Sicherheitstechnik V Die sicherheitstechnische Untersuchung von Sicherungsgeräten für den Klettersport

Sicherungsgeräten für den Klettersport

Abb. 1





In bergundsteigen #84 (3/13) schrieb Thomas Lammel seine ersten beiden Beiträge zu seiner Einschätzung bezüglich der Sicherungsgeräte beim Sportklettern und in Ausgabe 2/14 ergänzte er seine Aussagen. Seine Beiträge wurden kontrovers aufgenommen – von "endlich jemand, der Klartext redet" bis "komplett übertrieben und praxisfremd" -, doch erreichten sie, dass über die Stärken und Schwächen von Tubern und Halbautomaten ausführlich diskutiert wurde. Die meisten alpinen Vereine gaben letzthin dazu deutliche Empfehlungen ab (vgl. bergundsteigen #92). Nun ist das Thema soweit geklärt, doch hat der Autor seine 2014 vorgeschlagene Versuchsanordnung nun in die Tat umgesetzt und berichtet davon. Und er wird mit diesem Beitrag und seinen Schlussfolgerungen wiederum für Diskussionen sorgen.

Doch bittet die Redaktion um Gelassenheit und Offenheit für das Engagement und die Bewertung von Thomas Lammel, sowie um das Studium u.a. des Beitrages "Sichern mit neuen Erkentnissen" von Georg & Lerch (IGKA) in bergundsteigen #91, welche mit dem Prinzip der Gerätelinie" das beschriebene Problem der Reaktionszeit/ Handhaltekraft bei Tubern & Co. bei der klassischen Handhaltung lösen.



von Thomas Lammel

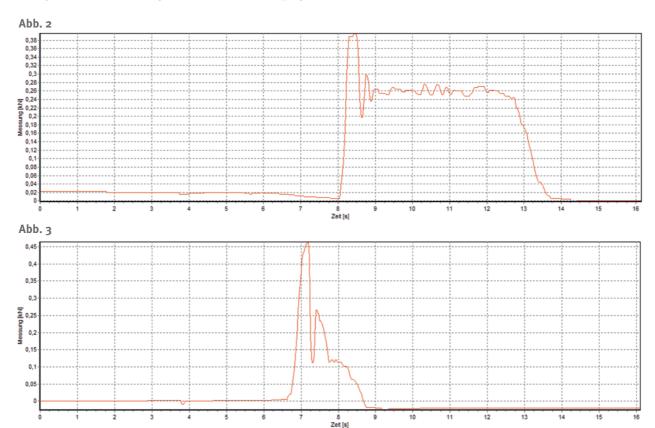
Am 6. und 27. Februar habe ich die in bergundsteigen #87 (2/14, Seite 67-71) beschriebenen Versuche (Abb. 9) nun durchgeführt.

Details Setting

Die Untersuchungen fanden in den Räumlichkeiten der Bureau Veritas Consumer Products Services Deutschland GmbH (86842 Türkheim) statt. Verwendete rückführbar kalibrierte Messmittel waren der Kraftmesser Typ PCE-FB 10K (Seriennummer 134 der Firma PCE Deutschland GmbH) mitsamt zugehöriger Software zur Aufzeichnung der Kraftverläufe über die Zeit. Weiterhin ein Oszillograph, Typ DL 1620 (Seriennummer 91F424384 der Fa. Yokogawa) zur Aufzeichnung der Reaktionszeiten der Probanden. Es wurde für alle Versuche ein Kletterseil von Edelrid (Art.-Nr. 711370401382, Seriennummer S-2014-0728-013, Seildurchmesser 9,8 mm, Länge 40 m) verwendet. Bei den Sicherungsgeräten handelte es sich um ein Click-Up KIT (Climbing Technology, Seriennummer 021), ein Smart (Mammut, Seriennummer 0313) sowie ein ATC-XP (Black Diamond, Seriennummer 2126a). Weiterhin verwendet wurden ein Grigri 2 (Petzl, Seriennummer 12165Fl4812) sowie ein HMS-Schraubkarabiner Crag HMS Screw Gate (Mammut, Artikel Nr. 2210-01370). Weiterhin wurden kalibriert rückführbar gewogene Fallgewichte und jeweils rückführbar kali-



