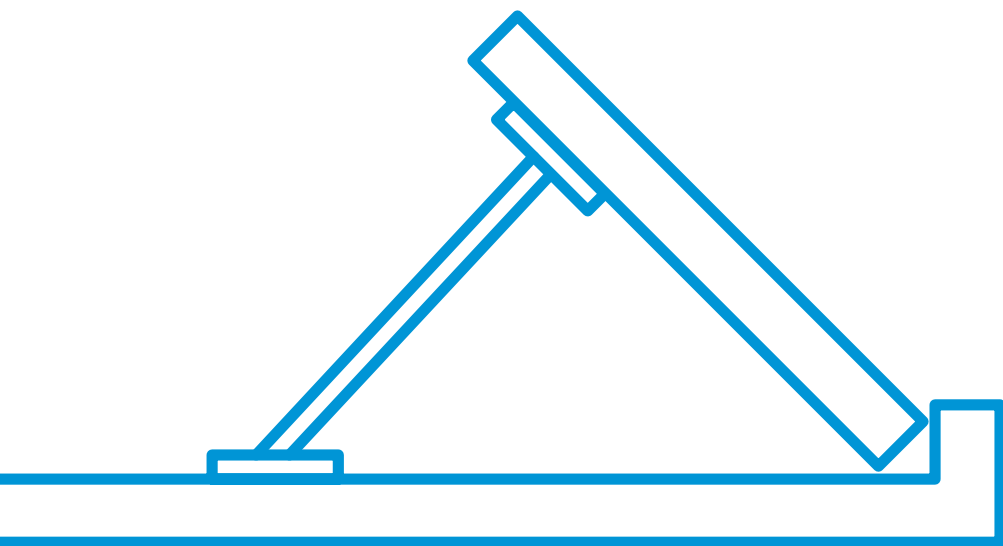


Handbuch Pionier

Sichern von Bauteilen und Bauwerken



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 Allgemeines

- 5 Einsatz von Sicherungssystemen**
- 5 Differenzieren im Einsatz**
- 5 Improvisierte Sicherungsmassnahmen
- 6 Geplante Sicherungsmassnahmen
- 7 Ausbildung und Ausrüstung**

9 Sicherheit

- 9 Allgemeine Überlegungen**
- 9 Gefahren bei Sicherungseinsätzen**
- 10 Wichtige Sicherheitsregeln**

12 Basiswissen

- 12 Allgemeines Vorgehen für das Sichern von Bauteilen und Bauwerken**
- 12 Beurteilung von Bauteilen und Bauwerken**
- 13 Versagen von Bauteilen und Bauwerken
- 14 Beurteilungskriterien
- 18 Systematik möglicher Sicherungssysteme**
- 18 Abstützsysteme
- 21 Spannsysteme
- 22 Sicherungsmassnahmen mit Baugeräten
- 24 Kraftableitung durch Sicherungsmassnahmen**
- 25 Überwachen von Bauteilen und Bauwerken**
- 25 Einfache Überwachung
- 26 Rissmonitoring
- 26 Überwachung mit Bewegungsmelder
- 27 Überwachung mit optischen Geräten
- 28 Ausrüstung und Material für das Abstützen**
- 28 Abstützen mit Holz
- 29 Abstützen mit Ausrüstungen aus dem Bausektor
- 31 Abstützen mit multifunktionellen Rettungsstützen
- 32 Abstützen mit Kunststoffblöcken aus dem Rettungsssektor
- 32 Zusätzlich erforderliche Ausrüstung
- 33 Regeln für das Abstützen**
- 33 Allgemeine Regeln
- 34 Regeln beim Einsatz von Holz

41 Abstützsysteme «Shoring»

41 Allgemeines

**42 Senkrechte Abstützungen
«Vertical Shore»**

42 Kraftableitung

44 Senkrechte Einzelstützen
«T-Shore»

47 Senkrechte Flächenfachwerke
«N-Post Vertical Shore»

50 Senkrechte Raumfachwerke

52 Kreuzholzstapel «Cribbing»

52 Allgemeines

52 Technische Regeln

57 Alternativen zum Kreuzholz-
stapel

**60 Waagerechte Abstützungen
«Horizontal Shore»**

60 Allgemeine technische Regeln

60 Sprengwerk

62 Sichern von Gräben und
Baugruben

**64 Abstützen von schrägen
Bauteilen
«Sloped Floor Shore»**

64 Allgemeine technische Regel

67 Abstützungen mit der
rechtwinkligen Methode
«Sloped Floor Shore
Perpendicular»

70 Abstützen mit der senkrechten
Methode «Sloped Floor Shore
Friction Type»

**72 Abstützen von Wänden
«Raker Shores»**

72 Allgemeine technische Regeln

75 Strebstützen als Flächen-
oder Raumfachwerke

78 Strebstützbock als Flächen-
oder Raumfachwerk

**81 Abstützen von
Gebäudeöffnungen**

83 Anhang

83 Raum- und Flächenlasten

**84 Ermittlung der Traglast von
Metall-Deckenstützen
(Auszug aus dem
Bauhandbuch der Schweizer
Armee)**

**86 Dimensionierungshilfen für
das Abstützen von Gebäuden
(Auszug aus dem
Bauhandbuch der Schweizer
Armee)**

Allgemeines

Einsatz von Sicherungssystemen

Die Fähigkeit, Bauwerke oder Bauteile mittels Abstützungen, Abspriessungen oder anderen Techniken zu sichern, gehört zu den Kernaufgaben der Pioniere.

Ursachen von einsturzgefährdeten Gebäuden, Gebäudeteilen oder Bauwerken können nachfolgende Ereignisse sein:

- Überschwemmung, Unterspülung
- Erdbeben, Murgang, Felssturz, Lawine
- Rutschen oder Kriechen des Baugrundes
- Schneelast
- Sturm
- Brand, Explosion
- Erdbeben
- Einwirkung von Verkehrsmitteln
- Chemische (z. B. Korrosion) oder biologische (z. B. Insekten, Pilze) Zerstörung der Bausubstanz
- Terroranschläge

Differenzieren im Einsatz

Improvisierte Sicherungsmassnahmen

Im Katastropheneinsatz müssen im Rahmen von Rettungsaktionen oder zur Sicherstellung wichtiger Infrastrukturen Sicherungsmassnahmen oftmals unter Zeitdruck ohne vorhergehende Planung und Vorbereitung ausgeführt werden können. Bei grösseren Schadenlagen können selbst Fachspezialisten in kurzer Zeit und ohne Baupläne nur Abschätzungen vornehmen. Genaue Berechnungen zur Statik sind in der Regel nicht möglich.

Improvisierte Sicherungsmassnahmen

- sind Massnahmen für den Notfall,
- dienen in der Regel nur der punktuellen Sicherung gefährdeter Zonen im Bereich der Einsatzachse,
- dürfen zeitlich nur temporär während des Einsatzes angewendet werden,
- müssen meist mit einfachen, vor Ort verfügbaren Mitteln erstellt werden (Deckenstützen, Gerüstbauteile, Holz usw.).

Allgemeines

Die Tragsicherheit und Tauglichkeit dieser Sicherungen können deshalb nur abgeschätzt werden. Sobald es die Lage erlaubt, müssen sie entweder durch ausgewiesene Fachspezialisten überprüft und allenfalls angepasst oder durch geplante Systeme ersetzt werden.

Improvisierte Sicherungsmassnahmen sind besonders bei zeitkritischen, flächendeckenden Ereignissen erforderlich. Bei diesen Ereignissen sind die Ressourcen erfahrungsgemäss stark begrenzt. Ein typisches Beispiel eines solchen Einsatzes sind **Rettungen aus Trümmerlagen** nach einem Erdbeben.

Geplante Sicherungsmassnahmen

Wenn es die Lage erlaubt, sollten zwingend nur geplante Sicherungsmassnahmen ausgeführt werden. Konkret versteht man darunter Folgendes:

- Die Sicherungssysteme werden durch eine ausgewiesene Fachspezialistin / einen Fachspezialisten (Baumeister/in, Bauingenieur/in, Statiker/in, Baufachberater/in usw.) nach den Regeln der Baukunde geplant und bemessen.
- Die Sicherungssysteme werden unter der technischen Leitung einer Fachperson erstellt und überprüft.

Sicherungsmassnahmen müssen insbesondere dann geplant werden, wenn sie über längere Zeit (z. B. bis zum Wiederaufbau) bestehen bleiben oder wenn ganze Gebäude abgestützt werden müssen.

Geplante Sicherungsmassnahmen werden bei nicht zeitkritischen, punktuellen Ereignissen eingesetzt. Bei einem solchen Ereignis können in der Regel von aussen genügend Ressourcen zugeführt werden.

Verfügt der Zivilschutz selber nicht über die erforderlichen Baufachleute, kann er diese tatkräftig beim Erstellen der Sicherungsmassnahmen unterstützen.

Auch bei Rettungsaktionen Abstützungen grundsätzlich immer nur nach Beurteilung und unter Leitung von Fachspezialistinnen/ Fachspezialisten ausführen!

Dieses Handbuch befasst sich ausschliesslich mit **improvisierten, behelfsmässigen** Sicherungsmassnahmen für den punktuellen, temporären Einsatz im Katastrophenfall.

Ausbildung und Ausrüstung

Als Einsatzorganisation muss der Fokus des Zivilschutzes auf der Ausführung von **improvisierten Sicherungsmassnahmen** liegen. Um diese Kompetenz sicherzustellen, ist eine angemessene Ausbildung der Angehörigen des Zivilschutzes erforderlich:

- Die Kader müssen in der Lage sein, einfache, einsturzgefährdete Bauwerke oder Trümmerlagen statisch betreffend Sicherheit, Reststabilität und erforderliche Massnahmen (inkl. Sicherheitskonzept) rudimentär zu beurteilen sowie den Einsatz zu planen und zu leiten.
- Die Pioniere müssen standardmässig definierte Sicherungssysteme schnell und sicher vorbereiten und einbauen können.

Je nach Schadenereignis, Grösse und Zustand des Bauwerks können die Beurteilung des Bauwerks und die erforderlichen Sicherungsmassnahmen mehr oder weniger zeitaufwändig und anspruchsvoll sein.

Anspruchsvolle Situationen sind insbesondere Trümmerlagen nach einem Erdbeben. Die Zerstörungen sind meist schwer und grossflächig. Durch **Nachbeben** können auf die angeschlagenen Gebäude und auf die Sicherungssysteme während des Einsatzes erneut starke Kräfte einwirken. Dabei sind es besonders

die horizontal einwirkenden Kräfte, welche Gebäude und Sicherungssysteme zerstören. Die Sicherungsmassnahmen müssen diese Kräfte so gut wie möglich aufnehmen können.

Der Pionierzug muss auch über eine geeignete, minimale Ausrüstung zum Erstellen von ersten Sicherungssystemen verfügen. Müssen die Mittel während des Einsatzes

erst noch beschafft werden, kommt der Zivilschutz bei zeitkritischen Einsätzen zu spät. Es besteht die Gefahr, dass der Einsatz ohne Sicherungsmassnahmen trotzdem durchgeführt wird. Einsatzkräfte und betroffene Zivilpersonen werden dabei grossen Risiken ausgesetzt.

Aufgrund dieser Überlegungen wird folgende Ausbildung vorgeschlagen:

Funktion	Fachkompetenz	Ausbildungszeit
Pionier	Erstellen von einfachen, senkrechten Abstützungen	mindestens 1 Tag
	Erstellen von einfachen Rahmen- abspriessungen	
Kader Pionier	Beurteilen von einfachen Situationen und Festlegen geeigneter, einfacher Sicherungsmassnahmen	mindestens ½ Tag

Tab 1: Funktion, Fachkompetenz und Ausbildungszeit

Sicherheit

Allgemeine Überlegungen

Der Einsatz in der Gefahrenzone von angeschlagenen, einsturzgefährdeten Gebäuden oder Bauteilen stellt ein sehr grosses Risiko für alle Einsatzkräfte dar. Rettungseinsätze in Trümmerlagen können Stunden oder gar Tage dauern. Während dieser Zeit sind die Retter den Gefahren ausgesetzt und können selber verletzt oder verschüttet werden. Das Risiko ist besonders in der ersten Phase des Einsatzes sehr hoch, wenn die Reststabilität des Bauwerks nur lückenhaft bekannt ist und die Sicherungsmassnahmen noch aufgebaut werden müssen. Die Einhaltung der Sicherheitsregeln ist daher überlebenswichtig!

Gefahren bei Sicherungseinsätzen

Versagen von Bauteilen und/oder Bauwerken durch

- überlastete Teile/Baustoffe,
- zusätzliche Schwächung tragender Bauteile (durch Feuer, zusätzliche Last, Erschütterungen durch Baumaschinen, Entfernen/Verschieben von Elementen, Grundbruch usw.),
- Nachbeben bei Erdbebeneinsätzen (dabei können auch vermeintlich stabile Gebäude einstürzen!).

Zusätzliche Gefahren durch

- Feuer,
- Gas, Wasser, Elektrizität, Kanalisation,
- weitere, freigewordene Gefahrstoffe (giftige, sauerstoffverdrängende, explosive Stoffe).

Wichtige Sicherheitsregeln

Die wichtigsten Sicherheitsregeln werden in einer Tabelle als zusammenfassende Gesamtübersicht dargestellt. Weiterführende Erklärungen und Hinweise dazu sind in den nachfolgenden Hauptkapiteln enthalten.

Sicherheits-konzept	Sicherungseinsätze sind immer Arbeiten mit besonderen Gefahren Immer ein Sicherheits- und Notfallkonzept erstellen
Fachberater/in	Immer zuerst eine/-n kompetente/-n Baufachberater/-in anfordern
Gebäude-beurteilung	Erste Sicherheitsbeurteilung (mindestens Vier-Augen-Prinzip) immer von aussen (Rundgang), Gefahrenzonen nicht betreten! Reststabilität der Bauteile/des Bauwerks abschätzen, weitere Gefahren lokalisieren Erforderliche Massnahmen definieren
Risikozonen	Risikozonen mit Aufenthaltsberechtigung definieren und markieren bzw. absperren, beispielsweise: Heiss Zone = akute Lebensgefahr, verboten Warme Zone = Gefahr, nur für Einsatzkräfte Kalte Zone = keine Gefahr
Eigene Sicherheit	Die eigene Sicherheit geht vor Im Zweifelsfall «No Go» , Einsatz abbrechen!
Trümmer-wurfbereich	Trümmerwurfbereiche nicht betreten! Sicherheitsabstand einhalten. Faustregel: mindestens 1,5-mal Bauwerkhöhe!
Gebäude-überwachung	Stabilität der Bauwerke/Bauwerkteile permanent mit geeigneten Massnahmen überwachen
Chef/in Sicherheit	Immer eine/-n Chef/-in Sicherheit einsetzen

Einsatzkräfte	Im Gefahrenbereich so wenig Personen und nur solange wie nötig einsetzen
	Sicherungssysteme auf sicherem Rüstplatz vorbereiten
	Persönliche Schutzausrüstung konsequent tragen
	Verbindungen sicherstellen
Defensiv	Immer vom gesicherten in den ungesicherten Bereich vorarbeiten
	Rückzugsweg offenhalten
Schnellabstützungen	Bei zeitaufwendigen Sicherungsarbeiten im Gefahrenbereich als erste Sicherung immer zuerst eine Schnellabstützung (z. B. Schalungsstütze) anbringen
Mikadoeffekt	Erschütterungen vermeiden (Abbauwerkzeuge, Baumaschinen)
	Keine belasteten Bauteile entfernen, bewegen, umlagern oder schwächen
Notfallkonzept	Notalarmierung sicherstellen
	Fluchtwege definieren, freihalten und bei Nacht beleuchten
	Sammelplatz und Sanitätsdienst organisieren

Tab. 2: Sicherheitsregeln

Basiswissen

Allgemeines Vorgehen für das Sichern von Bauteilen und Bauwerken

1. Beurteilung der Bauteile und des Bauwerks.
2. Sicherungsmassnahmen definieren und Skizzen erstellen.
3. Taktisches Vorgehen abgestimmt auf den Gesamteinsatz festlegen (wo, was, wer, in welcher Reihenfolge?).
4. Sicherheitsdispositiv aufbauen (Gebäudeüberwachung, Alarmierung, Fluchtwege, Beleuchtung, Sammelplatz usw.).
5. Bei grosser Einsturzgefahr zuerst Schnellabstützung als erste Sofortmassnahme anbringen.
6. Masse aufnehmen und die einzelnen Elemente der Sicherungssysteme dimensionieren.
7. Bei Bedarf Konstruktionsskizzen, Materiallisten, Stücklisten, Schablonen erstellen.
8. Rüstplatz und Materialdepot an einem sicheren Standort einrichten.
9. Sicherungssysteme auf dem Rüstplatz so weit wie möglich vorbereiten bzw. vorfabrizieren.
10. Sicherungssysteme vor Ort einbauen und sichern, Schnellabstützungen allenfalls wieder entfernen.
11. Sicherungssysteme in regelmässigen Abständen, aber immer nach Veränderungen (Nachbeben, Erschütterungen usw.) überprüfen und, falls erforderlich, optimieren/verstärken.

Beurteilung von Bauteilen und Bauwerken

Nach einem Schadenereignis an Bauwerken und Bauteilen stellt sich ein neues, statisch labiles Gleichgewicht ein, welches sehr empfindlich auf äussere Störungen (Erschütterungen, Vibrationen usw.) reagieren kann. Mit einer Beurteilung muss vor dem Betreten der Gefahrenzonen zwingend abgeklärt werden, über welche Resttragfähigkeit die einzelnen Bauteile und das ganze Bauwerk noch verfügen und mit welchen Sicherungsmassnahmen das statische Gleichgewicht erhalten oder verstärkt werden kann.

