Seilbefestigung - Schachteinbau

Gleich zu Beginn sei erwähnt, dass zum sicheren Seileinbau in Vertikalhöhlen größte Sorgfalt, Umsicht und Erfahrung nötig ist. Immerhin hängt außer dem eigenen Leben, auch das Leben sämtlicher, diese Einbauten benutzenden Personen davon ab. In diesem Merkblatt werden die zur Zeit gängigsten Methoden und Techniken des Seileinbaus beschrieben, dennoch stellt es lediglich einen Lernbehelf dar! Denn Seileinbau muss unbedingt in einer fundierten, sowohl praktischen als auch theoretischen Ausbildung erlernt und geübt werden!

Allgemeine Überlegungen zum Einbau von Vertikalhöhlen

Höhlenschutz

Mit dem Einbau einer unerforschten Schachthöhle machen wir dieses seit vielleicht Millionen von Jahren unberührte Neuland schließlich für den Menschen zugänglich. Unsere Einbauten legen den Weg fest, den Menschen in Zukunft durch die Höhle nehmen werden. Dieser „Fußabdruck" wird nicht nur uns selbst, sondern vielleicht auch unsere Art um Jahrtausende überdauern. Es erscheint daher angebracht, die Seilführung mit größtmöglicher Rücksicht auf die Erhaltung des ursprünglichen Zustandes der Höhle vorzunehmen. Hier einige Anhaltspunkte dazu:

Sofern im Rahmen einer sicheren Befahrung vertretbar, sollte sensiblen Formationen wie z.B. Tropfsteinen, Sinterbildungen und Ähnlichem bestmöglich ausgewichen werden.

Verankerungen sollten so angebracht werden, dass sie später nicht durch weitere ergänzt oder ersetzt werden müssen. In optisch besonders sensiblen Höhlen (z.B. in Schauhöhlen) sind Anker möglichst außer Sichtweite und mit der Option, diese später im Gestein versenken zu können, anzubringen (z.B. tiefes Bohrloch bei HST-Ankern).

Ist eine Zerstörung von Höhleninhalten aus befahrungstechnischen Gründen notwendig (z.B. Abschlagen von Sinter in Engstellen), so ist diese auf ein Minimum zu begrenzen beziehungsweise ist, in besonders schützenswerten Höhlen, von einer weiteren Befahrung unter Umständen gänzlich abzusehen.

Höhlen Vermessen und das Privileg der Erstbefahrung

Da Schachteinbauten in der Regel in noch unbekannten Höhlen oder Schächten vorgenommen werden, hier ein kurzer Hinweis zur Höhlendokumentation. Diese ist in erster Linie wichtig, um die Dimensionen (Länge, Tiefe etc.) einer neuen Höhle überhaupt exakt erfassen zu können und andere Menschen bzw. HöhlenforscherInnen an dieser Entdeckung teilhaben zu lassen. Die Dokumentation dient außerdem als Grundlage für weitere Forschungen, den Höhlenschutz und für eventuell weiterführende, wissenschaftliche Untersuchungen. Daher werden auch nur vermessene Höhlen in den Kataster aufgenommen.

Eine unbekannte Höhle oder einen unbekannten Schacht als erste Person befahren und erforschen zu können, zählt zweifellos zu den aufregendsten, schönsten und intensivsten Aspekten der Höhlenforschung. Dieses Privileg beinhaltet daher auch die Pflicht, dieses Neuland zu vermessen und zu dokumentieren. Sind die ErforscherInnen dazu nicht selbst in der Lage, ist es ihre Aufgabe, eine Vermessung durch qualifizierte Personen zu organisieren.

<u>Es gilt daher: keine Befahrung und kein Einbau einer unbekannten Höhle ohne eine Vermessung und Dokumentation derselben!</u>

Anleitungen zur Vermessung von Höhlen finden sich in den Merkblättern B20 bis B71.

Richtlinien und Grundsätze beim Seileinbau - Was ist alles zu beachten?

- **Die Position der Verankerung:** dieser kommt beim Schachteinbau größte Bedeutung zu! Mit der Positionierung der Verankerung entscheiden sich fast alle weiteren Faktoren (siehe unten). Daher gilt: erst denken, dann handeln! Der Schacht wird zuerst im Geist eingebaut, wobei versucht werden soll möglichst viele beeinflussbare Faktoren zu beachten, dazu gehört vor allem der weitere Seilverlauf. Erst dann wird der Hammer ausgepackt.
- **Das Seil darf nicht am Fels aufliegen!** Ansonsten entstehen durch die Bewegung des Seiles (z.B. Schwingungen beim Aufsteigen) starke Reibungskräfte, die das Seil beschädigen und sehr schnell bis zum Bruch führen können. Der Ort der Verankerung und die Seilführung müssen daher stets so gewählt werden, dass das Seil und der Knoten (auch während der Befahrung und wenn möglich auch beim Versagen eines Ankers) keinerlei Felskontakt haben. Dies geschieht durch kluge Positionierung der Verankerung, sowie durch das Anbringen von Umlenkungen (Deviateuren) oder Umsteigstellen. Zur Not kann auch ein Seilschoner Abhilfe schaffen (z.B. beim Höhleneinstieg).

Umsteigstellen sind einfache oder doppelte Verankerungen, in die das Seil eingeknotet wird. Sie müssen doppelt ausgeführt sein, wenn der Bruch eines Ankers einen hohen Sturzfaktor oder einen gefährlichen Pendler zur Folge hätte. Bei **Umlenkungen** (Deviationen) läuft das Seil nur durch einen Karabiner und wird dadurch abgelenkt. Beträgt dieser Winkel mehr als 45°, muss auch eine Umlenkung doppelt verankert werden! → siehe Anhang 1 „*Schema Schachteinbau*".

