

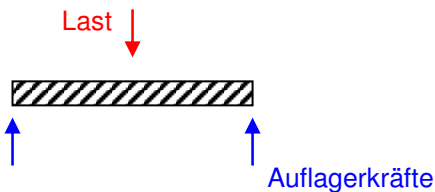
Einführungsvorlesung: Tragwerk

TRAG – Tragen von Lasten, engl. structure

WERK – Von Menschen erdachtes und produziertes Werk, Bestandteile von Bauwerken die ausgedacht wurden.

Synonyme vom Tragwerk

Tragsystem	(Beispiel Einfeldträger)	→ Sind Modellbildungen (Beschreibung der Funktion)
Tragstruktur	(Aufbauprinzipien)	
Tragprinzip	(Beispiel Stützlinie)	
Tragkonstruktion	= Werk (Charakter)	



Das Tragwerk ist etwas von Menschen ausgedachtes und realisiertes. Die Aufgabe besteht im Tragen von Lasten.

Definition Last

Die Kraft die von Außen auf das Tragwerk einwirkt, nennt man Last.

Das Tragwerk hat die Aufgabe, die einwirkende Last auf die Auflagerkräfte zu transportieren. (Lastentransport und Herstellung eines Gleichgewichtszustandes)

Von einem ruhenden Tragwerk spricht man, wenn sich das Tragwerk im Gleichgewicht befindet. Aus dem Transport der Last resultiert eine Verformung.

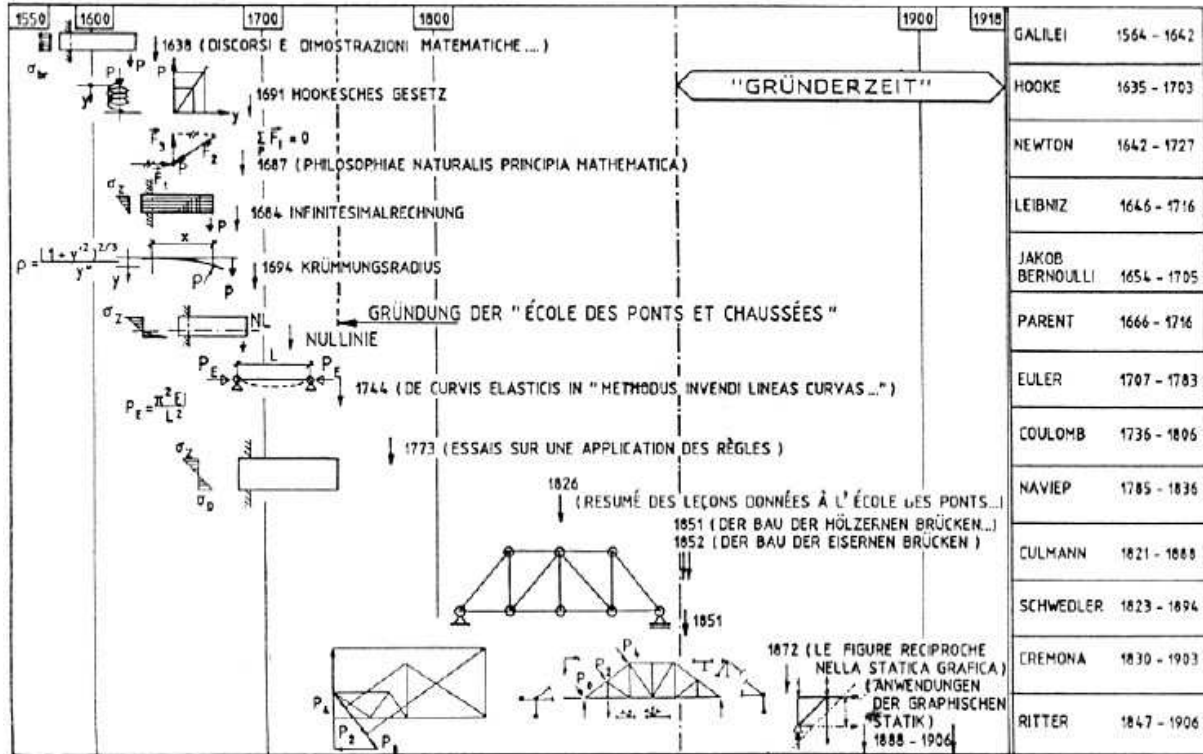
Definition Kraft

Kräfte sind die Ursachen von Bewegungen

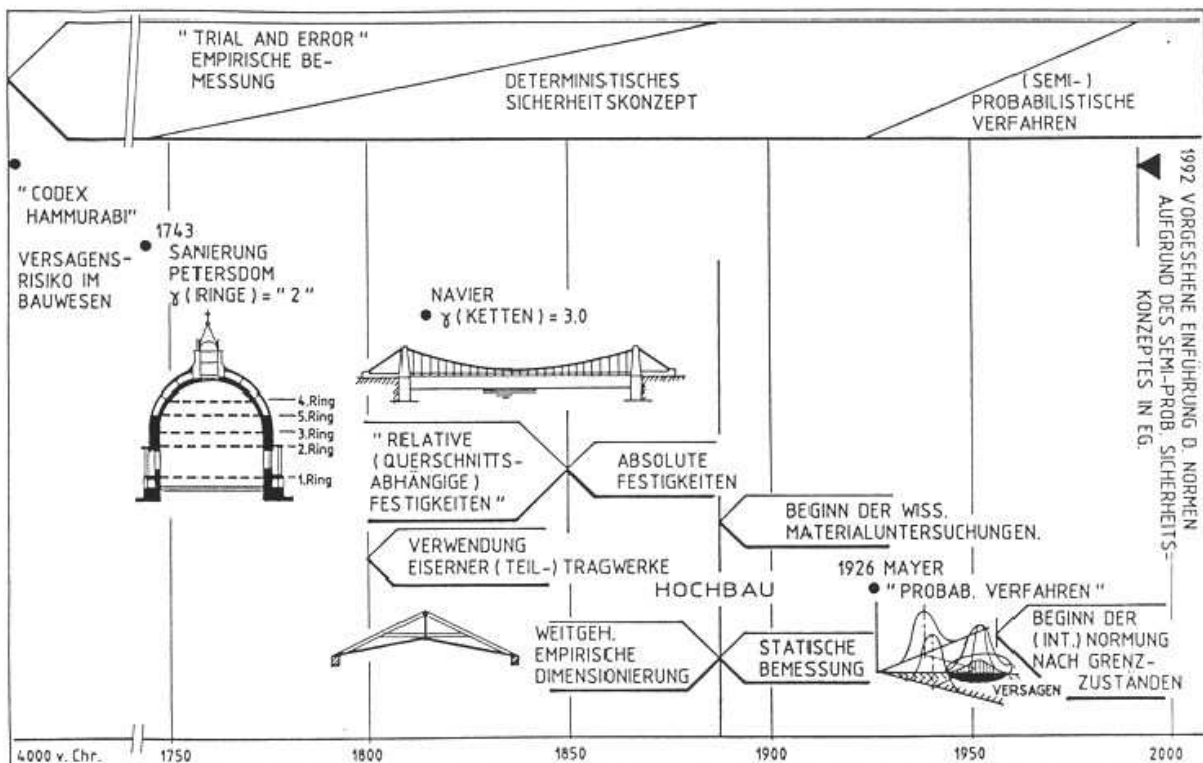
Allgemeine Definition von Tragwerk

Es dürfen keine Bewegungen stattfinden. Vom Menschen erdachte und ausgeführte Maßnahmen zur Verhinderung von Bewegungen (Gleichgewichtszustand) und zur Kontrolle von Verformungen.