Bei der Beurteilung muss auch geprüft werden, ob die Schadenstelle überhaupt betreten werden muss oder ob es eine andere Lösung gibt (bei Rettungsaktionen z. B. einen längeren, aber sicheren Zugang).

Improvisierte Sicherungsmassnahmen werden bei einer einfachen Schadenlage mithilfe von Abschätzungen ohne grosse statische Berechnungen getätigt.

Für eine einfache Beurteilung braucht es ein minimales, baustatisches Verständnis sowie Kenntnisse über Baustoffe, Bauteile und Bauarten. Bei einfachen, überschaubaren Situationen müssen es nicht immer Ingenieurinnen/Ingenieure sein, welche eine Beurteilung vornehmen.

Auch gut ausgebildete, erfahrene Handwerker/-innen oder Polierinnen/Poliere aus dem Hoch- und Tiefbau haben ein zuverlässiges «Augenmass», Erfahrung und Beurteilungsvermögen. In jedem Pionierzug sind Fachleute vorhanden, welche aus ihrer beruflichen Tätigkeit über diese technischen Kenntnisse verfügen. Auf eine Abhandlung über charakteristische Baustoffe, Bauelemente und Bauarten wird aus diesem Grund verzichtet.

Um die Gefahrenzonen nicht unnötig betreten zu müssen und doch eine möglichst aussagekräftige Erkundung durchführen zu können, ist der Einsatz von modernen Drohnen empfehlenswert.

Versagen von Bauteilen und Bauwerken

Bauteile und Bauwerke können grundsätzlich auf folgende Arten versagen:

- brechen, einknicken
(Versagen der Baustoffe)
- umkippen
- abgleiten
- in den Boden einsinken
(Grundbruch)

Beurteilungskriterien






Eine einfache Beurteilung kann anhand der nachfolgenden Kriterien durchgeführt werden:

- Art der Konstruktion?
 - Massivbau (Stahlbeton, Mauerwerk)
 - Holzbau
 - Skelettbau (Stahl, Beton)
- Bauqualität?
- Baugrund, Fundamente?
- Weicher Untergrund, Hanglage?
- Art der Nutzung, Anzahl Stockwerke?
- Schadenklasse?

- Einwirkende Gewichte, Kräfte?
 Sie können meist nur schwer oder nicht berechnet werden (eine Tabelle mit der Dichte wichtiger Baustoffe ist im **Anhang**, Seite 83, aufgeführt).
- Welche Bauteile haben eine statisch tragende Funktion?

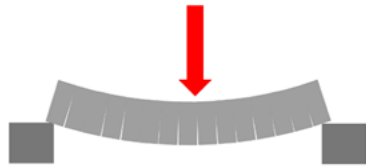


Abb. 1: Kraftableitung in die Fundamente
 (Wellenhofer, THW)

Klasse	Zustand		Zeichen	
1	leichte Schäden		beschädigt	✗
2	moderate Schäden			
3	schwere Schäden		teilzerstört	✖
4	sehr starke Schäden			
5	zerstört		totalzerstört	✖✖

Tab. 3: Schadenklasse

- Wie werden die Lasten in den Boden abgeleitet?
- Schwachpunkte **tragender Bauteile?**
 - Überlastete Bauteile
 - Beschädigte oder ausgefallene Bauteile/Verbindungen
 - Anzeichen von Einsturzgefahr
 - Umlagerung von Bauteilen (z. B. Wände werden zu Decken, Decken zu Wänden)
- Typische Anzeichen von geschwächten Bauteilen (Abb. 2 bis 5):
 - Durchhängen von Bauteilen, Rissbreiten in Stahlbeton $> 3\text{ mm}$
 - Klaffende Risse in Mauerwerk
 - Geschwächte/überlastete Auflager
 - Freiliegende Armierungseisen
- Welche Kräfte können die Bauteile noch selber aufnehmen?
- Welche Kräfte müssen durch Sicherungssysteme aufgenommen werden? Können diese Kräfte mit den verfügbaren Sicherungssystemen aufgenommen werden?
- Hängende, lose oder schief stehende Bauteile?
- Können instabile Bauteile ohne negative Einwirkungen auf das statische Gleichgewicht allenfalls entfernt werden?



Die Stabilität von Stahlbeton ist bereits ab 3 mm breiten Rissen kritisch!

Abb.2: Risse in einer Decke aus Stahlbeton



Abb.3: Gerissene Wand (M. Jordi, VKF)



Abb.4: Ausgefallene / überlastete Auflager



Abb.5: Freiliegende Armierungseisen

Stufe des Bauteilschadens	Art der Schädigung	Sicherungsmaßnahmen
1	Leicht oder nicht geschädigt	Keine erforderlich
2	Erheblich geschädigt	Abstützen entsprechend des Schadens
3	Schwerwiegender Schaden	Volle Abstützung (Das Bauteil verfügt über keine eigene Tragfähigkeit mehr)
4	Funktionsausfall	Volle Abstützung (Das Bauteil verfügt über keine eigene Tragfähigkeit mehr)
5	Totalausfall	Keine Massnahme mehr möglich

Tab. 4: Beurteilung Bauteilschäden

- Beurteilung der einzelnen **Bauteile** nach der 5-Stufen-Methode (nach Dipl.-Ing. Holger Hohage, THW)
- Trümmerwurfbereiche?
- Was kann durch Nachbeben, Erschütterungen, Veränderungen oder Rettungsarbeiten
 - herunterfallen?
 - umkippen?
 - abrutschen?
 - einstürzen?
- Weitere Gefahren (Elektrizität, Gas, Wasser, Gefahrenstoffe, Absturzgefahr usw.)
- Abschliessende Beurteilung der **Resttragfähigkeit des ganzen Bauwerks** (werden einzelne Bauteile mit Stufe 4 oder 5 bewertet, muss nicht zwingend das ganze Bauwerk instabil sein!)
 - Stabil?
 - Instabil?
 - Total instabil?
- Welche Zonen dürfen nicht betreten werden (heisse Zonen, **No-Go-Areas**)?

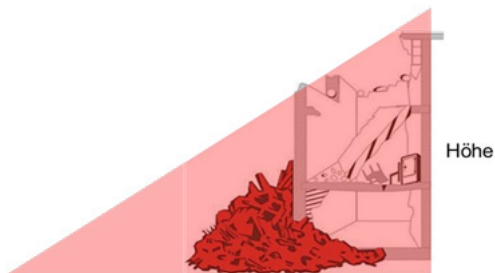


Abb. 6: Trümmerwurfbereich

**Bei längerdauernden Einsätzen
oder bei Veränderungen
müssen die Bauteile und das
Bauwerk immer wieder neu
beurteilt werden!**

Eine gute Informationsquelle sind
nicht nur Fachspezialistinnen/Fach-
spezialisten, sondern auch Eigen-
tümer/-innen und Anwohner/-innen.

Aus dieser Beurteilung werden
anschliessend die **erforderlichen
Sicherungsmassnahmen** und
das weitere Vorgehen abgeleitet.

Systematik möglicher Sicherungssysteme

Abstützsysteme

Lage

Je nach Krafteinwirkung, Situation und Ausrüstung können Abstützsysteme senkrecht, waagrecht (Abspriessen) oder auch schräg eingesetzt werden.

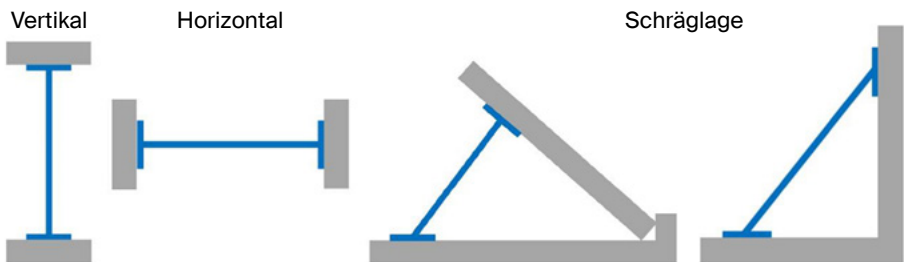


Abb. 7: Lage von Sicherungssystemen (Blockhaus, THW)

Grundkonstruktionen

Abstützsysteme können in drei **Grundkonstruktionen** eingeteilt werden:

Einzelstützen

- Einfachste Art der Abstützung.
- Kann, je nach Stützentyp, senkrecht, waagrecht oder schräg eingesetzt werden.
- Besonders als erste Schnellabstützung geeignet.
- Relativ einfacher Aufbau.

Flächenfachwerke

- Miteinander zu einem Flächenfachwerk verbundene und ausgesteifte Einzelstützen.
- Kann, je nach Typ, senkrecht, waagrecht oder schräg eingesetzt werden.
- Erfordert Fachkompetenz.

Raumfachwerke

- Miteinander zu einem Raumfachwerk verbundene und ausgesteifte Flächenfachwerke.
- Kann, je nach Typ, senkrecht, waagrecht oder schräg eingesetzt werden.
- Erfordert gut ausgebildete Rettungspionierinnen / Rettungspioniere.
- Sehr ausfallsichere Konstruktion; bei Erdbebeneinsätzen die erste Wahl!



Abb. 8: Einzelstützen (THW)

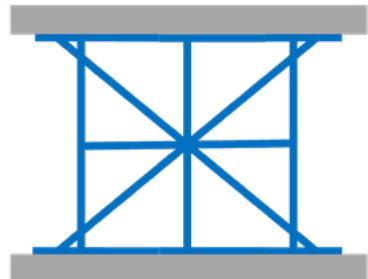


Abb. 9: Flächenfachwerke (THW)

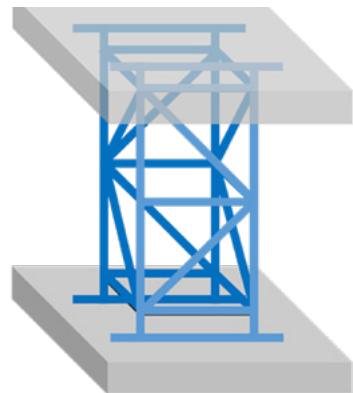


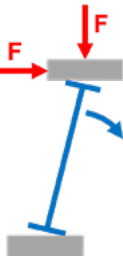



Abb. 10: Grundkonstruktionen von Abstützungen (Blockhaus, THW)

Tragverhalten und Aufbauzeit

Das Tragverhalten und die erforderliche Aufbauzeit hängen wesentlich auch von der verwendeten Ausrüstung ab. Eine einzelne Schwerlaststütze zum Beispiel kann enorme Kräfte aufnehmen.

	Tragsicherheit	Knicksicherheit	Kippsicherheit	Aufbauzeit
				
Einzelstütz	✓	✓	✓	✓ ✓ ✓
Flächenfachwerk	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Raumfachwerk	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓

Tab. 5: Tragverhalten und Aufbauzeit bei identischem Abstützmaterial

Spannsysteme

Bauteile können auch durch Abspannen oder Verspannen mit Drahtseilzügen oder Gewindestangen gesichert werden.

Verspannen/Abspannen

- Sichern von Bauteilen eines Bauwerks durch Zusammen-spannen (Innere Verspannung) oder Abspannen auf eine externe Verankerung.
- Kann waagrecht, schräg oder senkrecht eingesetzt werden.
- Erfordert viel Fachkompetenz.

Skelettieren

- Zusammenspannen von angeschlagenen Wänden (z. B. Mauerwerk) mit Holzbalken und Gewindestangen.
- Erfordert besonders in der Planung viel Fachkompetenz.

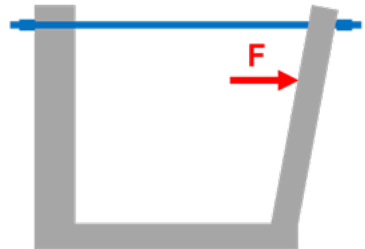


Abb. 11: Innere Verspannung



Abb. 12: Skelettieren

Sicherungsmassnahmen mit Baugeräten

Mit Baugeräten können labile Bauteile sehr schnell gesichert werden, ohne dass sich Personen in die Gefahrenzone begeben müssen. Die Baugeräte eignen sich daher als Sofortmassnahme bestens für erste **Schnell-** bzw. **Notsicherungen**, insbesondere zum Schutz der Einsatzkräfte während des Aufbaus von anderen Sicherungssystemen oder ersten Rettungen. Achtung: Der Einsatz von Baugeräten kann heikel sein. Einige cm zu viel und der Gebäudeteil kann kollabieren!

Allerdings müssen eine Zufahrt gewährleistet und eine genügend grosse Aufstellfläche vorhanden sein sowie ein Sicherheitsabstand zum Schutz der Maschinistin/des Maschinisten eingehalten werden können. Diese Voraussetzungen sind besonders bei Erdbebeneinsätzen oft nicht gegeben.

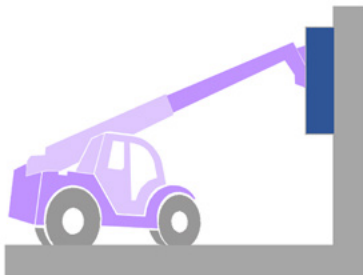


Abb.13: Abstützen mit Teleskopklader

Teleskopklader

- Abstützen von angeschlagenen Bauteilen mit einem Teleskopklader.
- Erfordert viel Fachkompetenz und eine/n professionelle/n Maschinistin/Maschinisten.

Fahrzeugkrane

- Sichern oder abstützen von absturzgefährdeten Bauteilen.
- Entfernen von Gebäudeteilen.
- Für das Anschlagen der Lasten müssen sich Personen in die Gefahrenzone begeben.
- Erfordert grosse Baumaschinen, viel Fachkompetenz und eine/n professionelle/n Maschinistin/Maschinisten.

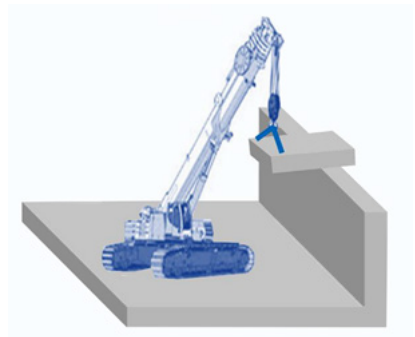


Abb.14: Sichern mit Fahrzeugkran

Baugeräte werden nicht nur zum Sichern oder Entfernen von Bauteilen eingesetzt. Sie sind auch für das Aufstellen und Positionieren von grossen, schweren Sicherungskonstruktionen oder zum Transportieren von Einsatzkräften und Material an hoch gelegene, von unten schwer zugängliche Standorte unentbehrlich.

Neben Teleskopladern und Fahrzeugkranen können auch Bagger, Autodrehleitern, Hubretter und Hubarbeitsbühnen Schlüsselemente für das Sichern von Bauwerken sein.

Baumaschinen nur durch professionelle, erfahrene Maschinenführer/innen bedienen lassen! Die Bedienung durch Laien im Katastrophenfall ist mit sehr grossen Risiken verbunden.

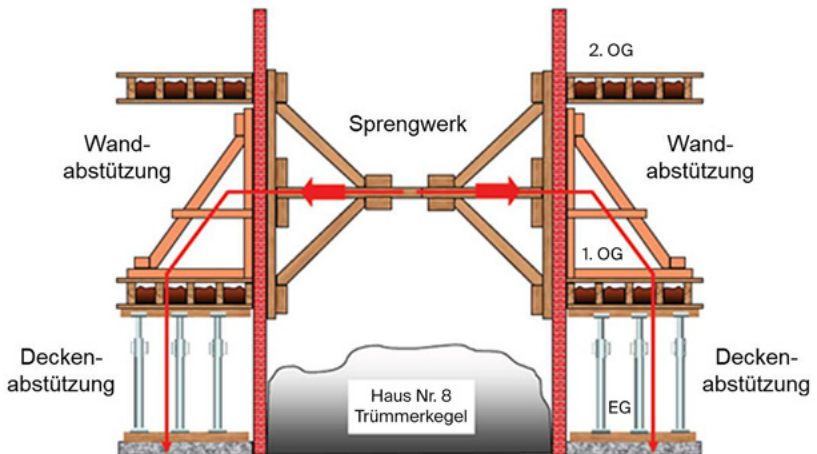


Abb. 15: Kraftableitung beim Sichern von Gebäuden mit einem Sprengwerk (Blockhaus, THW)

Kraftableitung durch Sicherungsmassnahmen

Sicherungsmassnahmen dienen dazu, die Überlast eines angeschlagenen Bauteils über ein trag-sicheres Bauteil in das Fundament bzw. in den Untergrund zu übertragen. Je nach Situation genügt dafür eine einzelne Sicherungsmassnahme nicht, sondern es sind mehrere, aufeinander abgestimmte Sicherungsmassnahmen erforderlich. Dies soll am Beispiel einer Sicherung von zwei gegenüberliegenden Hausfassaden erläutert werden:

- Zwei angeschlagene Fassaden werden mit einem sogenannten «Sprengwerk» von aussen horizontal gegeneinander abgesichert.
- Horizontaler Druck durch eine Fassade wird über das Sprengwerk auf die andere Fassade übertragen. Die Fassaden können horizontale Kräfte nur bedingt aufnehmen (besonders Mauerwerke). Sind die Kräfte zu gross, kann die Fassade einbrechen.
- Aus diesem Grund müssen beide Fassaden innen zusätzlich mit Wandabstützungen gesichert werden.
- Über die Wandabstützungen werden die Kräfte in die Decken eingeleitet. Sind die Decken zu schwach, können auch sie bei Überbelastung einbrechen.