- **Schachteinbauten müssen redundant sein!** Es muss stets gewährleistet sein, dass beim Ausfall (Bruch) einer Komponente (z.B. eines Ankers oder Karabiners) kein Totalausfall der Sicherungskette (und in Folge des eigenen Lebens) eintritt. Konkret bedeutet dies Folgendes: Hauptverankerungen müssen ausnahmslos doppelt, d.h. voneinander unabhängig tragend ausgeführt werden! Das gilt auch für Zwischenverankerungen, wenn beim Bruch des Ankers ein gefährlicher Pendler oder eine zu hohe Seilbelastung (Sturzfaktor, Kantenbelastung, etc.) entstehen würden. → siehe Anhang 1 „*Schema Schachteinbau*".
- **Gefahrenzonen ausweichen!** Alle Einbauten sind so vorzunehmen, dass vorhandenen oder möglichen Gefahren (z.B. Steinschlag, Eis, Wasser, etc.) bestmöglich ausgewichen wird. Daher, wann immer möglich, aus der Falllinie versetzt einbauen.
- **Der Schacht muss für alle Gruppenmitglieder befahrbar sein!** Der sicherste Einbau ist oft nicht der bequemste, dennoch sollte er für alle Personen in der Gruppe befahrbar sein. Bei ungeübten Gruppen ist vor allem auf eine ausreichende Länge der Seilschlaufe an der Umsteigstelle zu achten!
- **Dem Zweck angemessen einbauen!** Seilbefestigungen können auf unterschiedlichste Art und mit unterschiedlichstem Aufwand angebracht werden. Dieser sollte der Art der Befahrung angepasst sein. Bei der ersten Forschungsfahrt reicht vielleicht ein Spit an der Umsteigstelle, während in oft befahrenen Schächten beliebter Höhlen sicher langlebigere Verankerungen (z.B. Verbundanker) zu empfehlen sind. Auf jeden Fall aber gilt:
- **Einbauten müssen ab der ersten Befahrung sicher sein!** Schlampiger oder unzureichender Einbau zur schnellen Tiefenerkundung unter dem Motto: *„das machen wir dann später noch g'scheit"*, ist ein Garant für Unfälle. Lieber einmal auf Grund von Material- oder Zeitmangel umkehren, als den Schacht nie wieder zu verlassen.

Das war für die ersten zwei Seiten bereits einiges an Regeln. Es lässt sich vielleicht schon erkennen, dass der Einbau von Vertikalhöhlen ein umfangreiches Thema ist, bei dem es eine ganze Menge zu beachten gilt. Aber es geht noch weiter: kommen wir nun zur Vorgehensweise beim Schachteinbau selbst. Doch nicht verzagen: mit etwas Übung wird dir all das, was jetzt noch so kompliziert scheint, bald in Fleisch und Blut über gehen.

Vorgangsweise beim Schachteinbau

- **Den Zustieg absichern:** Einem Schacht nähert man sich am besten schon am Seil gesichert. Dieses wird in ausreichender Entfernung zum Schacht mit einer Hauptverankerung (redundant) fixiert. Die Annäherung an den Abgrund erfolgt dann gesichert über das Abseilgerät oder die Handsteigklemme (Siehe Merkblatt A20 „*Abseilen*" Abb. 4).
- **Schachteinstieg freiräumen:** Lose Objekte wie Steine, größere Äste oder Eis dürfen während der Befahrung keine Gefahr darstellen. Alles, was in den Schacht fallen könnte, daher vorher hinunter werfen, sichern oder wegräumen.
- **Tiefe abschätzen und Seil vorbereiten:** Es ist hilfreich, vor dem Abseilen die ungefähre Schachttiefe zu wissen, vor allem um die benötigte Seillänge bereit zu haben. Siehe dazu Merkblatt A52a „*Lotung von Schachttiefen*". Das Seil wird vor der Schachtbefahrung in losen Schlaufen im Schleifsack verstaut und aus diesem während dem Abseilen nach und nach herausgezogen. Das lose Seilende wird nicht in den Schacht geworfen, da dies zu unangenehmen Verwicklungen führen und außerdem das Seil durch Steinschlag beschädigt werden könnte.

WICHTIG: In das lose Seilende muss immer ein Sicherheitsknoten (z.B. ein doppelter Achter) gebunden werden um nicht versehentlich über das Seilende hinaus abzuseilen. Ein fehlender Sicherheitsknoten war schon des öfteren der Grund für tödliche Unfälle! Vor allem, wenn das Seilende nicht sichtbar ist, da es z.B. im Schleifsack verstaut ist, sollte man sich doppelt vergewissern, dass der Sicherheitsknoten auch wirklich vorhanden ist.

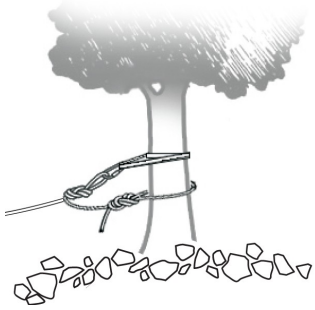
- **Art und Position der Verankerung wählen:** wenn die Möglichkeit einer sicheren, natürlichen Verankerung besteht, ist diese einer technisch gesetzten zu bevorzugen. Allerdings: bei technischen Verankerungen kann die optimale Position flexibler gewählt werden. Hauptkriterium für die Ankerposition ist der weitere Seilverlauf. (Siehe Richtlinien - Punkt 2). Der Ankergrund sollte auch möglichst eben sein: kleinere, hervorstehende Zacken können mit dem Hammer abgeschlagen werden. Technische Verankerungen erzeugen fast alle eine hohe Spreizwirkung im Felsen, daher ist auf genügend stabile Gesteinsmasse im Umkreis des Ankers (Radius mindestens 15 – 20 cm) zu achten.
- **Ankergrund auf Festigkeit prüfen:** Den Felsen, die Sanduhr, etc. optisch auf Schwachstellen wie Risse, Verwitterung, etc. und akustisch durch Abklopfen mit dem Hammer prüfen („Klangprobe"). Hohler oder dumpfer Klang deutet auf Schwachstellen im Fels hin. „Gesunder" Fels hat einen eindeutigen Klang. Tropfsteine oder Sinter eignen sich nicht für Verankerungen, da ihre Haltekraft nicht abschätzbar ist.
- **Verankerung anbringen:** Die verschiedenen Möglichkeiten hierbei werden im nächsten Kapitel *„Methoden zur Seilbefestigung"* ausführlich beschrieben.
- **Seil befestigen:** Um die optimale Länge der Seilschlinge zum Umsteigen einstellen zu können, gibt es zwei Methoden:

1. Seillänge schätzen: Bei dieser Methode wird das Seil direkt nach dem Anbringen der Verankerung in diese eingehängt. Dabei wird die Länge der benötigten Seilschlaufe einfach abgeschätzt. Dies erfordert einiges an Erfahrung, hier einige Anhaltspunkte dazu: Die Seilschlaufe muss so lang gewählt werden, dass, wenn die Seildehnung durch das eigene Gewicht wegfällt, die Schlaufe immer noch lang genug ist, damit der/die Nachkommende das Abseilgerät im unbelasteten Seil einhängen und abbinden kann. Je ungeübter die Gruppe ist, desto länger sollte die Seilschlaufe für ein bequemes Umsteigen sein. Vorsicht bei neuen, trockenen Seilen: diese verkürzen sich beim ersten Wasserkontakt erheblich.