Abb. 1 Versuchsanordnung zur Ermittlung der Handhaltekraft. **Abb. 2** Kraftverlauf beim Halten des Gewichtes mit 25 kg. **Abb. 3** Kraftverlauf bei nicht gehaltenem Gewicht von 45 kg.



briert gewogene Schweißkonstruktionen verwendet. Für die Realisierung der Versuchsaufbauten wurden gewöhnliche Kletterausrüstung sowie weitere erforderliche Rüstgegenstände wie z.B. Spanngurte etc. verwendet. Die Fallversuche am 6. Februar 2016 wurden bei einer Temperatur von 20,8 °C, einer Luftfeuchte von 30,9 % rH sowie einem Luftdruck von 948,2 hPa durchgeführt. Die Handhaltekraftversuche sowie die Reaktionszeitvermessung am 27. Februar 2016 wurden bei einer Temperatur von 19,8 °C, einer Luftfeuchte von 28,0 % sowie einem Luftdruck von 933,5 hPa durchgeführt. Die Messung der Umgebungsbedingungen erfolgte mit dem rückführbar kalibrierten Klimamesser Typ Greisinger GFTB 100.

Aufgrund der völligen Eindeutigkeit der ermittelten Versuchsergebnisse erübrigte sich eine Messunsicherheitsbetrachtung.



Ermittlung der Handhaltekraft

Die Versuchsanordnung zur Ermittlung der Handkraft zeigt Abb 1. Das über den Kraftmesser mit dem Seil verbundene Gewicht wird an der Metallstange aufgehängt. Um die Reibungsverluste so klein wie möglich zu halten, wird das Seil am oberen Umlenkpunkt über eine Rolle umgelenkt. Als "Sicherungsgerät" dient eine weitere im Anseilring eingehängte Rolle gemäß Abb. 1.

Nachdem der Proband das Sicherungsseil in einer Hand hält und Bereitschaft für den Versuch rückmeldet, wird das Gewicht fallen gelassen, indem es von der Stange geschoben wird.

Zunächst wird ein Fallgewicht gewählt, das der Proband halten kann. Abb. 2 zeigt den zugehörigen Kraftverlauf dieser Versuchsvariante mit einem Fallgewicht von 25 kg.

Die maximale aufgebrachte dynamische Handhaltekraft gemäß Abb. 2 beträgt 0,39 kN. Die anschließend erforderliche statische Handhaltekraft von ca. 0,26 kN entspricht dem Gewicht des Fallgewichts. Man sieht in Abb. 2 das Nachschwingen des Gewichtes durch die Dehnung des Kletterseiles. Kurz vor Sekunde 13 hat der Proband das Seil dann absichtlich losgelassen und das Gewicht ist zu Boden gefallen.

Das Gewicht wird nun soweit erhöht, dass der Proband dieses nicht mehr halten kann. Abb. 3 zeigt exemplarisch den entsprechenden Kraft-Zeit-Verlauf bei einem Gewicht von 45 kg.

Bei einer aufgebrachten Kraft von 0,46 kN gerät das Gewicht außer Kontrolle und beginnt durch die Hand des Probanden zu rutschen. Der Proband versucht, das durch die Hand gleitende Seil nochmals festzuhalten oder aber zumindest abzubremsen, was an dem zweiten, schwächeren Kraftanstieg bei Sekunde 7,5 zu erkennen ist. Dann verliert er völlig die Kontrolle über das Seil und das Gewicht fällt weitgehend ungebremst auf den Boden. Es erreicht den Boden bei Sekunde 8,8. Das beschriebene Nachgreifen ist nur mit einem Leder-

Abb. 4 Ermittlung der Reaktions- und Herunternehmzeit mittels Taster 1 und Taster 2.