- In einem solchen Fall müssen auch die Decken von unten abgestützt und die Kräfte in das Fundament abgeleitet werden.
- Die Abstützung wird in der Regel von unten (Fundament, Erdreich) nach oben aufgebaut.

Bei der Einsatzplanung müssen die Auswirkung von Kräften und die Kraftableitungs-Pfade nicht nur vor, sondern auch nach der Installation einer Sicherungsmassnahme beurteilen werden!

Überwachen von Bauteilen und Bauwerken

Während des Einbaus von Sicherungssystemen oder des Ausführens von Rettungsarbeiten sind die Einsatzkräfte beim Versagen von Bauteilen oder ganzen Gebäuden extremen Risiken ausgesetzt. Mit einer Überwachung und einer Alarmorganisation (als Teil des Notfallkonzepts) muss sichergestellt werden, dass ein drohendes Versagen noch vor dem Kollaps erkannt wird und den Einsatzkräften genügend Zeit bleibt, um die Gefahrenzone zu verlassen.

Einfache Überwachung

- Beobachten von Veränderungen (Rissbildungen, Bewegungen, Ausrieseln von Steinen und Feinmaterial, Herunterfallen von Putz, übermäßige Verformungen usw.).
- Wahrnehmen von Knackgeräuschen (besonders bei Bauteilen aus Holz ein «gutes» Vorwarnzeichen).
- Bei Erdbeben: Wahrnehmen von Nachbeben.
- Feststellen von überlasteten Abstützungen (Knackgeräusche, Biegen von Stützen und Trägern, Eindrücken von Stützen in den Holzunterzug usw.).

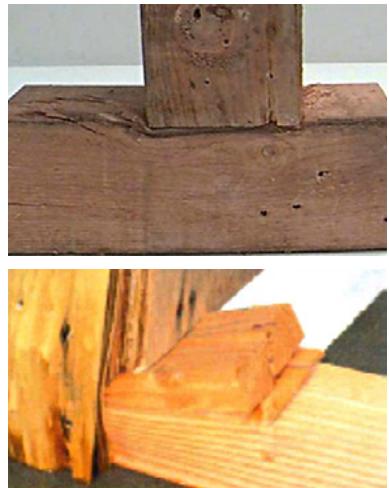


Abb.16: In die Schwelle- oder den Unterzug eingedrückte Stützen zeigen eine Überlastung des Abstützsystems an (FEMA)

Rissmonitoring

Möglichkeiten zur Überwachung von Rissen:

Mit Markierfarbe einen gut sichtbaren Strich über den Riss ziehen. Gegeneinander verschobene Striche zeigen eine Bewegung an. Es muss sich eine Person in den Gefahrenbereich begeben.

Ein Gips- oder Glassiegel mit Schnellgips über dem Riss einbauen. Bricht das Siegel, hat sich das Bauteil bewegt. Es muss sich eine Person in den Gefahrenbereich begeben.



Abb.17: Überwachung mit Farbstrich
(Regina Wenk)



Abb.18: Gipsiegel über einem Riss

Überwachung mit Bewegungsmelder

Der speziell für den Rettungsbereich entwickelte Bewegungsmelder wird an einem Bauteil oder an einer Abstützung montiert. Bei Bewegungen oder Vibrationen löst er automatisch Alarm aus. Es muss sich eine Person in den Gefahrenbereich begeben.



Abb.19: Bewegungsmelder (ZSO Thurgau)

Überwachung mit optischen Geräten

Anvisieren von kritischen Ecken, Kanten, Linien mit einem Tachymeter. Verschiebt sich das Bauteil aus dem Fadenkreuz hat es sich bewegt. Der Tachymeter muss in kurzen, regelmässigen Abständen durch eine Person kontrolliert werden. Es muss sich keine Person in den Gefahrenbereich begeben.

Anbringen von Reflektoren an mehreren kritischen Punkten und automatische Überwachung aller Punkte auf Abweichungen mit einem modernen Laser-Tachymeter. Dafür sind eine spezielle Ausrüstung und in der Vermessung geschultes Personal (Geometer) erforderlich. Für die Gebäudeüberwachung speziell zusammengestellte Geräte lösen automatisch Alarm aus. Es muss sich eine Person in den Gefahrenbereich begeben.

Überwachen von kritischen Punkten mit speziell für Rettungseinsätze entwickelten **Laserüberüberwachungsgeräten**. Verändert sich die Lage der anvisierten Bauteile, lösen die Geräte automatisch Alarm aus. Die Warnschwelle der Geräte kann eingestellt werden. Die Geräte sind miliztauglich und können bereits nach einer kurzen Ausbildung eingesetzt werden. Es muss sich keine Person in den Gefahrenbereich begeben.



Abb.20: Tachymeter

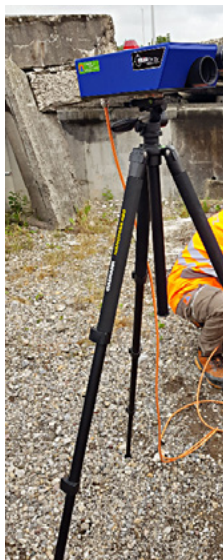


Abb.21: Laser-überwachungsgerät
(ZSO Thurgau)

Ausrüstung und Material für das Abstützen

Abstützen mit Holz

Holz ist für Abstützungen das am häufigsten verwendete Material. In der Regel wird handelsübliches Bauholz aus Fichte oder Tanne verwendet. Holz wird auch für andere Abstützsysteme als Unterlage oder für Verbindungen zwingend benötigt und ist daher in jedem Abstützeinsatz unentbehrlich.



Abb.22: Wandabstützung aus Holz (FEMA)

Vorteile

- Leicht und doch hoch belastbar
- Kann an fast alle Situationen angepasst werden
- Mit einfachen Werkzeugen bearbeitbar
- Bei genügender Dimensionierung hat das Holz ein **Frühwarnsystem** eingebaut. Es knackt und knirscht (Brechen von schwachen Fasern) bevor es zum Totalversagen der Abstützung kommt.
- Ist regional überall verfügbar

Nachteile

- Benötigt für das Rüsten und Einbauen sehr viel Zeit
- Dadurch längere, ungeschützte Exposition im Gefahrenbereich
- Benötigt Fachleute. Ohne Handwerker/innen aus der Holzbranche (Zimmerleute, Schreiner/innen) oder speziell ausgebildeten Rettungspionieren/-pionieren kann die Tragsicherheit und Tauglichkeit grösserer Abstützsysteme kaum sichergestellt werden
- Holz kann bei längeren Standzeiten schwinden und das System dadurch ausfallen

Abstützen mit Ausrüstungen aus dem Bausektor

- Deckenstützen «Stüper»
 - Normale Ausführung aus Stahl
 - Schwerlaststützen aus Leichtmetall. Dank Zubehör können damit auch Flächen- und Raumfachwerke erstellt werden

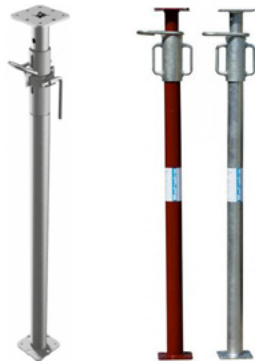


Abb. 23: Deckenstützen (Schake)

- Kanalstreben



Abb. 24: Kanalstrebe (be-ettiswil.ch)

- Richtstützen
 - Sind für schräge Abstützungen konzipiert und sowohl druck- als auch zugfest



Abb. 25: Richtstütze (Schake)

- Gerüstmaterial
 - Universalgerüste sind besonders anpassungsfähig, z. B. das Einsatzgerüstsystem EGS des THW



Abb. 26: Raumfachwerk mit dem EGS

Vorteile

- Hohes Lastaufnahmevermögen
- Braucht keine oder wenig Rüstzeit und ist schnell eingebaut
- Dadurch nur kurze, ungeschützte Exposition im Gefahrenbereich
- Einzelteile sind in der Regel von einer Person tragbar
- Erprobte, robuste Ausrüstung für den effizienten Einsatz im Baualltag
- Braucht kein grosses, handwerkliches Geschick
- Ist regional überall verfügbar

Nachteile

- Stützen aus Metall versagen meist ohne Vorwarnung
- Die meisten Systeme sind für parallel oder rechtwinklig zueinanderstehende Bauteile konzipiert. Schräge Abstützungen sind oft nur mit zusätzlichen Anpassungen (Holz) möglich
- Die Pioniere müssen in der Handhabung der Systeme minimal ausgebildet sein

Abstützen mit multifunktionellen Rettungsstützen

Vorteile

- Sehr hohes Lastaufnahmevermögen
- Extrem flexibel, kann an praktisch an jede Situation angepasst werden
- Braucht keine oder wenig Rüstzeit und ist sehr schnell eingebaut.
- Dadurch nur kurze, ungeschützte Exposition im Gefahrenbereich
- Einzelteile sind von einer Person tragbar
- Einfach und miliztauglich
- Viele weitere Anwendung im Rettungseinsatz (z. B. Drei- oder Zweibein) möglich
- Braucht kein grosses, handwerkliches Geschick

Nachteile

- Teuer
- Die Pioniere müssen in der Handhabung der Systeme ausgebildet sein

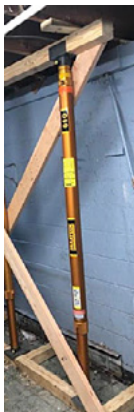


Abb.27: Abstützungen mit multifunktionellen Rettungsstützen (Paratech)

Abstützen mit Kunststoffblöcken aus dem Rettungssektor

Vorteile

- Sehr hohes Lastaufnahmevermögen
- Flexibel, kann an viele Situationen angepasst werden
- Braucht keine Rüstzeit und ist sehr schnell eingebaut.
- Dadurch nur kurze, ungeschützte Exposition im Gefahrenbereich.
- Besonders geeignet für das Sichern beim Anheben von Lasten mit Hebegeräten
- Einfach und militzuglich

Nachteile

- Nur für kleine, niedere Sicherungen / Abstützungen geeignet

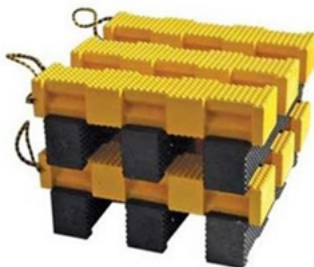


Abb. 28: Kunststoffblöcke und -keile zum Sichern und Abstützen (Holmatro)

Zusätzlich erforderliche Ausrüstung

Nebst der allgemeinen Pionierausrüstung ist die nachfolgend aufgeführte Ausrüstung sicherzustellen.

Messen:

- Doppelmeter, Messband, Lasermessgerät
- Anschlagwinkel, Winkelmesser

Rüsten:

- Motorsäge, Zimmermannssäge, Handsäge
- Nägel oder Holzschrauben (besser sind Schrauben) in den erforderlichen Längen
- Ausrüstung zum Bohren und Einschrauben (Akkuschrauber)
- Material zum Verbinden und Aussteifen (z. B. Bauklammern, Nagelplatten, Holzplatten, Lochbandeisen, Holzbretter, Gerüstrohre mit passenden Rohrkupplungen, Zurrgurte)

Einbauen:

- Wasserwaage
- Holzkeile
- Mehrzweckleitern mit der erforderlichen Länge
- Verankerungsmaterial (Betonanker, Ankerstangen, Erdanker usw.)
- Evtl. Teleskoplader

Regeln für das Abstützen

Allgemeine Regeln

Nie versuchen, Bauteile wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückzudrücken!

Abstützungen grundsätzlich überdimensionieren.

Abstützungen immer kraftschlüssig auf festen Untergrund bzw. direkt auf die tragenden Bauelemente (Betondecke, Balken, Träger, Unterzüge usw.) aufbringen. Nie auf losen Schutt, weiche Zwischenschichten (Isolation, Montageschaum) oder heruntergehängte Decken abstützen.

Bei **Erdbeben** nur ausfallsichere, gegen Kippen stabile Raumfachwerke verwenden oder Abstützung entsprechend verankern.

Bei eingesetzten Raumfachwerken folgende Verhältnisse einhalten:

- Verhältnis Höhe:
Breite ideal = **1:1** (Würfelprinzip)
- Verhältnis Höhe:
Breite maximal = **3:1**

Immer Holz oder Kunststoffblöcke aus dem Rettungssektor als Zwischenlage verwenden. Nie direkt Stahl auf Stahl oder Stahl auf Stein abstützen.

Bei Durchstanzgefahr Krafteinleitung immer mit Schwellen und Unterzügen aus Holz auf eine grosse Fläche verteilen.

Abstützungen immer miteinander (oder gegen Strukturen) verstreben und aussteifen. Dabei kraftschlüssige Dreiecke bilden.

Auch Keile sichern.

Nie Steine als Abstützung verwenden (Bruchgefahr).

Jede Abstützung muss zuletzt belastet bzw. eingespannt sein. Eine dynamische Belastung muss vermieden werden.

Sichern von Bauteilen beim **Anheben** mit Hebeegeräten:

- Last immer sichern, sie darf sich nie ungewollt oder unkontrolliert bewegen
- Für das Sichern eignen sich Kreuzholzstapel (vgl. Seite 52), Kunststoffblöcke aus dem Rettungsbereich und, gegen seitliche Verschiebung, Handseilzüge
- Abwechslungsweise nur wenig anheben und laufend lageweise unterbauen
- Hände weg! Beim Unterbauen nie unter die Last greifen, Hilfswerkzeuge verwenden

Last nie gleichzeitig anheben und unterbauen!

Regeln beim Einsatz von Holz

Nur handwerklich korrekt ausgeführte Zuschnitte gewährleisten eine schlüssige Kraftübertragung!

Dimensionen und Belastbarkeit

Für das Abstützen nur Kant- oder Rundhölzer ab einer Dimension von mindesten 10 x 10 cm, für das Verstreben und Aussteifen Latten ab einer Dimension von 5 x 10 cm verwenden.

Kurze, gedrungene Bauelemente (z. B. flachgelegte Bretter oder Balken) werden nur auf Druck belastet und können einfach dimensioniert werden. Lange, schlanke Holzstützen dagegen versagen durch Knicken bevor die Druckfestigkeit des Holzquerschnitts erreicht ist. Eine einfache Berechnung ist nicht möglich. Dafür stehen dem Anwender geeignete Tabellen zur Verfügung (siehe Tabelle 6).

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

Achtung: Bei nicht quadratischen Kanthölzern gilt immer die kürzere Kantenlänge.
Bei frischem Holz reduziert sich die Festigkeit um rund **30%**!

Tab. 6: Zulässige Druckbelastung von langen, schlanken Rund- oder Kantholzstützen aus Nadelholz (Knicken massgebend)

Zulässige Druckbelastung von kurzen, gedrunghenen Holzelementen aus Nadelholz (Knicken nicht massgebend):

- Zulässige Belastung senkrecht zur Faser: $2,0 \text{ N/mm}^2$ (20 kg/cm^2)
- Zulässige Belastung längs zur Faser: $8,0 \text{ N/mm}^2$ (80 kg/cm^2)

Da bei improvisierten Abstützmassnahmen die einwirkende Kraft oft schwer abgeschätzt werden kann, ist es schwierig, die Dimension einer Holzstütze mit Hilfe einer Lasttabelle zu bestimmen. Für solche Fälle hat die **FEMA** (Federal Emergency Management Agency = Amerikanischer Zivilschutz) eine einfache **Faustformel** zur Dimensionierung von Kantholzstützen entwickelt. Sie beruht auf der Überlegung, dass Holzstützen mindestens so stark dimensioniert sein müssen, dass das «Frühwarnsystem Holz» eine Überbelastung anzeigt (Knackgeräusche durch das Brechen schwacher Holzfasern), bevor die Stütze bricht:

$$L_{\text{Stütze}} \leq x_{\text{Kantenlänge}} \cdot 25$$

Max. Knicklänge einer Stütze \leq
Kantenlänge (kürzere Seite) $\times 25$

Die Knicklänge ist in der Regel identisch mit der Stützenlänge. Beispiel: Ein Kantholz mit einem Querschnitt von $10 \times 10 \text{ cm}$ darf bis zu einer **maximalen** Länge von $10 \text{ cm} \times \text{Faktor } 25 = 250 \text{ cm}$ eingesetzt werden. Längere Stützen mit gleicher Querschnittsabmessung können ohne Vorwarnung brechen.

Achtung: Es handelt sich um eine **Faustformel für den Notfalleinsatz**. Sie ist weder wissenschaftlich belegt noch handelt es sich um eine offizielle Norm!

Im Anhang, Seite 85, sind zusätzliche Tabellen für das Dimensionieren genormter Kant- und Rundhölzer der Festigkeitsklasse C24 aufgeführt.

*Elemente zum Verbinden, Fixieren
oder Verspannen von Holzbauteilen*

**Bei Holzverbindungen muss
unterschieden werden, ob sie nur
der Lagefixierung dienen oder der
Übertragung statisch tragender
Kräfte.**

Knagge:

Die Knagge ist ein Widerlager auf
einem Trägerholz für die Aufnahme
der Druckkräfte einer (meist schrä-
gen) Stütze.

Abmessungen einer Knagge:

- Länge: mind. zweimal Breite der Stütze (breitere Seite).
- Breite: identisch mit dem Trägerholz.
- Höhe: gleich hoch wie die Höhe des angeschnittenen Stützenkopfs.