2. Belastete Umsteigstelle: Nach dem Anbringen der Verankerung wird die Selbstsicherung in diese eingehängt und weiter abgeseilt, bis das Gewicht in der Selbstsicherung hängt und das Abseilgerät entlastet ist. Danach wird die Handsteigklemme als zusätzliche Sicherung ins obere Seil eingehängt. Nun wird das Abseilgerät abgebunden (siehe Merkblatt A20 „*Abseilen*" Abb. 1 u. 2), dann der Knoten für die Umsteigstelle ins Seil geknüpft und in den Karabiner der Verankerung eingehängt. Jetzt kann ganz normal umgestiegen werden. Diese Methode ist zwar zeitaufwändig und wirkt auf den ersten Blick umständlich, hat aber den Vorteil, dass auch ungeübte Personen immer die korrekte Länge der Seilschlinge einbauen können. Vorsicht: der Karabiner der Umsteigstelle steht beim Einbau unter Last und sollte daher nicht all zu fest zugeschraubt werden, sonst bekommt man ihn später nicht mehr auf!

Methoden zur Seilbefestigung

Natürliche Befestigungsmethoden



- **Bäume:** Gesunde und gut verwurzelte Bäume mit ausreichendem Durchmesser (mind. 15 cm) eignen sich hervorragend zur Seilbefestigung (z.B. bei Höhleneingängen). Damit das Seil nicht in die Rinde einschneidet, empfiehlt sich die Verwendung einer Bandschlinge. Hauptverankerungen müssen auch an Bäumen doppelt ausgeführt werden (siehe Abb. rechts).

- **Sanduhren, Felsköpfl:** Es dürfen nur Felsstrukturen aus solidem, nicht verwittertem Gestein verwendet werden, die keinerlei Risse oder Hohlräume aufweisen. Zusätzlich ist der Fels durch Hammerschläge („Klangprobe") auf seine Festigkeit zu prüfen. Sanduhren und Felsköpfl müssen eine durchgehende, rissfreie Verbindung zum Muttergestein haben und sollten einen Durchmesser von 10 cm nicht unterschreiten. Zur Befestigung eignen sich Bandschlingen oder Reepschnüre die so gelegt werden, dass sie sich bei Belastung um den natürlichen Anker festziehen (Abb. rechts). In diese wird dann ein Karabiner und in diesen dann erst das Seil eingehängt. Dabei sollte der Knoten der Bandschlinge oder der Reepschnur nicht am Fels aufliegen, damit er sich nicht von selbst öffnen kann! Bei Felsköpfeln ist außerdem auf die richtige Belastungsrichtung zu achten, damit die Verankerung nicht abrutscht.

  Achtung: Seile niemals direkt in Bandschlingenmaterial oder Reepschnüre knüpfen! Durch die entstehende Reibungswärme schmelzen diese Textilien binnen Sekunden durch!

- **Tropfsteine und Versinterungen:** Selbst wenn diese einen recht soliden Eindruck machen, ist vor einer Verwendung als Verankerung abzuraten, denn Tropfsteine und Sinter sind erstens extrem spröde und können außerdem auf losem Untergrund (Sand, Lehm, Bergmilch…) aufgewachsen sein und bei der ersten Belastung nachgeben.
- **Blöcke, Klemmsteine:** Achtung: auch stabil wirkende, große Steine können unter Belastung plötzlich nachgeben! Bei dieser Art der Verankerung ist deshalb besonders sorgfältig vorzugehen. Um große Blöcke kann das Seil direkt geknüpft werden, bei kleineren Steinen werden Bandschlingen zur Fixierung verwendet.

Technische Befestigungs- (Verankerungs) Methoden

Künstliche Anker bieten bei korrekter Anbringung ein hohes Maß an Haltekraft und dadurch Sicherheit. Ihr Hauptvorteil gegenüber natürlichen Verankerungen liegt darin, dass die Ankerposition flexibler auswählbar ist. Die Anbringung nimmt aber meistens mehr Zeit in Anspruch. Im nächsten Kapitel sind die zur Zeit gängigsten, technischen Verankerungen beschrieben.

Achtung bei bereits vorhandenen Verankerungen: Stößt man bei einer Befahrung auf bereits vorhandene, technische Verankerungen, müssen diese vor ihrer Verwendung bestmöglich überprüft werden. Auf folgende Punkte ist dabei zu achten:

- **Rost**: die Haltekraft kann durch Rost stark beeinträchtigt sein!
- **Material**: Sind Verbiegungen oder gar Risse im Material erkennbar, ist die Verankerung unbrauchbar!
- **Anbringung**: Ist ein Anker nicht korrekt angebracht, darf er ebenfalls nicht verwendet werden.
- **Sitz des Ankers**: Ein Anker darf sich nicht bewegen oder drehen lassen. Beim Festziehen der Schraube muss deutlicher Widerstand auftreten und der Anker darf sich nicht durchdrehen. Verbundanker auch auf Bewegungen in Richtung ihrer Längsachse prüfen!

Geben Verankerungen bei einem dieser Punkte Anlass zu Zweifel, sind sie für eine weitere Verwendung unbrauchbar zu machen (Ein- oder abschlagen, mit Lehm oder Steinen zustopfen...)!

Spit (auch: Kronenbohrdübel)

Spits sind Dübel mit integrierter Bohrkrone und stellen nach wie vor die am häufigsten verwendete, technische Verankerung in der Höhlenforschung dar. Sie können ohne Bohrmaschine von Hand gesetzt werden und sind daher vor allem bei längeren Forschungsfahrten beliebt. Spits finden sich in vertikalen Höhlen auf der ganzen Welt, obgleich sie z.B. im Bergsport mittlerweile abgelehnt werden, da sie aus gehärtetem Stahl gefertigt sind und daher rosten, also im Lauf der Zeit ihre Haltekraft verlieren.