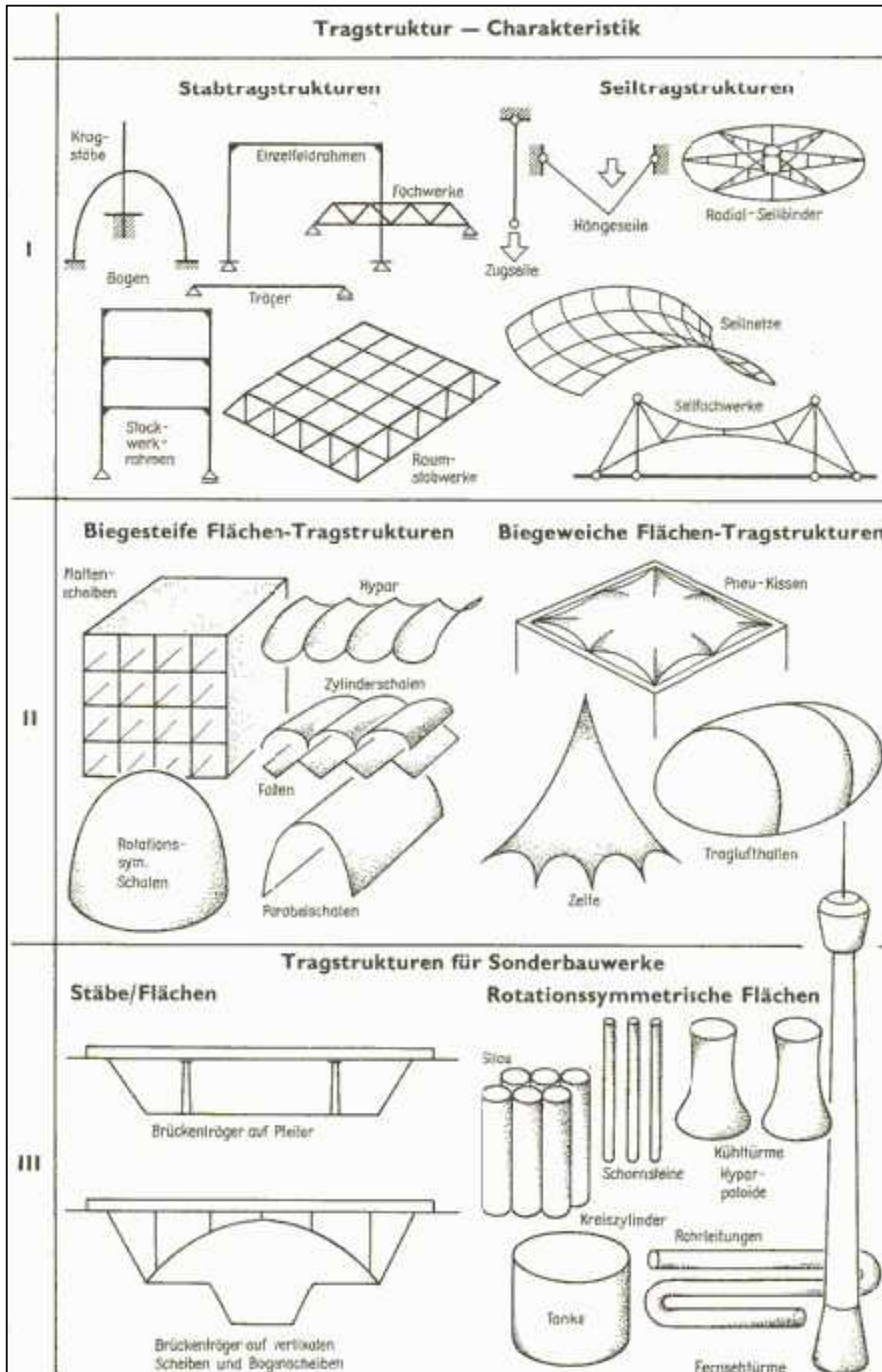
Grundlegende Veröffentlichungen



Zeittafel zur Entwicklung der Sicherheitskonzepte im Bauwesen



Tragsysteme I



Lineare Elemente

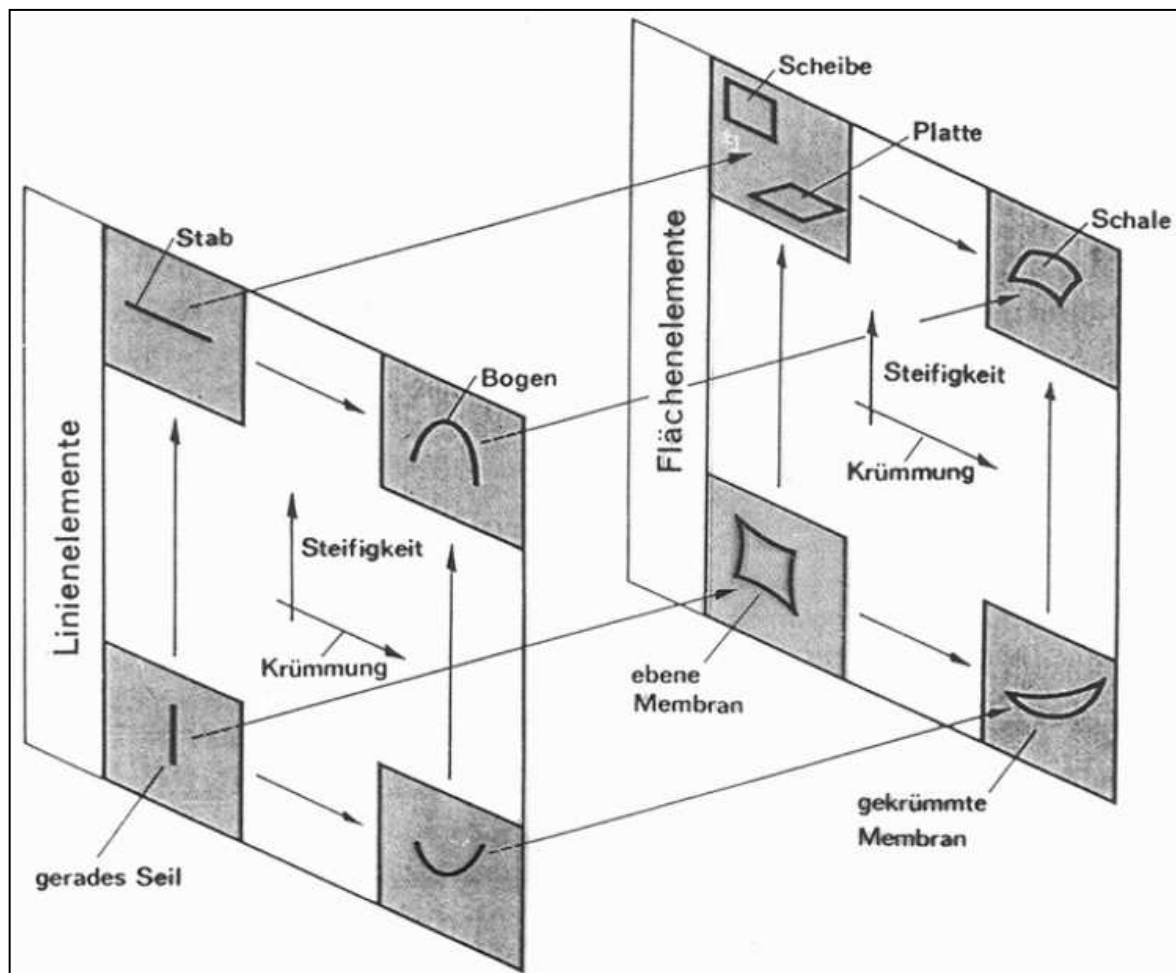
Stab – steife Konstruktion
Seil – biegeweiche Konstruktion

Scheiben – biegesteife Fläche
Membran – biegeweiche Fläche

Stäbe / Flächen

- 1.) Biegeweich oder steif
- 2.) Welche Geometrie
- 3.) Wie ist die Belastung

Steifigkeit und Geometrie des Tragwerkes



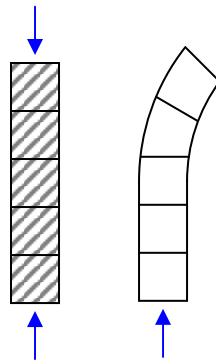
Prinzipielles Tragwerkverhalten

- Im Grunde genommen nur Druck und Zug
- Biegung ist aus Druck und Zug zusammengesetzt

Nicht biegesteifes Element (Kette)



Materie die zusammengesetzt ist.
(Flächen drücken aufeinander)

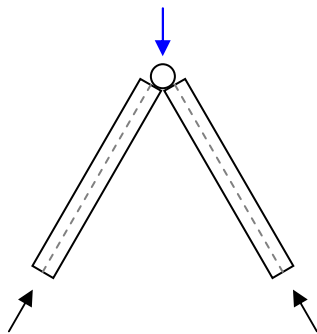


Inperfektion wird bei einer Druckbeanspruchung bestraft, eine Zugbeanspruchung gleicht sich aus.
(Ablenkung in Kurve)

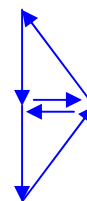
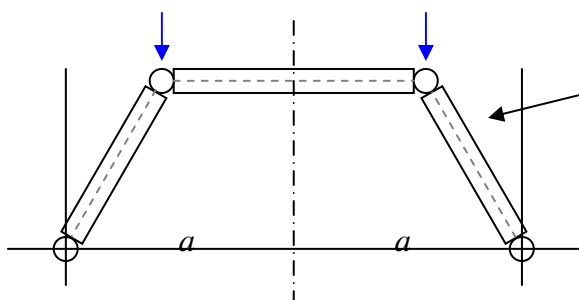
Zuglemente sind sich selbst stabilisierend.

Beanspruchung längs zur Achse

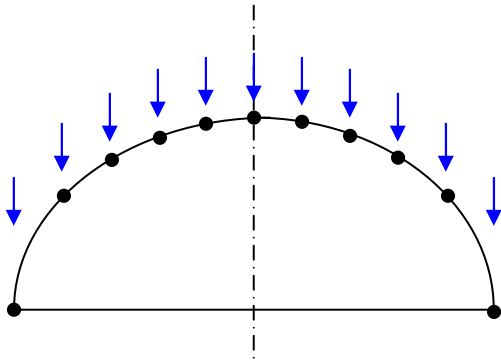
Stützliniensystem



- Druck und Zugbeanspruchung
- Normalbeanspruchung

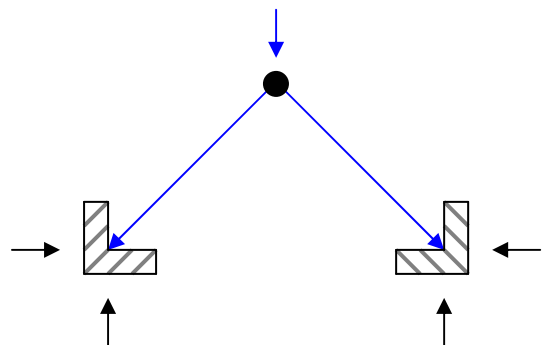
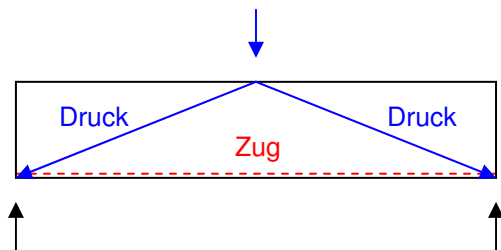


Parabelbogen = Stützlinie



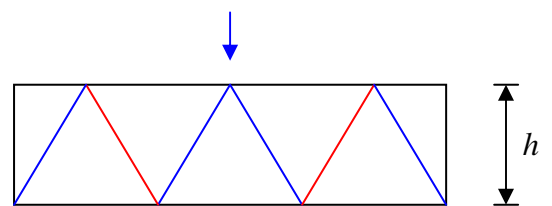
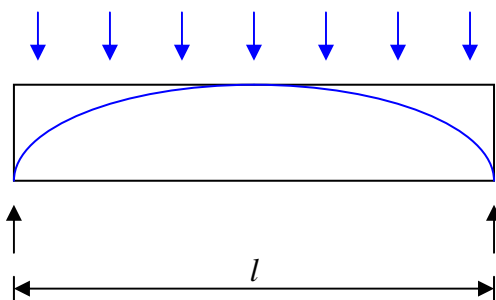
Nur Druckbeanspruchung bei gleichmäßiger Belastung

Beanspruchung quer zur Achse



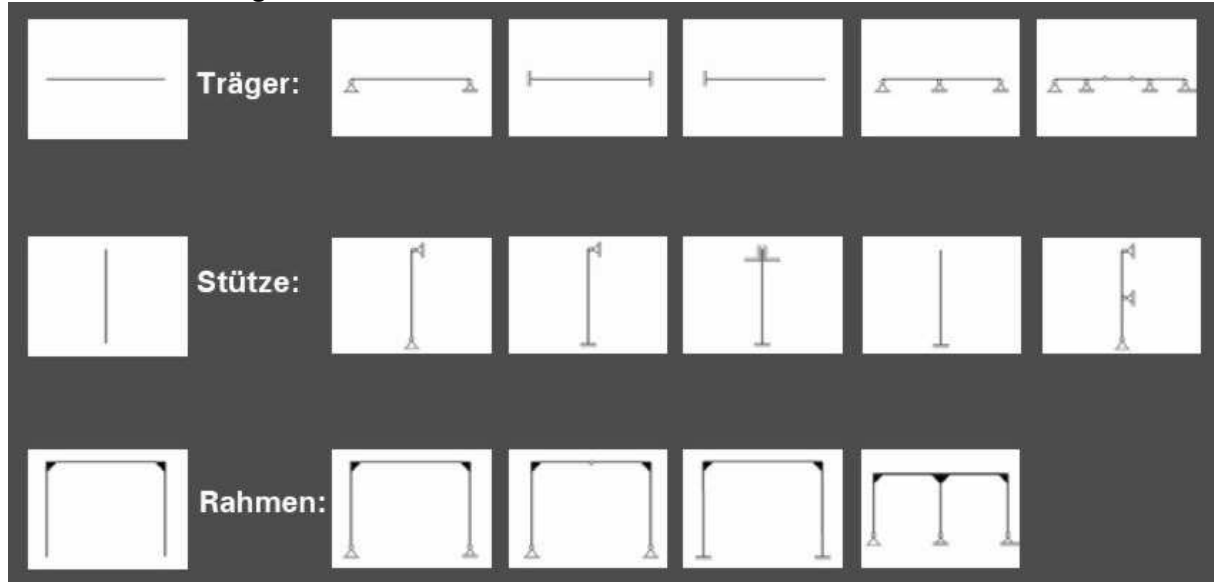
Biegung innerhalb eines Tragelements

Materie wird aktiviert, wenn sie gedehnt wird.