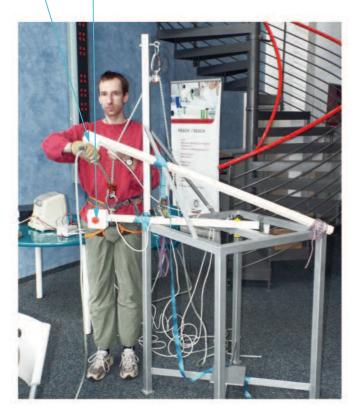




Abb. 5 Messtechnik zur Vermessung der Reaktionszeiten.



handschuh möglich. Ohne Handschuh ist die Erwärmung sofort so stark, dass ein Nachgreifen, während das Seil bereits durch die Hand läuft, ohne Verbrennungen nicht möglich ist.

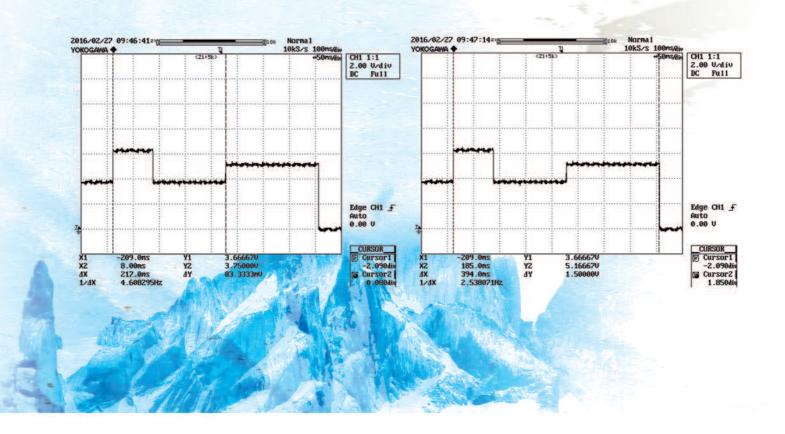
Die mit zwei männlichen Probanden im Alter von 42 sowie 43 Jahren und insgesamt 11 Versuchswiederholungen mit einem Gewicht von 45 kg höchste vermessene Handhaltekraft vor Kontrollverlust beträgt 0,464 kN. Die niedrigste gemessene Handhaltekraft vor Kontrollverlust beträgt 0,294 kN. Die über 11 Versuchsdurchführungen gemittelte Handhaltekraft beträgt 0,402 kN.



Ermittlung der Reaktionszeit

Die Reaktionszeit wird gemäß Versuchsaufbau nach Abb. 4 ermittelt. Die Messtechnik zur Vermessung der Reaktionszeiten zeigt Abb. 5.

Der Proband hat die Sensorhand am Kletterseil und die Sicherungshand am Sicherungsseil. Der Winkel zwischen Sicherungsseil und Kletterseil beträgt ungefähr 25° und stellt somit einen typischen Seileinlaufwinkel beim Einziehen des Kletterseiles im Feld dar. Die Sicherungshand hält den oberen Taster 1 in Abb. 4 gedrückt. Nachdem der Proband bereit ist, wird an einem mit Hilfe eines Prusiks mit dem



Sicherungsseil verbunden Seilzugnotschalter gemäß Abb. 6 ein Ruck erzeugt. Der Proband kann den Schalter nicht sehen. Er kann den Ruck entsprechend nur mit seiner Sensorhand wahrnehmen.

Aufgabe des Probanden ist es, nach Wahrnehmung des Rucks mit der Sensorhand die Sicherungshand mit dem umfassten Sicherungsseil so schnell wie nur möglich nach unten zu bewegen und den roten Taster 2 zu drücken.