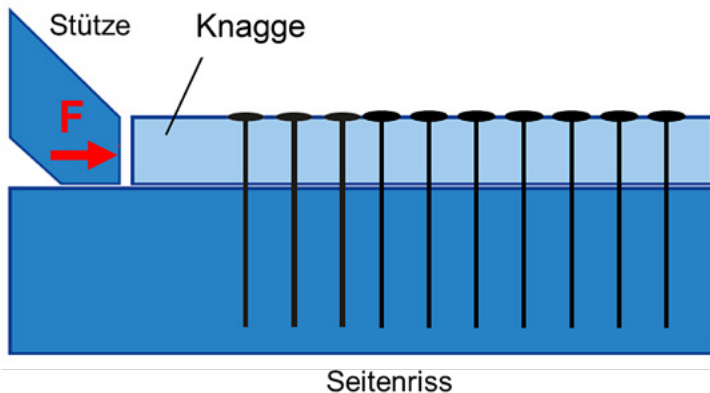


Abb.29: Konstruktionsprinzip einer Knagge (Blockhaus, THW)

Hilfsmittel zum Fixieren
von Verbindungen:

- Schichtholzplatten (z. B. aus Schalungstafeln) 30 x 30 cm (quadratisch und halbiert als Dreiecke) und 15 x 30 cm
- Lochblech aus dem Holzbau
- Bauklammern
- Lochbandeisen

Diese Hilfsmittel dienen in erster Linie zur Lagefixierungen von Verbindungen. Für die Übertragung von statisch wirkenden Kräften sind sie nur bei einfachen, kleineren Abstützkonstruktionen zulässig.

Holzverbindungen
mit Schrauben / Nägeln:

Wenn möglich schrauben
(Akkuschrauber), nicht nageln:

- Erschütterungsfrei.
- Bei engen Platzverhältnissen besser realisierbar.
- Erleichtert nachträgliche Anpassungen oder Demontage.

Ideal sind Spanplattenschrauben mit flachem Tellerkopf und Torx. Sie sprengen das Holz weniger als Senkkopfschrauben.

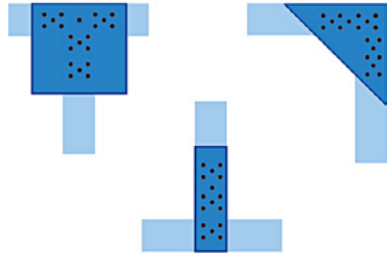


Abb. 30: Schichtholzplatten zum Fixieren von Holzelementen (Blockhaus, THW)

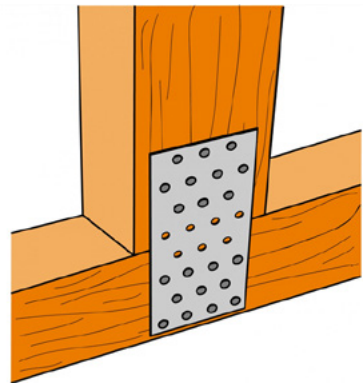


Abb. 31: Platten für Fixierungen (Blockhaus, THW)



Abb. 32: Bauklammern (Blockhaus, THW)



Abb. 33: Lochbandeisen (sanitaerschweiz.ch)

Faustregel für das Schrauben- / Nagelbild am Beispiel einer Kragge:

Das Nagelbild entspricht grundsätzlich einer Fünf, wie die fünf Augen bei einem Würfel. In Abhängigkeit der einwirkenden Kräfte wird eine Verbindung mit einer oder mehreren 5er-Serien erstellt.

$\frac{2}{3}$ der Schrauben- / Nagellänge befindet sich im haltenden Holz.

Beim Randabstand ist zu unterscheiden zwischen einem belasteten oder einem unbelasteten Rand.

Sehr grosse Kanthölzer können auch mit Gewindeschrauben (z. B. Schlossschrauben, Gewindestangen) und Muttern durchgängig verschraubt werden.

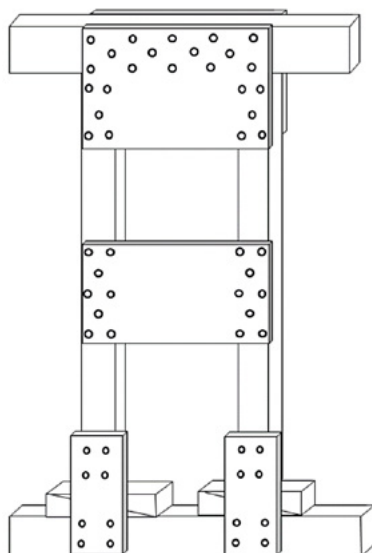


Abb. 35: Nagelbild für die Lagefixierung und Aussteifung eines Linienfachwerks nach amerikanischem Muster (FEMA)

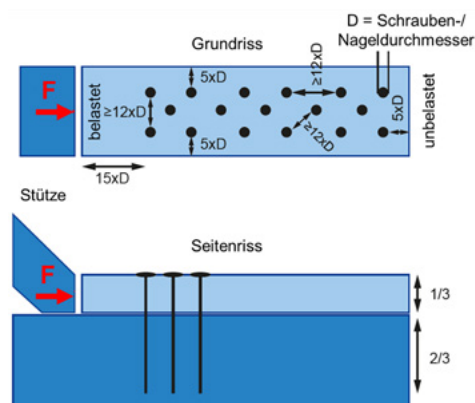


Abb. 34: Nagelbild einer Kragge (Blockhaus, THW)

Einsatz von Bauklammern:

Bauklammern sind Zugverbindungen. Nicht auf Druck belasten.

Stets paarweise einsetzen, damit beide Seiten der zu verbindenden Holzelemente gesichert sind.

Seitliche Verschiebungen durch zwei gegeneinander schräg gestellte Bauklammern verhindern.

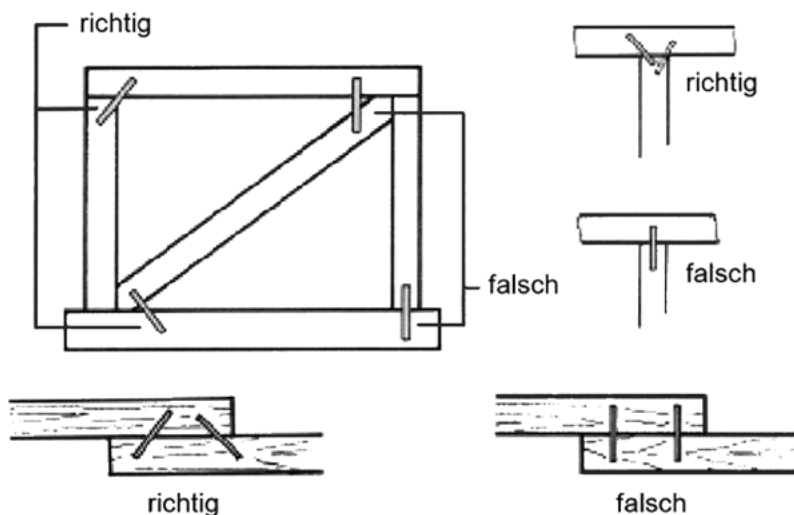


Abb.36: Korrekte Montage von Bauklammern (Schweizer Armee)

Holzkeile:

Holzkeile werden zum Verspannen von Holzstützen (Kraftschluss), zum Ausgleichen von Höhenunterschieden oder für Anpassungen von Stützkonstruktionen an schräge Oberflächen verwendet.

Mit einem Verhältnis Höhe zur Länge von $\sim 1:10$ sind sie selbsthemmend und bewirken eine genügend hohe Spannkraft. Die Standardabmessung für Abstützeinsätze beträgt $L \times B \times H = 300 \times 100 \times 40$ mm. Wird standardmässig Kantholz mitgeführt, sollte die Breite der Keile derjenigen der Kanthölzer entsprechen.

Holzkeile sollten aus Hartholz hergestellt werden.

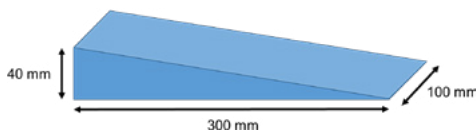


Abb. 37: Abmessungen eines Holzkeils

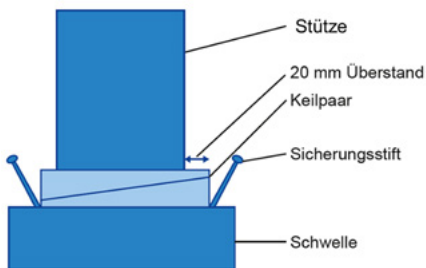


Abb. 38: Verspannen einer Stütze mit einem Keilpaar (Blockhaus, THW)

Zum Verspannen einer Stütze müssen immer zwei Keile paarweise übereinander verwendet werden. Sie sollten mindestens so breit wie die Stütze sein (bei breiten Kanthölzern allenfalls zwei Keilpaare nebeneinander verwenden).

Keile immer sichern!

Die Verkeilung muss eine optimale Kraftübertragung sicherstellen. Keile mit «Luftzwischenraum» sind untauglich. Um das zu vermeiden, muss die Höhe der Keile beim Zuschneiden der Stütze bereits eingerechnet werden.



Abb. 39: Richtige und falsche Positionierung der Keile (Blockhaus, THW)

Abstützsysteme «Shoring»

Allgemeines

Je nach Lage und verfügbarem Abstützmaterial sind viele unterschiedliche Abstützkonstruktionen möglich. Nachfolgend werden die «gebräuchlichsten» Konstruktionen vorgestellt, erläutert und mit Beispielen ergänzt.

Als Basis dienen dabei die Konstruktionen aus Holz. Sie werden etwas ausführlicher behandelt. Das Konstruktionsprinzip von Abstützsystemen mit Ausrüstungen aus dem Bau- oder Rettungsbereich ist grundsätzlich identisch. Diese Konstruktionen werden als mögliche Beispiele jeweils anschliessend an die Holzkonstruktionen aufgeführt. Beim Einsatz von kommerzieller Ausrüstung müssen die Bedienungs- und Sicherheitsvorschriften der Hersteller beachtet werden. Diese werden hier nicht aufgeführt. Sie sind den entsprechenden Bedienungsunterlagen zu entnehmen.

Beim Einsatz von geprüften, kommerziellen Abstützsystemen gelten grundsätzlich die Vorschriften der Hersteller!

Zusammen mit dem Basiswissen stehen dem Anwender damit genügend Grundlagen und Ideen zur Verfügung, um im Einsatz eine geeignete, tragfähige Abstützkonstruktion wählen und aufbauen zu können. Je nach Lage können die Konstruktionen nach eigenem Ermessen zusätzlich verstärkt, abgespannt oder anderweitig gesichert werden. Nebst technischer Fachkompetenz sind bei Notfalleinsätzen auch Kreativität und Erfindergeist entscheidend.

Bei einem grossen, flächendeckenden Ereignis, zum Beispiel nach einem Erdbeben, werden für Rettungen nicht nur nationale, sondern auch internationale Rettungsteams benötigt. Die Standards für solche internationalen Einsätze sind unter der Schirmherrschaft der UNO in den INSARAG-Guidelines (International Search and Rescue Advisory Groupe) festgelegt. Die Fachsprache unter den verschiedenen Rettungsteams ist Englisch. Aus diesem Grund werden bei den Standard-Abstützsystemen nebst den deutschen Bezeichnungen zusätzlich in Klammern auch die englischen Bezeichnungen angegeben.

Senkrechte Abstützungen «Vertical Shore»

Kraftableitung

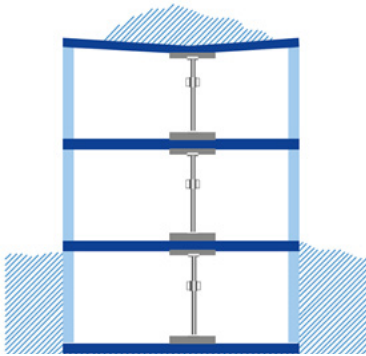


Abb.40: Kraftableitung von mehrstöckigen Gebäuden (Blockhaus, THW)

Ausgehend von einem angeschlagenen Stockwerk müssen die Kräfte bei mehrstöckigen Gebäuden mit

Abstützungen über alle Stockwerke grundsätzlich bis in den tragfähigen Untergrund abgeleitet werden.

Die Stützkonstruktionen müssen dabei direkt auf die tragenden Bauteile aufgebracht und genau senkrecht übereinander platziert werden.

Im **Anhang** Seite 86 sind Hilfen für Dimensionierung, Stützenraster sowie Konstruktionshinweise für das Abstützen ganzer Gebäude aufgeführt.

Je nach Situation kann mit der Abstützung oben oder unten begonnen werden. Beginnt man unten, bleibt das potentielle Einsturzrisiko der angeschlagenen Decke bis zuletzt bestehen. Beginnt man oben, nimmt dieses Risiko mit jeder zusätzlichen Abstützung kontinuierlich ab.

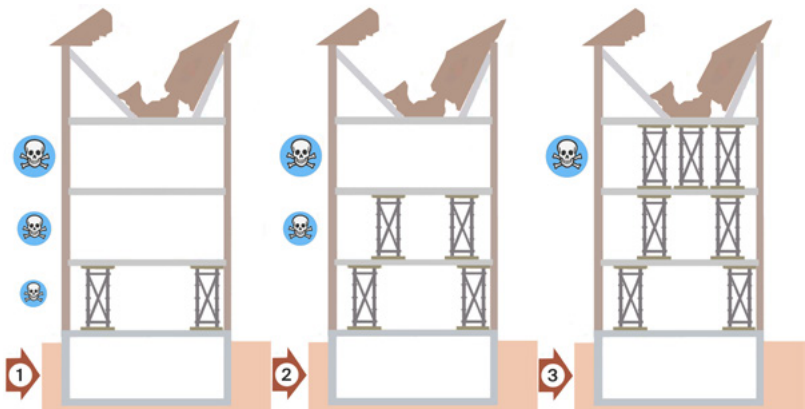


Abb.41: Bau der Abstützung von unten nach oben (Wellenhofer)

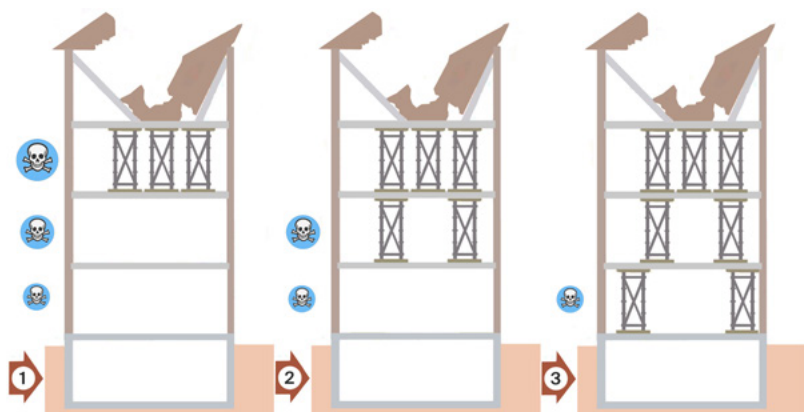


Abb. 42: Bau der Abstützung von oben nach unten (Wellenhofer)

Bei hohen, grossen Gebäuden ist der Aufwand für solche Abstützungen enorm. Bei Rettungseinsätzen geht dabei sehr viel wertvolle Zeit verloren. Aus diesem Grund hat die FEMA eine einfache **Faustregel** für den Notfalleinsatz entwickelt:

- Bei **Holz- oder Skelettbauwerken** trägt **ein** intaktes Stockwerk ein angeschlagenes Stockwerk
- Bei Bauwerken aus **Beton oder Mauerwerk** tragen **zwei** intakte Stockwerke ein angeschlagenes Stockwerk

Achtung: Es handelt sich um eine **Faustregel für den Notfalleinsatz** und ist wissenschaftlich nicht belegt! Eine zusätzliche Belastung der angeschlagenen Decke durch Trümmer oder Schutt ist dabei nicht eingerechnet! Wichtig ist, dass die Kraftableitung auf eine möglichst grosse Fläche verteilt und Durchstanzen verhindert wird.

Die Stützen müssen immer senkrecht stehen und **zentrisch** belastet werden. Bei exzentrischer Belastung nimmt die Tragfähigkeit von Stützen stark ab.



Senkrechte Einzelstützen «T-Shore»

Einzelstütze aus Holz

Schwelle und Unterzug müssen mindestens eine Länge von **fünfmal Kantholzbreite** aufweisen.

Stütze mit Unterzug auf dem Rüstplatz fertig vormontieren. Bei rechteckigen Kanthölzern Unterzug immer hochkant einbauen (höhere Stabilität auf Biegung).

Nach dem Verkeilen Keile sichern und die Verbindung zwischen Stütze und Schwelle ebenfalls fixieren.



