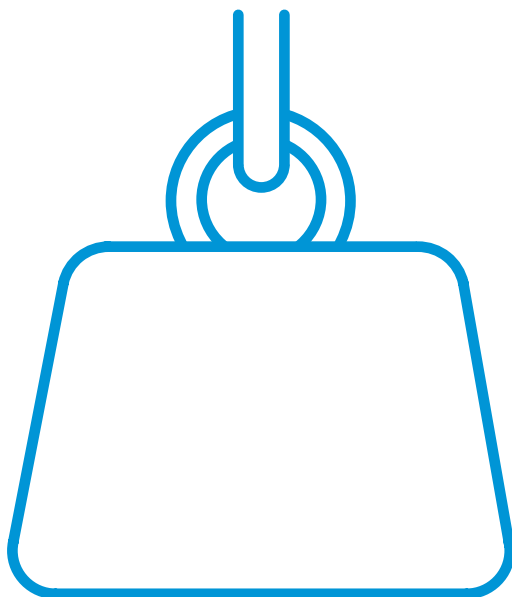


Handbuch Pionier

Heben, Verschieben und Sichern von Lasten



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS

Impressum

Herausgegeben vom
Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)
Geschäftsbereich Zivilschutz und Ausbildung

Version 2025-07

Inhaltsverzeichnis

5 Allgemeine Übersicht

5 Auftrag und Einsatz

6 Grundsysteme

6 Verschieben von Lasten
(Bodenzug)

6 Heben von Lasten

6 Kombiniertes Heben und
Verschieben von Lasten

7 Einsatzprozess für
das Bewegen von Lasten

8 Sicherheit

8 Sicherheitsvorschriften VSZS

8 Erläuterung Schleuderbereich:

10 Weitere Sicherheitsregeln

11 Verankerungen

11 Allgemeines

11 Geplante Verankerungen

11 Improvisierte Verankerungen

12 Redundantes

Verankerungssystem

12 Versagen von Verankerungen

13 Betonanker

13 Allgemeine Grundsätze

14 Beispiele

16 Beispiele aus der Praxis

16 Erdverankerungen

16 Allgemeine Grundsätze

18 Stabanker

22 Totmannanker

23 Drehplattenanker

24 Baumverankerungen

26 Verankerungen an grossen Steinen

27 Improvisierte Verankerungen an Bauwerken

27 Allgemeines

28 Schachtverankerung

29 Querriegelverankerung

30 Verbindungsmittel und -elemente

30 Belastung

30 Einfluss von Winkeln

32 Scharfe Kanten

33 Rundschlingen und
Hebebänder

35 Schäkel

36 Drahtseile

38 Faserseile

40 Knoten und Bündel für Hilfs-
konstruktionen und Material

44 Zurrgurte

45 Bewegen von Lasten mit Seilzuggeräten

45 Portable Seilzuggeräte

45 Vor- und Nachteile von tragbaren Seilzuggeräten

47 Flaschenzugsysteme

47 Einfache Flaschenzüge für Seilzuggeräte

47 Umlenkrollen

48 Ziehen von Lasten (Bodenzug)

48 Haftreibung und Gleitreibung

49 Rollreibung

51 Heben und Verschieben von Lasten mit Drei- oder Zweibeinen

51 Dimensionierung von Stützen aus Rund- oder Kantholz

52 Improvisiertes Dreibein

57 Improvisiertes Zweibein

58 Heben und Verschieben von Lasten mit einem improvisierten Zweibein-Kran

62 Anschlagen des Zuggeräts am improvisierten Drei- / Zweibein

64 Dimensionierung der Ausleger

64 Heben von Lasten mit improvisierten Auslegern

64 Einsatzmöglichkeiten

64 Ausleger aus Holz

66 Ausleger aus Gerüstrohren

67 Bewegen von Lasten mit Hebegeräten

67 Hebegeräte

67 Heben mit dem Hebeisen

69 Regeln für den Einsatz

69 Allgemeines

69 Einseitiges Anheben von Objekten

71 Heben mit Hebekissen

Allgemeine Übersicht

Die in diesem Kapitel aufgeführten Informationen gelten grundsätzlich nur für das Heben, Verschieben und Sichern von Material oder Objekten und nicht von Personen.

Auftrag und Einsatz

Im Katastrophenfall können professionelle, leistungsfähige Mittel (Bagger, Krane, Teleskoplader, schwere Seilwinden usw.) aufgrund der Zugänglichkeit oder der speziellen Lage oft nicht oder nicht zeitgerecht eingesetzt werden. Bei Retungen aus Trümmerlagen oder bei Sicherungs- und Instandstellungsarbeiten müssen Pioniere deshalb in der Lage sein, Lasten selbstständig mit einer einfachen, tragbaren Ausrüstung anzuheben, zu verschieben und zu sichern.

Diese Leistung muss teilweise unter schwierigen Bedingungen (Tageszeit, Wetter, Zugänglichkeit, Infrastruktur) und mit improvisierten Methoden erbracht werden können. Sie gehört zu den Kernkompetenzen des Zivilschutzes.

Wenn es die Verhältnisse zulassen, sollen zum Heben, Verschieben und Sichern von Lasten immer leistungsfähigere, durch professionelles Personal bediente Gerätschaften eingesetzt werden. Das ist wesentlich sicherer, ergonomischer und effizienter als der Einsatz von Milizpersonen mit einfacher Ausrüstung.

Grundsysteme

Verschieben von Lasten (Bodenzug)

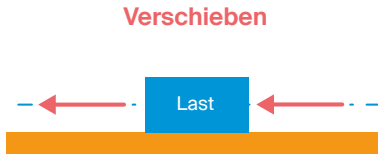


Abb. 1: Verschieben von Lasten (BABS)

- Ziehen mit Hand- oder Motorseilzügen
- Stossen mit mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Hebegeräten

Heben von Lasten

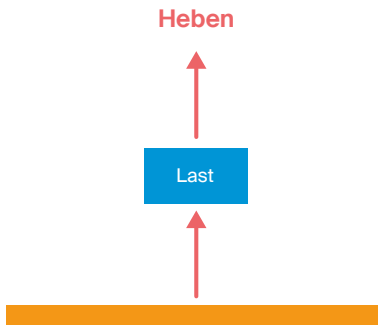


Abb. 2: Heben von Lasten (BABS)

- Hochziehen mit Seilzügen bzw. Seilwinden oder Dreibeinen
- Heben mit mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Hebegeräten

Kombiniertes Heben und Verschieben von Lasten

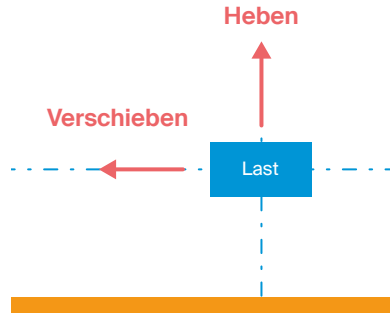


Abb. 3: Heben und Verschieben von Lasten (BABS)

- Heben und Verschieben kombiniert mit Seilzügen bzw. Seilwinden und einem Zweibein-Kran
- Heben und Verschieben kombiniert mit einem Portalkran

Einsatzprozess für das Bewegen von Lasten

Situation beurteilen

- Last und erforderliche Zug- bzw. Hebekraft abschätzen bzw. berechnen
 - Schwer- und Drehpunkt der Last abschätzen
 - Zielort und Zugdistanz bzw. Hubhöhe festhalten
 - Mögliche Ankerpunkte und Auflager suchen und beurteilen
 - Umgebung beurteilen (Untergrund, Neigung, Objekte usw.)
 - Verfügbare Mittel beurteilen
-

Lösungsmöglichkeiten prüfen und Lösung festlegen

- Zug- bzw. Hebesystem definieren
 - Ankerpunkte für die Zuggeräte bzw. Position der Hebegeräte festlegen
 - Lastanschlag definieren
 - Abstützung definieren
 - Hilfskonstruktionen planen
 - Skizze und Materialliste erstellen
-

System aufbauen

- Verankerungen und Hilfskonstruktionen erstellen
 - Seile auslegen
 - Last, Umlenkrollen und Seilzuggerät anschlagen bzw. Hebegeräte positionieren
 - Abstützmaterial bereitlegen
 - Sicherheitscheck durchführen
-

Last bewegen

- Nur ein/e Chef/in kommandiert
 - Wenn nötig eine/n zusätzliche/n Chef/in Sicherheit bestimmen
 - Nur erforderliche Bedienpersonen befinden sich im Gefahrenbereich
 - Die Last ist immer gesichert
 - Zug- bzw. Hebesystem und Bewegungen der Last laufend beobachten
 - Bei ungewollten Bewegungen oder Problemen STOP – alle Aktivitäten werden eingestellt.
Situation aus sicherer Distanz überprüfen und das System allenfalls anpassen
-

Tab. 1: Erläuterung des Ablaufs für das Bewegen von Lasten

Sicherheit

Sicherheitsvorschriften VSZS

Auszug aus den «Weisungen des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz über die Sicherheitsvorschriften im Zivilschutz» (Stand 01.03.2020).

Art. 43 Heben, Verschieben und Sichern

¹ Beim Anheben von Lasten mit Hebern, Hebekissen und anderen Geräten muss die Last laufend durch Unterbauten gesichert werden.

² Es ist verboten, unter und auf angehobenen, nicht unterbauten Lasten zu arbeiten.

³ Im Schleuderbereich von Seilen darf sich nur Bedienpersonal aufhalten. Werden Zugseile umgelenkt, ist der Aufenthalt im Seilwinkel verboten.

Erläuterung Schleuderbereich:

Alle Seile (auch «statische» Drahtseile) verhalten sich bei Belastung elastisch. Sie werden wie eine Feder vorgespannt und die Energie wird gespeichert. Beim Versagen eines Elements (Verankerung, Seil, Verbindungselement) wird diese Energie explosionsartig freigesetzt. Bei grossen Zugkräften können Seile oder Verankerungsmaterial über weite Strecken geschleudert werden und schwere Unfälle verursachen.

Faustregel: Der Schleuderbereich umfasst die Kreisflächen rund um jeden Verankerungspunkt. Der Radius entspricht der längsten Seilstrecke. Der Sicherheitsabstand für Personen umfasst den 1.5-fachen Radius.

Am gefährlichsten ist die Zone im Seilinnenwinkel. Auf die Umlenkung kann die doppelte Zugkraft einwirken. Dementsprechend gross ist die Schleuderenergie bei einem Versagen des Umlenkpunktes.

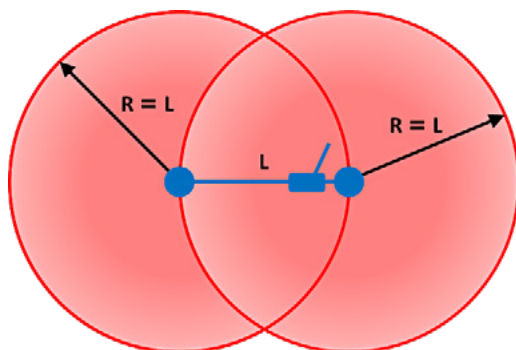


Abb. 4: Schleuderbereich bei einem direkten Seilzug

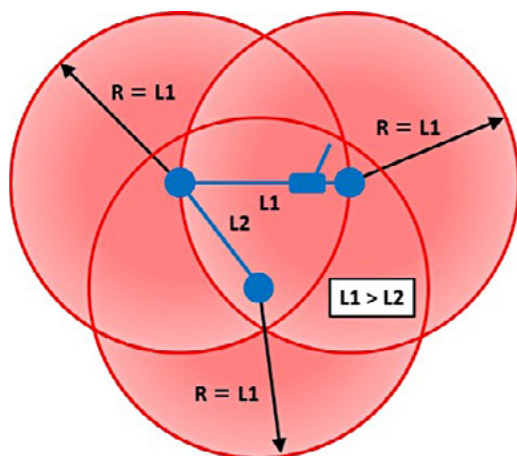


Abb. 5: Schleuderbereich bei einem umgelenkten Seilzug

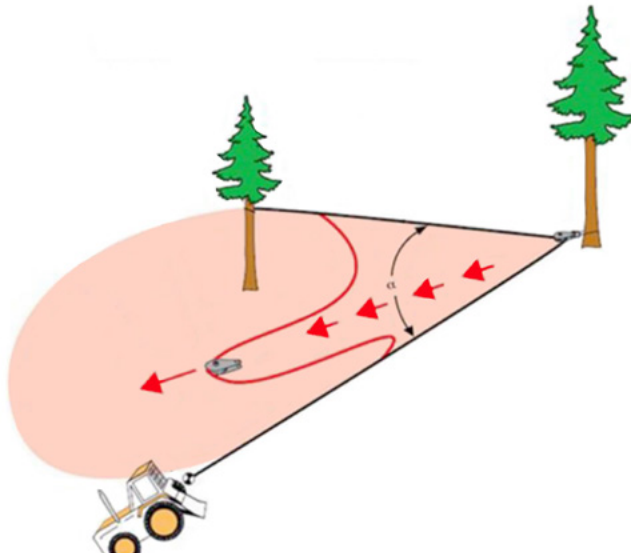


Abb. 6: Gefahr durch die Umlenkrolle im Seilinnenwinkel

Weitere Sicherheitsregeln

- Es ist verboten, beschädigtes Hebezeug (Zug- und Hebegeräte, Seile, Verbindungsmittel oder Verbindungselemente) einzusetzen.
- Lasten dürfen sich nie ungewollt oder unkontrolliert bewegen. Sie müssen immer gesichert sein.
- Es ist verboten, mit dem Vorschlaghammer oder ähnlichen Werkzeugen den Rundschlag anzuwenden.

Zusätzliche Sicherheitsregeln werden in den einzelnen Kapiteln aufgeführt.

Verankerungen

Im Einsatz müssen für das Anschlagen von Zuggeräten und Lasten oder für das Sichern von Geräten und Konstruktionen genügend feste Verankerungen eingerichtet werden können. Die Verhältnisse und Verankerungsmöglichkeiten an der Einsatzstelle sind meist im Voraus unbekannt. Zustand, Qualität und Festigkeit der vorhandenen Verankerungspunkte können folglich oft nur abgeschätzt werden.

Allgemeines

Geplante Verankerungen

- Geprüfte Verankerungsmittel, welche auf dem Markt als Handelsware erhältlich sind. Sie müssen durch den/die Anwender/-in nach den Vorschriften des Herstellers montiert und eingesetzt werden.
- Verankerungen, welche durch eine/n Fachspezialistin/Fachspezialisten (evtl. direkt vor Ort) geplant, bemessen und kontrolliert werden.

Für die Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit ist der Hersteller verantwortlich. Kommerzielle oder geplante Verankerungen sind immer dann erforderlich, wenn sie über längere Zeit genutzt bzw. belastet werden (insbesondere noch nach dem Einsatz). Solche Verankerungen haben baulichen Charakter und müssen den geltenden Normen entsprechen.

Improvisierte Verankerungen

- Kommerzielle oder geplante Verankerungen (z. B. Betonanker), bei welchen die Hersteller-vorschriften nicht nachweisbar eingehalten werden können (z. B. unbekannte Betonqualität).
- Behelfsmässig erstellte Verankerungen, welche nicht durch eine Fachperson bemessen wurden.

