

HANDBUCH PIONIER

HEBEN, VERSCHIEBEN

UND SICHERN VON LASTEN

PROVISORISCHE AUSGABE

www.babs.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS
Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
Ausbildung

Impressum

Herausgegeben vom
Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)
Geschäftsbereich Ausbildung

Version 2020-10 (provisorisch)



INHALT

1. Allgemeine Übersicht	3
1.1 Auftrag und Einsatz	3
1.2 Grundsysteme	3
1.2.1 Verschieben von Lasten (Bodenzug)	3
1.2.2 Heben von Lasten	4
1.2.3 Kombiniertes Heben und Verschieben von Lasten	4
1.3 Einsatzprozess für das Bewegen von Lasten	5
2. Sicherheit	6
2.1 Sicherheitsvorschriften VSZS	6
2.2 Weitere Sicherheitsregeln	8
3. Verankerungen	9
3.1 Allgemeines	9
3.1.1 Geplante Verankerungen	9
3.1.2 Improvisierte Verankerungen	9
3.1.3 Redundantes Verankerungssystem	10
3.1.4 Versagen von Verankerungen	10
3.2 Betonanker	10
3.2.1 Allgemeine Grundsätze	10
3.2.2 Beispiele	11
3.2.3 Beispiele aus der Praxis	13
3.3 Erdverankerungen	13
3.3.1 Allgemeine Grundsätze	13
3.3.2 Stabanker	14
3.3.3 Totmannanker	19
3.3.4 Drehplattenanker	20
3.4 Baumverankerungen	22
3.4.1 Prinzip Baumverankerungen	22
3.4.2 Regeln für den Einsatz	22
3.5 Verankerungen an grossen Steinen	24
3.5.1 Prinzip Steinblockverankerung	24
3.5.2 Regeln für den Einsatz	24
3.6 Improvisierte Verankerungen an Bauwerken	25
3.6.1 Allgemeines	25
3.6.2 Schachtverankerung	25
3.6.3 Querriegelverankerung	26
4. Verbindungsmittel und -elemente	28
4.1 Belastung	28
4.2 Einfluss von Winkeln	29
4.3 Scharfe Kanten	30
4.4 Rundschlingen und Hebebänder	31

4.5 Schäkel	32
4.5.1 Regeln für den Einsatz	33
4.6 Drahtseile	34
4.6.1 Regeln für den Einsatz	34
4.7 Faserseile	37
4.7.1 Allgemeines	37
4.7.2 Regeln für den Einsatz	38
4.7.3 Knoten und Bünde für Hilfskonstruktionen und Material	39
4.8 Zurrgurte	43
4.8.1 Regeln für den Einsatz	44
5. Bewegen von Lasten mit Seilzuggeräten	45
5.1 Portable Seilzuggeräte	45
5.1.1 Allgemeines	45
5.1.2 Vor- und Nachteile von tragbaren Seilzuggeräten	46
5.2 Flaschenzugsysteme	47
5.2.1 Einfache Flaschenzüge für Seilzuggeräte	47
5.2.2 Umlenkrollen	48
5.3 Ziehen von Lasten (Bodenzug)	48
5.3.1 Haftreibung und Gleitreibung	48
5.3.2 Rollreibung	50
5.3.3 Regeln für den Einsatz	51
5.4 Heben und Verschieben von Lasten mit Drei- oder Zweibeinen	51
5.4.1 Allgemeines	51
5.4.2 Dimensionierung von Stützen aus Rund- oder Kantholz	52
5.4.3 Improvisiertes Dreibein	52
5.4.4 Improvisiertes Zweibein	57
5.4.5 Heben und Verschieben von Lasten mit einem improvisierten Zweibein-Kran	59
5.4.6 Anschlagen des Zuggeräts am improvisierten Drei- /Zweibein	63
5.5 Heben von Lasten mit improvisierten Auslegern	64
5.5.1 Einsatzmöglichkeiten	64
5.5.2 Ausleger aus Holz	64
5.5.3 Ausleger aus Gerüstrohren	66
6. Bewegen von Lasten mit Hebeegeräten	67
6.1 Hebeegeräte	67
6.1.1 Heben mit dem Hebeisen	67
6.1.2 Vor und Nachteile einiger Hebeegeräte	68
6.2 Regeln für den Einsatz	68
6.2.1 Allgemeines	68
6.2.2 Einseitiges Anheben von Objekten	69
6.2.3 Heben mit Hebekissen	71

1. 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.

1.1 Auftrag und Einsatz

Im Katastrophenfall können professionelle, leistungsfähige Mittel (Bagger, Krane, Teleskoplader, schwere Seilwinden etc.) aufgrund der Zugänglichkeit oder der speziellen Lage oft nicht oder nicht zeitgerecht eingesetzt werden. Bei Rettungen aus Trümmerlagen oder bei Sicherungs- und Instandstellungsarbeiten müssen Pioniere deshalb in der Lage sein, Lasten selbständig 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.

1.2 Grundsysteme

1.2.1 Verschieben von Lasten (Bodenzug)



Abb. 1: Verschieben von Lasten (BABS).

- Ziehen mit Hand- oder Motorseilzügen
- Stossen mit mechanischen, hydraulischen oder pneumatischen Hebe-geräten

1.2.2 Heben von Lasten

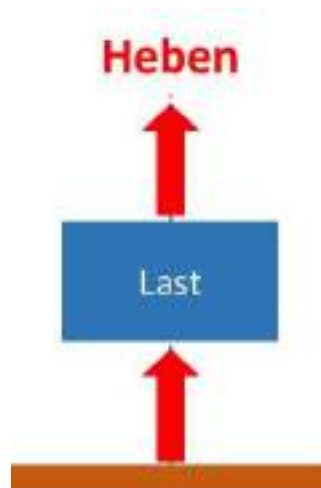


Abb. 2: Heben von Lasten (BABS).

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

1.2.3 Kombiniertes Heben und Verschieben von Lasten

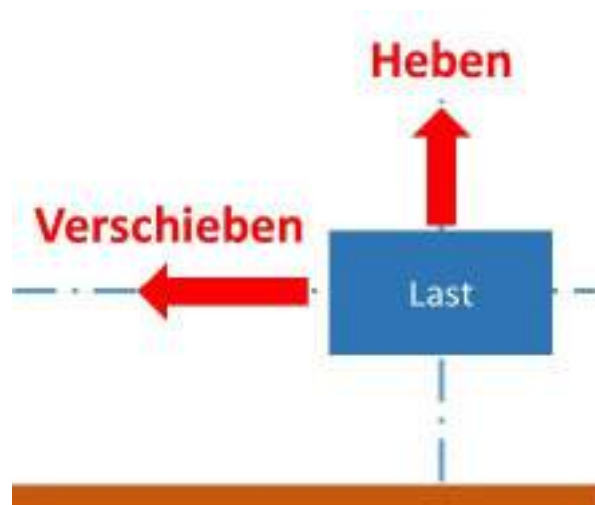


Abb. 3: Heben und Verschieben von Lasten (BABS).

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

1.3 Einsatzprozess für das Bewegen von Lasten

Situation beurteilen
<ul style="list-style-type: none">– 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 etc.)– Verfügbare Mittel beurteilen
Lösungsmöglichkeiten prüfen und Lösung festlegen
<ul style="list-style-type: none">– Zug- bzw. Hebesystem definieren– Ankerpunkte für die Zugeräte bzw. Position der Hebegeräte festlegen– Lastanschlag definieren– Abstützung definieren– Hilfskonstruktionen planen– Skizze und Materialliste erstellen
System aufbauen
<ul style="list-style-type: none">– Verankerungen und Hilfskonstruktionen erstellen– Seile auslegen– Last, Umlenkrollen und Seilzugerät anschlagen bzw. Hebegeräte positionieren– Abstützmaterial bereitlegen– Sicherheitscheck durchführen
Last bewegen
<ul style="list-style-type: none">– 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.

2. SICHERHEIT

2.1 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.

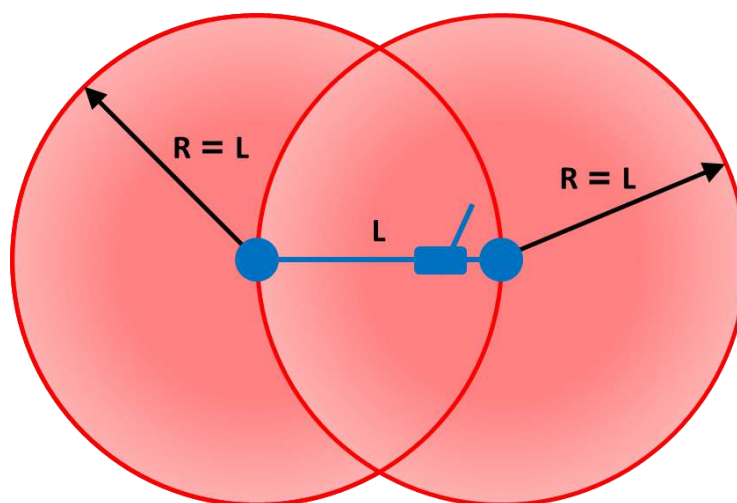


Abb. 4: Schleuderbereich bei einem direkten Seilzug.

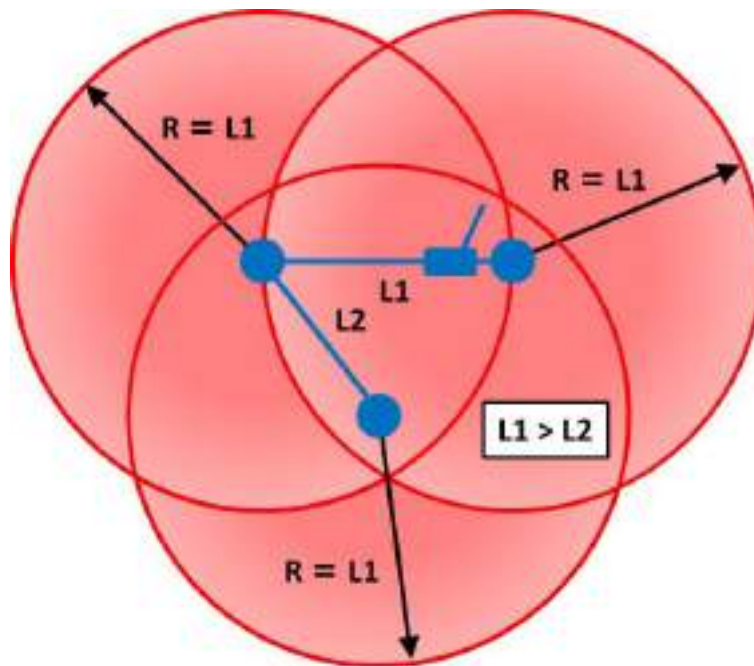


Abb. 5: Schleuderbereich bei einem umgelenkten Seilzug.

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.

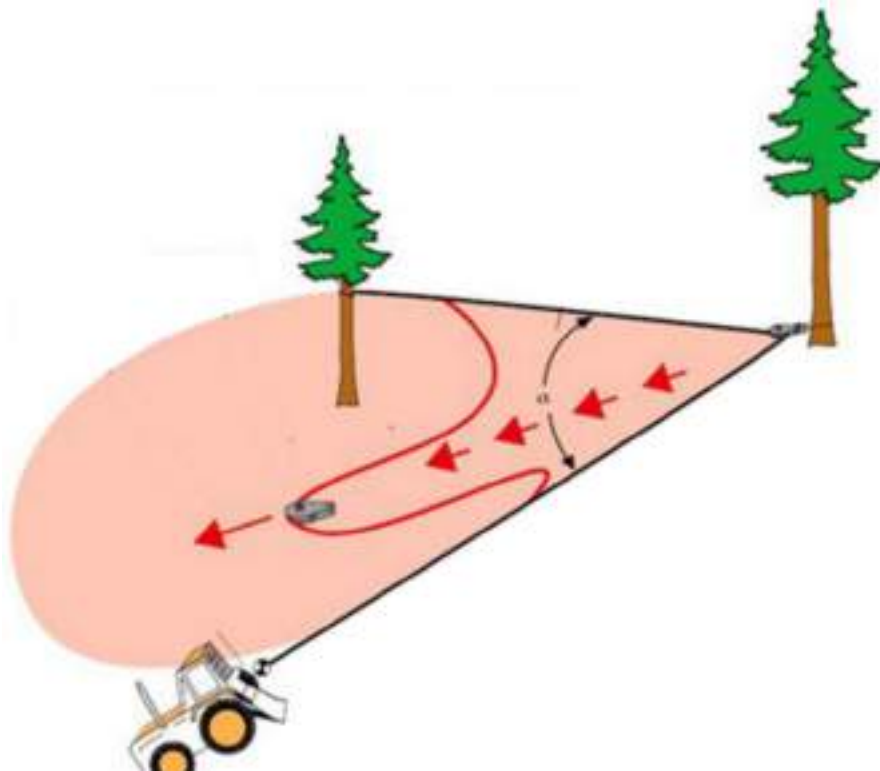


Abb. 6: Gefahr durch die Umlenkrolle im Seilinnenwinkel.

2.2 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.

3. 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.

3.1 Allgemeines

3.1.1 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.

3.1.2 Improvisierte Verankerungen

- Kommerzielle oder geplante Verankerungen (z. B. Betonanker), bei welchen die Herstellervorschriften 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.

3.1.3 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.

3.1.4 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.

