



Österreichische Bergführerausbildung

AUSRÜSTUNG & SICHERUNGSTHEORIE

Impressum

4. Auflage, November 2018

Herausgeber: Österreichischer Berg- und Skiführerverband

Abbildungen: Georg Sojer, Heli Mittermayr, Quellenangaben in den Bildbeschriftungen

Für den Inhalt verantwortlich: Heli Mittermayr

Grundlagen

Die sicherheitstechnische Bergsteiger Ausrüstung wird ständig weiterentwickelt. Pit Schubert Mitbegründer und langjähriger Leiter vom DAV-Sicherheitskreis (heute DAV Sicherheitsforschung) und ehemaliger Präsident der UIAA Sicherheitskommission hat bereits in den achtziger Jahren wesentliche Grundlagenarbeit geleistet. 1963 gab es eine einzige Norm, die für Kletterseile, 1968 wurde das Kuratorium für alpine Sicherheit gegründet, 1969 erschien die Norm für Karabiner, danach ging es etwas schneller, mittlerweile gibt es 19 Normen.

Seine Untersuchungen und neuen Erkenntnisse wurden in den Tätigkeitsberichten des DAV Sicherheitskreis zum Beispiel „Sicherheit in Firn und Eis“ Tätigkeitsbericht 1980-1983 siehe Bild publiziert. Heute finden wir sehr vieles in entsprechenden Normen, neue Untersuchungsergebnisse findet man in der Fachzeitschrift „Berg und Steigen“, in den Mitgliederzeitschriften der Alpenvereine, bei den Publikationen der DAV Sicherheitsforschung, im Bergführerinfo usw.

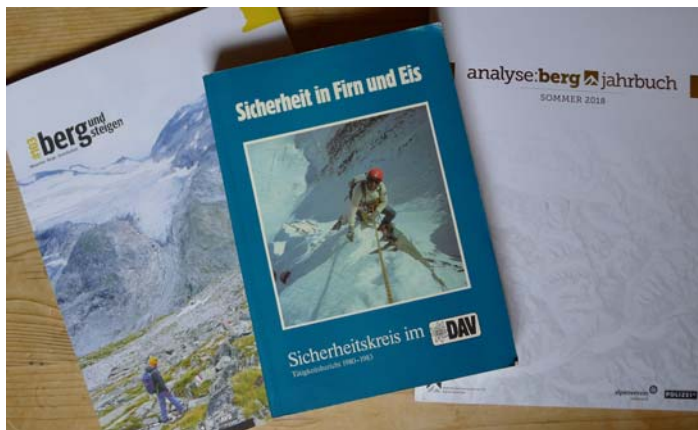


Abb.: Sicherheit in Fels und Eis



Abb.: Moderne Bergsteigerausrüstung

Normen und Klassifizierungen

Die Bergsportausrüstung unterliegt verschiedenen Normen. Neben der in der EU obligatorischen Euro-Norm (EN) gibt es die „freiwillige“ UIAA-Norm.

Grundsätzlich ist die sicherheitsrelevante Bergsportausrüstung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) zugeordnet. Die PSA-Richtlinie teilt die Schutzausrüstung in die Schutzklassen I, II und III ein. Da Bergsportausrüstung vor Stürzen aus großer Höhe schützen soll, hat der Gesetzgeber die meisten der Bergsportartikel in die höchste, die PSA-Klasse III, eingestuft.

Alle Produkte, die in Europa vertrieben und als PSA definiert werden, müssen deshalb auch der PSA-Richtlinie entsprechen.

Damit ist die EN für alle sicherheitsrelevanten Produkte, die auf dem europäischen Markt als Ausrüstung angeboten werden, bindend.



Abb.: DIN-Taschenbuch 480 / Normen

PSA Persönliche Schutzausrüstung

Die PSA wird in Kategorien von I bis III unterteilt. Die Kategorie gibt an, welcher Grad der Qualitätssicherung (Fertigungs- und Endkontrolle) erforderlich ist.

Kategorie I (niedrigste Kategorie, nicht für Bergsportausrüstung) gilt zum Beispiel für Sicherheitshandschuhe; sollte ein Handschuh fehlerhaft gefertigt sein, dürfte dadurch niemand zu Tode kommen. Bei Produkten der Kategorie II (z.B. Helme) sind die Folgen von Mängeln dramatischer, sie müssen deshalb einer Baumusterprüfung bei einem zugelassenen Prüfinstitut unterzogen werden, bevor sie auf den Markt kommen.

Ausrüstung gegen Absturz aus der Höhe ist der höchsten Schutzkategorie III zu- geordnet. Bei PSA der Kategorie III muss zusätzlich zur Baumusterprüfung bei der Markteinführung eine Qualitätssicherung in Form einer jährlichen Wiederholungsprüfung oder von einer ISO-zertifizierten Qualitätssicherung des Herstellers selbst vorgenommen werden.

Was sind DIN-Normen?

Das DIN Deutsches Institut für Normung e. V: erarbeitet Normen und Standards als Dienstleistung für Wirtschaft, Staat und Gesellschaft. Die Hauptaufgabe des DIN besteht darin, gemeinsam mit Vertretern der interessierten Kreise konsensbasierte Normen markt- und zeitgerecht zu erarbeiten. Hierfür bringen rund 26 000 Experten ihr Fachwissen in die Normungsarbeit ein. Aufgrund eines Vertrages mit der Bundesregierung ist das DIN als die nationale Normungsorganisation und als Vertreter deutscher Interessen in den europäischen und internationalen Normungsorganisationen anerkannt. Heute ist die Normungsarbeit des DIN zu fast 90 Prozent international ausgerichtet.

DIN- Normen können nationale Normen, Europäische Normen oder Internationale Normen sein. Welchen Ursprung und damit welchen Wirkungsbereich eine DIN-Norm hat, ist aus deren Bezeichnung zu ersehen:

DIN (plus Zählnummer, z. B. DIN 4701)

Hier handelt es sich um eine nationale Norm, die ausschließlich oder überwiegend nationale Bedeutung hat oder als Vorstufe zu einem internationalen Dokument veröffentlicht wird (Entwürfe zu DIN-Normen werden zusätzlich mit einem „E“ gekennzeichnet, Vornormen mit einem „SPEC“). Die Zählnummer hat keine klassifizierende Bedeutung.

DIN EN (plus Zählnummer, z.B. DIN EN 71)

Hier handelt es sich um die deutsche Ausgabe einer Europäischen Norm, die unverändert von allen Mitgliedern der europäischen Normungsorganisation CEN/CENELEC/ETSI übernommen wurde.

EN EURO-NORM

Die Euro-Norm (EN) wird für jeden Ausrüstungsgegenstand durch ein Normengremium (CEN) formuliert. Der Normentext ist über den Beuth Verlag in Berlin zu beziehen und darf weder kopiert noch anderweitig vervielfältigt werden. Die Euro-Norm liegt auch der DIN (Deutsche Industrienorm) zugrunde; die DIN ist somit lediglich die deutschsprachige Ausgabe der EN.

Für jeden Ausrüstungsgegenstand existiert eine Norm, in der die technischen Mindestanforderungen festgelegt sind, wie zum Beispiel:

- Festigkeiten
- Prüfaufbauten
- Prüfbedingungen
- Abmessungen usw.

Jede dieser Normen trägt eine Nummer. Für Bergsteigerausrüstung – Schlingen - ist dies zum Beispiel die EN 566.

CE Kennzeichnung

Mit dem CE – Zeichen erklärt der Hersteller, dass sein Produkt den in Europa gültigen Richtlinien entspricht („conforme european“)

Durch das Anbringen dieser Kennzeichnung bestätigt der Hersteller eigenverantwortlich, dass ein Produkt allen entsprechenden Vorschriften der Europäischen Union entspricht. Es ist wie der technische Reisepass des Produktes zu verstehen und gilt als Grundvoraussetzung für einen Verkauf innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes. Das CE-Konformitätszeichen gibt also an, dass ein Produkt die erforderlichen Richtlinien erfüllt und offiziell zertifiziert ist. Die Nummer gibt Auskunft, bei welchem Prüfinstitut das Produkt geprüft wurde. Trägt ein Karabiner beispielsweise die Kennzeichnung CE 0123, so besagt die Nummer, dass der TÜV in München für die Zertifizierung dieses Karabinertyps zuständig war.

Bei Gegenständen, die der PSA-Schutzklasse II und III zugeordnet sind, muss eine Baumusterprüfung durchgeführt werden. Bei Klasse III muss die Qualitätssicherung zusätzlich von einem zugelassenen Prüfinstitut abgenommen werden.

Produkte, die nur mit einem CE-Kennzeichen ohne Nummer versehen sind, wurden nicht unabhängig geprüft! Bei Bergsportausrüstungsgegenständen gibt es momentan nur für Bohrhaken keine verpflichtende Norm, da diese nicht zur PSA zählen.

Achtung!

Bergsportausrüstung die zur persönlichen Schutzausrüstung zählt, muss von einem Prüfinstitut abgenommen und somit mit einem CE – Zeichen mit Nummer gekennzeichnet werden (Ausnahme Bohrhaken). Ist dies nicht der Fall, ist Vorsicht geboten.

CEN EUROPÄISCHE NORMENKOMMISSION

In der CEN sitzen die nach Fachgebieten unterteilten Gremien zur Festlegung der Euro-Norm (EN). Das zuständige Fachgremium für Bergsportausrüstung setzt sich zusammen aus Beauftragten der Bergsportverbände Europas (z.B. DAV, SAC, CAI) sowie aus Vertretern der Hersteller und der zuständigen Zertifizierungsstellen (Prüfinstitute, TÜV). Auch Normenänderungen müssen über dieses Gremium verabschiedet werden, was in der Praxis ein langwieriges Unterfangen darstellt.



UIAA NORM

Die Norm der UIAA (Union Internationale des Associations d'Alpinisme, Internationale Union der Alpinverbände) gilt nicht nur in Europa, sondern weltweit. Sie ist nicht verpflichtend, hat aber für die EN oft eine Vorreiterrolle. Das liegt zum einen daran, dass die Verabschiedung einer Normenänderung innerhalb der UIAA wesentlich schneller vonstattengeht als in der CEN. Zum anderen haben Hersteller bei der UIAA-Norm nicht das gleiche Mitspracherecht wie Vertreter der Verbände.

Die UIAA – Norm ist meistens der EN voraus und stellt daher den Stand der Technik für Bergsportausrüstung dar. Alle mit UIAA - Label versehenen Ausrüstungsgegenstände sind nach den höchsten Anforderungskriterien geprüft



ISO 9001

Die ISO 9001 stellt ein international anerkanntes Qualitätsmanagementsystem dar. Mit Hilfe dieser Norm werden zum Beispiel Produktionsprozesse abgesichert und dadurch auch die Qualität eines Produktes gesichert.

Sinn der Normierung

Normen sind von den Normengremien der CEN und der UIAA erarbeitete Mindestanforderungen, um den Verbraucher vor mangelhafter Ware zu schützen. Die wichtigsten Anforderungen an ein Produkt sollen reproduzierbar abgeprüft werden. Oft sind die Normprüfungen überdimensioniert, um ein gewisses Maß an Sicherheitsreserven zu gewährleisten. Andererseits liegt der Schwerpunkt der Norm auf der Reproduzierbarkeit, deshalb decken sich Normanforderungen nicht immer mit ganz mit den Praxisanforderungen.

Beispiele:

■ NORMSTURZPRÜFUNG FÜR KLETTERSEILE

In der Normsturzprüfung für Kletterseile werden Einfachseile mit einem Fallgewicht von 80 Kilogramm Eisenmasse geprüft. Die Fixierung des Seiles ist statisch, der Sturzfaktor beträgt etwa 1,75.



Während der menschliche Körper im Moment des Fangstoßes bis zu einem Drittel der Energie durch Verformung absorbiert, ist die Eisenmasse dazu nicht in der Lage. Hinzu kommt, dass beim Bergsteigen in der Regel eine Form der dynamischen Partnersicherung angewendet wird. Dies bedeutet, dass ab einer gewissen Krafteinwirkung entweder das Seil im Bremsgerät zu laufen beginnt oder der Körper des Sichernden bewegt wird.

Beim Normsturz ist das Seil jedoch statisch fixiert. Lediglich die Dynamik des Seiles kann hier Energie umwandeln. Trotzdem macht die Normanforderung (mindestens fünf bruchfreie Normstürze für ein Einfachseil) Sinn, um zu gewährleisten, dass Seile in der Praxis nicht reißen können (Ausnahmen: Belastung über scharfe Kanten, Säureeinwirkung).

Der Scharfkantetest wurde im Jahr 2002 von der UIAA als Ergänzung zur bestehenden Norm eingeführt. Dabei handelt es sich um einen Normsturz unter verschärften Bedingungen. Bei identischen Sturzbedingungen wird die Karabinerkante durch eine rechtwinkelige Metallkante mit Außenradius von 0,75 mm ersetzt. Bei einem Sturz über eine derart scharfe Kante tritt eine extreme punktuelle Scherbelastung auf, die das dynamische Energieaufnahmevermögen eines Seiles bereits beim ersten Sturz überfordern kann. Das Seil wird abgeschert! Der Test gilt als bestanden, wenn das Sturzwert gehalten wurde und nicht mehr als 50% der Mantelfäden beschädigt sind. Dieses Prüfverfahren wurde wieder zurückgezogen, da bei gleichen Seilen in unterschiedlichen Prüflabors unterschiedliche Testergebnisse ermittelt wurden und somit keine einheitliche Reproduzierbarkeit erreicht werden konnte. Der Test wird von verschiedenen Kunden der Seilhersteller nach wie vor gefordert und deshalb von vielen Herstellern nach wie vor angegeben.

■ NORM FÜR KLETTERSTEIGSETS

Seit 2003 beschäftigte sich die DAV Sicherheitsforschung immer wieder mit Klettersteigsets. Mehrere sicherheitstechnische Probleme kamen in dieser Zeit zum Vorschein.

Im August 2012 kam es zu einem tödlichen Absturz, nach dem beide elastischen Lastarme eines genormten Klettersteigsets bei einem Sturz gerissen sind. Aufgrund einer konstruktiven Schwächung der elastischen Lastarme war ein Bruch auch innerhalb der vom Hersteller angegebenen Gebrauchsdauer möglich. Für leichtgewichtige Personen konnte ein Sturz wegen des großen Fangstoßes schnell lebensgefährlich werden.

Im Februar 2013 wurden weitere Klettersteigsets vorsorglich zurückgerufen, ohne dass ein Unfall sich ereignet hat. Tests haben gezeigt, dass die Kombination Reibfallbremse (Fangstoßdämpfer durch den das Seil gefädelt wird) mit unelastischen Lastarmen innerhalb der empfohlenen Gebrauchsdauer zu einem Kompletversagen führen kann. Daraufhin riefen neun Hersteller insgesamt 28 verschiedene Klettersteigsets zurück (**der größte Rückruf der im Bergsport stattgefunden hat**). Nach wie vor wurden nicht alle vom Rückruf betroffenen Sets ausgetauscht, es ist damit zu rechnen dass einige Personen weiterhin mit einem vom Rückruf betroffenen Set unterwegs sind.

Trotz dringendem Handlungsbedarf, hat es bis April 2017 gedauert bis die überarbeitete Norm Gültigkeit erlangte. Am 1. April 2017 ist die neue Klettersteignorm in Kraft getreten und rechtsgültig geworden.

Die wichtigsten Neuerungen im Überblick:

- Der Fangstoß am Anfang des Bremsvorganges ist deutlich niedriger als bei älteren Sets. Die Sets werden nicht mehr mit nur 80 kg Sturzmasse getestet, sondern sowohl mit 40 kg als auch mit 120 kg, der Fangstoß darf maximal 3,5 kN und 6 kN betragen. Die Sicherheit für Personen am unteren Rand und oberen Rand dieses Gewichtsspektrums wird dadurch erhöht.
- Die zulässige Bremslänge wurde von 120cm auf 220cm erhöht.
- Ein neu eingeführter Zyklustest für elastische Lastarme stellt sicher, dass diese auch nach vielen Einsatzstunden ausreichend Festigkeit aufweisen.
- Elastische Lastarme müssen eine Mindestfestigkeit von 12 kN aufweisen.
- Nicht-elastische Lastarme müssen eine Mindestfestigkeit von 15 kN aufweisen.
- Ein neu eingeführter Nässetest stellt einen ausreichenden niedrigen Fangstoß, auch bei Nässe sicher.
- Die Ansprechkraft des Klettersteigsets muss über 1,3 kN liegen.
- Durch die umfangreicheren Anforderungen werden diese etwas größer und schwerer als die bisherigen sein.

Was passiert mit den alten Klettersteigsets?

Klettersteigsets die nach der alten Fassung der EN 958 zertifiziert wurden, können unter gewissen Umständen auch weiterhin verwendet werden. Vor allem für Personen am unteren bzw. oberen Rand des Gewichtsspektrums sind sie allerdings nicht mehr zu empfehlen. Folgende Fragen müssen unbedingt geklärt werden, bevor ein altes Klettersteigset weiterhin verwendet wird:

- Hat mein Klettersteigset die Lebensdauerangabe (Ablagefrist / Gebrauchsdauer) des Herstellers noch nicht überschritten?
- Ist mein Klettersteigset noch in einem guten Zustand?
- Ist das Klettersteigset in den letzten Jahren sicher nicht von einem Rückruf betroffen?

Nur wenn diese Fragen bejaht werden, sollte das Klettersteigset weiterhin verwendet werden!



NORMUNG VON BERGSPORTAUSRÜSTUNG

Material	EN	Ausgabe	PSA – Kategorie	UIAA
Seile	EN 892	2012-11	III	UIAA 101
Reepschnur	EN 564	2013-07	III	UIAA 102
Band	EN 565	2007-03	III	UIAA 103
Expressschlingen	EN 566	2007-03	III	UIAA 104
Anseilgurte	EN 12277	2007-05	III	UIAA 105
Helme	EN 12492	2012-04	II*	UIAA 106
Statikseile	EN 1891	2009-01	III	UIAA 107
Karabiner	EN 12275	2013-06	III	UIAA 121
Normalhaken	EN 569	2007-05	III	UIAA 122
Bohrhaken	EN 959	2007-08	--- **	UIAA 123
Klemmkeile	EN 12270	2014-03	III	UIAA 124
Klemmgeräte	EN12276	2014-03	III	UIAA 125
Seilklemmen	EN 567	2013-06	III	UIAA 126
Seilrollen	EN 12278	2007-08	III	UIAA 127
Fangstoßdämpfer	EN 958	2017-04	III	UIAA 128
Eisschrauben	EN 568	2007-09	III	UIAA 151
Eisgeräte	EN 13089	2011-05	III	UIAA 152
Steigeisen	EN 893	2011-02	II	UIAA 153
Halbautomatische Sicherungsgeräte	EN 1515-1	2012-10	III	UIAA 129
Manuelle Sicherungsgeräte	EN 1515-2	2012-10	---	UIAA 129
Künstliche Kletteranlagen Teil 1	EN 12572-1	2007-07	---	---
Künstliche Kletteranlagen Teil 2	EN 12572-2	2009-01	---	---
LVS-Gerät	EN 300718	1991	---	---

Einheiten und Größen

Folgende Basiseinheiten sind zum Verständnis der wichtigsten Normen für Bergsportausrüstung notwendig.

Basiseinheiten:

- **Länge** Meter (m)
- **Masse** Kilogramm (kg)
- **Zeit** Sekunde (s)
- **Temperatur** Temperatur Grad Celsius (°C)

Daraus abgeleitete Einheiten:

- **Fläche** Quadratmeter (m²)
- **Volumen** Kubikmeter (m³)
- **Kraft** Newton (N)
- **Arbeit** Joule (J)

Unterteilung einer Einheit:

Zur besseren Anschaulichkeit werden häufig Teile der Einheiten gewählt:

Länge 1000mm = 100cm = 10dm = 1m = 0,001km

Zeit 3600s = 60min = 1h

Masse 1000g = 1kg = 0,001t

Kraft 1000N = 100daN = 1kN

Arbeit 1000J = 1 kJ

Frequenz 1/s = Herz (Hz), Kiloherz (kHz)

Alte und neue Maßeinheiten:

- Das Messen der Temperatur in Grad Celsius gegenüber der moderneren Einheit Kelvin (K) hat weiterhin Bestand.
- Kilopond (kp) wurde durch Newton (N) abgelöst.