Mit dieser Versuchsanordnung können insgesamt drei Zeiten ermittelt werden:

- **a) Die Reaktionszeit,** die zwischen dem Ruck an dem Sicherungsseil und dem Loslassen des Tasters 1 vergeht. Diese Zeit benötigt der Proband, um aufgrund des wahrgenommenen Rucks am Sicherungsseil zu reagieren und die Bewegung überhaupt einzuleiten, d.h. den Taster 1 loszulassen.
- b) Die Herunternehmzeit, die der Proband benötigt, um dann die Hand von oben nach unten zu bewegen. Sie beginnt, wenn Taster 1 losgelassen wird, und endet, wenn der Taster 2 gedrückt wird.
 c) Die Summe dieser beiden Zeiten ergibt im Falle der Tubesicherung die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um vom Ruck des Sicherungsseiles den Gerätezustand mit funktionsfähiger Sicherheitsfunktion herbeizuführen. Im Fall von Smart und Click-Up wird die Reakti-

onszeit als maßgebliche Zeit betrachtet und die Tatsache, dass bei diesen Geräten für das Ansprechen der Sicherheitsfunktion ebenfalls der Seileinlaufwinkel erheblich verändert werden muss, vernachlässigt.

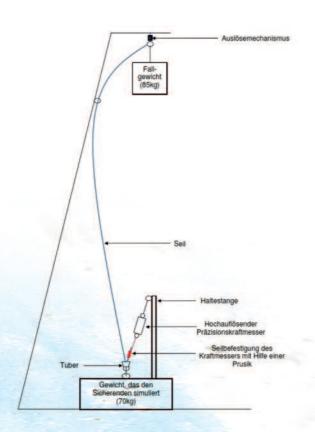
Abb. 7 und Abb. 8 zeigen das identische Bild eines erzeugten Oszillogramms mit den vermessenen Zeiten nach a) in Abb. 7 und c) in Abb. 8 eines typischen Reaktions- und Herunternehmversuches. Die Reaktionszeit a) in Abb. 7 beträgt $\Delta X = 217$ ms und kann aus dem Oszillogramm abgelesen werden. Die Gesamtzeit c) des gleichen Versuchs gemäß Abb. 8 beträgt $\Delta X = 394$ ms. Die Herunternehmzeit ergibt sich durch Differenzbildung der beiden Zeiten zu 177 ms.

Die schnellste in insgesamt 16 Versuchen mit den beiden Probanden überhaupt gemessene Reaktionszeit beträgt 126 ms. Die schnellste gemessene Herunternehmzeit beträgt 141 ms. Die schnellste überhaupt vermessene Gesamtzeit beträgt 288 ms.

Der Mittelwert der Reaktionszeit über alle Versuche beträgt 225,86 ms. Der Mittelwert der Herunternehmzeit über alle Versuche beträgt 190,44 ms. Der Mittelwert der Gesamtzeit beträgt 416,31 ms. Die Zeiten wurden stets bei voller Konzentration des Probanden in unmittelbarer Erwartung des Rucks ermittelt und decken sich sehr gut mit in der Literatur angegebenen, typischen menschlichen Reaktionszeiten.

Abb. 9 Versuchsanordnung, wie in bergundsteigen #87 (2/14) beschrieben.

Abb. 10 Gewicht, das den Sichernden simuliert.



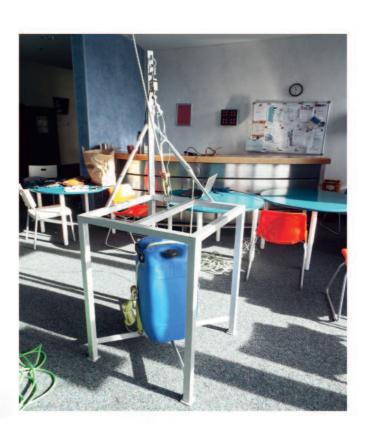
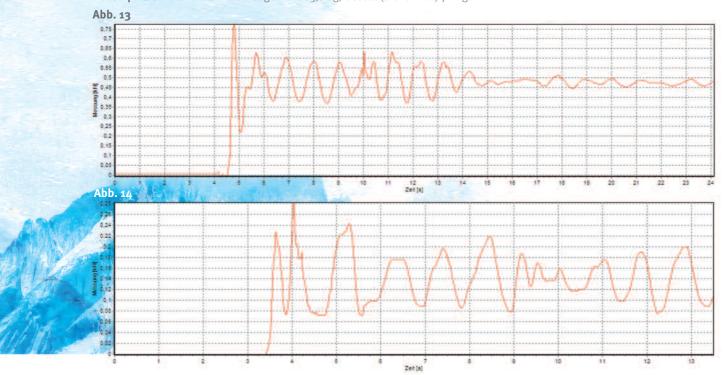