Abb.45: Senkrechte Holzstütze
 (Blockhaus, THW)

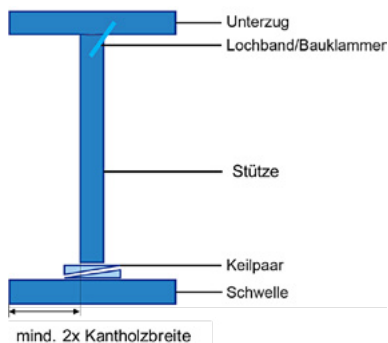


Abb.43: Konstruktion senkrechte Einzelstütze
 aus Holz (Blockhaus, THW)

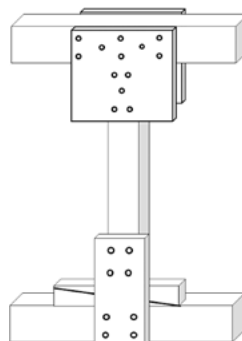


Abb.44: T-Shore (FEMA)

Einzelstützen aus dem Bau- und Rettungssektor (Beispiele)



Abb.46: Einzelstützen aus dem Bausektor (Blockhaus, THW)



Abb.47: Einzelstütze aus dem Rettungssektor (Paratech)

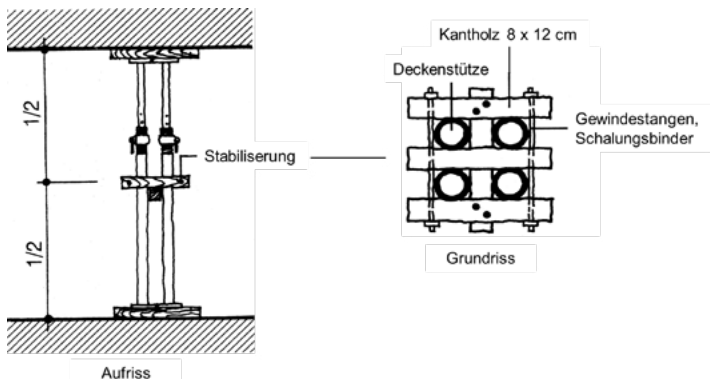
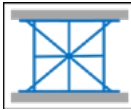


Abb.48: Konstruktionsprinzip einer Schwerlaststütze aus vier Metall-Deckenstützen (Schweizer Armee)

Ist die zulässige Belastung einer Deckenstütze aus Metall nicht bekannt, kann mit der Dimensionierungshilfe im **Anhang** Seite 84 gearbeitet werden.



Abb. 49: Sehr gefährliche und unbrauchbare Abstützung einer auskragenden Deckenplatte
(Rettungskette Schweiz)



Senkrechte Flächenfachwerke «N-Post Vertical Shore»

Flächenfachwerk aus Holz

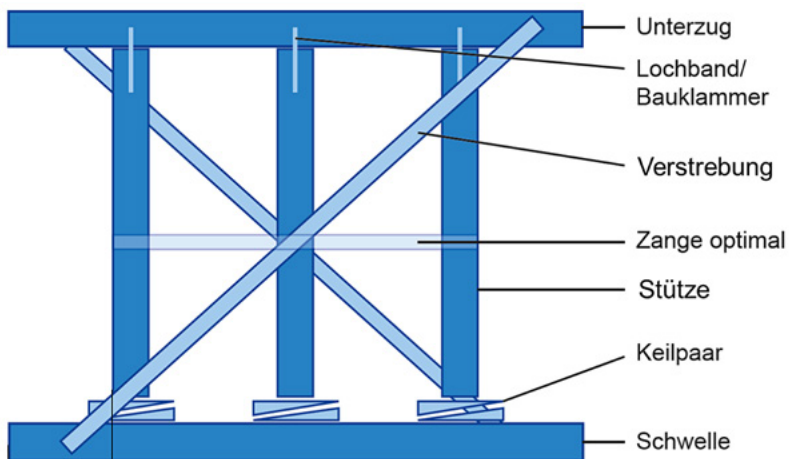
Schwelle und Unterzug müssen auf beiden Seiten um mindestens **zweimal Kantholzbreite** vorstehen.

Stützen mit Unterzug wenn möglich auf dem Rüstplatz fertig vormontieren. Bei rechteckigen Kanthölzern Unterzug immer hochkant einbauen (höhere Stabilität auf Biegung).

Nach dem Verkeilen Keile sichern und die Verbindung zwischen Stützen und Schwelle ebenfalls fixieren.

Stützen in der Mitte wenn möglich mit einer Zange verbinden. Damit kann die Knicklänge der Stützen reduziert werden.

Konstruktion mit diagonalen Streben aussteifen. Dabei die Streben mit der Schwelle, dem Unterzug und den Stützen verschrauben / vernageln.



mind. 2x Kantholzbreite

Abb. 50: Konstruktion senkrechtes Flächenfachwerk aus Holz (Blockhaus, THW)

Die Gesamtbelastbarkeit entspricht der Summe aller Stützen.

Ist bei einem Flächentragwerk ein freier Durchgang erforderlich (z. B. für Rettungsaktionen), kann das Tragwerk anstatt mit zwei gekreuzten Diagonalen mit einer **A-Verstrebung** ausgesteift werden.

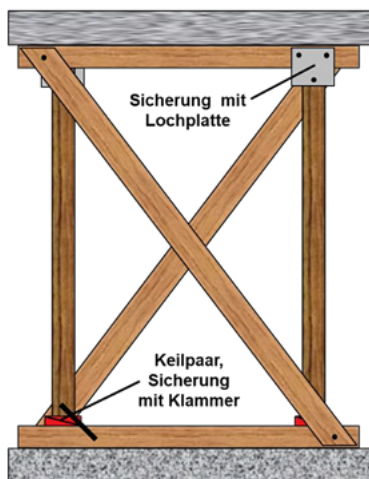


Abb. 51: Einfache Konstruktion mit zwei Stützen



Abb. 53: Aussteifung eines Flächentragwerks mit einer A-Verstrebung

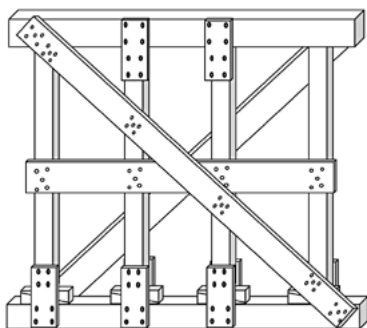


Abb. 52: Konstruktion mit vier Stützen (FEMA)



Abb. 54: Beispiel eines senkrechten Flächentragwerks aus Holz (FEMA)

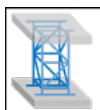
*Flächenfachwerke mit Ausrüstungen aus dem Bau- und Rettungssektor
(Beispiele)*



Abb. 55: Senkrechtes Flächenfachwerk mit Systemstützen aus dem Bausektor (BABS)



Abb. 56: Senkrechtes Flächenfachwerk mit Systemstützen aus dem Rettungssektor



Senkrechte Raumbachwerke

Raumbachwerke aus Holz

Die einfachste Art, ein Raumbachwerk zu erstellen:

Zwei Flächenfachwerke mit zwei Diagonalverstreibungen miteinander verbinden.

Durch zusätzliches Anbringen von Zangen und Aussteifungen kann die Stabilität der Konstruktion weiter erhöht werden.

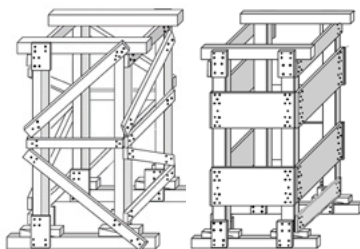


Abb. 58: Senkrechte Raumbachwerke aus Holz nach amerikanischem Muster (FEMA)

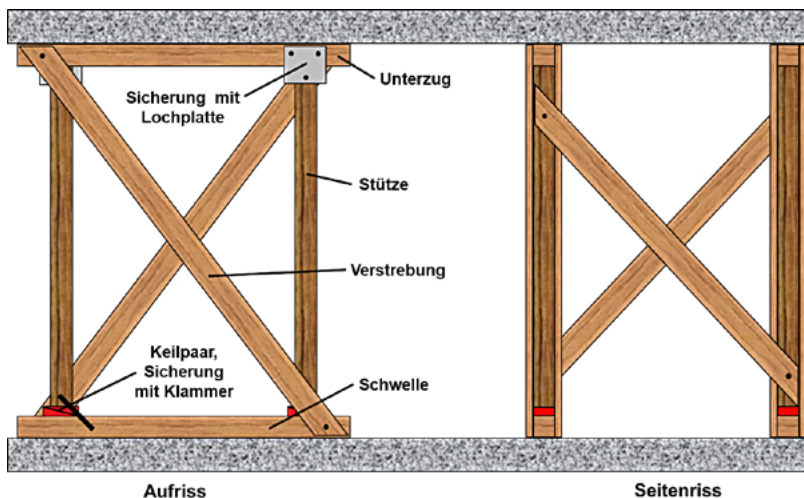


Abb. 57: Konstruktion senkrechtes Raumbachwerk aus Holz

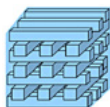


Abb. 59: Beispiel eines senkrechten Raumfachwerks aus Holz

Raumfachwerke mit Ausrüstung aus dem Bausektor (Beispiele)



Abb. 60: Senkrechte Raumfachwerke aus Systemstützen und aus Gerüstbaumaterial



Kreuzholzstapel «Cribbing»

Allgemeines

Ein Kreuzholzstapel «Triste» besteht aus kreuzweise aufeinander geschichteten Kanthölzern. Systematisch gehören Kreuzholzstapel zu den senkrechten Raumfachwerken. Kreuzholzstapel können aber auch leicht schräg aufgebaut werden.

Das Erstellen eines Kreuzholzstapels ist sehr einfach und benötigt kein grosses, handwerkliches Geschick. Zudem benötigt man sehr wenig Ausrüstung. Trotzdem kann ein Kreuzholzstapel enorme Lasten aufnehmen.

Gerade bei Notfalleinsätzen ist der Kreuzholzstapel deshalb wohl das einfachste und oft beste Abstützsystem. Einige fachtechnische Regeln müssen aber zwingend beachtet werden.

Technische Regeln

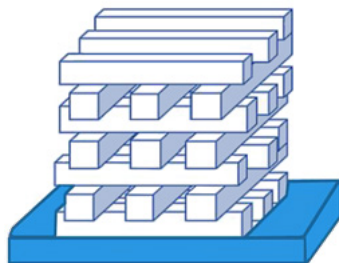


Abb. 61: Kreuzholzstapel mit 3 x 3 Kanthölzern (THW)

Der Kreuzholzstapel muss auf einem stabilen Untergrund aufgebaut werden. Bei Bedarf zuerst eine vollflächige Holzauflage erstellen.

Die Kanthölzer werden in der Regel lageweise um 90° versetzt aufgeschichtet.

Einen seitlichen **Sicherheitsüberstand** von **einmal Kantholzbreite** einhalten.

Die Last wird über die Flächen der Kreuzungspunkte abgetragen und das Holz auf Druck senkrecht zur Faser belastet. Die Kreuzungspunkte müssen für eine optimale Kraftübertragung deshalb exakt und genau **senkrecht** übereinander liegen.

Rechteckige Kanthölzer immer **flachlegen**. Durch die grössere Kreuzungsfläche erhöht sich die Druckfestigkeit und es kann eine grössere Last abgetragen werden. Zudem wird die Kippstabilität der einzelnen Kanthölzer verbessert.

Immer ein **Seiten-Höhen-Verhältnis** von mindestens **1:3**, besser von **1:1** (Würfelprinzip) einhalten.

Keine wackeligen, instabilen «Türme» bauen!

Kreuzholzstapel eignen sich bis zu einer Höhe von ca. einem Meter. Höhere Stapel sind zwar möglich, benötigen aber sehr viel Holz.



Abb. 62: Beispiel instabiler Kreuzholzstapel
(Regina Wenk)



Abb. 63: Beispiel instabiler Kreuzholzstapel
(Regina Wenk)

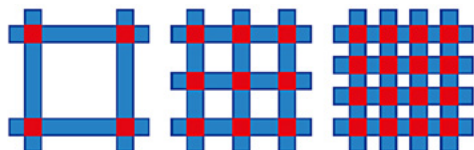


Abb. 64: Kreuzholzstapel mit 2 x 2, 3 x 3 und 4 x 4 Kanthölzern (Blockhaus, THW)

Grundform ist die «2 x 2»-Methode mit zwei Kanthölzern pro Lage (4 Lastaufnahmepunkte). Bei Kanthölzern aus Nadelholz mit einem Querschnitt von 10 cm x 10 cm kann jeder Punkt eine Last von $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 20 \text{ kg/cm}^2 = 2000 \text{ kg}$ aufnehmen. Der ganze Kreuzholzstapel kann somit eine Last von 8000 kg tragen.

Bei grossen Lasten können pro Lage mehr als zwei Kanthölzer eingebaut werden, z. B. 3 x 3 oder 4 x 4 Kanthölzer. Bei sehr hoher Belastung können sogar vollflächige Kantholzlagen erforderlich sein. Bei weichem Untergrund wird oft die erste Lage vollflächig ausgeführt. Auch bei vollflächiger Verlegung die Lagen immer kreuzweise versetzt anordnen!

Je nach Situation können nicht nur rechtwinklige, sondern auch anderen Grundformen (Parallelogramm, Trapez usw.) eingesetzt werden. Die Regel des Höhen-Seiten-Verhältnisses ist aber immer einzuhalten. Dabei gilt immer die kürzeste Seite.

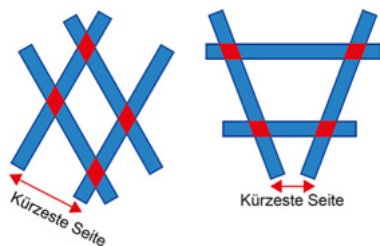


Abb. 65: Kreuzholzstapel Sonderformen (Blockhaus, THW)

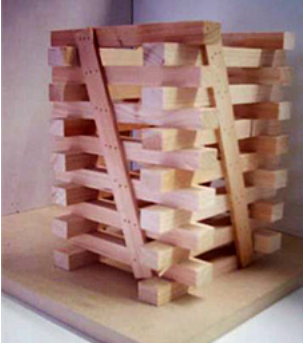


Abb. 66: Sichern von Kreuzholzstapel

Kreuzholzstapel wenn möglich durch Diagonalverstreben mit Brettern/Lochbandeisen oder durch Anbringen von Latten in den Ecken gegen Verrutschen bei horizontaler Krafteinwirkung sichern. Im **Erdbebensatz** und bei **schrägen** Kreuzholzstapeln sind diese Sicherungen **zwingend!**



Mit Kreuzholzstapeln können begrenzt auch leicht schräge Lasten abgestützt werden. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Schräges Auflager wenn möglich bereits am Fusspunkt erstellen und anschliessend den Kreuzholzstapel normal aufbauen.
- Auflageflächen beibehalten, Punktlasten vermeiden. Keile verwenden.
- Je nach Situation für die notwendige Schräglage ein Kantholz weglassen.
- Der Durchstosspunkt der resultierenden Kraft muss immer **innerhalb** der Grundfläche bleiben! Optimal sollte er nicht über die **Hälfte** der Grundfläche hinausreichen. Verläuft die Kraftlinie ausserhalb der Grundfläche, kann der Kreuzholzstapel umkippen!

Kreuzholzstapel können keine horizontalen Kräfte aufnehmen!

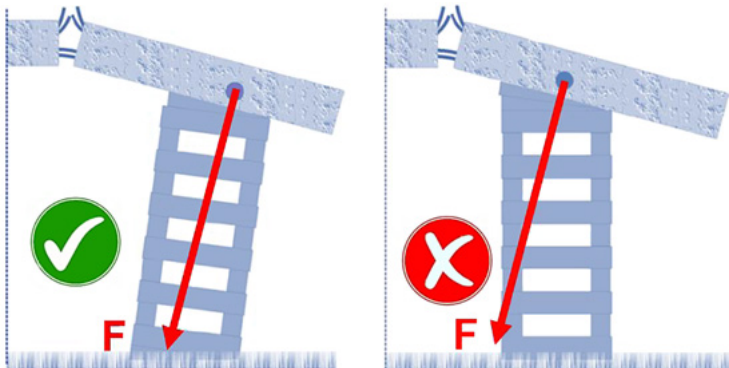


Abb. 67: Kreuzholzstapel für schräge Lasten

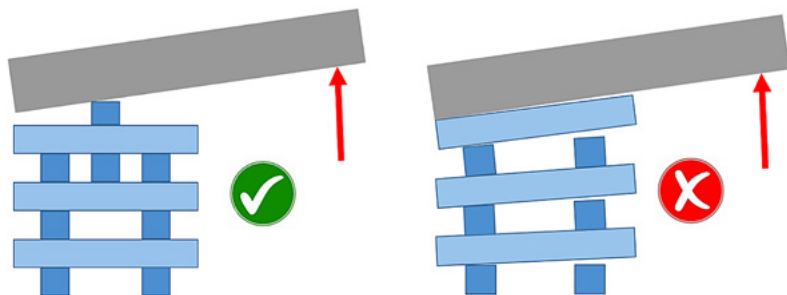


Abb.68: Drehpunkt beim Anheben von Lasten

Wird der Kreuzholzstapel als Drehpunkt beim Anheben von Lasten mit Hebezeugen verwendet, muss der Drehpunkt immer in der Mitte angebracht werden. Beim Drehen der Last über eine Aussenkante wird der Kreuzholzstapel instabil und kann umkippen!



Abb.69: Abstützung mit Kreuzholzstapel im Pentagon nach dem Terroranschlag (FEMA)

Alternativen zum Kreuzholzstapel

Einsatz von Holzpaletten (Europaletten)

Im Notfall können als Alternative zum Kreuzholzstapel auch Europaletten verwendet werden. Sie sind überall verfügbar und mit einem Gewicht von ca. 20 kg von einer einzelnen Person tragbar.

Beim Einsatz ist Folgendes zu beachten:

- Nur unbeschädigte, neuwertige Paletten verwenden.
- Die 9 Holzblöcke müssen aus gewachsenem Massivholz sein, Blöcke aus Pressspan sind nicht geeignet.
- Die Last kann nur über die 9 Blöcke abgetragen werden. Beim Aufeinanderstapeln darauf achten, dass diese Lastaufnahme Punkte genau übereinanderliegen.