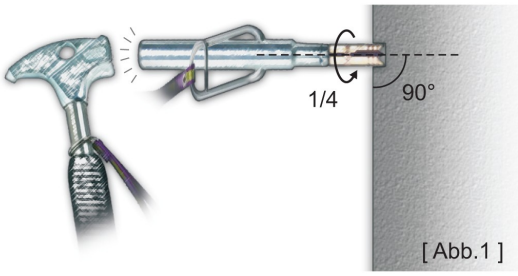
Vorteile: geringes Gewicht, geringer Preis, immun gegen leere Akkus oder stumpfe Bohrer.

Nachteile: nicht CE geprüft, nicht rostfrei – daher begrenzte Einsatzdauer, Bohrlochtiefe entscheidend für die Haltekraft, korrekte Anbringung oder Rosteinwirkung später nur bedingt überprüfbar.

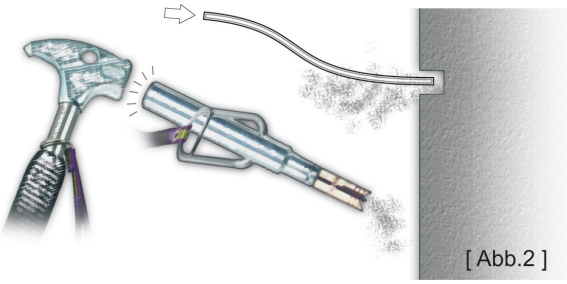
Benötigtes Material: Spit, Spreizkeil, Spitsetzer, Hammer, Schlauch, Lasche mit Schraube.

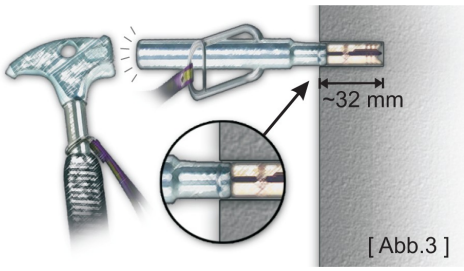
Setzvorgang: Der Spit wird bis zum Anschlag auf das Gewinde des Spitsetzers aufgeschraubt und durch Schläge mit dem Hammer auf dessen hinteres Ende im rechten Winkel in den Felsen getrieben. [Abb.1]. Dabei wird der Spitsetzer im Uhrzeigersinn gedreht, damit die Bohrzacken immer auf unterschiedliche Stellen im Bohrloch zu liegen kommen. Zu Beginn sollte etwas vorsichtiger geschlagen werden, damit weniger Gestein von der Felsoberfläche um das Bohrloch herum abgesprengt wird. In kurzen Abständen muss immer wieder der Bohrstaub aus dem Spit und dem Bohrloch entfernt werden [Abb.2]. Die Bohrlochtiefe beträgt 32 mm und darf nicht überschritten werden, damit nach dem Einschlagen des Spreizkeils der Spit plan mit der Felsoberfläche abschließt. Auf den meisten Spitsetzern ist dazu eine Kerbe an der korrekten Einschlagtiefe angebracht. [Abb.3]. Das fertige Bohrloch wird nochmals gereinigt und der Spreizkeil mit leichten Hammerschlägen in die Krone des Spits eingeklopft, so dass dieser nicht beim Einschlagen in das Bohrloch herausfallen kann. [Abb.4]. Der Spit samt Spreizkeil wird nun fest in das Bohrloch gehämmert, wodurch sich diese im Fels verspreizen. Abschließend wird der Spitsetzer ab- und die Lasche aufgeschraubt. Die Schraube darf dabei nicht zu fest angezogen werden (das Anzugsdrehmoment beträgt nur 15 Nm)!

Achtung: Wird das Loch maschinell gebohrt (Ø 12 mm), muss dieses noch mit dem Spit zu einer zylindrischen Form mit ebenem Boden nachbearbeitet werden, da Bohrer ein Loch mit konischem Boden erzeugen, der Spit jedoch ein Bohrloch mit ebenem Boden als Auflage für den Spreizkeil benötigt!

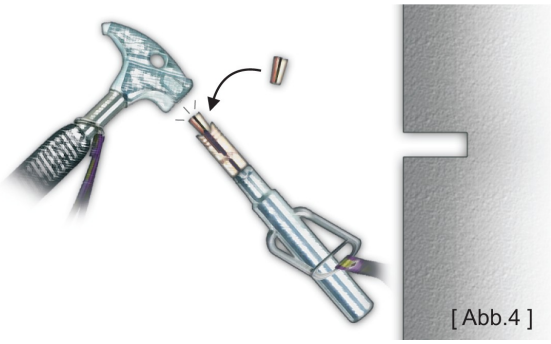


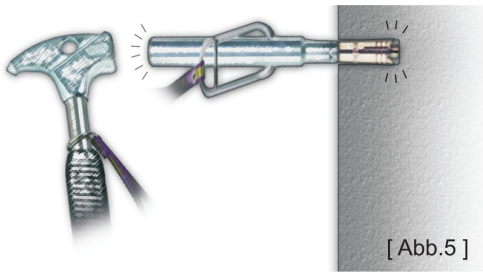
[Abb.1]

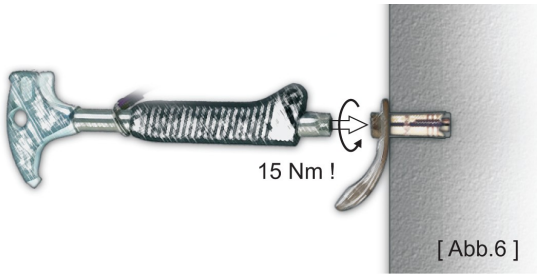

[Abb.2]



[Abb.3]


[Abb.4]


[Abb.5]



[Abb.6]

Bohranker (auch: Durchsteckanker, Schwerlastanker)

Der Bohranker ist ein Edelstahlstift mit Außengewinde und einer Mutter samt Beilagscheibe. Die Spreizwirkung wird durch einen Konus mit Quetschring erzeugt. Bohranker werden in verschiedenen Durchmessern und Längen hergestellt. In Österreich werden meist Bohranker der Marke Hilti (Typ HST bzw. HST-R) in den Größen 8 (Ø mm) oder 10 (Ø mm) verwendet.