Abb. 13 Kraft-Zeit-Verlauf ATC. Fallgewicht 85 kg, Gestell (Sichernder) 70 kg. **Abb. 14** Kraft- Zeit-Verlauf HMS. Fallgewicht 85,6 kg, Gestell (Sichernder) 70 kg.









Ermittlung des Kraftanstiegs über die Zeit

Abb. 9 zeigt schematisch nochmals die Versuchsanordnung zur Ermittlung des Kraftanstiegs über die Zeit, wie in bergundsteigen #87 (2/14) beschrieben.

Das Gestell mit dem blauen Behälter in Abb. 10 stellt das Gewicht dar, das den Sichernden simuliert. Abb. 11 zeigt in Detailansicht das in das Gestell eingelegte ATC sowie den Kraftmesser. Das Fallgewicht in Abb. 12 simuliert den Kletterer, die Fallhöhe beträgt 6,30 m und die Sturzhöhe beträgt 0,60 m.

Bei gleichbleibendem Gewicht des Sichernden von 70 kg wird das Gewicht des Kletterers während der Versuchsreihen z.T. verändert. Es beträgt 85,6 kg, dann 75,6 kg und zuletzt 55,6 kg. Betrachtet werden die Geräte ATC, HMS, Smart, Click-Up sowie Grigri.

Untersuchung des ATC

In Versuch 1 bis 4 wird das ATC mit einem Fallgewicht von 85,6 kg untersucht. Abb. 13 zeigt exemplarisch für Versuch 2 die zugehörige Kraft-Zeitkurve des ATC. Es sind der Kraftanstieg bis zur maximalen erforderlichen Haltekraft zu erkennen, das Nachschwingen des Gewichtes sowie die letztlich aufzuwendende statische Haltekraft, die

zum Halten des Gewichtes mit offenem ATC erforderlich ist. Sie beträgt ca. 0,46 kN.

Der Kraftanstieg in Abb. 13 im Zeitraum von Sekunde 4,60 bis 4,80 beträgt 0,768 kN. Der Zeitraum vom Beginn der Zugkraft aufgrund des Sturzes bis zur maximalen Zugkraft beträgt 200 ms. Die minimale bei den vier Versuchen gemessene Haltekraft beträgt 0,774 kN und die maximale Haltekraft 0,84 kN. Der Zeitanstieg bei den vier Versuchen beträgt stets zwischen 190 ms und 210 ms. Dann wird in Versuch 5 bis 11 das Gewicht reduziert auf 75,6 kg und dann auf 55,6 kg. Dies hat überraschend weder einen erkennbaren Einfluss auf die Zugkraft noch auf die Anstiegszeit der Kraft bis zum Erreichen der maximalen Zugkraft. Selbst bei 55,6 kg bleiben beide Messgrößen nahezu konstant.