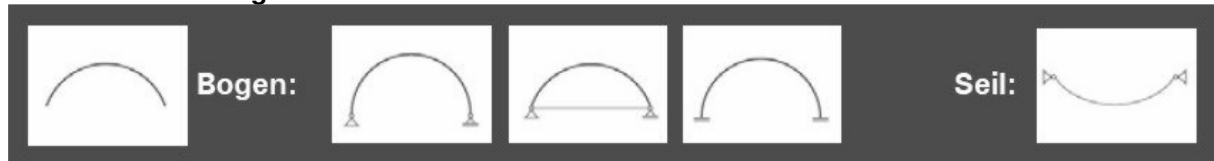


$$\frac{h}{l} = \frac{1}{25} - \frac{1}{30} \text{ bei Stahl} \quad \frac{h}{l} = \frac{1}{20} \text{ bei Holz}$$

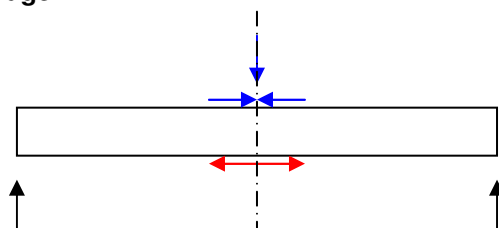
Linienelemente Biegesteif



Linienelemente Biegeweich

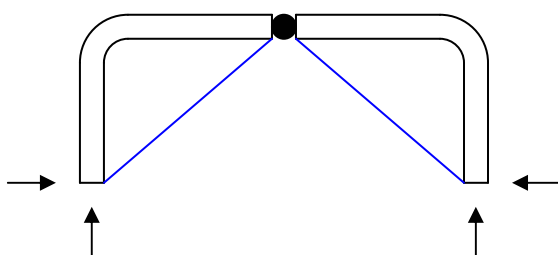


Träger

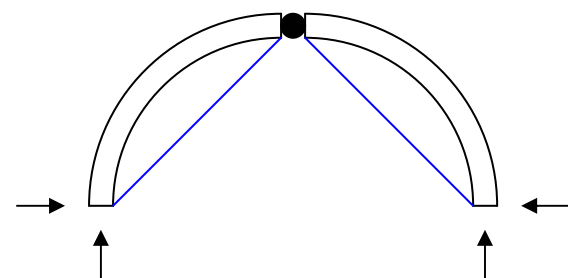


Bei Trägern kommt es nur zur Biegung

Rahmen

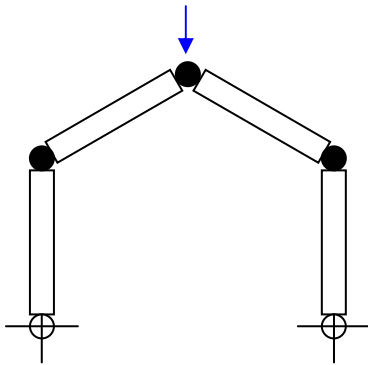


Bogen

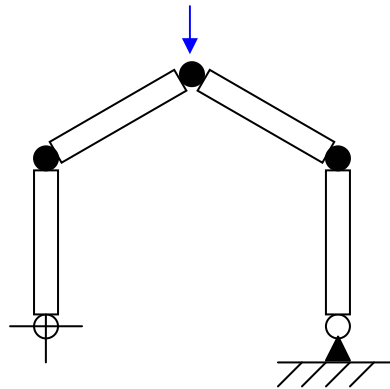


Bei Bögen kommt es meist nur zu Druck und Zugbeanspruchungen.

Dreigelenkrahen

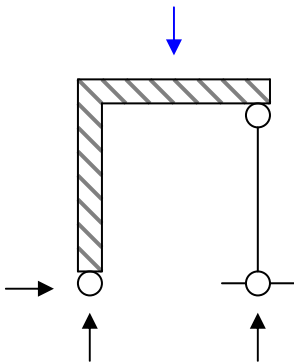


Statisch bestimmt



Statisch unbestimmt

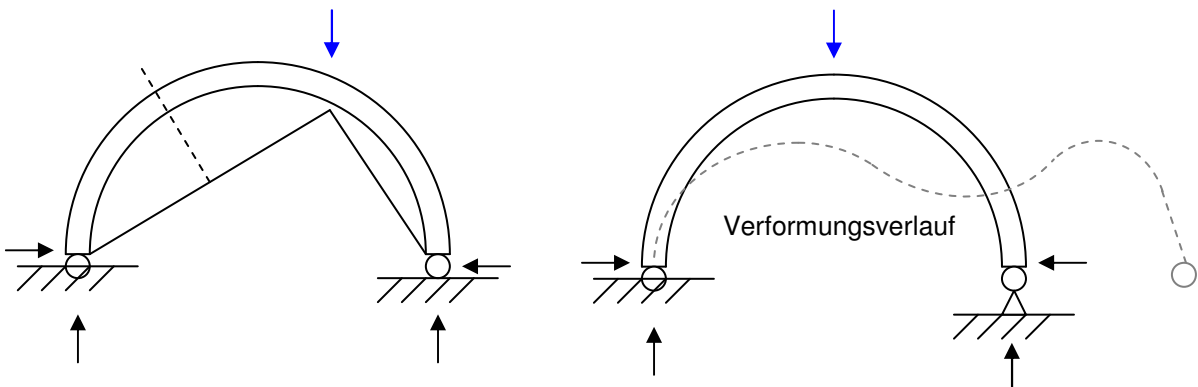
Sonderform (Rahmen)



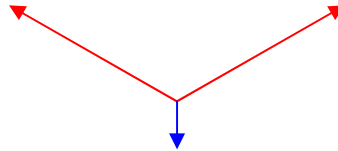
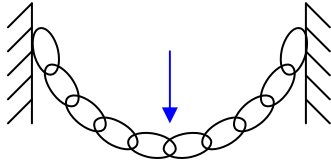
Die Konstruktion verhält ist wie ein Träger, ist aber ein Rahmen, deshalb eine Sonderform.

„Sway Portal“

Bogen

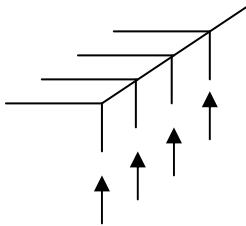


Seilsystem (als Kette)

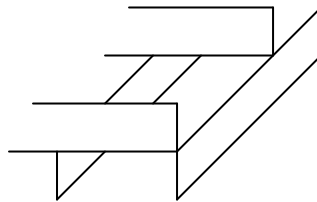


Hängelinienform (Die Hängelinie ist das Umgekehrte der Stützlinie)

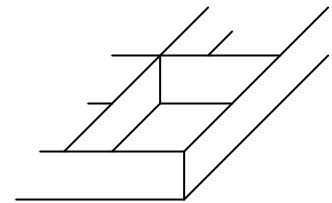
Addition von Trägern (Flächenhaftes Beispiel)



Trägerlage



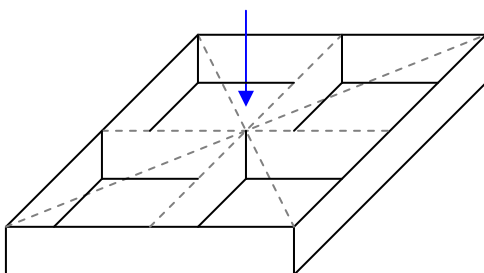
Trägerlagen



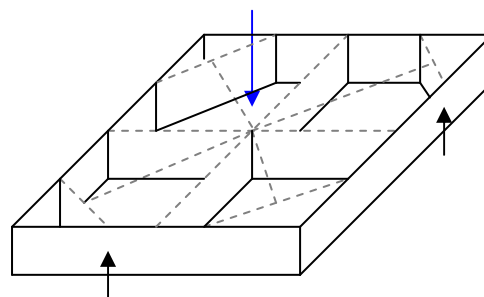
Trägerrost

Trägerrost (Kein Diagonalverhalten, an allen 4 Seiten durch Auflager gestützt)

Trägerlagen (Nur an 2 Seiten durch Auflager gestützt)



Kraftabtragung bei einem Trägerrost



Weitere Lastabtragung über Diagonalen

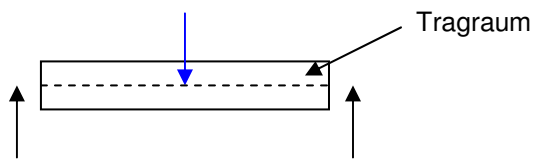
Tragsysteme II – Linienelemente und Zusammengesetzte Elemente

Definition des Trägers

Der Träger bezeichnet das Gesamtprinzip der Lastabtragung in Kombination mit den Auflagern.

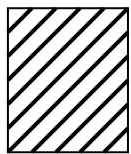
Charakteristik des Trägers

Die Kräfte verteilen sich im Träger willkürlich, nicht wie beim Tragwerk, wo diese explizit verteilt werden.

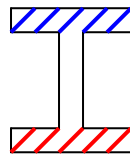
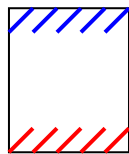


Die Kraftabtragung läuft beim Träger quer zur Achse.

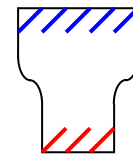
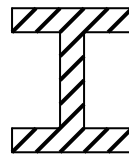
Massivträger (und deren Belastung)



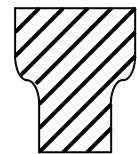
Holz



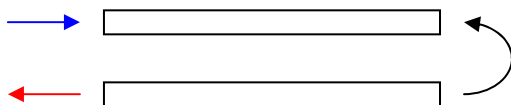
Stahl



Beton

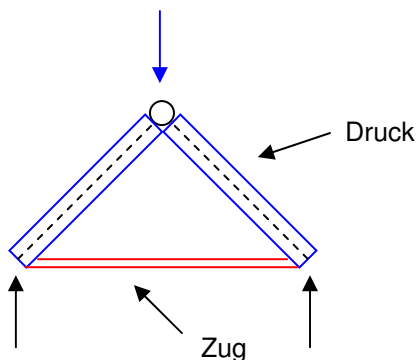


Lastenabtragung durch Biegung

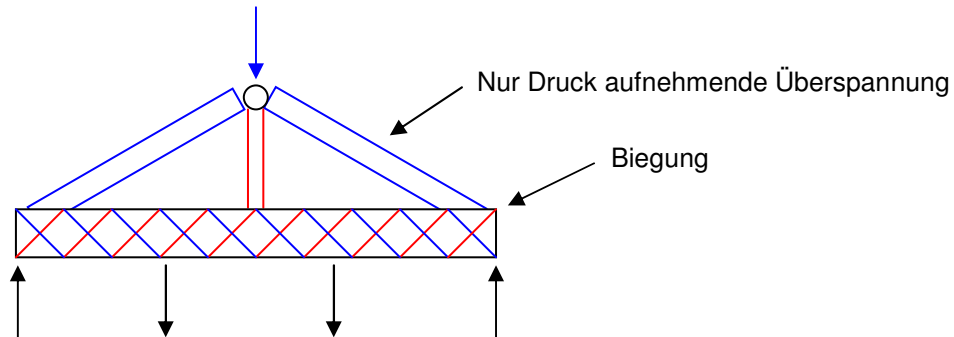


Der 1. Teil wird Druckbelastet, der 2. Teil Zugbelastet.

Stabzug – Sprengwerk

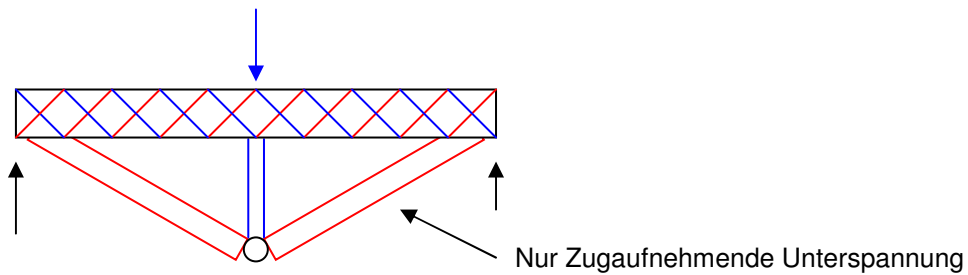


Überspannter Träger



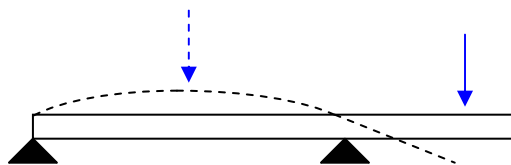
Der überspannte Träger wird vorwiegend Druckbeansprucht.

Unterspannter Träger

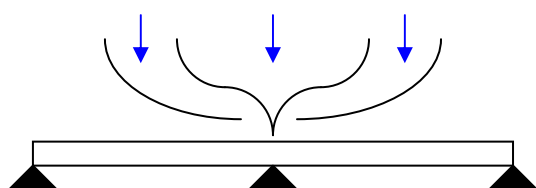


Der unterspannte Träger wird vorwiegend Zugbeansprucht.

