

Lexikon

Seil – Netz

s t a t i k m o b i l

Alphabetisch geordnet findet ihr hier Informationen, die euch beim Bearbeiten der einzelnen Aufgaben helfen.

WICHTIG: Alle in **Grau** gehaltenen Begriffe sind unter dem jeweiligen Anfangsbuchstaben zu finden und ebenfalls beschrieben.

!!! Bitte NICHT ins Lexikon schreiben !!!

Aa

Abspannanker (Erdanker)

Fixiert die Abspannseile, und Ankerseile unter der Erdoberfläche.

Ankerpunkt (Abspannpunkt)

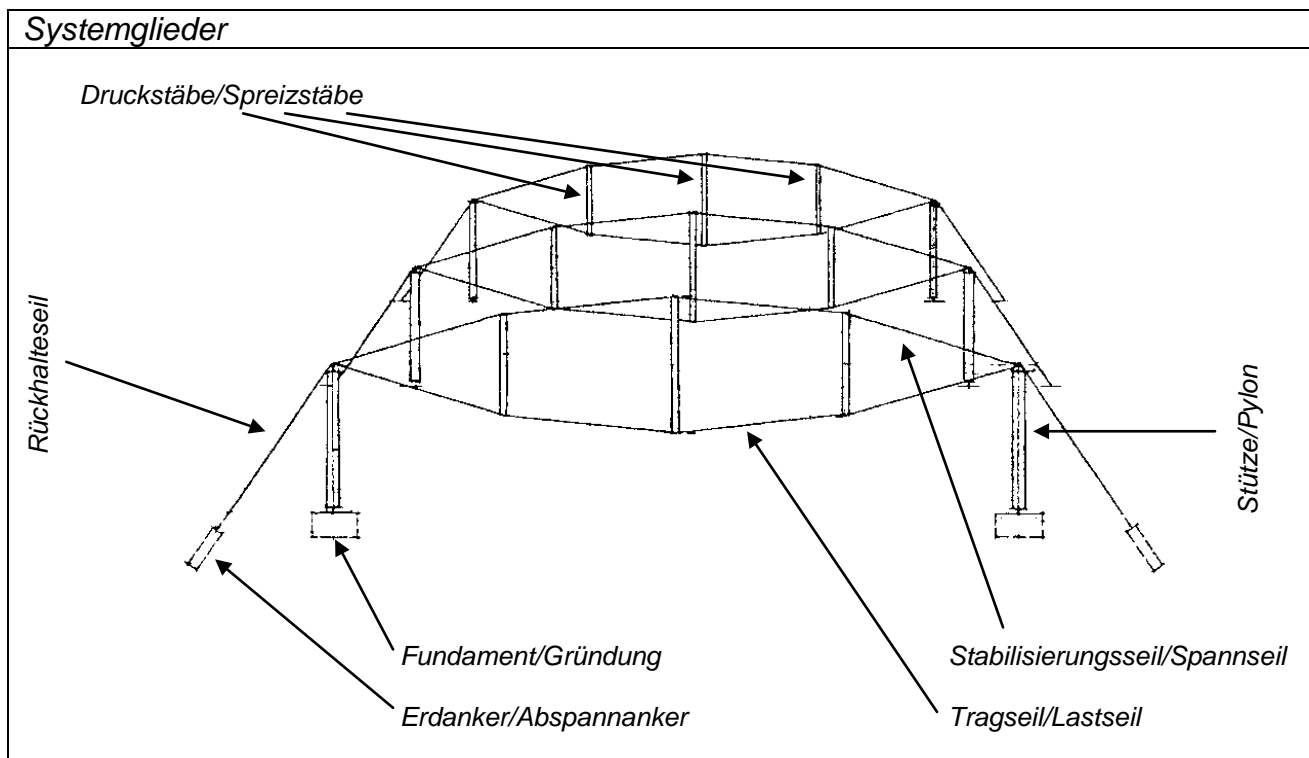
Ist jene Stelle, an der eine Verankerung im Boden eine Konstruktion sichert.

Ankerpunktabstand

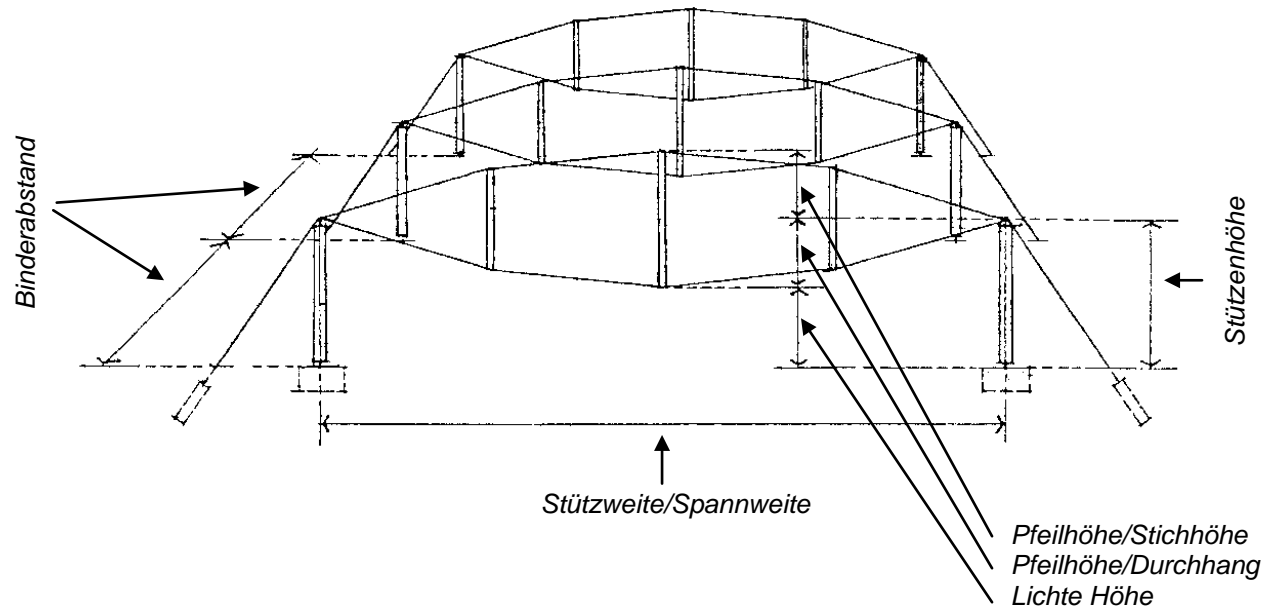
Ist der Abstand zwischen den Ankerpunkten.

Bb

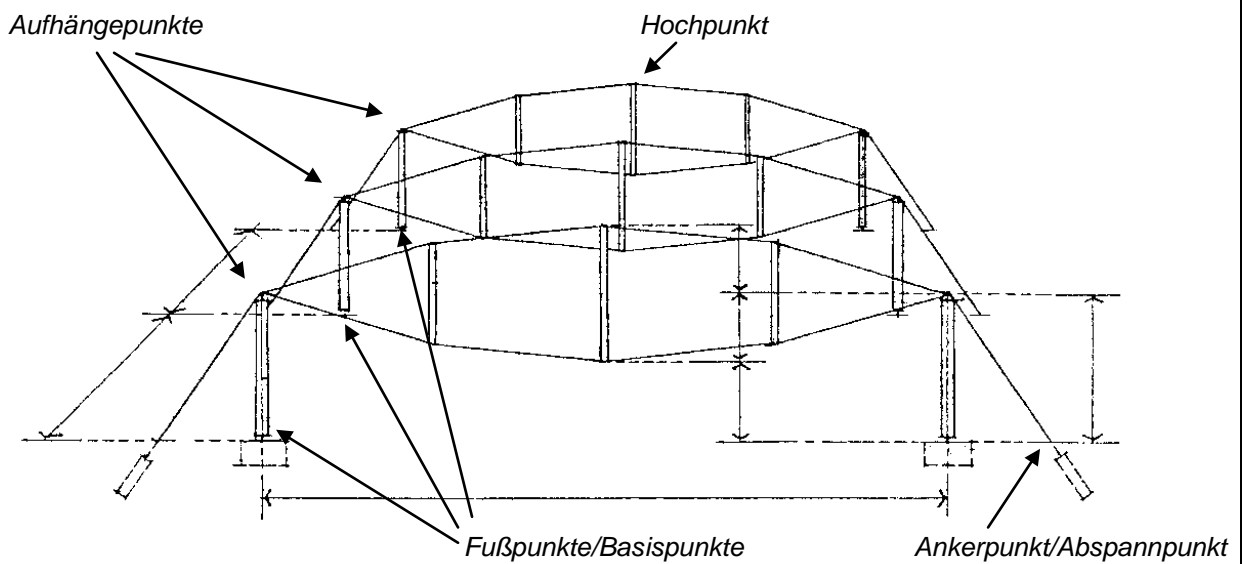
Bauteile und Bezeichnungen



Systemabmessungen



Systempunkte



Ff

Formaktive Tragsysteme

Sind Systeme aus flexibler, nicht steifer Materie, in denen die Kraftumlenkung durch geeignete Formgebung und charakteristische Formstabilisierung erfolgt.

Der Tragmechanismus beruht vorwiegend auf stofflicher Form. Die Strukturform entspricht im Idealfall genau dem Kräfteverlauf.

Die „natürliche“ Kräftelinie des formaktiven Drucksystems ist die Stützlinie, die des formaktiven Zugsystems die Hängelinie (Kettenlinie).

Sie lenken äußere Kräfte durch einfache Normalkräfte (Druck, Zug) um und sind somit Systeme in einfachen Spannungszuständen (Druck, Zug).

Formaktive Tragsysteme entwickeln an ihren Festpunkten horizontale Kräfte.