Untersuchung der HMS

In Versuch 12 wird die HMS mit einem Fallgewicht von 85 kg untersucht. Mit nicht ganz umgeschlagenem Knoten ergibt sich eine Zugkraft von 0,52 kN. In Versuch 13 und 14 wird darauf geachtet, dass der Knoten ganz umschlagen kann. Abb. 14 zeigt für diesen Fall den Kraft- Zeitverlauf der HMS-Sicherung von Versuch 13. Die maximale Zugkraft in Bild 14 beträgt 0,282 kN, die Kraftansteigszeit beträgt 200ms. In Versuch 18 und 19 wurde die HMS Sicherung mit Fallgewichten von 55,6 kg sowie 35,6 kg untersucht. Bei 55,6 kg reduziert sich die maximale Zugkraft auf 0,204 kN, bei 30kg auf 0,156 kN.



Abb. 15 Fallversuch mit dem Click-Up. Rechts oben der Kraftmesser.



Untersuchung des Click-Up

In Versuch 15 wird das Click-Up mit einem Fallgewicht von 85,6 kg untersucht. Abb. 15 zeigt exemplarisch das in das Prüfgerät eingelegte Click-Up.

Abb. 16 zeigt die entsprechende Kraft-Zeit-Kurve. Die Anstiegszeit beträgt 225 ms, die maximale Zugkraft beträgt 1,148kN.

Untersuchung des Smart

In Versuch 16 wird das Smart mit einem Fallgewicht von 85,6 kg untersucht. Bild 17 zeigt die entsprechende Kraft-Zeit-Kurve. Die Anstiegszeit beträgt 200 ms, die maximale Zugkraft beträgt 1,018 kN.

Untersuchung des Grigri

In Versuch 17 wird das Grigri mit einem Fallgewicht von 85,6 kg untersucht. Abb. 18 zeigt die entsprechende Kraft-Zeit-Kurve.



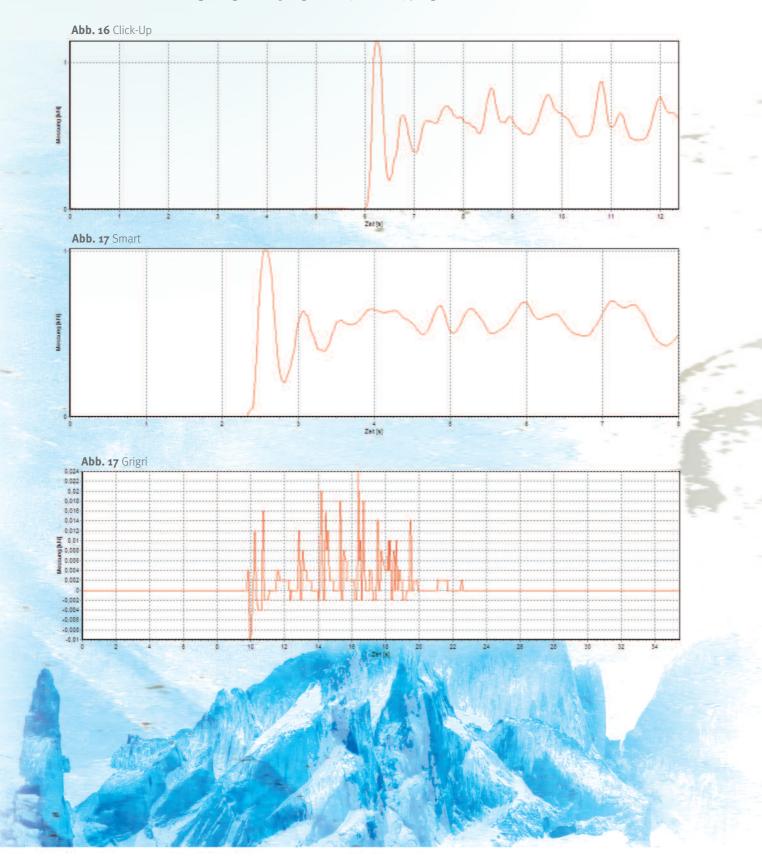
Auswertung der Versuchsergebnisse des Fallversuches

Wie zu erwarten war, ist beim Grigri aufgrund des Blockiermechanismus praktisch keine Haltekraft erforderlich, um das Gewicht zu halten. Der Kraftanstiegszeit bei allen weiteren Geräten beträgt in guter Reproduzierbarkeit 200 ms. Die maximalen dynamischen Halte-

Abb. 16 Kraft-Zeit-Verlauf Click-Up. Fallgewicht 85,6 kg, Gestell (Sichernder) 70 kg.