3.2 Betonanker

3.2.1 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 gerissenem 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 etc.) eingesetzt werden. Bei weichem oder

brüchigem Fels (Sandstein, Schiefer etc.) 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 Fachspezialistinnen/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

3.2.2 Beispiele

Typ Spreizanker	
Durch das Aufspreizen und Anpressen des Spreizelements werden die Zugkräfte durch Reibung aufgenommen.	
Betonanker 5 t Zivilschutz	
<ul style="list-style-type: none"> – Für sehr grosse Lasten bis 5 t – Zum Anschlagen von Zug- und Hebe geräten 	
<p style="text-align: center;">Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> – Gesamtsystem mit verschiedenen langen Ankerstäben, einer Ankerplatte und einer Gegenplatte – Das Bohrloch mit Spreizanker kann wiederverwendet werden – Keine Betonqualität vorgeschrieben 	<p style="text-align: center;">Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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	
<ul style="list-style-type: none"> – Oft verwendeter Betonanker aus dem Bausektor – Für mittlere Lasten – Auch zur Absturzsicherung und Rettung (ab 12 mm Durchmesser) 	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfache Montage – Durchsteckbar durch Anbauteile – Kleiner Bohrlochdurchmesser 	<ul style="list-style-type: none"> – Grosse Spreizkräfte auf die Bohrlochwand – Drehmoment muss eingehalten werden (Drehmomentschlüssel)
Kompaktdübel mit Innengewinde	
<ul style="list-style-type: none"> – Aus dem Bausektor – Für kleine Lasten – Befestigen von Geräten (z. B. Kernbohrgerät) – Nie für Personen verwenden (Absturzsicherung / Rettung) 	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfache Montage – Kleine Setztiefe = auch bei geringer Bauteildicke einsetzbar – Kein Drehmoment erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> – Spezielles Setzwerkzeug erforderlich – Spreizkräfte auf die Bohrlochwand

Typ Schraubanker	
<p>Beim Eindrehen schneidet sich das Gewinde in den Beton und die Zugkräfte werden durch Formschluss aufgenommen.</p>	
Schraubanker (Betonschraube)	
<ul style="list-style-type: none"> – Aus dem Bausektor – Für mittlere Lasten – Auch zur Absturzsicherung / Rettung (ab 12 mm Durchmesser) 	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Sehr einfache Montage – Sehr kleiner Bohrlochdurchmesser = Akkubohrhammer genügt – Praktisch spreizdruckfrei, reduzierte Rand- und Achsabstände möglich – Kein Montagedrehmoment erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> – Grosser Eindrehwiderstand – Bei der Randeinwirkung von Armierungseisen gibt es je nach Modell Probleme beim Einschrauben

– Je nach Modell mehrfach verwendbar	
--------------------------------------	--

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 min. 10 x Bohrlochdurchmesser, Achsabstand min. 20 x Bohrlochdurchmesser
- Vorgeschriebenen Bohrer wählen
- Rechtwinklig zur Oberfläche und tief genug bohren (vorgeschriebene Setztiefe einhalten)
- Bohrloch reinigen
- Vorgeschriebenes Drehmoment einhalten

3.2.3 Beispiele aus der Praxis

		
Betonanker 5 t mit Ankerplatte	Improvisierter Anschlagpunkt mit Durchsteckanker M16	Gerätebefestigung mit Schraubanker 16 mm und B15 Gewindestab

3.3 Erdverankerungen

3.3.1 Allgemeine Grundsätze



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

Erdanker können auf folgende Arten versagen:

- Materialversagen des Ankers
- Versagen des Bodenkörpers

Im Gegensatz zum Verankerungsmaterial 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.

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.

3.3.2 Stabanker

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

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfach = können ohne Spezialwerkzeuge von Hand installiert werden – Einsatz auch an schwer zugänglichen Standorten möglich – Können behelfsmässig mit vor Ort verfügbarem Material (Rund- 	<ul style="list-style-type: none"> – Begrenzte Zugfestigkeit – Zugbelastung kann nur parallel zum Boden verlaufen – Schwere Handarbeit, besonders die Demontage der Stäbe – Bei dicken Stäben muss oft vorgebohrt werden

/Kantholz, Rohre, Armierungseisen etc.) erstellt werden

– Bei hartem, mit grossen Steinen durchsetztem Boden nicht oder nur bedingt einsetzbar

Tab. 3: Vor- und Nachteile von Stabankern.

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. Erdnägel), 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.

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

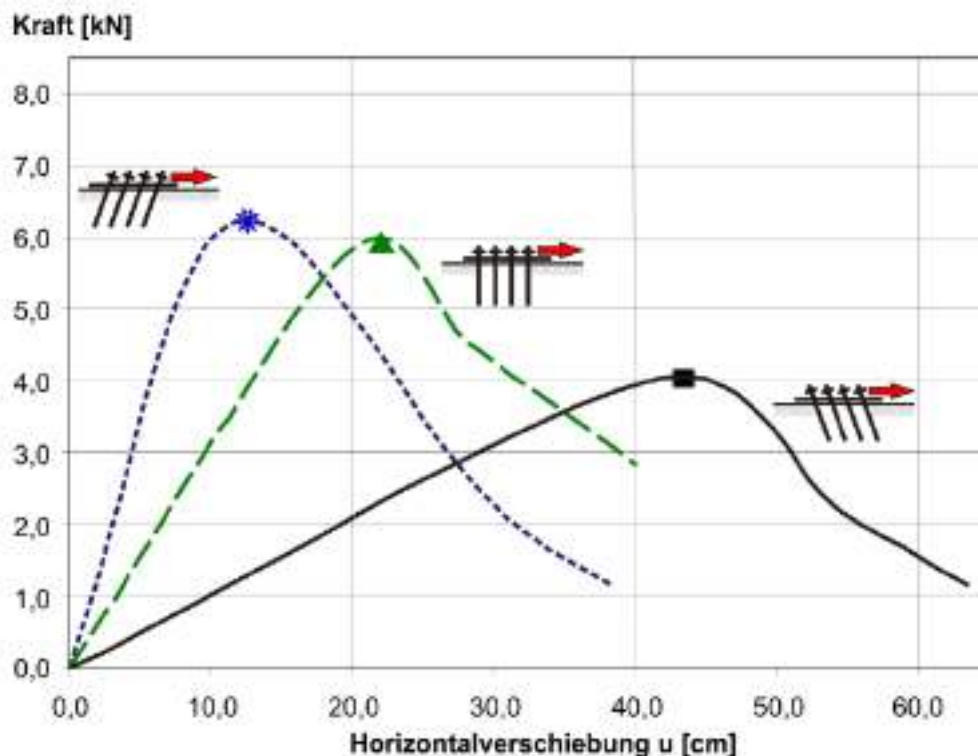


Abb. 7: Belastungsversuche in Sand mit unterschiedlich geneigten Erdnägeln: 20° in und gegen die Zugrichtung (Hessische Landesfeuerwehrschule).

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



Abb. 8: Reihenverankerung mit drei Stäben (Grundriss).

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. 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

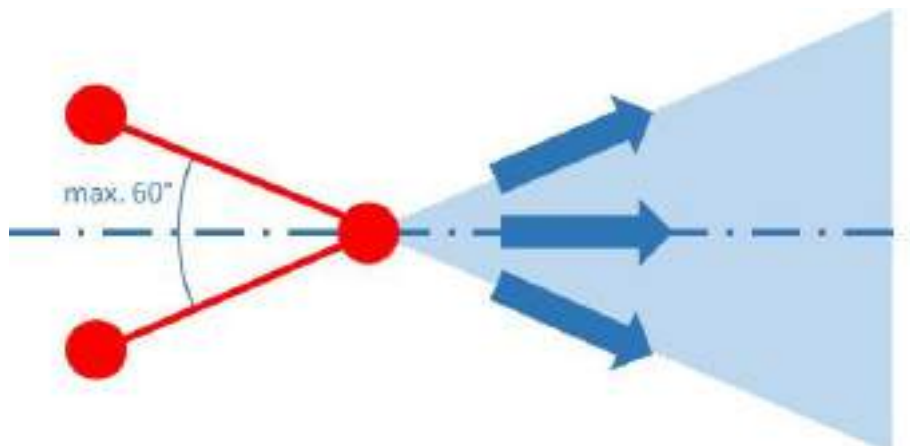


Abb. 9: Dreieckverankerung mit drei Stäben (Grundriss).

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

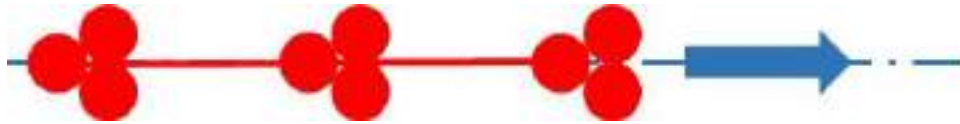


Abb. 10: Reihenverankerung mit drei Stabgruppen (Grundriss).

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).

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.

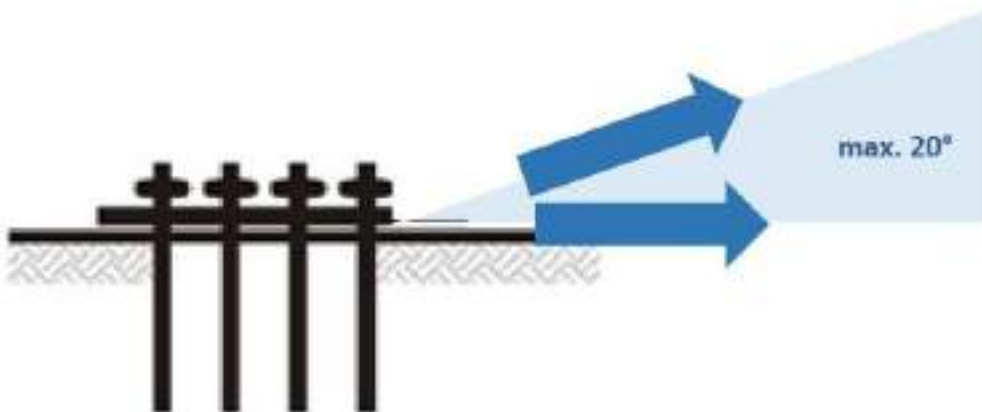
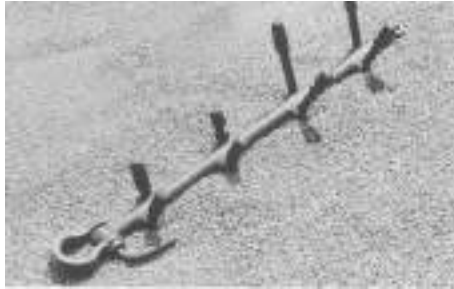

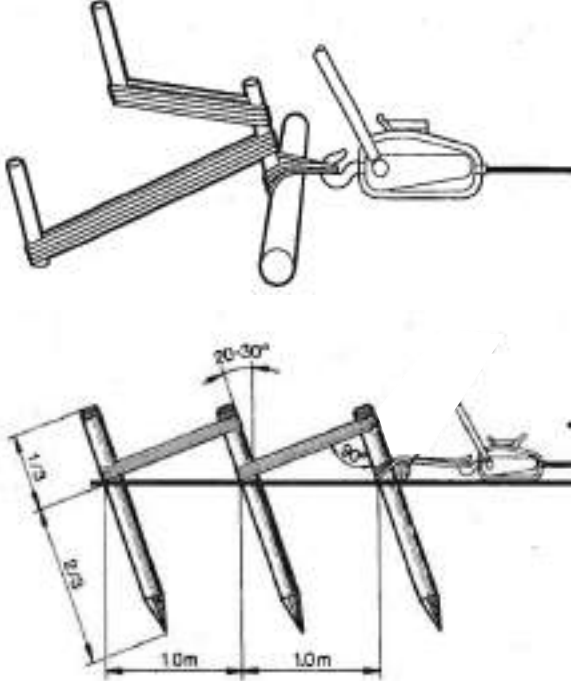


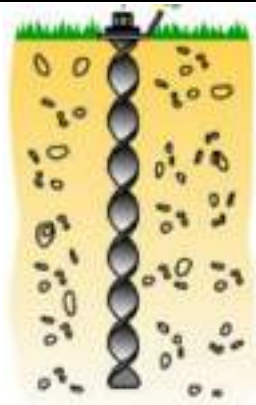
Abb. 11: Maximaler Vertikalwinkel bei Stabverankerungen.

Tipps zur Demontage von Stabverankerungen

- Stäbe gleichzeitig herausziehen und drehen (je nach Stab mit Gabelschlüssel, Rohrzange, Pflöckzieher etc.).
- Bei sehr grossem Widerstand die Löcher zuerst mit Wasser "einschlämmen" oder die Stäbe mithilfe von Hebeegeräten (Hebeisen, Stockwinde, Rettungsspreizer etc.) herausziehen.

Beispiele Stabanker

Titanverankerung	
<ul style="list-style-type: none">– 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	
<ul style="list-style-type: none">– Systemanker– Zulässige Belastung bis 1.5 t– Verbindung mit Flacheisen– Einfach, robust– Flexible Anordnung der Flacheisen möglich	
Pfahlverankerung	
<ul style="list-style-type: none">– Behelfsmässige Verankerung mit Holzpfählen– Für weiche Böden– Pfahllänge 1.2–2 m– Pfahldurchmesser 12 cm– Pfahlabstand 1 m– 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	
<ul style="list-style-type: none"> – Systemanker – Zulässige Belastung bis ~ 3 t – Wesentlich grössere Haltekraft als normale Erdnägel – Wird eingeschlagen und kann sehr einfach wieder herausgeschraubt werden – Verschiedene Anschlussmöglichkeiten 	

3.3.3 Totmannanker

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

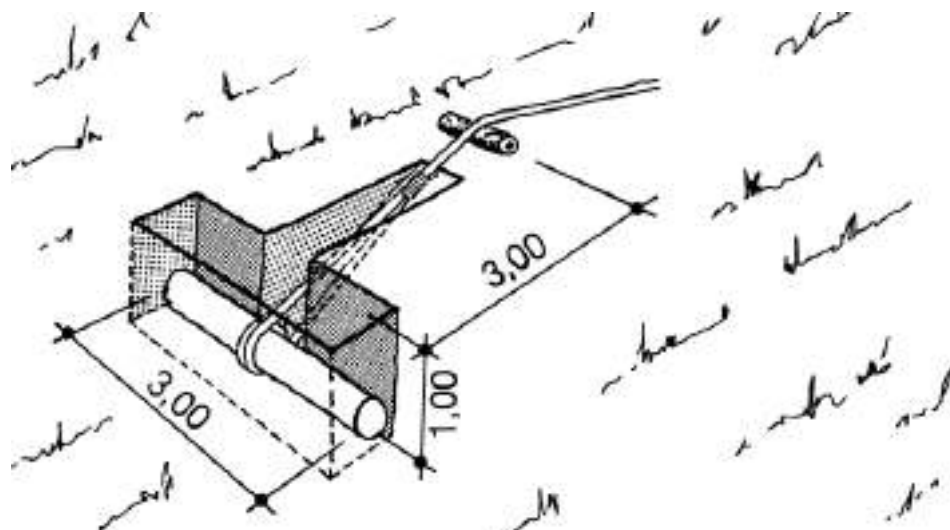


Abb. 12: Prinzip eines Totmannankers (Schweizer Armee).