Die Festigkeit improvisierter Verankerungen muss eher pessimistisch eingeschätzt werden. Sie dürfen grundsätzlich nur temporär im Rahmen des Einsatzes verwendet werden und müssen am Ende des Einsatzes wieder entfernt werden.

Redundantes Verankerungssystem

Im Fall von schwachen oder schlecht beurteilbaren Ankerpunkten ist es empfehlenswert, die Last nicht nur auf einen einzelnen Ankerpunkt, sondern auf mehrere, miteinander kraftschlüssig verbundene Ankerpunkte zu verteilen. Fällt ein einzelner Ankerpunkt aus, kommt es nicht zu einem Totalversagen, sondern die verbleibenden Punkte tragen die Last. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Verbindungsmittel zwischen den Punkten sowie der Endanschlagpunkt genügend stark sind.

Versagen von Verankerungen

Anker können ohne Vorwarnung schlagartig (z. B. Betonanker) oder langsam (z. B. Erdverankerungen) versagen. Bei schlagartigem Versagen ist die Reaktionszeit zu kurz, um sich noch in Sicherheit bringen zu können. Bei langsamem Versagen steht dafür meist noch genügend Zeit zur Verfügung.

Verankerungen dürfen nie über die zulässige Belastung hinaus (Herstellerangabe) oder gar bis zum Bruch belastet werden. Es muss immer genügend Sicherheit eingeplant werden. Im Zweifelsfall sollten redundante Verankerungssysteme eingesetzt werden.

Betonanker

Allgemeine Grundsätze

Beim Einsatz von Betonankern müssen die Herstellervorschriften eingehalten werden. Die erforderliche Betonqualität wird vom Hersteller vorgeschrieben.

Faustregel: Ist die Betonqualität nicht bekannt, kann davon ausgegangen werden, dass kompakter, gesunder Beton in der Schweiz mindestens der Druckfestigkeitsklasse C20/25 entspricht.

Im Einsatz muss immer von gerissem Beton ausgegangen werden. Es dürfen deshalb nur Betonanker eingesetzt werden, welche für diese Art von Beton zugelassen sind. Ein Problem stellt junger, noch nicht ausgehärteter (< 28 Tage) Beton dar. Viele Betonanker sind dafür nicht zugelassen, da die Festigkeit stark reduziert ist.

Betonanker können grundsätzlich auch bei hartem, kompaktem Fels (Kalkstein, Granit, Gneis usw.) eingesetzt werden. Bei weichem oder brüchigem Fels (Sandstein, Schiefer usw.) ist grösste Vorsicht geboten, da die Festigkeit eines Betonankers bis auf null abnehmen kann. Wenn überhaupt, sollte man lange Anker mit grossem Durchmesser wählen, tief verankern und Fachspezialist:innen/Fachspezialisten beiziehen.

Werden Betonanker über längere Zeit im Aussenbereich oder in feuchten Zonen eingesetzt, müssen sie dafür zugelassen sein. Zu beachten ist ebenfalls, dass die meisten Betonanker für ruhende Lasten konzipiert sind.

Bei aussergewöhnlichen Belastungen (z. B. grosse Schockbelastung, Vibrationen) muss bei der Ankerwahl eine Fachperson beigezogen werden.

Betonanker können auf folgende Arten versagen:

- Stahlversagen des Ankers
- Betonausbruch
- Spalten des Betons
- Herausziehen des Ankers

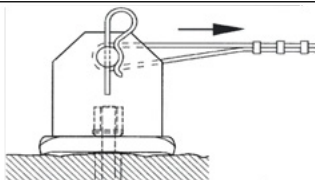
Beispiele

Typ Spreizanker

Durch das Aufspreizen und Anpressen des Spreizelements werden die Zugkräfte durch Reibung aufgenommen.

Betonanker 5 t Zivilschutz

- Für sehr grosse Lasten bis 5 t
- Zum Anschlagen von Zug- und Hebegegeräten



Vorteile

- Gesamtsystem mit verschiedenen langen Ankerstäben, einer Ankerplatte und einer Gegenplatte
- Das Bohrloch mit Spreizanker kann wiederverwendet werden
- Keine Betonqualität vorgeschrieben

Nachteile

- Grosser Bohrlochdurchmesser = schwere Bohrgeräte erforderlich
- Grosse Spreizkräfte auf die Bohrlochwand
- Erforderliche Bauteildicke > 20 cm
- Grosse Rand- und Achsabstände
- Drehmoment muss eingehalten werden (Drehmomentschlüssel)

Durchsteckanker mit Aussengewinde

- Oft verwendeter Betonanker aus dem Bausektor
- Für mittlere Lasten
- Auch zur Absturzsicherung und Rettung (ab 12 mm Durchmesser)



Vorteile

- Einfache Montage
- Durchsteckbar durch Anbauteile
- Kleiner Bohrlochdurchmesser

Nachteile

- Grosse Spreizkräfte auf die Bohrlochwand
- Drehmoment muss eingehalten werden (Drehmomentschlüssel)

Kompaktdübel mit Innengewinde

- Aus dem Bausektor
- Für kleine Lasten
- Befestigen von Geräten (z. B. Kernbohrgerät)
- Nie für Personen verwenden (Absturzsicherung / Rettung)



Vorteile

- Einfache Montage
- Kleine Setztiefe = auch bei geringer Bauteildicke einsetzbar
- Kein Drehmoment erforderlich


Nachteile

- Spezielles Setzwerkzeug erforderlich
- Spreizkräfte auf die Bohrlochwand

Typ Schraubanker

Beim Eindrehen schneidet sich das Gewinde in den Beton und die Zugkräfte werden durch Formschluss aufgenommen.

Schraubanker (Betonschraube)

<ul style="list-style-type: none">– Aus dem Bausektor– Für mittlere Lasten– Auch zur Absturzsicherung / Rettung (ab 12 mm Durchmesser)	
Vorteile <ul style="list-style-type: none">– Sehr einfache Montage– Sehr kleiner Bohrlochdurchmesser = Akkubohrhammer genügt– Praktisch spreizdruckfrei, reduzierte Rand- und Achsabstände möglich– Kein Montagedrehmoment erforderlich– Je nach Modell mehrfach verwendbar	Nachteile <ul style="list-style-type: none">– Grosser Eindrehwiderstand– Bei der Randeinwirkung von Armierungseisen gibt es je nach Modell Probleme beim Einschrauben



Klebanker (chemische Verbundanker) sind im Einsatz weniger geeignet, da sie erst nach einer Abbindezeit (Aushärten des Klebstoffs) belastet werden dürfen und in der Anwendung anspruchsvoller sind.

Faustregeln für die Montage (Herstellervorschriften vorbehalten):

- Geeigneten Ankertyp wählen
- Qualität des Untergrunds prüfen (evtl. Abklopfen mit dem Hammer)
- Auf genügend grosse Bauteildicke achten
- Randabstand mind. 10-mal Bohrlochdurchmesser, Achsabstand mind. 20-mal Bohrlochdurchmesser

- Vorgeschriebenen Bohrer wählen
- Rechtwinklig zur Oberfläche und tief genug bohren (vorgeschriebene Setztiefe einhalten)
- Bohrloch reinigen
- Vorgeschriebenes Drehmoment einhalten

Beispiele aus der Praxis

		
<p>Betonanker 5 t mit Ankerplatte</p>	<p>Improvisierter- Anschlagpunkt mit Durch- steckanker M16</p>	<p>Gerätebefestigung mit Schraubanker 16 mm und B15 Gewindestab</p>

Erdverankerungen

Allgemeine Grundsätze


Ohne Planung und Prüfung durch eine Fachperson müssen Erdanker immer als improvisiert betrachtet werden.

Im Gegensatz zum Verankerungs-
material ist die Festigkeit des
Bodens oft nicht bekannt. Sie hängt
von der Scherfestigkeit des Bodens
ab und kann von Laien nur grob
beurteilt werden. Sie hat aber einen
entscheidenden Einfluss auf die
Zugfestigkeit der Verankerung.

Erdanker können auf folgende Arten
versagen:

- Materialversagen des Ankers
- Versagen des Bodenkörpers

Als **Faustregel** kann die Scherfestigkeit von Böden in folgende Kategorien unterteilt werden:

Bodentyp	Scherfestigkeit
Gut abgestufter, grobkörniger Kies	<p>gut</p>  <p>schlecht</p>
Gut abgestufter Kies / Sand	
Kies / Sand	
Grober Sand; fester Lehm	
Feiner Sand / Silt; weicher Lehm (hoher Wassergehalt)	
Organische Böden (z. B. Torf, Moorböden); Böden mit hohem organischen Anteil	

Tab. 2: Kategorien für die Scherfestigkeit von Böden

Einen guten Hinweis auf die Bodenqualität gibt der Widerstand des Bodens beim Einrammen des Ankers. Grosser Widerstand deutet auf einen stabilen Boden, kleiner Widerstand auf einen schwachen Boden hin.

Durch Witterungseinflüsse (z. B. Starkniederschläge) kann die Scherfestigkeit eines Bodentyps stark abnehmen, besonders bei feinkörnigen Böden.

Stabanker

Als Stabanker können kommerzielle als auch improvisierte Systeme eingesetzt werden. Als Stäbe werden Erdnägeln, Stahlprofile (z. B. Gerüstrohre) oder Holzpflocke verwendet.

Je schlechter die Scherfestigkeit des Bodens ist, desto grösser sollten der Stabdurchmesser und die Verankerungstiefe gewählt werden. In harten Böden (z. B. asphaltierte Strasse) schlanke Stäbe (z. B. Erdnägeln), in weichen Böden dicke Stäbe (z. B. Holzpflocke) verwenden.

Faustregel für die zulässige Belastung: In stabilen Böden und bei ausreichender Festigkeit des Verankerungsmaterials können Stabverankerungen Zugkräfte bis ca. 1,5 t aufnehmen.

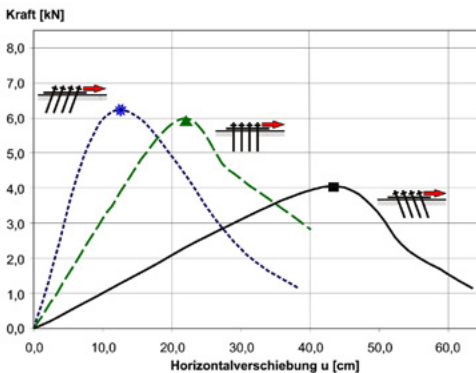


Abb. 7: Belastungsversuche in Sand mit unterschiedlich geneigten Erdnägeln: 20° in und gegen die Zugrichtung (Hessische Landesfeuerwehrschule)

Aufgrund der Bodenmechanik sollten Stabanker nicht gegen, sondern senkrecht oder, noch besser, 20° in die Zugrichtung geneigt einge-rammt werden.

Vorteile

- Einfach = können ohne Spezialwerkzeuge von Hand installiert werden
- Einsatz auch an schwer zugänglichen Standorten möglich
- Können behelfsmässig mit vor Ort verfügbarem Material (Rund-/Kantholz, Rohre, Armierungseisen usw.) erstellt werden

Nachteile

- Begrenzte Zugfestigkeit
- Zugbelastung kann nur parallel zum Boden verlaufen
- Schwere Handarbeit, besonders die Demontage der Stäbe
- Bei dicken Stäben muss oft vorgebohrt werden
- Bei hartem, mit grossen Steinen durchsetztem Boden nicht oder nur bedingt einsetzbar

Tab. 3: Vor- und Nachteile von Stabankern

Um die Zugfestigkeit zu erhöhen oder zusätzliche Sicherheit zu erreichen, sollten wenn möglich immer mehrere Stäbe zusammen als redundantes Verankerungssystem eingesetzt werden. Dabei werden die zwei Grundformen Reihenverankerung und Dreieckverankerung unterschieden:

Reihenverankerung

Die Stäbe werden genau in der Zugachse in einer Reihe eingerammt und miteinander kraftschlüssig verbunden. Solange die Belastung entlang der Achse erfolgt, wird die Kraft optimal auf die Stäbe übertragen.



Abb. 8: Reihenverankerung mit drei Stäben (Grundriss)

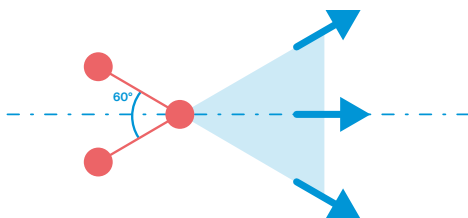


Abb. 9: Dreieckverankerung mit drei Stäben (Grundriss)



Abb. 10: Reihenverankerung mit drei Stabgruppen (Grundriss)

Sobald die Kraft von der Achse abweicht, werden nicht mehr alle Stäbe gleichmässig belastet. Bei starker Abweichung von der Achse wirkt die ganze Kraft nur noch auf den vordersten Stab. Es besteht die Gefahr des «Reissverschlussprinzips». Ein Stab nach dem anderen wird einzeln belastet und herausgerissen. Es droht ein Totalversagen der Verankerung. Eine Reihenverankerung eignet sich deshalb nur, wenn die Zugrichtung bekannt ist und sich nicht massgeblich verändert.

Dreieckverankerung

Die hinteren zwei Stäbe werden mit einem Öffnungswinkel von max. 60° installiert und in Form eines Dreiecks mit dem vordersten Stab kraftschlüssig verbunden. Die Kraftübertragung auf die hinteren Stäbe ist aufgrund des Öffnungswinkels weniger optimal als bei der Reihenverankerung. Dafür ist im Bereich des Öffnungswinkels eine Änderung der Zugrichtung möglich. Die Kraft wird dabei immer von mindestens zwei Stäben übernommen.

Stabgruppen

Stehen bei weichen Böden nur schlanke Stäbe zur Verfügung, kann die Festigkeit durch das Einschlagen von Stabgruppen erhöht werden.

Unterschiedliche Festigkeit der Stäbe

Der vorderste Stab einer Stabverankerung darf nie als erster brechen. Ansonsten versagt die ganze Verankerung lange bevor die effektive Belastungsgrenze des ganzen Verankerungssystems erreicht ist. Bei improvisierten Stabverankerungen muss darauf geachtet werden, dass als erster Stab immer der stärkste verwendet wird (z. B. Holzpfahl mit dem grössten Durchmesser).

Tipps zur Demontage von Stabverankerungen

- Stäbe gleichzeitig herausziehen und drehen (je nach Stab mit Gabelschlüssel, Rohrzange, Pflockzieher usw.).
- Bei sehr grossem Widerstand die Löcher zuerst mit Wasser «einschlänmen» oder die Stäbe mithilfe von Hebegegeräten (Hebeisen, Stockwinde, Rettungsspreizer usw.) herausziehen.

Zug nach oben

Erfolgt die Zugrichtung nicht parallel zur Bodenoberfläche, sondern nach oben, muss der Setzwinkel der Stäbe entsprechend angepasst werden.

Faustregel: Der Zugwinkel nach oben sollte nicht mehr als 20° betragen.