Da Kräfteinheiten (meist Bruchkräfte) wesentliche Bestandteile der Bergsportnormen sind, hier nochmals einige Punkte zum besseren Verständnis:

Newton (N) und Kilopond (kp) sind Einheiten für Kräfte. Kilogramm (kg) ist eine Masseinheit.

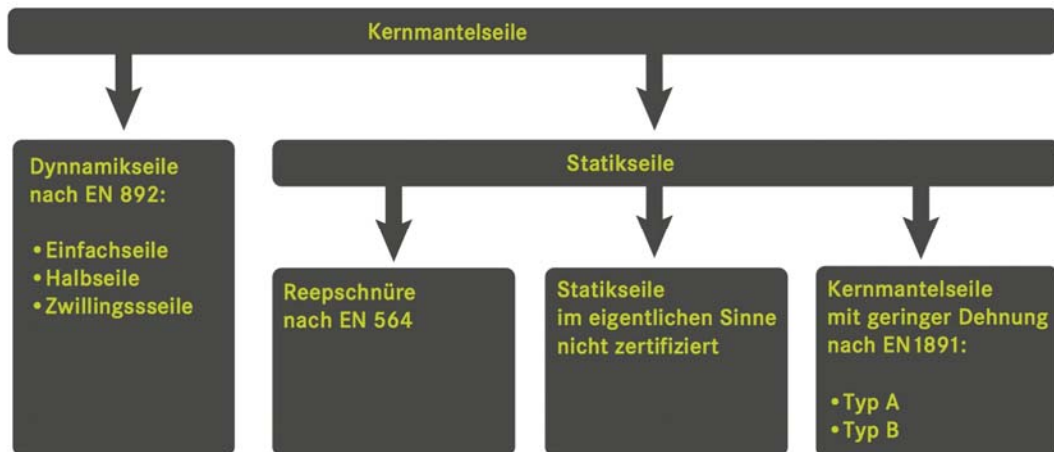
1 Newton ist die Kraft, die nötig ist, um eine Masse von 1 Kilogramm in einer Sekunde auf ein Meter pro Sekunde (m/s) zu beschleunigen. Heute werden Kräfte in Newton gemessen, nicht wie früher in Kilopond.

Kraftmessungen beim Testen von Bergsportausrüstung erfolgen in Newton (N), Kilonewton (kN) und Dekanewton (daN).

$1000\text{N} = 1\text{kN} = 100\text{daN} = 102\text{ kp (ca. 100kp)}$

Seile

Im Bergsport werden dynamische und statische Seile verwendet. Während die dynamischen Seile zur Energieaufnahme bei der Partnersicherung dienen, verwendet man Statikseile vornehmlich als Fixseile, um daran auf- oder abzustiegen. Die Hauptanwendung ist beim Höhlenforschen, Bergrettung oder Industrieklettern.






Quelle: Fa. Edelrid

Dynamische Seile (DIN EN 892)

Ein dynamisches Seil ist laut Norm definiert als „Seil das dazu vorgesehen ist, einen freien Sturz eines Bergsteigers bei einer begrenzten maximalen Fangstoßkraft abzufangen“.

Dynamische Seile gibt es in drei Typen: als Einfach-, Halb- oder Zwillingsseile.

SEILTYP	KENNZEICHNUNG	DURCHMESSER	METERGEWICHT
Einfachseile (1)		8,5 bis 11 mm	48 bis 85 g
Halbseile (½)		7,1 bis 9 mm	36 bis 55g
Zwillingsseile (∞)		6,9 bis 8 mm	35 bis 45 g



Die wichtigsten Normanforderungen nach EN 892 und UIAA 101:

Seiltyp	Einfachseil	Halbseil	Zwillingsseil
Prüfung im	Einfachstrang	Einfachstrang	Doppelstrang
Normsturz mit	80 kg	55 kg	80 kg
Anzahl Normstürze	mind. 5	mind. 5	mind. 12
Fangstoß	≤12kN	≤8kN	≤12kN
Gebrauchsdehnung	≤10%	≤12%	≤10%
Mantelverschiebung	≤20mm	≤20mm	≤20mm
Normsturzdehnung	≤40%	≤40%	≤40%

Kenndaten die bei einem Seil vom Hersteller angegeben werden:

1*	Durchmesser Diameter	9,2 mm
2*	Länge Length	80 m
3*	Sturzzahl Number of falls	① ①/2 ③ 8 / >30 / >30
4*	Metergewicht Weight per meter	59 g/m
5*	Fangstoss Impact force	① ①/2 ③ 8,9 / 6,5 / 10,2 kN
6*	Mantelanteil Sheath proportion	37 %
7*	Statische Dehnung Static elongation	① ①/2 ③ 8,0 / 8,1 / 5,5 %
8*	Dynamische Dehnung Dynamic elongation	① ①/2 ③ 31 / 29 / 28 %
9*	Mantelverschiebung Sheath slippage	0 mm
10*	Chargen-Nr. Lot no.	S-2016-0378-002
11*	Artikelnummer Item Number	712320801180



4 052285 310509



VIAA T2



54357 05.15

*Traduction données techniques, *Traduzione dati tecnici, *Vertaling technische gegevens, *Traducción datos técnicos, *Oversetting tekniske data, *Tradução de dados técnicos, *Översættelse tekniske data, *Tłumaczenie danych technicznych, *Översättning av teknisk data, *Překlad „Technické údaje“, *Traducere date tehnice, *Teknisten tiedotien käänös, *Preklad „Technické údaje“

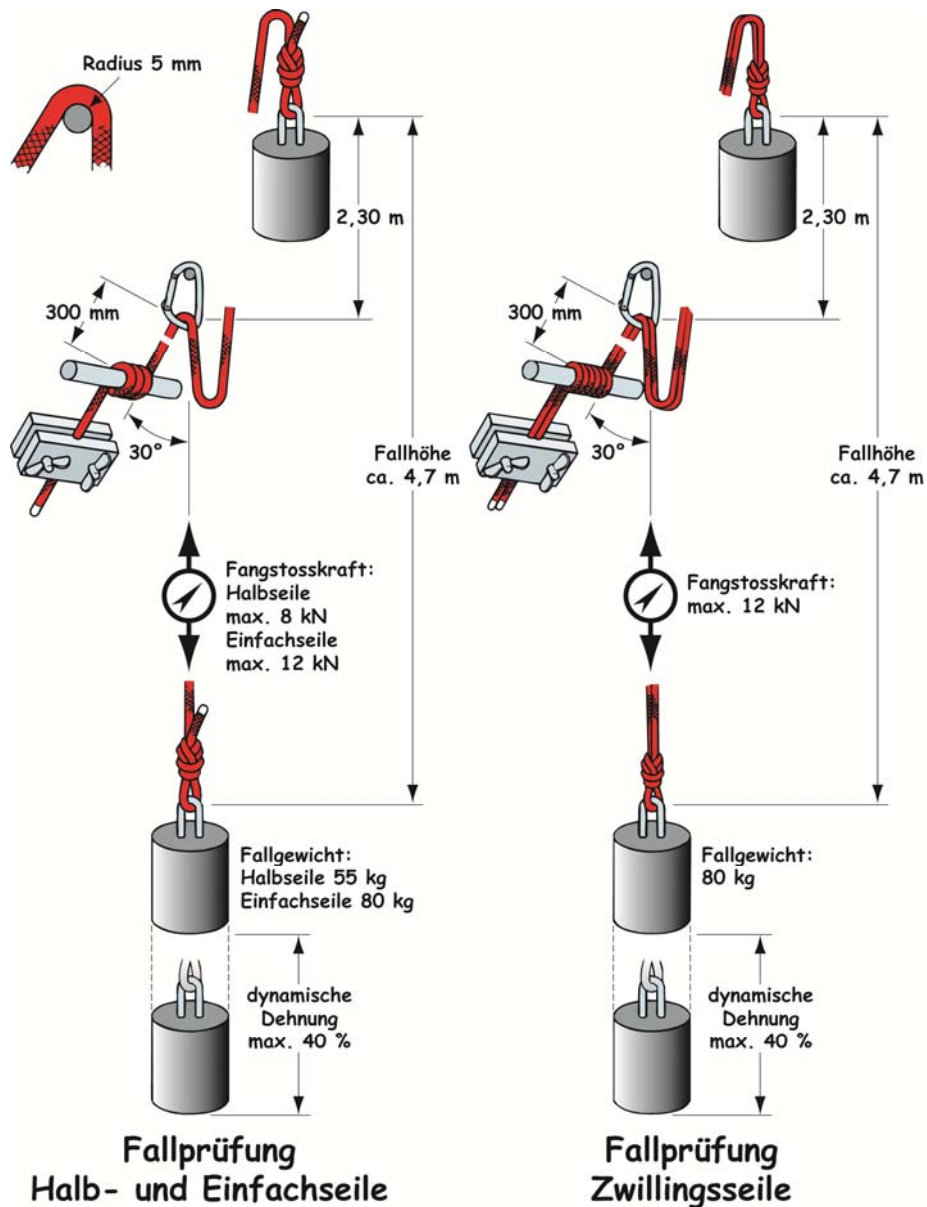
Seilaufbau und Kennzeichnungen:



Quelle: Fa. Edelrid

Normsturz

Der Normsturz ist eine definierte Testanordnung mit einem Sturzfaktor von 1,75. Für die Praxis hat er eine untergeordnete Bedeutung, da die Seilbefestigung beim Versuchsaufbau statisch vorgeschrieben ist. In der Praxis wird dynamisch gesichert. Außerdem ist das Sturzw Gewicht aus Eisen und verformt sich beim Normsturz nicht. Der menschliche Körper hingegen nimmt durch Verformung Energie auf. Die Normsturzprüfung schreibt weiter vor, dass das Seil eingespannt bleibt. Das heißt, dass die Belastung in der Umlenkung immer an derselben Stelle auf das Seil wirkt.



Materialien für Seile

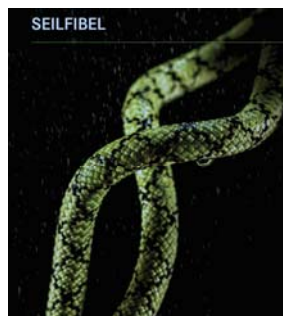
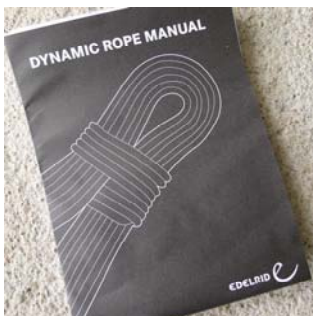
Seile bestehen heutzutage aus Polyamidgarn (Polyamid 6.6, wird auch als Nylon bezeichnet). Diese Fasern sind etwa halb so dick wie ein Haar. Aus zwei bis sechs solcher Garne wird ein Zwirnfaden gedreht (verzwirnen). Vier bis sechs dieser Zwirnfäden werden wiederum zu einer Einlage verdreht, mehrere dieser Einlagen bilden den Kern.

Das Verdrehen gibt dem Seil seine Elastizität, ähnlich einer Spiralfeder. Die Zwirnfäden und Einlagen werden mit Chemikalien UV-stabilisiert, veredelt und thermisch geschrumpft, um die Reibung zwischen den Zwirnfäden zu verringern.

Auf der Flechtmaschine wird der Seilkern mit dem Mantelgarn umflochten. Der Mantelanteil liegt zwischen 35 und 45 Prozent. Alle Seile besitzen im Inneren einen Kennfaden, der Auskunft über Herstellungsjahr und Firma gibt.



Mitgelieferte Produktinformation:



Die Hersteller müssen Seile an ihren Enden mit dem Symbol des Seiltyps sowie dem Herstellernamen oder Logo kennzeichnen (Banderole). Zudem wird meistens die Seillänge angegeben und über eventuelle wasserabweisende Beschichtungen informiert.



Im Beipackzettel müssen die folgenden Informationen stehen: Länge, Name oder Warenzeichen des Herstellers, Nummer der EN, Durchmesser, Metergewicht, Seiltyp, Gebrauchsdehnung (statische Dehnung), Normsturzdehnung (dynamische Dehnung), Fangstoß beim Normsturz, Anzahl der gehaltenen Normstürze, Mantelverschiebung, Bedeutung aller auf dem Produkt angebrachten Markierungen, Informationen zum Gebrauch des Produkts sowie Angaben zu Instandhaltung und Lebensdauer.

Mittenmarkierung

Die Mittenmarkierung des Seiles gibt dem Anwender sinnvolle Hinweise, zum Beispiel ob das Seil zum Ablassen ausreichend lang ist, damit können leicht viele Abseil- und Ablassunfälle vermieden werden. Außerdem helfen sie dem Kletterer, wenn er abschätzen muss, wie viel Seil bereits ausgegeben wurde. Die Markierung sollte nicht verschiebbar und möglichst dauerhaft angebracht sein (kein Klebeband). Alte Farbmarkierungen können mit Seilmarkierungsstiften (oder lösungsmittelfreien Stiften wie dem Edding 3000, Retract 11 und Staedtler Lumucolor, diese wurden von der DAV Sicherheitsforschung getestet und empfohlen) nachgemalt werden.



Zwar können diese Markierungen eine geringe Verminderung der Seilfestigkeit bewirken, diese bewegt sich jedoch in einem für die Praxis untergeordneten Rahmen. Ein nasses Seil weist beispielsweise eine ähnliche Minderung der Festigkeit auf, und auch durch mehrmaliges Abseilen wird die Festigkeit in ähnlichem Umfang verringert. Diese witterungs- oder gebrauchsbewingten Schwächungen sind einkalkuliert und bergen kein ernst zu nehmendes Risiko.

Eine Dauerhafte Mittelmarkierung ist durch eine Änderung des Musters vom Mantel bzw. einer kompletten Farbänderung gegeben.



Lebensdauer

Laut EN sind die Hersteller verpflichtet, Angaben über die Lebensdauer von Bergsportausrüstung zu machen. Nach Ablauf dieser Zeit verfällt die Gewährleistungspflicht des Herstellers. Für den kommerziellen Einsatz (z.B. Verleih) ist es deshalb wichtig, sich an diese Angaben zu halten.

Für den privaten Gebrauch ist es eine Abwägungssache.

Empfehlung über die Lebensdauer von Seilen:

Verwendungshäufigkeit	ungefähre Lebensdauer
Nie benutzt	maximal 10 Jahre
Selten benutzt (ein- oder zweimal im Jahr)	bis zu 7 Jahre
Gelegentlich benutzt (einmal im Monat)	bis zu 5 Jahre
Regelmäßig benutzt (mehrmals im Monat)	bis zu 3 Jahre
Häufig benutzt (jede Woche)	bis zu 1 Jahr
Ständig benutzt (fast täglich)	weniger als 1 Jahr

Ein Überschreiten der empfohlenen Nutzungsdauer führt zwar nicht zwangsläufig zum Versagen, jedoch nehmen die dynamischen Eigenschaften eines Seiles mit der Zeit ab, und das Handling wird schlechter. Ein Seil gehört auf jeden Fall ausgemustert oder abgeschnitten, wenn der Mantel beschädigt oder das Ende durch häufiges Stürzen deutlichen Materialverschleiß zeigt.



Allgemein wirken sich häufiges Ablassen, Abseilen, Stürzen, Staub und Sand negativ auf die Lebensdauer eines Seiles aus. Während Ablassen, Abseilen und Stürzen zum normalen Gebrauch eines Seiles gehören, sollte gegen Schmutz (vor allem Sand und Staub) etwas unternommen werden.

Dringen die feinen Kristalle und Schmutzpartikel ins Seil ein, wirken sie wie „Sand im Getriebe“ und verletzen die feinen Polyamidfilamente. Der Gebrauch eines Seilsacks schafft hier Abhilfe und verlängert die Lebensdauer des Seiles.

Fakt ist, dass ein sehr dünnes Seil gerade so die Mindestanforderungen erfüllt, was die Norm vorgibt, wer ein etwas robusteres langlebigeres Seil möchte, sollte eines auswählen wo eben mehr Mantel-Kernanteil vorhanden ist. Untersuchungen haben gezeigt dass die Kantenfestigkeit eines Seiles nicht nur vom Durchmesser, sondern auch von anderen konstruktiven Merkmalen abhängt. Wer hier maximale Sicherheit haben möchte, ist besser beraten hier zwei Steilstränge (Halbseile oder Zwillingsseile) zu verwenden.

Beschädigung des Seiles durch Chemikalien

Schwefelsäure (z.B. in der Autobatterie) ist gefährlich für Seile. Kommt das Seil damit in Berührung, nimmt seine Festigkeit dramatisch ab. Auch Salzsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Natriumhydroxid, Phenol und Wasserstoffperoxid sind schädlich.

Die Einflüsse von Harnsäure, Coca-Cola, Salzwasser, Autan, Benzin oder Diesel sind nach Versuchen der DAV-Sicherheitsforschung hingegen nicht dramatisch und haben keine praxisrelevante festigkeitsvermindernde Wirkung.

Achtung!

Nach Kontakt mit Schwefelsäure kann eine Belastung mit einfachem Körpergewicht bereits zum Seilriss führen!

Seildurchtrennungen („Seilrisse“)

Pit Schubert hat seit den 1960er Jahren Unfälle mit Seilrissen gesammelt und innerhalb von 20 Jahren nur einen durch Scharfkanteneinfluss festgesellt. Seine Sammlung führt die DAV Sicherheitsforschung fort, mittlerweile gibt es 92 Meldungen mit 64 kompletten Seildurchtrennungen, die Meldungen häufen sich in den letzten Jahren.

Aus den vorliegenden Meldungen lassen sich vier unterschiedliche Ursachen ausmachen: **Säure, Schmelzverbrennung, Steinschlag und Kanten.**

Säure kommt besonders oft vor, im besonderen Schwefelsäure von der Autobatterie. Sechs von elf gemeldeten Säure-Unfällen ereigneten sich in den letzten 10 Jahren!

Die Gefahr von Schmelzverbrennungen kommt im Verhältnis nur selten vor, die Gefahr ist vielen Bergsteigern bekannt, nur zwei Kompletteseilrisse (Durchtrennungen) zwischen (1994 und 2003).

Steinschlag kann Seile nicht nur beschädigen, sondern sogar vollständig durchtrennen- er muss das Seil nur „richtig“ treffen. Auch parallel geführte Halbseile können so gleichzeitig gekappt werden!

Bei 34 Unfällen spielten Kanten (Fels- oder Metallkanten) die entscheidende Rolle. Eingeschliffene, scharfkantige- Karabiner, scharfkantige- Sicherungs-/Abseilgeräte sollte man aussortieren! Seilrisse durch Felskanteneinfluss sind besonders besorgniserregend, denn man kann sie nicht durch relativ simple Maßnahmen ausschließen.

In den letzten Jahren wurde spekuliert, dass die Zunahme an Seilrissen von den immer leichter und dünner werdenden Seilen kommen könnte. Natürlich gilt: je dicker desto kantenfester ist ein Seil.

Unter ungünstigen Eigenschaften kann aber jedes Seil bei Kanteneinfluss reißen! Elf Unfallmeldungen entsprechen folgenden Kriterien: Einfachseil, Komplettdurchtrennung durch Kanteneinfluss.