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Zulässige Verankerungskraft in festem Boden bis ungefähr 2–3 t – Technisch einfach zu erstellen – Kann behelfsmässig mit vor Ort verfügbarem Material (Rund-/Kantholz etc.) erstellt werden – Kann über längere Zeit belastet werden 	<ul style="list-style-type: none"> – Installation und Deinstallation benötigen viel Zeit – Grössere Aushubarbeiten nötig

Tab. 4: Vor- und Nachteile von Totmannankern.

Vorgehen bei der Installation

- Eine Grube von 2–3 m Länge und 1 m Tiefe wird quer zur Zugrichtung ausgehoben. Darin wird ein Rundholz mit einem Durchmesser von 20–30 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.

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. 5: 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).

3.3.4 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.

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

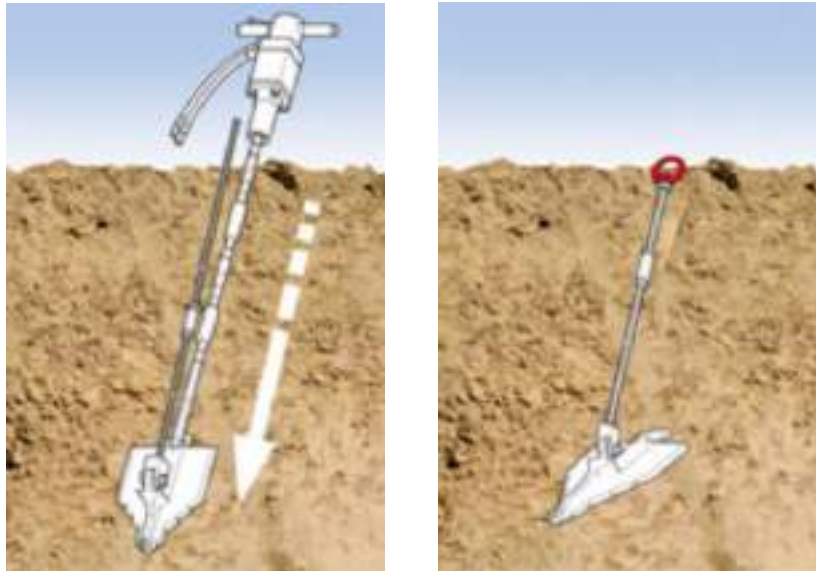


Abb. 13: Montage- und Funktionsprinzip eines Drehplattenankers.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – 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 	<ul style="list-style-type: none"> – Spezielles Rammwerkzeug erforderlich – Nur einmal einsetzbar (das Verbindungsmittel wird gekappt, der Anker bleibt im Boden)

Tab. 6: Vor- und Nachteile von Drehplattenankern.

3.4 Baumverankerungen

3.4.1 Prinzip Baumverankerungen

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

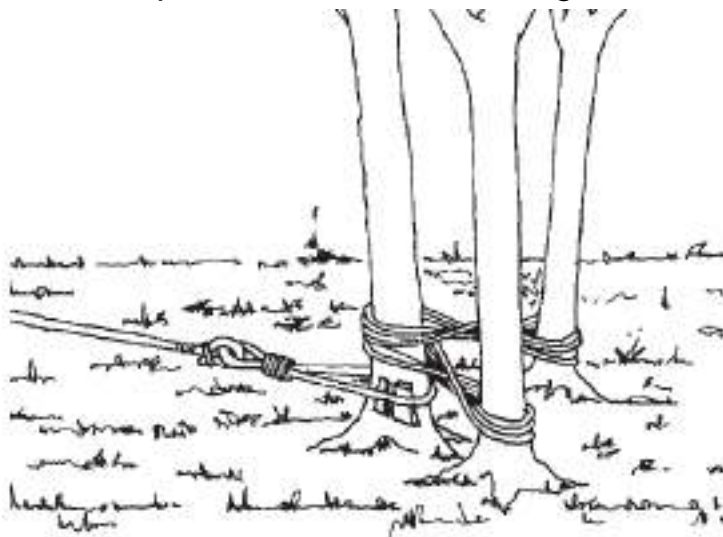


Abb. 14: Redundante Verankerung an drei Bäumen (Schweizer Armee).

3.4.2 Regeln für den Einsatz

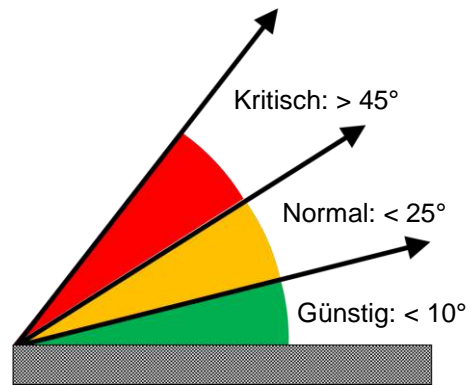
Baum auf seine Eignung beurteilen

- 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. 7) oder kann die Last auf mehrere Bäume verteilt werden?

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.

Baumdurchmesser in Brusthöhe ¹⁾ [cm]	Zulässige Verankerungskraft [t]
20	1.3
25	2.1
30	3.0
35	4.1
40	5.3
45	6.7
50	8.3



Tab. 7: Richtwerte für die zulässige Belastung von Bäumen (¹⁾ Brusthöhe = 1.3 m).

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

Verankerungen an Wurzelstöcken

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

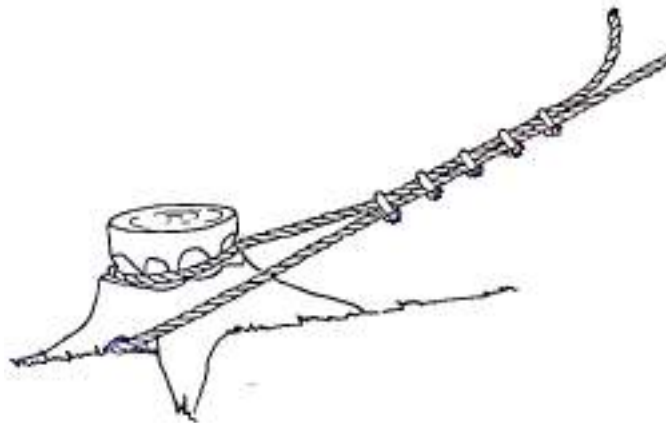


Abb. 15: Seilverankerung an einem Wurzelstock (Schweizer Armee).

3.5 Verankerungen an grossen Steinen

3.5.1 Prinzip Steinblockverankerung

Felsblöcke können im Gelände als zuverlässige improvisierte Verankerungen dienen.



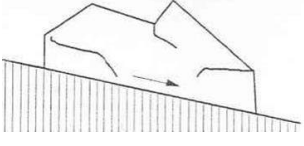
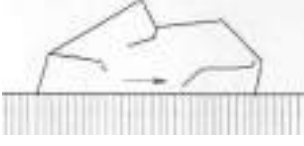

Abb. 16: Verankerung an einem Felsblock (Schweizer Armee).

3.5.2 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. 8)
- Gibt es scharfe Kanten?
- Kann das Verbindungsmittel sicher angeschlagen werden, ohne dass es abrutscht?

Zulässige Belastung von Felsblöcken

Stein- grösse	Zulässige Verankerungskraft in [t] bei verschiedenen Geländeneigungen		
	10 % Gefälle	Horizontal	10 % Steigung
			
3 m ³	1.0	1.5	2.0
5 m ³	1.5	2.5	3.5
8 m ³	2.5	4.0	5.5

Tab. 8: Richtwerte für die zulässige Belastung von Felsblöcken.

3.6 Improvisierte Verankerungen an Bauwerken

3.6.1 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 etc.) oder an Hydranten anbringen.

3.6.2 Schachtverankerung

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

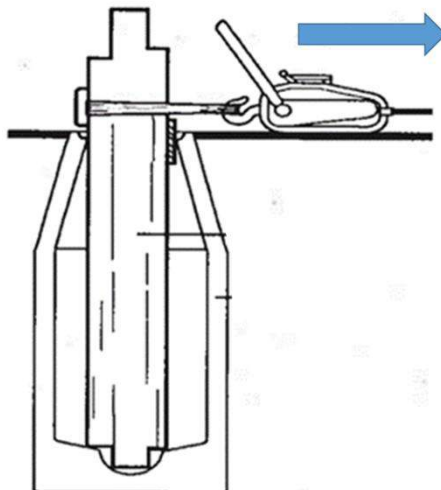


Abb. 17: Schachtverankerung mit einem Rundholz.

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.

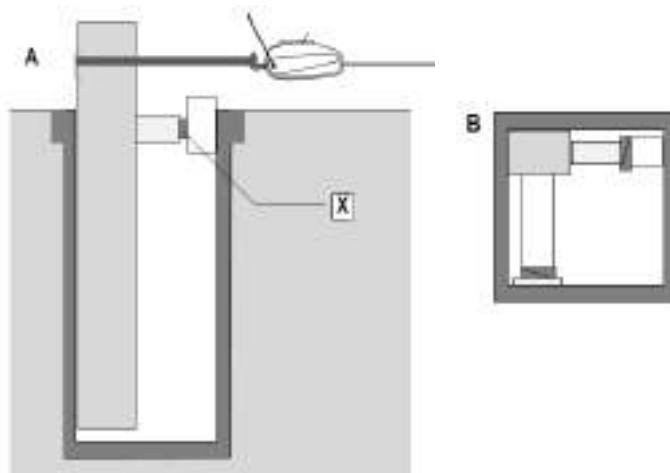


Abb. 18: Aufriss einer Verankerung an der hinteren Schachtwand (A) mit Verkeilung (X) und dessen Grundriss (B).



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

3.6.3 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 (Technisches Hilfswerk THW).

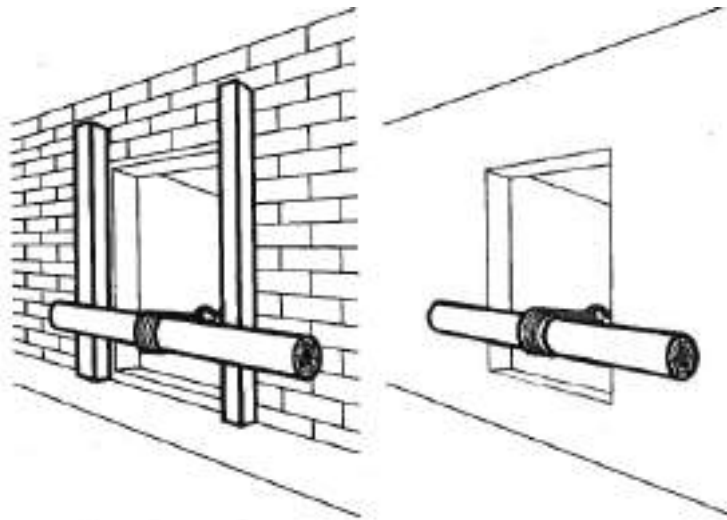


Abb. 20: Querriegel mit Rundholz an Tür- bzw. Fensteröffnung.

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.

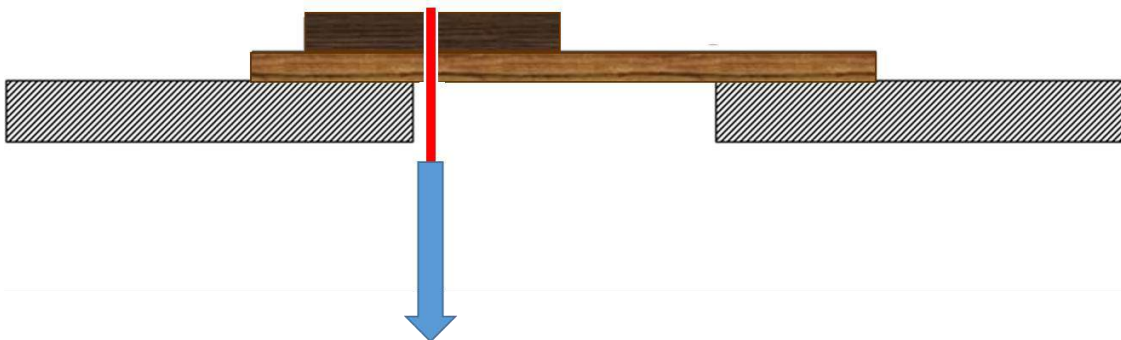


Abb. 21: Anschlagen des Verbindungsmittels bei breiten Öffnungen, mit Querriegel und Verstärkungsholz.



Der Querriegel muss immer gegen seitliches Verrutschen gesichert sein.

4. VERBINDUNGSMITTEL UND -ELEMENTE

4.1 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 Herstellervorschriften. 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:

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

Tab. 9: Richtwerte für Sicherheitsfaktoren von Verbindungselementen und Verbindungsmitteln.

4.2 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.