Abb. 17 Kraft-Zeit-Verlauf beim Smart. Fallgewicht 85,6 kg, Gestell 70 kg (Sichernder).

Abb. 18 Kraft-Zeit-Verlauf, Grigri. Fallgewicht 85,6 kg, Gestell (Sichernder) 70 kg.



kräfte der seileinlaufwinkelabhängigen Geräte variieren je nach Gerät zwischen 0,75 kN und 1,15 kN. Das Gewicht des Fallgewichtes hat im Falle der seileinlaufwinkelabhängigen Geräte im gemessenen Bereich keinen wesentlichen Einfluss auf die Kraftanstiegszeit sowie die maximal erforderliche dynamische Haltekraft. Die Annahme, dass die Tubesicherung tauglich ist, wenn der Kletterer erheblich leichter ist als der Sichernde bestätigt sich nicht. Die HMS hat bei umgeschlagenem Knoten eine beherrschbare maximal erforderliche Haltekraft von 0,28 kN.

Z

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Selbst wenn die schnellste in allen durchgeführten Versuchen ermittelte Reaktionszeit von 126 ms mit der höchsten in allen Versuchen ermittelten Handkraft von 0,464 kN kombiniert wird, so wird bei allen untersuchten seileinlaufwinkelabhängigen Geräten die Handkraft erheblich überschritten, bevor die Hand auch nur aus der Ausgangsposition bewegt werden konnte, d.h. vor dem Loslassen der Taste 1. So beträgt z.B. die Zugkraft beim ATC in Abb. 13 nach 126 ms bereits 0,65 kN und überschreitet somit erheblich die maximale gemessene Handkraft von 0,464 kN. Die im Falle des ATC maßgebliche beste Gesamtzeit von 288 ms überschreitet die maximal vom System gewährte Reaktionszeit von ca. 50 ms zum Reagieren und Herunternehmen des Sicherungsseiles im besten ermittelten Fall noch immer um den Faktor 5,7. D.h. der Proband, der in den Versuchen in der Gesamtzeit am schnellsten war, kombiniert mit dem Probanden, der die höchste überhaupt gemessene Handkraft aufbrachte, müsste nochmals 5,7 Mal schneller sein, damit er das Seil nach unten bewegt hat, bevor seine Handkraft überschritten ist.

Die durchgeführten Versuche bestätigen die bereits in bergundsteigen #84 (3/13) vorgetragenen sicherheitstechnischen Bedenken umfänglich: Seileinlaufwinkelabhängige Sicherungsgeräte sind allein aufgrund ihrer Sicherheitsarchitektur unzulässig, da die Sicherheitsfunktion zeitweise aufgehoben wird. Weiterhin ist ein Mensch aufgrund seines Reaktionsvermögens nicht einmal ansatzweise in der Lage, innerhalb der ihm zur Verfügung stehenden Zeit das Sicherungsgerät in den Zustand zu überführen, in dem es sich befinden muss, um seine Sicherheitsfunktion korrekt wahrzunehmen. Die Handkraft ist bereits überschritten, bevor ein Mensch überhaupt nur die Bewegung einleiten, geschweige denn, das Seil nach unten bewegen kann.