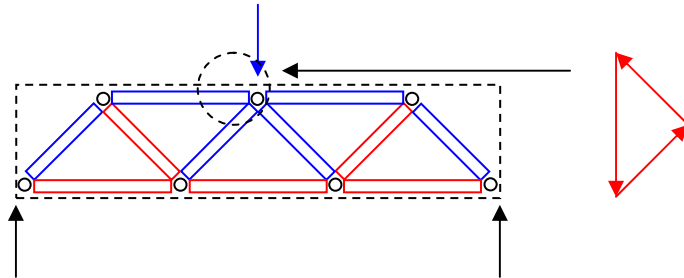
Kragträger



Durchlaufwirkung

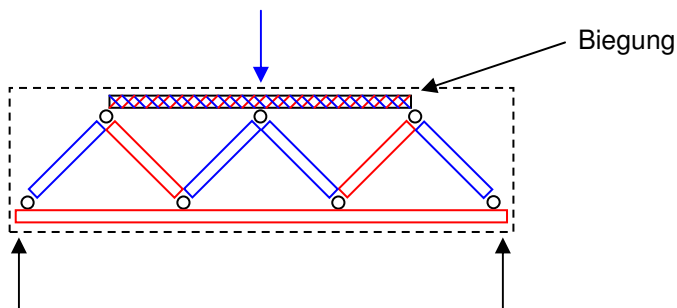


Fachwerkträger



Fachwerk Elemente nehmen nur Druck und Zug auf, durch die Gelenke gibt es keine Biegung.

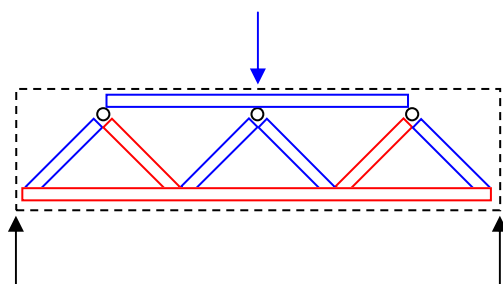
Seitlich Abgesprengter Träger



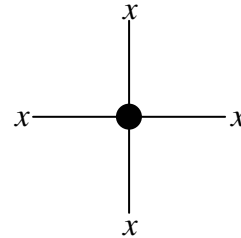
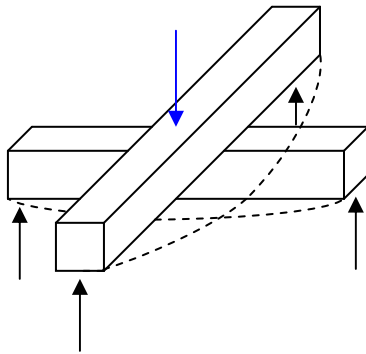
Der seitlich Abgesprengte Träger ist eine Mischform aus Sprengwerk und Fachwerk und hat ein statisch unbestimmtes Tragverhalten. Das heißt man weiß nicht genau, wie viel Kraft über Biegung, Druck oder Zug abgebaut wird.

Wenn bei Fachwerken durchlaufende Biegeelemente eingesetzt wurden, ist die Berechnung als Fachwerk möglich. Hierzu ist weiters eine geringe Bauhöhe (geringe Steifigkeit erforderlich, sowie ein angreifen der Lasten in den Knoten).

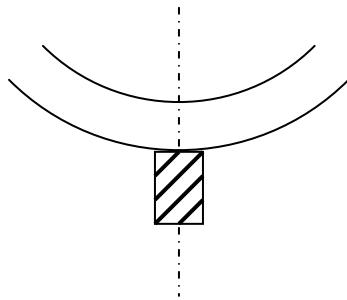
Biegeträger mit Unterspannung



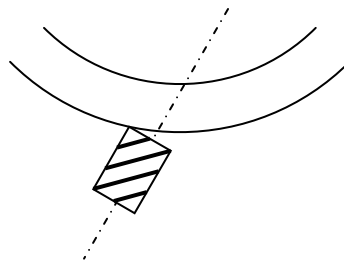
Gekreuzte Balkenlage



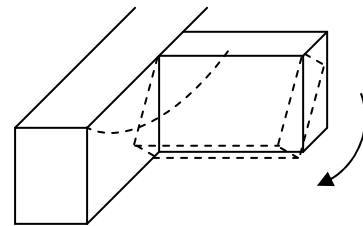
Wenn die beiden Balken biegesteif verbunden sind, kommt es zur Torsion.



Steife Torsion

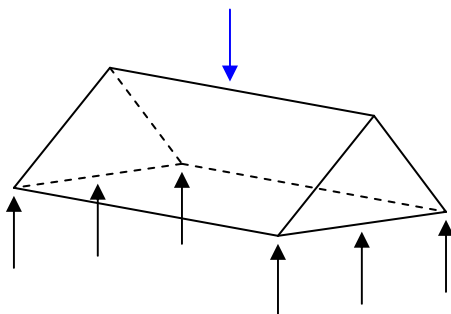


Weiche Torsion

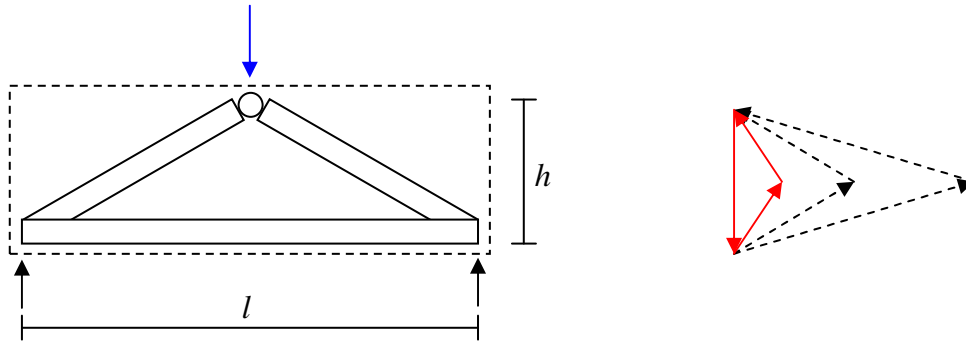


Die weiche Torsion wird auch oft als „Balkenrost“ bezeichnet.

Faltwerkträger



Allgemeine Berechnungen zu Trägern



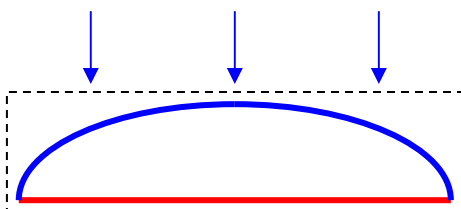
Das Verhältnis von h zu l gibt Auskunft darüber, ob ein Träger überhaupt hält.

Je größer das Verhältnis von h zu l ist, desto größer werden die Kräfte.

$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{l} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Hohe Spannung } (\sigma_{\text{Zulässig}}) \\ \text{Hohe Verformung } (E) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{bei Holz } \frac{1}{15} - \frac{1}{20}, \text{ bei Stahl } \frac{1}{20} - \frac{1}{30} \end{array}$

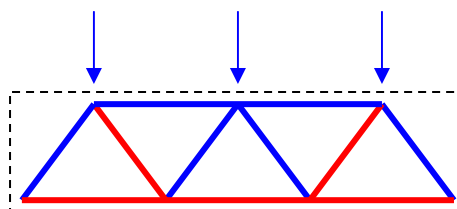
Material	$\sigma_{\text{Zulässig}}$	E-Modul Wert
Stahl	$140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, 1400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	$200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Holz	$10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	$10000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Beton	$15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, 150 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	$30000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Massivträger



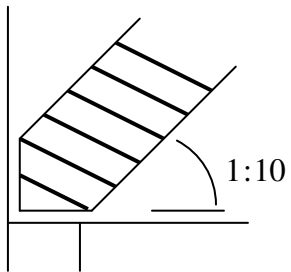
$$\frac{h}{l} \sim \frac{1}{20}$$

Fachwerkträger

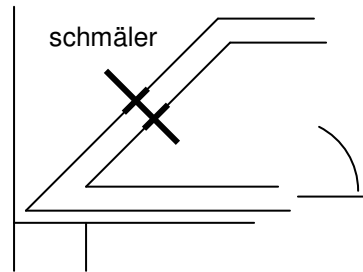


$$\frac{h}{l} \sim \frac{1}{10}$$

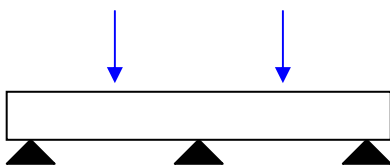
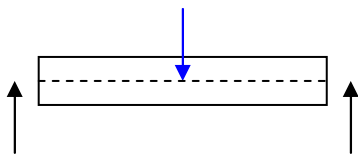
Stahlbetonauflager



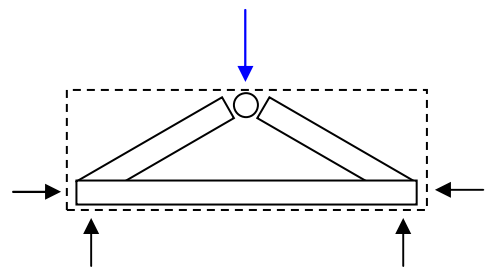
Fachwerkträger



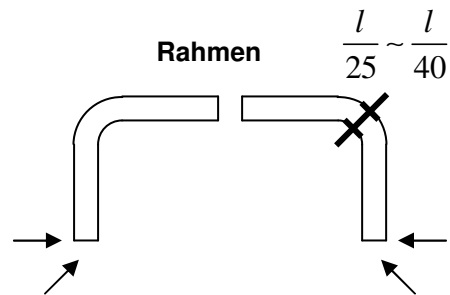
Träger



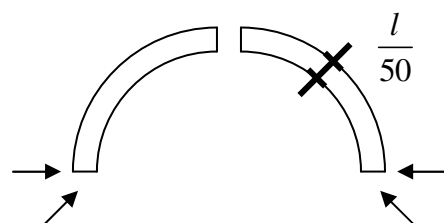
Stabwerk



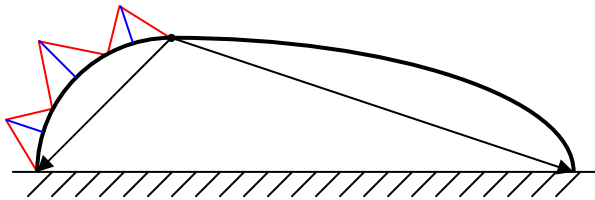
Rahmen



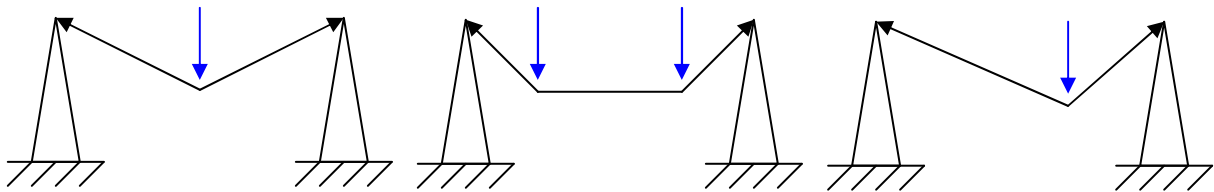
Bogen



Beispiel: N. Grimshaw, Waterloo Stadium

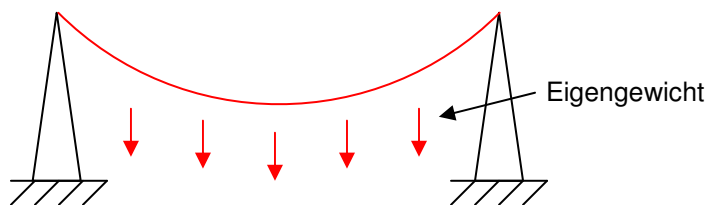


Seilsysteme



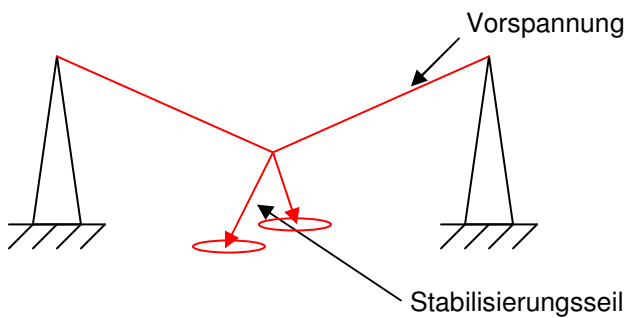
Es gibt 2. Maßnahmen um die Form stabil zu halten:

1.) durch Gewichtsstabilisierung



Das Seil ist hierbei so stark vorbelastet, dass eine zusätzliche Last keine Formveränderung mit sich bringt.