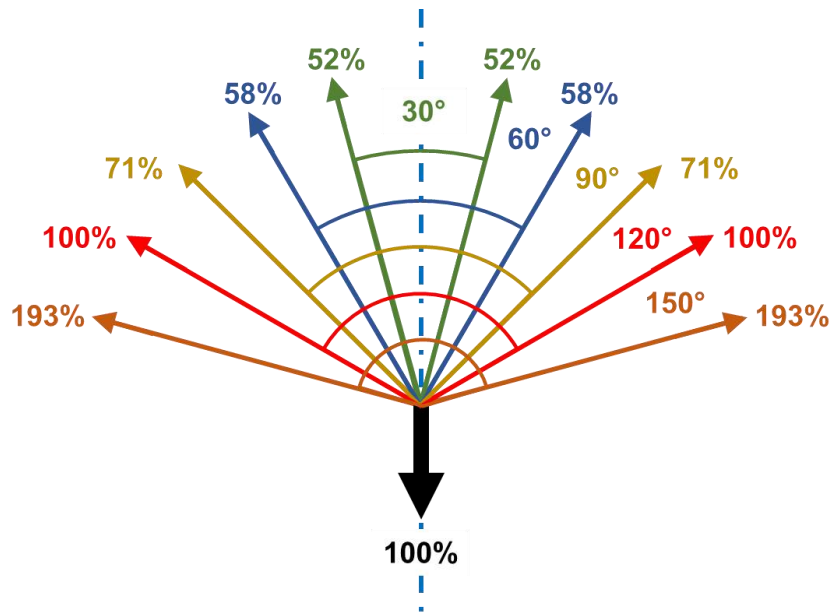


Abb. 22: Resultierende Kräfte (in Prozent) in Abhängigkeit des Spreizwinkels (BABS).



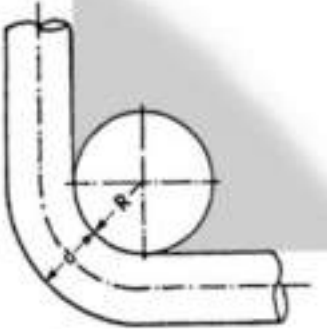
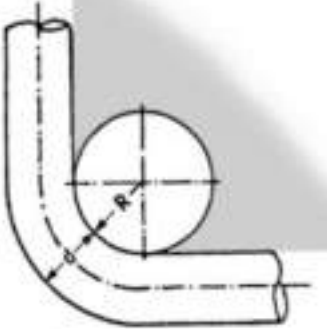
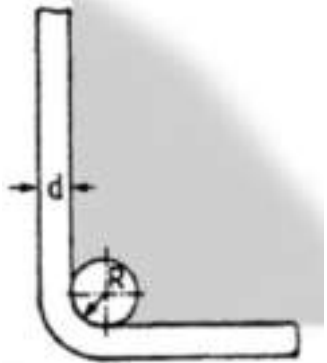
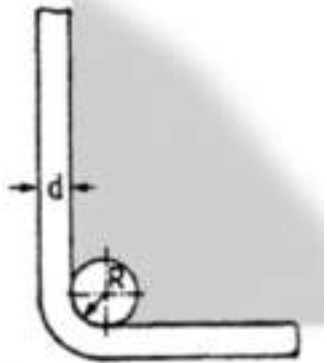
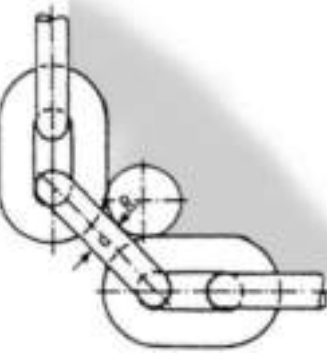
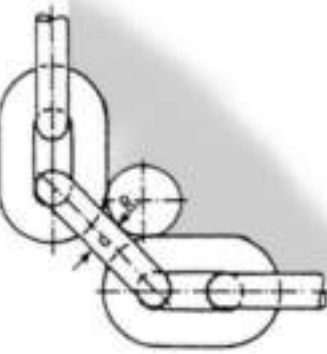
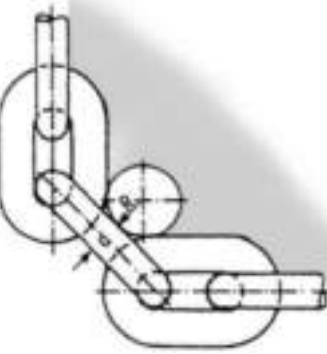
Der Spreizwinkel darf nie grösser als 120° sein.



Abb. 23: Zulässiger Spreizwinkel von Verbindungsmitteln oder -elementen.

4.3 Scharfe Kanten






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

<p>Seile</p>	
<p>Kantenradius $R <$ Seildurchmesser d</p>	
<p>Textile Rundschlingen</p>	
<p>Kantenradius $R <$ Durchmesser d der Rundschlinge</p>	
<p>Textile Hebebänder</p>	
<p>Kantenradius $R <$ Dicke des Hebebandes d</p>	
<p>Ketten</p>	
<p>Kantenradius $R <$ Nenndurchmesser des Kettengliedes d</p>	

Tab. 10: Unzulässig scharfe Kanten für Verbindungsmittel

4.4 Rundschlingen und Hebebänder

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

Farbe	Tragfähigkeit				
					
	Gerade	mit Schnürrgang	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. 11: Zulässige Belastung von Rundschlingen und Hebebändern in Tonnen (die aufgeführten Lastfaktoren M gelten grundsätzlich auch für Ketten).

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

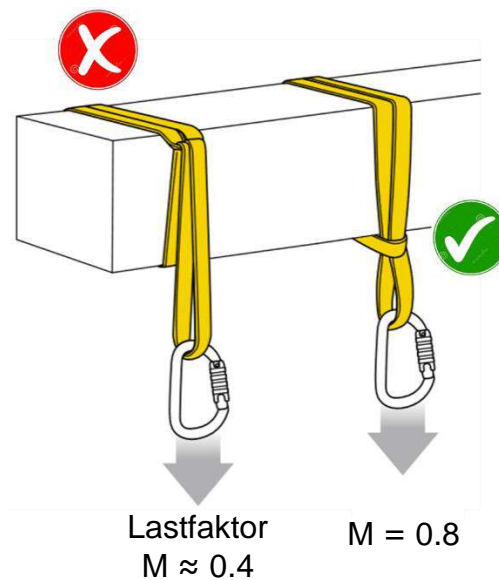


Abb. 24: Darstellung der richtigen und falschen Position des Schnürgangs (Kloska Group).

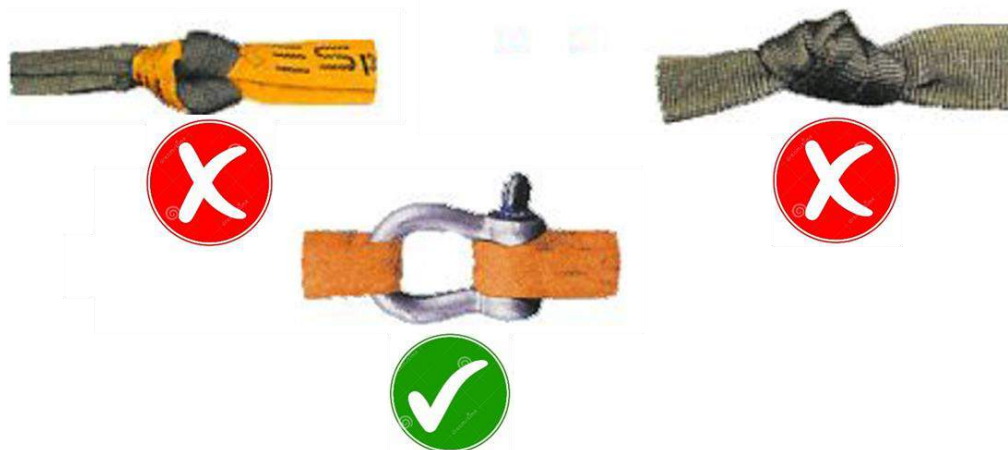
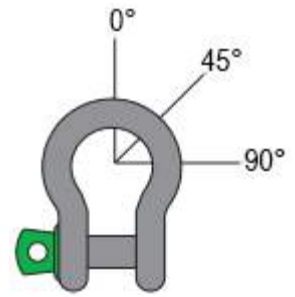


Abb. 25: Rundschlingen und Hebebänder dürfen nie geknotet, sondern müssen immer mithilfe von Schäkeln oder Lasthaken verbunden werden (Kloska Group).

4.5 Schäkel

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

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

4.5.1 Regeln für den Einsatz

Schäkel 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 herausschrauben. Bleibt der Schäkel längere Zeit eingebaut, muss der Bolzen entweder mit Draht oder Reepschnur gesichert oder ein Schäkel mit Sicherheitsbolzen verwendet werden.

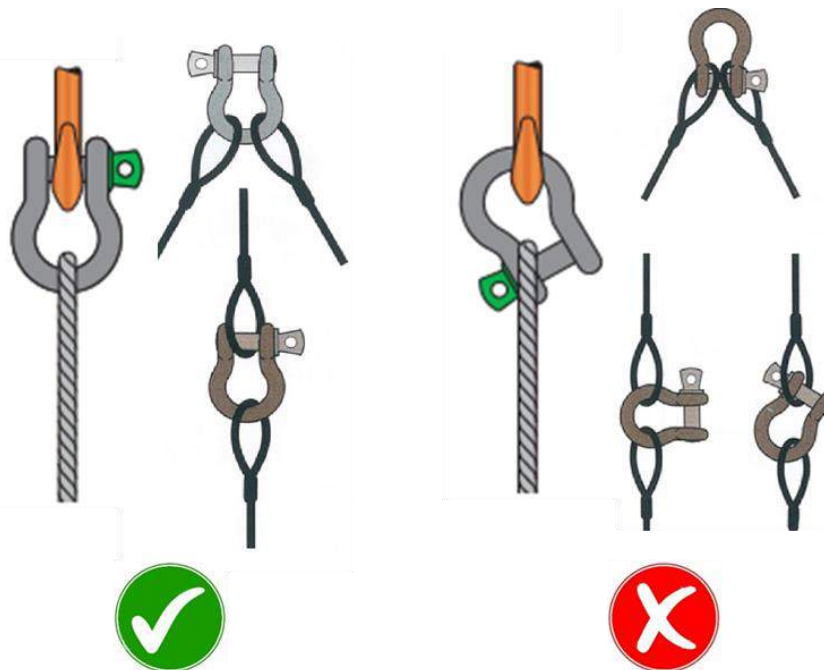


Abb. 26: Richtige Anwendung von Schäkeln (Kloska Group).

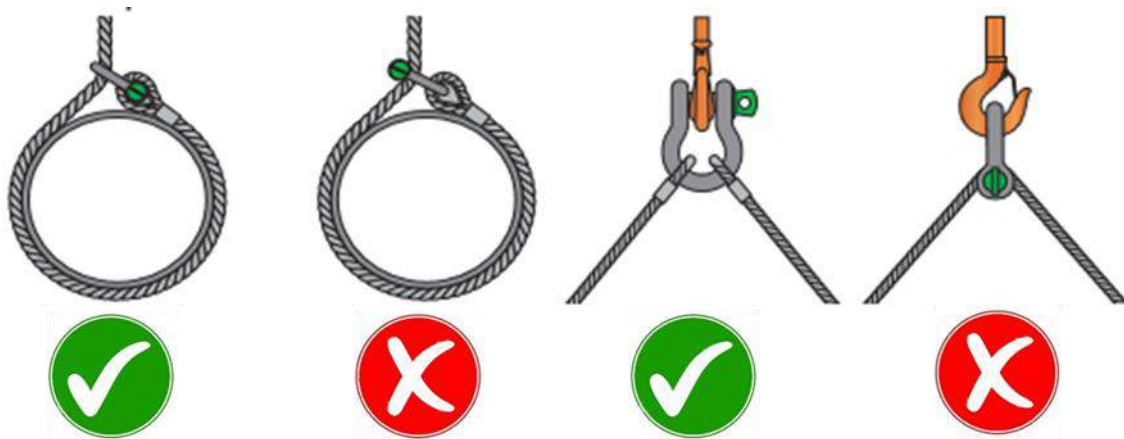


Abb. 27: Richtige Anwendung von Schäkeln (Kloska Group).

4.6 Drahtseile

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

4.6.1 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.

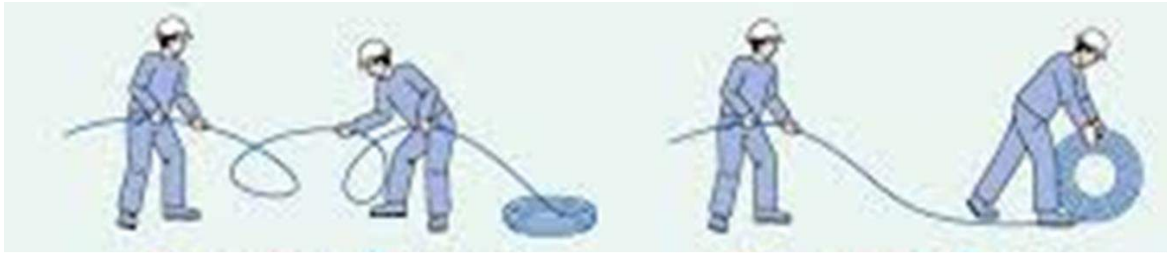


Abb. 28: Richtiges Abrollen von Drahtseilen (Kloska Group).