Der Verdacht dass leichtere und dünnere Seile häufiger die Ursache für Seildurchtrennungen sind, konnte sich nicht bestätigen. Lediglich zwei waren dünner als 9,5mm, allerdings muss man bedenken, dass dünne Seile erst im Kommen sind. Beim Hersteller Mammut stieg der Anteil von verkauften Seile unter 9,5mm von 2012 bis 2015 von vier auf rund acht Prozent, bei Edelrid zwischen 2013 und 2016 von 5,5 auf 16,5.



Am Nesthorn / Berner Alpen riss 2015 bei der Schweizer Bergführerausbildung ein 8,7mm Seil beim Ablassen von zwei Personen, Gewicht: ca. 150 kg, das Seil lief dabei über eine runde Felskante. Als die beiden Personen wenige Zentimeter zur Seite pendelten riss das Seil. Daniel Gebel (Fa. Edelrid) und Chris Semmel machten Untersuchungen zu unterschiedlichen Vorspannungen von Seilen und die Auswirkung auf die Schnitffestigkeit. Die Verdoppelung der Last von 80 auf 160 kg bewirkt einen Faktor von 6 bis 7. Das heißt, die Schnitffestigkeit sinkt bei Verdoppelung der Last um etwa 600 – 700%. Stark gebrauchte Seile verlieren nur geringfügig an Schnitffestigkeit, von 5-11%. Dyneema ist etwa doppelt so schnitffest wie Polyamid. Man erreicht daher mit einer 6,5mm dicken Dyneema-Hilfseile eine ähnliche Schnitffestigkeit wie mit einem 9 mm Einfachseil aus Polyamid.

Wichtig für die Praxis!

Im Felsgelände sollte immer nur eine Person am Seilstrang abgelassen werden. Nur wenn man Schnittbelastungen über Felskanten ausschließen kann (Eis / Firn) ist es verantwortbar mit größeren Lasten zu arbeiten.

Besonders im Gebirge oder in Mehrseillängen-Routen (größere Sturzweiten sind möglich, erhöhte Pendelgefahr über Kanten ist gegeben) **sollten Doppelseile verwendet werden, optimaler Weise in Halbseiltechnik.** Bei Übungen und Anwendungen der behelfsmäßigen Bergrettung ist die Pendelgefahr und mögliche Schnittbelastung immer zu berücksichtigen!

Auch bei der Normsturzprüfung zeigt eine Erhöhung der Masse, einen gravierenden Einbruch der Normsturz-Anzahl. Bei 60 kg Fallgewicht hielt das Einfachseil bereits mehr als 20 Normstürze, bei 80 kg (wie in der EN 982 für dynamische Bergseile vorgeschrieben) hält das getestete Seil 7 Normstürze und reißt beim 8. Erhöht man die Masse auf 100 kg sind es nur noch 3 Normstürze und bei 120 kg nur noch einer!

Einfluss der UV-Strahlung

Nylon altert durch UV-Bestrahlung, es wird spröde und brüchig. Um dies zu verhindern, wird das Garn mit chemischen Substanzen gegen die Einflüsse von UV-Licht stabilisiert. Die Chemikalie soll die durch das UV-Licht gebildeten freien Radikale binden. Ist diese Imprägnierung verbraucht, wirkt das UV-Licht schädigend auf das bestrahlte Garn. Die Eindringtiefe des UV-Lichtes ist allerdings gering und betrifft fast nur den Mantel. Dadurch erklärt sich der geringe Festigkeitsverlust des Kernmantel-Materials, selbst wenn es über einen langen Zeitraum einer hohen UV-Belastung ausgesetzt war.

Bei Bandmaterial, das bekanntlich keinen schützenden Mantel hat, ist der Einfluss von UV-Strahlung daher kritischer zu bewerten.

Statische Seile (EN 1891)

Normdefinition: „Aus einer Kern-Mantel-Konstruktion bestehendes Textilseil zur Benutzung bei seilunterstützten Arbeiten, zur Arbeitsplatzpositionierung und Rückhalten bei der Rettung und beim Höhlenforschen“.

Seiltypen:

Bei den statischen Seilen werden zwei Typen (Typ A und B) unterschieden. Für Typ A gelten höhere Festigkeitsanforderungen als für Typ B.

Statische Seile werden als Kern-Mantel-Konstruktionen hergestellt, wobei der Kern im Allgemeinen das last- tragende Element ist und der Mantel gegen Abrieb und UV-Schädigung schützt.

Statikseile müssen einen Durchmesser zwischen 8,5 und 16 Millimeter haben.



Seiltyp	A	B
Statische Belastbarkeit	22 kN	18 kN
Belastbarkeit der Endverbindung (Achterknoten)	15 kN	12 kN
Dynamische Belastbarkeit	Mind. 5 Stürze	Mind. 5 Stürze
Schmelzpunkt	Über 195°	Über 195°
Mantelverschiebung	<20mm	<15mm
Dehnung	<5%	<5%
Knotbarkeit	< 1,2	< 1,2

Die UIAA-Norm schreibt zusätzlich vor, dass ein auf einer Rolle geliefertes Statikseil aus einem Stück bestehen muss.

Prüfkriterien:

Die dynamische Belastbarkeit wird durch eine Sturzanordnung mit einer freien Fallhöhe von 2 Metern bei einem Sturzfaktor 1 geprüft. Seile vom Typ A werden hierbei mit 100 Kilogramm Fallgewicht, Seile vom Typ B mit 80 Kilogramm Fallgewicht getestet.

Kennzeichnung:

Die Enden des Seiles müssen mit Banderolen versehen sein und folgende Informationen enthalten:

- Seiltyp (A oder B).
- Durchmesser in Millimetern.
- Die Nummer der EN.

Beispiel: Technische Daten eines Statikseiles:

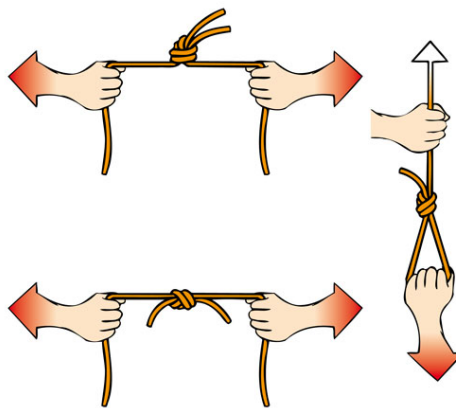
- ◆ Belastbarkeit Achterknoten Kn: 22
- ◆ Belastbarkeit Vernäht Kn: 24
- ◆ Durchmesser: 11,00
- ◆ Kernanteil: 59,00
- ◆ Knotbarkeit: 1,00
- ◆ Mantelanteil: 41,00
- ◆ Metergewicht: 79,00
- ◆ Schrumpfung H2O: 4,10
- ◆ Statische Dehnung: 3,4
- ◆ Zugfestigkeit Kn: 34
- ◆ CE Kennzeichnung: -
- ◆ Ursprungsland: Germany
- ◆ Material: -
- ◆ Zertifizierung: EN 1891 Typ A
- ◆ Einfachseil: Nein
- ◆ Halbseil: Nein
- ◆ Scharfkantengeprüft: Nein
- ◆ Zwillingsseil: Nein

Schlingen und Reepschnüre (EN 566, EN 564)

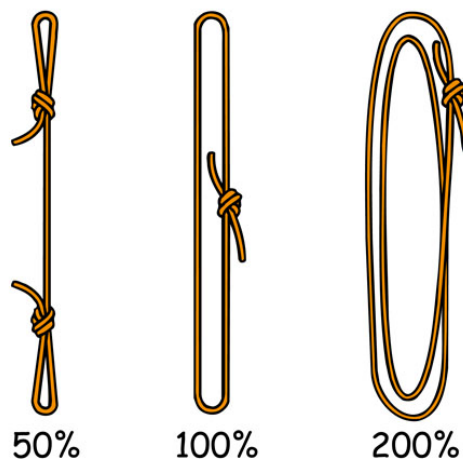
Normdefinition:

Schlingen und Reepschnüre werden vor allem an Zwischensicherungen, als Verbindung von Fixpunkten oder zur Kraftaufnahme an der Hüft-Brustgurt-Kombination verwendet. Reepschnüre und Bandmaterial besitzen eine sehr geringe Dehnung und sind daher für statische oder annähernd statische Belastungen zur Kraftaufnahme und nicht zur Energieaufnahme gedacht.

Verringerung der Festigkeit je nach Knoten: Je nach Knoten verringert sich die Festigkeit von Bandmaterial um 20 bis 60 Prozent. Am meisten vermindert der Sackstich in Tropfenform die Festigkeit gegenüber dem Material im Einfachstrang (ca. 60 %).



Am besten schneidet der Achter in Ringform ab (ca. 20 % Festigkeitsverlust). Kommen Einflüsse wie Feuchtigkeit oder Alterung als schwächende Faktoren hinzu, kann der Einsatz grenzwertig werden. Generell kann man mit den unten angeführten Beispielen als Faustregel gut arbeiten, die genauen Festigkeitsverluste sind in der Tabelle der Sicherheitsforschung angeführt.



Polyethylenmaterial (Dyneema und Spectraweb) sowie Mischgewebe dürfen aufgrund der extrem glatten Oberfläche nur vernäht verkauft werden. Bei Knoten besteht die Gefahr, dass sie sich aufziehen. Vernähte Schlingen dürfen jedoch schon geknotet werden, zum Beispiel um das Zentralpunktauge am Stand zu bauen.

Die höchsten Festigkeitswerte erreicht man mit dem doppelten Bulin-Auge.

- Bandmaterial sollte nie im Einzelstrang verwendet werden.
- Vernähte Schlingen (Expressschlingen) sind geknoteten Schlingen vorzuziehen.
- Bandmaterial darf niemals als behelfsmäßiges Klettersteigset verwendet werden.

Bandmaterial (EN 565)

Mit dem Begriff „Bandmaterial“ wird in der Fachsprache ausschließlich offenes Material bezeichnet, das als Meterware verkauft wird. Es wird aus Polyamid (Nylon) hergestellt und besitzt eine Breite zwischen 15 und 25 Millimetern. Vernähte Bandschlingen werden offiziell den Expressschlingen zugeordnet. Prinzipiell weist Bandmaterial dieselben Materialunterschiede auf wie vernähte Schlingen, auch die Anwendungsbereiche sind identisch. Allerdings ziehen sich bei Polyethylen und Mischgewebe aufgrund der glatten Oberfläche Knoten schon bei geringer Belastung auf. Daher sind diese beiden Materialien nur vernäht auf dem Markt erhältlich.

Die wichtigsten Normanforderungen nach EN 565

- Die Mindestbruchkraft für Bandmaterial beträgt 5 kN.
- Die erreichte Bruchfestigkeit muss durch Kennfäden (pro Kennfaden 5 kN) auf der Schlinge kenntlich gemacht werden.
- Die UIAA-Norm schreibt darüber hinaus vor, dass Bandmaterial in Form von Meterware auf Rollen in einem Stück geliefert und gelagert werden muss (also nicht gestückelt sein darf).



Abb. Bandmaterial mit drei Kennfäden (15 kN Bruchfestigkeit)

Schlingen (EN 566)

Expressschlingen werden meistens aus Schlauchband gefertigt und können aus unterschiedlichen Materialien bestehen (Polyamid, Polyamid/Polyethylen-Mischgewebe und reines Polyethylen).

Die wichtigsten Normanforderungen nach EN 565

- Die Bruchkraft einer Expressschlinge muss mindestens 22 Kilonewton betragen.
- Die Vernähung muss sich gegenüber der Oberfläche des Bandes durch Farbe oder Oberflächenbild abheben.
- Die UIAA-Norm schreibt die gleiche Festigkeit vor. Die Vernähung muss sich allein durch die Farbgebung abheben.

Prüfverfahren:

Die Prüfung der Festigkeit wird im Ring durchgeführt. Das heißt, dass der Einzelstrang der als Ring vernähten Schlinge (sowie die Vernähung) mindestens 11 Kilonewton halten muss.

MATERIAL

Neben Polyamid haben sich Mischgewebe (Polyamid und Polyethylen) durchgesetzt. Der Vorteil liegt in einer etwa fünfmal höheren Festigkeit des Polyethylens im Vergleich zum Polyamid. Die Schlingen können daher mit kleinerem Querschnitt hergestellt werden. Reine Polyethylenschlingen müssen durch ein spezielles Nähverfahren verbunden werden, da die Fasern so glatt sind, dass sie sich bei Belastung durch die Fäden einer herkömmlichen Vernähung durchziehen würden. Momentan existieren nur zwei Hersteller für das Garn, deshalb sind die Schlingen auch als Spectraweb oder Dyneema-Schlingen bekannt. Typisch ist auch die weiße Farbe. Polyethylen ist so glatt, dass ein Einfärben nur schwer möglich ist.

MATERIALUNTERSCHIEDE POLYETHYLEN & POLYAMID

Neben der höheren Bruchfestigkeit von Polyethylen (etwa das Fünffache von Polyamid), ist die Schnittfestigkeit sowie das Kantearbeitsvermögen des Polyethylen-Garnes wesentlich höher als das von Polyamid.

Der Schmelzpunkt von Polyethylen liegt allerdings mit etwa 130 Grad Celsius deutlich unter dem von Polyamid (etwa 250°). Dies hat jedoch für die Praxis wenig Bedeutung. Durch die glatte Oberfläche entsteht weniger Reibungswärme, so dass die Gefahr von Schmelzverbrennungen nicht unbedingt größer ist.

Die UV-Beständigkeit von Polyethylen ist etwas höher als bei Polyamid. Polyethylen ist im Vergleich zu Polyamid wesentlich statischer. Deshalb ist die Engeregieaufnahme-fähigkeit niedriger und Knoten reduzieren die Festigkeit stärker.

Herkömmliches Bandmaterial aus reinem Polyamid (Nylon)

Breite zwischen 25 und 16 Millimetern; wird als Meterware oder in vernähter Form (Expressschlingen) angeboten.



Mischgewebe (Kombination aus Polyamid und Polyethylen)

Breite zwischen 12 und 16 Millimetern; nur als vernähte Schlinge (Expressschlingen) erhältlich, nicht als Meterware (Knoten ziehen sich aufgrund der glatten Oberfläche bei Belastung auf).



Polyethylenschlingen (Dyneema)

Breite zwischen 6 und 10 Millimetern; diese Schlingen können nur durch eine spezielle Vernähtechnik verbunden werden und sind nur als vernähte Schlinge erhältlich; ein Knoten zieht sich schon unter geringer Belastung auf. Da das Material extrem glatt ist, kann es nur schwer eingefärbt werden.



Polyethylenschlingen (Dyneema) als Rundmaterial mit Polyamid Mantel

Der Kern ist aus Dyneemamaterial, ein spezielles Webverfahren ermöglicht eine Schlinge die ohne Spleiß- und Nahtstellen auskommt und somit keine Schwachstellen aufweist. Die Bandschlinge cipE kombiniert die Vorteile von Dyneema und Polyamid, weist einen Durchmesser von 6mm auf.



Polyamidschlinge mit Dyneema Kern (TECH WEB)

Der Kern ist aus hochfestem Dyneema Material, reduziert das Gewicht auf ein Minimum, der Mantel aus Polyamid schützt den Kern vor vorzeitigem Abrieb und erhöht die Griffbarkeit der Schlinge. Durch diese Konstruktion lässt sich Dyneemamaterial verknoten und kann auch als Meterware verkauft werden. TECH WEB vereint das geringe Gewicht und die hohen Festigkeitswerte einer Dyneema-Schlinge mit der Knotbarkeit und Knotenfestigkeit einer Polyamidschlinge. Die Bandschlinge hat eine Breite von 12 mm.



Keflarschlingen

Haben einen Kern aus Keflar und einen Mantel aus Polyamid, sind etwas steifer in der Handhabung, eignen sich besonders gut zum „Fädeln“ bzw. als vernähter Kurzprusik, 22 kN.



Polyamid-Schlingen (dynamisch)

Die Dynaloop Schlinge ist aus einem dynamischen Seil im Durchmesser von 8,3 mm, die Anwendungsbereiche liegen im Standplatzbau und in der Verwendung als Selbstsicherungsschlinge, der Kern ist gegenüber UV Strahlung gut geschützt.



Schlingen werden gerne als Selbstsicherungen beim Abseilen verwendet. Je nach Materialeigenschaft haben manche sehr wenig Dehnung, alle Schlingen müssen nach EN 566 eine Festigkeit von 22 kN aufweisen.

Achtung!

Bei allen Schlingen ist darauf zu achten, dass kein Sturz in ein statisches System erfolgen darf, die Fangstoßkräfte könnten so hoch werden, dass dies zu äußerst schweren Verletzungen bzw. für den betroffenen Menschen auch tödliche Folgen haben könnte.

Es ist darauf zu achten, dass Selbstsicherungen hin zum Fixpunkt immer **möglichst gespannt** sind, keine Person(en) sich oberhalb befinden (z.B. große Gruppe am Abseilstand), ein Sturz in eine durchhängende Schlaufe kann dadurch vermieden werden. Die größten Energieeinträge sind bei den sehr statischen Dyneemaschlingen möglich, hier werden die hohen Fangstoßkräfte sichtbar (in den Praxisversuchen zu Stürzen in die Selbstsicherungsschlinge mit Sturzfaktor 2 sind alle gebrauchten Dyneemaschlingen der Breite 6 und 8 mm gerissen, Mischgewebe und Polyamid hat hier gehalten). Jeder Sturz hätte dramatische Folgen für den Menschen, egal um welche Schlinge es sich handelt. **Oberste Priorität ist jeglichen Sturz in ein statisches System zu vermeiden!**

Übersicht Knotenfestigkeitsabnahme

		KNOTENFESTIGKEIT SICHERHEITSFORSCHUNG				
		Übersicht Festigkeitsabnahme				
		7 mm Reepschnur aus Polyamid	5,5 mm Reepschnur aus Dyneema (Polyethylen)	4,5 mm Reepschnur aus Kevlar (Aramid)	19 mm Bandschlinge aus Polyamid	8mm Bandschlinge aus Dyneema
		Festigkeit absolut und Abnahme in % zur Schlinge zwischen zwei Karabinern				
Materialfestigkeit	Einzelstrang	12,9 kN	19,8 kN	18,1 kN	15,9 kN	16,3 kN
	Schlinge zwischen zwei Karabinern	18,6 kN	28,5 kN	26,0 kN	22,8 kN	23,5 kN
Achter	Tropfenform	>18,6 kN => 0%	13,2 kN => -54%	10,1 kN => -61%	15,4 kN => -32%	Knoten nicht geeignet, ab 6,4 kN Schlupf
	Ringform	>18,6 kN => 0%	13,0 kN => -54%	15,1 kN => -42%	> 26 kN => 0%	nicht als Meterware erhältlich
Sackstich	Tropfenform	13,5 kN => -28%	8,1 kN => -72%	9,9 kN => -62%	13,1 kN => -43%	Knoten nicht geeignet, ab 2,0 kN Schlupf
	Ringform	>18,6 kN => 0%	9,5 kN => -67%	13,9 kN => -47%	22,7 kN => -1%	nicht als Meterware erhältlich
Spierestich	einfach	13,0 kN => -30%	7,2 kN => -75%	12,0 kN => -54%	Knoten nicht geeignet	Knoten nicht geeignet
	doppelt	>18,6 kN => 0%	15,0 kN => -47%	18,3 kN => -30%	Knoten nicht geeignet	Knoten nicht geeignet
	dreifach	>18,6 kN => 0%	21,2 kN => -26%	19,5 kN => -25%	Knoten nicht geeignet	Knoten nicht geeignet
Mastwurf	auf Einfachstrang ¹⁾	9,3 kN => -28%	7,5 kN => -62%	8,0 kN => -55%	8,7 kN => -45%	Knoten nicht geeignet, ab 0,8 kN Schlupf
	belastet als Schlinge ²⁾	18,0 kN => -3%	24,2 kN => -15%	22,9 kN => -13%	17,2 kN => -25%	17,7 kN => -25%
Ankerstich auf selbes Material		16,7 kN => -11%	24,0 kN => -15%	12,3 kN => -53%	18,5 kN => -19%	12,5 kN => -47%
Paketknoten		>18,6 kN => 0%	18,7 kN => -34%	12,5 kN => -52 %	16,0 kN => -30%	Knoten nicht geeignet, ab 6,2 kN Schlupf

¹⁾ Mastwurf mit Belastung am Einfachstrang; Festigkeitsabnahme in % zur Festigkeit des Materials im Einfachstrang
²⁾ Mastwurf mit Belastung auf beiden Strängen; Festigkeitsabnahme in % zur Festigkeit des Materials als Schlinge

Reepschnüre (EN 564)

Reepschnüre werden in Durchmessern zwischen 4 und 8 Millimetern nach Norm hergestellt und geprüft. Dünnere Materialien sind nicht genormt und als „Fang-schnüre“ zu betrachten. Dickeres Material wird entweder als dynamisches Bergseil oder als Statikseil klassifiziert, je nach Energieaufnahmevermögen (Dehnung).