Empfehlung

Die nachfolgenden Empfehlungen leiten sich aus den Maßnahmen ab, die sich für gewöhnlich ergeben, wenn ein Gerät auf den Markt geraten ist, bei dem erst später festgestellt wird, dass es nicht sicher ist und schwere Verletzungen oder der Tod eines Menschen die unmittelbare Folge sein können. Bei seileinlaufwinkelabhängigen Geräten ist das nach den vorliegenden Ergebnissen offensichtlich der Fall. Von den untersuchten Geräten erfüllen nur die HMS-Sicherung

und insbesondere das Grigri die sicherheitstechnischen Minimalanforderungen an ein Sicherungsgerät. Ich empfehle den Herstellern bei der In-Verkehr-Bringung aller seileinlaufwinkelabhängigen Geräte in der Bedienungsanleitung die bestimmungsgemäße Verwendung auf die unstrittig sicheren Betriebsarten einzuschränken und eine Verwendung der Geräte zum Vorstiegs- und Topropesichern ausdrücklich nicht zu gestatten. Da keine Rückverfolgbarkeit gegeben ist, rate ich weiterhin dazu, in geeigneten Medien auf die Gefährlichkeit der bereits im Umlauf befindlichen Geräte beim Vorstiegs- und Topropesichern hinzuweisen. Betreibern empfehle ich die generelle Verwendung aller seileinlaufwinkelabhängigen Sicherungsgeräte in ihrer Anlage unverzüglich zu untersagen.



Anmerkung

Bis zum November 2013 war im Bergsport die Gefährlichkeit seileinlaufwinkelabhängiger Geräte nicht bekannt. Ab dem November 2013 standen die Bedenken ebenso massiv wie plausibel im Raum. Der Begriff der Fahrlässigkeit wurde nicht ohne Grund verwendet. Die Tatsache, dass die Hersteller weder den Nachweis der Sicherheit der Geräte führen konnten oder können, noch Ende 2013 für die betreffenden Geräte einen Verwendungsausschluss für das Vorstiegs- und Topropesichern ausgesprochen und flächig publiziert haben, stellt aus meiner Sicht einen Verstoß gegen die Produktbeobachtungsund Gefahrenabwendungspflicht dar. Für die typischen Grounder-Unfälle, die sich seit November 2013 mit seilwinkelabhängigen Geräten zugetragen haben, tragen die Hersteller sicherheitstechnische Verantwortung. Es wurde eine Frau nach einem Unfall mit einem ATC-XP strafrechtlich verurteilt (vergl. "Absturz in der Kletterhalle" aus bergundsteigen 2/11, Seite 27). Gemäß der Veröffentlichung hatte sie Augenblick des Seilzuges das Sicherungsseil oben. Von einem nachweislichen oder naheliegenden Verschulden der Sichernden kann keine Rede sein. Dafür muss erst einmal das Sicherungsgerät nachweislich funktional sicher sein. Das Gegenteil ist aber der Fall. Das Sicherungsgerät ist nachweislich gefährlich. Das Nichtvorhandensein von Verbrennungsverletzungen an den Handinnenflächen eines Angeklagten ist kein Beweis oder auch nur ein verwertbares Indiz für dessen Verschulden. Der Seilverlust nach Überschreitung der Handkraft des Sichernden ist eine zu erwartende Folge der Handkraftüberschreitung, da das System völlig außer Kontrolle geraten ist. Zudem kann niemandem zugemutet werden sich selbst zu verletzen, um mögliche Unfallfolgen seines Kletterpartners abzumildern.

Eine Analogie: Ein Mann fährt in einer leichten Rechtskurve einen Fußgänger tot. Er versichert glaubwürdig, er habe gebremst, aber die Bremse habe plötzlich ausgesetzt. Es wird ein gewöhnlicher Bremstest an dem Fahrzeug durchgeführt. Die Bremse des Fahrzeugs scheint völlig in Ordnung zu sein. Der Mann wird darauf hin strafrechtlich verurteilt.

Durch eine Häufung ähnlicher Fälle von Bremsversagen mit immer dem gleichen Fahrzeugtyp findet man Jahre später heraus, dass die Bremse dieses Fahrzeugtyps bei einem ganz spezifischen Einschlagwinkel in Rechtskurven technisch bedingt manchmal nicht funktioniert. Das Urteil wird daraufhin aufgehoben. Der Mann wird frei gesprochen. Ihn trifft keine Schuld.