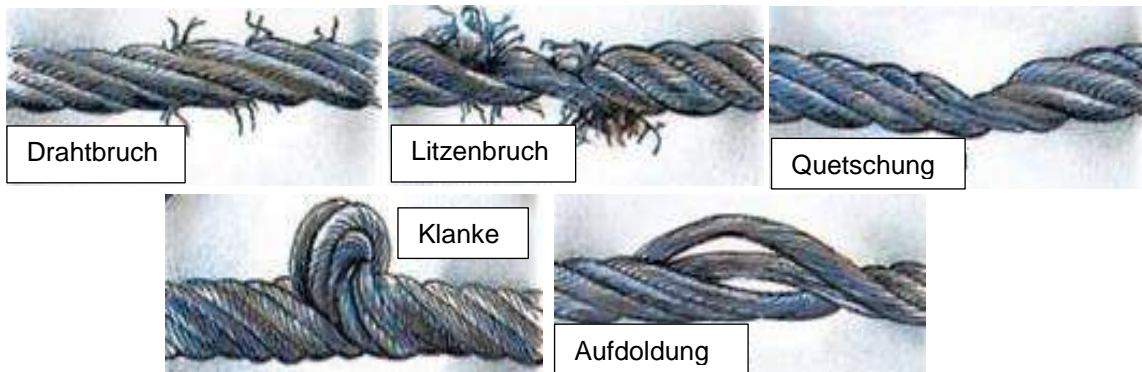


Abb. 29: Mögliche Arten der Beschädigung an Drahtseilen (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft).



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
- Der Bügel immer auf der unbelasteten, "toten" Seite anbringen ("satteln nie ein totes Pferd")
- Vorgeschriebenes Anzugsmoment einhalten und nach der ersten Lastaufbringung überprüfen

- Der Abstand e zwischen den Klemmen soll 1.5 bis 3x der Breite t der Seilklemme entsprechen

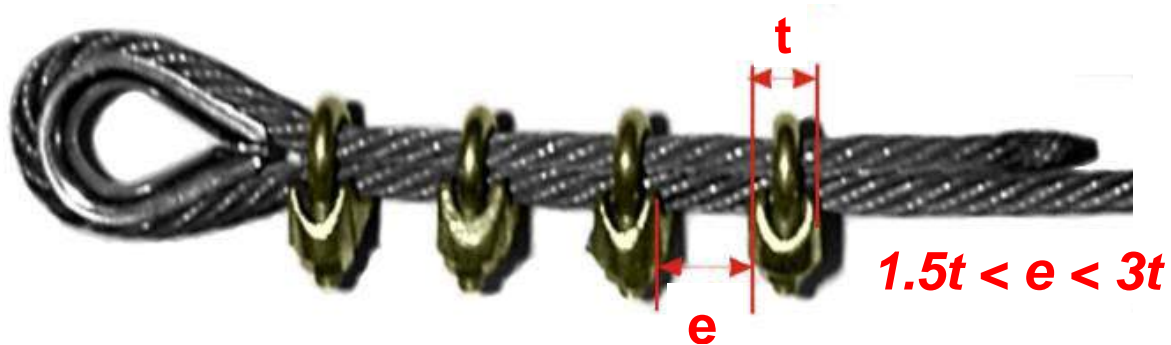


Abb. 30: Formel zur Berechnung des Abstands zwischen den Klemmen (BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH).



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



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



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

4.7 Faserseile

4.7.1 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).

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	Befriedigend
Knotenbeständigkeit	Ca. 50 %	Ca. 30 %	Ca. 50 %	Ca. 50 %	Ca. 50 %

Tab. 13: Vor- und Nachteile verschiedener Rohstoffe (Albert Wenk, Mammut AG).

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.

4.7.2 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.

4.7.3 Knoten und Bünde für Hilfskonstruktionen und Material



- **Knoten reduzieren die Festigkeit eines Seils um ca. 50 % (Richtwert).**
- **Die Länge der Seilenden muss mindestens 10 x 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	Besonderes
<ul style="list-style-type: none"> – Verbinden von Seilen – Befestigen/Sichern von Geräten (z. B. Leitern) 	<ul style="list-style-type: none"> – Die Seile müssen gleich dick sein – Beide Enden müssen auf der gleichen Seite sein – Nach der Belastung schlecht lösbar

Weberknoten	
Verwendung	Besonderes
<ul style="list-style-type: none"> – Verbinden von Seilen – Abschluss des Fuhrmannsknotens 	<ul style="list-style-type: none"> – 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

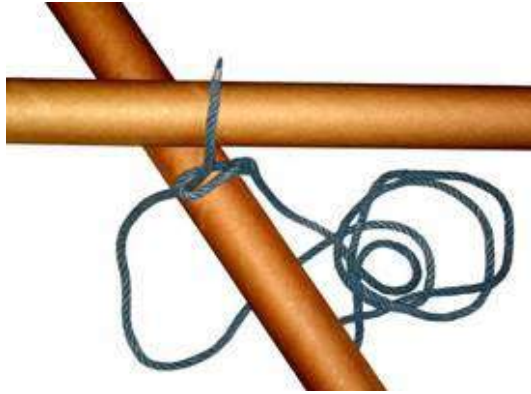
Besonderes

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

Mastwurf	
	
Verwendung	Besonderes
<ul style="list-style-type: none"> – Befestigen von Seilen an Masten, Balken und in Karabinerhaken 	<ul style="list-style-type: none"> – 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	Besonderes
<ul style="list-style-type: none"> – Herstellen einer Seilendschleufe 	<ul style="list-style-type: none"> – Immer beide Schleifen zusammen einhängen – nie einzeln bzw. getrennt belasten – Nach starker Belastung sehr gut lösbar

Parallelbund

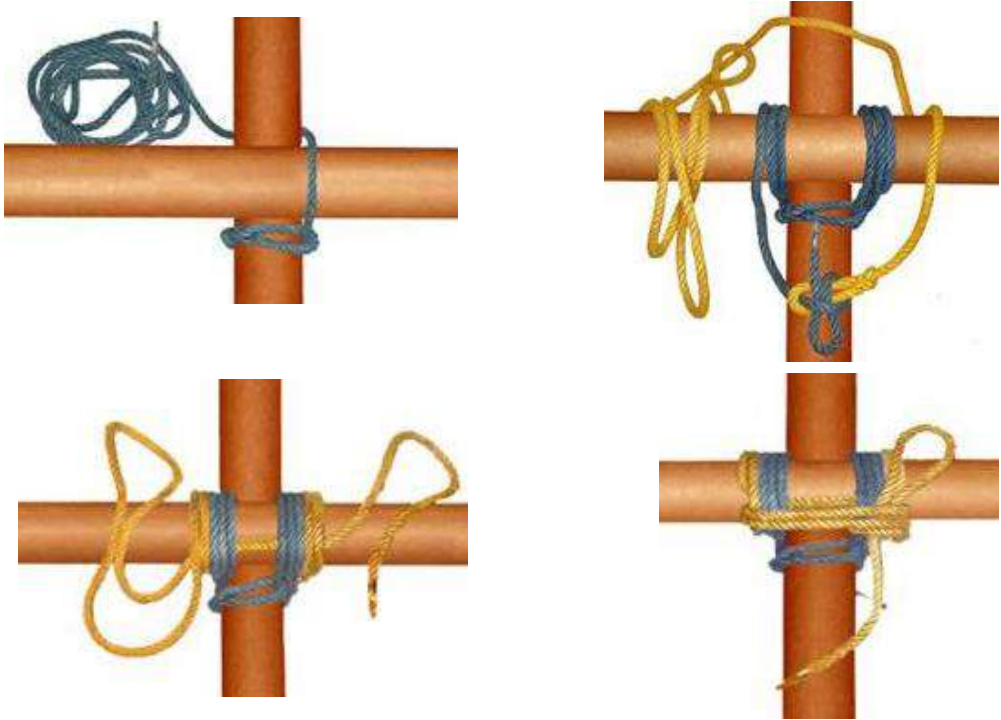


Verwendung

- Verbinden von zwei sich nicht rechtwinklig kreuzenden Hölzern

Besonderes

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

Gerüstbund	
	
Verwendung	Besonderes
<ul style="list-style-type: none"> – Verbinden von zwei sich rechtwinklig kreuzenden Hölzern 	<ul style="list-style-type: none"> – Anzahl und Richtung der Windungen je nach Belastung und Belastungsrichtung – Abschluss: Min. 2 x unterziehen und sichern

4.8 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.



Abb. 34: Einteiliger und zweiteiliger Zurrgurt.

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.

4.8.1 Regeln für den Einsatz

- Herstellervorschriften beachten
- Keine Scharfen Kanten, Kontakte mit chemischen Stoffen oder Hitze einwirkungen
- Gurte nicht kneten 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.

5. BEWEGEN VON LASTEN MIT SEILZUGGERÄTEN

5.1 Portable Seilzuggeräte

5.1.1 Allgemeines

Im Zivilschutzeinsatz 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.


5.1.2 Vor- und Nachteile von tragbaren Seilzuggeräten

Die Zugleistungen liegen zwischen 600 kg (leichter Handseilzug) und 3200 kg (starker Handseilzug).

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. 14: 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

<p>Spillsystem mit Faserseil</p> 	<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. 15: Vor- und Nachteile von verschiedenen Motorseilzügen.

5.2 Flaschenzugsysteme

5.2.1 Einfache Flaschenzüge für Seilzugeräte

Mit Flaschenzügen kann die Zugkraft von Seilzugeräten vervielfacht werden.

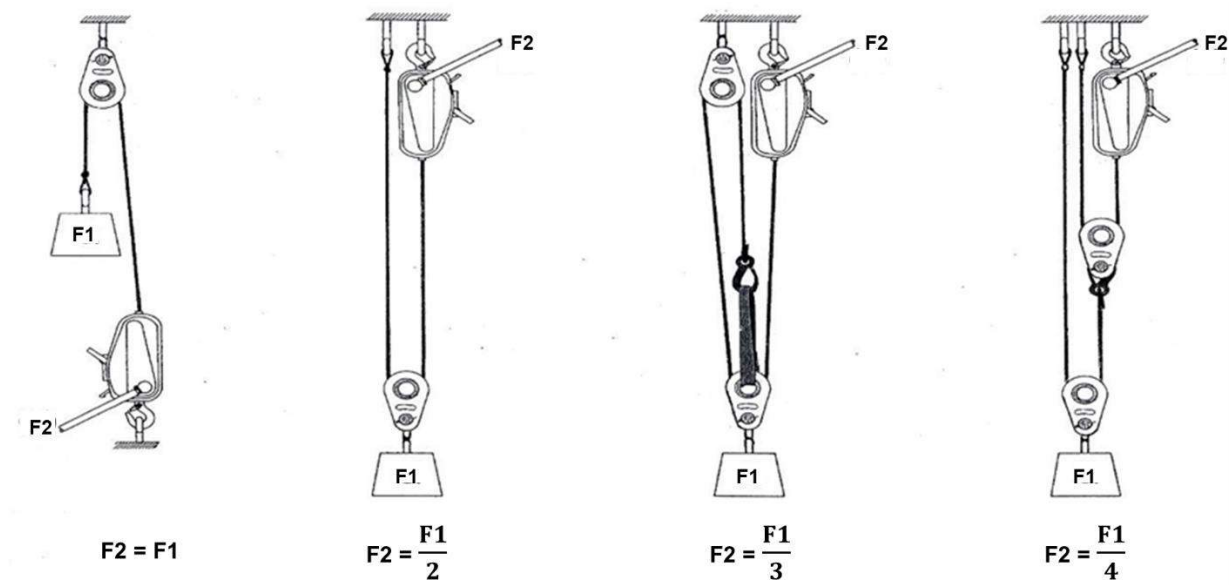


Abb. 35: Einfache Flaschenzugsysteme für portable Seilzugeräte (F_1 = Gewichtskraft; F_2 = Seilzugkraft).

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

5.2.2 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.

5.3 Ziehen von Lasten (Bodenzug)

5.3.1 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

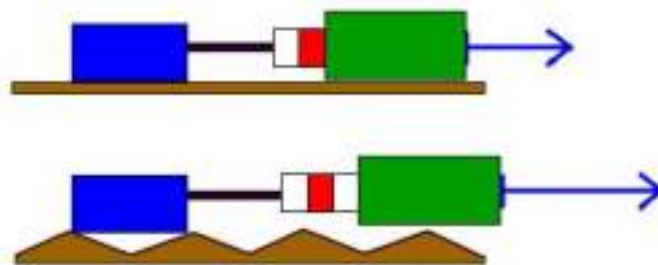


Abb. 36: Erforderliche Zugkraft bei unterschiedlicher Rauigkeit der Oberflächen.

Auf ebenen Flächen kann die Haftreibungskraft einfach berechnet werden:

$F_H = F_G \times \mu_H$	F_H = Haftreibungskraft F_G = Gewichtskraft (Gewicht der Last) μ_H = Haftreibungskoeffizient zwischen den beiden Oberflächen (tabelliert) ¹⁾
--------------------------	---

1) vgl. Handbuch Pionier Grundlagen

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

Beispiel 1: Ziehen eines Betonblocks auf Kies

Gewichtskraft Betonblock = 5 kN (500 kg)

Haftreibungskoeffizient Beton – Kies = 0.6

$$\text{Haftreibungskraft} = 5 \text{ kN} \times 0.6 = 3 \text{ kN (300 kg)}$$

Beispiel 2: Ziehen eines Stahlelements auf Stahl

Gewichtskraft Stahlelement = 5 kN (500 kg)

Haftreibungskoeffizient Stahl – Stahl = 0.15

$$\text{Haftreibungskraft} = 5 \text{ kN} \times 0.15 = 0.75 \text{ kN (75 kg)}$$

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 die Gefahr, dass die Last nach dem Überwinden der Haftreibungskraft von selber abrutscht.

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

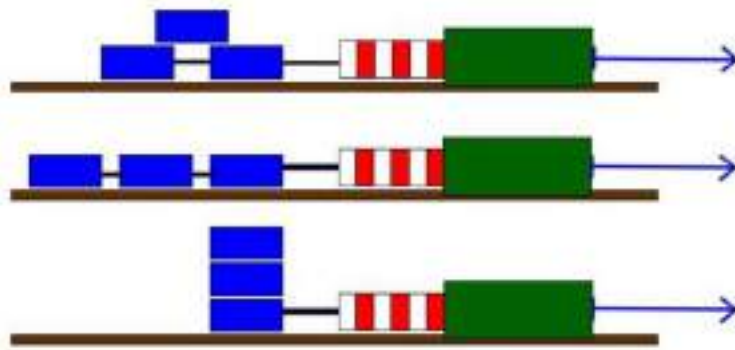


Abb. 37: Haft- und Gleitreibung sind unabhängig von der Grösse der Kontaktfläche.