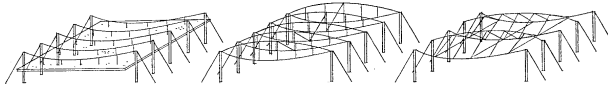
Wegen dieser Übereinstimmung mit den natürlichen Kraftverläufen eignen sich formaktive Tragsysteme ausgezeichnet für große Spannweiten in der Raumüberspannung.

Man unterscheidet **Seil** -, **Zelt** -, **Pneu** - und **Bogen** – Tragwerke

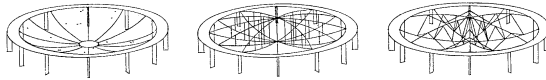
Arten formaktiver Tragwerke

1.1 Seil-Tragwerke

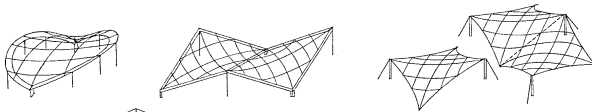
Parallele Spannsysteme



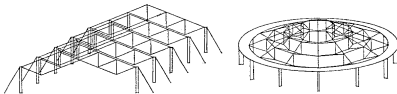
Radiale Spannsysteme



Zweischellige Spannsysteme



Seil-Fachwerke

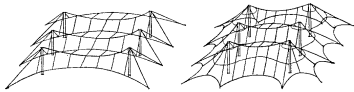


1.2 Zeit-Tragwerke

Hochpunkt-Zeltsysteme



Wellen-Zeltsysteme



Indirekte Hochpunkt-Zelte

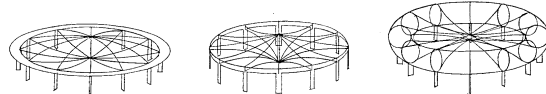


1.3 Pneumatische Tragwerke

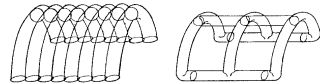
Luftkissen-Systeme



Luftkissen-Systeme

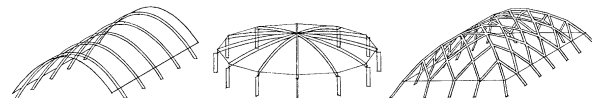


Luftschlauch-Systeme

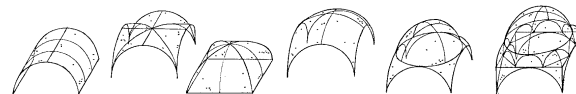


1.4 Bogen-Tragwerke

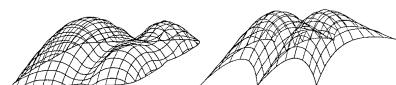
Lineare Systeme



Gewölbe-Systeme



Schlingentrag-Systeme



Aufbau und Bestandteile formaktiver Tragwerke

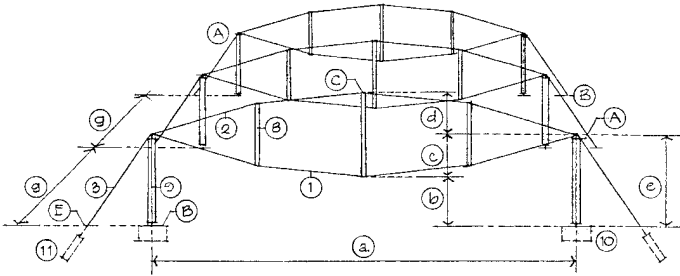
Definition FORMAKTIVE TRAGSYSTEME sind Tragsysteme aus flexibler, nicht-steifer Materie, in denen die Kraftumlenkung durch geeignete FORMGEBUNG und durch charakteristische FORMSTABILISIERUNG erfolgt

Kräfte Die Systemglieder werden dabei primär nur durch gleichartige Normalkräfte belastet, d.h. entweder auf Druck oder auf Zug: SYSTEME IN EINFACHEM SPANNUNGSZUSTAND

Merkmale Die typischen Struktur-Merkmale sind: KETTENLINIE (HÄNGELINIE), STÜTZLINIE, KREIS

Bestandteile und Bezeichnungen

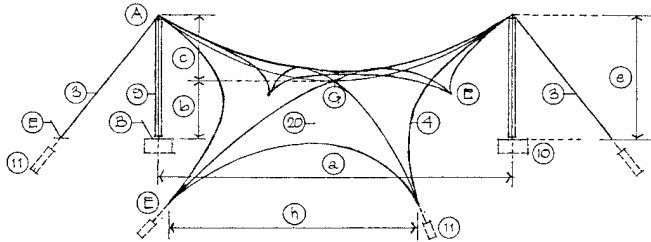
1.1 Seilsysteme



System-Glieder

- ① Tragseil, Lastseil
- ② Stabilisierungseil, Spanneil
- ③ Rückhalteil, Abspanneil, Stag
- ④ Randseil
- ⑤ Kehlseil
- ⑥ Hängeseil
- ⑦ Zugband, Zuganker
- ⑧ Druckstab, Spreizstab
- ⑨ Stütze, Pylon, Mast
- ⑩ Fundament, Gründung
- ⑪ Erdanker, Abspannanker
- ⑫ Widerlager
- ⑬ Crelenk
- ⑭ Scheitelgelenk
- ⑮ Fußgelenk, Kämpfergelenk
- ⑯ Ankerring
- ⑰ Bogen, Stützbogen
- ⑱ Gelenkbogen
- ⑲ Strebeopfer
- ⑳ Tragmembran
- ㉑ Luftschleuse
- ①-② Funktionsseile

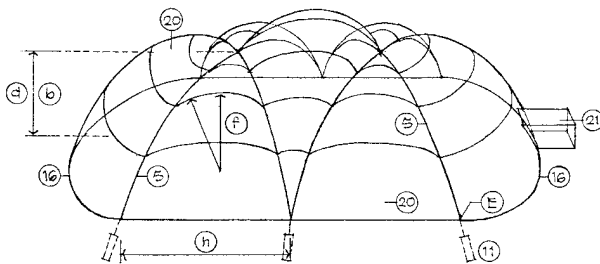
1.2 Zeltsysteme



Topografische Systempunkte

- A Aufhängepunkt
- B Fußpunkt, Basispunkt
- C Hochpunkt
- D Scheitelpunkt
- E Ankerpunkt, Abspannpunkt
- F Auflagerpunkt
- G Tiefpunkt
- H
- I

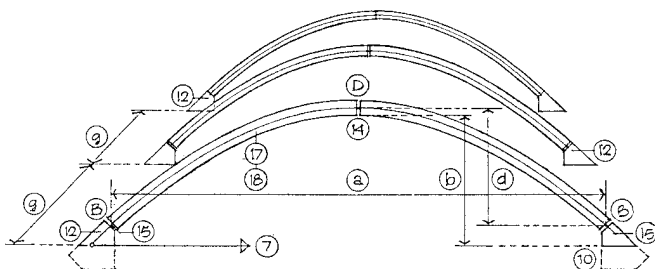
1.3 Pneusysteme



Systemabmessungen

- a Stützweite, Spannweite
- b Lichte Höhe
- c Durchhang, Pfeilhöhe
- d Stich (-höhe), Pfeilhöhe
- e Stützenhöhe
- f Krümmungsradius
- g Binderabstand
- h Ankerpunkt-Abstand
- i
- j

1.4 Bogensysteme



Formfindung

Entwurfskriterien für Seilnetze:

Seilnetze erzielen ihre hohe Steifigkeit aus der Verspannung unterschiedlich gekrümmter Seilscharen gegeneinander.

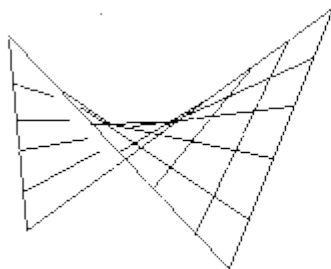
Daraus folgt:

- Ein vorgespanntes Netz muss **gegenseitig gekrümmt sein** (negative Gaußsche Krümmung), damit sich die kreuzenden Seilscharen überhaupt gegeneinander vorspannen lassen (also z.B. keine Kugelform), d.h. Hoch- und Tiefpunkte müssen sich abwechseln.
- Es dürfen **keine ebenen Bereiche oder solche mit geringer Krümmung** entstehen, da diese große Verformungen erleiden und große Kräfte entstehen. **Höhendifferenzen sollten groß sein**, verglichen zu den horizontalen Ausdehnungen
- Die Seile sollten **nicht in Richtung einer "Erzeugenden"** laufen.

(Erzeugende sind Linien, die wenn sie im Raum verschoben und gedreht werden, die Einhüllende der Schalenform bilden.

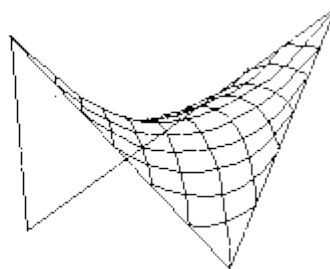
Beispiele: Zylinderschale: Erzeugende ist vertikale Linie, die um den Mittelpunkt rotiert.
hyperbol. Paraboloid: Erzeugende ist geneigte Linie, die um den Mittelpunkt rotiert.)

gerade Erzeugende



weiches Netz

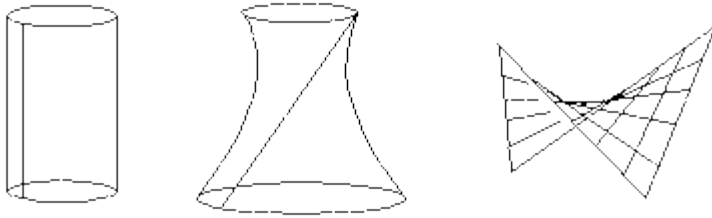
gekrümmte Erzeugende



steifes Netz

Die Seile des rechten Hyparnetzes sind parabelförmig gekrümmt, Zug- und Druckseile sind gegeneinander vorgespannt, das Netz hat eine erhebliche Steifigkeit. Im linken Bild sind die Einzelseile gerade, sie müssen also erst große Verformungen machen, bevor sich ausreichende Knickwinkel bilden, die eine geometrische Steifigkeit bewirken. Das auf ein Seilkreuz reduzierte System macht dies deutlich.