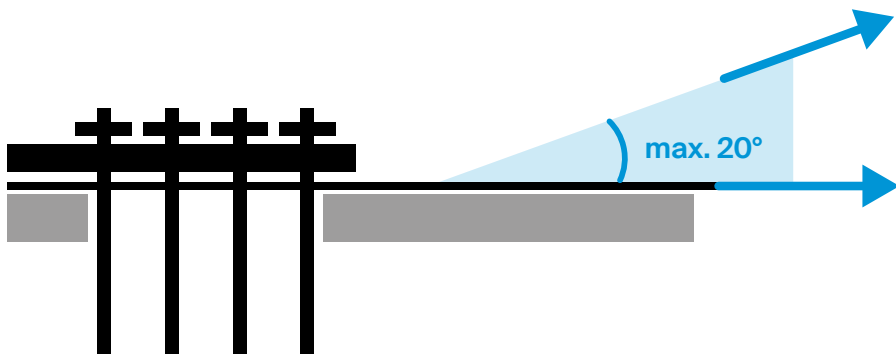


Abb.11: Maximaler Vertikalwinkel bei Stabverankerungen (BABS)

Titanverankerung

- Systemverankerung
- Zulässige Belastung bis 1,5 t
- Die V-förmige Anordnung der Erdnägel überträgt die Kraft auf ein grosses Bodenpaket
- Schwer (da nicht aus Titan, sondern Stahl)



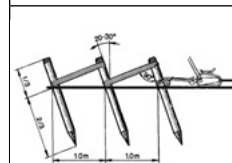
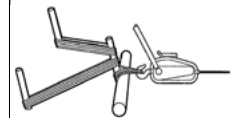
Einfache Verankerung mit Erdnägeln

- Systemanker
- Zulässige Belastung bis 1,5 t
- Verbindung mit Flacheisen
- Einfach, robust
- Flexible Anordnung der Flacheisen möglich



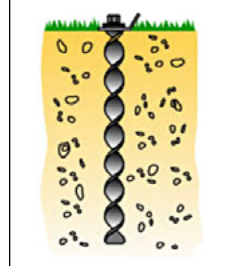
Pfahlverankerung

- Behelfsmässige Verankerung mit Holzpfehlen
- Für weiche Böden
- Pfahllänge 1,2 – 2 m
- Pfahldurchmesser 12 cm
- Pfahlabstand 1 m
- $\frac{2}{3}$ des Pfahls sind im Boden
- Evtl. Loch vorbohren (Locheisen, Erdbohrer)
- Richtwert für die zulässige Belastung pro Pflock 150 – 300 kg (je nach Boden)
- Die Verbindungen müssen immer rechtwinklig zu den Pfählen verlaufen



Spiralanker

- Systemanker
- Zulässige Belastung bis ~ 3 t
- Wesentlich grössere Haltekraft als normale Erdnägel
- Wird eingeschlagen und kann sehr einfach wieder herausgeschraubt werden
- Verschiedene Anschlussmöglichkeiten



Tab. 4: Beispiele Stabanker

Totmannanker

Werden grössere Verankerungskräfte benötigt, eignet sich der Totmannanker. Es handelt sich dabei um eine improvisierte Verankerung.

Vorteile

- Zulässige Verankerungskraft in festem Boden bis ungefähr 2–3 t
- Technisch einfach zu erstellen
- Kann behelfsmässig mit vor Ort verfügbarem Material (Rund- / Kantholz usw.) erstellt werden
- Kann über längere Zeit belastet werden

Nachteile

- Installation und Deinstallation benötigen viel Zeit
- Grössere Aushubarbeiten nötig

Tab. 5: Vor- und Nachteile von Totmannankern

Vorgehen bei der Installation

- Eine Grube von 2 bis 3 m Länge und 1 m Tiefe wird quer zur Zugrichtung ausgehoben. Darin wird ein Rundholz mit einem Durchmesser von 20 bis 30 cm eingelegt.
- Das Zugseil wird in der Mitte des Rundholzes angeschlagen und in einem schmalen Schlitz mit einer Steigung von ca. 20° an die Oberfläche geführt.
- Zuletzt wird die Grube mit Erde gefüllt und festgestampft.

Werden sehr grosse Verankerungskräfte benötigt, können Totmannverankerungen gemäss nachfolgender Tabelle erstellt werden. Bei diesen Dimensionen kann die Grube nicht mehr von Hand, sondern muss maschinell ausgehoben werden.

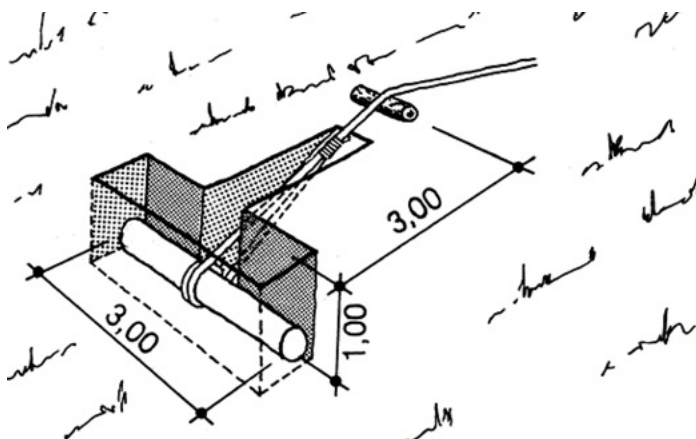


Abb.12: Prinzip eines Totmannankers (Schweizer Armee)

Verankerungskraft [t]	Durchmesser des Rundholzes in cm bei einer Stammlänge von	
	4 m	6 m
4	29	34
6	34	38 (a)
8	37 (b)	41 (a)
10	40 (b)	45 (a)
12	–	48
14	–	51
16	–	53

Tab. 6: Zulässige Verankerungskräfte von Totmannankern bei einer Grubentiefe von mindestens 1.5 – 2 m (nach Pestal und Heinemann) ((a) = sehr weicher, schlechter Boden; (b) = sehr fester, guter Boden)

Drehplattenanker

Drehplattenanker sind kommerzielle Ankersysteme. Sie werden mit einem Rammgestänge (je nach Dimension mit einem Vorschlaghammer oder mit einem Abbauhammer) in den Boden gerammt. Als Verbindungsmittel dient ein Drahtseil oder ein Gewindestab. Durch Ziehen am Verbindungsmittel dreht sich der Anker im Boden quer zur Zugrichtung und wird so verriegelt.

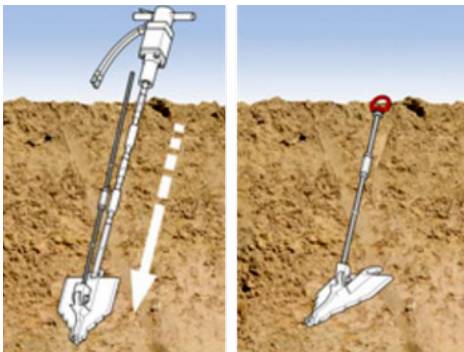


Abb. 13: Montage- und Funktionsprinzip eines Drehplattenankers

Für unterschiedliche Böden und Zuglasten sind verschiedene Formen und Dimensionen verfügbar. Die grössten Anker können Zugbelastungen von bis zu 10 t standhalten.

Vorteile

- Schnelle und einfache Montage
- Kann bei korrektem Setzwinkel in alle Richtungen belastet werden (auch rechtwinklig zur Bodenoberfläche)
- Hoch belastbar
- Kann auch an schwierigen Standorten eingesetzt werden
- Kann auch in harten Böden montiert werden
- Mehrere Anker können redundant eingesetzt werden

Nachteile

- Spezielles Rammwerkzeug erforderlich
- Nur einmal einsetzbar (das Verbindungsmittel wird gekappt, der Anker bleibt im Boden)

Tab. 7: Vor- und Nachteile von Drehplattenankern

Baumverankerungen

Prinzip Baumverankerungen:
Einzelne Bäume oder Baumgruppen
sind gute Verankerungspunkte.
Sie gehören zu den improvisierten
Verankerungen.

Regeln für den Einsatz

Baum auf seine Eignung beurteilen:

- Besitzt der Baum eine intakte Krone mit dichtem Blattwerk?
- Gibt es abgestorbene Äste oder Stammteile?
- Zeigt der Stamm Pilzbefall oder verletzte bzw. abgestorbene Rinde?

- Gibt es Risse oder verletzte Wurzelanläufe?
- Steht der Baum an einem Ufer oder an einer Geländekante und ist unterhöhlt?
- Verfügt der Baum über den erforderlichen Durchmesser (vgl. Tab. 8) oder kann die Last auf mehrere Bäume verteilt werden?

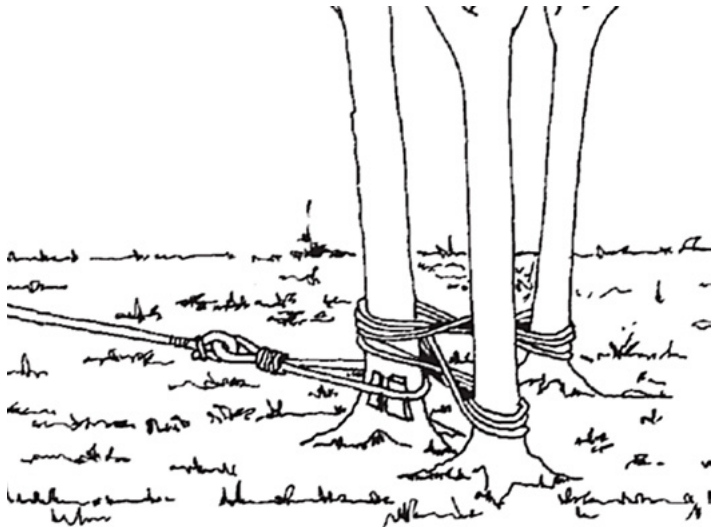
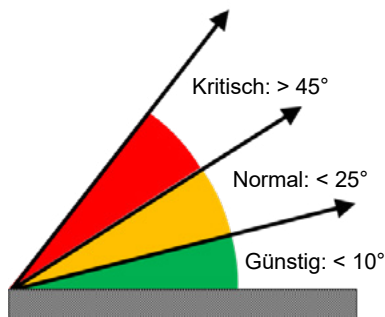


Abb.14: Redundante Verankerung an drei Bäumen (Schweizer Armee)

Baumdurchmesser in Brusthöhe ¹⁾ [cm]	Zulässige Ver- ankerungskraft [t]
20	1,3
25	2,1
30	3,0
35	4,1
40	5,3
45	6,7
50	8,3

Tab. 8: Richtwerte für die zulässige Belastung von Bäumen (¹⁾Brusthöhe = 1.3 m)



Zulässige Belastung

Untenstehend folgen Richtwerte für die zulässige Belastung von Bäumen in max. 0,5 m Höhe über dem Boden und einem Zugwinkel von max. 25° nach oben. Bei Zugwinkeln von über 25° müssen die zulässigen Verankerungskräfte nach unten korrigiert werden.

Verbindungsmittel dürfen nicht höher als 0.5 m am Stamm angeschlagen werden. Zum Schutz der Rinde sollten weiche Verbindungsmittel gewählt (Faserseile, Rundschlingen, Hebegurte usw.) oder der Stamm zusätzlich geschützt werden (mit Holzbrettern, Wolldecken usw.).

Verankerungen an Wurzelstöcken

Verankerungen können auch an frischen Wurzelstöcken erstellt werden. Damit das Verbindungsmittel nicht abrutschen kann, wird der Wurzelstock eingesägt und/oder das Verbindungsmittel unter einer starken Wurzel durchgeführt.

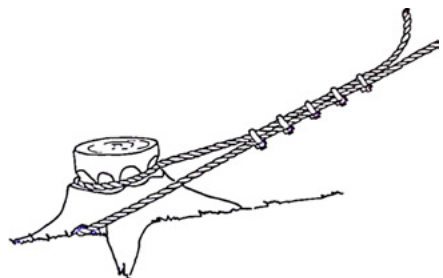



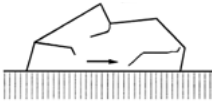
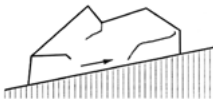
Abb. 15: Seilverankerung an einem Wurzelstock (Schweizer Armee)

Verankerungen an grossen Steinen

Prinzip Steinblockverankerung: Felsblöcke können im Gelände als zuverlässige improvisierte Verankerungen dienen.



Abb.16: Verankerung an einem Felsblock (Schweizer Armee)

Steingrösse	Zulässige Verankerungskraft in [t] bei verschiedenen Geländeneigungen		
	10 % Gefälle	Horizontal	10 % Steigung
			
3 m³	1,0	1,5	2,0
5 m³	1,5	2,5	3,5
8 m³	2,5	4,0	5,5

Tab. 9: Richtwerte für die zulässige Belastung von Felsblöcken

Regeln für den Einsatz

Felsblock auf seine Eignung beurteilen:

- Ist der Fels hart und in sich stabil?
- Verfügt er über die erforderliche Kubatur, um die Zuglast sicher aufnehmen zu können (vgl. Tab. 9)
- Gibt es scharfe Kanten?
- Kann das Verbindungsmittel sicher angeschlagen werden, ohne dass es abrutscht?

Improvisierte Verankerungen an Bauwerken

Allgemeines

Bei Einsätzen in bewohnten Gebieten oder im Bereich von Verkehrswegen können an den vorhandenen Strukturen meist mit wenig Aufwand gute Verankerungen erstellt werden. Damit nicht mehr Schaden als Nutzen entsteht, müssen die Eignung und die Festigkeit der Ankerpunkte gut beurteilt werden.

Grundsätzlich keine Verankerungen an Leitungen (Strom, Gas, Wasser usw.) oder an Hydranten anbringen.

Schachtverankerung

Kanalisationsschächte sind im urbanen Raum überall vorhanden und können als Verankerungspunkte genutzt werden.

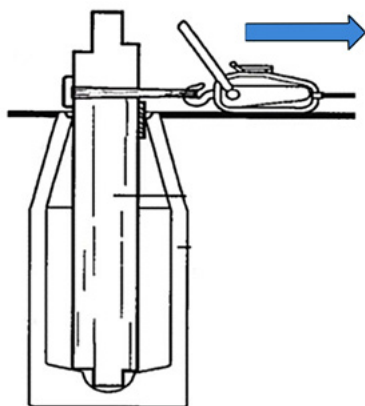


Abb.18: Schachtverankerung mit einem Rundholz

Regeln für den Einsatz

Der Schacht wird je nach Grösse ganz oder teilweise mit Rund- oder Kanthölzern aufgefüllt. Die Hölzer werden zusätzlich gegen die Schachtwand verkeilt.

Bei sehr grossen, rechteckigen Schächten ist es einfacher, in der vorderen oder hinteren Schachtecke ein genügend starkes Kantholz anzubringen und zu den gegenüberliegenden Schachtwänden hin abzustützen. Wird das Kantholz in der hinteren Ecke (in Zugrichtung) angebracht, genügt es meist, die Abstützung nur oben anzubringen. Dies ist bei tiefen Schächten viel einfacher.

Bei kleinen Schächten und grosser Zugbelastung können am Schacht und an den Anschlussleitungen grosse Schäden entstehen.