2.) durch Abspannen (wirkt wie Eigenlast)



$$\frac{h}{l} \sim \frac{1}{200} : \frac{1}{1000}$$

Tragsysteme III – Systeme mit Flächenelementen

Gastprofessor Sedlak

www.emulava.fbe.unsw.edu.au8080

Login: 1111111

Passwort: lsd_03

Buchempfehlung: Tragsysteme, Engel Heino, DVA Stuttgart 1997

Für die meisten Konstruktion hat man die Natur zur Inspiration genommen. Viele Konstruktionen in der Natur (z.B. Blätter) sind von flächiger Struktur, da die Lasten hierbei effektiver abgetragen werden.

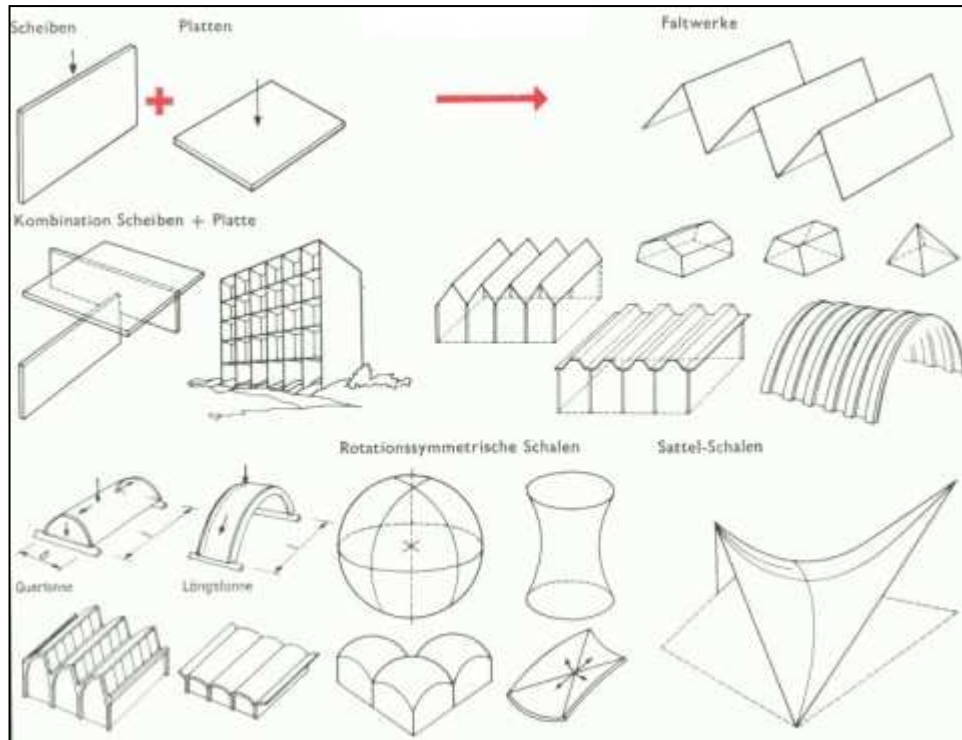
Biegesteife Flächen – Grundsysteme

Tragstrukturen aus 2. Elementen und 3. Elementen

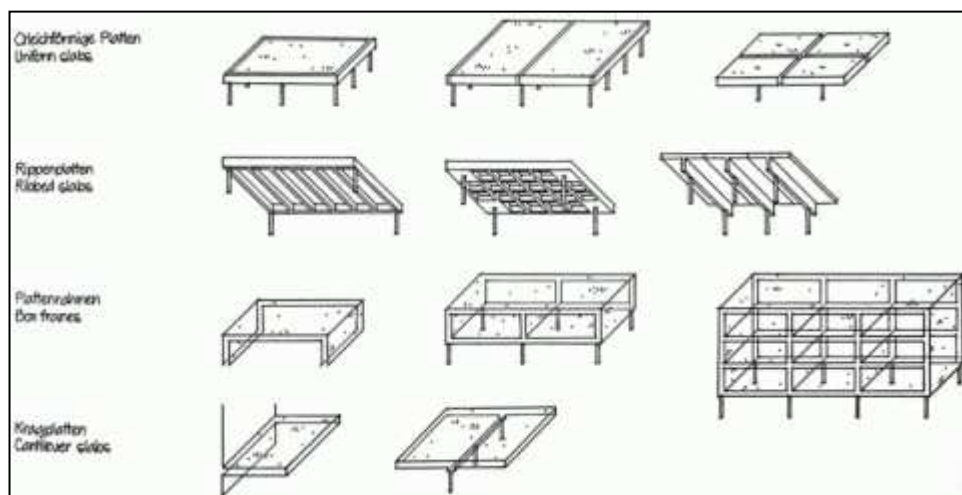
Ein Seilnetz ist aus linearen biegeweichen Elementen hergestellt (2 Elementen)

Flächenanordnung	Lastangriff in y-Richtung	Bemerkungen	Lastangriff in x-Richtung	Bemerkungen
		– stabil bei Lastangriff in Auflagerebene in y-Richtung		– instabil
		– stabil bei Last- und Momentangriff in y-Richtung		– instabil
		– stabil bei Lastangriff in Auflagerebene in x- und y-Richtung		– instabil
		– stabil bei Last- und Momentangriff in x- und y-Richtung		

Flächenformen



Tragplattensysteme

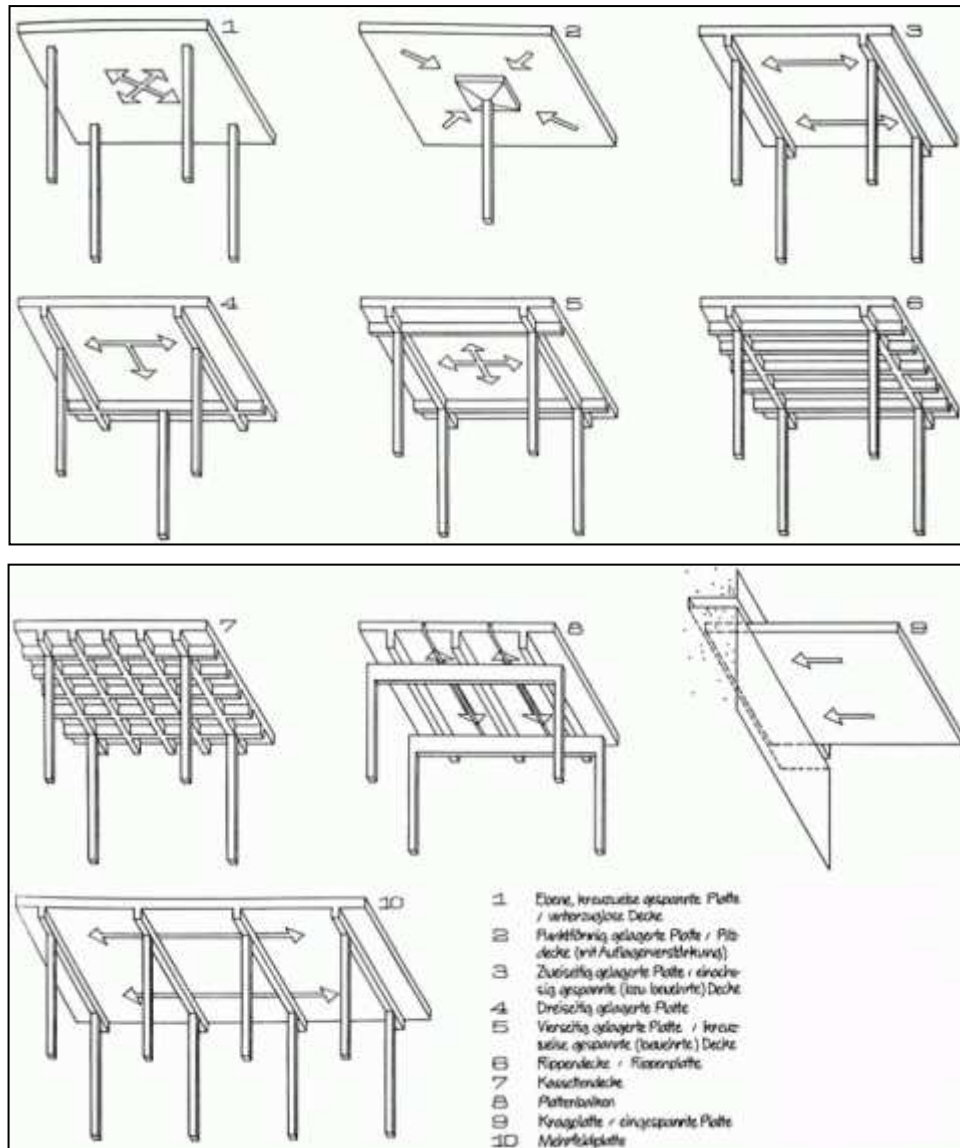


Rippenplatten sind zwischen Flächen und linearen Elementen anzusehen

Unterscheidung verschiedener Plattensysteme

- Einseitig gespannte Platte
- An allen 4 Rändern aufgelegte Platte – trägt in 2 Richtungen
- Direkt unterstützte Platte

Plattensysteme – Lastabtragung und Optimierung



Stab

Querkraft, Momente und Scherkraft

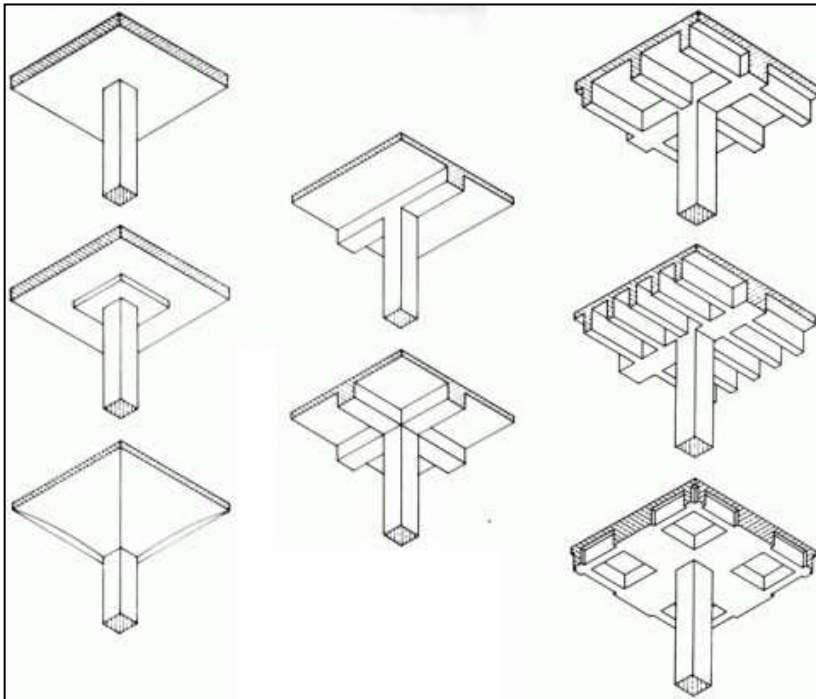
Platte

Verhält sich ähnlich einem Trägersystem, Zusätzlich zu Querkraft, Momente und Scherkraft auch Torsion, axiale Kräfte nur bei horizontaler Belastung

