 14 kNm fast den 1,5-fachen Wert des Abstiegs erreichte, obwohl die Kraft am Anschlagpunkt nicht wesentlich höher lag (vgl. rotes Wollknäuel in Abb. 5, oben rechts).

Dieser Vergleich zeigt nochmals, dass eine Kraftmessung allein keinen Aufschluss über die tatsächlichen Einwirkungen auf die als Ankerpunkte genutzten Stämmlinge gibt. Ein Versagen des Ankerpunktes wird nicht allein durch die einwirkende Kraft hervorgerufen, sondern

tritt wegen zu großer Belastungen bzw. Verformungen auf. Darüber hinaus wird deutlich, dass nicht nur die Richtung, sondern auch die Art und Weise der Belastung erheblichen Einfluss auf die Reaktion der Ankerpunkte haben.

Im Hinblick auf die Frage, ob sich durch den Aufbau des Seilsystems die Einwirkungen vermindern lassen, wurde der Hauptankerpunkt um etwa 2,5 Meter nach unten versetzt. Die Messungen beim Auf- und Abstieg zur Arbeitsposition wurden daraufhin wiederholt (s. Abb. 7). Die Seilführung zwischen den Anschlagpunkten veränderte sich durch die neue Anordnung maßgeblich: Auf beiden Seiten des Redirects lief das Kletterseil nun schräg in einem Winkel von etwa 45° nach unten.

Die am Anschlagpunkt des Redirects gemessene Kraft liegt nun auch deutlich höher – sie ist um etwa ein Drittel von rund 1 kN auf über 1,35 kN angestiegen (vgl. Abb. 6). Dies ist die Folge der veränderten Seilführung, in der dieser Stämmling wie ein Mast im Zelt eingespannt ist. Allerdings erzeugt diese Kraft nur wenig Biegung, weil sie fast parallel zur Achse des Stämmlings wirkt. Die Belastung des Holzkörpers veränderte sich durch den tiefer gesetzten Hauptankerpunkt nicht maßgeblich, wie die blauen Wollknäuel zeigen. Der Ausschlag ist trotz der höheren Kraft ähnlich groß.

Demgegenüber wird der Hauptankerpunkt in der tieferen Position aber nur etwa halb so stark belastet. Das ist an dem deutlich schwächeren Ausschlag im roten Wollknäuel erkennbar (nur etwa 7 statt 14 kNm, vgl. Abb. 6). Diese Reduktion