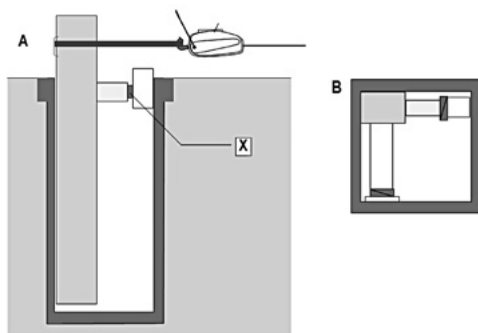


Abb.17: Aufriss einer Verankerung an der hinteren Schachtwand (A) mit Verkeilung (X) und dessen Grundriss (B)

Querriegelverankerung

An und in Gebäuden können viele verschiedene Verankerungen realisiert werden. Eine einfache, oft verwendete Verankerung ist die Querriegelverankerung.

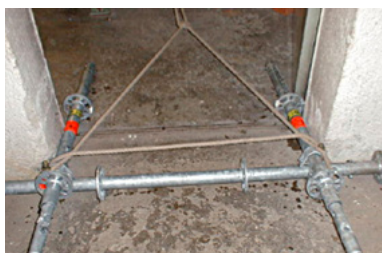


Abb. 19: Querriegel mit Gerüstrohren in einer Türöffnung (THW)

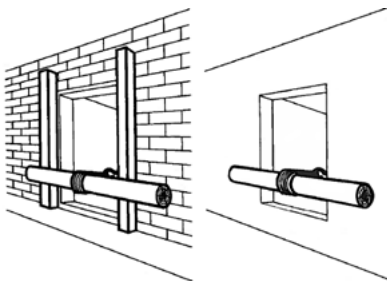


Abb. 20: Querriegel mit Rundholz an Tür- bzw. Fensteröffnung

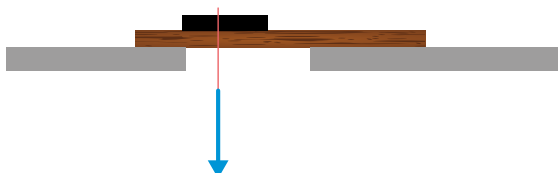


Abb. 21: Anschlagen des Verbindungsmittels bei breiten Öffnungen, mit Querriegel und Verstärkungsholz (Grundriss)

Regeln für den Einsatz

Für Querriegelverankerungen können Wand- und Bodenöffnungen oder durchlaufende Leitungen in Kanalisationsschächten genutzt werden. Die Festigkeit der Bausubstanz muss zuerst beurteilt werden. Bei Mauerwerken sollte die Punktbelastung durch das Anbringen von seitlichen Brettern oder Balken auf eine grössere Fläche verteilt werden. Die Zugbelastung sollte immer rechtwinklig auf den Querriegel erfolgen. Bei schmalen Öffnungen wird das Verbindungsmittel in der Regel in der Mitte des Querriegels angeschlagen. Die Last wird so gleichmässig auf die beiden Auflager verteilt. Bei sehr breiten Öffnungen wird der Querriegel aber dadurch stark belastet und kann sich verbiegen. Um dies zu verhindern, ist es bei stabiler Bausubstanz besser, das Verbindungsmittel direkt neben dem stärkeren Auflager anzuschlagen.

Der Querriegel muss immer gegen seitliches Verrutschen gesichert sein.

Verbindungsmittel und -elemente

Belastung

Alle Verbindungsmittel und Verbindungselemente müssen auf die verwendeten Zug- oder Hebezeuge und auf die auftretenden Kräfte abgestimmt sein. Die Zug- oder Hebekraft darf nie grösser sein als die zulässige Belastung des schwächsten Glieds in der ganzen Lastkette.

Für die zulässigen Belastungen gelten grundsätzlich die Hersteller Vorschriften. Bei genormtem Hebezeug ist die maximal zulässige Belastung in Tonnen oder Kilogramm (als WLL «Working Load Limit» oder MNL «Maximale Nutzlast» bezeichnet) angegeben. Die notwendige Sicherheitsreserve ist bereits eingerechnet.

Verwechslungsgefahr: Bei der «Persönlichen Schutzausrüstung gegen Absturz» wird in der Regel nicht die zulässige Bruchlast, sondern die Mindestbruchlast (ohne Sicherheitszuschlag) in N oder kN angegeben (als MBK-«Mindestbruchkraft» oder MBL «Mindestbruchlast» bezeichnet).

Ist bei einem Verbindungsmittel oder einem Verbindungselement nur die Mindestbruchlast bekannt, können als Faustregel folgende Sicherheitsfaktoren verwendet werden (siehe Tab. 10).

Einfluss von Winkeln

Wird eine Kraft bei einer Verankerung oder am Lastanschlag in zwei Richtungen aufgeteilt, erhöht sich die Belastung auf die beiden Stränge mit zunehmendem Spreizwinkel.

Der Spreizwinkel darf nie grösser als 120° sein.

	Metallprodukte	Kunstfaserprodukte
Bodenzug	Faktor ≈ 3	Faktor ≈ 5
Heben und Senken	Faktor ≈ 5	Faktor ≈ 7

Tab. 10: Richtwerte für Sicherheitsfaktoren von Verbindungselementen und Verbindungsmitteln

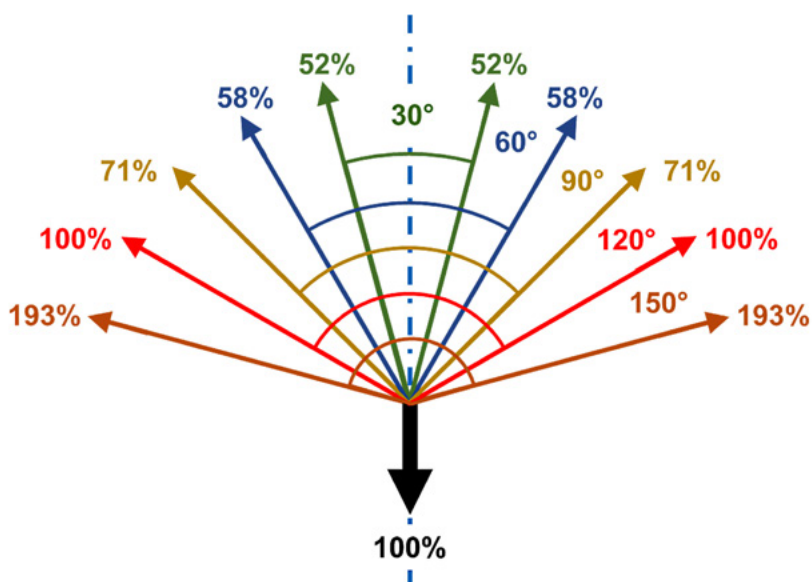


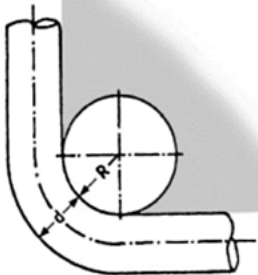
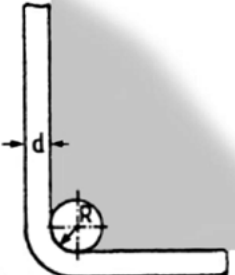
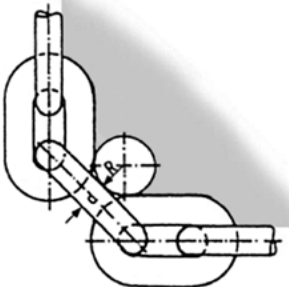
Abb. 22: Resultierende Kräfte (in Prozent) in Abhängigkeit des Spreizwinkels (BABS)



Abb. 23: Zulässiger Spreizwinkel von Verbindungsmitteln oder -elementen

Scharfe Kanten

Verbindungsmittel und -elemente dürfen nicht über scharfe Kanten geführt werden.





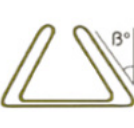
Seile	
Kantenradius $R < \text{Seildurchmesser } d$	
Textile Rundschlingen	
Kantenradius $R < \text{Durchmesser } d \text{ der Rundschlinge}$	
Textile Hebebänder	
Kantenradius $R < \text{Dicke des Hebebandes } d$	
Ketten	
Kantenradius $R < \text{Nennndurchmesser des Kettengliedes } d$	

Tab. 11: Unzulässig scharfe Kanten für Verbindungsmittel

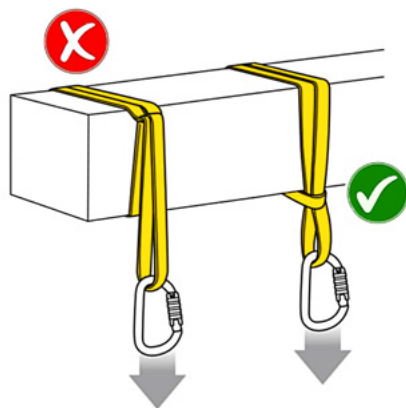
Rundschlingen und Hebebänder

Die zulässige Belastung von Rundschlingen und Hebebändern ist farblich codiert und abhängig vom Lastanschlag.

Rundschlingen und Hebebänder sollten nicht geknotet werden und es müssen immer Schäkel oder Lasthaken verwendet werden. Bei der Anwendung mit Schnürgang muss auf die korrekte Position der Schlaufe geachtet werden.

Farbe	Tragfähigkeit				
					
	Gerade	mit Schnürgang	Parallelgurte	$\beta = 0 - 45^\circ$	$\beta = 45^\circ - 60^\circ$
	M = 1	M = 0,8	M = 2	M = 1,4	M = 1
Violett	1	0,8	2	1,4	1
Grün	2	1,6	4	2,8	2
Gelb	3	2,4	6	4,2	3
Grau	4	3,2	8	5,6	4
Rot	5	4	10	7	5
Braun	6	4,8	12	8,4	6
Blau	8	6,4	16	11,2	8
Orange	10	8	20	14	10
	12	9,6	24	16,8	12
	15	12	30	21	15
	20	16	40	28	20
	25	20	50	35	25
	30	24	60	42	30

Tab. 12: Zulässige Belastung von Rundschlingen und Hebebändern in Tonnen
(die aufgeführten Lastfaktoren M gelten grundsätzlich auch für Ketten)



Lastfaktor

$M \approx 0.4$

$M = 0.8$

Abb.24: Darstellung der richtigen und falschen Position des Schnürgangs (Kloska Group)



Abb.25: Rundschnüren und Hebebänder dürfen nie geknotet, sondern müssen immer mithilfe von Schäkeln oder Lasthaken verbunden werden (Kloska Group)

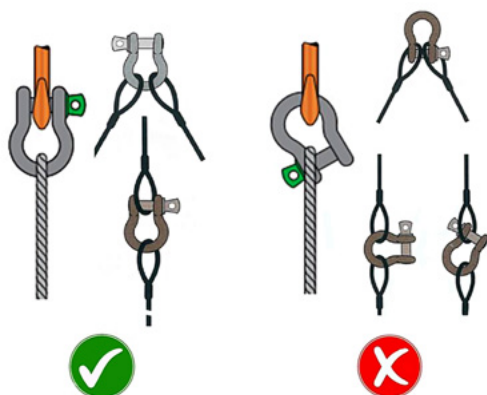


Abb.26: Richtige Anwendung von Schäkeln (Kloska Group)



Abb.27: Richtige Anwendung von Schäkeln (Kloska Group)

Schäkkel

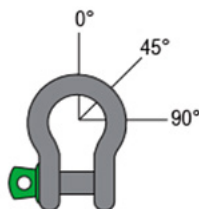
Schäkkel sind universell einsetzbare Verbindungselemente. Es sollten nur genormte, hochfeste Schäkkel in geschweißter Form (Ω -Schäkkel) verwendet werden. Die geschweißte Form erlaubt bedingt Belastungen in drei Richtungen. Die zulässige Belastung nimmt jedoch mit zunehmendem Spreizwinkel ab.

Regeln für den Einsatz

Schäkkel sollten immer in der vorgesehenen Zugachse belastet werden. Schräg- oder extreme Spreizbelastung sollten vermieden werden.

Bei falscher Montage kann sich der Gewindebolzen aufgrund von Bewegungen drehen und heraus-schrauben. Bleibt der Schäkkel längere Zeit eingebaut, muss der Bolzen entweder mit Draht oder Reepschnur gesichert oder ein Schäkkel mit Sicherheitsbolzen verwendet werden.

Belastungswinkel	Reduzierung des Working Load Limit (WLL) bei seitlicher Belastung
0°	100 % der ursprünglichen WLL
45°	70 % der ursprünglichen WLL
90°	50 % der ursprünglichen WLL



Tab. 13: Reduzierung des Working Load Limits in Bezug auf den Belastungswinkel

Drahtseile

Drahtseile besitzen unterschiedliche Eigenschaften. Sie haben einen definierten Anwendungsbereich und eignen sich daher nicht für alle Anwendungen. Die Herstellervorschriften müssen zwingend beachtet werden.

Regeln für den Einsatz

Es dürfen nur für den Einsatz geeignete Drahtseile mit der erforderlichen, zulässigen Belastung verwendet werden.

Faustformel zur Berechnung der Bruchlast von Drahtseilen:

$$\text{Bruchlast (N)} = \text{Durchmesser (mm)} \times \text{Durchmesser (mm)} \times 50$$

Beim Arbeiten mit Drahtseilen müssen immer Handschuhe getragen werden. Die Drahtseile dürfen nicht direkt von der Rolle gezogen werden, sondern sollten immer abgerollt werden. Ausserdem dürfen sie nicht geknotet oder geknickt werden. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, keine beschädigten oder stark abgenutzten (Abnahme des Durchmessers von mehr als 10% des Nenndurchmessers) Drahtseile zu verwenden.



Abb. 28: Richtiges Abrollen von Drahtseilen (Kloska Group)

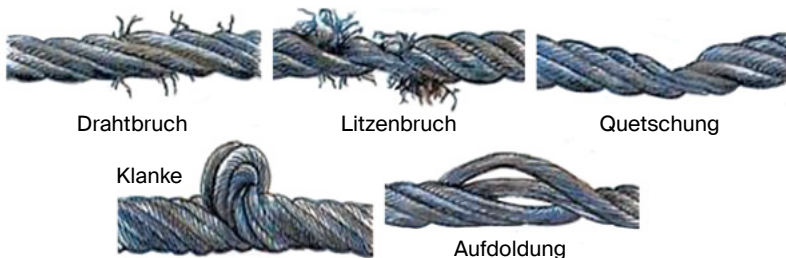


Abb. 29: Mögliche Arten der Beschädigung an Drahtseilen (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft)

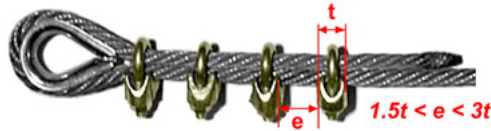


Abb.30: Formel zur Berechnung des Abstands zwischen den Klemmen (BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH)



Abb. 31: Richtige Anordnung von Seilklemmen beim Verbinden von parallel verlaufenden Seilenden (BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH)



Abb. 32: Verbinden von Drahtseilen mit doppelter Schlaufe (BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH)

Bei stark sinkenden Temperaturen können die Kräfte auf vorgespannte Drahtseile (z. B. bei Seilbahnen oder Seilbrücken) enorm ansteigen (Grund: Ausdehnungsverhalten des Materials).