Formen mit gerader Erzeugender



Statische Berechnung

Die genaue Ermittlung der Schnittkräfte ist praktisch nur mit entsprechenden Rechenprogrammen möglich. Auf die Berücksichtigung des Seildurchhangs kann bei Seilnetzen verzichtet werden, die einzelnen Seilelemente sind meistens so kurz und so hoch vorgespannt, dass der Durchhang vernachlässigbar gering ist.

Ein Problem ergibt sich bei größeren Belastungen, wenn die Seilvorspannkräfte durch die entstehenden Druckkräfte im System aufgezehrt werden. Das Seil fällt dann aus, das System ändert sich.

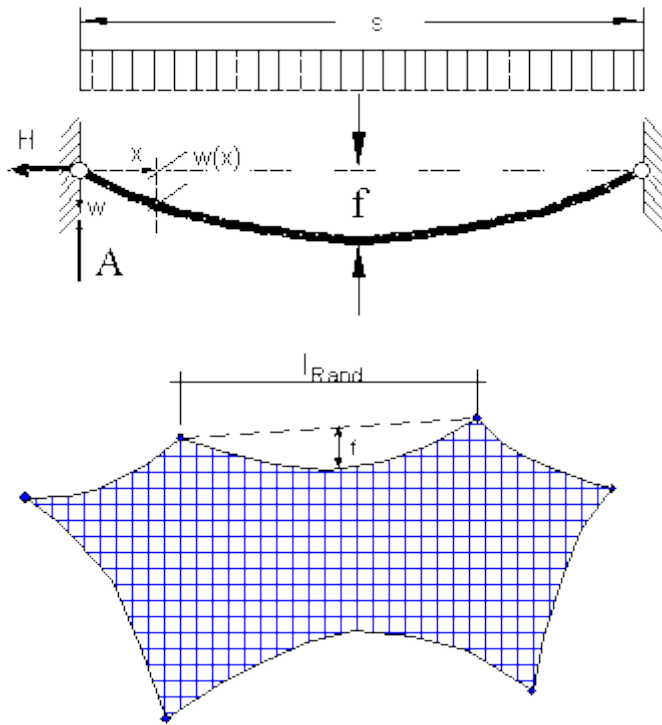
Formfindung

Die Form eines Seilnetzes oder einer textilen Membrankonstruktion ist nicht wie bei sonstigen Systemen einfach vorgebar, da die Seilvorspannkräfte und die Geometrie des Seilnetzes in engem Zusammenhang stehen. Die Vorspannkräfte müssen mit dem durch die Geometrie vorgegebenen Knickwinkel im Seilnetz eine Umlenkraft erzeugen, die gleich der am Knoten wirkenden vertikalen Knotenbelastung ist. Diese Aufgabe kann i.a. nur durch Rechenprogramme erledigt werden.

In etwa sinnvolle Seilkräfte können bei vorgegebener Verformung vorgeschätzt werden. Näherungsabschätzungen können hierbei einfach mit der Umlenkraftformel durchgeführt werden:

$$g \cdot l^2 / 8 = S \cdot f$$

g ist hierbei die Querlast auf das Seil (oder die verschmierte Quervorspannung auf das Randseil), l die Stützweite, S die Seilkraft (des Randseils) und f der Stich des Seils. Je nach Vorgabe einzelner Größen können die anderen hieraus ermittelt werden.



Generierung des Ausgangsnetzes

Die Generierung erfolgt zweckmäßig so, dass von leicht zu definierenden Ausgangsflächen ausgegangen wird. Die kann z.B. ein ebenes Netz sein, dem eine Auflagerverschiebung am Ort einer gewünschten Spitze eingeprägt wird.

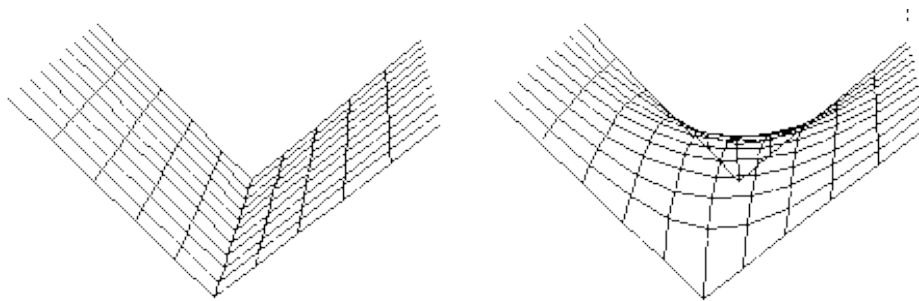
Man erkennt, wie bei der Freigabe nur in z-Richtung die Ränder horizontal gehalten werden, es stellt sich bereits die grobe Form ein. Im 2. Schritt können sich auch die Knotenpunkte horizontal verformen. Man erkennt, dass das sich ergebende Netz stärker verzerrt ist, die Knotenpunktabstände sind ungleich.

Beispiele für Ausgangsnetze:

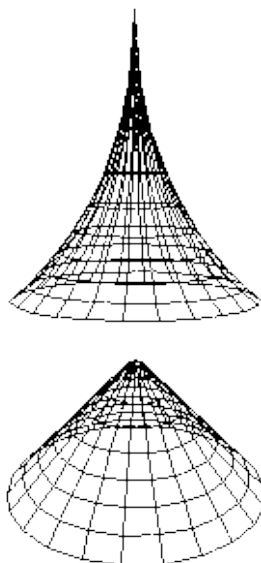
Ausgangsform *ebenes Netz*



Ausgangsform Netz *zwei ebenen Netzen (zueinander angewinkelt)*



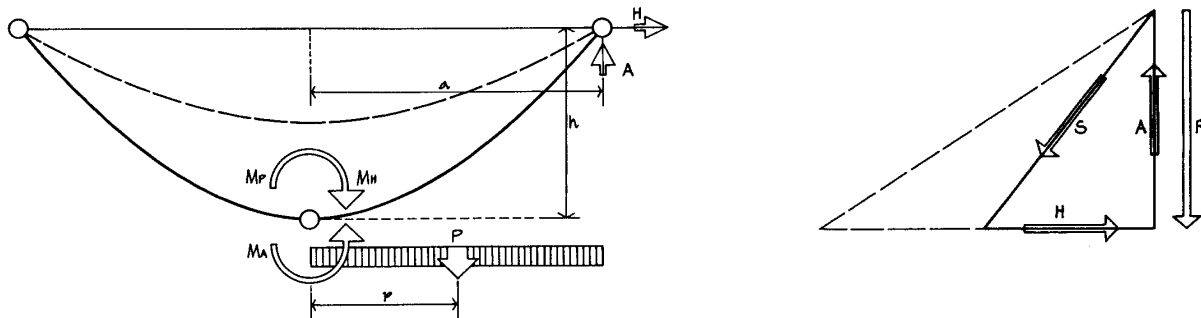
Ausgangsnetz *kegelförmig:*



Hh

Hebel

Hebelmechanismus des Tragseils



Durch das Moment der Horizontalreaktion M_H wird der Unterschied der Momente M_P und M_A ausgeglichen und Biegung ausgeschlossen

Kk

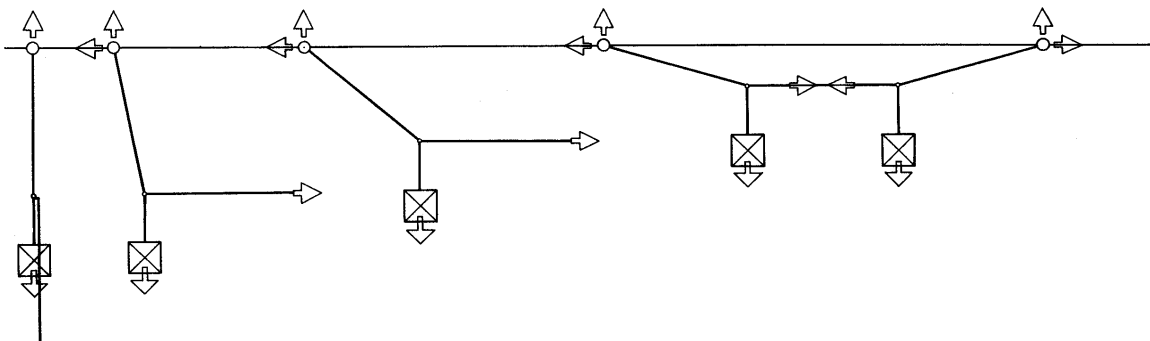
Kraftrichtung

Beziehung zwischen Kraftrichtung und Tragwerkform des Seils

Kraftumlenkung

Wird eine abgehängte Last von einer Horizontalkraft zur Seite bewegt, so ist der Grad der Ablenkung von der Größe der einwirkenden Horizontalkraft abhängig.

Werden zwei idente Lasten symmetrisch zueinander abgehängt, so halten sich die Horizontalkräfte im Gleichgewicht - das System der Kraftumlenkung ist in sich geschlossen.



Mm

Minimalfläche

= bezeichnet das größtmögliche Volumen bei kleinstmöglicher Oberfläche.
 Minimalflächen können durch Computerprogramme oder durch Analogmethoden (z.B. Seifenhautmodell) erstellt werden.