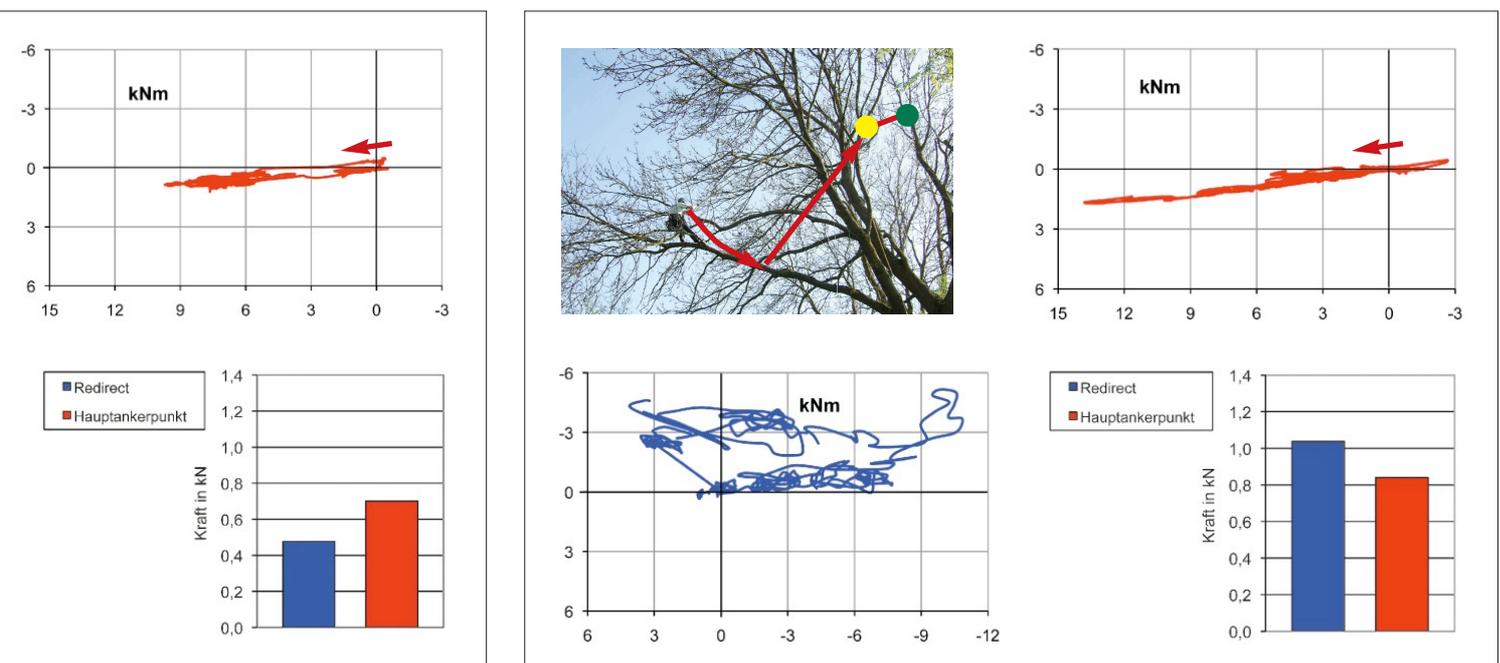


Abb. 5: Aufstieg aus der Arbeitsposition zum Ankerpunkt.

and.

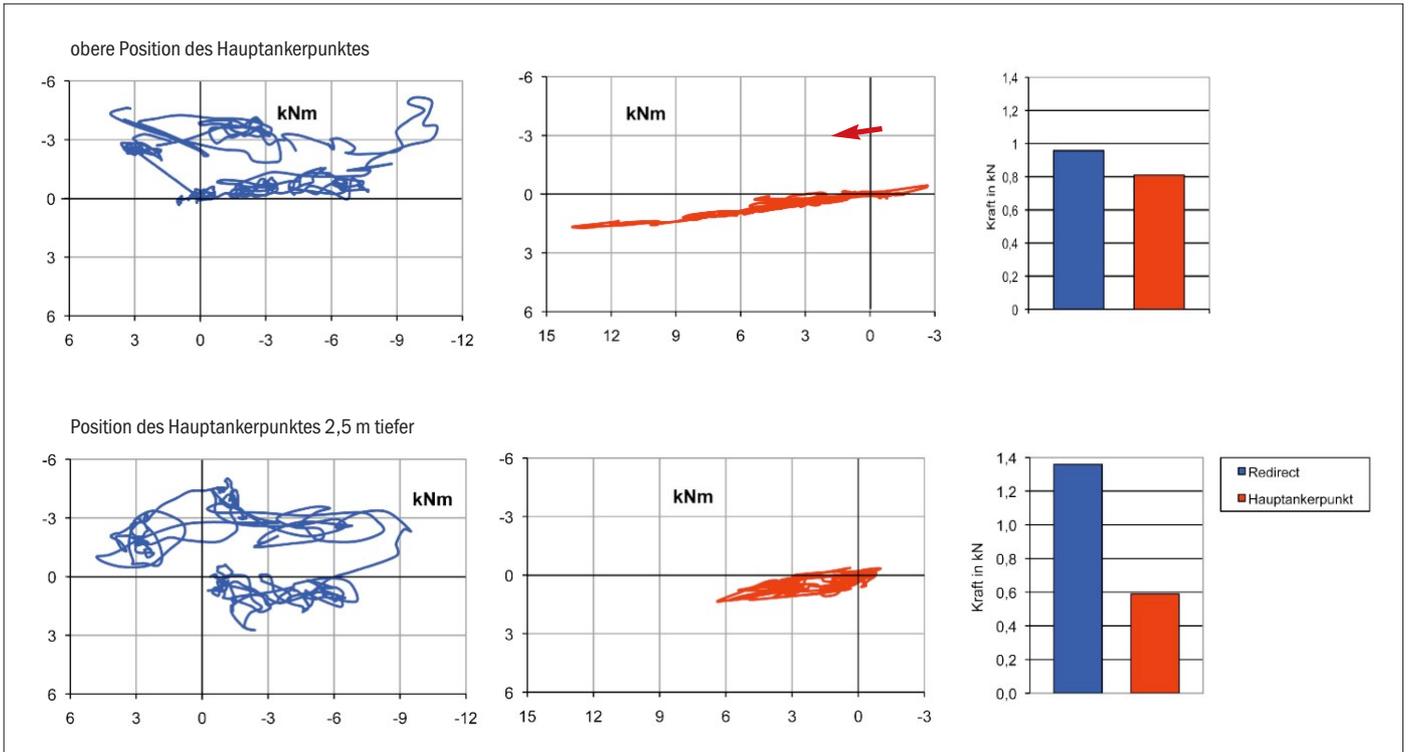


Abb. 6 : Aufstieg mit verschiedener Position des Hauptankerpunktes

► wird nicht nur durch die geringere einwirkende Kraft bewirkt – diese sinkt nämlich nur um etwa ein Viertel unter den ursprünglichen Wert. Der Effekt ist vielmehr auf die Verkürzung des wirksamen Hebelarms und den veränderten Seilwinkel zurückzuführen.