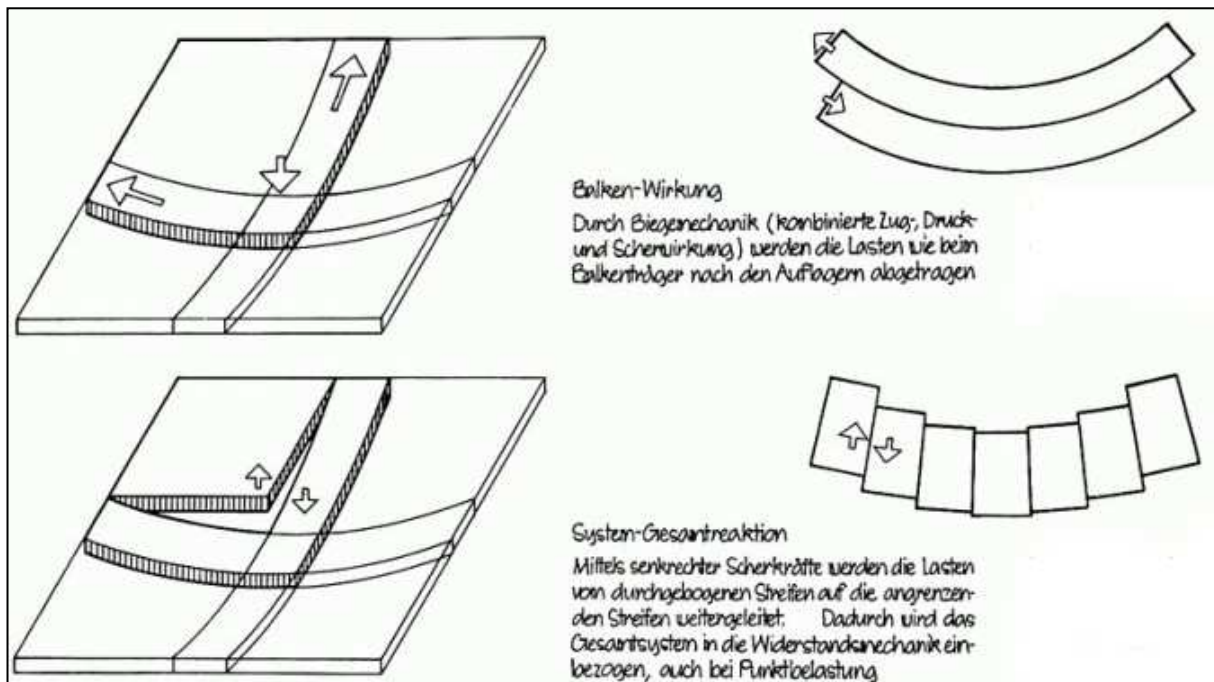
Scheibe

Verhält sich ähnlich einer Stütze, Axialbelastung

Unterstützungssysteme (aus Stahlbeton)

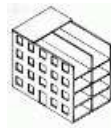


Tragmechanik der ebenen vierseitig aufgelagerten Platte

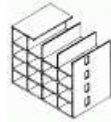


Rechts: Platten verhalten sich wie Aneinandergereihte Balken, bei den Balken gibt es Untereinander ein Zusammenspiel bei der Tragwirkung

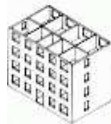
- **Längswandtyp**
Haupttragende in Längsscheiben



- **Querwandtyp**
Haupttragende in Querscheiben



- **Kreuzwandtyp**
Scheiben in beide Richtungen

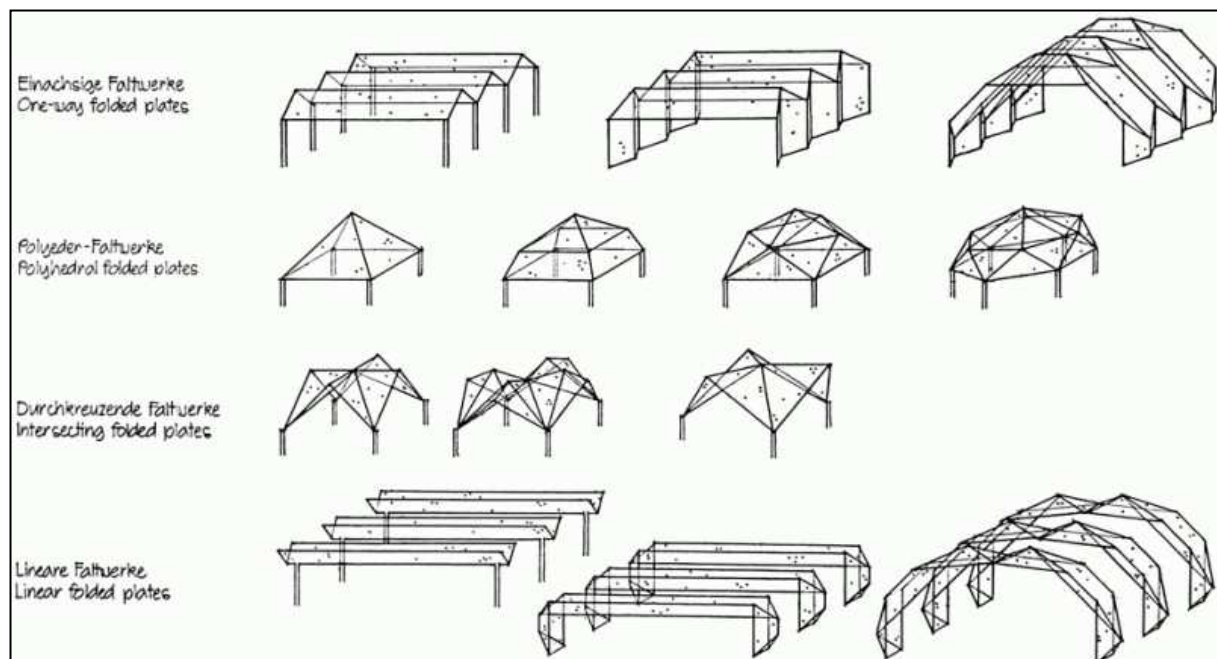


Unterschied zwischen Balken und Scheibe

Die Scheibe ist im Gegensatz zum Balken ein ebener Flächenträger. Die Scheibe ist dünn und grob und trägt die Scherung über Biege- und Querkraft ab. (durch die Axialwirkung stellen sich Bogenkräfte ein)

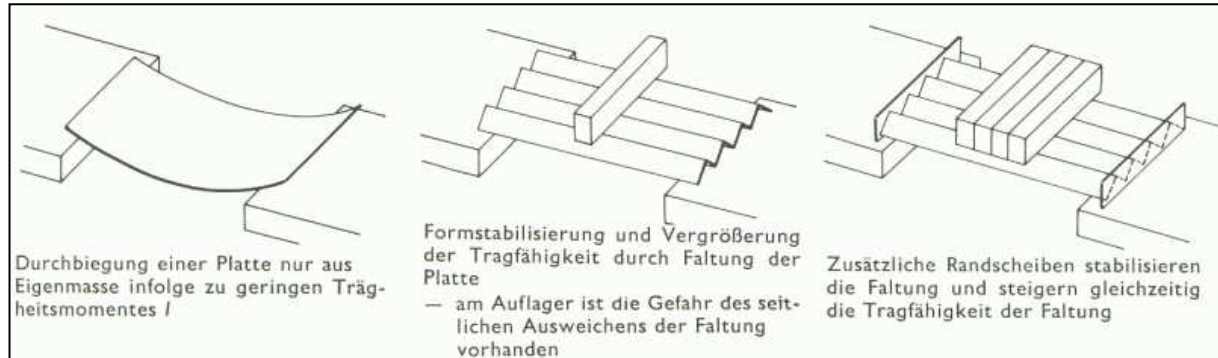
Faltwerk – Systeme

Faltwerkssysteme sind im Prinzip Scheiben – Plattensysteme die entweder trägerartig oder rahmenartig ausgeführt werden.

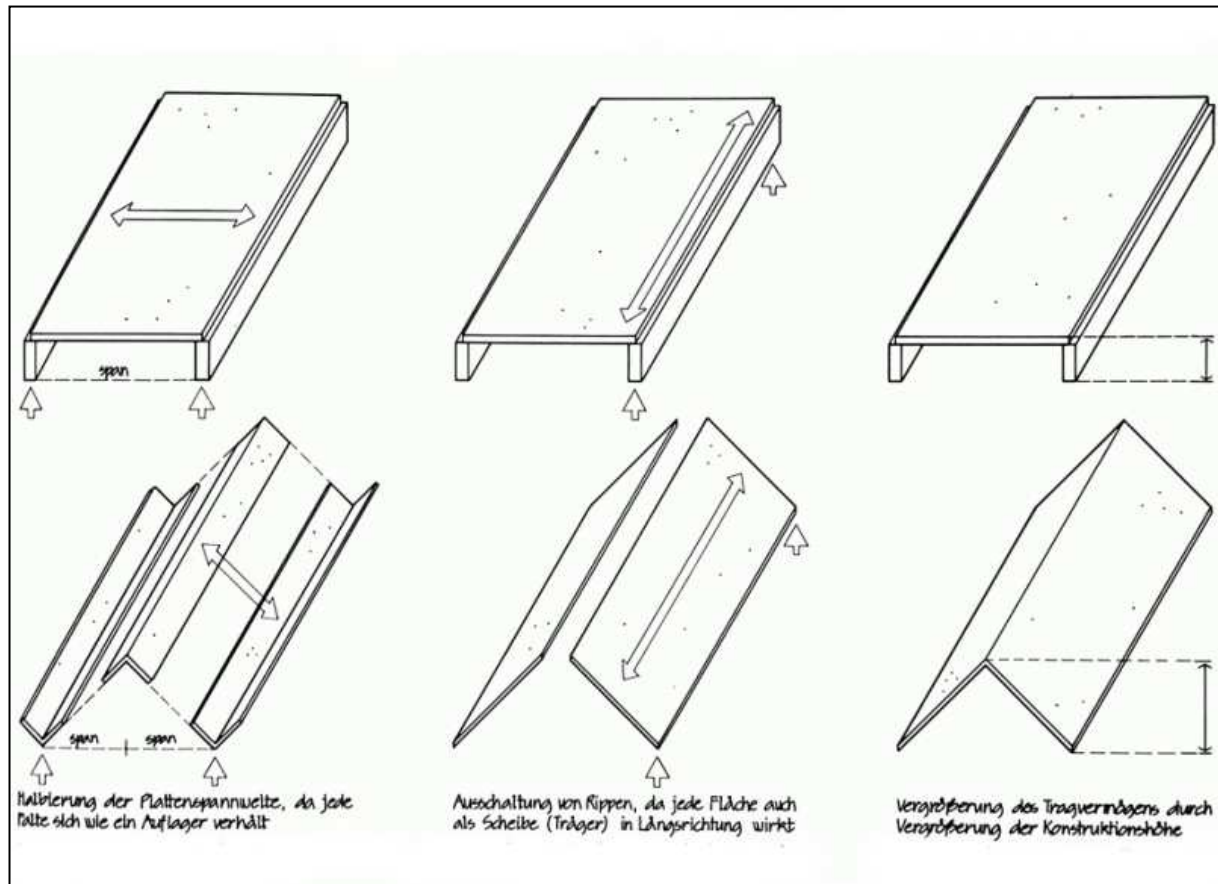


Vorteil der Faltung gegenüber Platte

Die Faltung ist formstabilisierend und kann mit demselben Material durch anheben der Konstruktionshöhe erreicht werden. Vor allem hat die Faltung eine größere Steifigkeit gegenüber der Platte, durch Randscheiben kann diese nochmals erhöht werden.



Vorteile des einfachen Fachwerks gegenüber einer Rippendecke



Durch die 3-fache Faltung tritt eine Träger sowie Scheibentragwirkung entlang der Längsseite auf.