Pp

Pfeilhöhe

Einfluss der Pfeilhöhe auf die Kraftverteilung

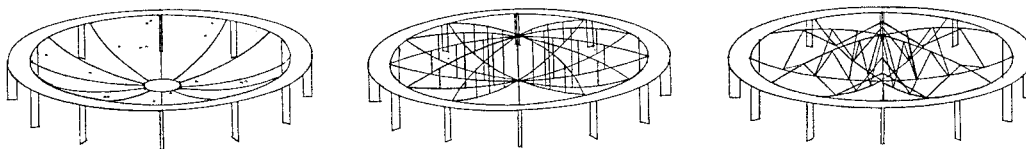
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pfeilhöhe (h)</td> <td>= 1</td> </tr> <tr> <td>Seilkraft (S)</td> <td>= 1</td> </tr> <tr> <td>Horizontalschub (H)</td> <td>= 1</td> </tr> </tbody> </table>	Pfeilhöhe (h)	= 1	Seilkraft (S)	= 1	Horizontalschub (H)	= 1
Pfeilhöhe (h)	= 1						
Seilkraft (S)	= 1						
Horizontalschub (H)	= 1						
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pfeilhöhe (h)</td> <td>= $\frac{1}{2}$</td> </tr> <tr> <td>Seilkraft (S)</td> <td>= ~ 2</td> </tr> <tr> <td>Horizontalschub (H)</td> <td>= 2</td> </tr> </tbody> </table>	Pfeilhöhe (h)	= $\frac{1}{2}$	Seilkraft (S)	= ~ 2	Horizontalschub (H)	= 2
Pfeilhöhe (h)	= $\frac{1}{2}$						
Seilkraft (S)	= ~ 2						
Horizontalschub (H)	= 2						
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Pfeilhöhe (h)</td> <td>= 0</td> </tr> <tr> <td>Seilkraft (S)</td> <td>= ∞</td> </tr> <tr> <td>Horizontalschub (H)</td> <td>= ∞</td> </tr> </tbody> </table>	Pfeilhöhe (h)	= 0	Seilkraft (S)	= ∞	Horizontalschub (H)	= ∞
Pfeilhöhe (h)	= 0						
Seilkraft (S)	= ∞						
Horizontalschub (H)	= ∞						

Die Seilkraft S und der Horizontalschub H eines Tragseils sind umgekehrt proportional zu seiner Pfeilhöhe. Ist die Pfeilhöhe gleich Null, so werden Seilkraft und Horizontalschub unendlich groß – d.h. das Tragseil kann die Last nicht aufnehmen.

Je größer die Pfeilhöhe, desto geringer ist der Horizontalschub und desto weniger Kraft muss das Seil aufnehmen.

Rr

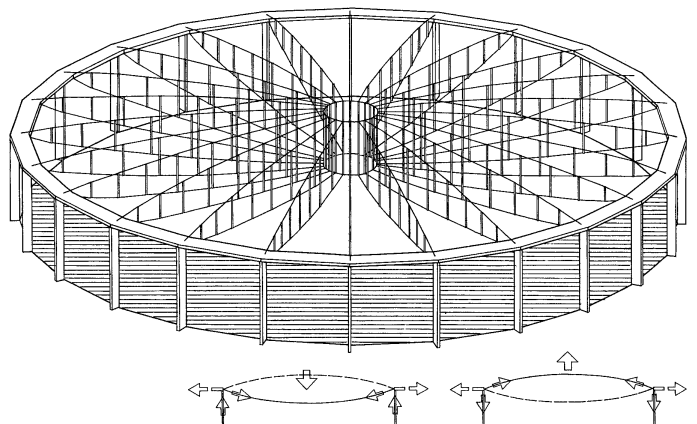
Radiale Spannsysteme



Rotationssysteme

Ebene Rotationssysteme mit Stabilisierung durch Gegenseil

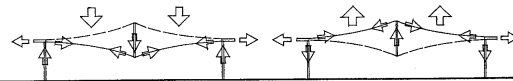
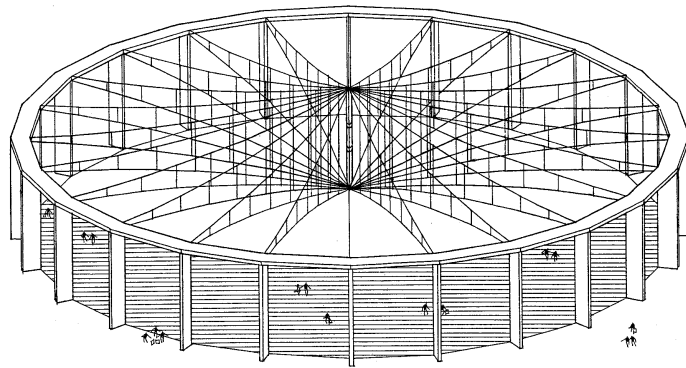
Tragseil *unter*
Stabilisierungsseil



Tragmechanismus
(Eigengewicht)

Stabilisierungsmechanismus
(Windsog)

*Tragseil über
Stabilisierungsseil*



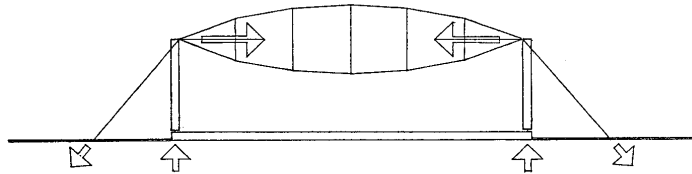
*Tragmechanismus
(Eigengewicht)*

*Stabilisierungsmechanismus
(Windsog)*

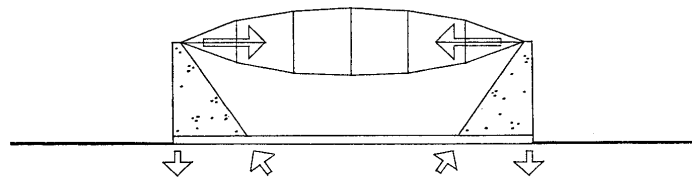
Rückhaltesystem

Rückhaltesysteme zur Stabilisierung von Aufhängepunkten

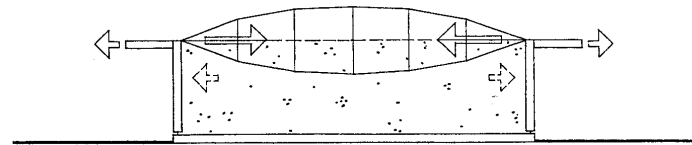
Seilabspannung der Aufhängepunkte mit Erdverankerung der Seile



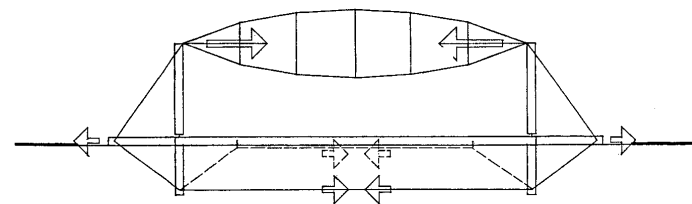
Kraftumlenkung in den Aufhängepunkten durch Pfeiler bzw. Streben



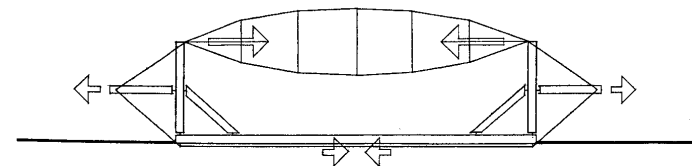
Kraftübertragung durch Horizontalträger auf Querwände bzw. Druckbalken



Seilabspannung mit Zuganker-Kräftechluss unterhalb der Bodenplatte

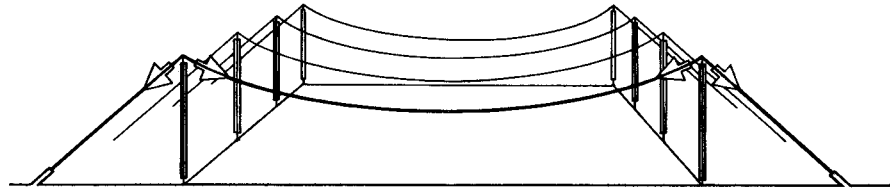


Abspannung und Abstrebung mit Zuganker-Kräftechluss in der Bodenplatte

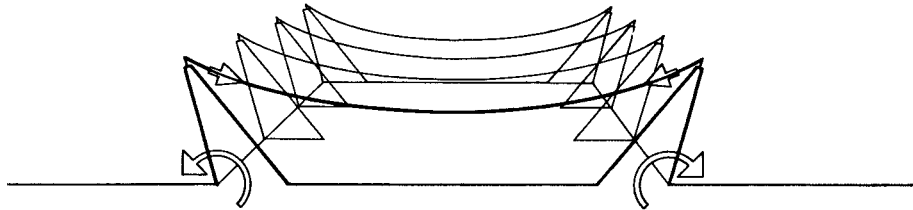


Rückhaltesysteme für Parallel-Tragseile

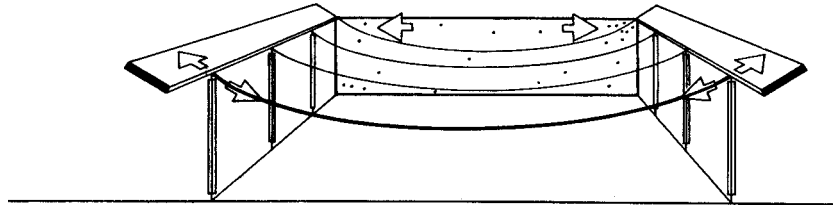
Rückhalteseil



Biegesteife Scheibe



Horizontalträger



Ss

Seil

Das Seil ist ein elementarer Bauteil zugbeanspruchter Konstruktionen. „Seil“ ist der Sammelbegriff für ein **zugfestes** aber **biegeunsteifes** Bauelement. Und als solches ein **„lineares“ Tragsystem**.