Drahtseilverbindungen mit Bügel-Drahtseilklemmen nach EN 13411-5:

- Zur behelfsmässigen Herstellung von Seilendschlaufen oder Verbindungen von zwei Drahtseilen
- Nur für kurzfristige, einmalige Anwendungen, bei welchen keine Gefahr für Personen oder hohe Sachwerte ausgeht
- Nur noch mit 50% der zulässigen Belastung des Drahtseils rechnen
- Drahtseilklemme passend zum Seildurchmesser wählen

- Für Drahtseile mit einem Durchmesser von 8 bis 19 mm für-Endschlaufen mindestens 4, für Seilverbindungen mindestens 8 Seilklemmen verwenden
- Den Bügel immer auf der unbelasteten, «toten» Seite anbringen («saddle nie ein totes Pferd»)
- Vorgeschriebenes Anzugsmoment einhalten und nach der ersten Lastaufbringung überprüfen
- Der Abstand e zwischen den Klemmen soll 1,5 bis 3-mal der Breite t der Seilklemme entsprechen

Bügel-Drahtseilklemmen sind für Spiraldrahtseile und kunststoffummantelte Seile nicht zugelassen.

Faserseile

Allgemeines: Faserseile werden heute sehr spezifisch für einen bestimmten Einsatzbereich hergestellt. Sie unterscheiden sich im verwendeten Rohstoff, in der Machart und in ihren Eigenschaften.

Moderne Hochleistungsseile (z. B. aus Dyneema oder Kevlar) besitzen eine enorme Zugfestigkeit. Sie bringen jedoch auch Nachteile mit sich (z. B. tiefe Schmelzpunkte, grosse Abnahme der Zugfestigkeit

durch Knoten, Knickempfindlichkeit, UV-Empfindlichkeit).

Die Festigkeit eines Faserseils nimmt mit dem Alter, durch Verschmutzung im Seilinnern, durch Knoten und in nassem oder in gefrorenem Zustand ab. Das Waschen von verschmutzten Seilen verbessert zwar das Handling und die Optik, die seilschädigenden Schmutzpartikel im Seilinnern können dadurch aber meist nicht entfernt werden.

Vor- und Nachteile verschiedener Rohstoffe für die Seilherstellung

Material	Hochmodul Polyäthylen	Hochmodul Polyamid	Polyester	Polyamid	Polypropylen
Handelsname	Dyneema	Twaron Kevlar	Diolen Trevira	Nylon Perlon	PP
Festigkeit in g/den	38	22–28	9	8–9	5–8
Bruchdehnung	3,8%	3,4%	10–17%	18–24%	13–17%
Artgewicht in g/cm	0,97	1,4	1,4	1,14	0,91
Schmelzpunkt					
in °C	140	Verkokung bei 500	225	215–260	165–175
Beständigkeit bei kurzzeitiger Erwärmung in °C	70	350	170	130	80
UV-Beständigkeit	Sehr gut	Begrenzt	Sehr gut	Gut	Befriedi- gend
Knoten- beständigkeit	Ca. 50%	Ca. 30%	Ca. 50%	Ca. 50%	Ca. 50%

Tab. 14: Vor- und Nachteile verschiedener Rohstoffe (Albert Wenk, Mammut AG)

Regeln für den Einsatz

Es dürfen nur Seile verwendet werden, welche für den vorgesehenen Einsatz zugelassen sind, wobei Herstellervorschriften strikte eingehalten werden müssen. Des Weiteren dürfen nur Kunstfaserseile und keine Seile aus Naturfasern (z. B. Hanf) eingesetzt werden.

Seile für die Sicherung und Rettung von Personen nie für Material und Materialseile nie für Personen verwenden.

Faustformel zur Berechnung der Bruchlast von Faserseilen:

$$\text{Bruchlast (N)} = \text{Durchmesser (mm)} \times \text{Durchmesser (mm)} \times 20$$

- Seile vor jedem Einsatz prüfen.
- Beschädigte Seile nicht mehr verwenden.
- Auf scharfe Kanten achten (besonders bei gespannten Seilen).
- Keine Hitzeeinwirkungen oder Kontakte mit chemischen Stoffen.
- Beschädigte Seile sofort aussondern.
- Achtung Schmelzverbrennung: Nie ein belastetes Seil über ein stehendes Seil ziehen.
- Nur korrekte, für den Zweck geeignete Knoten und Verbindungselemente verwenden.

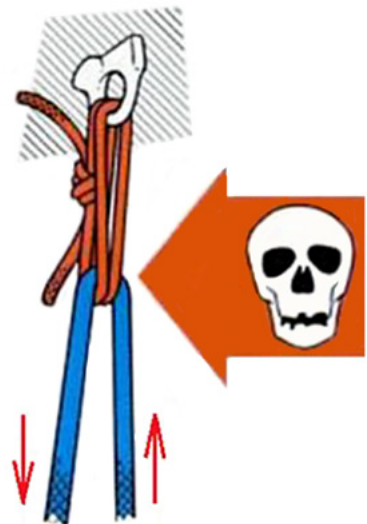


Abb. 33: Gefahr der Schmelzverbrennung bei Faserseilen

Knoten und Bünde für Hilfskonstruktionen und Material

- Knoten reduzieren die Festigkeit eines Seils um ca. 50 % (Richtwert).
- Die Länge der Seilenden muss mindestens 10-mal den Seildurchmesser betragen.

- Mit Ausnahme des Mastwurfs dürfen die nachfolgend aufgeführten Knoten nicht für die Sicherung oder Rettung von Personen verwendet werden.

Samariterknoten (gerader Knoten)



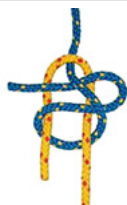
Verwendung

- Verbinden von Seilen
- Befestigen / Sichern von Geräten (z. B. Leitern)

Besonderes

- Die Seile müssen gleich dick sein
- Beide Enden müssen auf der gleichen Seite sein
- Nach der Belastung schlecht lösbar

Weberknoten



Verwendung

- Verbinden von Seilen
- Abschluss des Fuhrmannsknotens

Besonderes

- Das blaue Seil darf leicht dünner sein als das gelbe
- Beide Enden müssen auf der gleichen Seite sein
- Nach der Belastung gut lösbar

Fuhrmannsknoten (Seilspanner)



Verwendung

- Spannen von Seilen
- Festzurren von Ladungen

Besonderes

- Abschluss mit Weberknoten

Maurerknoten



Verwendung

- Befestigen von Seilen an Masten und Balken

Besonderes

- Die Kreuzungen sollten nicht nur vorne, sondern müssen besonders auch hinten angebracht werden
 - Nach der Belastung gut lösbar
-

Mastwurf



Verwendung

- Befestigen von Seilen an Masten, Balken und in Karabinerhaken

Besonderes

- Kann vor der Belastung noch eingestellt werden
- Der Mastwurf am Seilende muss mit einem doppelten Spierenstich abgesichert werden
- Nach der Belastung gut lösbar

Doppelter Palstek (Doppelter Bulinknoten)



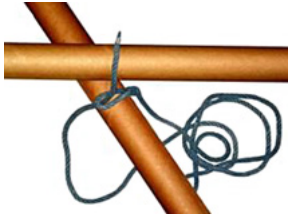
Verwendung

- Herstellen einer Seilendschleufe

Besonderes

- Immer beide Schleifen zusammen einhängen – nie einzeln bzw. getrennt belasten
- Nach starker Belastung sehr gut lösbar

Parallelbund



Verwendung

- Verbinden von zwei sich nicht rechtwinklig kreuzenden Hölzern

Besonderes

- Anzahl Windungen je nach Belastung
- Abschluss: Min. 2-mal unterziehen und sichern

Gerüstbund



Verwendung

- Verbinden von zwei sich rechtwinklig kreuzenden Hölzern

Besonderes

- Anzahl und Richtung der Windungen je nach Belastung und Belastungsrichtung
- Abschluss: Min. 2-mal unterziehen und sichern

Zurrgurte

Zurrgurte dienen dem Sichern von Ladungen oder Lasten. Sie sind als einteilige Umreifungsgurte oder als zweiteilige Gurte erhältlich und eignen sich im Einsatz auch als universelle Sicherungsmittel, z. B. zum Sichern von Hilfskonstruktionen.

Für kleine Lasten gibt es Gurte mit einfachen Klemmschlössern. Für grössere Lasten werden Gurte mit Spannratschen verwendet. Im Einsatz sehr sicher sind ABS-Ratschen (Anti-Belt-Slip). Dabei wird die Last beim Lösen des Zurrgurtes nicht schlagartig freigegeben, sondern kann mithilfe eines Spannhebels kontrolliert losgelassen werden.

Regeln für den Einsatz

- Herstellervorschriften beachten
- Keine Scharfen Kanten, Kontakte mit chemischen Stoffen oder Hitzeeinwirkungen
- Gurte nicht knoten oder verdrehen
- Ratsche nur von Hand anziehen, Spannhebel nicht verlängern
- Ratsche nicht auf Biegung belasten (z. B. über eine Kante)
- Min. 1,5, max. 3 Umwicklungen auf der Spanntrommel (bei weniger Umwicklungen kann sich der Gurt lösen, bei mehr Umwicklungen kann der Gurt fast nicht mehr gelöst werden)

Zurrgurte dürfen nicht zum Heben oder Ziehen von Lasten verwendet werden.

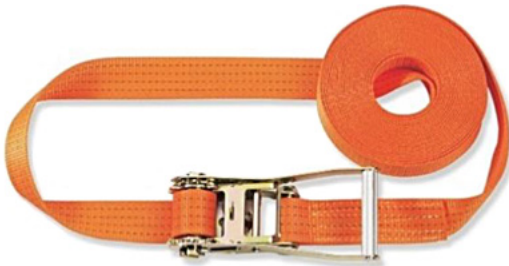


Abb. 34: Einteiliger und zweiteiliger Zurrgurt

Bewegen von Lasten mit Seilzuggeräten

Portable Seilzuggeräte

Im Zivilschutz Einsatz werden vor allem tragbare Seilzuggeräte eingesetzt. Dabei kann grundsätzlich zwischen Handseilzügen und Motorseilzügen unterschieden werden.

Handseilzüge eignen sich für kurze Zugdistanzen und zum Sichern von Objekten. Sie erzeugen keinen Lärm und Veränderungen der Zuglast werden durch die bedienende Person unmittelbar registriert. Gefährliche Situationen (z. B. Überlast, verkeilte Last) werden mit Handseilzügen ebenfalls besser und früher wahrgenommen und können oft noch entschärft werden. Handseilzüge sind besonders für sensible Arbeiten gut geeignet.


Mit Motorseilzügen können Lasten auch über grössere Distanzen (bis ca. 60 m) bewegt werden. Durch die sehr hohe Lärmbelastung ist bei Motorseilzügen die Kommunikation erschwert.

- Seilzuggeräte müssen sich immer frei in die Zugrichtung ausrichten können und dürfen nicht quer belastet werden (Bruchgefahr).
- Seilzuggeräte, welche nur zum Ziehen zugelassen sind, dürfen nie zum Heben oder Senken von Lasten verwendet werden.
- Werden Motorseilzüge in unübersichtlichem Gelände (z. B. Wald) über grössere Zugdistanzen eingesetzt, wird der Einsatz von Funkverbindungen mit Lärmsprechgarnituren dringend empfohlen.

Bei Zug- und Hebearbeiten lohnt es sich nicht, die maximale Zugkraft eines Seilzuggerätes «auszureizen». Besonders bei Handseilzügen wird die Bedienperson stark belastet. Besser ist es, ein stärkeres Gerät oder einen Flaschenzug zu verwenden.

Vor- und Nachteile von tragbaren Seilzuggeräten

Die Zugleistungen liegen zwischen 600 kg (leichter Handseilzug) und 3200 kg (starker Handseilzug) (siehe Tab. 15 und 16).

Handseilzüge	Vorteile	Nachteile
Mit Drahtseil 	<ul style="list-style-type: none"> – Einfach, sehr robust – Ziehen, Heben, Senken – Theoretisch unbegrenzte Seillänge – Über grössere Distanzen tragbar – Einzelne Modelle für Personentransport zugelassen 	<ul style="list-style-type: none"> – Körperlich anstrengend – Nur für kurze Zugdistanzen

Tab. 15: Vor- und Nachteile von Handseilzügen

Motorseilzüge	Vorteile	Nachteile
Triebachssystem mit Drahtseil 	<ul style="list-style-type: none"> – Einfach, robust – Hohe Zugleistung – Ziehen, Heben, Senken – Konstante Zugkraft – Theoretisch unbegrenzte Seillänge 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur über kurze Strecken tragbar – Um das Seil ausziehen, muss es ausgebaut werden
Trommelsystem mit Draht- oder Faserseil 	<ul style="list-style-type: none"> – Einfach, robust – Vorhandener Kettensägemotor kann verwendet werden, wenn er zur Trommelwinde passt 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur zum Ziehen – Schwer – Mit zunehmender Seillage Abnahme der Zugleistung – Seil kann verklemmen oder gequetscht werden
Spillsystem mit Drahtseil 	<ul style="list-style-type: none"> – Robust – Hohe Zugleistung – Konstante Zugkraft – Theoretisch unbegrenzte Seillänge – Bedienung ausserhalb der direkten Gefahrenzone – Vorhandener Kettensägemotor kann verwendet werden 	<ul style="list-style-type: none"> – Nur zum Ziehen – Erstellen der Betriebsbereitschaft ist kompliziert
Spillsystem mit Faserseil 	<ul style="list-style-type: none"> – Hohe Zugleistung – Sehr leichte Ausrüstung – Konstante Zugkraft – Theoretisch unbegrenzte Seillänge – Bedienung ausserhalb der direkten Gefahrenzone 	<ul style="list-style-type: none"> – Meist nur zum Ziehen – Um das Seil ausziehen, muss es ausgebaut werden – Weniger robust – Empfindliches Faserseil

Tab. 16: Vor- und Nachteile von verschiedenen Motorseilzügen

Flaschenzugsysteme

Einfache Flaschenzüge für Seilzuggeräte

Mit Flaschenzügen kann die Zugkraft von Seilzuggeräten vervielfacht werden.

Die zulässige Belastung der Verankerungen, Verbindungsmittel, Verbindungselemente und Umlenkrollen muss den spezifischen Zugkräften des Seilzuggerätes entsprechen.

In der Praxis haben sich Flaschenzüge mit einem Verhältnis von 1:2 oder 1:3 bewährt. Sie erfordern wenig zusätzliche Ausrüstung und sind schnell einsatzbereit.

Umlenkrollen

Der Durchmesser und das Rillenprofil der Umlenkrolle müssen auf das verwendete Zugseil abgestimmt sein.

Faustregel: Bei Drahtseilen muss der Durchmesser der Umlenkrolle mindestens dem zehnfachen Seildurchmesser entsprechen.