Polyamid Reepschnüre



Neben den Polyamid-Reepschnüren werden Kevlar-Reepschnüre (Aramid) und Dyneema-Reepschnüre angeboten. Dyneema - Reepschnüre haben einen Polyamid-Mantel, die Nachteile des Polyethylen (Glätte, hohe Eindringtiefe UV-Strahlung) sind deshalb hier irrelevant, die Vorteile überwiegen (die um ein vielfaches höhere Bruchfestigkeit)!



Kevlar-Reepschnüre

besitzen auch deutlich höherer Bruchfestigkeit und haben keine nennenswerten Nachteile gegenüber den Polyamid- Reepschnüren.



Norm:

Durchmesser	Mindestbruchkraft
4mm	3,2 kN
5mm	5,0 kN
6mm	7,2kN
7mm	9,8 kN
8mm	12,8 kN

Formel zur Bestimmung der Mindestfestigkeit:

Durchmesser zum Quadrat x 0,2 = Festigkeit in Kilonewton

(Demnach muss eine 5 mm dicke PA-Reepschnur also $5 \times 5 \times 0,2 = 5$ kN halten.)

Achtung!

Durch Knoten wird die Festigkeit von Reepschnurmateriale reduziert. Je nach Knoten und Material liegt der Festigkeitsverlust zwischen 25 und 70 Prozent.

Empfehlung:

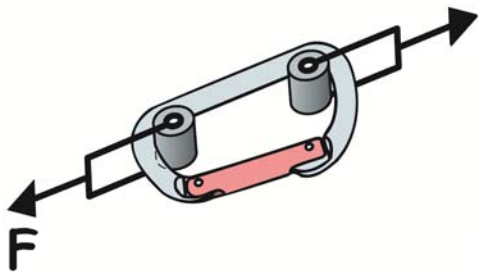
In der Praxis überwiegen die Vorteile von Dyneema- bzw. Kevlar-Reepschnüren gegenüber den klassischen Polyamid Reepschnüren (wesentlich höhere Festigkeit). Diese können nicht nur für Rettungszwecke sondern auch im Standplatzbau ideal verwendet werden.

Das damit verbundene, größere Einsatzspektrum spricht für eine entsprechende Neubeschaffung.

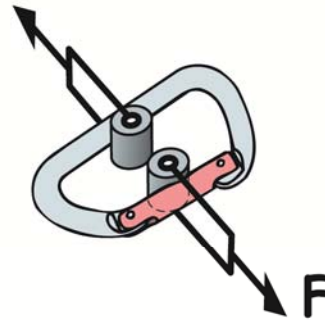
Karabiner (EN 12275)

Normprüfung von Karabinern

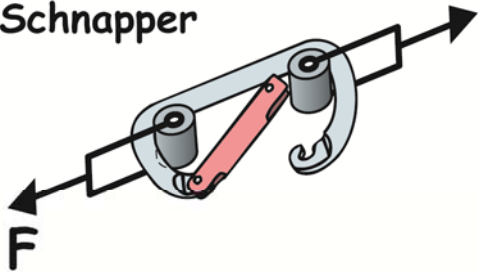
Festigkeit in Längsrichtung



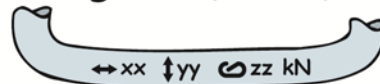
Festigkeit in Querrichtung



Festigkeit mit offenem Schnapper



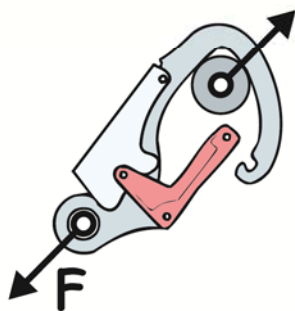
Kennzeichnung der Festigkeit (in kN)



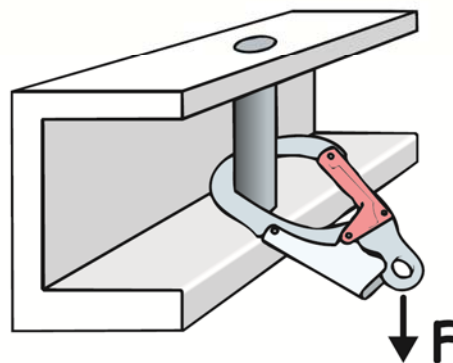
xx = Festigkeit in Längsrichtung
 yy = Festigkeit in Querrichtung
 zz = Festigkeit bei offenem Schnapper

Zusätzliche Normprüfungen nur für Klettersteigkarabiner

Festigkeit mit offenem Schnapper



Festigkeit über Kante



Begriffe lt. Norm

■ Karabiner

Vorrichtung die sich öffnen lässt und von einem Bergsteiger direkt oder indirekt in eine Verankerung eingehängt werden kann oder Teile der Ausrüstung miteinander verbindet.

■ Selbstschließender Karabiner

Karabiner mit einem selbstschließenden Schnapper.

■ Basis-Karabiner (Kategorie B)

Selbstschließender Karabiner für die Verwendung in einem Sicherungssystem.

■ HMS-Karabiner (Kategorie H)

Selbstschließender Karabiner – im Allgemeinen birnenförmig – vorrangig für die Verwendung bei dynamischer Sicherung vorgesehen, zum Beispiel für die Halbastwurfsicherung (HMS).

■ Klettersteig-Karabiner (Kategorie K)

Selbstschließender Karabiner, vorrangig zum Einsatz, um einen Bergsteiger an Klettersteigsicherungsanlagen (via Ferrata) einzuhängen.

■ Karabiner Seil-Positionsvorrichtung (Kategorie T)

Selbstschließender Karabiner, der nur dazu bestimmt ist, dass die Beanspruchung in eine vorherbestimmte Richtung sichergestellt wird.

■ Spezieller Hakenkarabiner (Kategorie A)

Selbstschließender Karabiner, der nur dazu bestimmt ist, direkt mit einer speziellen Hakenkategorie verbunden zu werden.

■ Karabiner mit Schraubverschluss(Quick link; Kategorie Q)

Karabiner, der mit einer Überwurfmutter geschlossen wird, die ein Last tragendes Teil des Karabiners ist, wenn vollständig zugeschraubt.

■ Ovalkarabiner (Kategorie X)

Selbstschließender Karabiner mit symmetrischer Form, der z. B. für die künstliche Kletterei oder für Flaschenzüge bestimmt ist.

■ Schnapper

Teil des Karabiners, der bewegt werden kann, um ihn zu öffnen.

■ Selbstschließender Schnapper

Schnapper, der automatisch in die geschlossene Position zurückfedert, wenn er in einer beliebigen offenen Position losgelassen wird, oder wenn er gelöst ist, falls eine Schnapper-Offen-Arretiervorrichtung vorhanden ist.

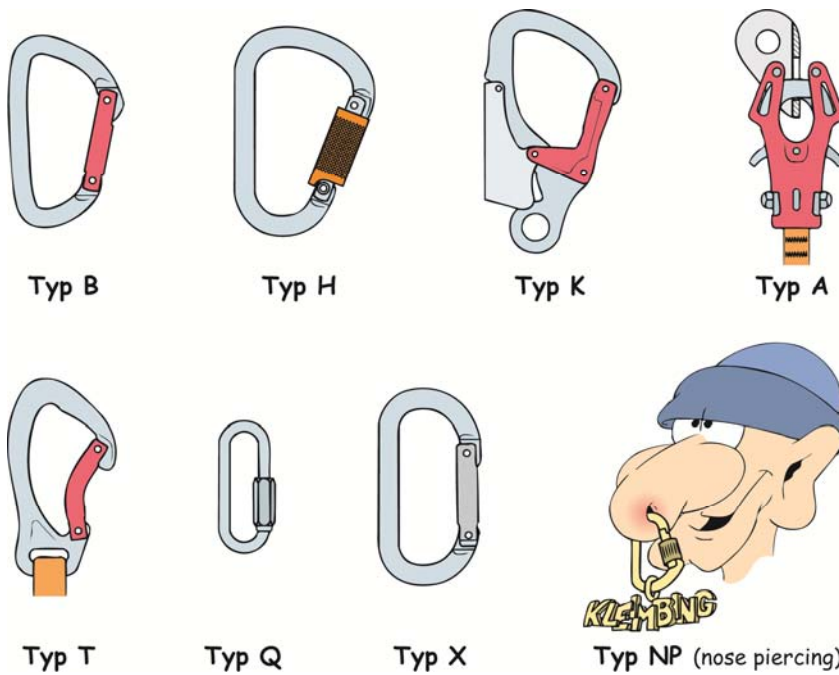
■ Schnapper-Verschlussicherung

Vorrichtung, die die Möglichkeit reduziert, dass eingeschlossener Schnapper unbeabsichtigt geöffnet werden kann.

■ Schnapper-Offen-Arretiervorrichtung

Vorrichtung, die den Schnapper in der vollständig geöffneten Position hält und durch eine bewusste, manuelle Handlung betätigt wird.

Karabinertypen:



Übersicht Karabiner Normangaben

Typ	Beschreibung	Längs- richtung	Quer- richtung	Offen (längs)	Schnapper- öffnung
B	Basiskarabiner	20kN	7kN	7kN*	15 mm
H	HMS-Karabiner	20kN	7kN	6kN*	15 mm
K	Klettersteigkarabiner	25kN	7kN	8kN	21 mm
A	Spezieller Hakenkarabiner	20kN	---	7kN*	----
T	Karabiner mit Seilpositions- vorrichtung	20kN	---	7kN*	15 mm
Q	Schraubglied Maillon Rapid	25kN	19kN	---	----
X	Qvalkarabiner	18kN	7kN	5kN*	15mm

*Keine Anforderung wenn der Karabiner mit einer automatischen Schnapper-Verschluss-sicherung ausgerüstet ist.

Zusätzlich wird in der UIAA-Norm seit 2009 und in der EN seit 2013 bei Karabinern mit Verschlussicherung eine Prüfung der Festigkeit des Verschlusses verlangt. Der Verschluss muss einer Last von 1 Kilonewton widerstehen und nach der Belastung noch funktionstüchtig sein.

Beispiel: Bezeichnungen am Karabiner:

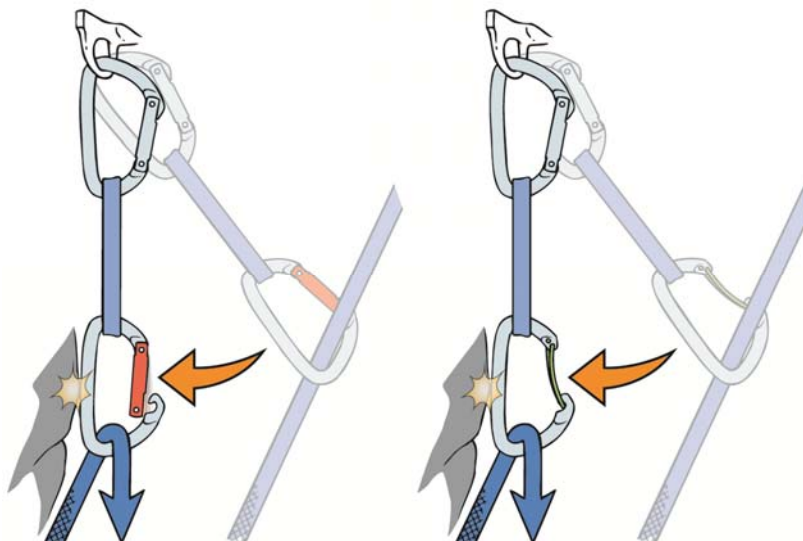


Dieser Karabiner erfüllt die Normanforderungen für einen Basiskarabiner und HMS-Karabiner.

Achtung!
Bruchgefahr bei geöffneten Schnapper

Die Schnapper-offen-Belastung oder Biegebelastungen können auch heute noch zu Karabinerbrüchen führen. Um diese Gefahr zu minimieren, sollte die Schnapper-offen-Festigkeit bei mindestens 8 Kilonewton liegen. Karabiner, die lediglich 7 Kilonewton Offenfestigkeit aufweisen, sind nicht zu empfehlen.

Um das ungewollte Öffnen des Schnappers im Moment des Anpralls der Expressschlinge an der Wand zu erschweren, wurden Wiregate-Schnapper konstruiert. Durch die kleinere Massenträgheit öffnen sich diese Schnapper weniger oder gar nicht.



Verschlusssysteme

Die DAV SICHERHEITSFORSCHUNG hat das Sicherheitsniveau von Karabinerverschlüssen in drei Kategorien „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ unterteilt:

Niedrig

Bei Karabinern der niedrigen Sicherheitsstufe bedarf es lediglich zweier einfach zu kombinierenden Bewegungen, um den Karabiner zu öffnen.

Mittel

Sind diese beiden Bewegungen komplexer oder wenn sie sich nicht so einfach kombinieren lassen, dann wird der Karabinerverschluss dem mittleren Sicherheitsniveau zugeordnet. Hier finden sich auch Karabinerverschlüsse, die nur durch eine Kombination von drei verschiedenen Bewegungen geöffnet werden können.

Hoch

Das höchste Sicherheitsniveau ist solchen Karabinerverschlüssen vorbehalten, die nur durch drei oder mehr Bewegungen geöffnet werden können und die zufällige Kombination dieser Bewegungen sehr unwahrscheinlich ist. Diese Karabiner bieten die größte Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Aushängen und werden daher auch „Safelock“-Karabiner bezeichnet.

Der Belay Master von der Fa. DMM und die Ball Lock Karabiner von der Fa. Petzl haben sich über Jahre bewährt, neu dazu gekommen ist von der Fa. Edelrid der HMS Strike Safelock-Karabiner, alle hier abgebildeten Karabiner werden als „Safelock“-Karabiner bezeichnet.


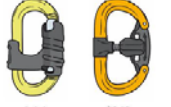
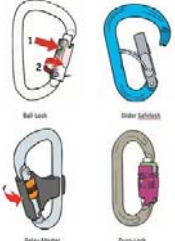





















Das Sicherheitsniveau „hoch“ kann auch durch zwei gegenläufig eingehängte Schnapper erreicht werden. Die Komplexität und Art der Anwendung entscheidet, welches Sicherheitsniveau des Karabinerverschlusses nötig ist. So ist ein im Karabiner zum Sichern eingehängtes GriGri eine recht einfache und definierte Anwendung, die nur eines vergleichsweise niedrigen Sicherheitsniveaus bedarf (das Seil läuft hier beim Sichern nicht um den Karabiner). Zum Anseilen in einer Seilweiche oder zum Topropen hingegen ist ein Karabiner mit einem deutlich höheren Sicherheitsniveau zu empfehlen, da die Bewegungen von Seil und Anseilring im Karabiner deutlich komplexer sind (Wechsel zwischen belasten, entlasten und stürzen). Eine anwendungsorientierte Kategorisierung der verschiedenen Karabinerverschlüsse ist in der nächsten Tabelle zu finden. Für eine Anwendung nicht zu empfehlen sind Karabinerverschlüsse, die als „problematisch“ oder „mangelhaft“ eingestuft sind. Bei den als „akzeptabel“ bis „sehr gut“ bewerteten Verschlüssen kann der Benutzer selbst entscheiden, welchen Kompromiss er – abhängig vom individuellen Sicherheitsbedürfnis – zwischen Sicherheit und Handling machen möchte.

Ein ausschlaggebender Punkt für das Handling ist zum Beispiel, ob der Karabinerverschluss selbst verriegelnd ist oder nicht. Bei selbst verriegelnden Verschlussicherungen kann das Schließen der Verriegelung nicht vergessen werden, und der Verschluss kann sich nicht durch Vibrationen oder Reibung unbemerkt öffnen. Allerdings ist ein einhändiges Seileinlegen meist nur schlecht oder gar nicht möglich. Auch eine Positionierungsvorrichtung, die das Verdrehen des Karabiners verhindert, kann das Handling verbessern und verhindert die Gefahr einer Querbelastung.

Die Bewertung von Karabinerverschlüssen:

Übersicht: Verschlussicherheit von Verschlusskarabinern

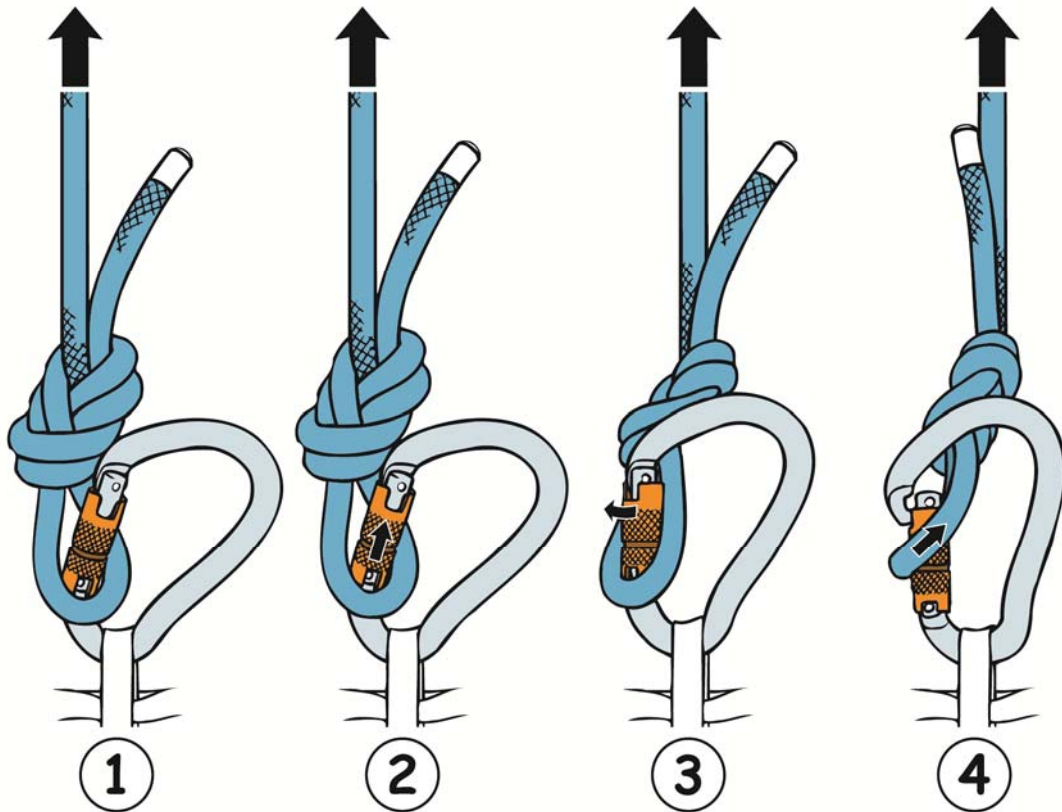
Kategorie:	NIEDRIG	MITTEL	SAFELOCK: HOCH
 Stand: Juni 2018	 		
Verbindung Sicherungsgerät mit Klettergurt (Bedienungsanleitung des Sicherungsgeräts beachten!)			
HMS-Sichern Hand oben oder HMS am Fixpunkt			
HMS-Sichern Hand unten		 Schrauber: 	
Selbstsicherung			
Anseilen am Gletscher			
Verbindung Seil – Gurt beim Ablassen			
Anseilen in Seilweiche			
	„Sehr gut“ sind zwei gegenläufig eingehängte Karabiner - davon einer mit Verschlussicherung - oder zwei gegenläufige Karabiner mit Positionierung		
Anseilen Toprope			
	„Optimal“ ist direktes Einbinden, „sehr gut“ sind zwei gegenläufig eingehängte Karabiner - davon einer mit Verschlussicherung - oder zwei gegenläufige Karabiner mit Positionierung		

HINWEIS: Für Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Aushängen ist zum Einen das Funktionsprinzip der Verschlussicherung und zum Anderen die Ausführung der Verschlussicherung entscheidend. Deshalb können einzelne Karabinermodelle von dieser Grundeinteilung abweichen.