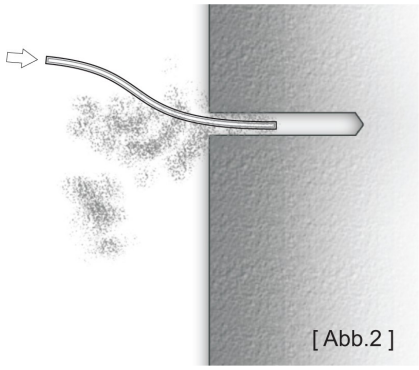
Vorteile: starke Haltekraft die außerdem durch Anziehen der Mutter überprüfbar ist, rostfrei (HST-R), Bohrlochtiefe nicht entscheidend für die Haltekraft, schnelles und kraftsparendes Setzen. CE geprüft.

Nachteile: höhere Anschaffungskosten als beim Spit, kann nur mit Bohrmaschine (=Gewicht) gesetzt werden.

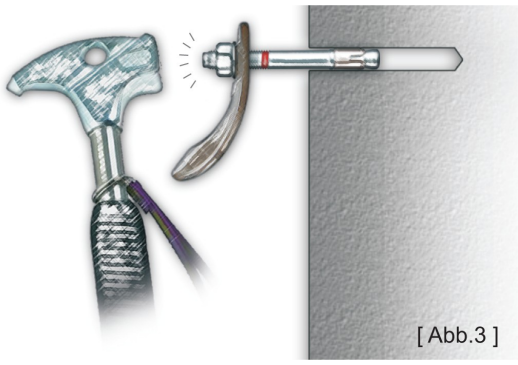
[Abb.1]

Benötigtes Material: Bohranker, Bohrmaschine, Bohrer (Ø 8 oder 10 mm), Hammer, Schlauch, Lasche ohne Schraube (siehe: Tipps).

Setzvorgang: Gebohrt wird mit einem Akku-Bohrhammer im rechten Winkel zur Felsoberfläche, wobei die ersten mm vorsichtig und langsam gebohrt werden, damit weniger Gestein von der Felsoberfläche um das Bohrloch herum abgesprengt wird [Abb.1]. Die Bohrtiefe entspricht mindestens der Länge des Bohrankers, kann aber auch tiefer sein, wenn der Anker später versenkt werden soll. Der Bohrstaub wird aus dem fertigen Loch mit einem Schlauch ausgeblasen [Abb.2]. Nun wird der Anker samt aufgeschraubter Lasche in das Bohrloch geschlagen, die Mutter sollte sich dabei am Schluss nur wenige mm vor dem Gewindeende befinden und die Lasche sollte plan am Felsen aufliegen [Abb.3]. Beim Einschlagen ist darauf zu achten, dass nicht auf die Mutter geschlagen und das Gewinde beschädigt wird. Mit dem Stiel des Hammers oder mit einem 13er Schraubenschlüssel wird nun die Mutter festgezogen, bis deutlicher Widerstand zu spüren ist, dann hat sich der Quetschring über den Konus geschoben und der Anker ist fixiert.


[Abb.2]

Ein Bohranker kann deutlich stärker festgezogen werden als ein Spit. Das Anzugsdrehmoment beträgt 25 Nm bei 8 mm Ankern und 45 Nm bei 10 mm Ankern.


[Abb.3]

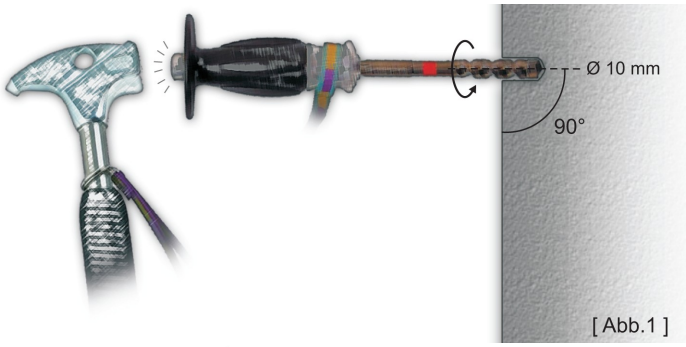
Achtung: Kommt beim Festschrauben die farbige Markierung am Gewinde zum Vorschein, oder dreht sich der Anker durch, ist die Verankerung unbrauchbar! Der Quetschring hat sich nicht verspreizt: der Anker darf nicht verwendet und sollte unbrauchbar gemacht werden (Abschlagen oder versenken).

Tipps: Die Laschen können schon vor der Befahrung auf den Bohranker geschraubt und mit Karabiner versehen werden, dann entfällt lästiges Hantieren im Schacht. Beim Schachtausbau bleibt die Mutter und die Beilagscheibe am Bohranker für zukünftige Befahrungen.

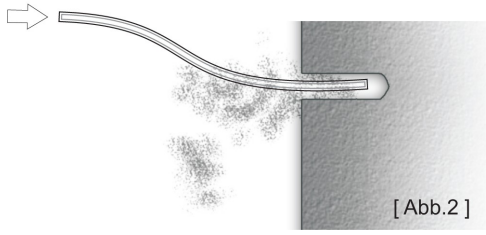
[Abb.4]

HKD (Hilti)

Der HKD(-S) ist ein Bohrdübel aus rostfreiem Stahl mit integriertem Spreizkeil. Der HKD findet in der Größe M8x30 (Ø 10 mm, Länge 30 mm) Verwendung in der Höhlenforschung da er für die gleichen Schrauben (M8) wird der Spit geeignet ist. Das Bohrloch (Ø 10 mm) kann sowohl von Hand (z.B. mit Petzl Rocpec) als auch mit Bohrmaschine gebohrt werden.



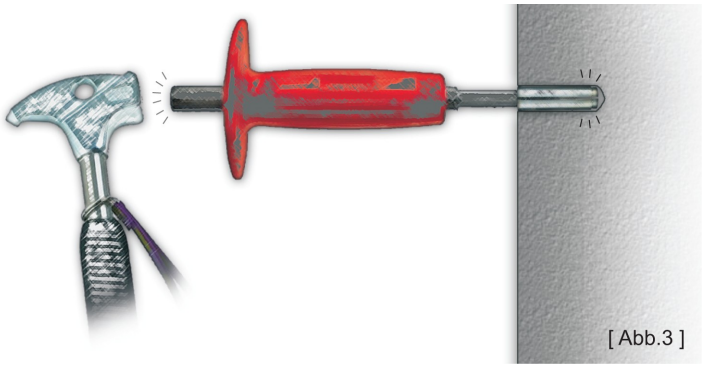
[Abb.1]


[Abb.2]

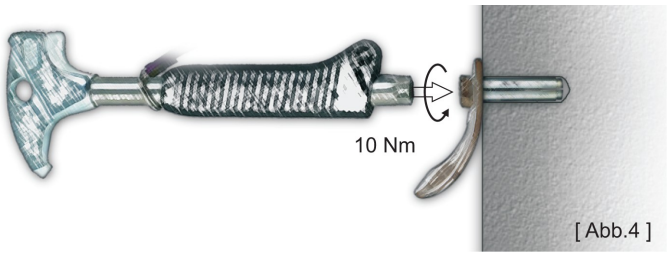
Vorteile: Geringes Gewicht wenn von Hand gesetzt, geringe Anschaffungskosten, im Gegensatz zum Spit wird der Dübel nicht durch den Setzvorgang vorbelastet. Rostfrei. CE geprüft.