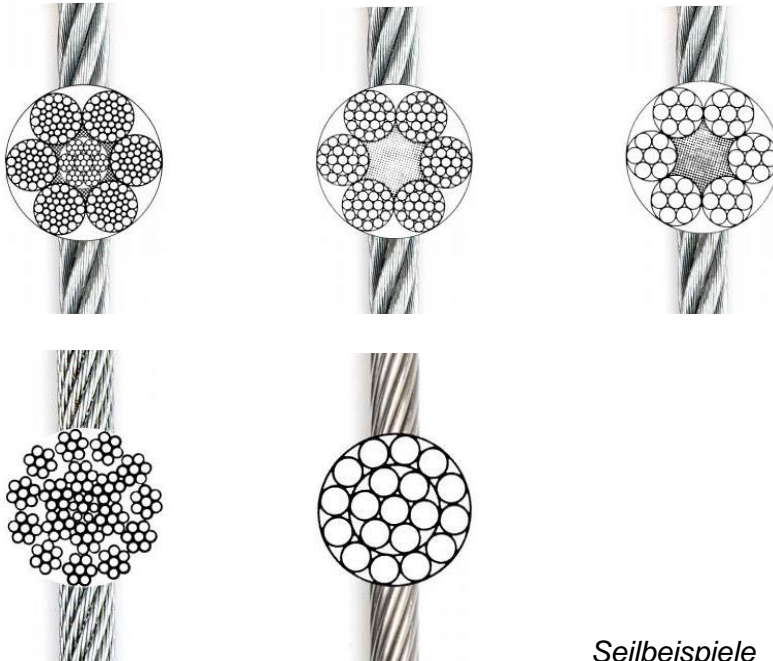
Als weiches Element benötigt ein Seil Stützelemente, an denen es am „Aufhängepunkt“ fixiert ist, um gegen die Schwerkraft angehoben zu werden.

Drahtherstellung:

„Im 19. Jhdt. wurde die Verfestigung von Stahldrähten durch die Kaltverformung des „Ziehens“ erkannt und industriell umgesetzt.“

Ebenso wie beim Walzen wird beim Ziehen eines Drahtes dem Werkstück eine Eigenspannung durch unterschiedliche Geschwindigkeit der Randfasern gegenüber dem Kern eingeprägt (Die Art der „Vorspannung“ ist jedoch derjenigen nach dem Walzen vorzeichenmäßig entgegengesetzt).

Die Weiterverarbeitung der Drähte zu Seilen erfolgt durch „Schlagen“ der Drähte zu Litzen und weiter der Litzen zu Seilen.



Seilbeispiele

Die einfachste Seilform ist eine Litze, die ihrerseits nur aus Einzeldrähten verwoben ist.

Mehrere Litzen können zu Spiralseilen „geschlagen“ werden. Diese Seile eignen sich für alle Anwendungen, bei denen häufige Verformungen der Seile zu erwarten sind, oder bei Krümmungen des Seils um einen engen Biegeradius (z.B. bei Seilösen).



Foto Fa. Pfeifer



Spannseil

Tragseile von Seilbahnen oder Seile, die vor Witterungseinflüssen geschützt werden sollen, werden häufig als „verschlossene Seile“ ausgeführt, bei denen das eigentliche Seil durch Lagen speziell geformter Drähte (Keildrähte und Z-Drähte) umhüllt ist. Durch diese Drahtlagen wird eine möglichst glatte und geschlossene Oberfläche des Seilkörpers erzielt, die einerseits das Eindringen von Feuchtigkeit (und korrosionsfördernden Medien) verhindert und andererseits das leichtere Befahren der Seile ermöglicht. Im Bauwesen werden derartige Seile vor allem im Brückenbau und als Elemente hochbeanspruchter Abhängungen und Abspannungen weitgespannter Konstruktionen (Hallendächer, Tribünenüberdachungen) verwendet.



Foto Fa. Pfeifer

Weitgespannte Hängebrücken werden hingegen an nicht verwobenen Litzenbündeln abgehängt, die vor Ort eingebracht werden. Bei derartigen Konstruktionen sind vor allem die Verankerungsbereiche und die Umlenkungen an den Köpfen der Brückenpfeiler konstruktiv aufwendig.“ (Kolbitsch)

Seilbinder

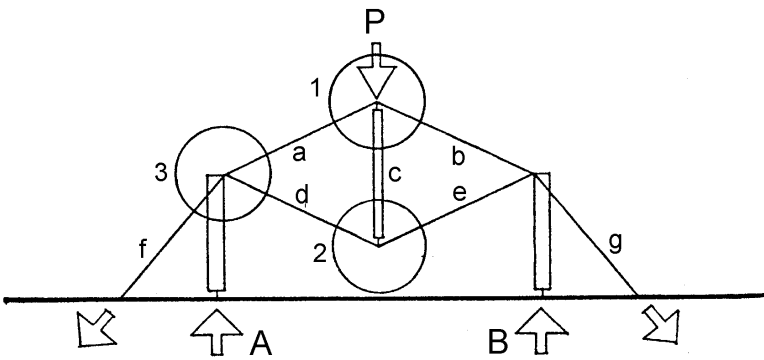
Um **druck-** und **biegebeanspruchte Stäbe** im Bereich der Tragwerke vollständig zu vermeiden wurden **vorgespannte Fachwerkformen**, sogenannte „Seilbinder“, entwickelt. Als

Seilbinder werden Seiltragwerke bezeichnet, in denen das **Tragseil über dem Stabilisierungsseil** liegt und nur **durch Zugseile verbunden** ist.

Seilbinder sind empfindlich gegen antimetrische ungleichförmige Streckenlasten. Durch Verbindung des Tragseils mit dem Stabilisierungsseil im Scheitelpunkt kann die Verformung erheblich eingeschränkt werden.

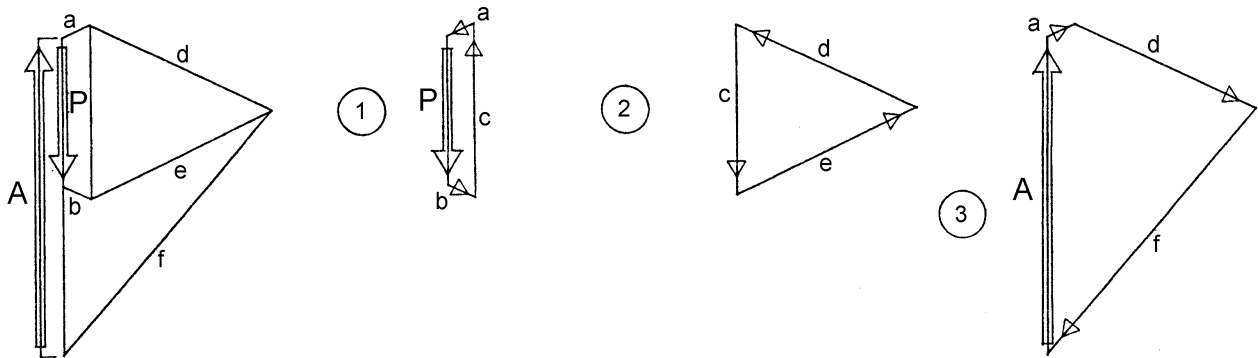
Seilfachwerke

In Seilfachwerken werden Druckelemente **Druckstab/Spreizstab** und Zugelemente **Zugband** zur Aufnahme von Lasten kombiniert.



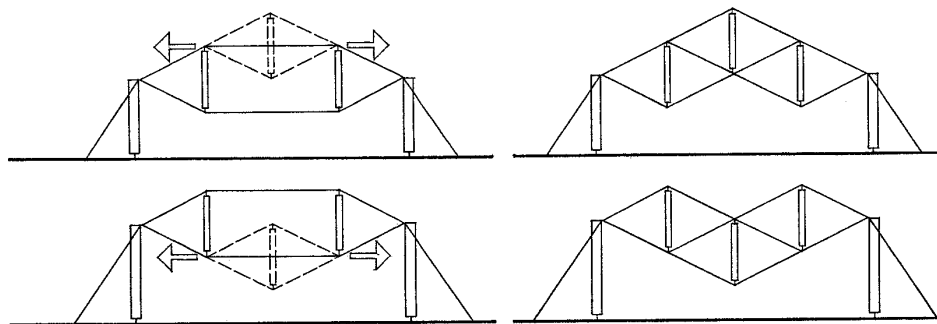
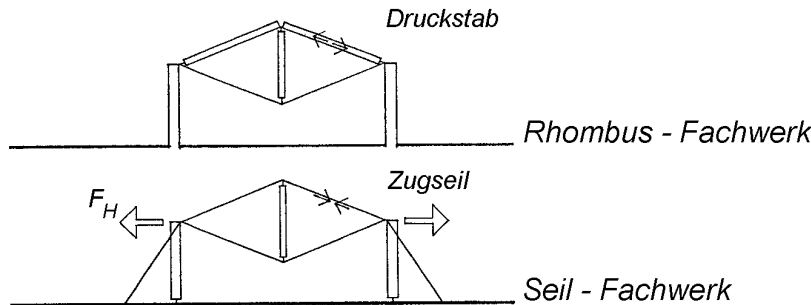
- P** = einwirkende Last
- A, B** = Widerstandskräfte der Stützen
- a, b** = Stabilisierungsseil (Obergurten)
- d, e** = Tragseil
- c** = Druckstab
- f, g** = Abspannseile zur Aufnahme der Horizontalkräfte