Quelle: DAV Sicherheitsforschung, 6/2018

Achtung!

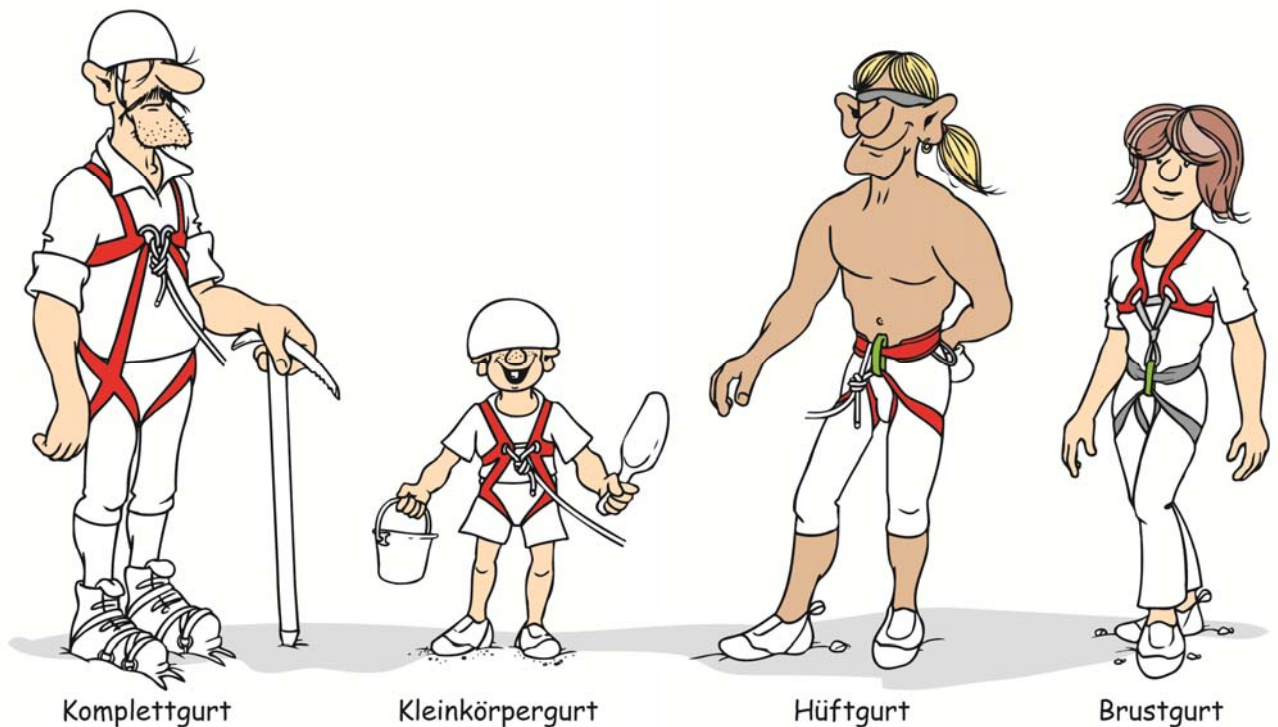
Push- & Twist Karabiner sind keine Safelockkarabiner. Push- & Twist-Verschlüsse führten bereits zweimal zu Unfällen - siehe folgende Zeichnungen.



Anseilgurte (EN 12277)

Anseilgurte gibt es in drei Arten: den Hüftgurt, den Komplettgurt (Kombigurt) und den Brustgurt. Alle drei Varianten werden verstellbar oder nicht verstellbar angeboten. Die Norm unterscheidet zudem noch Kleinkörpergurte für Personen mit einem Gewicht unter 40 Kilogramm.

Gurttypen werden nach Norm wie folgt eingeteilt: Typ A = Komplettgurt, B = Kleinkörpergurt, C = Hüftgurt, D = Brustgurt (siehe Abbildung v.l.n.r.).

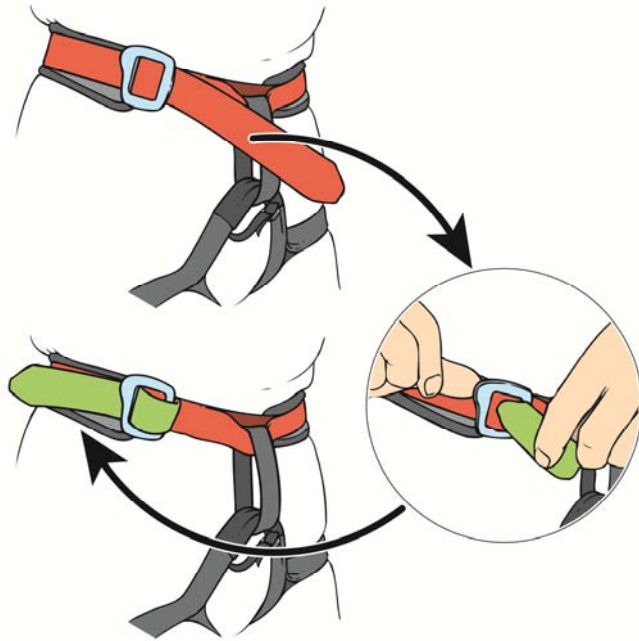


Das Anseilen mit Hüftgurt allein sowie das Anseilen mit Hüft- und Brustgurt oder mit Komplettgurt sind zulässig. Jede Anseilmethode hat ihre Vor- und Nachteile.

Das Anseilen mittels Brustgurt alleine ist gefährlich und entspricht in keiner Situation der Lehrmeinung!

Typen von Anseilgurten

Bei den Anseilgurten können Modelle mit und ohne verstellbare Beinschlaufen unterschieden werden. Zudem unterscheiden sich die Gurte durch das System der Schnallen (Fädelschnallen, Steckschnallen, Gurte ohne Schnallen und Gurte, bei denen das Gurtband nicht mehr aus den Schnallen ausgefädelt werden kann).



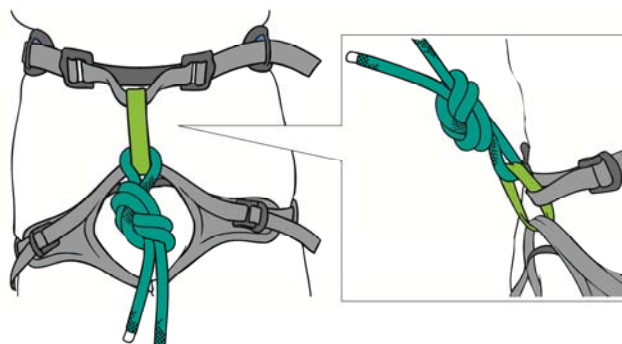
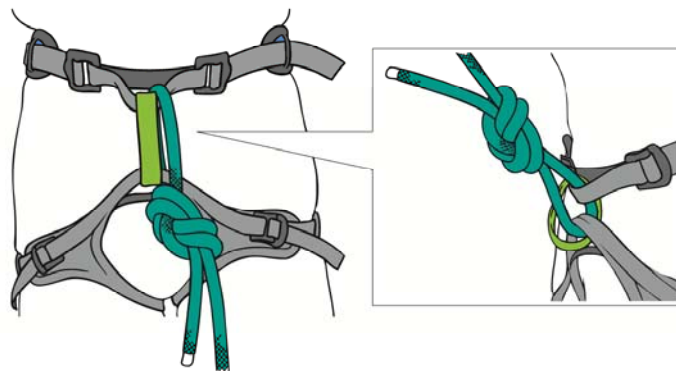
Übersicht:

Gurttyp	A	B	C	D
Mindestbreite des kraftaufnehmenden Bandes	43 mm	28 mm	43 mm	28 mm
Mindestbreite der Schulterträger	28 mm	23 mm	28 mm	28 mm
Festigkeit in Kopf-Oben-Position	15kN	10kN	15kN	----
Festigkeit in Kopf-Unten-Position	10kN	7kN	----	10kN
Schnallenfestigkeit des Bauchgurts	---	---	10kN	---
Durchrutsch der Schnallen	<20 mm	<20mm	<20 mm	<20 mm

Die UIAA-Norm schreibt darüber hinaus vor, dass alle Nähte an kraftaufnehmenden Teilen in Kontrastfarben abgesetzt sein müssen.

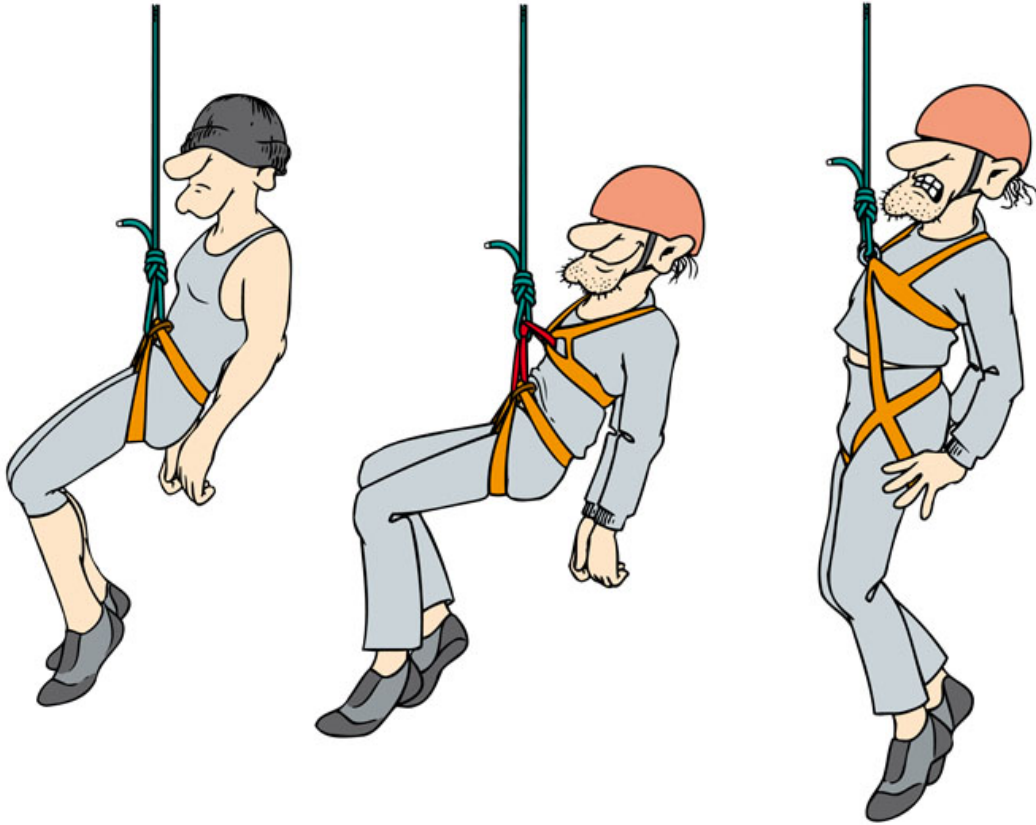
Praxis:

Das Einbinden im Hüftgurt kann entweder im Sicherungsring oder parallel dazu durch Beinschlaufensteg und Bauchgurtöse erfolgen. Genau genommen gilt das was der Hersteller in seiner Gebrauchsanleitung anführt.



Hängeposition

Die optimale Hängeposition in einer Anseilkombination aus Hüft- und Brustgurt entspricht in etwa der Abbildung. Komplettgurte, die eine solche Position nicht ermöglichen, sind aufgrund der unbequemen und ungünstigen Hängeposition wenig empfehlenswert.



Lebensdauer

Die Lebensdauer von Gurten entspricht laut Herstellerangaben und PSA-Richtlinie der von Seilen (5 Jahre Lagerung, 5 Jahre Nutzung). Bei einer Beschädigung der kraftaufnehmenden Teile (Beinschlaufensteg, Bauchgurtöse und Sicherungsring) oder der Nähte sollte der Gurt sofort ausgesondert werden.

Passform

Wichtig bei allen Gurten ist die optimale Passform. Sind die Beinschlaufen zu groß, kann ein Sturz in ungünstigen Fällen zu gravierenden Verletzungen führen. Ein Brustgurt sollte nicht zu eng sein und beim Stürzen in aufrechter Position keine Energie aufnehmen. Seine Funktion besteht lediglich im Verhindern des Abkippens nach hinten.

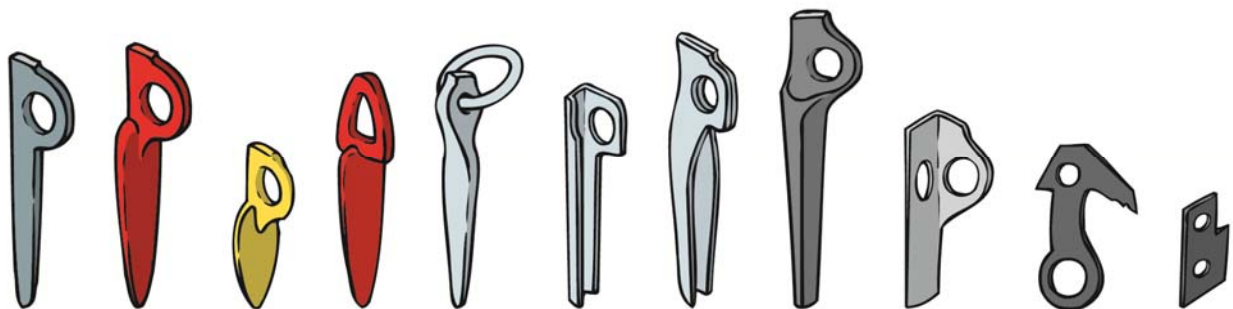
Normalhaken

Gegenstand, der nach Einschlagen in einen Felsriss mittels eines Hammers oder eines gleichwertigen Instruments eine Verankerung darstellt.

Typen

Bei den Normalhaken (Felshaken) wird zwischen Weich- und Hartstahlhaken unterschieden. Darüber hinaus gibt es Sicherheits- und Fortbewegungshaken. Sicherheitshaken müssen eine höhere Bruchkraft und eine Mindestschaftlänge von 90 Millimetern aufweisen. Sie sind mit dem Symbol „S“ in einem Kreis gekennzeichnet (siehe Abbildung).

Die üblichen Formen von Normalhaken sehen wie folgt aus:

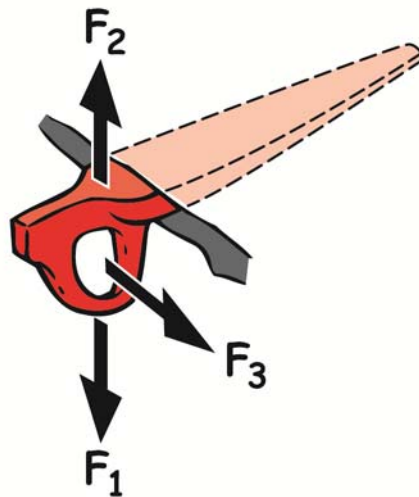


Normalhakentypen (siehe Abbildung, v.l.n.r.): Längshaken, Querhaken, Spachtelhaken, Drehmomenthaken, Ringhaken, zwei verschiedene Profilhaken, Lost Arrow, Knifeblade, Birdpeck, Rurp

Die wichtigsten Normanforderungen nach EN 569

Geforderte Mindestbruchkraftwerte in den entsprechenden Zugrichtungen:

F1 = Normalrichtung, F2 = Gegenrichtung und F3 = seitliche Richtung



Kraft (kN) in Krafrichtung

Hakentyp	F1 = Normalrichtung	F2 = Gegenrichtung	F3 = seitliche Richtung
Sicherheitshaken	25,0 kN	10,0 kN	15,0 kN
Fortbewegungshaken	12,5 kN	5,0 kN	7,5 kN

Auf dem Haken muss der Name oder das Warenzeichen des Herstellers angebracht sein sowie die Schaftlänge (L) in Zentimetern. Sicherheitshaken werden zusätzlich mit dem entsprechenden Symbol („S“ in einem Kreis) gekennzeichnet.

Die UIAA-Norm schreibt darüber hinaus für Hartstahlhaken eine Mindesthärte von HRC 28 sowie eine schwarze oder dunkle Farbe vor. Weichstahlhaken müssen eine Härte unter HRC 22 aufweisen und mit einer beliebigen Farbe, außer schwarz oder dunkel, gekennzeichnet sein.

Bohrhaken

Definition lt. Norm:

Verankerungsmittel, das in einer Bohrung im Fels durch Verbundmörteltechnik, Hinterschnitttechnik (formschlüssige Systeme) oder durch Verspreizen (reibschlüssige Systeme) angebracht wird.

Typen:



Das Hauptunterscheidungsmerkmal bei Bohrhaken ist die Verankerungstechnik. Man unterscheidet hier zwischen formschlüssigen Systemen und reibschlüssigen Systemen.

Formschlüssige Systeme

Bei den formschlüssigen Systemen (Verbundanker, Schraubanker und Hinterschnittanker, siehe Abbildung) tritt keine oder nur eine geringe Sprengwirkung auf. Die Befestigung hält durch eine formschlüssige Verzahnung des Dübels oder des Ankers mit seiner Umgebung.



Reibschlüssige Systeme

Bei den reibschlüssigen Systemen (Expressanker und Einschlaganker) ist ein Spreizdruck auf den Fels notwendig. Die Befestigung hält durch die entstehende Reibung zwischen Bohrlochwand und dem Dübelssystem.





Die wichtigsten Normanforderungen nach EN 959

Geforderte Mindestfestigkeit:

Zugrichtung	radial	axial
Bruchkraft	25 kN	15 kN

Weitere Anforderungen:

Alle Teile eines Bohrhakens müssen aus denselben Werkstoffen bestehen und abgerundete Kanten aufweisen.

Das Befestigungssystem bei mechanischen (Expansions-) Bohrhaken muss unabhängig von der Bohrlochtiefe funktionieren. Die Setzlänge muss mindestens das Fünffache des Bohrlochdurchmessers betragen.

Die Setzlänge bei Verbundankern muss mindestens 70 Millimeter betragen.

Zusätzliche Anforderungen laut UIAA-Norm:

Bohrhaken müssen aus korrosionsbeständigem Werkstoff bestehen (nicht-rostende Stähle = Inox). Die Stahlqualität muss mindestens dem Werkstoff Nr. 1.4307 entsprechen (außer 1.4305). Die axiale Festigkeit des Bohrhakens muss mindestens 20 Kilonewton betragen.

Nicht Normkonforme Systeme:

Bohrhaken unterliegen nicht der PSA-Richtlinie (siehe Kapitel 1.3, Normen und Klassifizierungen), weil sie nicht persönlich mitgeführt werden, sondern in der Struktur verbleiben. Daher muss ein Bohrhaken auch nicht von einem unabhängigen Prüfinstitut zertifiziert werden. Ein CE-Zeichen ist daher nur eine Selbsterklärung des Herstellers, dass dieses Produkt die EN-Norm erfüllt.

Viele Bergsportläden bieten nicht normkonforme Systeme an (z.B. aus verzinktem oder chromatiertem Stahl sowie Systeme, deren Spreizfunktion nur bei exakt passender Bohrlochtiefe gewährleistet ist).