Nachteile: Kann durch zu festes Anziehen der Schraube leicht überdreht werden. (Anzugsdrehmoment nur 10 Nm!) Benötigt eigenes Setzwerkzeug und einen Splintentreiber (=zusätzliches Gewicht).

Benötigtes Material: HKD-Dübel, Petzl-Rocpec oder Bohrmaschine, Bohrer (Ø 10 mm), Splintentreiber, Hammer, Schlauch, Lasche mit Schraube.


[Abb.3]

Setzvorgang: Das Bohrloch für den HKD kann sowohl von Hand mit einem Rockpecker, als auch maschinell gebohrt werden und muss wie bei den anderen Ankern einen rechten Winkel zur Felsoberfläche bilden. Der Bohrlochdurchmesser beträgt 10 mm bei einer Bohrlochtiefe von 30 mm [Abb.1]. Ein zu tiefes Bohrloch ist nicht so gravierend wie beim Spit, da der HKD einen innenliegenden Spreizkeil (Splint) besitzt und manche Modelle sogar einen vorstehenden Rand als Anschlag haben. Dennoch ist ein genaues Bohrloch von Vorteil, denn der HKD rutscht beim Einschlagen in zu tiefe Bohrlöcher manchmal trotz Rand zu weit hinein, wodurch dann die Schraube nicht mehr auf ihrer ganzen Gewindelänge greifen kann. Das fertige Bohrloch wird mit einem Schlauch ausgeblasen [Abb.2], dann kann der Dübel eingesetzt werden. Jetzt wird der Splintentreiber (keine Eigenbauten, nur Originalwerkzeug verwenden!) auf den Spreizkeil (dieser befindet sich hinter dem Gewinde) gesetzt und mit kräftigen Hammerschlägen nach innen getrieben, wodurch sich der HKD im Bohrloch verspreizt [Abb.3]. Hierbei ist darauf zu achten, nicht versehntlich mit dem Splintentreiber auf das Gewinde zu schlagen. Abschließend wird die Lasche mit einem Anzugsdrehmoment von 10 Nm festgezogen [Abb.4].



[Abb.4]

Achtung: Es gelten die selben Setzkriterien wie beim Spit: Der Dübel muss plan mit dem Felsen abschließen und darf nicht im Bohrloch „versinken". Ebenso wenig darf der HKD hervorstehen, die Lasche muss am Felsen aufliegen. Achtung vor einem Überdrehen der Schraube!

Tipp: Um nicht versehentlich zu tief zu bohren, kann die Bohrlochtiefe von 30 mm am Bohrer mit einem farbigen Klebeband markiert werden.

Verbundanker (auch: Klebeanker)

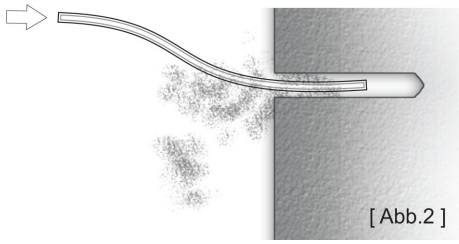
Verbundanker werden, wie der Name schon vermuten lässt, im Bohrloch eingeklebt. Sie weisen nicht nur sehr hohe Haltekräfte (meistens > 20 kN) auf, sondern sind auch sehr unempfindlich gegen Korrosion, da der Klebstoff das Bohrloch versiegelt. Daher werden sie gerne für Langzeiteinbauten verwendet. Verbundanker finden auch verbreitet Anwendung im Bergsport.

Anker zum Einkleben werden von mehreren Herstellern und in den verschiedensten Ausführungen und Dimensionen angeboten. Gebräuchlich ist z.B. der *Collinox* von Petzl (Abb. links) mit fertigem Ring. Auch verwendet werden so genannte „Ankerstangen" wie der *HAS-TZ* von Hilti, auf die wie beim Bohranker eine Lasche geschraubt wird.

[Abb.1]

Vorteile: Sehr hohe Haltekräfte, lange Einsatzdauer, geprüftes Material.

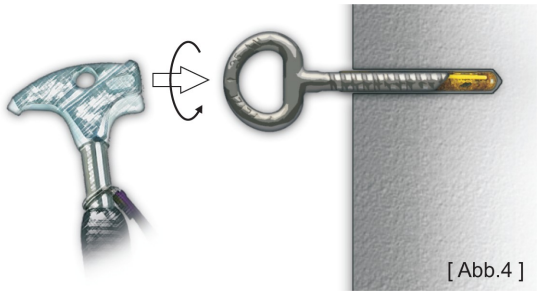
Nachteile: Klebeanker können nicht sofort nach ihrer Anbringung verwendet werden, da der Klebstoff je nach Marke und Temperatur zwischen 2 und 48 Stunden aushärten muss. Verbundanker sind vergleichsweise teuer, aber in oft befahrenen Schächten eine gute Investition!


[Abb.2]

Benötigtes Material: Anker, Klebepatrone (z.B. Petzl *Ampoule Collinox*), Bohrmaschine, Bohrer, Hammer, Schlauch.