Seil - Fachwerk

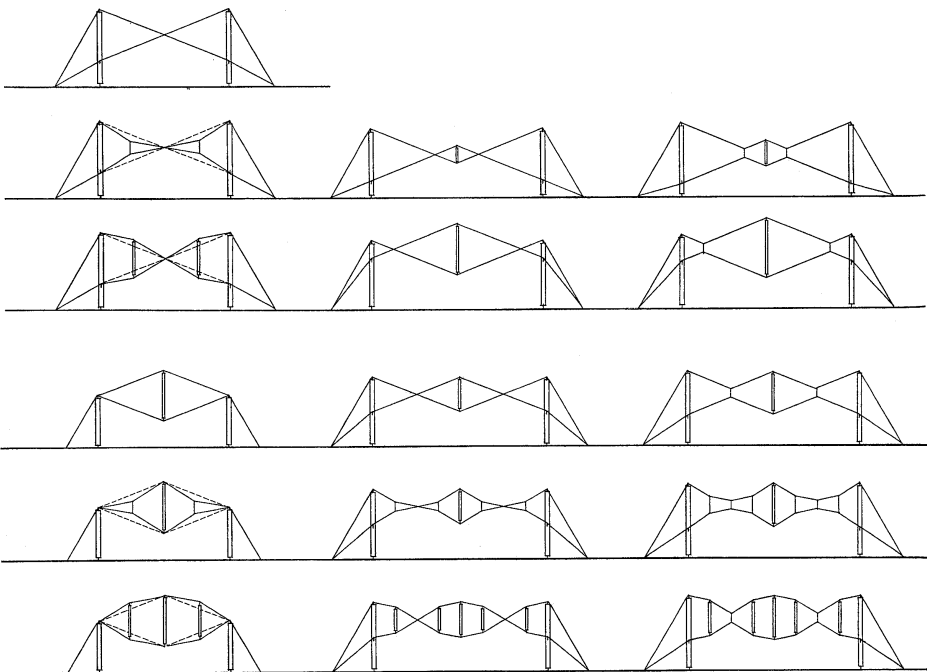


Seil - Fachwerk/Spannungsbilder

In einem Rhombus – Fachwerk wirken in den Obergurten Druckkräfte, die durch Druckstäbe aufgefangen werden. Sollen die Obergurte durch Seile ersetzt werden, muss eine Veränderung der Druck- in eine Zugbelastung erreicht werden. Dazu können Horizontalkräfte (F_H) aufgebaut werden (z.B. durch Abspannseile)



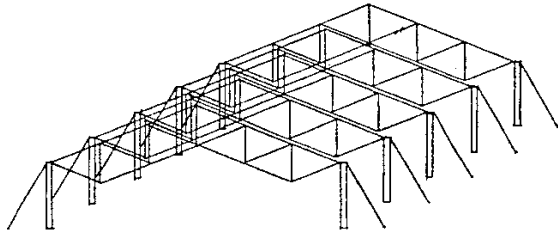
Wirkungsweise von Seilfachwerken



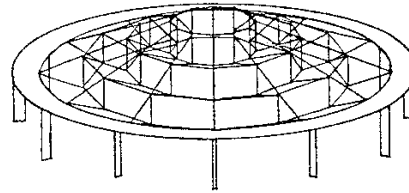
Variationen von Seilfachwerksformen

Seilfachwerksysteme

Nach der Ausbildung der Seilfachwerksausrichtung unterscheidet man zwischen **Parallelsystemen** und **Radialsystemen**.



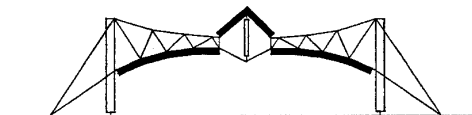
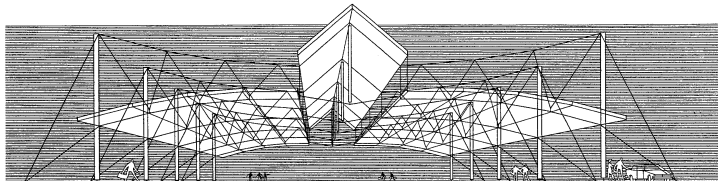
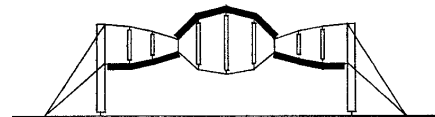
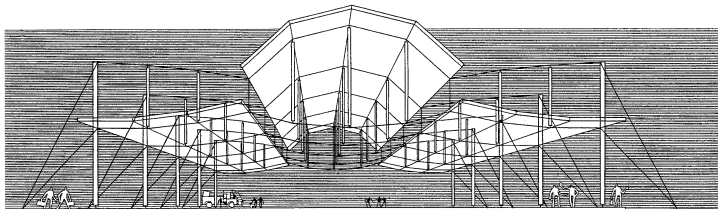
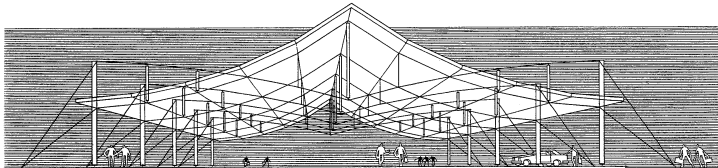
Parallelsysteme



Radialsysteme

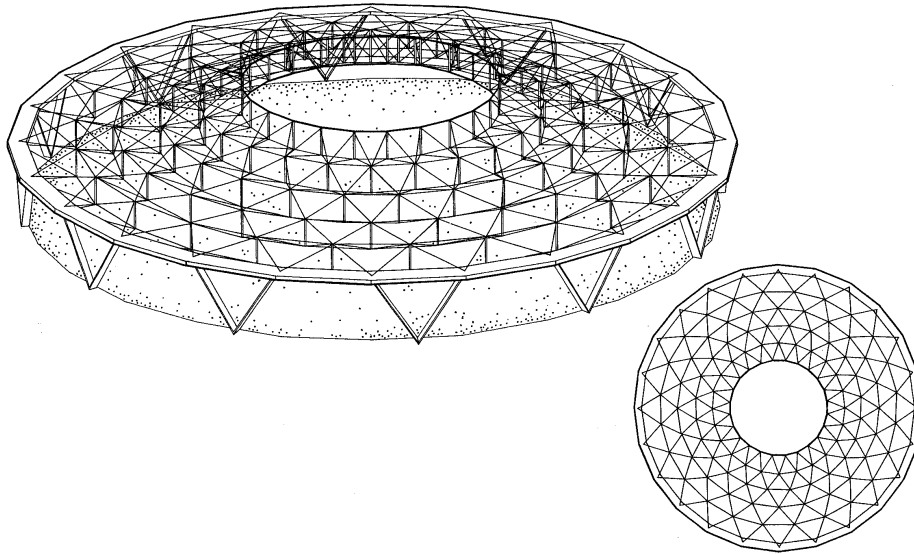
1) Parallele Seilfachwerksysteme

Seilfachwerke mit **wechselnden Verspannungstechniken**

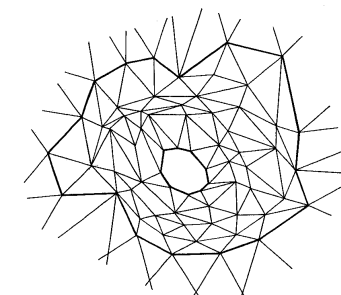
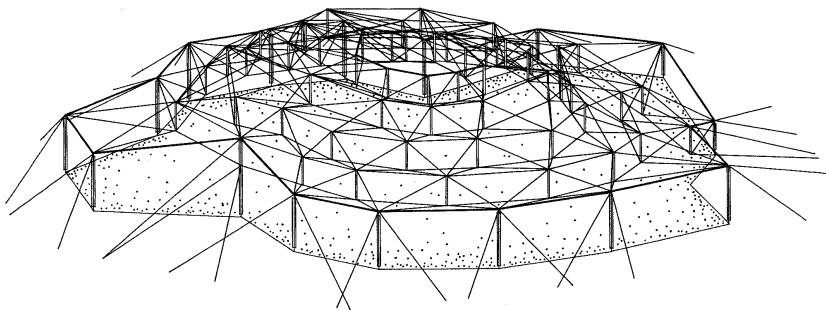


2) Radiale Seilfachwerksysteme

Seilfachwerke mit **zentraler Überhöhung**



Kreisförmiger Grundriß



Unregelmäßiger Grundriß

Seilkennwert

Für Seilkonstruktionen sind vor allem die „**Zugfestigkeit**“ und der „**Elastizitätsmodul**“ (E-Modul) von Seilen ausschlaggebend.

Beiden Werte sind abhängig von:

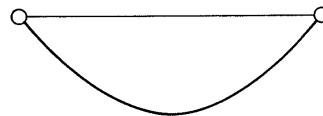
- 1) Festigkeit der beteiligten Komponenten (Draht, Litze, ...)
- 2) Seilgeometrie
- 3) Beanspruchungsart und -größe (statische oder dynamische)

Der Elastizitätsmodul bezeichnet das Verformungsverhalten eines Seils bei Belastung.

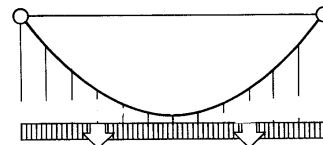
Seillinienform

Geometrische Seillinienformen in unterschiedlichen Belastungssituationen

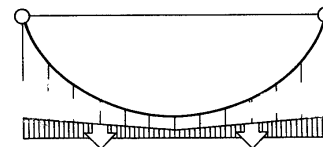
Kettenlinie durch Eigengewicht
Diese Form nimmt ein nur durch sein Eigengewicht belastetes biegeweiches Seil ein.