Schäden durch Korrosion:

Die Umgebung (Feuchtigkeit, salzhaltige Luft im Meeresbereich, Umweltbelastung sowie die Felszusammensetzung) bestimmt neben dem verwendeten Material die Korrosionsgeschwindigkeit. Prinzipiell unterscheidet man zwischen folgenden Formen der Korrosion:

Lochfraß (Pitting): Am Anfang ist ein nadelstichtiger Angriff sichtbar, verursacht durch Chloride.

Spaltkorrosion: Sie ist an das Vorhandensein von Spalten gebunden und tritt schon bei geringerer Konzentration von aggressiven Stoffen auf als das Pitting.

Kontaktkorrosion: Durch Kontakt zwischen Metallen, die unterschiedlich edel sind, entsteht elektrische Spannung zwischen den Komponenten. Das unedlere Metall wird angegriffen; der Effekt wird verstärkt durch Feuchtigkeit und Chlor.

Interkristalline Korrosion: Zum Beispiel durch Erwärmung (Schweißen) schwindet das Chrom durch Ausscheidung von Chromcarbiden an der Oberfläche, daraus resultiert eine geringere Korrosionsbeständigkeit.

Für den Einsatz in Meerwassernähe oder in Ballungsräumen (hohe Chloridbelastung) wird daher ein hochwertigerer Stahl empfohlen (V4A, Werkstoffqualität mindestens 1.4401 oder Titan). Das besondere Augenmerk gilt der Kontaktkorrosion. Unterschiedlich edle Metalle sind unbedingt zu vermeiden. Bei einem Kontakt von Aluminium und Stahl kommt es zum Beispiel schon nach kurzer Zeit zu einem dramatischen Festigkeitsverlust des Aluminiums (z.B. Alulasche auf Stahldübel).

Werkstoffqualität:

Die Werkstoffqualität (1.4307) entspricht einem V2A-Material (alte Bezeichnung). Vielfach wird auch die Bezeichnung nach AISI (American Iron and Steel Institute) angegeben. Demnach muss die Werkstoffqualität mindestens einer Stahllegierung 301 oder 304 entsprechen (303 sollte nicht verwendet werden).

Einbindetiefe:

Die Einbindetiefe hängt maßgeblich von der Härte des Gesteins ab. Im weichen Sandstein müssen die Anker um ein Vielfaches länger sein als im harten Granit. Die Einbindetiefe ist nicht genormt. Die DAV-Sicherheitsforschung empfiehlt eine Einbindetiefe von mindestens 70 Millimetern für Kalk und Granit und von mindestens 150 Millimetern für weichere Gesteine (Sandstein).

Vor- und Nachteile der Bohrhakensysteme:

Die unterschiedlichen Systeme haben jeweils ihre Vor- und Nachteile. Vor allem bei den Verbundhaken sind vielfältige Fehler beim Setzen möglich. Beim Setzen von Expressankern ist eine Überlastung des Materials durch ein Anziehen mit einem zu hohen Drehmoment problematisch.

Vergleich der Bohrhakensysteme:

	Vorteile	Nachteile
Hinterschnittanker	<p>Nahezu spreizdruckfrei. Sehr sicher. Sofort belastbar.</p>	<p>Relativ teuer. Bohrloch nicht dicht. Spezielles Werkzeug notwendig. Großer Bohrlochdurchmesser erforderlich. Komplizierte Montage.</p>
Verbundanker	<p>Bohrloch ist dicht. Kein Spreizdruck. Haken aus einem Teil möglich. Hohe Kraftwerte möglich. Relativ preiswert.</p>	<p>Nicht sofort belastbar. Komplizierte Montage. Hohe Fehleranfälligkeit beim setzen. Keine Kontrolle möglich. Großer Bohrlochdurchmesser erforderlich.</p>
Expressanker	<p>Einfach und schnell zu setzen. Sehr preiswert. Geringe Bohrlochdurchmesser nötig. Sofort belastbar.</p>	<p>Nicht spreizdruckfrei. Bohrloch nicht dicht. Drehmomentschlüssel notwendig. Permanente Vorspannung.</p>
Einschlaganker	<p>Sehr einfach zu setzen. Sofort belastbar. Montagekontrolle.</p>	<p>Hoher Spreizdruck. Bohrloch nicht dicht. Relativ teuer. Geringe Einbindetiefe.</p>

Fehler beim Anbringen von Haken

Verbundhaken mit Kartuschenmörtel



Fehler	Folge
Bohrloch nicht gereinigt	Schlechter Verbund zwischen Mörtelmasse und Bohrlochwand
Schaftoberfläche des Haken zu glatt.	Kein Formschluss zwischen Mörtelmasse und Haken.
Mörtelvorlauf nicht verworfen (bei Kartuschenmörtel).	Eventuell falsches Mischungsverhältnis, Mörtel bindet deshalb nicht ab, oft Risse an der Oberfläche erkennbar (könnte ein Hinweis sein).
Mischwendel defekt oder verschmutzt.	Eventuell falsches Mischungsverhältnis, Mörtel bindet deshalb nicht korrekt ab.
Haltbarkeitsdatum abgelaufen.	Mörtelmasse bindet eventuell nicht ab.
Falsche Lagerung (zu warm).	Härter kristallisiert eventuell aus, Mörtelmasse bindet deshalb nicht ab.
Härterkartusche verschlossen, da bereits ausgehärtet. Andere Komponentenkartusche befüllt das Bohroch; falsches Mischungsverhältnis.	Mörtelmasse bindet nicht ab, bleibt weich.

Verbundhaken mit Mörtelglaspatronen:



Fehler	Folge
Bohrloch zu tief für Schaftlänge des Hakens.	Keine Vermischung im hinteren Bohrlochbereich.
Glas Mörtelpatrone zu lang für Bohrloch.	Füllmasse geht verloren (Härter), deshalb ist das Mischungsverhältnis eventuell falsch und die Mörtelmasse bindet nicht korrekt ab.
Glas Mörtelpatrone zu kurz für Bohrloch.	Vorderer Bohrlochbereich wird nicht befüllt.
Bohrloch nicht gereinigt.	Schlechter Verbund zwischen Mörtelmasse und Bohrlochwand.
Falsche Lagerung (zu warm)	Härter kristallisiert eventuell aus, Mörtelmasse bindet deshalb nicht ab.
Schaftoberfläche es Haken zu glatt.	Kein Formschluss zwischen Mörtelmasse und Haken.
Nicht ausreichende Vermischung von Härter und Verbundmörtel.	Mörtelmasse bindet nicht richtig ab.

Anbringen von Expressanker:



Je nach Hersteller und Schaftdurchmesser ist ein bestimmtes Drehmoment notwendig, mit dem das System befestigt werden muss. Nur bei Verwendung eines Drehmomentschlüssels kann die Vorspannung korrekt eingestellt werden. Darüber hinaus geben die Hersteller bei gleichem Bohrlochdurchmesser (M10) je nach Fabrikat und Material ein unterschiedlich hohes Drehmoment zwischen 25 und 45 Nm (Newtonmeter) an. Die Setzanweisung muss daher unbedingt beachtet werden.



Bei zu geringer Schaftlänge und zu weichen Gestein kann bei großer Belastung das Gestein mitkommen.

Gesteinsart und Bohrhakensystem:

	Weiches Gestein (Sandstein)	Mittleres Gestein (Kalk, Dolomit)	Hartes Gestein (Gneis Basalt, Granit)
Häufiges Stürzen*	Verbundhaken, 100mm und länger!	Expressanker M12 Schraubanker MMS 12 Verbundhaken	Expressanker M12 Verbundhaken
Seltenes Stürzen**	Verbundhaken, 100mm und länger!	Expressanker M10 Schraubanker MMS 10 Verbundhaken	Expressanker M10 Verbundhaken

* Es werden jährlich mehr als 100 Stürze auf den Fixpunkt erwartet (z. Bsp. Haken an einer Schlüsselstelle im Klettergarten).

** Es werden jährlich nicht mehr als 100 Stürze auf den Fixpunkt erwartet (z. Bsp. Haken in alpinen Routen mit Bohrhaken, Sportklettern Mehrseillängenrouten).

Eispickel und Steileisgeräte

Eisgeräte, die auch als Pickel oder Eisbeile bezeichnet werden, dienen zur Fortbewegung im Steileis, als Anker- und Fixpunkte im Firn bei Gletscherbegehungen sowie zum Stufenschlagen.

Typen:

In der Norm wird seit 2010 bei Eisgeräten und Pickeln zwischen zwei Typen unterschieden, „technischen Eisgeräten“ Typ 2 und „Basiseisgeräten“ (Typ 1).

Typ 1 (Pickel):

Eisgeräte dieses Typs sind für den Einsatz im Schnee und Eis gedacht und haben keine Kennzeichnung auf dem Produkt. Üblicherweise werden sie als Pickel bezeichnet.



Die wichtigsten Bezeichnungen beim Pickel: Haue, Kopf, Schaufel, Schaft, Dorn.

Typ 2 (Steileisgeräte, Eisbeil, Eisaxt):

Diese Eisgeräte sind sowohl für den Einsatz im Schnee und Eis als auch im Fels gedacht. Sie werden mit einem „T“ in einem Kreis gekennzeichnet. Für den Typ 2 werden die Begriffe „Eisgerät“, „Eisbeil“ oder „Eisaxt“ verwendet.

Die wichtigsten Normanforderungen nach EN 13089 und UIAA 152:

Eisgerät bzw. Hauen-Schaftfestigkeit	TYP 2 (Pickel)	TYP 1 (Eisgeräte)
Schaftfestigkeit (T-Ankerbelastung)	2,5 kN	2,5 kN
Schaftfestigkeit in Y-Richtung (Schaftzugbelastung)	0,9 kN	0,6 kN
Schaftfestigkeit in X-Richtung (Rampickelbelastung)	4,0 kN	2,5 kN
Seitliche Festigkeit der Hauen	60 Nm	42 Nm
Kennzeichnung	T	keine

Zusätzlich fordert die UIAA-Norm eine Handschlaufe oder ein Loch als Befestigungsmöglichkeit für eine Handschlaufe. Dieses Loch muss einen Durchmesser von 7 Millimetern haben und es muss in der oberen Hälfte des Schaftes oder im Pickelkopf angebracht sein.

Darüber hinaus muss die Handschlaufe für alle Geräte des Typs 1 eine Festigkeit von 2 Kilonewton aufweisen.

Prüfung der Schaftfestigkeit in Y-Richtung, Schaftfestigkeit in X-Richtung, Rampickelbelastung, Schaftfestigkeit T-Ankerbelastung, und der seitlichen Hauenfestigkeit („quaken“).

Wichtig für die Praxis:

Ein Pickel mit geradem Schaft, mit einer leichten Hauenkrümmung ist für klassische Gletscher- und Hochtouren vollkommen ausreichend, hat sogar in vielen Situationen



Vorteile:

- Oft wird bei der Schaftlänge eingespart, der klassische Hochtourenpickel sollte 55 – 65 cm Schaftlänge haben, kürzere Pickel sind in der Regel nicht die optimalen Arbeitsgeräte, zu wenig Zug beim Stufenschlagen, geringere Haltekräfte als T-Anker.
- Ideal ist wenn der Griff am Ende vom Schaft gummiert ist, der Pickel liegt bei der Arbeit gut in der Hand und man rutscht nicht am Schaft.
- Es besteht überhaupt keine Notwendigkeit für einen gekrümmten Schaft, Versuche haben gezeigt, dass der gekrümmte Schaft bei der Schneesohle Faust und 4 – Finger sich bei der Verwendung als T- Anker wesentlich leichter bei Belastung auf die schmale Schaftseite dreht und dadurch im weichen Schnee leichter herausgezogen wird, es werden vergleichsweise zum geraden Schaft, geringere Festigkeiten erreicht.
- Bei weichen Schneebedingungen ist generell eine größere Fläche von entscheidender Bedeutung, Ein als T- Anker vergrabener Rucksack hält...
- Der gekrümmte Schaft hat kleine Vorteile beim Überwinden von Steilstufen, das Aushebeln der Pickelhaut durch die mögliche Auflage Schaftes an der Eiskante (kommt jedoch bei Hochtouren selten vor und kann durch richtige Pickelpositionierung ausgeschlossen werden), der Steckpickel (Ramppickel) ist mit einem geraden Schaft einfacher als mit einem gekrümmten.

Steigeisen

Definition lt. Norm:

Vorrichtung, die mit Zacken ausgestattet ist, die vorgesehen ist, die Sohle von der Schuhspitze bis zum Schuhende und von einer Seite bis zur anderen zu bedecken, um in Firn, Eis oder gemischtem Gelände Halt zu geben, und die eine Befestigungsvorrichtung für den Schuh hat.

Allgemeine Grundlagen:

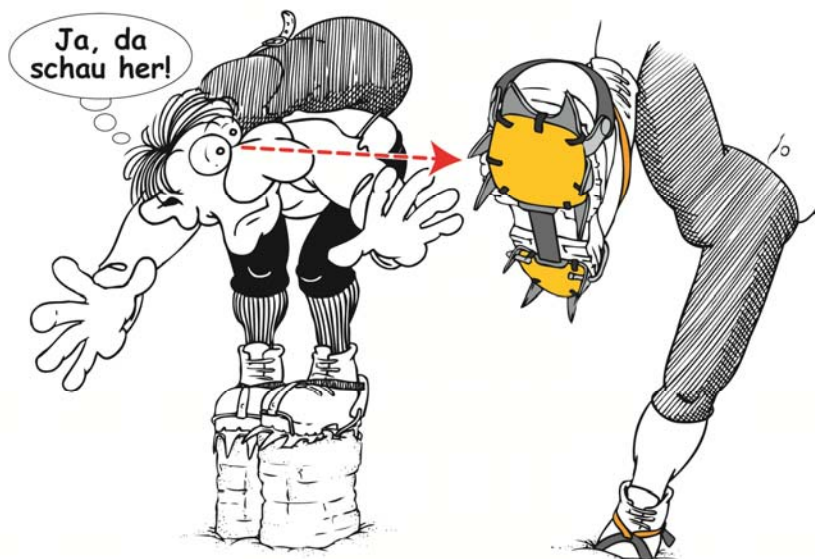
Seit der Zeit der handgeschmiedeten Eisen bis zu den Steigeisen heute mit Frontalzacken und Anti-Stoll-Platte hat sich viel verändert. Ist schon amüsant, in den Normengremien Ausrüstungsteile beschrieben werden.

Steigeisentypen:

Steigeisen werden unterteilt nach ihrem Einsatzbereich (Steileis-, Hochtouren- oder Leichtsteigeisen) und anhand der Bindungssysteme (Kipphebel oder Riemen für die Ferse / Zehenbügel, Riemen oder Körbchen für die Zehen). Üblicherweise werden drei Bindungskombinationen für unterschiedliche Einsatzbereiche verwendet:

- Zehenbügel und Kipphebel (Steileis-Eisen, Hochtouren-Eisen)
- Körbchen und Kipphebel (Hochtouren-Eisen)
- Körbchen und Riemen oder reine Riemenbindung (Hochtouren- und Leichtsteigeisen)

Als weiteres Merkmal wird zwischen der Anzahl der Zacken (8- bis 12-Zacker) sowie zwischen Anzahl und Form der/des Frontalzacken und der Form des „Zweitzackenpaares“ unterschieden.



Horizontale Frontalzacken sind typisch für Leichtsteigeisen und Hochtourensteigeisen (Vertikale Frontalzacken sind beim Steileis-Eisen üblich, Monozacker sind besonders zum Steileis- und Mixedklettern geeignet).

Normwerte:

Zackenlänge	Mind. 2 cm
Zackenanzahl	Mind. 8 Zacken (davon mind. 6 Vertikalzacken)
Härte der Zacken	Mind. 70 HRB (Rockwellhärte)
Festigkeit Frontalzacken (falls mehr als einer)	1,5 kN
Festigkeit Frontalzacke (Monozacken)	2,0 kN
Festigkeit Vertikalzacken	1,2 kN bleibende Verformung < 7mm
Bügel Festigkeit (Zehen- und Fersenbügel)	1,0 kN
Bindungsteile (Befestigungen)	1,0 kN
Bindungsverschlüsse	1,0 kN
Rahmenfestigkeit in Längsrichtung	3,9 kN

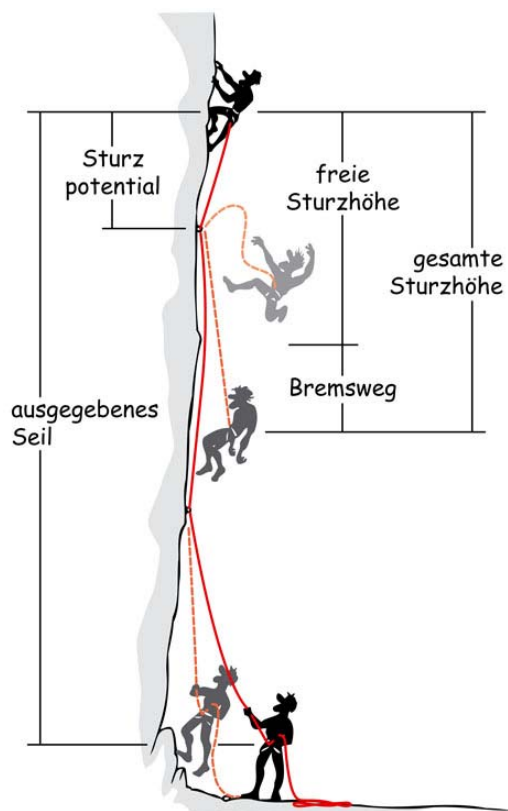
Leichtsteigeisen und Grödel sind als Notsteigeisen zu betrachten und haben auf Hochtouren, vor allem bei blanken Verhältnissen, nichts zu suchen. Ihr Einsatzbereich liegt auf hartem Firn, beim Wandern oder Skitourengehen. Da diese Eisen oft in Kombination mit weichen (teils ungeeigneten) Schuhen benutzt werden, sollten sie eine Riemenbindung oder besser eine Kombination aus Riemen- und Körbchenbindung besitzen. Titan- oder Aluminiumsteigeisen sind bei harten Blankeisverhältnissen eingeschränkt tauglich. Vor allem Aluminiumlegierungen stoßen hier schnell an ihre Grenzen. Beide Materialien werden sehr schnell stumpf.

Sicherungstheorie

Eine Absturzsicherung beim Bergsteigen kann sehr unterschiedlich geartet sein. Prinzipiell wird zwischen einer Selbstsicherung (am Standplatz, am Klettersteig, oder Fixseil) und einer Partnersicherung (Vorstiegssicherung, Nachstiegssicherung, Gletscherseilschaft) unterschieden. Während die Selbstsicherungstechniken meist relativ einfach sind, ist die Partnersicherung sehr aufwendig. Je nach Gelände, Fixpunktqualität, Erfahrung des Sichernden und Gewichtsverhältnis der Kletterer kommen verschiedene Sicherungsmethoden und Sicherungstechniken zur Anwendung.

- Ein fallender Körper wandelt Lageenergie (potentielle Energie) in Bewegungsenergie (kinetische Energie) um. Je höher der Sturz ist, desto größer ist die Beschleunigung des Körpers und desto mehr Bewegungsenergie muss in der Bremsphase abgebaut werden.
- Das Seil und eine dynamische Sicherungstechnik müssen die Bewegungsenergie aufnehmen und abbauen.
- Die Bremsphase ist entscheidend für die „Härte“ des Sturzes.
- Je länger die Bewegungsenergie gleichmäßig abgebaut wird, desto „weicher“ wird der Sturz abgefangen.

Sturzmodell: Erläuterung wichtiger Begriffe in der Sicherungstheorie



Kräfte: Begriffe und Definitionen

Fixpunkte:

Fixpunkte können Haken, Keile, Klemmgeräte, Köpfel- oder Sanduhrschlingen sein. Fixpunkte können in verschiedene oder auch nur eine Zugrichtung halten und unterschiedlicher Qualität sein.