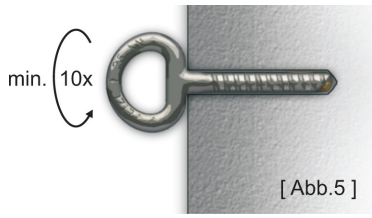
Setzvorgang: Das Bohrloch wird mit der Bohrmaschine im rechten Winkel zur Felsoberfläche gebohrt, die Bohrtiefe entspricht der Länge des Ankerschaftes. [Abb.1] Der Bohrdurchmesser ist etwas größer als der des Ankers. Bei einem *Collinox* mit einem Durchmesser von 10 mm zum Beispiel wird ein 12 mm Bohrloch benötigt. Dazu die Angaben des Herstellers genau beachten! Das fertige Bohrloch wird mit einer kleinen Bürste gereinigt mit einem Schlauch ausgeblasen. [Abb.2] Die Klebepatrone wird in das Bohrloch eingeführt und mit dem Hammer angebrochen. [Abb.3] Danach wird der Anker durch Schlagen und Drehen in das mit Klebstoff gefüllte Loch versenkt. [Abb.4] Nun muss der Anker noch mehrere Male (min. 10x) gedreht werden, damit sich die Klebemasse gut zwischen Anker und Felsen verteilt. [Abb.5] Aus dem Bohrloch austretender Klebstoff kann entfernt werden.

[Abb.3]


[Abb.4]

Je nach Marke und Temperatur muss der Klebstoff nun mehrere Stunden aushärten, bevor der Anker belastet werden darf. Auch hier sind die Angaben des Herstellers genau zu beachten!

Achtung: Das Bohrloch für Verbundanker ist besonders sorgfältig vom Bohrstaub zu reinigen (mit Bürste und Schlauch), da schon geringe Reste die Haltekraft stark reduzieren können. Es ist auch darauf zu achten, dass kein Wasser in das Bohrloch gelangt (vor dem Ausblasen also nochmal runterschlucken :)



[Abb.5]

Felshaken

Siehe dazu auch Merkblatt A14. Felshaken werden in der Höhlenforschung nur selten verwendet, weil sie aus mehreren Gründen keine zuverlässigen Verankerungen für die Schachtbefahrung darstellen. Es gibt allerdings Situationen, in denen schnell und ohne großen Aufwand eine halbwegs annehmbare Verankerung benötigt wird, hierzu ist es nützlich ein wenig über Felshaken zu wissen (und im Bedarfsfall einen dabei zu haben).

Felshaken werden mit Hammerschlägen in Risse und Spalten getrieben und es gibt sie in den unterschiedlichsten Formen (Drehmomenthaken=Universalhaken [Abb.links], Querhaken, Winkelhaken, Profilhaken, Längshaken und Ringhaken), in verschiedenen Größen und aus unterschiedlichen Materialien (Weichstahl, Hartstahl, Titan). Ihnen allen gemein ist, dass sie ihre Haltekraft durch Reibung mit der Felsoberfläche erzeugen. Diese kann durch mehrere Faktoren erhöht werden: passende Risse verwenden, die den eingeschlagenen Haken von allen Seiten fest umschließen. Den Haken bis zur Öse einschlagen, damit bei Belastung keine Hebelwirkung entsteht. Die Hakenform und Setzrichtung so wählen, dass die Öse bei Belastung eine Drehwirkung auf den Haken ausübt.

Achtung: Größte Vorsicht ist bei bereits vorhandenen Felshaken in Höhlen geboten: bei eingeschlagenen Haken ist weder die Form noch die Länge des Schaftes erkennbar. Auch von außen scheinbar intakte Haken können im Felsen bereits gänzlich ver- oder gar abgerostet sein!

Informationen zu Akku-Bohrhämmern

Moderne Geräte sind trotz guter Akkuleistung (über 3 Ah) bereits sehr leicht (unter 2,5 kg), daher werden sie immer öfter auch bei Forschungsfahrten verwendet, da das Anbringen von Verankerungen mit ihnen Zeit und Kraft spart. Mit einem Akku lassen sich je nach Gerät zwischen 10 und 20 Bohrlöcher erstellen.

Bohrmaschinen sind zwar sehr robust, sollten aber vor Nässe und Schlägen geschützt transportiert werden. Hierzu werden meist selbstgemachte Schutzhüllen aus Plastik oder Neopren verwendet, auch das Einwickeln in Frischhaltefolie hat sich bewährt.

Bohrmaschinen müssen in Schächten wie jedes andere Material auch gesichert sein, meist werden sie beim Einbau an Bandschlingen um die Schulter getragen, zum Transport sollten sie mit stoßdämpfendem Material umwickelt im Schleifsack verstaut werden.

Brauch- und leistbare Akku-Bohrhämmer werden von mehreren Herstellern angeboten, die derzeit gängigsten sind: Panasonic, Hilti und Makita [Abbildungen rechts].

Tipp: immer einen Ersatzbohrer für die geplanten Einbauten (8 oder 10 mm) mitnehmen. Nichts ist ärgerlicher, als eine Tour wegen einer Kleinigkeit wie einem verlorenen oder stumpfen Bohrer abbrechen zu müssen.

Tipp: Die Kontakte von Ersatzakkus mit Isolierband abkleben, damit diese beim Transport im Schleifsack vor Kurzschluss und Entladung geschützt sind.

Langzeiteinbauten

Sollen Schachteinbauten für längere Zeit in der Höhle verbleiben, sind einige zusätzliche Faktoren zu bedenken, die hier kurz beschrieben werden.

Seile: Grundsätzlich schadet es Seilen nicht, wenn sie über einen längeren Zeitraum eingebaut bleiben, sie sollten allerdings nicht in der Nähe von fließendem Wasser hängen, da sich das Seil durch die ständigen Bewegungen an Scheuerstellen abwetzen kann. Noch gefährlicher sind diese Dauerbewegungen an Laschen und Karabinern, die sich innerhalb weniger Monate sogar gänzlich durchscheuern können! Eis kann Seile ebenfalls stark beschädigen, daher müssen Stellen, an denen Wasser im Winter gefrieren kann, unbedingt vermieden werden. In Schächten ohne Umsteigstellen können Seile aufgeschossen und an den obersten Anker gehängt werden.

Laschen: Für Langzeiteinbauten sollten nur Stahllaschen verwendet werden, denn an Aluminiumlaschen tritt bereits nach wenigen Wochen die so genannte *Kontaktkorrosion* ein, die durch einen Potentialunterschied in der Spannungsreihe zwischen den verschiedenen Metallen (Schraube=Edelstahl, Lasche=Aluminium) entsteht. Dabei fließen Elektronen aus dem Aluminium (Anode) in Richtung des Stahls (Katode) und die Lasche korrodiert (rostet) an den Kontaktstellen. Dieser Vorgang wird durch Wasser (Elektrolyt) und die ständige Feuchtigkeit in Höhlen noch beschleunigt.