Demnach kann durch die tiefere Anschlagposition eine deutliche Entlastung des Hauptankerpunktes erreicht werden, während sich die Einwirkungen auf den redirect nicht maßgeblich verändern. Dieses Ergebnis wird selbstverständlich durch die konkrete Seilführung, die Reibung in den verwendeten Rollen und die Klettertechnik beeinflusst. Die hier angewandte Technik der Hebelarmverkürzung wird jedoch bereits von Baumkletterern in der Praxis genutzt. Sie hat sich auch in diesem Beispiel als wirksam erwiesen. Im Einzelfall ist es jedoch unerlässlich, eventuelle Nachteile durch erhöhte Reibung und die schwer kalkulierbare, möglicherweise verstärkte Reaktion des Ankerpunkts am redirect sorgfältig zu prüfen.

Literatur:

Detter, A., C. Cowell, L. McKeown, P. Howard (2008). Evaluation of current rigging and dismantling practices used in arboriculture, Norwich, UK: Health and Safety Executive, UK. Online: <http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr668.htm> [letzter Zugriff 9.8.2012].

James, K., Kane, B. (2008). Precision digital instruments to measure dynamic wind loads on trees on during storms. *Agricultural and Forest Meteorology* (148): 1055-1061.

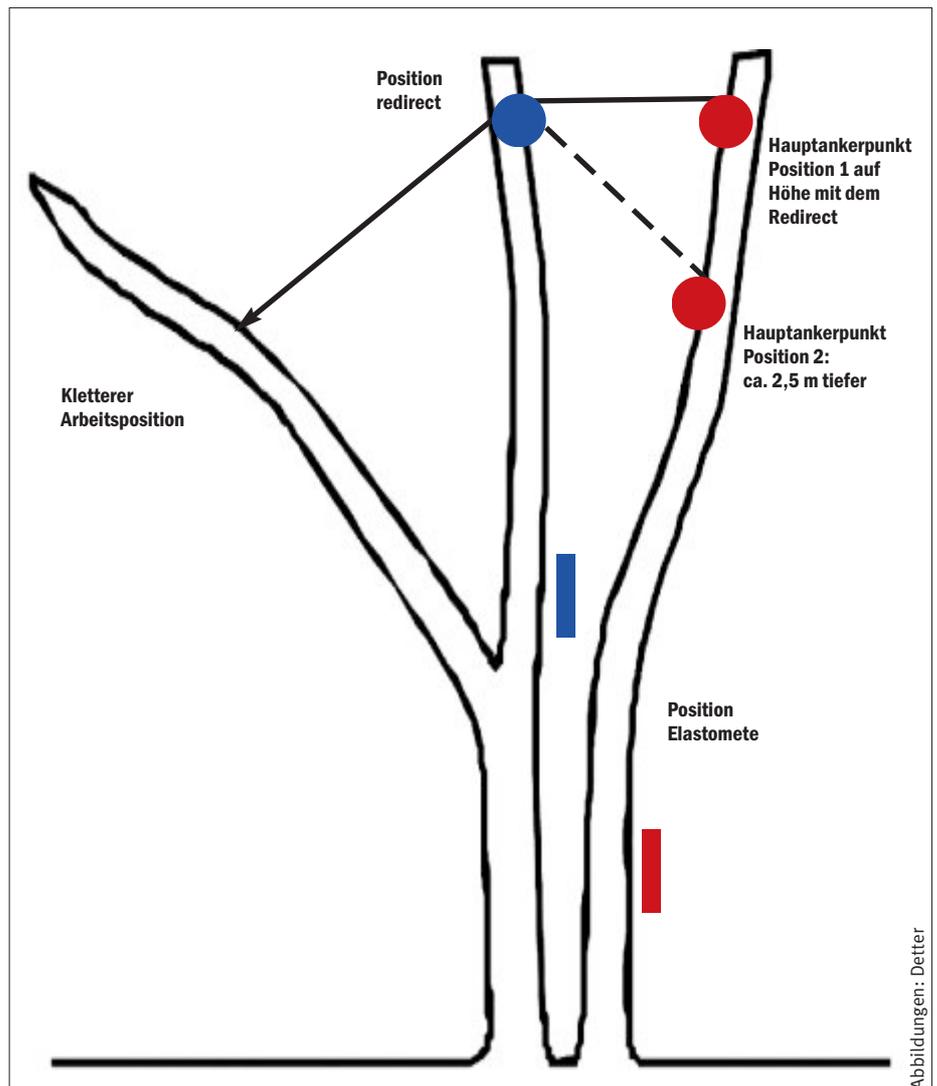


Abb. 7: Positionen des Hauptankerpunktes.

Abbildungen: Detter