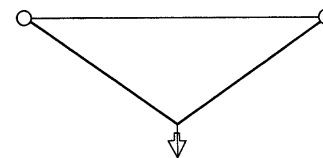
Parabel durch gleichmäßige Streckenlast



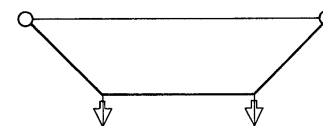
Ellipse durch ungleichmäßige Streckenlast (nach Außen hin zunehmend)



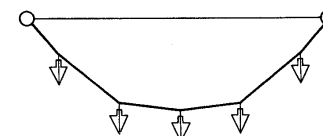
Dreieck durch mittige Einzellast



Trapezoid durch zwei gleichmäßig verteilte Einzellasten



Polygon durch symmetrisch verteilte Einzellasten



Seilnetz

Ist ein auf Zug beanspruchbares, nicht biegesteifes Flächentragwerk (zweiachsiges Spannsystem).

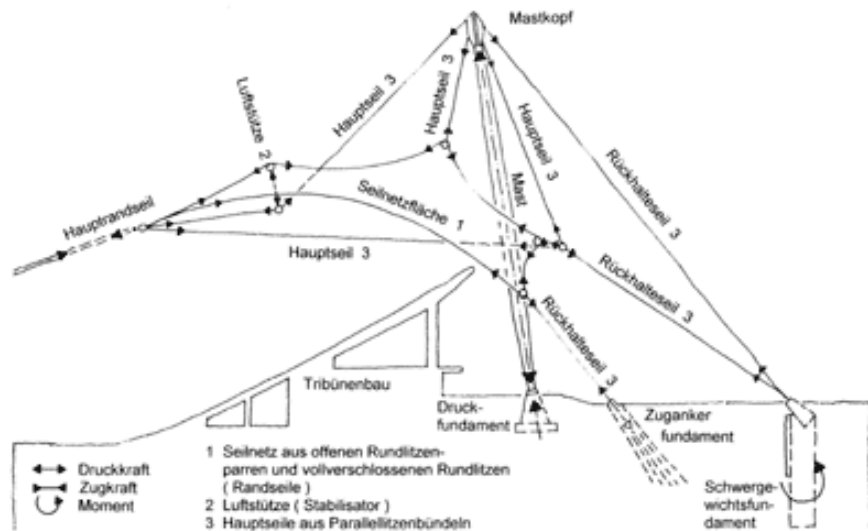
Seilnetze bestehen meist aus 2 „Scharen“ von Seilen mit entgegengesetzter Krümmung, wobei eine Schar aus Tragseilen, die andere Schar aus Spannseilen gebildet wird. ausreichende Steifigkeit wird durch Vorspannung erzielt;

Seilnetzkonstruktionen ermöglichen große Spannweiten bei geringer Eigenlast.



Seilnetzte bestehen aus:

- **Seil**
- Knoten (= Verbindung mehrerer Seile)
- Masche (= Kombination von Seilen und Knoten in geschlossenen Linienzügen)
- **Netzrand** (= Randausbildung von Netzen, Netzabschluss)
- Netzstützung (= Stützkonstruktion, die das gesamte Netz aufstützt und seine Position im Raum fixiert)
- Verankerung (= Fixierung im Boden)



Seilnetztragwerk

www.ibr-online.de/Baulexikon/index.php?zg=0... 16.8.2010

Einteilung der Seilnetzarten nach Ausbildung der Netzfläche:

Je nach Einsatz der Netzfläche unterscheidet man:

- 1) **Flächige Seilnetze** (2 – dimensional)
- 2) **Räumliche Seilnetze** (3 – dimensional)

1) Flächige Seilnetze

Maschenstrukturen können:

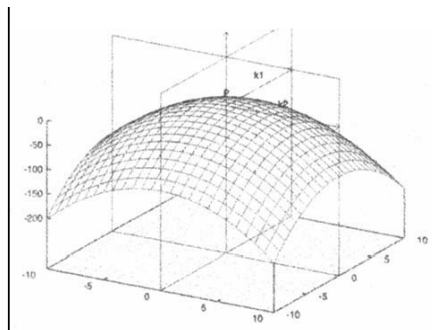
- regelmäßig linear (Quadrate, Rechtecke, Rhomben, ...)
- regelmäßig radial (kreisförmig)
- unregelmäßig
- gemischt

sein.

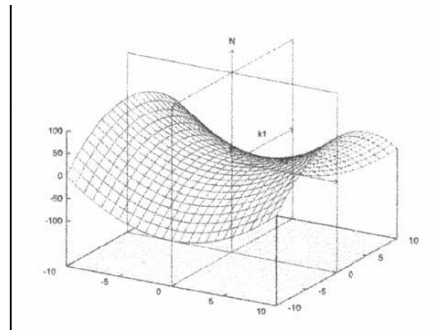
2) Räumliche Seilnetze

Sind in den Raum gekrümmte flächige Seilnetze. Je nach Richtung der Krümmung unterscheidet man:

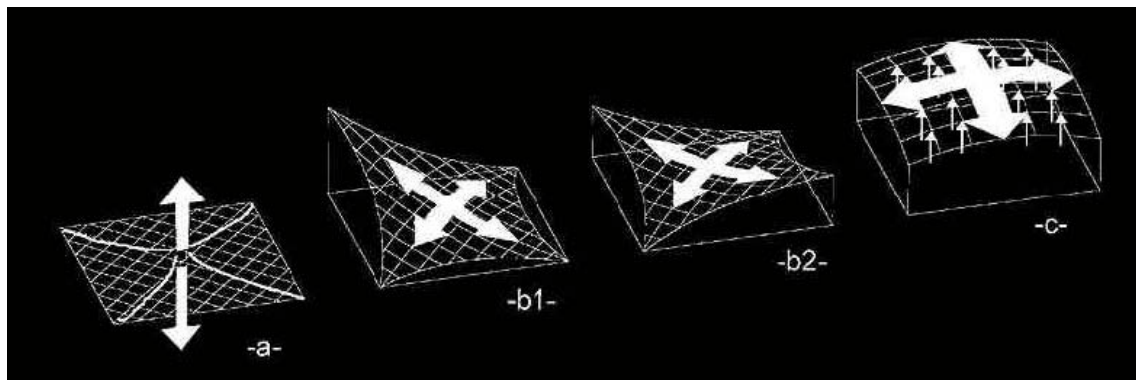
- synklastische Flächen (kuppelförmig)
- antiklastische Flächen (sattelförmig)



synklastisch



antiklastisch



- a: Flachplane: flattert leicht, sie ist mit geringer Kraft aus der Ebene bewegen

- b1 + b2: mechanisch gespannte Konstruktion: Ecke(n) angehoben, zweiachsig gegensinnig gekrümmte Flächen

- c: pneumatisch gespannte Konstruktion, zweiachsig gleichsinnig gekrümmte Flächen

Seilnetze können punkt- und linienförmige Unstetigkeiten wie Spitzen und Knicke aufweisen.

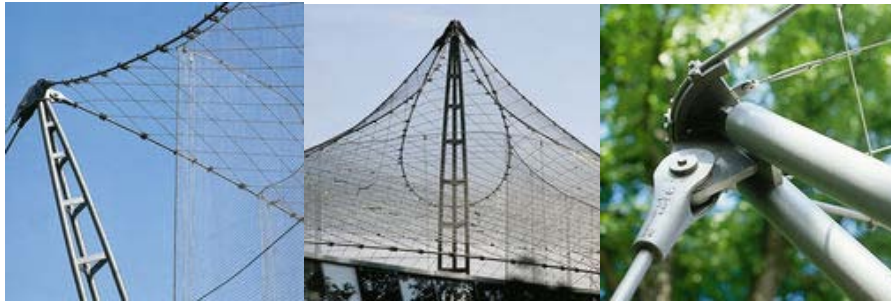


Foto: Pfeifer

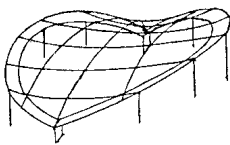
Die effizienteste Methode zur räumlichen Stabilisierung von Seilkonstruktionen besteht in der aussteifenden **Vorspannung** (durch gegensinnige Krümmung von Trag- und Stabilisierungsseilen).

Seilnetzeinteilung

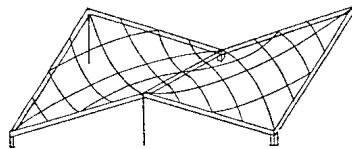
Einteilung der Seilnetze nach Art der Randkonstruktion:

Je nach Ausbildung der Randkonstruktion werden bei gegensinnig gekrümmten Seilnetzen folgende Formen unterschieden:

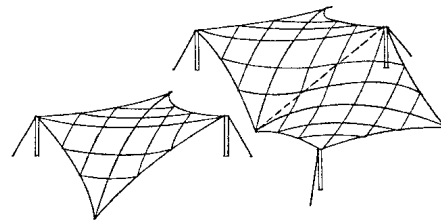
1) **Randstützbogen**



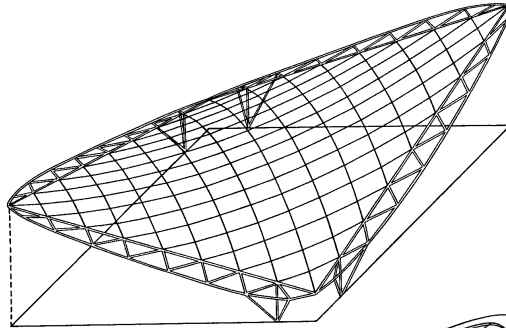
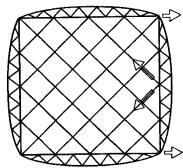
2) **Randträger**