Aus jeder Umlenkung resultiert aufgrund der Seilbiegung und der Reibung in der Umlenkrolle ein Verlust der Zugkraft. Ein Flaschenzugsystem mit einem Verhältnis von mehr als 1:4 bringt, besonders bei Drahtseilen, oft keinen echten Zuggewinn mehr, wenn nicht Hochleistungsrollen mit einem hohen Wirkungsgrad verwendet werden. Umlenkrollen mit einfachen Gleitlagern aus Kunststoff (z. B. ZS-Rolle 6 t orange) dürfen nicht für schnelllaufende Seile verwendet werden.

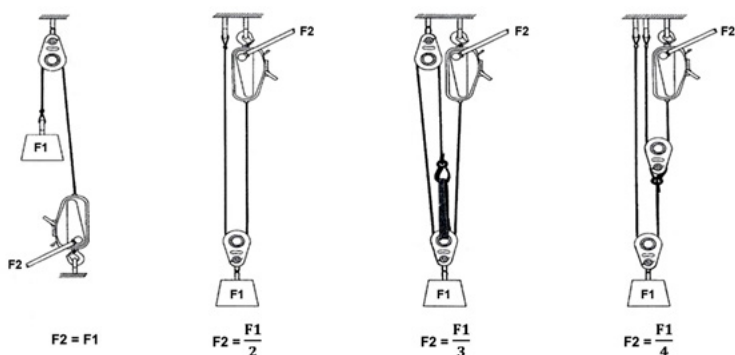


Abb. 35: Einfache Flaschenzugsysteme für portable Seilzuggeräte (F_1 = Gewichtskraft; F_2 = Seilzugkraft)

Ziehen von Lasten (Bodenzug)

Haftreibung und Gleitreibung

Um die Last in Bewegung zu setzen, muss die Haftreibungskraft mit der Zugkraft überwunden werden. Diese hängt von folgenden Faktoren ab:

- Gleiteigenschaften zwischen den beiden in Kontakt stehenden Stoffen (Rauigkeit der Oberflächen)
- Nasser oder trockener Zustand der Last und des Bodens

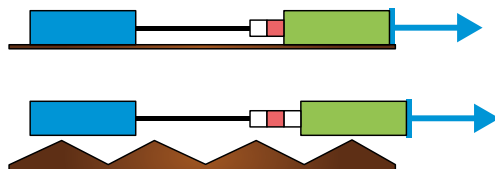


Abb. 36: Erforderliche Zugkraft bei unterschiedlicher Rauigkeit der Oberflächen (BABS)

Auf ebenen Flächen kann die Haftreibungskraft einfach berechnet werden:

$$FH = FG \times \mu H$$

FH = Haftreibungskraft

FG = Gewichtskraft
(Gewicht der Last)

μH = Haftreibungskoeffizient
zwischen den beiden Oberflächen
(tabelliert) (vgl. Handbuch Pionier
Grundlagen)

Beispiel 1:
Ziehen eines Betonblocks auf Kies

Gewichtskraft Betonblock
= 5 kN (500 kg)

Haftreibungskoeffizient
Beton – Kies = 0,6

Haftreibungskraft =
 $5 \text{ kN} \times 0,6 = 3 \text{ kN (300 kg)}$

Beispiel 2:
Ziehen eines Stahlelements auf
Stahl

Gewichtskraft Stahlelement =
5 kN (500 kg)

Haftreibungskoeffizient
Stahl – Stahl = 0,15

Haftreibungskraft =
 $5 \text{ kN} \times 0,15 = 0,75 \text{ kN (75 kg)}$

Stoff	Haftreibungskoeffizient
Holz – Holz	0,5 – 0,65
Holz – Beton	0,3 – 0,6
Holz – Stahl	0,5
Beton – Beton	0,65
Beton – Stahl	0,3
Beton – Kies	0,6
Beton – Lehm	0,3
Beton – Gummi	0,5 – 0,65
Stahl – Stahl	0,15

Tab. 17: Haftreibungskoeffizient bei verschiedenen Stoffen
(bei nassen Bedingungen sind die Haftreibungskoeffizienten kleiner)

Sobald die Haftreibungskraft überwunden und die Last in Bewegung ist, wirkt die Gleitreibungskraft. Sie ist kleiner als die Haftreibungskraft. Die erforderliche Zugkraft nimmt dadurch etwas ab.

Beim Ziehen von Lasten bergab besteht im Bereich des Grenzgefälles nach dem Überwinden der Haftreibungskraft von selber abrutscht.

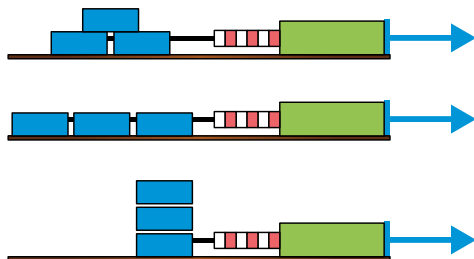


Abb. 37: Haft- und Gleitreibung sind unabhängig von der Grösse der Kontaktfläche (BABS)

Die Haft- und Gleitreibungskräfte hängen nur vom Gewicht und vom Reibungskoeffizient ab, nicht aber von der Grösse der Kontaktfläche.

Stösst die Last an eine Kante oder einen Gegenstand, handelt es sich nicht mehr um Haft- oder Gleitreibung, sondern um Formschluss.

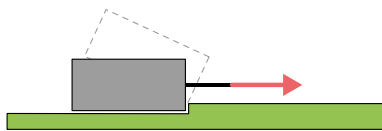


Abb. 38: Formschluss der Last an einer Kante (BABS)

Rollreibung

Werden Lasten über Rollen (Umlenkrollen, Rundhölzer, Rohre usw.) gezogen, wirkt der Rollwiderstand. Er ist wesentlich kleiner als der Haft- und Gleitreibungswiderstand. Beim Einsatz von Rollen gilt der Grundsatz «Hart auf Hart», also die Verwendung möglichst harter Rollen auf möglichst hartem Untergrund (z. B. Stahl auf Stahl, Stahl auf Beton). Auch harter Sand oder Kies zwischen den Schichten können wie Rollen wirken. Es ist Vorsicht geboten, da sich eine Last im schrägen Gelände unerwartet schnell selbstständig machen kann.

Regeln für den Einsatz

- Last wenn möglich über harte Rollen oder harte Gleitschienen ziehen.
- Last immer gegen ungewollte Bewegungen sichern, besonders auf schrägen Flächen.
- Last nicht nach unten, sondern horizontal oder leicht nach oben ziehen.

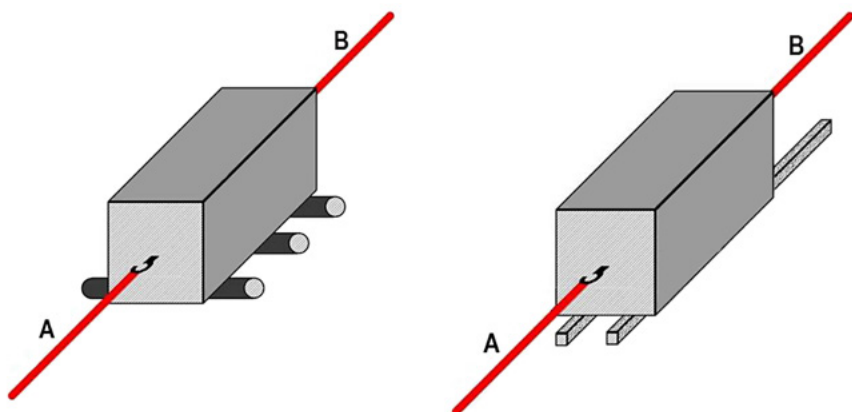


Abb. 39: Verschieben von Lasten auf Rollen (links) und auf Gleitschienen (rechts). Die Last wird durch ein Zugseil (A) bewegt und durch ein Sicherungsseil (B) gesichert.

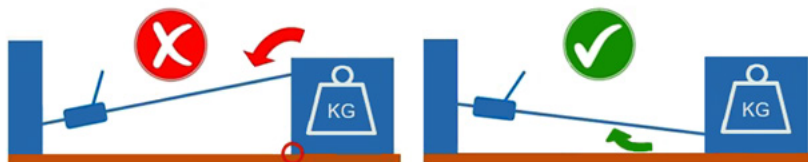


Abb. 40: Falsches und richtiges Ziehen einer Last

Heben und Verschieben von Lasten mit Drei- oder Zweibeinen

Für das Hochziehen von Lasten wird ein genügend hoch gelegener Anschlagpunkt benötigt. Im Idealfall ist an der gewünschten Stelle bereits eine feste Struktur (Betondecke, Balken, Stahlträger usw.) vorhanden. Meistens muss dieser Anschlagpunkt aber mithilfe von technischen Geräten oder behelfsmässigen Konstruktionen selber erstellt werden.

Mobile Drei- und Zweibeine eignen sich sehr gut zum Heben oder Sichern von Lasten. Sie sind verhältnismässig leicht und die Ausrüstung kann einfach zu Fuss transportiert sowie in schwierigem Gelände auf-

gebaut werden. Die Konstruktionen können freistehend errichtet werden und benötigen keine bestehende Infrastruktur.

Am effizientesten und sichersten sind kommerzielle Drei- und Zweibeine. Sie sind schnell einsatzbereit und die Tragsicherheit wird vom Hersteller garantiert. Im Notfall können aber auch mit vor Ort verfügbaren Mitteln (Rund- oder Kanthölzer, Gerüstrohre usw.) und wenig zusätzlichem Material improvisierte Drei- und Zweibeine konstruiert werden.

Dimensionierung von Stützen aus Rund- oder Kantholz

Durchmesser oder Kantenlänge	Zulässige Druckbelastung von Rund- oder Kantholzstützen in kg bezogen auf eine Länge von						
	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	4,0 m	4,5 m	5,0 m
8 cm	1200	800	550	440	300	250	200
10 cm	2700	1900	1300	1000	800	600	500
12 cm	4600	3700	2800	2100	1600	1200	1000
14 cm	7000	6000	4900	3800	2900	2300	1900
16 cm	9700	8600	7400	6200	5000	3900	3200
18 cm	13000	11700	10400	9000	7000	6300	5100
20 cm	16800	15200	13800	12200	10800	9300	7800

Tab. 18: Zulässige Druckbelastung von Stützen aus Rund- oder Kantholz
(bei nicht quadratischen Kanthölzern gilt immer die kürzere Kantenlänge)

Improvisiertes Dreibein

Einsatzmöglichkeiten

Dreibeine können für folgende Aufgaben eingesetzt werden:

- Heben oder Absenken von Lasten
- Portal in einem Seilzugsystem
- Portal bei Überführungen (Kabel, Schläuche usw.)

Konstruktionsprinzipien für ein Dreibein

Faustregel für die Geometrie:

- Das Verhältnis zwischen der Basis b und der Beinlänge a sollte etwa 4:5 betragen. Dies ergibt einen Spreizwinkel von ca. 45° (genau 47°). Diese Geometrie stellt einen guten Kompromiss zwischen der Trag- und der Kippsicherheit dar.

- Schmalere Konstruktionen haben eine höhere Tragfähigkeit, sind jedoch kippanfällig. Breitere Konstruktionen sind kippstabiler, dafür weniger tragfähig.

Keine Dreibeine mit einem Spreizwinkel $< 30^\circ$ oder $> 60^\circ$ einsetzen.

Das Dreibein sollte symmetrisch sein. Die Grundfläche bildet ein gleichseitiges Dreieck (alle Winkel betragen je 60°) und der Dreibeinkopf steht senkrecht über dem Mittelpunkt des Grunddreiecks.

Kippgefahr: Die resultierende Kraft muss immer innerhalb des Grunddreiecks bleiben. Anderenfalls muss das Dreibein zusätzlich abgespannt werden.

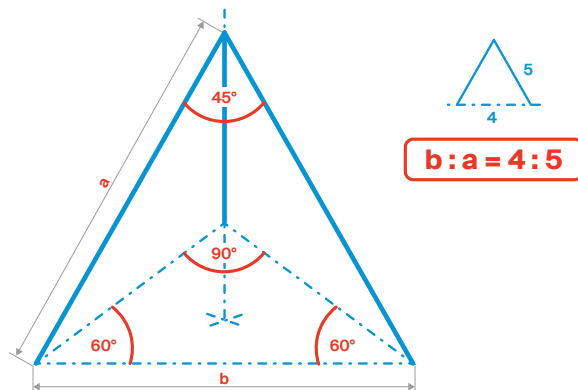


Abb. 41: Prinzipskizze eines Dreibeins (BABS)

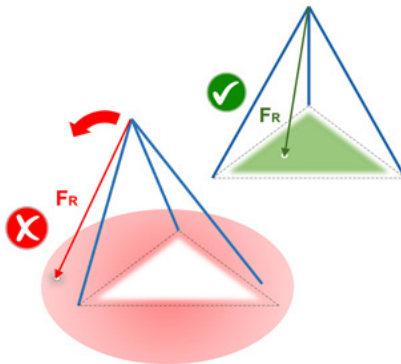


Abb. 42: Kippgefahr bei resultierender Kraft F_R ausserhalb der Grundfläche des Dreibeins

Sicherung der Beine

Die Beine müssen immer mit Seilen, durch Eingraben, Positionieren in Vertiefungen, Verbinden mit Schwenklatten oder Anschrauben gegen Wegrutschen gesichert werden.

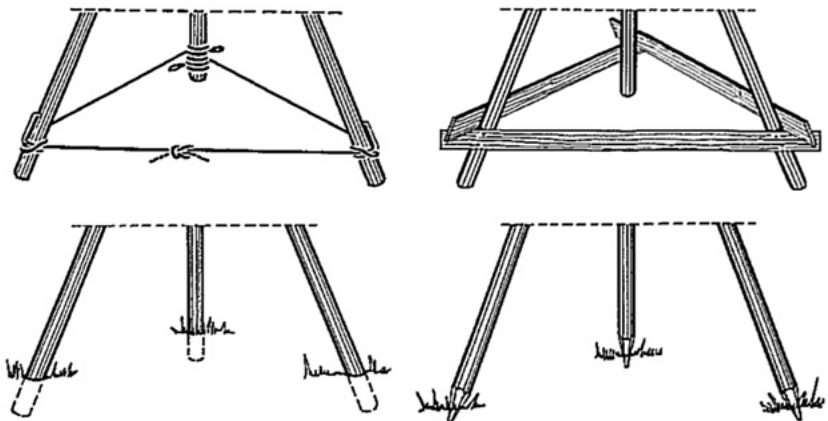


Abb. 43: Methoden zum Sichern der Beine gegen Wegrutschen (THW).