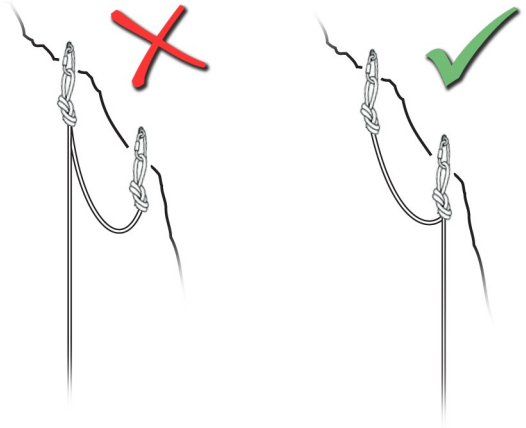
Stahllasche

Karabiner: Neben dem oben beschriebenen Problem des Durchscheuerns, können auch Karabiner von Kontaktkorrosion betroffen sein. Für Langzeiteinbauten empfiehlt sich daher die Verwendung von Stahlschraubgliedern (Ø mind. 8 mm).

Sturzfaktor

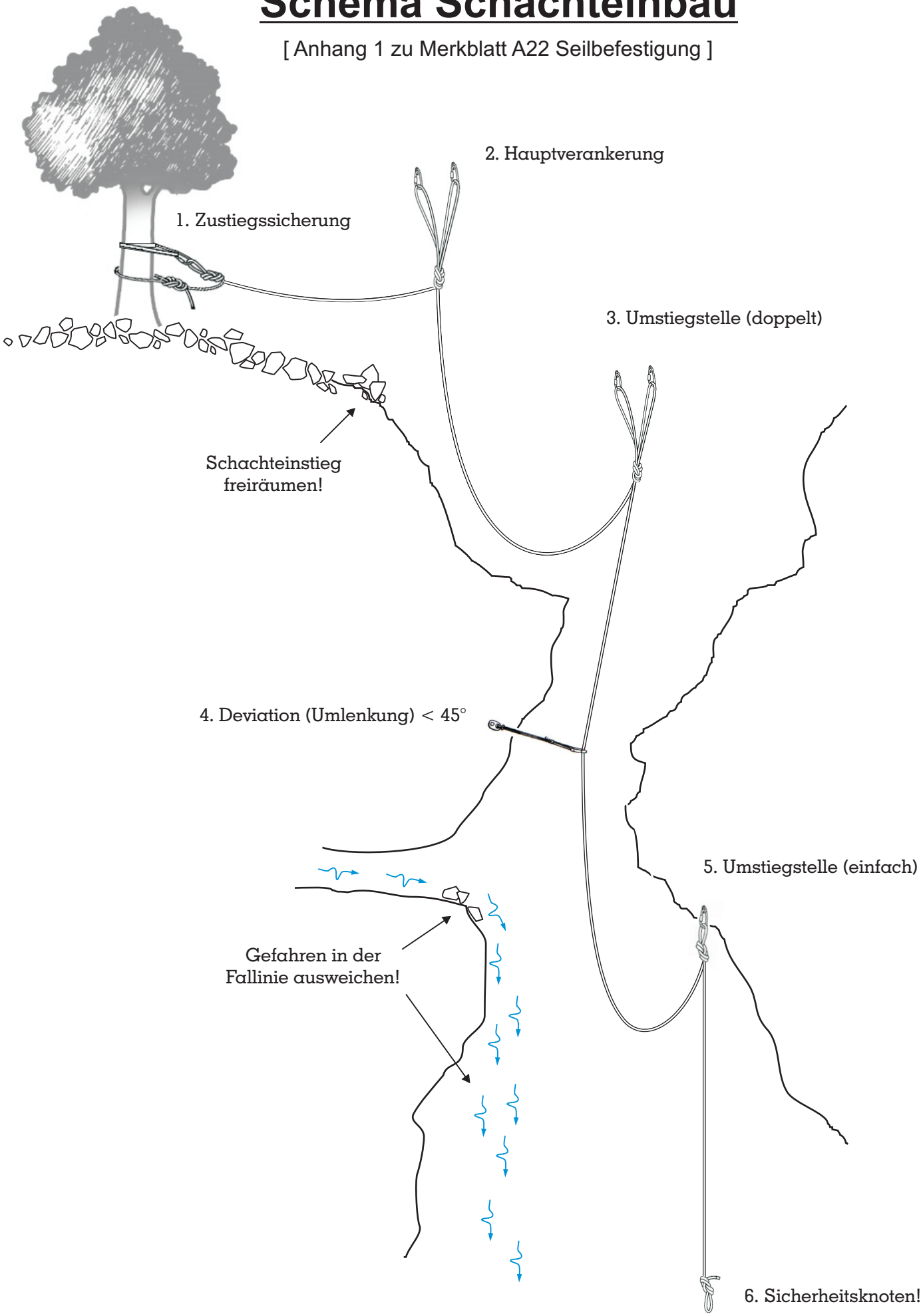
Der Sturzfaktor ist ein Maß für die auftretenden Kräfte, die bei einem Sturz ins Seil, bzw. dem Bruch einer Zwischenverankerung entstehen. Der Sturzfaktor ist eine dimensionslose Zahl zwischen 0 und 2 und errechnet sich aus der Fallhöhe, geteilt durch die Länge des Seiles, das den Sturz aufnimmt. Anders ausgedrückt: je länger das den Sturz auffangende Seil und je geringer die Sturzhöhe, desto keiner ist der Sturzfaktor und damit die Belastung auf Körper und Verankerung.

Ein Beispiel: bei einem Sturz von 3 Metern in ein 6 Meter langes Seil, ergibt sich ein Sturzfaktor von 0,5. Höhlenseile (Statikseile) müssen einen Sturzfaktor von 1 aushalten. Dies ist auch der maximal mögliche Sturzfaktor in der Einseiltechnik, da, anders als beim Klettern, der Punkt an dem das Seil verankert ist niemals überstiegen wird und daher die Sturzhöhe nicht größer sein kann, als das abfangende Seil. Schachteinbauten müssen allerdings so vorgenommen werden, dass der Sturzfaktor möglichst gering gehalten wird! Bei der Wahl der Ankerposition ist daher immer darauf zu achten, dass bei einem möglichen Bruch dieser Verankerung, das auffangende Seil länger ist, als die Sturzhöhe!



Schema Schachteinbau

[Anhang 1 zu Merkblatt A22 Seilbefestigung]



© Verband Österreichischer Höhlenforscher