- Höhen-Seiten-Verhältnis von ideal 1:1, maximal 3:1 einhalten (maximale Höhe des Stapels = 2,4 Meter)
- Palettenstapel gegen Verwutschen mit Diagonalverstreben sichern.

Ein korrekt erstellter Palettenstapel kann eine Last von bis zu 27 Tonnen aufnehmen!



Abb. 71: Beispiel eines korrekt aufgebauten Palettenstapels (Blockhaus, THW)

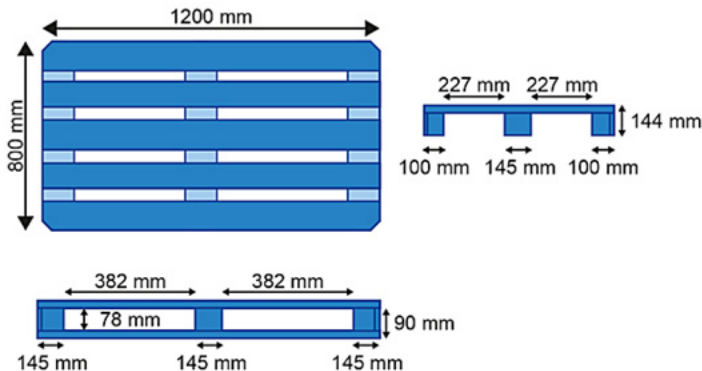


Abb. 70: Abmessungen von Europaletten (Blockhaus, THW)

Abstützsysteme «Shoring»

Einsatz von einfachen Kantholzstapeln

Bei Rettungsaktionen aus Trümmern sind die Platzverhältnisse meist sehr eng und die Einsatzachse muss für die Retter und die geretteten Personen frei bleiben. Es ist deshalb aus Platzgründen nicht immer möglich, optimale, ausfallsichere Abstützungen zu erstellen.

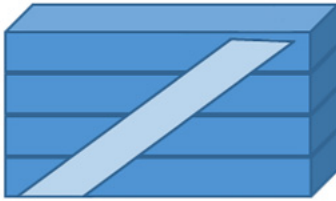


Abb.72: Aufeinandergeschichtete und mit einer Diagonalverstrebung gesicherte Kanthölzer

In solchen Fällen können als Notlösung aufeinandergeschichtete Kanthölzer als einfache Abstützungen verwendet werden. Dabei Folgendes beachten:

- Möglichst lange Kanthölzer verwenden. So ist die Kippstabilität zumindest in einer Achse gewährleistet.
- Rechteckige Kanthölzer immer flachlegen (höhere Tragfestigkeit, kippstabiler).
- Wenn möglich immer ein
- Höhen-Seiten-Verhältnis von mindestens 3:1 einhalten.
- Kantholzstapel immer beidseitig mit Diagonalverstreben oder Bauklammern sichern.
- Werden in einem Abstützsystem mehrere Kantholzstapel eingesetzt, sollten sie möglichst abwechselnd um 90° versetzt angeordnet werden. So ist bei horizontalen Krafteinwirkungen (z. B. durch Nachbeben) zumindest eine minimale Kippstabilität des ganzen Abstützsystems gewährleistet.

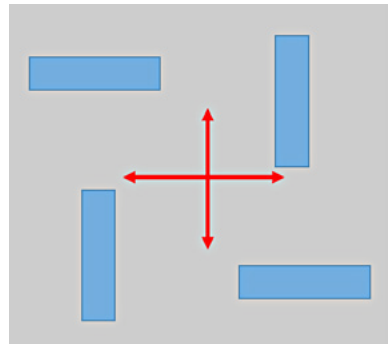


Abb.73: Um 90° versetzte Kantholzstapel (Grundriss)



Abb. 74: Beispiele von einfachen Kantholzstapeln (Regina Wenk)



Waagerechte Abstützungen
«Horizontal Shore»

Allgemeine technische Regeln

Praktisch alle senkrechten Abstützsysteme (Einzelstützen, Flächen- und Raumbachwerke) können auch als waagerechte Abstützungen eingesetzt werden. Die Konstruktionsprinzipien bleiben dabei grundsätzlich die gleichen.

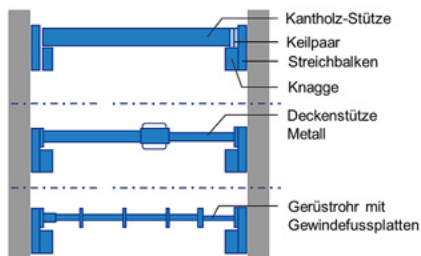


Abb. 75: Konstruktionsbeispiele horizontaler Einzelstützen
 (Blockhaus, THW)

Wichtig ist, dass die horizontalen Stützen mit geeigneten Massnahmen gegen das Herunterfallen zusätzlich gesichert werden (z. B. durch Anschrauben oder mit Knaggen).

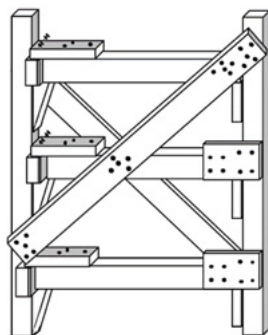


Abb. 76: Beispiel eines horizontalen Flächenfachwerks «Horizontal N-Post Shore» nach amerikanischem Muster (FEMA)

Sprengwerk

Allgemeines

Ein speziell für das horizontale Abstützen von gegenüberliegenden Wänden konzipiertes Flächenfachwerk ist das Sprengwerk. Es wird meist eingesetzt, um beim Ausfall eines Gebäudes innerhalb einer Häuserzeile (z. B. nach einer Gasexplosion) die einsturzgefährdeten Wände der beiden Nachbargebäude gegeneinander abzustützen und zu sichern.

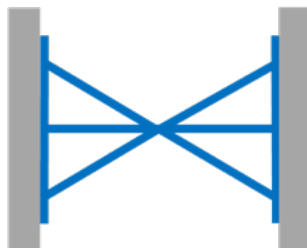


Abb. 77: Prinzip eines Sprengwerks
 (Blockhaus, THW)

Konstruktionsprinzip für Sprengwerke aus Holz

Die Konstruktion ist recht kompliziert und aufwendig. Für einen effizienten Einsatz von Sprengwerken aus Holz werden zwingend erfahrene Zimmerleute und viel Material benötigt.

Bei höheren Gebäuden oder weit auseinanderliegenden Fassaden sind in der Regel auch ein Kran oder ein Teleskoplader sowie Leitern oder, besser, Autodrehleitern / Hubarbeitsbühnen erforderlich.

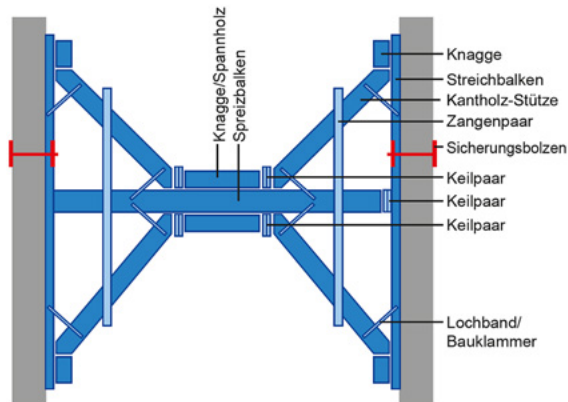


Abb. 78: Konstruktionsprinzip eines Sprengwerks (Blockhaus, THW)



Abb. 79: Beispiel eines Sprengwerks (THW)

Sichern von Gräben und Baugruben

Gefahren und Risiken

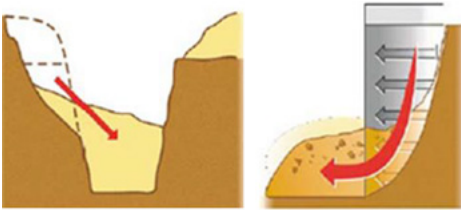


Abb. 80: Einsturzgefahr von Gräben und Baugruben

Im Einsatz kann sich eine Arbeits- oder Durchgangszone im Gefahrenbereich eines Grabens oder einer Baugrubenwand befinden. Bei Rettungsaktion in Trümmerlagen besteht eine taktische Vorgehensweise darin, von aussen seitlich über das Untergeschoss in ein Gebäude einzudringen. Je nach Situation muss als Zugang zuerst ein genügend tiefer Graben zum Freilegen der Aussenwand ausgehoben werden.

Steile, nicht gesicherte Graben- und Grubenwände bilden eine grosse Gefahr. Sie können jederzeit einstürzen und dabei Personen verschütten. Das Risiko wird meist unterschätzt.

Nicht gesicherte Gräben und Baugruben sind eine tödliche Gefahr!



Abb. 81: Achtung, Lebensgefahr! (FEMA)

Das Retten von verschütteten Personen aus eingebrochenen Baugruben oder Baugruben ist eine komplexe und gefährliche Aktion. Solche Rettungsaktionen dürfen nur durch dafür spezialisierte Einsatzkräfte ausgeführt werden und sind **keine Aufgabe für den Zivilschutz!**

Sichern von Gräben

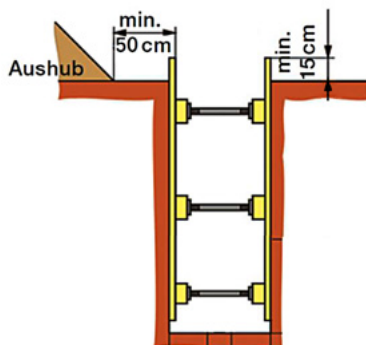
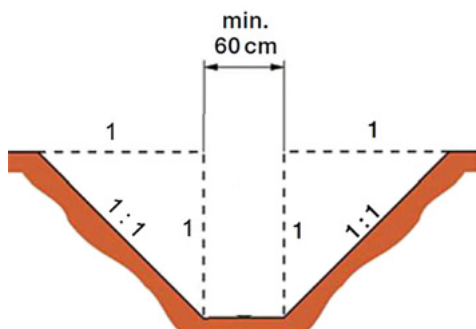


Abb. 82: Sichern von Gräben

Faustregeln zum Sichern von Gräben:

Benötigt Fachwissen. Immer einen kompetenten Baufachmann als Berater beiziehen.

Ab einer Tiefe von **1 Meter** müssen die Grabenwände entweder 45° (1:1) abgeschrägt oder durch Abspriessungen gesichert werden.

Gabenbreite mind. 60 cm.

Nicht abgeschrägte Grabenwände flächendeckend mit Holzbrettern, Balken und (genügend) Grabenspriessen sichern.

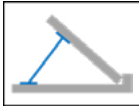
Aushubmaterial mit genügend Abstand vom Grabenrand deponieren.

Keine Erschütterungen oder schwere Maschinen im Bereich des Grabenrandes.

Nach dem Einsatz müssen nicht abgeschrägte Gräben entweder wieder zugeschüttet oder die Sicherungsmassnahmen durch Fachleute überprüft und allenfalls angepasst werden.

Sichern von Baugruben

Baugruben dürfen nur durch ausgewiesene Bauunternehmen oder darauf spezialisierte Einsatzformationen gesichert und erst nach deren Freigabe betreten werden!



Abstützen von schrägen Bauteilen «Sloped Floor Shore»

Allgemeine technische Regel

*Senkrechte oder rechtwinklige
Abstützmethode*

Schräge Bauteile sind mit einer Rutschfläche vergleichbar. Beim Abstützen von schrägen Bauteilen muss die Krafteinleitung durch die Abstützung deshalb immer so erfolgen, dass das Bauteil weder herunterstürzen/brechen noch wegrutschen kann.

Je nach Lage des Bauteils und Zustand des Baugrundes muss entweder die **senkrechte** oder die **rechtwinklige** Methode angewendet werden. Wird die falsche Methode gewählt, ist die Abstützung **nicht sicher!**

Senkrechte Methode
(rutschgefährdete Platte):

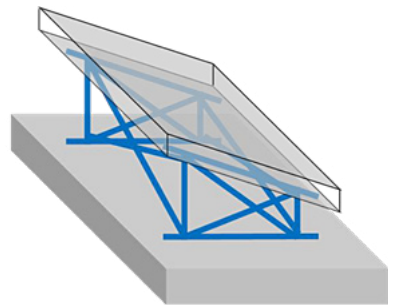
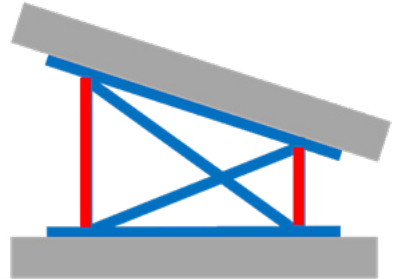


Abb. 83: Prinzip eines schrägen Raumfachwerks mit der senkrechten Methode (Blockhaus, THW)

Ist das Bauteil nicht an einem Widerlager gegen Wegrutschen oder Verschieben genügend gesichert, muss es immer so abgestützt werden, als ob es frei in der Luft schweben würde. Dafür eignen sich **nur Raumfachwerke** mit **senkrecht** eingebauten Stützen. Flächenfachwerke oder gar Einzelstützen sind zu wenig stabil und daher untauglich.

Rechtwinklige Methode:

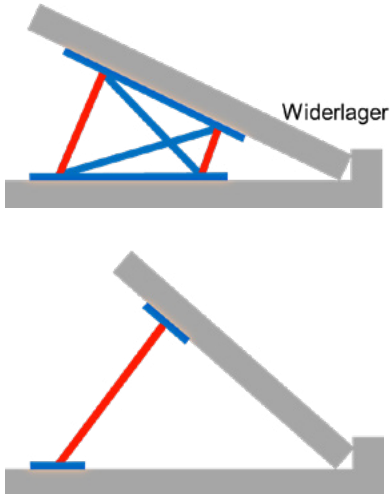


Abb. 84: Prinzip von schrägen Abstützungen mit der rechtwinkligen Methode (Blockhaus, THW)

Ist das Bauteil am Fusspunkt mit einem Widerlager gegen das Wegrutschen gesichert, werden die Stützen immer **rechtwinklig** zum abzustützenden Bauteil eingebaut.

Auch in diesem Fall eignen sich Raumfachwerke am besten. Wirken keine seitlichen Kräfte auf das Bauteil, können auch Flächenfachwerke oder, ausnahmsweise, Einzelstützen eingesetzt werden.

Einachsige oder zweiachsige Schräglagen

Stehen die Standfläche des Abstützsystems und die Fläche des abzustützenden Bauteils nur in einer Achse schräg zueinander, können die Abstützungen meist einfach realisiert werden. Eine Ausnahme bildet der Einsatz normaler Deckenstützen aus dem Bausektor, welche eigentlich nur für die Abstützung paralleler Flächen (Decken) vorgesehen sind. Durch konstruktive Anpassungen mit Holz können sie (mit etwas Aufwand) aber auch schräg eingesetzt werden.

In Trümmerlagen stehen Flächen allerdings oft in zwei nicht parallelen Achsen schräg zueinander. Die Abstützsysteme müssen zusätzlich an diese unterschiedlichen Schräglagen angepasst werden (z. B. durch Unterlegen von Keilen).

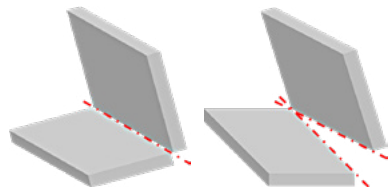


Abb. 85: Einachsige und zweiachsige schräg zueinander stehende Flächen

Abstützsysteme «Shoring»

Sehr gut eignen sich in solchen Fällen Stützen aus dem Bau- oder Rettungssektor, die über schwenk- und drehbare Fussplatten verfügen. Diese Fussplatten können schnell an praktisch jede Schräglage angepasst werden. Bedingung ist, dass sie mit geeigneten Massnahmen (z. B. durch Anschrauben) gegen das Wegrutschen gesichert werden.

Aufgrund des sehr schnellen und einfachen Einsatzes eignen sich derartige Stützen besonders als erste Schnellsicherungen.



Abb. 86: Stützen mit schwenk- und drehbaren Fussplatten aus dem Bau-, Gerüstbau- und Rettungssektor



Abstützungen mit der rechtwinkligen Methode «Sloped Floor Shore Perpendicular»

Einzelstützen, rechtwinklige Methode

Für das Abstützen schräger Bauteile sind Einzelstützen in der Regel zu wenig standfest. Sie können nur bedingt und nur für die rechtwinklige Methode eingesetzt werden (der Fusspunkt des Bauteils ist durch ein Widerlager gesichert und kann sich nicht verschieben).

Einzelstützen können allenfalls als erste Schnellabstützung dienen, um einen minimalen Schutz für das Einsatzteam während des Einbaus eines Raumfachwerks zu gewährleisten.

Einzelstütze aus dem Rettungssektor (Beispiel siehe unten).

Aufgrund ihrer Flexibilität eignen sich Rettungsstützen besonders als erste Schnellsicherungen. Sie sollten anschliessend durch stabilere Raum- oder Flächenfachwerke ersetzt werden.



Abb. 87: Schnellsicherung eines schrägen Bauteils mit einer Rettungsstütze und seitlicher Abspannung mit Zurrgurten gegen Verschiebung

*Flächen- und Raumfachwerke,
rechtwinklige Methode*

Flächenfachwerke eignen sich besonders für die rechtwinklige Methode (das Bauteil kann nicht wegrutschen).

Die Raumfachwerke werden aus zwei miteinander verbundenen und ausgesteiften Flächenfachwerken zusammengesetzt.