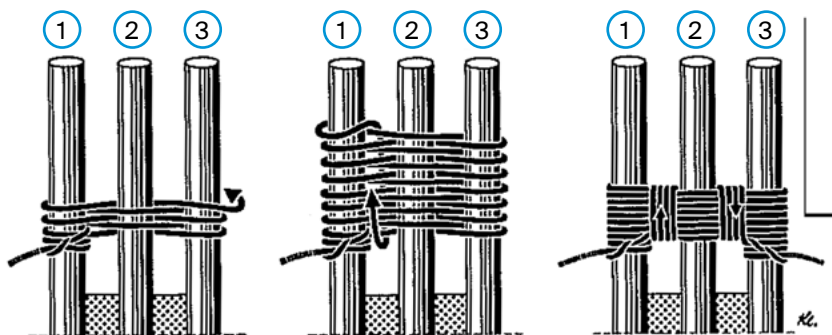


Abb. 44: Dreibeinbund (THW)

Improvisiertes Dreibein mit Rundhölzern und Dreibeinbund

Die Rundhölzer mit einem Zwischenraum von ca. $\frac{2}{3}$ des Rundholzdurchmessers parallel nebeneinanderlegen (Distanzhalter verwenden).

Den Seilanfang mit Mastwurf oder, bei vorhandener Endschleufe, mit einfacher Schnürung befestigen. Das freie Ende der Rundhölzer sollte zuletzt noch ca. 50 cm betragen.

Seil in Achter-Touren je nach Belastung ca. 5 bis 10-mal um die Rundhölzer führen. Um die Klemmwirkung zu verstärken, kann das mittlere Rundholz (2) zuerst auf die Gegenseite gelegt und erst nach zwei bis drei Achter-Touren auf die Seite der Rundhölzer (1) und (3) umgelegt werden.

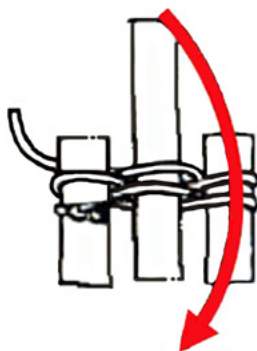


Abb. 45: Umlegen des mittleren Beins nach 2 bis 3 Achter-Touren

Zwischen den Hölzern wird ein Druckbund mit mindestens drei Umwicklungen rund um die Achter-Touren angebracht. Der Bund muss jetzt straff sein.

Das Seilende mit einem Mastwurf oder durch das Verknoten mit dem Seilanfang sichern.

Mittleres Bein (2) anheben, Beine (1) und (3) kreuzen. Dadurch wird der Dreibeinbund zusätzlich gespannt.

Anschlagmittel anbringen und Dreibein aufstellen.

Der Bund darf nicht übermäßig vorgespannt werden, sonst kann er bei der Belastung reißen.

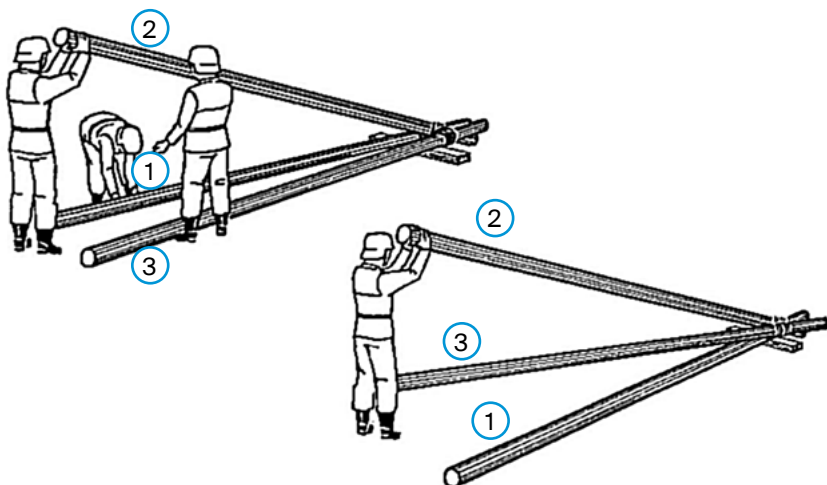


Abb. 46: Vorgehen zur Spannung des Dreibeinbunds (THW)

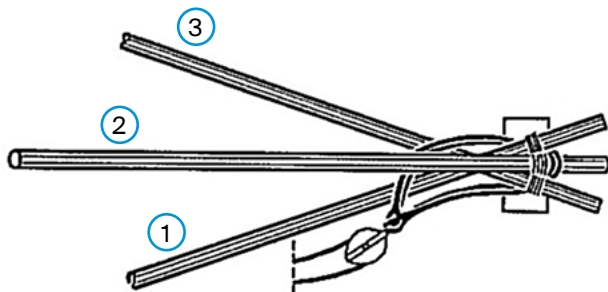


Abb. 47: Anbringen des Anschlagmittels (THW)

Rundschlinge so anbringen, dass der Anhängepunkt möglichst hoch liegt (max. Nutzhöhe) und der Bund nicht zusätzlich belastet, sondern eher verstärkt wird.

Improvisiertes Dreibein mit Gerüstrohren

Mit Gerüstrohren und Gerüstrohrkupplungen aus dem Bausektor können schnell improvisierte Dreibeine konstruiert werden. Die Gerüstrohrkupplungen müssen so angebracht werden, dass das Dreibein symmetrisch ist. Sie sind mit dem vorgeschriebenen Drehmoment festzuziehen.



Abb. 48: Mögliche Anschlagarten von Rundschlingen am Dreibein

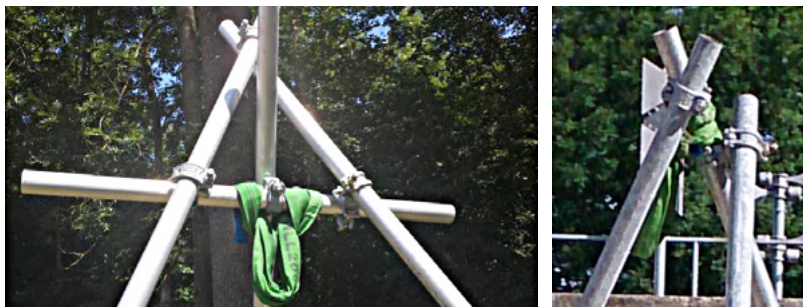


Abb. 49: Improvisierte Dreibeinkonstruktionen mit Gerüstrohren

Improvisiertes Zweibein

Einsatzmöglichkeiten

Zweibeine sind schnell erstellt und können für folgende Aufgaben eingesetzt werden:

Angelehnt an einer Struktur (z. B. Hauswand) zum Heben von liegenden Lasten (welche sich nahe der Struktur befinden)

- Zum Abstützen von Auslegern
- Als Basis für den Zweibein-Kran

Konstruktionsprinzipien für ein Zweibein

Faustregel für die Geometrie:

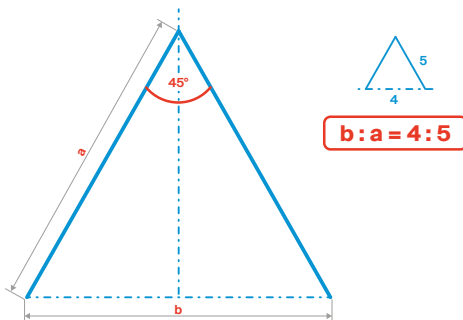


Abb. 50: Prinzipskizze eines Zweibeins

Wie beim Dreibein sollte das Verhältnis zwischen der Basis b und der Beinlänge a 4:5 und der Spreizwinkel somit ca. 45° betragen.

Keine Zweibeine mit einem Spreizwinkel $< 30^\circ$ oder $> 60^\circ$ einsetzen.

Die Sicherung der Beine erfolgt wie beim Dreibein.

Improvisiertes Zweibein mit Rundhölzern und Parallelbund

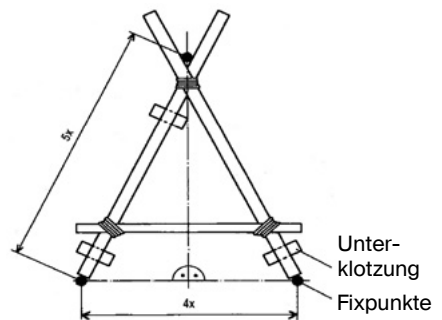


Abb. 51: Improvisiertes Zweibein

Verbinden der Rundhölzer mit dem Parallelbund (je nach Belastung mit ca. 5 bis 10 Umwicklungen).

Rundschlinge so anbringen, dass der Anhängepunkt möglichst hoch liegt (max. Nutzhöhe) und der Bund nicht zusätzlich belastet, sondern eher verstärkt wird.

Improvisiertes Zweibein aus Gerüstrohren



Abb. 52: Beispiele von Zweibeinen aus Gerüstrohren

Heben und Verschieben von Lasten mit einem improvisierten Zweibein-Kran

Beschreibung

Der Zweibein-Lastkran ist ein beidseitig abgespanntes Zweibein, mit dem mithilfe eines Seilzuggeräts Lasten angehoben, durch Schwenken des Zweibeins mittels Abspann- und Sicherungsseil horizontal verschoben und auf der anderen Seite wieder abgesenkt werden können.

Dies ist in vielen Fällen eine einfache und effiziente Transportmethode für kurze Distanzen. Die Komplexität des Systems darf aber nicht unterschätzt werden. Der Aufbau sowie der Betrieb erfordern mehr Sachverstand und bergen grössere Risiken als bei einem Dreibein.

The diagram illustrates a 3D coordinate system for a crane boom. The boom is represented by a thick black line with points A1, A2, and V1. The boom is supported by a cable (S2) and a safety cable (S1). The boom is positioned at a distance 'a' from the origin. The boom is supported by a cable (S2) and a safety cable (S1). The boom is positioned at a distance 'a' from the origin. The boom is supported by a cable (S2) and a safety cable (S1). The boom is positioned at a distance 'a' from the origin.

Legende

- a Länge der Bockbeine
- b Breite des Zweibeins
- A1, A2 Fusspunkte des Zweibeins
- d Ausladung der Last
- c Abstand der Verankerungen
- V1, V2 Verankerungspunkte
- S1 Abspannseil
- S2 Sicherungsseil

Geometrische Bedingungen		
Spreizwinkel Zweibein	Ausladung	Verankerungspunkte
$b : a = 4 : 5$	$d \leq 1/3 a$	$1.5 a \leq c \leq 2.5 a$
Winkel $\beta \approx 45^\circ$	$\alpha \leq 21^\circ$	$50^\circ < \gamma < 90^\circ$

Abb. 53: Geometrische Bedingungen eines Zweibeinkrans

Aufbau und Betrieb

Die dargestellte Geometrie (s. Seite 59) ist als Faustregel für improvisierte Systeme gedacht. Bei fehlenden Herstellerangaben kann sie aber auch für kommerzielle Systeme verwendet werden.

Der gewünschte Schwenkbereich **d** gibt die minimal erforderliche Länge **a** der Beine vor (siehe Rechnungsbeispiel).

Befinden sich die Verankerungspunkte des Abspann- oder Sicherungsseils näher beim Zweibein und / oder wird das Zweibein zu weit ausgeschwenkt, wirken unzulässig grosse Kräfte auf das Zweibein und auf die Seile. Es besteht Bruchgefahr.

Das Abspann- und das Sicherungsseil müssen möglichst rechtwinklig zur Basis **b** des Zweibeins verlaufen. Bei fehlenden Verankerungspunkten ist ausnahmsweise eine leichte Abweichung (max. $\sim 10^\circ$) vom rechten Winkel tolerierbar. Die beiden Seile müssen aber immer eine gerade Linie bilden und dürfen nie auf die gleiche Seite abweichen. Ansonsten besteht Kippgefahr.

Die Beine müssen zwingend gegen Wegrutschen gesichert werden. Dabei genügt das Verbinden der beiden Beine mit Schwenklatten, Seilen usw. alleine nicht. Die Fusspunkte müssen zudem so gesichert werden, dass sie sich im Schwenkbereich noch frei bewegen können.

Schwenkbereich d	Bockbeinlänge a	Abstand Verankerungen c
2-mal 1,6 m (Schwenkbereich total 3,2 m)	5 m	7,5 m – 12,5 m

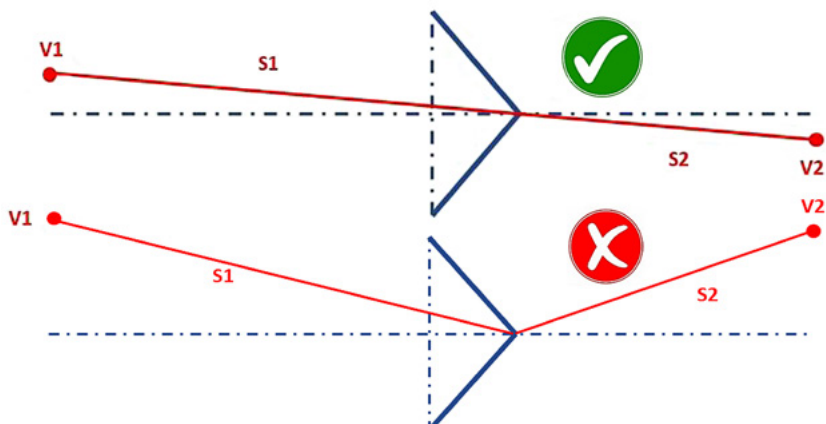


Abb. 54: Abweichungen des Sicherungs- und Abspannseils vom rechten Winkel (Grundriss)

Als Abspann- und Sicherungsseile müssen Seilzuggeräte mit statischen Seilen verwendet werden (am besten Handseilzüge mit Drahtseilen). Die zulässige Zuglast muss mindestens der zu hebenden Last entsprechen.

Als Abspann- und Sicherungsseile dürfen nur statische Seile verwendet werden.

- Das Zweibein kann mithilfe des Abspann- und des Sicherungsseils aufgerichtet werden (Fusspunkte sichern).
- Um ein Drehen der Last kontrollieren zu können, ist es empfehlenswert, an der Last zusätzliche Führungsseile anzubringen.
- Eine Person kommandiert von einem geeigneten, sicheren Standort den Betrieb des Zweibeinkrans.

- Die Seilzuggeräte und die Führungsseile werden durch je eine Person bedient.
- Immer nur eine Bewegung ausführen: Entweder Heben bzw. Senken der Last oder Schwenken des Zweibeins.
- Die Last nur so hoch wie nötig anheben.
- Das Sicherungsseil immer straff nachführen.
- Beim Schwenken über den Mittelpunkt (Totpunkt) des Zweibeins wird das Abspann- zum Sicherungsseil und umgekehrt.

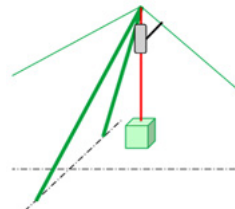
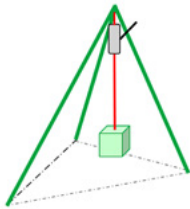
Anschlagen des Zuggeräts am improvisierten Drei- / Zweibein

Das Zuggerät zum Anheben bzw. Absenken der Last kann an verschiedenen Stellen angeschlagen werden. Je nach Anschlagart wirken auf die Konstruktion unterschiedliche Kräfte.

Als Anschlagpunkt für das Zuggerät muss immer das stärkere Bein gewählt werden.

Das Seilzuggerät kann auch (über eine Umlenkrolle geführt) an einem Anschlagpunkt ausserhalb des Drei- oder Zweibeins angeschlagen werden. Die Bedienperson befindet sich damit ausserhalb des Gefahrenbereichs. Auf die Konstruktion können aber zusätzliche, schwer abzuschätzende Kräfte einwirken. Diese Methode wird daher weniger empfohlen.