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

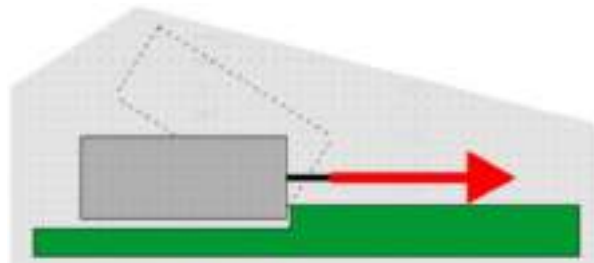


Abb. 38: Formschluss der Last an einer Kante.

5.3.2 Rollreibung

Werden Lasten über Rollen (Umlenkrollen, Rundhölzer, Rohre etc.) 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.

5.3.3 Regeln für den Einsatz

- Last wenn möglich über harte Rollen oder harte Gleitschienen ziehen.
- Last immer gegen ungewollte Bewegungen sichern, besonders auf schrägen Flächen.

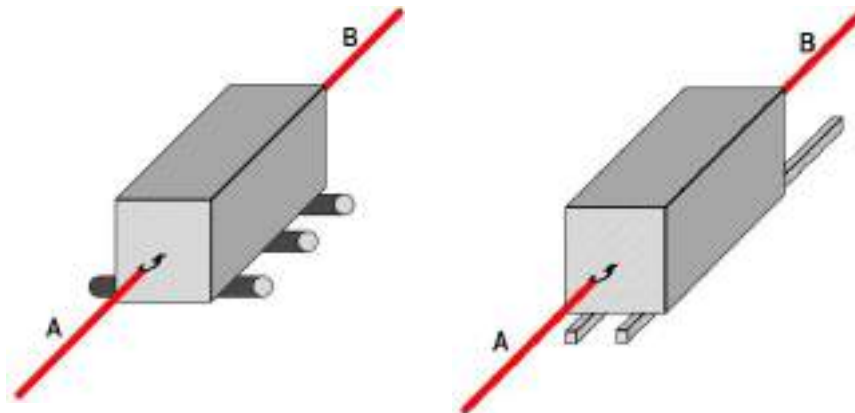


Abb. 39: Verschieben von Lasten auf Rollen (links) und auf Gleitschienen (rechts). Die Last wird durch ein Zugseil (A) bewegt und durch ein Sicherungsseil (B) gesichert.

- Last nicht nach unten, sondern horizontal oder leicht nach oben ziehen.



Abb. 40: Falsches und richtiges Ziehen einer Last.

5.4 Heben und Verschieben von Lasten mit Drei- oder Zweibeinen

5.4.1 Allgemeines

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 etc.) 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 aufgebaut 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 etc.) und wenig zusätzlichem Material improvisierte Drei- und Zweibeine konstruiert werden.

5.4.2 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	1'200	800	550	440	300	250	200
10 cm	2'700	1'900	1'300	1'000	800	600	500
12 cm	4'600	3'700	2'800	2'100	1'600	1'200	1'000
14 cm	7'000	6'000	4'900	3'800	2'900	2'300	1'900
16 cm	9'700	8'600	7'400	6'200	5'000	3'900	3'200
18 cm	13'000	11'700	10'400	9'000	7'000	6'300	5'100
20 cm	16'800	15'200	13'800	12'200	10'800	9'300	7'800

Tab. 17: Zulässige Druckbelastung von Stützen aus Rund- oder Kantholz (bei nicht quadratischen Kanthölzern gilt immer die kürzere Kantenlänge).

5.4.3 Improvisiertes Dreibein

Einsatzmöglichkeiten

Dreibeine können für folgende Aufgaben eingesetzt werden:

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

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.

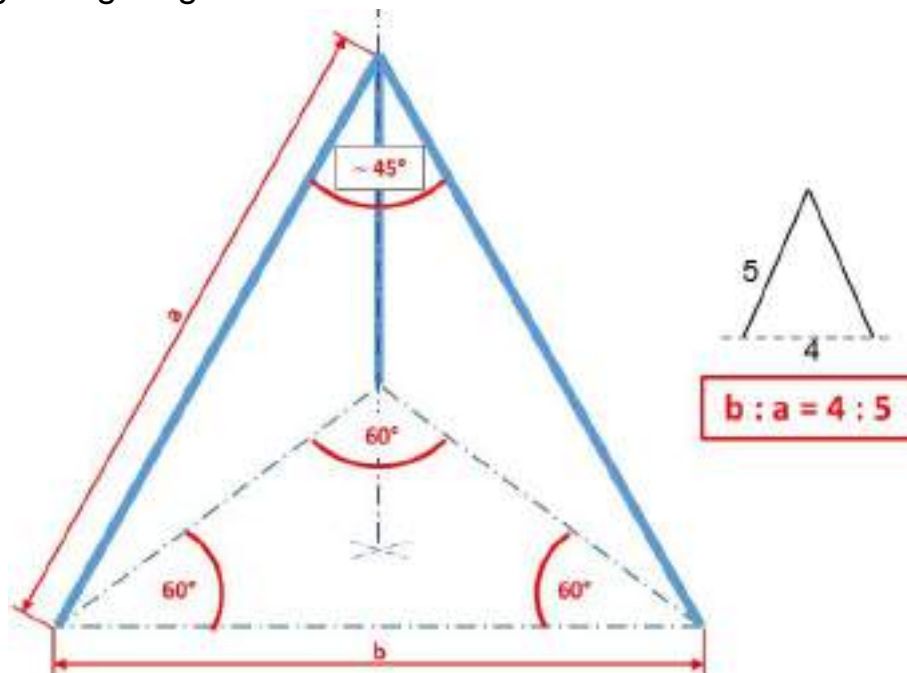


Abb. 41: Prinzipskizze eines Dreibeins.



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.

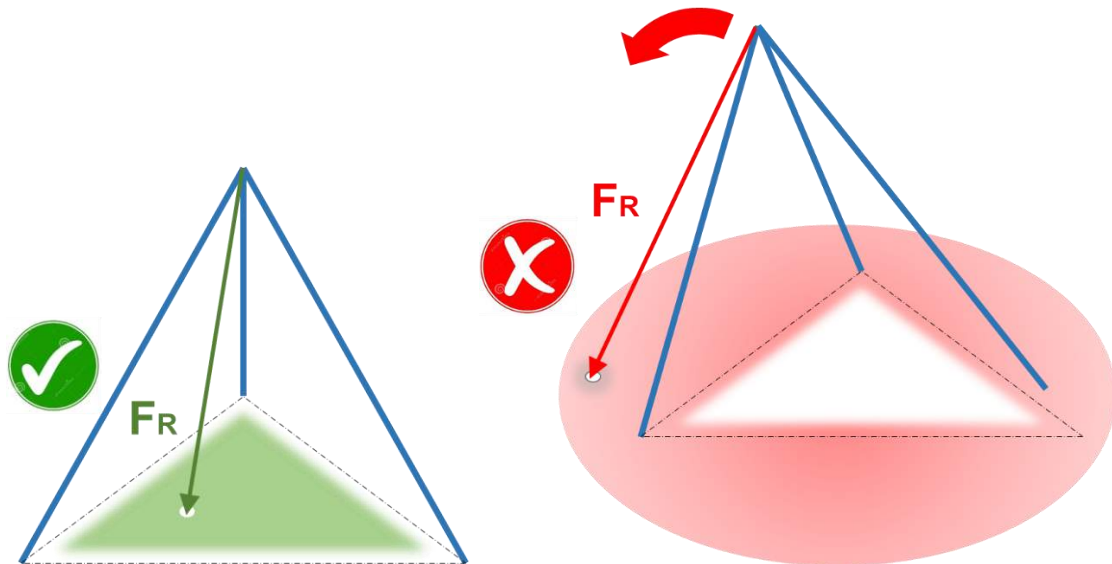


Abb. 42: Kippgefahr bei resultierender Kraft F_R ausserhalb der Grundfläche des Dreibeins.

Sicherung der Beine

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

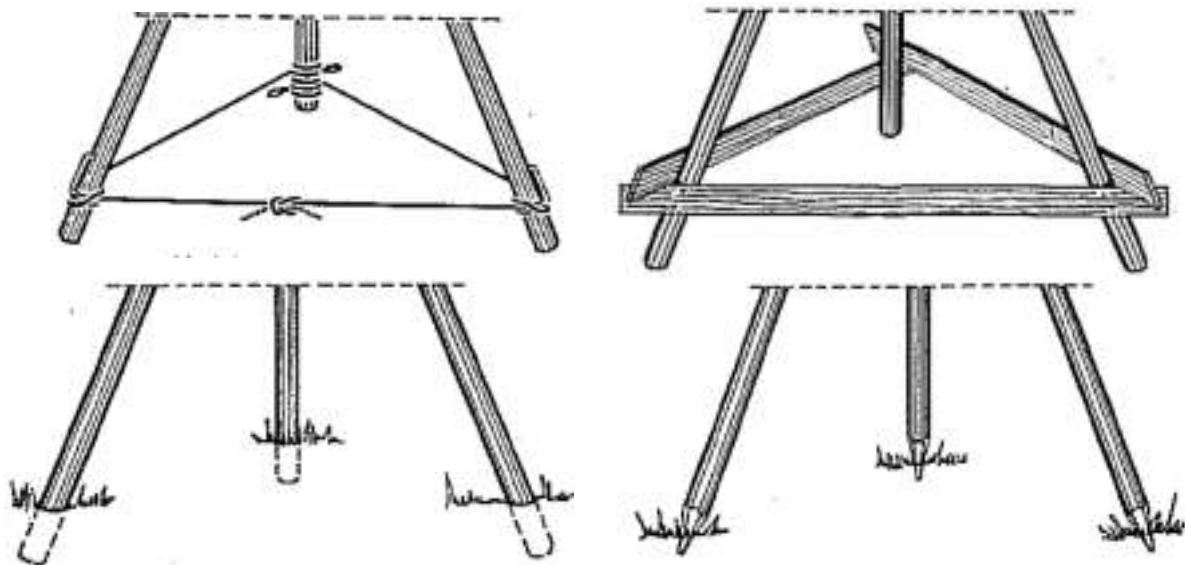


Abb. 43: Methoden zum Sichern der Beine gegen Wegrutschen (Technisches Hilfswerk THW).

Improvisiertes Dreibein mit Rundhölzern und Dreibeinbund

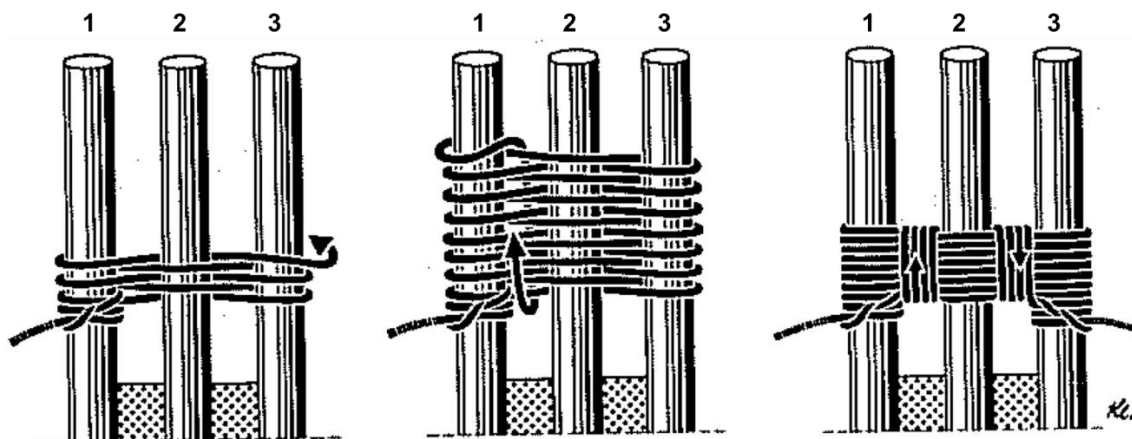


Abb. 44: Dreibeinbund (Technisches Hilfswerk THW).

- 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 x 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.

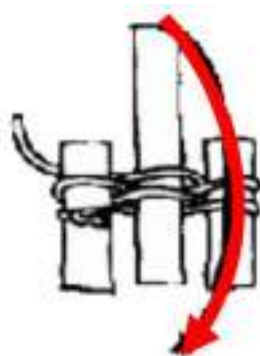


Abb. 45: Umlegen des mittleren Beins nach 2–3 Achter-Touren.

- 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.

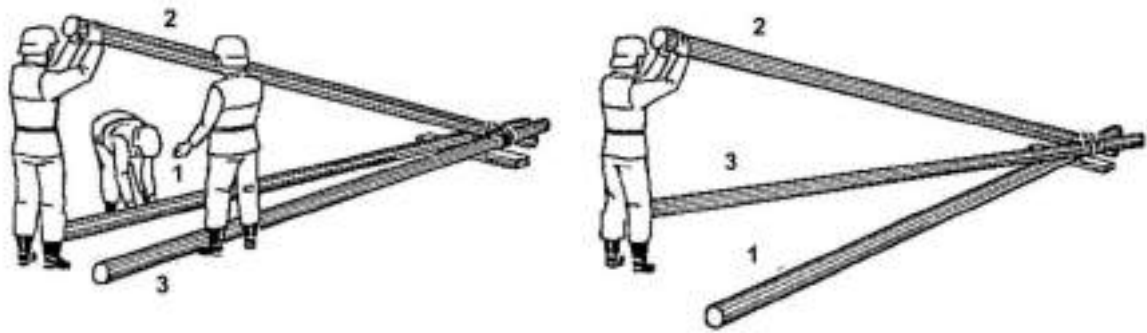


Abb. 46: Vorgehen zur Spannung des Dreibeinbunds.