Nur anwenden, wenn sich das Bauteil in seiner Lage nicht verschieben kann.

Bauelemente auf dem Rüstplatz so weit wie möglich vorbereiten.

Schwelle immer mit einem Widerlager oder durch Verbolzen in den Untergrund gegen das Wegrutschen sichern.

Für Raumfachwerke zwei Flächenfachwerke miteinander verbinden und mit Diagonalen aussteifen.

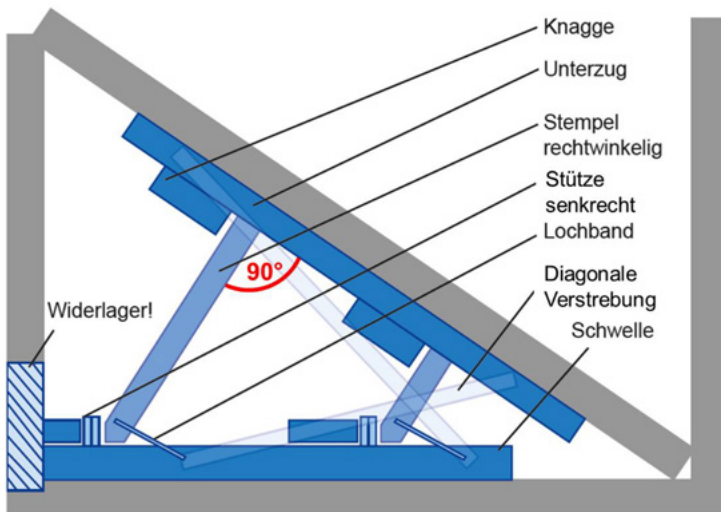


Abb. 88: Konstruktionsprinzip schräges Flächenfachwerk aus Holz (rechtwinklige Methode)
(Blockhaus, THW)



Abb. 89: Modell eines schrägen Flächenfachwerks aus Holz (rechtwinklige Methode) (Blockhaus, THW)



Abb. 90: Schräges Flächenfachwerk mit Systemstützen aus dem Bausektor (rechtwinklige Methode)

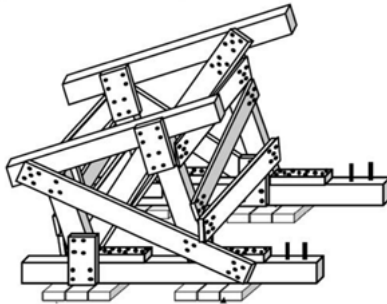


Abb. 91: Prinzip eines schrägen Raumfachwerks aus Holz (rechtwinklige Methode) nach amerikanischem Muster (FEMA)



Abb. 92: Schräges Raumfachwerk aus Holz (rechtwinklige Methode) (FEMA)



Abstützen mit der senkrechten Methode «Sloped Floor Shore Friction Type»

Schräg stehende Bauteile, welche so instabil gelagert sind, dass sie sich potentiell in alle Richtungen bewegen könnten, dürfen nur mit der senkrechten Methode gesichert werden. Um auch horizontal oder schräg auf das Bauteil einwirkende Kräfte aufnehmen zu können, eignet sich als Grundkonstruktion dafür nur

das Raumbachwerk. Ein einzelnes Flächenfachwerk ist zu wenig kippstabil.

Aus diesem Grund wird nachfolgend nur das Raumbachwerk behandelt.

Immer anwenden, wenn sich das **Bauteil in seiner Lage verschieben könnte.**

Bauelemente auf dem Rüstplatz so weit wie möglich vorbereiten.

Unterzug immer mit dem Bauteil verbolzen (Abrutschen des Bauteils auf der Abstützung verhindern).

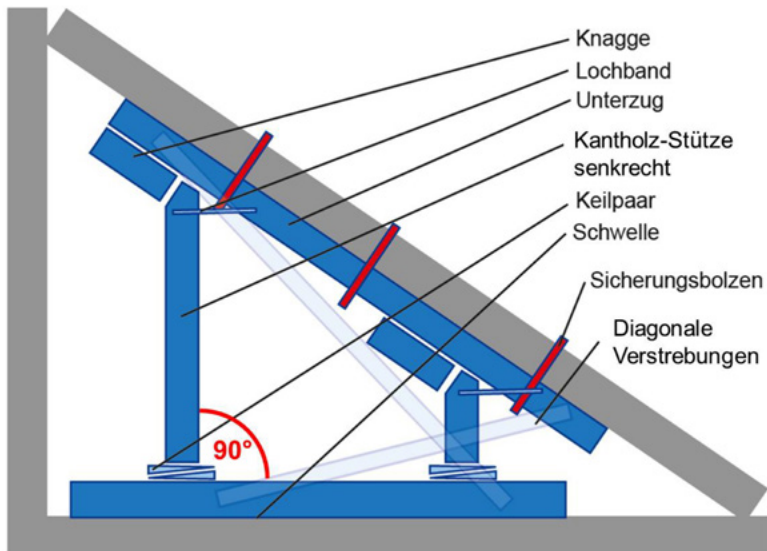


Abb. 93: Konstruktionsprinzip schräges Raumbachwerk aus Holz (senkrechte Methode)
(Blockhaus, THW)

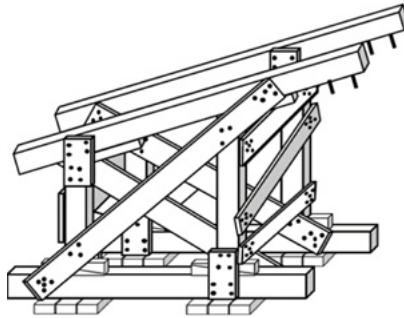


Abb.94: Prinzip eines schrägen Raumfachwerks aus Holz (senkrechte Methode) nach amerikanischem Muster (FEMA)



Abb.95: Schräges Raumfachwerk aus Holz (senkrechte Methode) (FEMA)



Abb.96: Schräges Raumfachwerk mit Systemstützen aus dem Rettungssektor (senkrechte Methode) (Paratech)

Abstützen von Wänden «Raker Shores»

Allgemeine technische Regeln

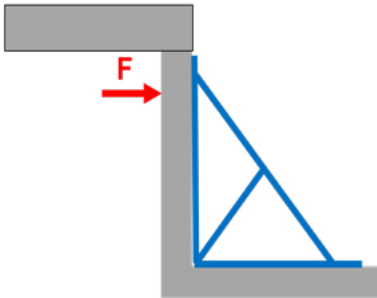


Abb. 97: Funktionsprinzip einer Wandabstützung
(THW)

Zweck und Grenzen von Wandabstützungen

Wandabstützungen dienen dazu

- horizontal auf eine Wand wirkende Kräfte (z. B. durch Schutt oder eingestürzte Bauteile) in den Untergrund abzuleiten, um zu verhindern, dass die Wand kippen und vom Auflager rutschen kann,
- ein «Ausbauchen» der Wand (z. B. bei Wänden aus Mauerwerk) zu verhindern und die Tragsicherheit aufrechtzuerhalten.

Die Wand muss aber als Tragwerk die senkrecht einwirkenden Lasten weiterhin aufnehmen können. Ist sie derart beschädigt oder überlastet, dass sie diese Funktion nicht mehr wahrnehmen kann, bringt eine Wandabstützung **nichts!** In einem solchen Fall muss in erster Linie innen die Decke **abgestützt werden**, um die Wand zu entlasten!

Je nach Situation können Decken- und Wandabstützungen kombiniert eingesetzt werden.

Krafteinleitung und Kraftwirkungen

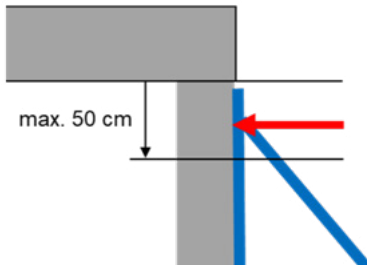


Abb. 98: Position der Krafteinleitung in die Stütze (THW)

Die horizontale Wanddruckkraft wird in zwei Kräfte aufgeteilt. Eine Kraft wirkt über die Stütze in den Boden, die andere Kraft wirkt entlang der Wand senkrecht nach oben (stark vereinfacht, effektiv wirken nicht nur Kräfte, sondern auch Momente). Beispiel bei einem Anstellwinkel der Stütze von 45° : Bei einer Wanddruckkraft von $10,0 \text{ kN}$ wirken eine Kraft von $14,1 \text{ kN}$ auf die Stütze und eine Kraft von $10,0 \text{ kN}$ senkrecht nach oben.

Faustregel für die Einleitung der Kraft in die Stütze:

- Bei Deckenauflagern auf Höhe der Decke, aber nie mehr als 50 cm darunter.
- Bei Ausbauchungen direkt darunter

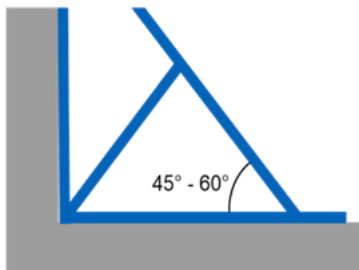


Abb. 99: Anstellwinkel der Stütze (THW)

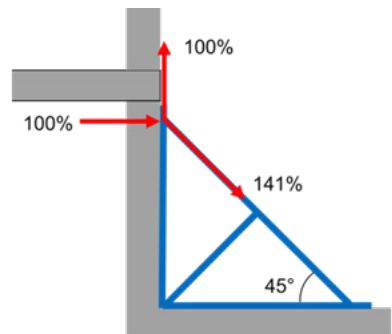


Abb. 100: Krafteinwirkungen auf eine Wandabstützung bei einem Anstellwinkel von 45° (THW)

- Der **Anstellwinkel der Stütze liegt allgemein zwischen 45° und 60°** . In der Regel werden Wandabstützungen entweder mit einer Neigung von 45° oder von 60° konstruiert. Dies erleichtert die Berechnung und den Bau der Konstruktion.

Abstützsysteme «Shoring»

Wird die Wandabstützung gegen diese «Aufgleitkraft» nicht gesichert, kann sie entlang der Wand nach oben gleiten! Einzig das Gewicht der Konstruktion und die Haftreibungskraft zwischen Wand und Streichbalken wirken dieser Kraft entgegen. In der Regel werden Wandabstützungen durch Verbolzen mit der Wand (z. B. mit dem Sortiment Betonanker) gegen diese Aufgleitkräfte gesichert. Um gefährliche Erschütterungen zu vermeiden, sind zum Bohren der Bohrlöcher Diamantbohrer an Stelle von Bohrhämmern zu empfehlen.

Grundformen von Wandabstützungen

Als Wandabstützungen werden Raumbachwerke oder, bei engen Platzverhältnissen, einzelne Flächenfachwerke verwendet. Einzelstützen sind zu unsicher. Sie werden höchstens als erste Schnellsicherungen eingesetzt.

Man unterscheidet zwei Grundformen:

Strebstütze «Flying Raker Shore»

Einfache Wandabstützung. Sie ist schnell erstellt, aber weniger stabil und weniger aufgleitsicher als ein Strebstützbock. Sie eignet sich besonders bei unebenem Terrain.

Strebstützbock «Sole Raker Shore»

Sehr solide Konstruktion aus dreieckig geschlossenen Fachwerken. Benötigt wesentlich mehr Zeit und ist bei unebenem Terrain weniger geeignet.

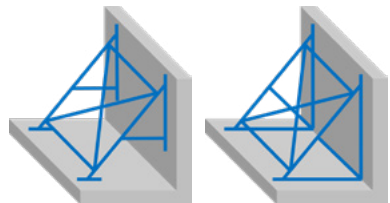


Abb. 101: Grundformen der Wandabstützungen:
Strebstütze und Strebstützbock
(Blockhaus, THW)



Strebstützen als Flächen- oder Raumfachwerke

Strebstützen aus Holz

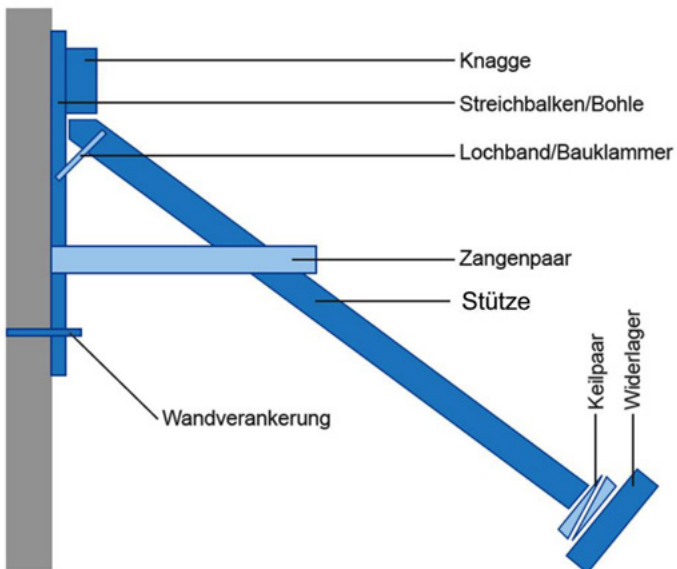


Abb. 102: Konstruktionsprinzip Strebstütze aus Holz (Blockhaus, THW)

Bauelemente auf dem Rüstplatz so weit wie möglich vorbereiten.

Zwischen Stütze und Streichbalken immer beidseitig je eine Zange zur Stabilisierung und Reduktion der Knicklänge anbringen.

Streichbalken immer gegen Aufgleiten sichern.

Bei Raumbachwerken immer zwei oder mehrere Flächenfachwerke verbinden und diagonal aussteifen.
Abstand der Stützen max. 240 cm.



Abb.104: Beispiel Strebstütze aus Holz

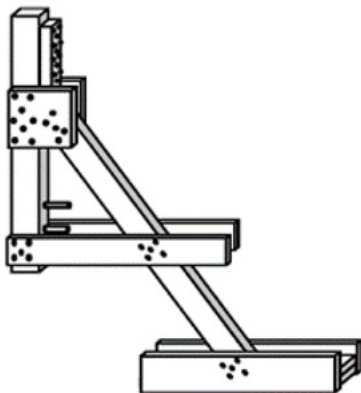


Abb.103: Prinzip einer Strebstütze nach amerikanischem Muster (FEMA)

Strebstützen mit Ausrüstungen aus dem Bausektor (Beispiele)



Abb.105: Einfache Strebstützen mit Systemstützen und mit Richtstützen (ohne Streichbalken) aus dem Bausektor

Strebstützen mit Ausrüstung aus dem Rettungssektor (Beispiele)



Abb.106: Strebstützen mit Systemstützen aus dem Rettungssektor



Strebstützbock als Flächen- oder Raumfachwerk

Strebstützbock aus Holz

Bauelemente auf dem Rüstplatz so weit wie möglich vorbereiten.

Rechtwinklig auf die Stütze beidseitig je eine Zange zur Stabilisierung und Reduktion der Knicklänge anbringen.

Streichbalken immer gegen Aufgleiten sichern.

Bei Raumfachwerken immer zwei oder mehrere Flächenfachwerke verbinden und diagonal aussteifen. Abstand der Stützen max. 240 cm.

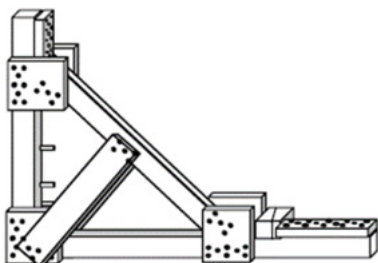


Abb.108: Prinzip eines Strebstützbocks nach amerikanischem Muster (FEMA)

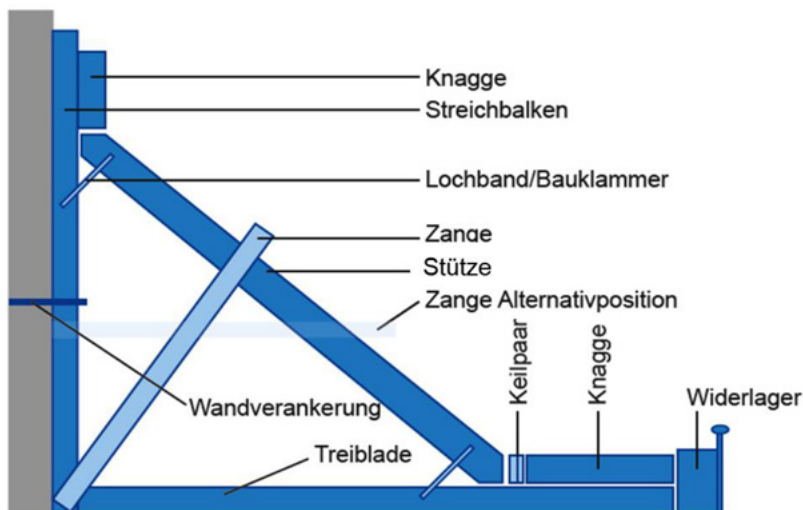


Abb.107: Konstruktionsprinzip Strebstützbock aus Holz (Blockhaus, THW)



Abb.109: Beispiel Strebstützbock aus Holz mit vier Stützen (ZSO Thurgau)



Abb.110: Ungenügend gesicherte Stütze auf der Treiblade (Regina Wenk)

Strebstützbock mit Ausrüstung aus dem Bausektor (Beispiele)



Abb.111: Strebstützböcke aus Systemstützen und aus Gerüstbaumaterial (EGS) (THW)

Strebstützbock mit Ausrüstung aus dem Rettungssektor (Beispiele)



Abb.112: Stützbocke mit Systemstützen aus dem Rettungssektor (Paratech/Airshore)

Abstützen von Gebäudeöffnungen

Türen und Fensteröffnungen sind Schwachpunkte in einer Wand. Nebst anderen Sicherungsmassnahmen ist es deshalb oft erforderlich, diese Öffnungen ebenfalls zu sichern.