Solider Fixpunkt = Kräfte > 10kN

Beispiele:

- normkonforme Bohrhaken
- armdicke Sanduhren
- Bäume
- massive Köpfel und Blöcke

Fraglicher Fixpunkt = Fixpunkte, deren Haltekräfte nicht ausreichend präzise eingeschätzt werden können (zwischen 1 - 10kN).

Beispiele:

- gut gelegter Keil oder Klemmgerät
- gute Normalhaken oder alte, nichtnormkonforme Bohrhaken bis hin zu schlechten Normalhaken
- schlecht platzierte Keile oder Klemmgeräte.

Sturzzug und Sturzzugrichtung am Stand:

Der Sturzzug ist die auf den Stand bzw. auf den Sichernden wirkende Kraft. Bei einem Sturz in den Stand wirkt der Sturzzug in der Regel nach unten auf die Fixpunkte. Bei einem Vorsteigersturz in eine Zwischensicherung geht der Sturzzug am Stand in der Regel nach oben, außer wenn vom Stand weg eine Querung ansetzt und sich der Zug zur Seite wirkt.

Fangstoß:

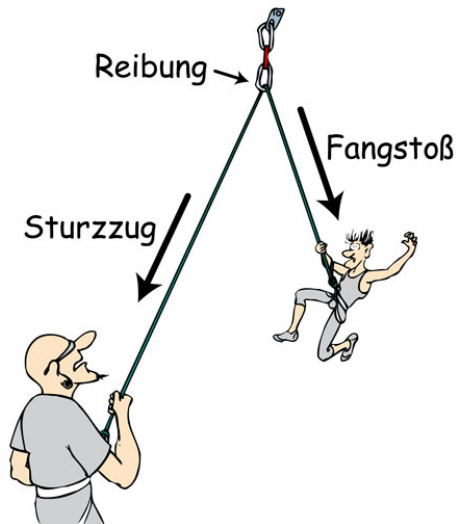
Der Fangstoß ist die auf den Stürzenden wirkende Kraft.

Kraft an der Umlenkung:

Stürzt der Kletternde in eine Zwischensicherung, so wirkt hier eine Kraft, die sich aus Sturzzug und Fangstoß addiert. Der vom Stürzenden erzeugten Kraft (Fangstoß) muss vom Sichernden bzw. vom Standplatz (Sturzzug) entgegen gewirkt werden.

Übersicht über die wirkenden Kräfte bei Fixpunktsicherung:

- Umlenkungsbelastung = Fangstoß + Sturzzug
- Fangstoß – Reibung = Sturzzug
- Sturzzug bei HMS am Fixpunkt = ca. 2,53kN (Durchlaufwert des Sicherungsgerätes)
- Sturzzug bei Achtersicherung am Fixpunkt = 2 - 2,5kN
- Maximale Umlenkungsbelastung bei HMS am Fixpunkt = ca. 7,5kN.



Reibung:

- Beide Kräfte (Sturzzug und Fangstoß) wären gleich groß, wenn keine Reibung im System vorhanden wäre.
- Durch die Reibung in der Zwischensicherung allein wird etwa 1/3 der Fangstoßkraft aufgenommen.
- Am Stand bzw. Sichernden kommt nur noch zwei Drittel der wirkenden Kraft an..
- Ist die Reibung durch schlechte Seilführung noch erhöht, kommt immer weniger Kraft am Standplatz an.
- In Folge kann eine dynamisch geplante Sicherung gar nicht mehr dynamisch wirken.



Durchlaufwert des Sicherungsgerätes:

- Abhängig von der Handkraft des Sichernden zeigt jedes Sicherungsgerät eine bestimmte Bremswirkung.
- Soll nun ein Sturz gehalten werden, kommt es ab einer bestimmten Sturzzugkraft zum Seildurchlauf im Bremsgerät. Ist dieser Durchlaufwert erreicht, reagiert das System also dynamisch.
- Wird dieser Durchlaufwert nicht erreicht, wirkt das Gerät statisch.

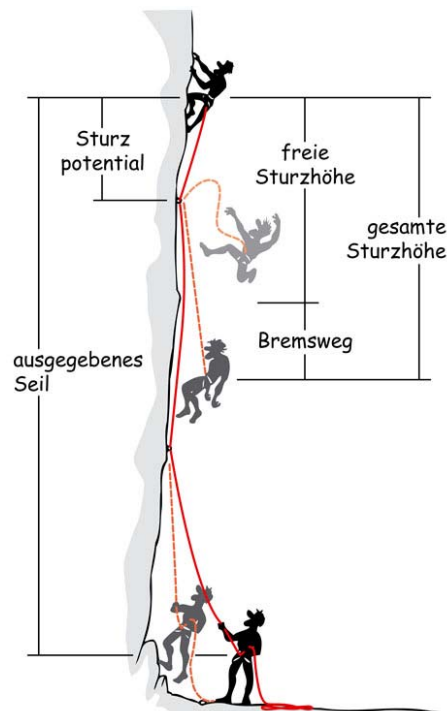
Durchlaufwerte der Sicherungsgeräte:

Sicherungsgerät	HMS	Tube	Achter	Halbautomaten
Durchlaufwert	2,2,- 3,5kN	1,5 – 3,0kN	1,2 – 2,5kN	6,0 - 10kN

Sturzfaktor und Bremsweg:

- Der Sturzfaktor ist nicht zwingend ein Maß für die Härte eines Sturzes, wohl aber für die entstandene Sturzenergie.
- Die Härte eines Sturzes hängt maßgeblich von der Reibung (Seilverlauf) und dem Verhalten des Sichernden ab.
- Geht der Sichernde bei aktiver Körpersicherung bewusst mit dem Körper in Zugrichtung mit, lassen sich die Kräfte an der Umlenkung auf 2 – 4kN verringern.
- Bei Fixpunktsicherung spielt das Sicherungsgerät neben dem verwendeten Seil eine maßgebliche Rolle. Das Klippen in Halbseiltechnik verringert die wirkenden Kräfte enorm.

Im Endeffekt entscheidet immer das Verhältnis zwischen Sturzhöhe und Bremsweg die Kraft an der Umlenkung.

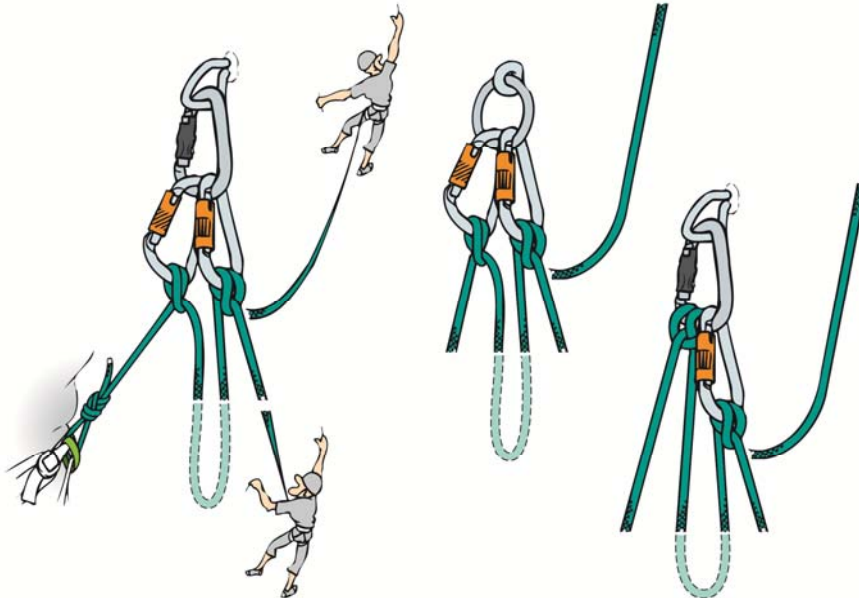


Bremsweg:

Der Bremsweg ist die Strecke, die über die Sturzenergie abgebaut wird. Hier kommen Seildurchlauf im Sicherungsgerät, Seildehnung sowie das Anheben des Sichernden bei Körpersicherung zusammen.

Zentralpunkt:

Als Zentralpunkt wird der Punkt bezeichnet, an dem Selbstsicherung als auch Partnersicherung eingehängt sind und der direkt mit allen Fixpunkten des Standes verbunden ist. Bei jeder gängigen Sicherungsmethode gibt es einen solchen Zentralpunkt. Es kann ein Karabiner sein, ein Schlingenaue oder bei Körpersicherung am Standplatz der Sicherungsring des Hüftgurt.



Zentralpunkt durch HMS-Karabiner, Ringhaken als Zentralpunkt und Sparvariante, bei der die Selbstsicherung direkt im ZP-Karabiner hängt.

Zusammenfassung:

- Sturzfaktor = „freie Sturzhöhe“ dividiert durch „ausgegebenes Seil“
- Sicherungskette = Gurt des Stürzenden, Seil, Umlenkung, (Zwischensicherung, wenn Reibung vorhanden), Sicherungsgerät, Fixpunkt oder Gurt und Körper des Sichernden
- Fangstoß = Kraft, die auf den Stürzenden wirkt
- Sturzzug = Kraft, die auf den Stand bzw. den Sichernden wirkt
- Sturzpotehtial = Höhe des Einbindeknottens zur Umlenkung
- Freie Sturzhöhe = ungebremste Fallhöhe (2x Sturzpotehtial) + Schlappseil
- Gesamte Sturzhöhe = ungebremste + gebremste Fallhöhe + Schlappseil
- Bremsweg = gebremste Fallhöhe

Bei aufmerksamer Fixpunktsicherung kann angenommen werden, dass die gesamte Sturzhöhe mindestens das Dreifache des Sturzpotehtials beträgt. Belastung der Zwischensicherung bei Fixpunktsicherung, aktiver- und passiver Körpersicherung. Dies wurde bereits 2002 von der DAV Sicherheitsforschung durch Dieter Stopper und Chris Semmel untersucht.

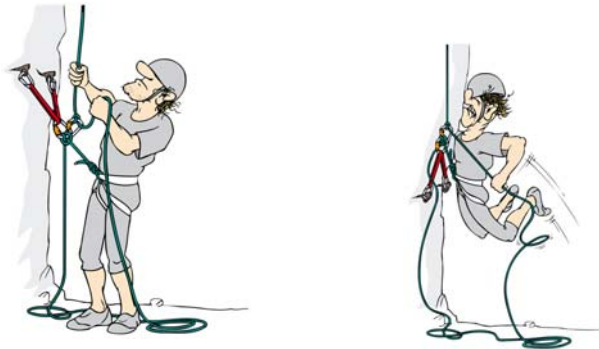
Sie führten Vorsteigerstürze an einer senkrechten bis leicht überhängenden künstlichen Kletterwand durch. Gesichert wurde mit dynamischen Sicherungsgeräten (HMS, Achter und Tube). Die freie Sturzhöhe betrug 4,8 Meter bei zwölf Meter ausgegebenem Seil. Die freie Fallhöhe geteilt durch die ausgegebene Seillänge ergab einen Sturzfaktor von 0,4. Bis auf die Umlenkung und eine lose Hintersicherung waren keine weiteren Expressschlingen eingehängt, die zusätzliche Reibung verursacht hätten. Gemessen wurde die maximal auftretende Kraft an der Umlenkung. Zudem wurde der Sichernde beim Abfangen des Sturzes gefilmt. Sicherer und Stürzender gabenanschließend eine subjektive Einschätzung über die Kontrollierbarkeit und die Härte des Sturzes ab. Gesichert wurde mit vier unterschiedlichen Sicherungsmethoden:

Fixpunktsicherung



Bei der Fixpunktsicherung belastete der Sturz ausschließlich den Standhaken und nicht den Sichernden.

Zentralpunktsicherung



Die Zentralpunktsicherung belastete zunächst den Körper des Sichernden und nachdem das Kräfiedreieck nach oben umgeschlagen ist, die Standhaken (die Selbstsicherung des Sichernden war im Zentralpunkt eingehängt).

Passive Körpersicherung



Bei der passiven Körpersicherung wurde der Sichernde nach oben gehoben, der Standhaken blieb dabei unbelastet, da die Selbstsicherung eine ausreichende Länge von 1,5 Meter hatte.

Aktive Körpersicherung



Die aktive Körpersicherung unterschied sich von der passiven durch ein bewusstes Abfedern (im richtigen Zeitpunkt mit hochbewegen) des Sichernden im Moment des Sturzzuges.

Die Belastung der Umlenkung

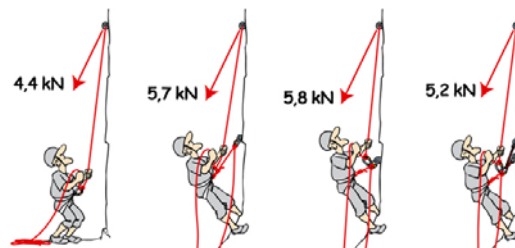
Beim Abfangen eines Sturzes treten an der Umlenkung die größten Kräfte innerhalb der Sicherungskette auf. Denn hier addieren sich die Kräfte des Stürzenden auf der einen Seite und des Sichernden bzw. des Fixpunkts auf der anderen Seite. Erstaunt haben die geringen Unterschiede der Kräfte auf die Umlenkung, bei Anwendung der unterschiedlichen Sicherungsmethoden.

Die Zentralpunktsicherung ergab bei gleich schweren Kletterpartnern eine um durchschnittlich elf Prozent niedrigere Belastung auf die Umlenkung als die Fixpunktsicherung.

Die passive Körpersicherung unterschied sich im Schnitt nur um zwei Prozent von der Sicherung direkt über den Standhaken. **Die Annahme, eine Sicherung, bei der Körper des Sichernden mitbremst, sei immer wesentlich weicher als eine Fixpunktsicherung, wurde durch diese Versuche widerlegt!**

Eine deutliche Entlastung der Umlenkung ergab sich nur bei der aktiven Körpersicherung. Durch die bewusste Bewegung des Sichernden in Richtung des Sturzzugs konnte die Umlenkung um bis zu 30 Prozent entlastet werden. Die aktive Körpersicherung erfordert jedoch Übung und funktioniert nur vom Boden aus.

Nebenbemerkung: Nach einer Untersuchung an der Universität Innsbruck bewirkt ein Schritt nach hinten im Moment des Sturzzugs im Vergleich zum aktiven Nachgeben fast eine Verdopplung der Belastung auf die Umlenkung!



Aus der Beobachtung und der anschließenden Befragung der Stürzenden und Sichernden resultierte folgendes Bild:

Die Sturzhärte beim Bremsen über die Fixpunktsicherung und der Anprall an die Wand wurde von den Stürzenden mit „gut“ bis „befriedigend“ angegeben. Die Sichernden bezeichneten das Halten des Sturzes über den Standhaken als „überraschend problemlos“. Der Seildurchlauf war bei allen Bremsgeräten (HMS, Achter, Tube) mit bloßer Hand sicher zu kontrollieren.

Die Zentralpunktsicherung wurde von den Stürzenden mit „gut“ beurteilt. **Das Halten des Sturzes ist von den Sichernden hingegen als „mangelhaft“ bzw. als „ nicht zu empfehlen wegen starkem Anprall“ an die Wand bezeichnet worden.** Auch auf dem Video waren die Aussagen der Sichernden klar nachzuvollziehen. Außer Verletzungen riskierte der Sichernde auch einen Kontrollverlust des Bremsseils. Die Folgen für den Stürzenden wären fatal. Grund für den harten Anprall des Sichernden an die Wand war die kurze Selbstsicherung, die eine praktikable Handhabung der Zentralpunktsicherung erst möglich machte. **Der Sichernde wurde dadurch gegen die Wand gerissen.**



Die passive Körpersicherung wurde von Sichernden und Kletterer mit „gut“ beurteilt, da bei beiden kein oder nur ein sehr geringer Anprall an die Wand erfolgte. Die ausreichend lange Selbstsicherung von 1,5 Meter machte dies möglich.

Die gekonnt ausgeführte aktive Körpersicherung wurde von den Stürzenden favorisiert. Das Abbremsen wurde „angenehm“ beschrieben, der Anprall an die Wand war problemlos. Die Sichernden hatten mit dieser Art der Sicherung auch keine Probleme. Sie wurden in die Höhe gehoben; der Anprall konnte von ihnen gut kontrolliert werden.

Prinzipiell gelten diese Beobachtungen nur für gleich schwere Kletterpartner. Bei den Versuchen wurden zudem zwei Kletterer mit einem Gewichtsunterschied von 32 Prozent (64kg zu 85kg) mit einbezogen, welche stürzten bzw. sicherten. Der Versuchsaufbau verursachte ausschließlich an der Umlenkung Reibung, da keine weiteren Zwischensicherungen eingehängt waren. Ein großer Teil des Fangstoßes wirkte so auf den Sichernden.

Sicherte der Leichtere über den Körper, wurde er vehement nach oben gerissen und es kam zu gefährlichen Kollisionen mit dem schwereren Kletterpartner. Bei der Zentralpunktsicherung war der Anprall des leichten Sichernden gegen die Wand erschreckend, ein Kontrollverlust des Bremsseils erschien durchaus möglich!

Resümee

Der Sichernde sollte sich immer bewusst sein, dass sein Körper bei der aktiven und passiven Körpersicherung ein Teil der Sicherungskette ist. Mit der Beantwortung der Frage: "Was passiert mit mir, falls mein Kletterpartner stürzt?" werden die Voraussetzungen für das Sichern über Körper plausibel:

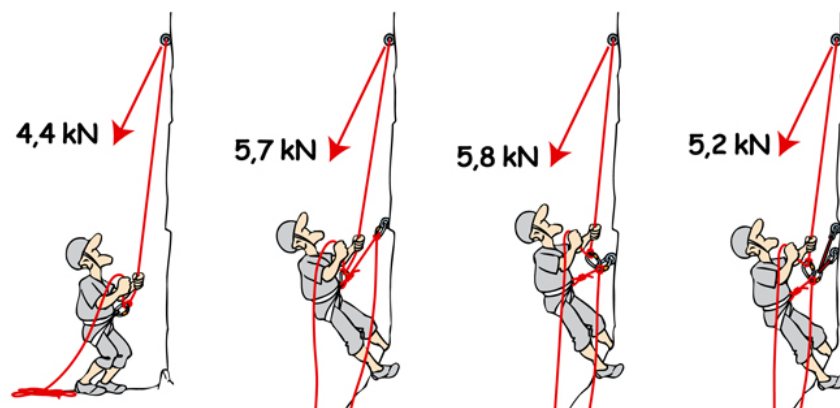
- Der Kletterer ist maximal 25 Prozent schwerer als der Sichernde. In der Zwischenzeit wird durch neue Erkenntnisse ein maximaler Gewichtsunterschied beim Sportklettern von 10 Kg empfohlen. Bei Experten maximal 15 kg, hier bereits zwei Karabiner parallel eingehängt zur Erhöhung der Reibung bei der Tube Sicherung + Zusatzmaßnahmen. Bei mehr als 15 Kg zusätzlicher Reibungsclip bzw. Bremskraftverstärker (z. Bsp. Ohm).
- Der Sichernde hat ausreichend freien Raum nach oben (kein Überhang mit Dach.....) und seine Selbstsicherung ist mindestens 1,5 Meter lang.
- Der Sturzzug erfolgt nach oben (nicht zur Seite oder nach unten).
- Eine große Sturzhöhe in Verbindung mit einem großen Sturfaktor ist zu vermeiden!
- Eine weitere Voraussetzung ist erfüllt, wenn unmittelbar über dem Stand eine zuverlässige Zwischensicherung gegeben ist oder die Seilschaft den Standplatz als erste Zwischensicherung nutzt. Hat der Kletterer nach dem Stand eine verlässliche Zwischensicherung eingehängt, kann die Standexpressschlinge(Dummy-Runner) wieder ausgehängt werden, um den Bremsweg des Sichernden zu verlängern.