- Anschlagmittel anbringen und Dreibein aufstellen.

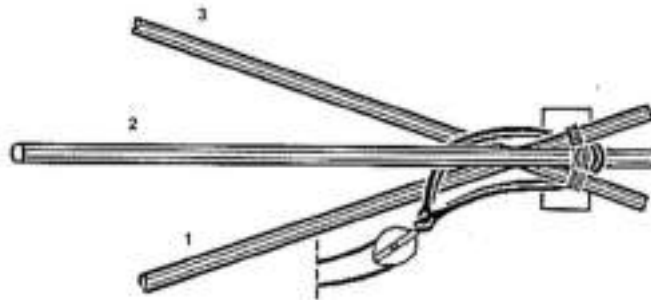


Abb. 47: Anbringen des Anschlagmittels.



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

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



Abb. 48: Mögliche Anschlagarten von Rundschnuren am Dreibein.

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. 49: Improvisierte Dreibeinkonstruktionen mit Gerüstrohren.

5.4.4 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:

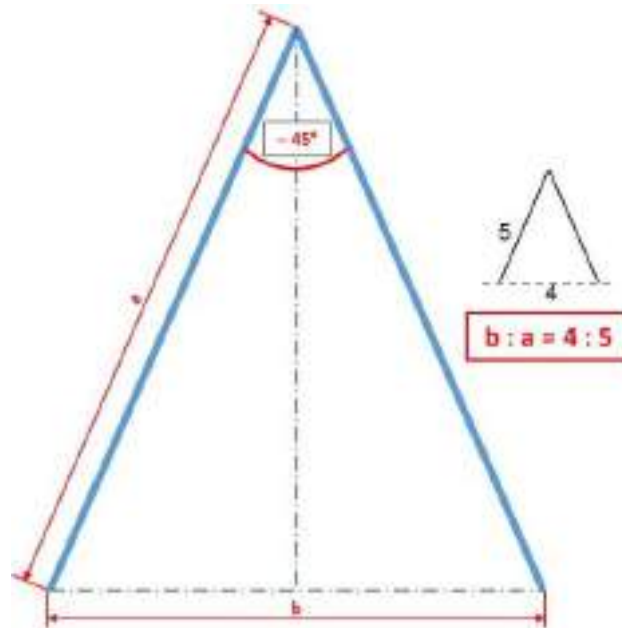


Abb. 50: Prinzipialskizze eines Zweibeins.

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

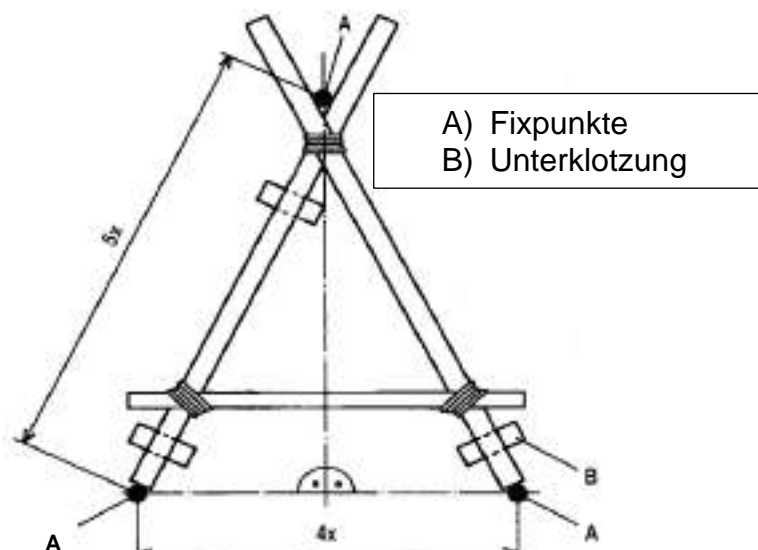


Abb. 51: Improvisiertes Zweibein.

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

5.4.5 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.

Geometrie des Zweibeinkrans

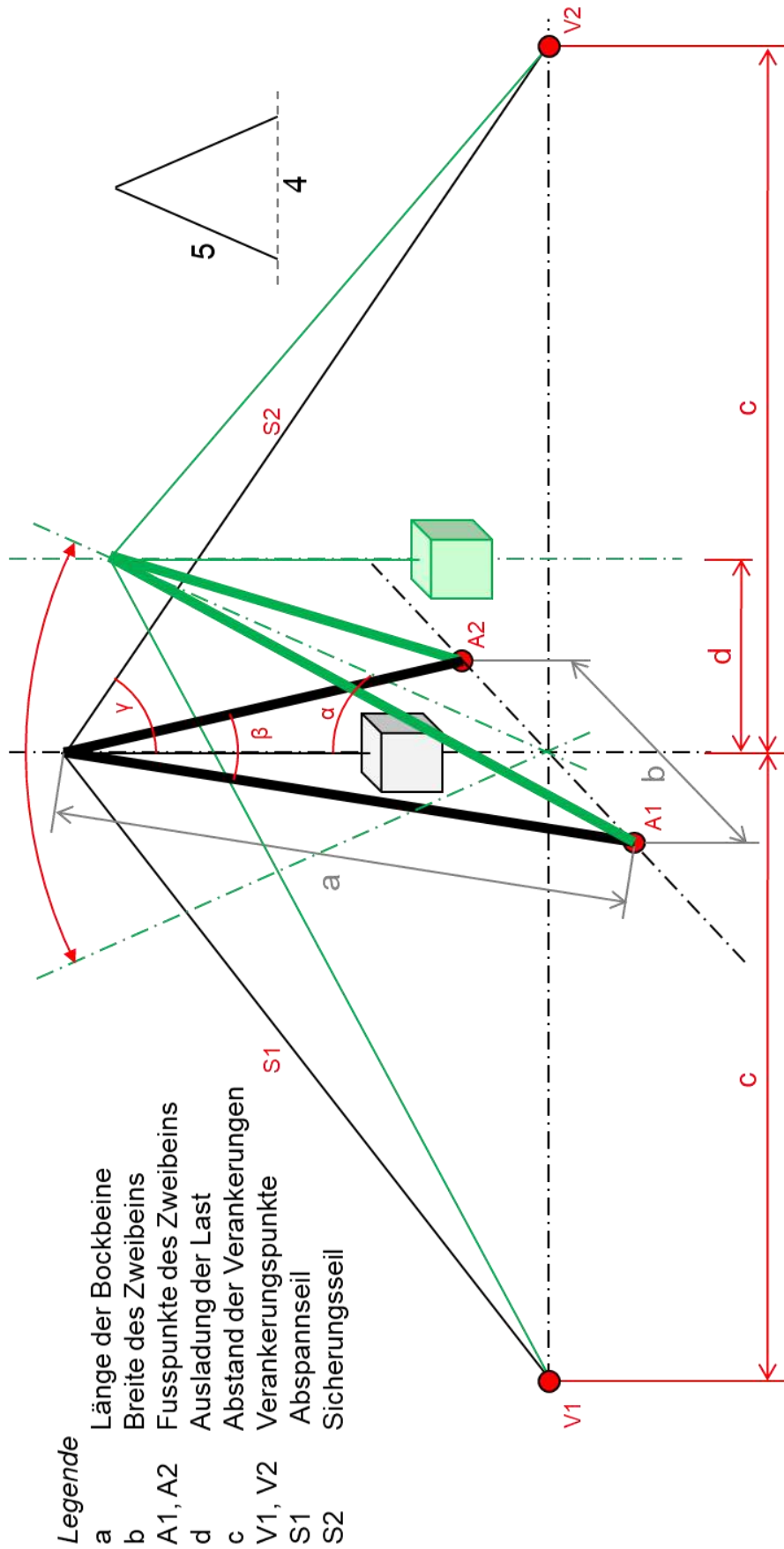


Abb. 53: Geometrische Bedingungen eines Zweibeinkrans.

Geometrische Bedingungen		
Spreizwinkel Zweibein	Ausladung	Verankerungspunkte
b : a = 4 : 5	d ≤ 1/3 a	1.5 a ≤ c ≤ 2.5 a
Winkel β ≈ 45°	α ≤ 21°	50° < γ < 90°

Aufbau und Betrieb

- Die dargestellte Geometrie in Kap. 5.4.5 ist als **Faustegel** 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.

Rechnungsbeispiel:

Schwenkbereich d	Bockbeinlänge a	Abstand Verankerungen c
2 x 1.6 m (Schwenkbereich total 3.2 m)	5 m	7.5 m – 12.5 m



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.

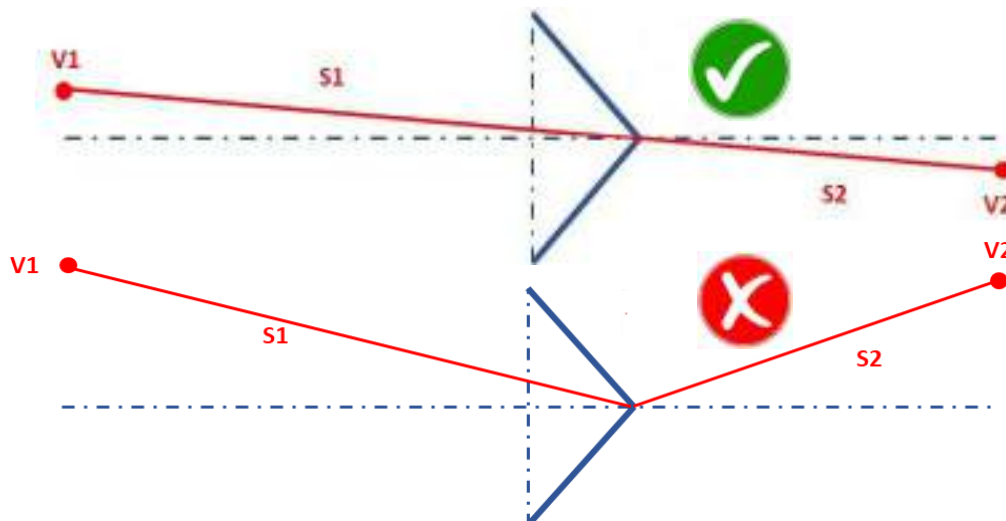


Abb. 54: Abweichungen des Sicherungs- und Abspannseils vom rechten Winkel (Grundriss).

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

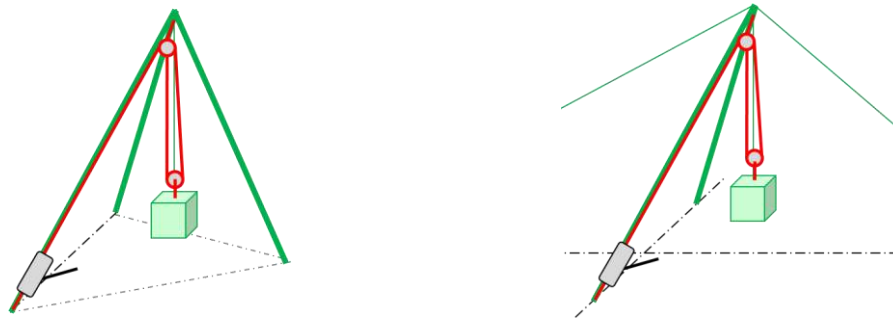
5.4.6 Anschlagen des Zuggeräts am improvisierten Drei-/Zweibein

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

Direkter Anschlag am Drei-/Zweibeinkopf oder an der Last	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Sehr einfach – Gleichmässige Kraftverteilung – Die Tragfähigkeit der Konstruktion kann optimal genutzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> – Die Bedienperson befindet sich im direkten Gefahrenbereich
<p>Weniger empfehlenswert. Geeignet, wenn die Last nur wenige Zentimeter angehoben werden muss und die erforderliche Tragfähigkeit der Konstruktion sichergestellt ist.</p>	

Indirekter Seilzug mit Anschlag am Fussteil einer Stütze	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfach – Die Bedienperson befindet sich ausserhalb des direkten Gefahrenbereichs – Ergonomische Bedienung des Seilzuggeräts 	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhte Kraft auf das Bein mit dem Zuggerät ($\approx 1.5 \times$ Last) – Die Tragfähigkeit der Konstruktion kann nicht ausgenutzt werden
<p>Empfehlenswert. Einfache und sichere Lösung. Die reduzierte Belastbarkeit der Konstruktion muss beachtet werden.</p>	

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



Vorteile

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

Nachteile

- Braucht mehr Material
- Erhöhte Kraft auf das Bein mit dem Zugerät ($\approx 1 \times \text{Last}$)
- 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.

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

Das Seilzugerät 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.

5.5 Heben von Lasten mit improvisierten Auslegern

5.5.1 Einsatzmöglichkeiten

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

5.5.2 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. 18: Belastbarkeit von Auslegern aus Tannenholz (bei der Verwendung von Rundhölzern reduziert sich die zulässige Belastung um ca. 50 %).