Je nach Situation können dafür Holz, Ausrüstungen aus dem Bau-sektor oder aus dem Rettungssektor eingesetzt werden.

Die Konstruktionsart ist abhängig davon, ob die Öffnungen noch als Durchgänge benutzt werden müssen oder nicht. Rettungsöffnungen sollten mindestens eine Abmessung von 60 x 60 cm aufweisen.

Auf die Öffnungen können nicht nur senkrechte, sondern auch waag-rechte Kräfte einwirken. In der Praxis hat es sich deshalb bewährt, die Öffnungen nicht nur senkrecht, sondern kombiniert auch waagrecht ab-zustützen. Nachfolgend wird nur auf diese kombinierte Methode eingegangen.

Kombinierte Abstützung/ Abspriessung mit Holz

Passgenaues Arbeiten ist eine wichtige Voraussetzung für die Trag- und Ausfallsicherheit der Konstruktion.

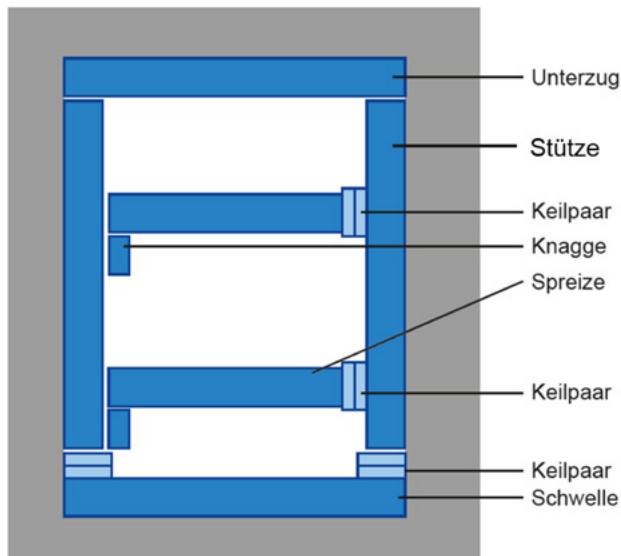


Abb. 113: Konstruktionsprinzip: Kombinierte Abstützung/Abspriessung einer Wandöffnung mit Holz (Blockhaus, THW)

Vorbereiten auf dem Rüstplatz,
Einbau vor Ort.

Bei moderneren Bauten sind die Türen- und Fensterrahmen meist mit Bauschaum montiert. Der weiche Schaum gewährleistet keine kraftschlüssige Verbindung. In diesem Fall müssen die weichen Zwischenräume mit tragfähigen Elementen (z. B. mit Brettern, Holzkeilen) ausgefüllt werden.

Waagrechte Stützen immer gegen das Herunterfallen sichern (z. B. mit Knaggen, Bauklammern usw.).

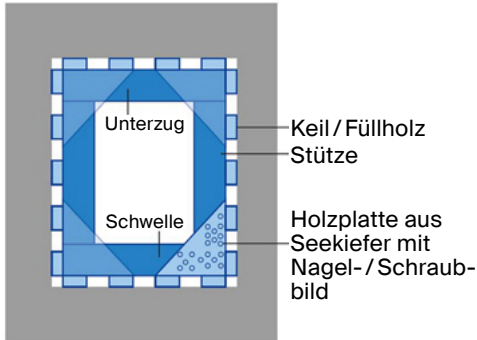


Abb. 114: Einbau eines vorfabrizierten Holzrahmens
(Blockhaus, THW)

Öffnungen können auch mit fertig vorfabrizierten Rahmen gesichert werden. Die vorfabrizierten Rahmen werden anschliessend in der Öffnung mit Füllhölzern und Holzkeilen eingespannt.

Alternative Abstützungen

In einem Notfall steht nicht immer genügend Abstützmaterial (Bauholz, Abstützsysteme) zur Verfügung. Bei einem solchen Ereignis muss kreativ mit auf dem Schadenplatz vorhandenem Material (z. B. Holz aus den Trümmern, Mauersteine, Steine, Metallträger usw.) gearbeitet werden.



Abb. 115: Beispiel alternative Abstützung:
Mit Steinen gefüllte Pneus, gegen seitliche Verschiebung mit Zurrband gesichert und mit Hebekissen kraftschlüssig eingespannt
(Rettungskette Schweiz)

Anhang

Raum- und Flächenlasten

Baustoffe	Raumlast kg/m ³
Baustahl	7800
Beton armiert	2500
Beton nicht armiert	2200
Nadelholz	500
Laubholz	800
Natursteinmauerwerk	2700
Backsteinmauerwerk	1800
Zementsteinmauerwerk	2200
Kalksteinmauerwerk	2000
Gasbetonbauteile	700
Bitumöse Beläge	2400
Kiessand	2000
Schotter	1800
Erde nass	2100
Schnee nass	400
Bedachungen, Verkleidungen	Flächenlast kg/m ²
Stahlprofilbleche, Dicke 0,8 mm	12
Eternitdach, Doppeleindeckung	30
Tonziegeldach	65
Verglasung, inkl. Rahmenkonstruktion	35

Ermittlung der Traglast von Metall-Deckenstützen (Auszug aus dem Bauhandbuch der Schweizer Armee)

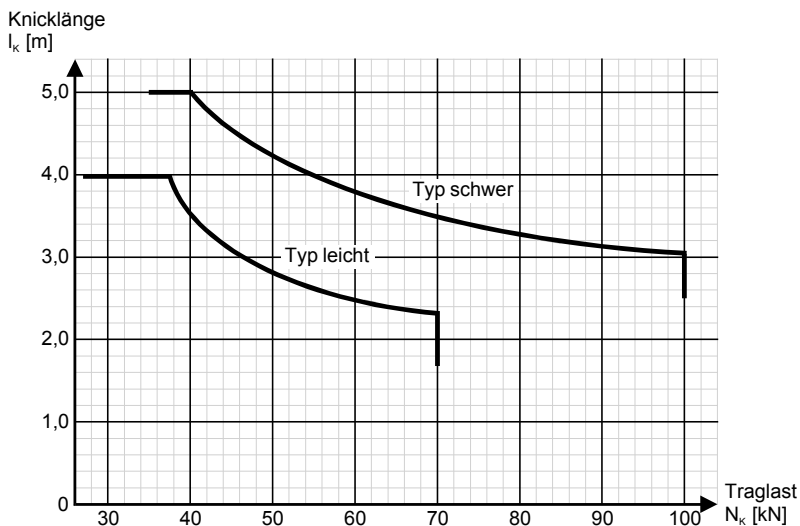


Abb.116: Diagramm zur Bestimmung der Traglast von Metall-Deckenstützen

Anwendungsbeispiel zu Diagramm (Abb. 116):

Aufgabe: Bestimmung der Traglast von Metall-Deckenstützen
Typ leicht

Spriesshöhe: $l_k = 2,40$ m

Resultat: $N_k = 65$ kN Knicktraglast
(Durchstanzen ist bei handelsüblichen
Metall-Deckenstützen nicht massgebend)

Tragfähigkeit von Bauholz C24

Tragfähigkeit Kanthölzer C24 in t ¹⁾														
b/h cm	F cm²	Stützenlänge in m												
		0.5	0.8	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
8/12	96	8.01	7.45	6.89										
10/10	100	8.50	8.10	7.76										
10/12	120	10.2	9.72	9.31	5.39									
10/16	160	13.6	13.0	12.4	7.18	4.97								
12/12	144	12.2	11.9	11.6	8.25	6.07								
12/16	192	16.3	15.9	15.5	11.0	8.09	5.97							
14/14	196	16.7	16.5	16.1	13.0	10.3	7.90	6.09						
16/16	256	21.8	21.7	21.3	18.4	15.7	12.6	10.0	7.96	6.45	5.32			
16/22	352	29.9	29.9	29.4	25.3	21.6	17.4	13.7	10.9	8.87	7.31	5.19		
18/18	324	27.5	27.5	27.3	24.4	21.9	18.6	15.2	12.3	10.1	8.35	5.97		
20/20	400	34.0	34.0	34.0	31.0	28.7	25.4	21.6	18.0	14.9	12.4	8.96	6.72	5.22
22/22	484	41.1	41.1	41.1	38.4	36.2	33.1	29.1	24.9	21.0	17.7	12.9	9.72	7.57
24/24	576	49.0	49.0	49.0	46.4	44.2	41.3	37.5	33.0	28.4	24.3	17.9	13.6	10.6
26/26	676	57.5	57.5	57.5	55.1	53.0	50.2	46.6	42.0	37.0	32.2	24.1	18.4	14.5

Tragfähigkeit Rundholz C24 in t ¹⁾														
d cm	F cm²	Stützenlänge in m												
		0.5	0.8	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
10	78.5	6.60	6.21	5.83										
12	113	9.61	9.21	8.86	5.37									
14	154	13.1	12.8	12.4	8.92	6.60								
16	201	17.1	16.9	16.5	13.2	10.4	7.97	6.14						
18	254	21.6	21.6	21.2	18.0	15.2	12.1	9.51	7.56	6.12	5.04			
20	3.14	26.7	26.7	26.4	23.3	20.6	17.2	13.9	11.2	9.13	7.55	5.38		
22	380	32.3	32.3	32.2	29.1	26.6	23.1	19.3	15.8	13.0	10.8	7.78	5.83	
24	452	38.5	38.5	38.5	35.4	33.0	29.7	25.6	21.5	17.9	15.0	10.9	8.17	6.35
26	531	45.1	45.1	45.1	42.3	40.0	36.8	32.7	28.1	23.9	20.2	14.7	11.1	8.68
28	616	52.3	52.3	52.3	49.6	47.4	44.4	40.4	35.7	30.8	26.4	19.5	14.8	11.6
30	707	60.1	60.1	60.1	57.6	55.4	52.5	48.7	43.9	38.7	33.6	25.2	19.2	15.1
32	804	68.4	68.4	68.4	66.0	63.8	61.1	57.4	52.8	47.4	41.8	31.9	24.6	19.3

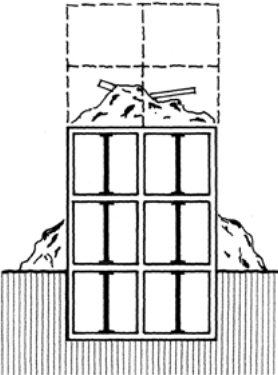
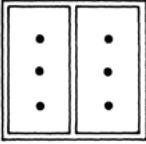
1) Achtung

- Die Tragfähigkeit von Holz gilt nur für luft getrocknetes Holz!
- Bei nassem (der Witterung ausgesetzt) oder frisch geschnittenem (grünem) Holz, beträgt die Tragfähigkeit nur noch 60 % der Tabellenangaben (Faktor 0,6)!

Abb. 117: Diagramm zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Bauholz C24 (Auszug aus dem Reglement 62.062 «Sortiment Trümmereinsatz» der Schweizer Armee)

**Dimensionierungshilfen für das Abstützen von Gebäuden
 (Auszug aus dem Bauhandbuch der Schweizer Armee)**

Dimensionierung von Behelfsstützen:

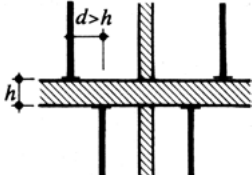
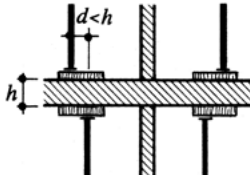
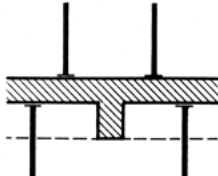
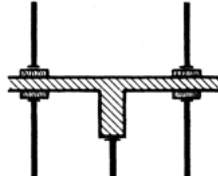
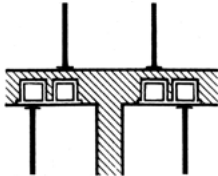
Bautyp	Behelfsstützen	Anordnung																																				
Geschäfts- und Industriebauten in Stahlbeton Raumgrösse: > 35 m ² Raumhöhe: 2,5–4,0 m (Nutzlast 500 kg/m ²)	<table> <tr> <td>Stockwerke</td><td>2 × 2 m</td><td>3 × 3 m</td></tr> <tr> <td>1</td><td>ø 16</td><td>ø 18</td></tr> <tr> <td>2</td><td>ø 16</td><td>ø 20</td></tr> <tr> <td>3</td><td>ø 18</td><td>ø 22</td></tr> <tr> <td>4</td><td>ø 20</td><td>ø 24</td></tr> <tr> <td>5</td><td>ø 20</td><td>ø 26</td></tr> <tr> <td>6</td><td>ø 22</td><td>ø 28</td></tr> <tr> <td>7</td><td>ø 22</td><td>ø 30</td></tr> <tr> <td>8</td><td>ø 24</td><td>–</td></tr> <tr> <td>9</td><td>ø 24</td><td>–</td></tr> <tr> <td>10</td><td>ø 26</td><td>–</td></tr> <tr> <td colspan="3">(Masse in cm)</td></tr> </table>	Stockwerke	2 × 2 m	3 × 3 m	1	ø 16	ø 18	2	ø 16	ø 20	3	ø 18	ø 22	4	ø 20	ø 24	5	ø 20	ø 26	6	ø 22	ø 28	7	ø 22	ø 30	8	ø 24	–	9	ø 24	–	10	ø 26	–	(Masse in cm)			Schnitt: 
Stockwerke	2 × 2 m	3 × 3 m																																				
1	ø 16	ø 18																																				
2	ø 16	ø 20																																				
3	ø 18	ø 22																																				
4	ø 20	ø 24																																				
5	ø 20	ø 26																																				
6	ø 22	ø 28																																				
7	ø 22	ø 30																																				
8	ø 24	–																																				
9	ø 24	–																																				
10	ø 26	–																																				
(Masse in cm)																																						
Wohn- und Bürobauten in Backstein oder Stahlbeton Raumgrösse: < 35 m ² Raumhöhe: < 2,5 m (Nutzlast 200 kg/m ²)	<table> <tr> <td>Stockw.</td><td>2 × 2 m</td><td>3 × 3 m</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1 MS</td><td>2 MS</td></tr> <tr> <td>2</td><td>1 MS</td><td>ø 14</td></tr> <tr> <td>3</td><td>2 MS</td><td>ø 16</td></tr> <tr> <td>4</td><td>ø 14</td><td>ø 18</td></tr> <tr> <td>5</td><td>ø 14</td><td>ø 20</td></tr> <tr> <td>6</td><td>ø 16</td><td>ø 22</td></tr> <tr> <td colspan="3">(Masse in cm)</td></tr> </table>	Stockw.	2 × 2 m	3 × 3 m	1	1 MS	2 MS	2	1 MS	ø 14	3	2 MS	ø 16	4	ø 14	ø 18	5	ø 14	ø 20	6	ø 16	ø 22	(Masse in cm)			Grundriss: 												
Stockw.	2 × 2 m	3 × 3 m																																				
1	1 MS	2 MS																																				
2	1 MS	ø 14																																				
3	2 MS	ø 16																																				
4	ø 14	ø 18																																				
5	ø 14	ø 20																																				
6	ø 16	ø 22																																				
(Masse in cm)																																						

Erläuterungen:

Stockwerke:	Anzahl Geschosse inklusive Keller und Dachgeschoss (eingestürzte Geschosse sind mitzuzählen)
Stützenraster:	gegenseitiger Abstand der Behelfsstützen
Rundholzdurchmesser (ø):	mindestens ø16 cm für Geschäfts- und Industriebauten mindestens ø14 cm für Wohn- und Bürobauten
Metaldeckenstützen (MS):	Typ <i>leicht</i> (Stüper, Spriesse wie zum Beispiel Adria, Bühler) nur für Wohn-/Bürobauten (Raumhöhe < 2,5 m)

Konstruktive Details beim Einbau von Behelfsstützen:

Stützen: vertikal und genau übereinander einbauen, gut verkeilen und gegen Umfallen sichern. Lastabtragung auf Erdreich, Bodenplatte oder massiven und intakten Unterzug stellen.

Deckentyp	Schlechter Stützeinbau	Günstiger Stützeinbau
<p>Flach- und Pilzdecken (Stahlbetonplatte mit massivem Vollquerschnitt, evtl vorgespannt)</p> <p>Platte in zwei Richtungen tragend, mittlere Spannweiten</p>	<p>Durchstanzgefahr bei versetzter Krafteinleitung in dünne Platten ($h < 20 \text{ cm}$)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Hartholzunterlage bei Stützenkopf und -fuss – Stützen vertikal und genau übereinander stellen 
<p>Unterzugdecke (Stahlbetonplatte mit dünnem Vollquerschnitt und massiven Unterzügen)</p> <p>Platte in kurzer Richtung tragend, Unterzug mit grossen Spannweiten</p>	<p>Durchstanzgefahr durch dünne Betonplatte, untergehängte Decke abstützen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Unterzüge unterstützen – untergehängte Decke entfernen 
<p>Hourdis-, Kassettendecken (Hohlkörperplatte mit Betonbalken und Ton- oder Leichtbetonzellen)</p> <p>Platte in einer Richtung tragend; kleinere Spannweiten</p>	<p>grosse Durchbruchgefahr in Hohlkörper der Decke</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – nur Betonbalken unterstützen (abklopfen!) – Verteilschwelle, Platte 