3-fache Tragwirkung

- Querrichtung – Plattenwirkung
- Längsrichtung – Scheibenwirkung
- Diagonalrichtung – Fachwerkwirkung

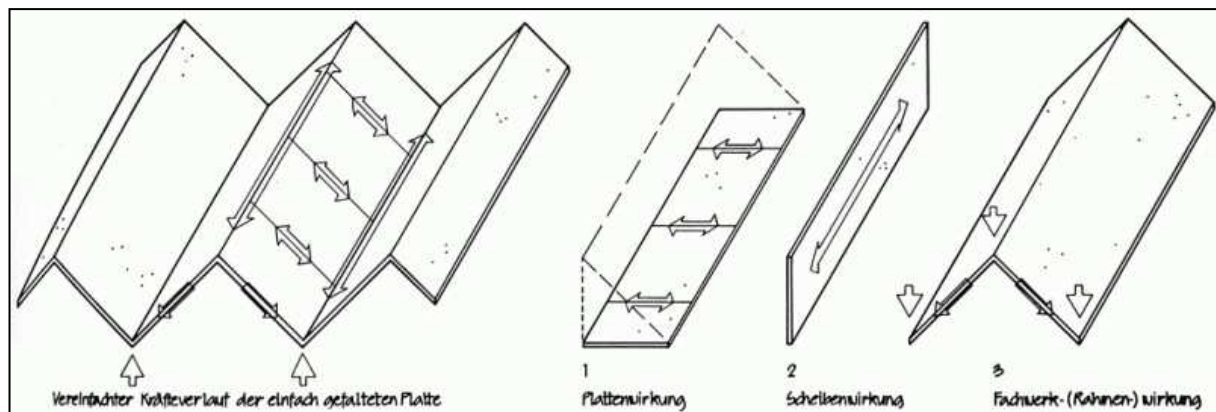


Abbildung Aussteifung gegen kritische Verformung

Der freie Rand gehört verstärkt

Senkrechte Versteifung
Horizontale Versteifung
Senkrecht zur Ebene
Randverstärkung in Scheibenebene

Abbildung Mögliche Verformung des Faltprofils

Abbildung Varianten

Abbildung Übersicht Faltsystem – Spannweite

Abbildung Einsatzmöglichkeiten

Abbildung Lineare Tragsysteme aus gef. Zylinderfläche

Krümmflächensysteme

Auch als Schalenflächensystem bekannt, werden in 1 bzw. in 2 seitig gekrümmte Flächen unterschieden.

1. Fläche, Beispiel Zylinder
2. Flächen, Kugel

Abbildung Rotationsflächen

Beispiel: Kreis um Achse gedreht ergibt Kugelmantel
Gerade an einer Achse festgehalten um einen Kreis gedreht wird Kegelmantel

Translation

Eine erzeugende Kurve mit einer um 90° versetzten Leitlinie – kann gekrümmt sein, geschwungen...

Regelflächen

Aus Translationsfläche und Regelfläche hergestellt, aus Aneinanderreihung von Stäben generiert

Abbildung Schalen Tragwerke Übersicht

Kuppelschale – gleichsinnig gekrümmt

Sattelschale – gegenseitig gekrümmt

Abbildung Geometrie und Tragmechanismus

Vom elliptischen Paraboloid zum elliptischen Grundriss, Kräfte werden zu den Ecken abgetragen

Abbildung hyperbolisches Paraboloid

Nach oben gekrümmt Linie vorwiegend Zugkräfte

Nach unten gekrümmte Linie vorwiegend Druckkräfte

Abbildung 3-fache Tragwirkung der einfach gekrümmten Schale

Zylinderschale auch als Tonnenschale bezeichnet

In Querrichtung Bogenwirkung – Kräfte werden über Bogenwirkung aufgenommen, weiter zu den Ecken geleitet und dort über die Auflager abgetragen

In Längsrichtung Scheibenwirkung

Der Hauptteil der Kraft wird von der Fläche aufgenommen, es kommt zu Scherkräften Längs und Quer in der Fläche

Abbildung Querschnittsgeometrie

Ähnlich wie Bogen, Stützlinie ist umgedrehte Kettenlinie – es treten nur Axialkräfte auf – in diesem Fall Druck

In Abweichungsbereichen treten Biegespannungen auf (Stützlinie – Halbkreis)

Umso größer die Abweichung, umso größer die Biegespannung

Abbildung Längsaussteifung

Das Problem ist der freie Rand der ausweichen kann.

Maßnahmen – Runterziehen, kleiner Querträger, Randversteifung

Abbildung Aussteifung durch kritische Verformung

Abbildung Unterschied zwischen langer und kurzer Tonnenschale

Scheiben-, Platten- und Bogenwirkung in Querrichtung (links)

Kurze Tonnenschale nähert sich im Tragverhalten einem Bogen (rechts)

Abbildung Tragmechanismus

Abbildung Zusammengesetzte Tonnen

Kreuzgewölbe

Klostergewölbe

Anders verschnitten

anders verschnitten

Abbildung Kuppelschale

Wird geometrisch als Kugelschale gesehen

In der Ausführung wird die Kuppelschale zu Randbögen die die Kräfte in Auflager ableiten.

Abbildung Torus Ausschnitte

Abbildung doppelt gekrümmte Schale

Entlang der Segmente tritt Bogenwirkung auf (Druck), in Querrichtung dazu Ringkräfte. Bei dieser Schale ist genau definiert wo Druck- und Zugwirkung herrscht. Im Winkel von 52° vom Mittelpunkt aus sind im oberen Bereich die Druck- und darunter die Zugwirkungen. Die Segmente würden im unteren Bereich klappen und im oberen Bereich überlagern.

Abbildung Membranverlauf (Spannungsverlauf)

Abbildung Biegung des unteren Schalenrahmens

Die Schale gehört am Auflagerrand verstärkt. Möglichkeiten sind die Schale mit einem Zugring abzuschließen, da die Druckkräfte der Schale nach unten wirken.

Abbildung Isometrie mit Schema des Tragverhaltens

Abbildung Schale mit Stützen

Zugring kann klein ausfallen, da die Kräfte über die Stützen abgetragen werden.

Abbildung hyperbolische Fläche

Die stehende Parabel wird Druckbelastet und verhält sich wie ein Bogen, die hängende wird Zugbelastet und verhält sich wie ein Seil.

Abbildung Kippstabilisierung

Können mit einem Hoch- bzw. Tiefpunkt zusammengesetzt werden.

Abbildung 4 verschiedene HP – Flächen

Abbildung Stabilisierungselemente

Bogen Tragwerke

Aus linearen Elementen zusammengesetzt

Gitterschalen sind aus Stäben zusammengesetzt, im Gitter müssen Scherkräfte aufgenommen werden, daher ist es bei der Ausführung notwendig eine Scherstabilität herzustellen.

Abbildung Offener Maschenbogenrand

Ähnlich wie die Stützlinie die mit Hilfe einer Kette hergestellt wird, wird bei Gitterschalen ein Hängernetz aus Ketten erzeugt und als Stützgitter bezeichnet.

Abbildung Geschlossener ebener Randschnitt

Abbildung Biegeeweiche Flächen – Membrane

Abbildung Seiltragwerke

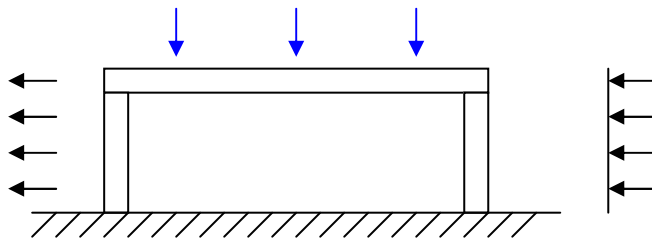
Abbildung Zeltragwerke

Abbildung pneumatische Tragwerke

Tragwerksplanung: Hallenbau

Hallen haben im Unterschied zu Geschossen eine größere Spannweite und müssen nicht so hohe Lasten tragen. Weiters sind Hallen meist stützenfrei, es ist eine Zusammengehörigkeit von Stütz- und Tragsystem vorhanden.

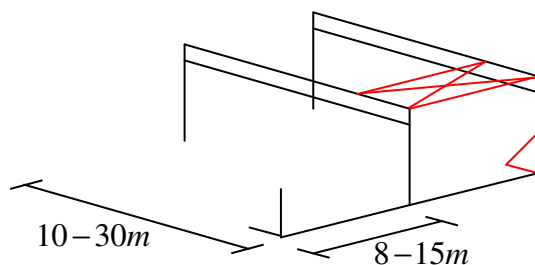
Lasten



- Eigengewicht
- Kies am Dach
- Stehendes Wasser am Dach
- Schneelast ($0,75 \frac{kN}{m^2}$)
- Wind, Druck und Sog ($1 \frac{kN}{m^2}$)

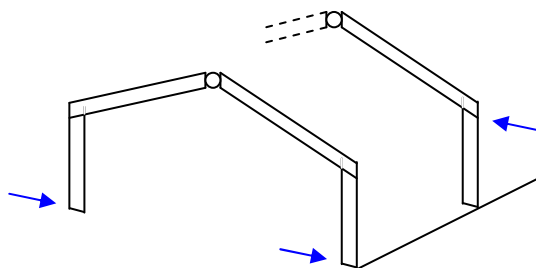
Beim Bau von Hallen erweist sich die Horizontalsteifigkeit durch die geringe Anzahl an Säulen als ein größeres Problem als beim Geschossbau.

Trägerstützensysteme

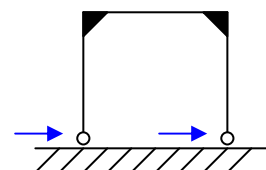


- Gelenkig gelagerte Stützen (Einfeldträger)
- Beim Nebentragsystem ist der Abstand zwischen 8 und 15 Metern
- Spannweiten sind im Normalfall zwischen 10 und 30 Metern
- Spannweite auch in Übergröße zwischen 80 und 100 Metern möglich (Hangar)

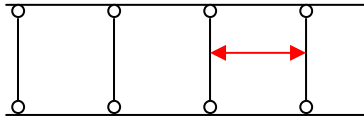
Selbstaussteifendes System



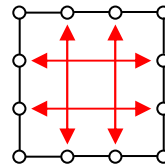
Rahmen



Addiertes System



Auf 2 Seiten gestützt



Auf 4 Seiten gestützt

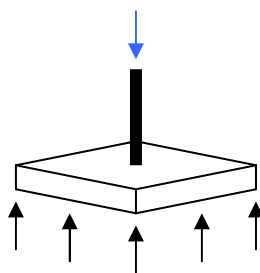
Abbildung Hallenbau – Überspannung horizontal – Dach

Abbildung Hallenbau – Überspannung vertikal – Fassade

Abbildung Hallenbau – Überspannung vertikal + Aussteifung

Abbildung Hallenbau Gründen

Die Fundierungsart hängt von den jeweiligen Bodenverhältnissen ab.



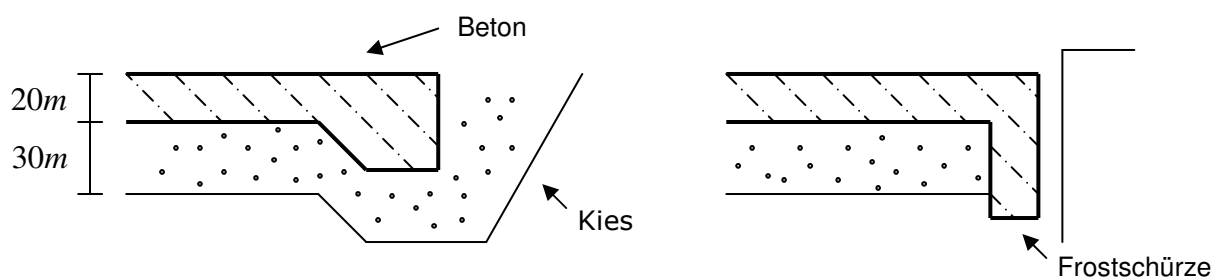
$2 - 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ bei normalen Böden.