Konstruktionsbeispiele

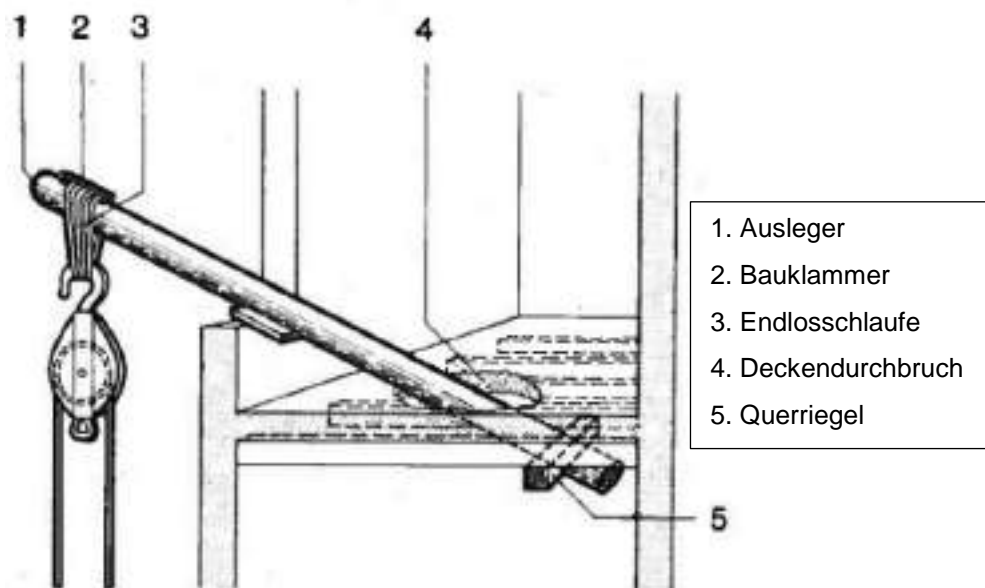


Abb. 55: Schräger Ausleger aus einem Gebäude.

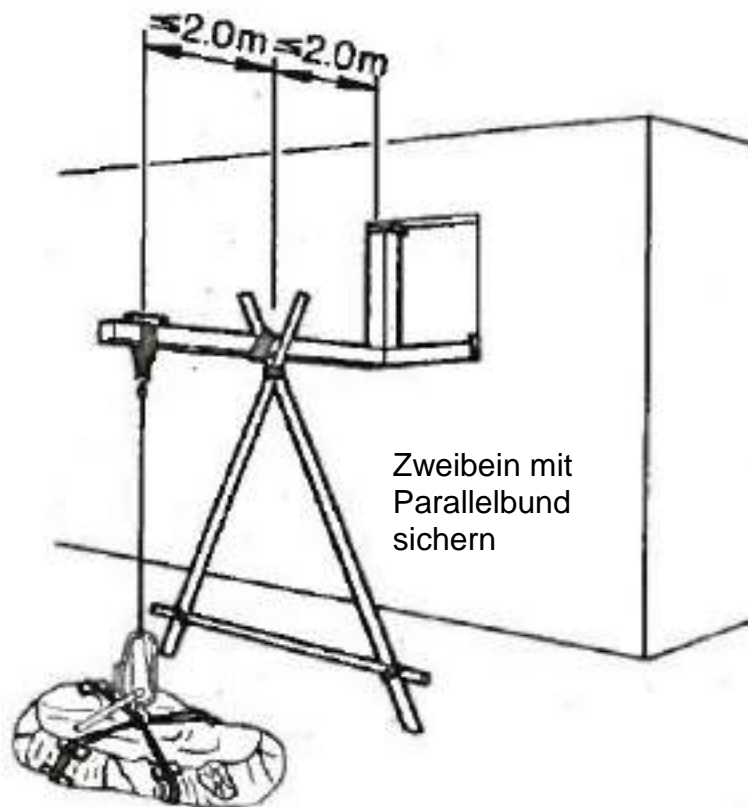


Abb. 56: Horizontaler Ausleger aus einem Gebäude mit Zweibeinabstützung.

5.5.3 Ausleger aus Gerüstrohren

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



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

6. 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.

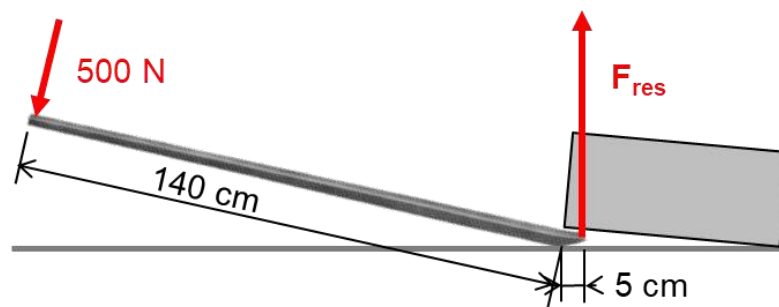
6.1 Hebe­geräte

6.1.1 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.



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

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

Abb. 58: Berechnung der Kräfte beim Anheben einer Last.

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.

6.1.2 Vor und Nachteile einiger Hebegeräte

	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. 19: Vor- und Nachteile von Hebegeräten.

6.2 Regeln für den Einsatz

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

6.2.1 Allgemeines

- Die Sicherheits-, Bedienungs- und Einsatzvorschriften der Gerätehersteller müssen eingehalten werden.
- Die Last muss abwechselnd in kleinen Schritten angehoben und la-geweise unterbaut werden.
- Die Last nie gleichzeitig anheben und unterbauen.

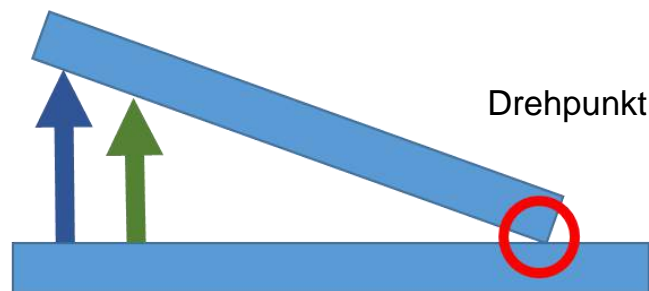
- Beim Unterbauen: "Hände weg!" Keine Körperteile direkt zwischen der Last und der Unterbauung. Hilfsmaterial verwenden (z. B. Hebeisen, Stangen etc.).
- Methoden für das Unterbauen vgl. Handbuch Pionier *Abstützen von Bauwerken und Bauteilen*.



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

6.2.2 Einseitiges Anheben von Objekten

- Der Drehpunkt muss immer gesichert sein.



Sichern **Heben**

Abb. 59: Skizze eines ungesicherten Drehpunkts.

- Das Hebegerät 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 $\sim 30^\circ$

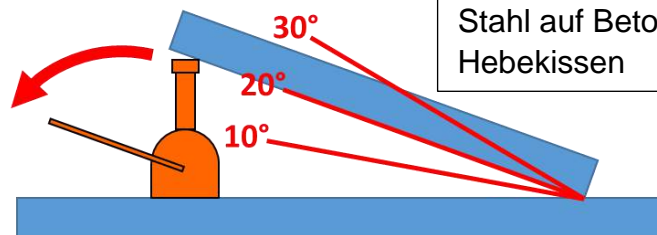


Abb. 60: Rutschgefahr bei verschiedenen Winkeln.

- 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.

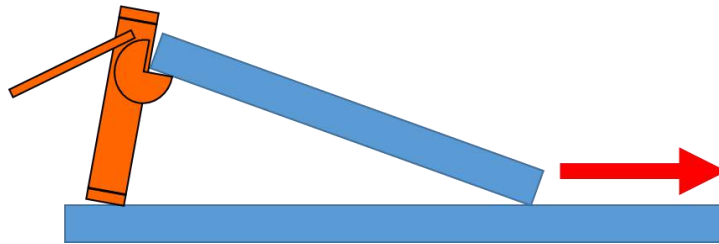


Abb. 61: Horizontale Kraft bei angewinkeltem Hebegerät.

- 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).

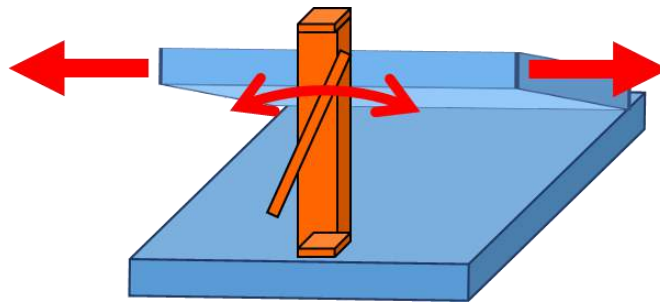


Abb. 62: Ungesicherte Last gegen seitliche Bewegung.

- 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.

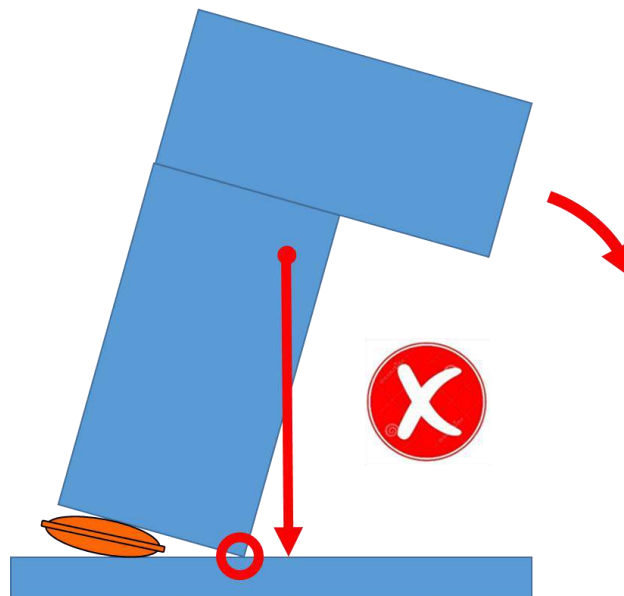


Abb. 63: Kippmoment bei hohem Schwerpunkt.

6.2.3 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.

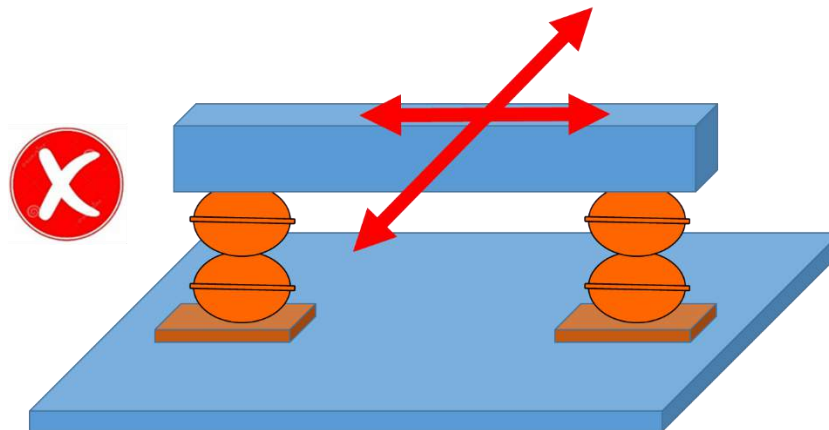


Abb. 64: Kippgefahr bei beidseitigem Anheben einer Last.

- 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.

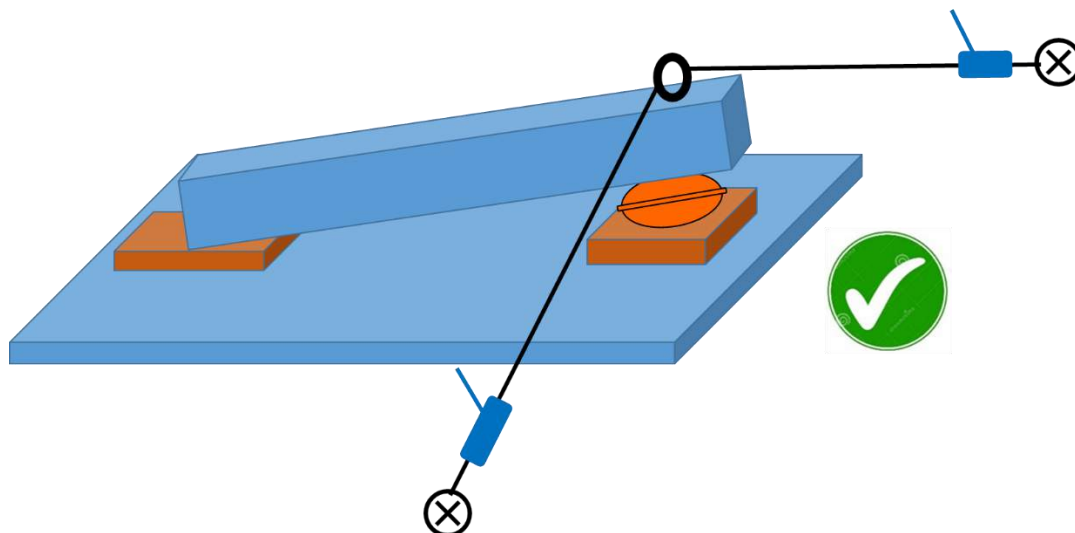


Abb. 65: Korrektes Anheben und Sichern eines Trägers.

- 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.

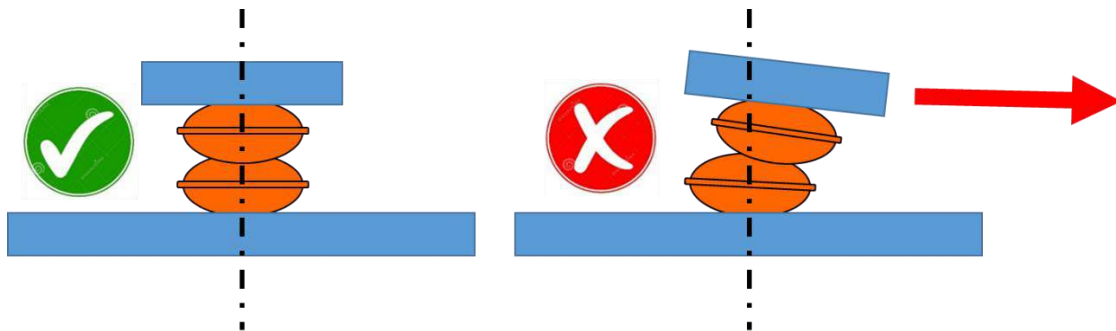


Abb. 66: Zentrisch und exzentrisch angeordnete Hebekissen.