Treffen die oben genannten Voraussetzungen zu, hat die Körpersicherung Vorteile und ist sinnvoll. Die Bedienung für den Sichernden ist komfortabel und im Falle eines Sturzes ist der Anprall des Stürzenden an den Fels geringer als bei einer Fixpunktsicherung. Ist eine der oben genannten Voraussetzungen für die passive Körpersicherung nicht erfüllt, kann auf die Fixpunktsicherung zurückgegriffen werden. In diesem Fall ist die Empfehlung für Einfachseile den Halbmastwurf, da dieser auch bei einem direkten Sturz in den Stand (Sturfaktor2) eine ausreichende Bremskraft hat.

Vorsicht!

Bei großer Sturzhöhe kann beim Abfangen des Sturzes eine Menge Seil durch die Sicherung laufen. Das Tragen von Handschuhen ist dann wichtig, ansonsten drohen üble Verbrennungen.

Eine eventuell notwendige Rettungsaktion darf auch nicht außer Acht gelassen werden. Bei Fixpunktsicherung ist es einfach, den Gestürzten am Stand zu fixieren. Bei einer Körpersicherung ist der Sichernde Teil der Sicherungskette und muss wissen, wie er den Gestürzten am Stand fixieren kann und sich selber aus der Sicherungskette löst. Dies sollte bei einer Führer / Gast Situation immer genau bewertet werden.



Sturzfaktor 0,4	Aktive Körpersicherung	Passive Körpersicherung	Fixpunkt- sicherung	Zentralpunkt- sicherung
Belastung auf die Umlenkung im Durchschnitt	4,41 kN	5,65 kN	5,77 kN	5,16 kN
	-24%	- 2%	100%	-11%

Fixpunktsicherung und Körpersicherung:

Dieses Thema wird oft diskutiert, viele Anwendungen die man beobachten kann sind in den wenigsten Fällen gut reflektiert, oft nicht erforderlich oder sogar gefährlich. Bei einer geführten Seilschaft im alpinen Gelände kommt meist die Fixpunktsicherung zur Anwendung, in manchen Situationen (Bsp. der Gast sichert den Bergführer mittels Körpersicherung über den Bergschrund einer Eisflanke) wird über den Körper gesichert. Ein umfangreiches Wissen zu Gewichtsunterschieden, sich verändernde Reibung im Sicherungssystem, Sicherungserfahrung, Sicherungstraining, Sturztraining usw. ist erforderlich um eine genaue Abwägung aller Vor- und Nachteile anstellen zu können und im Einzelfall die richtige Entscheidung treffen zu können. Auch das Können der Kletterer spielt eine entscheidende Rolle, sind wir in einer klassischen Führungssituation oder sind zwei gleichwertige Partner unterwegs.

Welche Methode für welche Situation?

	Fixpunktsicherung	Körpersicherung
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Basismethode ohne Einschränkungen 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sicherer hat Erfahrung im Halten von Stürzen ✓ Gewichtsunterschied ist nicht zu groß ✓ Extreme Sturzweiten sind nicht zu erwarten ✓ Lange Selbstsicherung ist möglich, mindestens 1,5 Meter ✓ Hindernisfreiheit über dem Standplatz („Flugraum“) ✓ Erste Zwischensicherung ist nicht seitlich versetzt, sondern über dem Standplatz ✓ Plus – Clip oder Dummyranner ist möglich, solide Fixpunkte (am besten Bohrhakenqualität)
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sicherer ist nicht Teil der Sicherungskette ✓ Gute Bremsseilkontrolle ist möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Präzises Seilhandling ist möglich bei weniger Schlappseil ✓ Weiches und präzises sichern ist leichter möglich ✓ Bewegungsmuster / Abläufe gleich wie beim Sportklettern ✓ Kraft auf die Zwischensicherung bei aktiver Körpersicherung etwas niedriger
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ○ Weniger Präzision beim Seilhandling ○ Weiches sichern braucht mehr Übung 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sicherer ist Teil der Sicherungskette ○ Gefahr bei großen Sturzenergien, die Kontrolle über das Bremsseil zu verlieren ○ Verletzungsgefahr durch möglichen Anprall
Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Wenn hohe Sturzenergien möglich sind, z. Bsp. Alpinklettern, Eisklettern ➤ Bei sehr schwieriger Fixpunkteinschätzung ➤ Sehr oft bei Führungstouren usw. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Alpines Sportklettern, wenn nicht zu hohe Sturzenergien zu erwarten sind und hohe Sicherungspräzision erwünscht ist ➤ Häufiges stürzen, klettern am Leistungslimit / Ausbouldern von Routen usw.

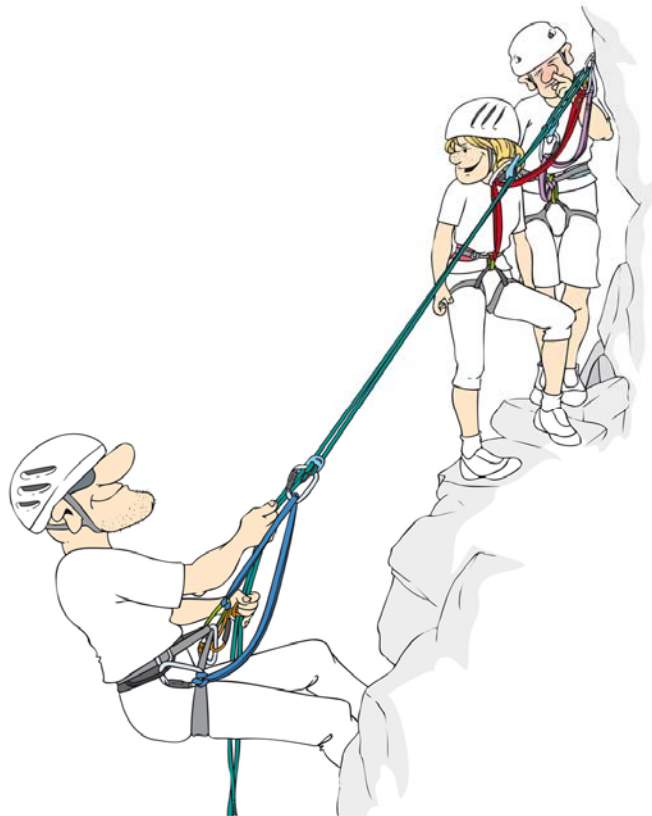
Abschlussbemerkung:

Wird nicht gestürzt, nicht am Leistungslimit geklettert, die Route nicht ausgebouldert (was präzises sichern erfordern würde), dann stellt sich die Frage, ob Körpersicherung überhaupt in dem Fall Sinn macht, und des weiteren oft die Selbstsicherung viel zu kurz ist (Gefahrenquelle!), bzw. einige in der Tabelle angeführten Punkte nicht erfüllt sind.

Belastungen und Kräfte bei verschiedenen Situationen

Kräfte beim Abseilen einer Person am Standplatz:

Im alpinen Gelände ist an unterschiedlichsten Stellen abzuseilen. Oft sind eingerichtete, mit normgerechten Bohrhaken ausgerüstete Abseilpisten vorhanden, ist an natürlichen Fixpunkten abzuseilen (Baum, Sanduhr, Block, Felszacke.....usw.) ist die Stabilitätseinschätzung und die folgende, mögliche Belastung eine wichtige Grundlage um abschätzen zu können, dass die auftretenden Kräfte klein genug sind und der Abseilfixpunkt bei der geplanten Maßnahme hält.

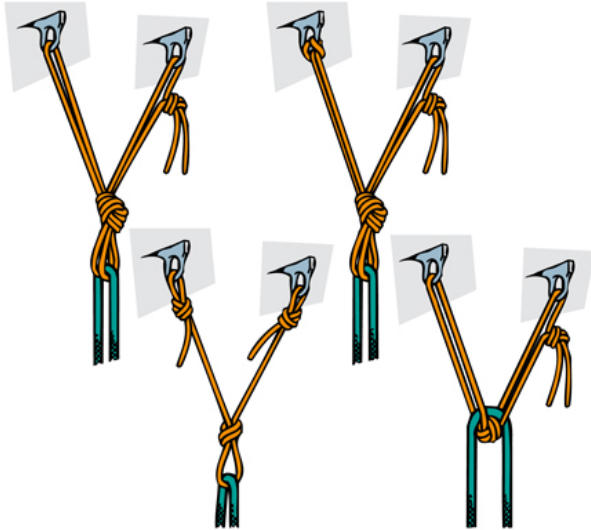


Die beim Abseilen auftretenden Kräfte am Abseilfixpunkt sind in einem Bereich zwischen dem **1,5 - bis 3-fachen Körpergewicht** der abseilenden Person, (bei 80 Kg Gewicht des Kletterer also **120 – 240 daN bzw. 1,2 – 2,4 kN**).

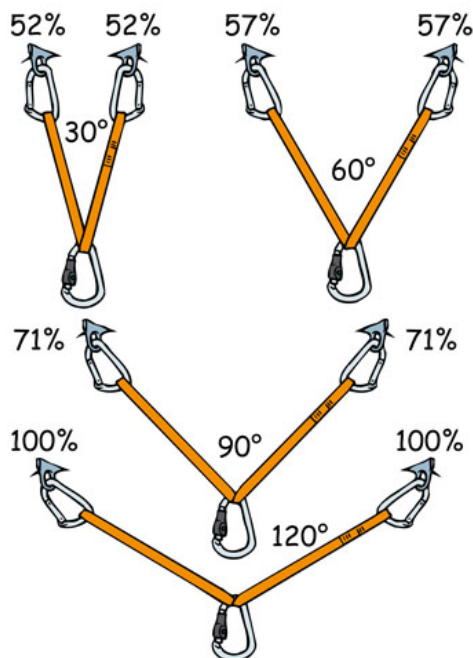
Bei vorhandenen, geschlagenen Felshaken ist eine Stabilitätseinschätzung in vielen Fällen nur sehr schwer bis gar nicht möglich. Das mitführen eines Hammers ist zur Überprüfung erforderlich (Klang und des Sitz im Fels). Allgemein gilt der Grundsatz der Redundanz, an Abseilstellen sollten immer mindestens zwei geschlagene Haken verwendet werden, am besten in unterschiedlichen Rissen (besonders wichtig wenn diese auch noch vereist sind). Die Verbindungsschlingen / Reepschnüre werden oft über Jahre nicht erneuert, eine kritische Bewertung, eine Erneuerung bzw. eine lose Hintersicherung beim Abseiltest kann lebenswichtig sein.

Durch vorsichtiges langsames abseilen kann die Belastung reduziert werden, schnelles abseilen mit einem plötzlichen Stopp bzw. ruckartiges abseilen erhöht die Kräfte!

Vorsichtiges und langsames Abseilen belastet den Abseilfixpunkt weniger. Für eine Abseilstelle an geschlagenen Haken wird das fixierte Kräfte-dreieck (fixierte Ausgleichsverankerung) verwendet, die genaue Belastungsrichtung wird vorher ermittelt. Liegen die Seile auf einer Felskante auf, (Reibung am Seil) kommt es zu einer Reduktion der Kraft am Abseilfixpunkt.



Die Kräfteverteilung auf die Fixpunkte ist noch ein wesentlicher Faktor, das klassische Kräfte-dreieck (Ausgleichsverankerung) findet im allgemeinen Standplatzbau kaum noch Anwendung, bei Abseilständen sollte die Kräfteverteilung bei unterschiedlichen Winkeln unbedingt berücksichtigt werden. Bei mehr als 120° Öffnungswinkel erhöhen sich die Kräfte in den einzelnen Schenkeln auf über 100%!



Kräfte beim Abseilen von zwei Personen am Standplatz:

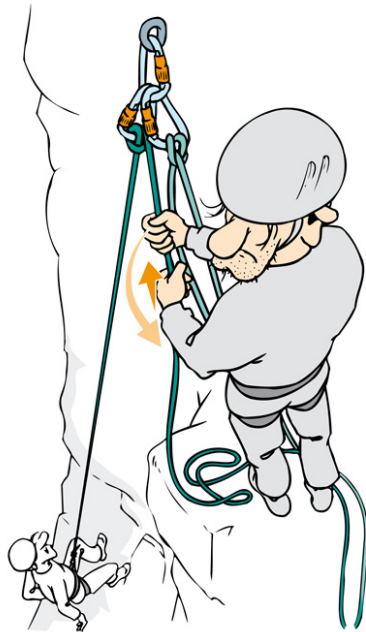
Beim gleichzeitigen Abseilen von zwei Personen, wie z. Bsp. der behelfsmäßigen Bergrettungstechnik sind die auftretenden Kräfte am Abseilfixpunkt in einem Bereich zwischen dem **1,5- bis 3-fachen Körpergewicht** der abseilenden Personen.

Bei je 80 Kg Gewicht der Kletterer, also **240 – 480 daN bzw. 2,4 – 4,8 kN**.



Ablassen:

Beim Ablassen konnten im Vergleich zum Abseilen etwas geringere Kräfte (zwischen 10 und 16% weniger) am Standplatz gemessen werden.



Ablassen von zwei Personen:

2015 wurde ein Seil beim Ablassen von 2 Personen komplett durchtrennt (Nesthorn / Berner Alpen / Schweizer Bergführerausbildung, Seil 8,7mm, Einfachseil, Gewicht ca. 150 kg, das Seil lief dabei über eine runde Felskante, als die beiden Personen wenige Zentimeter zur Seite pendelten riss das Seil!). Daniel Gebel (Fa. Edelrid) und Chris Semmel führten eine Untersuchung zu Schnittfestigkeit von Bergseilen in Abhängigkeit der Last durch. Die Untersuchungen wurden mit 80 kg, 120 kg und 160 kg Seilvorspannung durchgeführt.

Ergebnisse:

Die Verdoppelung der Vorspannung von 80 auf 160 kg verschlechtert die Schnittfestigkeit um ca. 600 % bei Einfachseilen.

Eine Vergrößerung des Seildurchmessers um 1,1mm von 8,9 mm auf 10 mm entspricht einer Flächenvergrößerung von 62,2 mm² auf 78,5 mm². Dadurch wird die Schnittfestigkeit um etwa 20 % erhöht.

Dyneema besitzt eine etwa 200-300 % höhere, Kevlar eine etwa 130-160 % höhere Schnittfestigkeit als Polyamid.

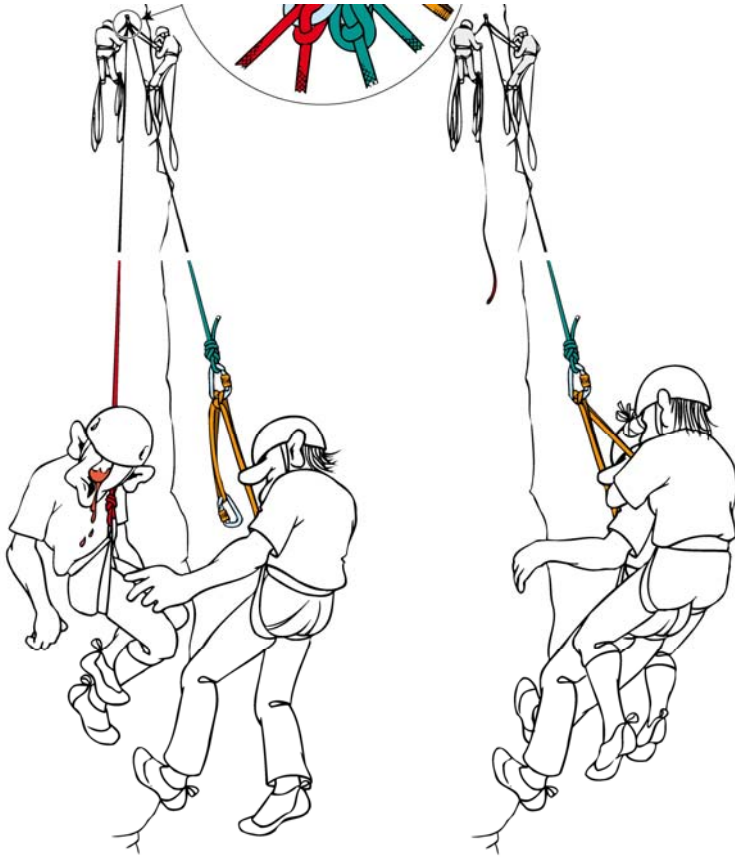
Die Schnittfestigkeit einer 6 mm Dyneema-Reepschnur entspricht etwa der eines 9 mm dicken Einfachseiles.

Wichtig für die Praxis:

Vorsicht beim Ablassen von zwei Personen am Einzelstrang! Nicht über Felskanten ablassen, führungstechnisch besser einzeln ablassen. Im Schnee und Eis ist dies kein Problem, überall dort wo man Schnittbelastungen über Felskanten ausschließen kann.

Vorsicht bei großen Massen bei 100 kg und mehr!

Speziell bei der behelfsmäßigen Bergrettung ist man mit der Situation leicht konfrontiert. Ist das Gelände extrem steil stellt sich diese Problematik weniger, je flacher und kupierter das Gelände umso größer ist diese Gefahrenquelle.



Im Ernstfall ist es immer eine situative Einzelentscheidung wo wesentlich mehr Faktoren mit berücksichtigt werden müssen. Sofern möglich sollte hier bereits bei Übungen im Doppelstrangprinzip gearbeitet werden, damit jeder mit der Problematik vertraut und entsprechend sensibilisiert ist.

Belastung bei Sturz des Seilzweiten im Nachstieg:

Bei leicht straffem Seil und Senkrechter Seilführung tritt keine freie Fallhöhe auf. Es ist ein von Anfang an durch Seildehnung gebremster Sturz mit Sturzfaktor Null.

Die Seildehnung (etwa 10 %) begrenzt die Fallhöhe. Sie hängt von der Seildistanz zwischen Sicherndem und Seilzweitem ab. **Bei einer Distanz von 50 Meter beträgt die Seildehnung 5 Meter!** Bei 5 Meter Distanz immerhin noch 0,5 Meter.



Die Belastung der Kameradensicherung am Standplatz erfolgt in der Größenordnung des zweifachen Körpergewichts, also im Bereich von etwa **160 daN bzw. 1,6 kN**.

Dies gilt nur für leicht straffes Seil und sofortige, statische Wirkung der HMS. Hängt das Seil durch oder wird die HMS unachtsam gehandhabt (anfänglicher Durchlauf ohne nennenswerte Bremswirkung) kommt es zu einer freien Fallhöhe und damit zu größerer Belastung der Kameradensicherung und zu Sturzstreckenverlängerung. Seilreibung in Zwischensicherung und an Felskanten verringert die Belastung der Kameradensicherung am Standplatz.

Belastung / Kräfte am Standplatz bei einem Pendelsturz in den Standplatz:

Der Pendelausschlag ist maßgebend. Größter Pendelausschlag und damit größte Belastung tritt dann auf, wenn der Pendelsturz aus der gleichen Höhe erfolgt, in der sich auch der Pendelaufhängepunkt (Standplatz / Zwischensicherung) befindet.

Beim Durchpendeln des tiefsten Punktes (Nulldurchgang) tritt die höchste Belastung im Seil auf. **Bei maximalem Pendelausschlag** liegt die Belastung in einer **Größenordnung des dreifachen Körpergewichtes**, also im Bereich von etwa **240 daN bzw. 2,4 kN**.

Bei kleinerem Pendelausschlag ist die Belastung geringer, jedoch nicht unter der Größenordnung des zweifachen Körpergewichtes, als nicht unter 160 daN bzw. 1,6 kN. Zwischensicherungen reduzieren den Pendelausschlag. Der kleinere Pendelausschlag im Verhältnis zur ausgegebenen Seillänge (im Prinzip wie Sturzfaktor) reduziert in Verbindung mit der Seilreibung in der Zwischensicherung, die Belastung der Kameradensicherung am Standplatz. Dafür wird die Zwischensicherung stärker belastet.

Durchfällt der Stürzende eine freie Fallhöhe, bevor der Sturz in einen Pendelsturz übergeht, ist die Belastung größer als in den angeführten Größenordnungen. Die Summe der Freifall- und Pendelenergie belastet den Sicherungspunkt.