Direkter Anschlag am Drei- / Zweibeinkopf oder an der Last



Vorteile

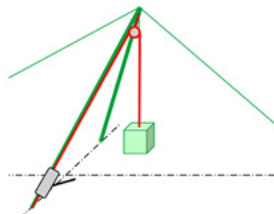
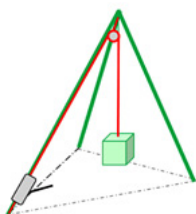
- Sehr einfach
- Gleichmässige Kraftverteilung
- Die Tragfähigkeit der Konstruktion kann optimal genutzt werden

Nachteile

- Die Bedienperson befindet sich im direkten Gefahrenbereich

Weniger empfehlenswert. Geeignet, wenn die Last nur wenige Zentimeter angehoben werden muss und die erforderliche Tragfähigkeit der Konstruktion sichergestellt ist.

Indirekter Seilzug mit Anschlag am Fussteil einer Stütze



Vorteile

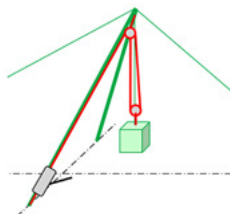
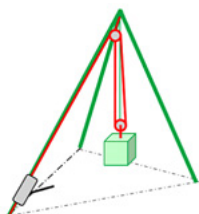
- Einfach
- Die Bedienperson befindet sich ausserhalb des direkten Gefahrenbereichs
- Ergonomische Bedienung des Seilzuggerätes

Nachteile

- Erhöhte Kraft auf das Bein mit dem Zuggerät ($\approx 1,5 \times \text{Last}$)
- Die Tragfähigkeit der Konstruktion kann nicht ausgenutzt werden

Empfehlenswert. Einfache und sichere Lösung. Die reduzierte Belastbarkeit der Konstruktion muss beachtet werden.

Indirekter Seilzug mit Anschlag am Fussteil einer Stütze und Flaschenzug Q/2



Vorteile

- Die Bedienperson befindet sich ausserhalb des direkten Gefahrenbereichs
- Ergonomische Bedienung des Seilzuggerätes
- Die Last kann auch mit einem leichten Seilzug bewegt werden

Nachteile

- Braucht mehr Material
- Erhöhte Kraft auf das Bein mit dem Zuggerät ($\approx 1 \times \text{Last}$)
- Die Tragfähigkeit der Konstruktion kann nicht ganz ausgenutzt werden

Empfehlenswert. Sichere Lösung. Durch den Flaschenzug wird die Tragfähigkeit der Konstruktion weniger stark reduziert als ohne.

Heben von Lasten mit improvisierten Auslegern

Einsatzmöglichkeiten

Mit Auslegern aus Gebäuden können nahe an der Fassade gelegene Lasten gehoben oder gesichert werden.

Ausleger aus Holz

- Wenn möglich Kanthölzer verwenden und diese hochkant einsetzen.
- Beim schrägen Ausleger sollte der Verankerungsteil doppelt so lang sein wie der Lastteil.
- Lastteile, welche mehr als 2 m über den Auflagerpunkt hinausragen, sollten mittels Zweibein abgestützt werden. Das Zweibein muss mit einem Parallelbund am Ausleger gesichert werden.

Dimensionierung der Ausleger

Distanz zwischen Auflagepunkt und Lastaufhängung	Zulässige Biegebelastung in kg bei einer Kantenlänge der Schmalseite von				
	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm
50 cm	600	980	1450	2050	2850
100 cm	300	480	720	1050	1450
150 cm	210	330	480	690	930
200 cm	150	240	360	510	720

Tab. 19: Belastbarkeit von Auslegern aus Tannenholz
 (bei der Verwendung von Rundhölzern reduziert sich die zulässige Belastung um ca. 50%)

Konstruktionsbeispiele

- 1 Ausleger
- 2 Bauklammer
- 3 Endlosschleife
- 4 Deckendurchbruch
- 5 Querriegel

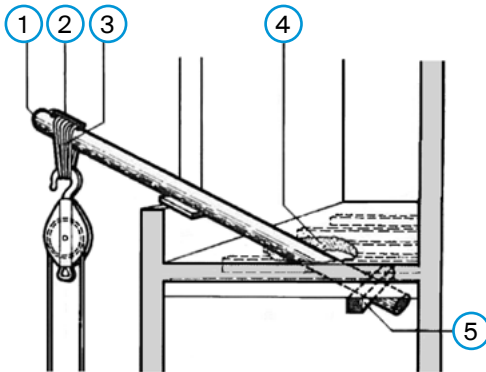


Abb. 56: Schräger Ausleger aus einem Gebäude

Zweibein mit Parallelbund sichern

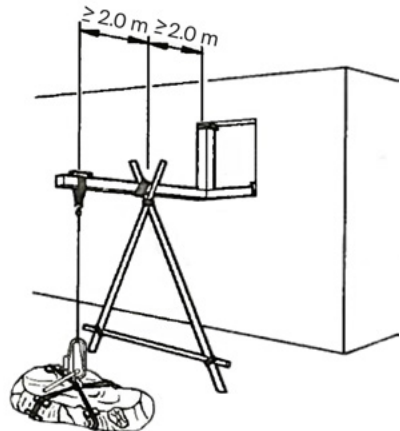


Abb. 55: Horizontaler Ausleger aus einem Gebäude mit Zweibeinabstützung

Ausleger aus Gerüstrohren

Aufgrund der grossen Flexibilität können mit Gerüstrohren und Gerüstzubehör viele verschiedene improvisierte Konstruktionen erstellt werden.



Abb. 57: Beispiel eines Delta-Auslegers (THW)

Bewegen von Lasten mit Hebe­geräten

Mit tragbaren mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Hebe­geräten können, ohne grossen körperlichen Kraftein­satz, enorme Lasten angehoben oder verschoben werden. Je nach Situation werden die Hebe­geräte einzeln oder in Kombination eingesetzt.

Hebe­geräte

Heben mit dem Hebeisen

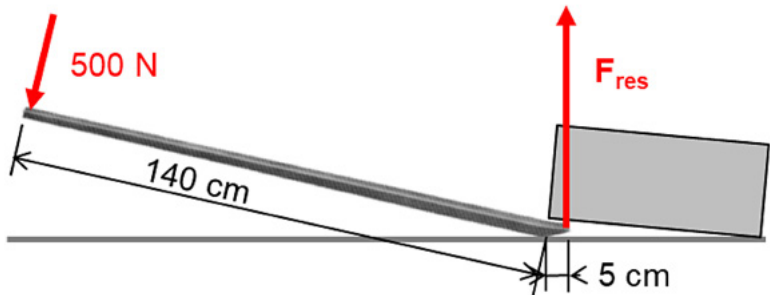
Das einfachste und oft schnellste Mittel zum Anheben einer Last ist das Hebeisen. Es ist multifunktionell einsetzbar und gehört zur Grund­aus­rüs­tung jedes Pionierzuges.

Hebelgesetz:

An einem Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn das Produkt aus Kraft x Kraftarm gleich Last x Lastarm ist.

Regeln beim Arbeiten mit dem Hebeisen:




- Drehpunkt möglichst nahe an der Last wählen.
- Drehpunkt wenn möglich mit Hartholz unterlegen (keine Steine verwenden, da Bruch- und Abrutschgefahr besteht).
- Hebeisen mit beiden Händen kontrolliert neben dem Körper führen.



$$500\text{ N} \cdot 140\text{ cm} = F_{res} \cdot 5\text{ cm}$$

$$F_{res} = \frac{500\text{ N} \cdot 140\text{ cm}}{5\text{ cm}} = 14'000\text{ N}$$

Abb. 58: Berechnung der Kräfte beim Anheben einer Last

	Vorteile	Nachteile
Kombigerät (Spreizer) 	<ul style="list-style-type: none"> – Ideal als «Initialgerät» bei sehr schmalen Zwischenräumen – Benötigt wenig Platz – Multifunktionell 	<ul style="list-style-type: none"> – Bedienperson im Gefahrenbereich – Kippgefahr
Last-/ Wagenheber Stockwinde 	<ul style="list-style-type: none"> – Einfach und robust – Benötigt keine externe Energieversorgung – Benötigt wenig Platz 	<ul style="list-style-type: none"> – Bedienperson im Gefahrenbereich – Kippgefahr
Hebekissen 	<ul style="list-style-type: none"> – Bedienperson ausserhalb des Gefahrenbereichs – Grosse Hebekraft – Bei schmalen Zwischenräumen einsetzbar – Passt sich unterschiedlichen Oberflächen an 	<ul style="list-style-type: none"> – Externe Energieversorgung erforderlich – Grosse Hebekissen benötigen viel Platz

Tab. 20: Vor- und Nachteile von Hebeegeräten

Regeln für den Einsatz

Die nachfolgend aufgeführten Regeln ersetzen nicht die Vorschriften der Gerätehersteller, sondern sind ergänzende Hinweise für die Praxis.

Allgemeines

- Die Sicherheits-, Bedienungs- und Einsatzvorschriften der Gerätehersteller müssen eingehalten werden.
- Die Last muss abwechselnd in kleinen Schritten angehoben und lageweise unterbaut werden.
- Die Last nie gleichzeitig anheben und unterbauen.
- Beim Unterbauen: «Hände weg!» Keine Körperteile direkt zwischen der Last und der Unterbauung. Hilfsmaterial verwenden (z. B. Hebeisen, Stangen usw.).
- Methoden für das Unterbauen vgl. Handbuch Pionier Abstützen von Bauwerken und Bauteilen.

Lasten dürfen sich nie ungewollt oder unkontrolliert bewegen und müssen immer gesichert sein.

Einseitiges Anheben von Objekten

- Der Drehpunkt muss immer gesichert sein.

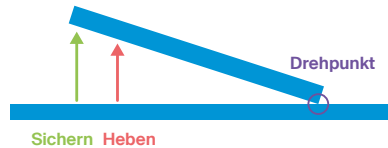


Abb. 59: Skizze eines ungesicherten Drehpunkts (BABS)

- Das Hebegesetz kann bereits bei wenigen Grad Neigung abrutschen und herausgeschleudert werden. Bei Hebern aus Stahl sollten immer Holz oder Kunststoffblöcke als Unterlage verwendet werden.
- **Faustregeln** Abrutschgefahr:
Stahl auf Stahl ab $\sim 10^\circ$
Stahl auf Beton ab $\sim 20^\circ$
Hebekissen ab $\sim 30^\circ$

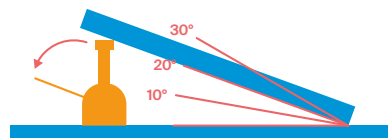


Abb. 60: Rutschgefahr bei verschiedenen Winkeln (BABS)

- Durch das Schrägstellen des Hebege­rät­es wird das Risiko des Abrutschens etwas verringert. Dafür wird zusätzlich zur vertikalen Kraft eine horizontale Kraft erzeugt. Nicht gesicherte Lasten können nach vorne weggleiten.
- Hebege­rät­e mit kleinen Auflage­flä­chen (z. B. Rettungs­sprei­zer) können zur Seite wegkippen und die Last so ungewollt seitwärts bewegen. Bei der Gefahr von seitlichen Bewegungen muss die Last auf beide Seiten gesichert werden (z. B. mit je einem Handseilzuggerät).
- Beim einseitigen Anheben von Lasten mit hohem Schwerpunkt muss unbedingt das Kippmoment beachtet werden. Das Lot auf den Lastschwerpunkt darf nie ausserhalb der Kippkante verlaufen, sonst kippt die Last um. Falls doch erforderlich, sollte die Last mit einem Seilzuggerät gesichert werden.



Abb. 61: Horizontale Kraft bei angewinkeltem Hebege­rät

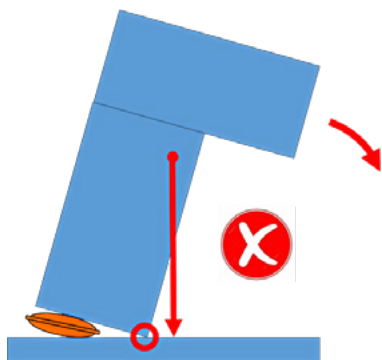


Abb. 62: Kippmoment bei hohem Schwerpunkt

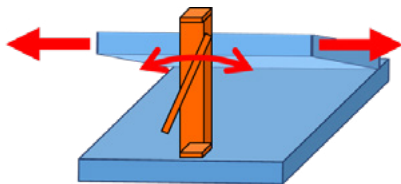


Abb. 63: Horizontale Kraft bei angewinkeltem Hebege­rät

Heben mit Hebekissen

- Mit zunehmender Hubhöhe sinkt die Hubkraft des Hebekissens.
- Hebekissen verhalten sich wie Kugeln, besonders, wenn sie ganz gefüllt sind und zwei Kissen übereinander eingesetzt werden. Bei heiklen Arbeiten darf nur ein Kissen verwendet werden. Ausserdem sollte es nicht ganz gefüllt werden.

Die Last nie auf beiden Seiten gleichzeitig anheben.

- Bei unsicheren Drehpunkten und bei schlanken Lasten ist die Last immer mit Handseilzügen zu sichern. Dabei werden die Seilzüge im Wechsel leicht gelöst und die Last mit den Kissen gehoben, bis die Seile wieder straff sind.
- Beim Einsatz von zwei Hebekissen müssen die Kissen immer zentrisch übereinanderliegen. Werden sie exzentrisch versetzt angeordnet, wird sich die Last mit fortschreitendem Hubvorgang seitwärts bewegen und kann herunterfallen.

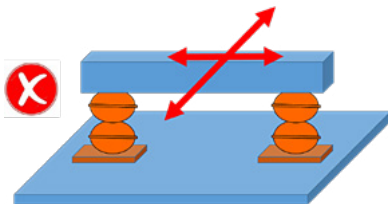


Abb. 64: Kippgefahr bei beidseitigem Anheben einer Last

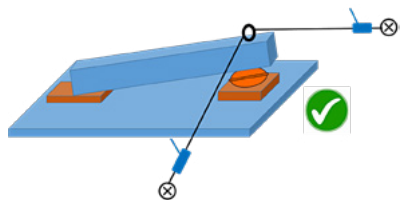


Abb. 65: Korrektes Anheben und Sichern eines Trägers

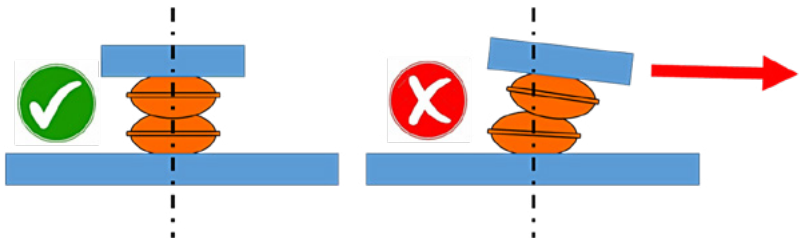


Abb. 66: Zentrisch und exzentrisch angeordnete Hebekissen