Druckfestigkeiten

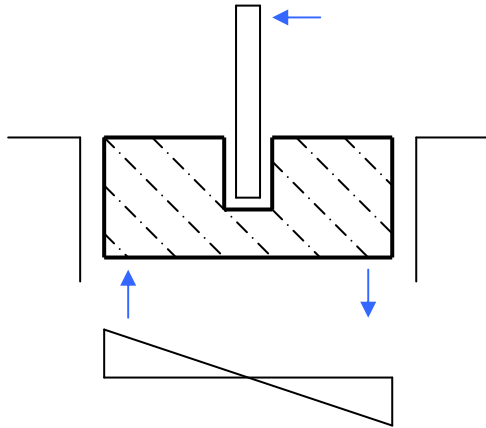
- Holz $100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
- Stahl $1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

50 bis 500 fache Fläche der Stütze im Boden.

Gründung (Plattenfundament)



Fundament bis in Forsttiefe gegründet (80cm)



Es ist ein gewisse Auflast entweder durch das Gewicht des Daches oder durch das Gewicht des Fundaments erforderlich.

Abbildung Überspannen + Stützen, parallele 2D Systeme

Abbildung Überspannen + zusammengesetzte Systeme – Träger und Stütze

Aussteifung diagonal und waagrecht
Streifenfundament mit 50cm
Gerichtetes System

Quadratisches Stützenraster, Einzelfundamente
Haupt- und Nebenträger sind nicht zu unterscheiden

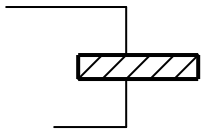
Abbildung Überspannen Dimensionen

Abbildung Anordnung – Träger und Stützen

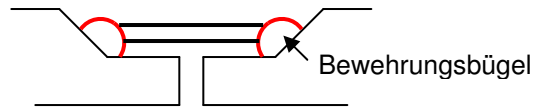
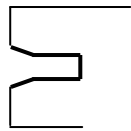
Abbildung Dimensionierung – Träger und Stützen

Abbildung Aussteifung

Aussteifung (steife Scheibe)

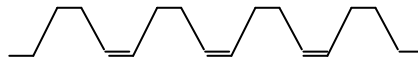
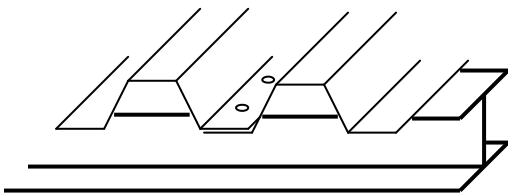


Die einzelnen Platten werden ineinander geschoben um Horizontalkräfte abzutragen.



Zuerst mit Bügeln verbunden, danach aufgefüllt.

Trapezprofilbleche



Die einzelnen Trapezprofilbleche werden überlappt und danach miteinander verdübelt. Unterhalb der Profile müssen sich im regelmäßigen Abstand Querträger befinden.

Aussteifungsverbände

Verbände = liegendes Fachwerk

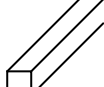
Rundstab



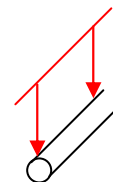
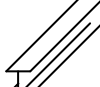
Rohr



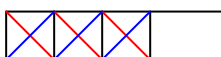
Holm



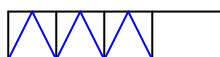
Träger



Die Verbände werden oft an Schlaufen aufgehängt um eine Durchbiegung zu verhindern. Nach der Montage ist das Nachstellen der Verbände sehr wichtig.

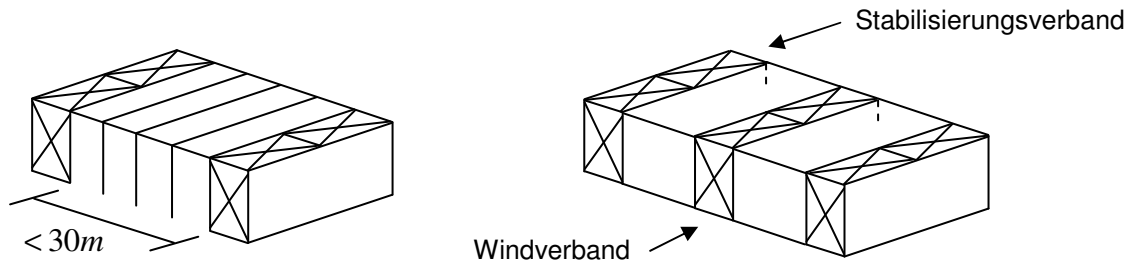


Klassischer Verband
(Druck und Zug)

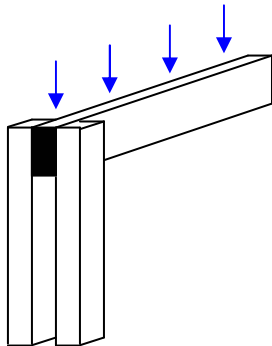


K – Verband
(2 Druckprofile)

Nicht Ausgesteifte Bereiche sollten nicht länger als 30 Meter sein.

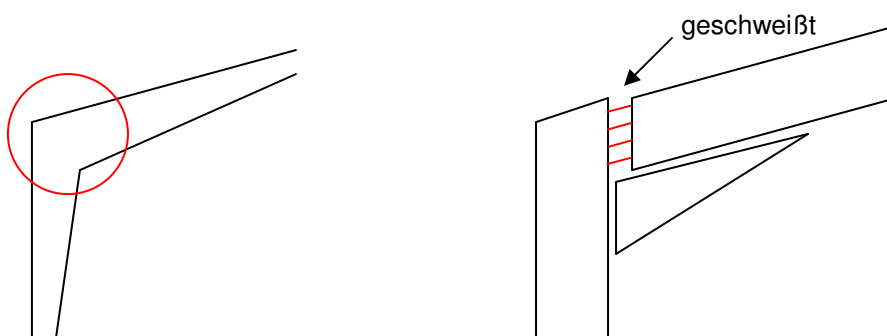


Umso länger die Halle, umso mehr Stabilisierungsverbände sind notwendig.



Um ein Kippen des Balkens zu verhindern wird dieser mit Hilfe einer Gabellagerung eingespannt.

Biegesteife Ecke



Zur weiteren Verbesserung der Stabilität und des Tragverhaltens wird im Eckpunkt ein Keil eingeschoben.

Abbildung Überspannen + Stützen: Rahmensysteme

Tragwerksplanung: Überdachungen

Tragwerk – Tragfunktion

- **Überspannen: flächig**
Bogen, Seil, Träger (unterspannt oder abgehängt)
- **Stützen: Dach**
Widerlager, Stütze, Mast, Seil, Scheibe, Rahmen
- **Aussteifen**
Räumlich, Stabilisierung, Vorspannung
- **Gründen**
Fundament (Druck: Einzel, Streifen, Pfahl), Verankerung (Zug), immer im Zusammenhang mit vorgespannten System

Abbildung 11 Seil Tragwerke

Abbildung 12 Zelttragwerke

Abbildung Typen von Membran Tragwerken
Membraneinzelflächen – ohne Unterstützung
Ebene Membransysteme – Vorgespannt

Gitterschalen

Gitterschalen entstehen durch das Umdrehen von abgehängten Netzen.

Abbildung Vom Netz zum Gitter

Die Stützkonstruktion von Gitterschalen besteht meist aus Stahl, wogegen für das Gitter selbst verschiedenste Arten von Holz-, Stahl und Kunststoffprofilen verwendet werden können.

Abbildung Brettstapelbauweise

Die Brettstapelbauweise besteht aus mehreren immer abwechselnd angeordneten Keilverzinkten Holzbrettern die zu einem Gitterrost zusammengefasst sind.

Abbildung Knotenausbildungen

Abbildung 14 Bogen Tragwerke

Abbildung Spannweiten

Abbildung Ebene Fachwerkbinder

Abbildung Spannweiten

Abbildung Spannweiten 21, 22, 23, 24

Abbildung Unterspannte Systeme

Abbildung Glaspavillon

Der Glaspavillon wird mit Unterspannungssystemen wie Zug und Druckstäben verstärkt.

Abbildung Monococ – System Französischer Pavillon Expo 1992

Der Pavillon hatte als Überdachung eine leicht gekrümmte Platte ähnlich einem Pneu-Kissen, die durch innenliegende Rahmen in Monococ – Bauweise (wie in der Flugzeugkonstruktion) gestützt wurde. Gehalten wurde das Dach von 4 sich nach oben verjüngenden Stützen die im Anschluss gelenkig gelagert waren.

Abbildung Seilsysteme – Rückhaltesysteme

Seilsysteme müssen stets durch biegesteife Elemente gestützt werden. Bauwerke mit einer biegesteifen Scheibenkonstruktion benötigen zwar weniger Platz, sind jedoch teurer und weniger elegant als Systeme mit Flächenhalteseile.

Abbildung Stützkonstruktionen – Abbildung B

Das Tragwerk besteht aus einem Zugverspannten Druckstab, zu vergleichen mit dem Mast eines Segelbootes.

Abbildung Kraftumlenkung über Rückhalteseile

Wenn der Winkel zwischen Stütze und Hauptseil doppelt so groß ist als der Winkel zwischen Stütze und Abhängeseil, so verdoppelt sich auch die Zugkraft im Abhängeseil. Weiters können durch die lotrechte Stützkonstruktion Biegeverformungen in der Stütze auftreten, diese ist daher stärker zu dimensionieren.

Abbildung Bogensysteme Stützung

- **Erstverankerter Bogen**
Kraftaufnahme über Widerlager, es ist vor allem auf die Horizontalkräfte zu achten.
- **Mehrfeldbogen**
Bei Mehrfeldbogen gleichen sich die Horizontalkräfte aus, es reicht eine Pendelstütze. An den Enden ist jedoch wieder auf die Horizontalkräfte zu achten.
- **Abgestrebter Bogen**
Hier wird ein aufgehobenes Widerlager im Verbund mit Scheiben verwendet.
- **Zugseil Bogen**
Die Horizontalkräfte werden beim Zugseilbogen über ein Zugglied aufgenommen.

Abbildung Hängeseil – Stützbogen

Stützbögen entstehen das Umdrehen von Hängeseilen, wobei die Stützbögen nur Druck beansprucht sind, die Hängeseile nur Zug beansprucht. Die Höhe der Auflagerkräfte und der Kräfte im Bogen hängen von der Scheitelhöhe des Bogens ab. Je flacher ein Bogen, desto höher sind die Kräfte. Weiters kann es bei sehr flachen Bögen zum Durchschnappen kommen. Eine größere Krümmung ist daher immer vorteilhafter für die Stabilisierung von Bogenformen.

Abbildung Auflagerresultierende Kräfte (Load Action)

Die Seile nehmen ihre Form nach der jeweiligen Belastung an und müssen stets stabilisiert werden.

Abbildung Kritische Verformungen des Tragseils

3. Das Seil wird schwergewichtsstabilisiert, was bedeutet, dass das Gewicht immer ein bisschen größer als die auftretenden Lasten ist.
6. Das Seil wird am Boden abgespannt.
4. Eindeckung als umgekehrte Schale (Hängeschale)
5. Das Seil wird durch Druckstäbe und ein Stützseil hinuntergedrückt. (Seilbinder)

Abbildung Trag- und Stabilisierungsmechanismus vorgespannter Systeme

Die unterschiedlichen Seilbinder – Arten müssen gegen das Eigengewicht und möglichen Schnee, sowie umgekehrt auch für Windsog ausgerichtet sein. Das Stützseil wird bei Windsog zum Haupttrageseil.

Abbildung Vorgespannte Systeme mit Querlaufender Stabilisierung

Rechts: Konstruktion führt zu einem Seilnetz

Abbildung Geschlossener ebener Randschnitt

Zur Verhinderung einer Winkelveränderung müssen die einzelnen Rechtecke durch Diagonale ausgesteift werden.

Abbildung Mögliche Aussteifungsanordnungen

Links oben 1, 2, 3, 4

Gründungen

Abbildung verschiedene Fundamentarten

Abbildung Prinzipien der Widerlagerverankerungen

Abbildung Dome Support Structures