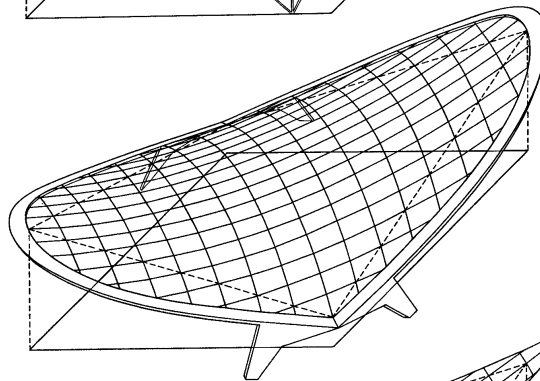
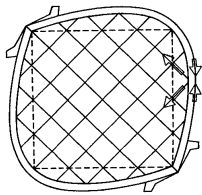
3) **Randseil**



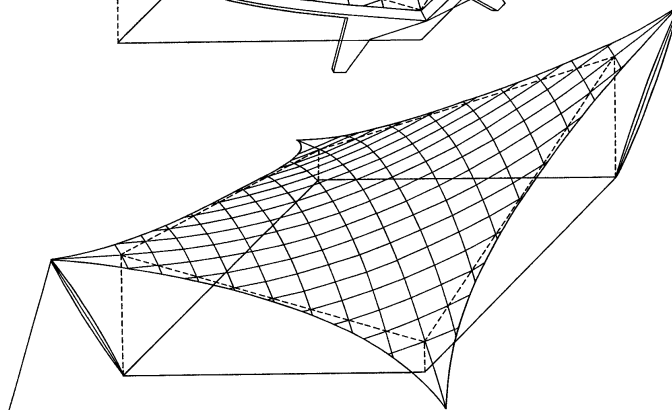
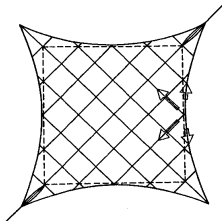
Systeme der Randausbildung für gegenseitig gekrümmte Seilnetze



1) **Randstützbogen**

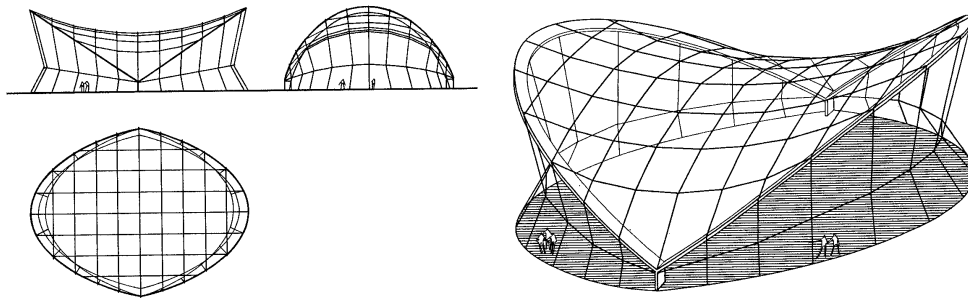


2) **Randträger**

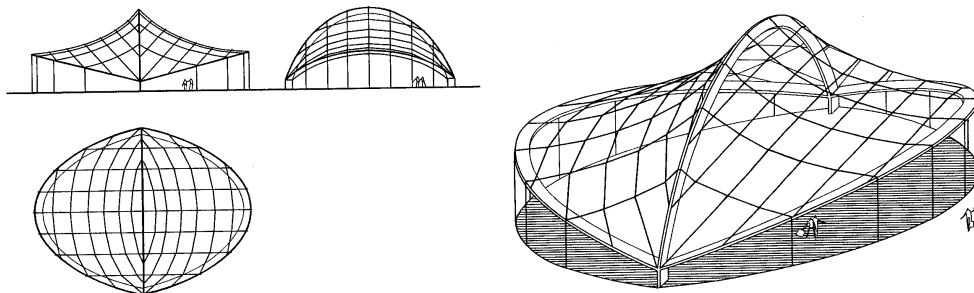


3) **Randseil**

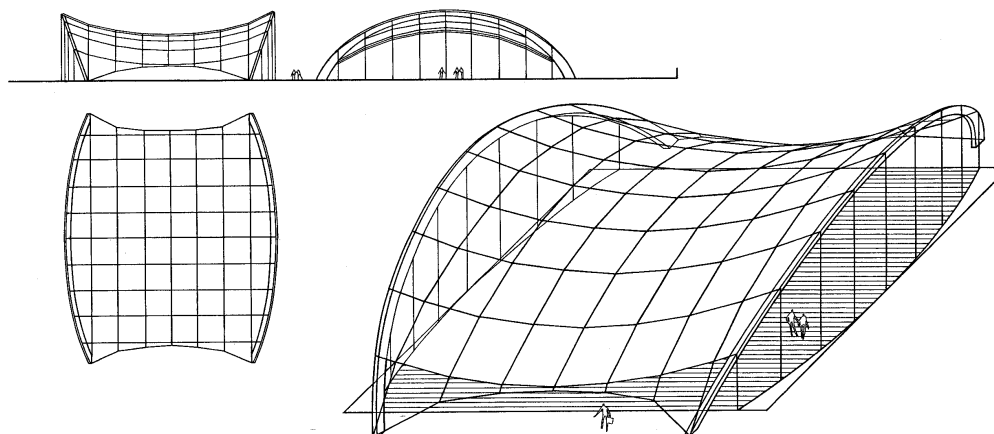
1) Randstützbogen:



*2 Randbögen
mit gemein-
samen
Fußpunkten*

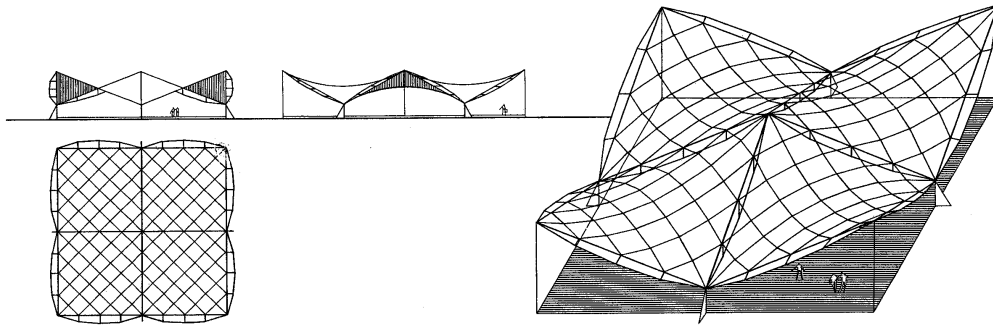


*2 Randbögen
mit einem
Mittelbogen*

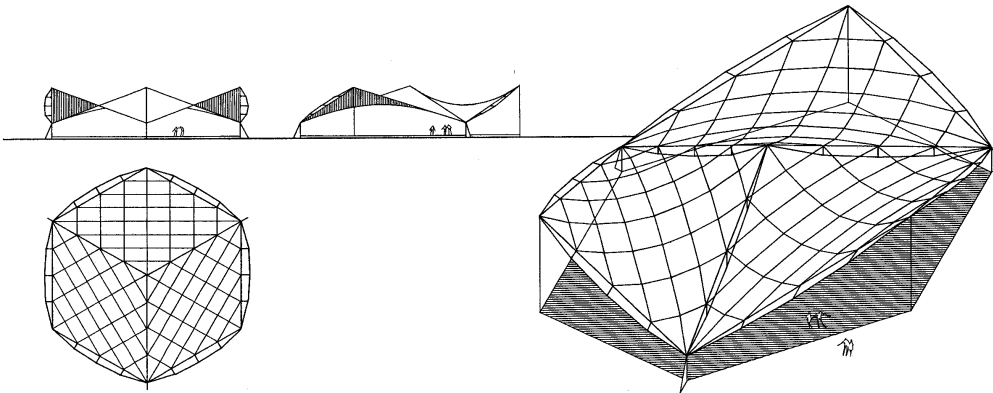


*2 Stützbögen
leicht nach
außen
geneigt*

2) Randträger



*Rand- und
Mittelträger
über
quadratischem
Grundriß
(4 Flächen-
einheiten)*



*Rand- und
Mittelträger
über
hexagonalem
Grundriß
(3 Flächen-
einheiten)*

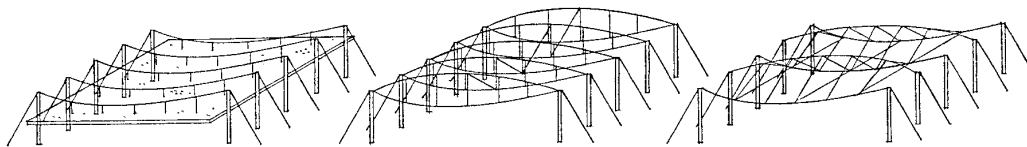
Seiltragwerk

es gilt der Grundsatz: In allen zugbeanspruchten Konstruktionselementen von Seiltragwerken müssen immer Zugspannungen herrschen. Die Dachlasten von Seiltragwerken werden von Tragseilen aufgenommen, die üblicherweise hängend angeordnet sind (Hängedächer). Seile sind biegeweich und passen ihre Form widerstandslos den auftretenden Lasten an. Sie müssen daher stabilisiert werden.

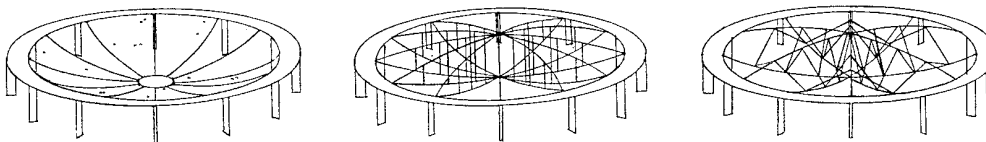
Je nach Art des Seiltragwerks wird eine **Stabilisierung** erreicht durch:

- **Dacheigenlast**, eine
- **steife Schalen-fläche** oder
- **punktueller oder linearer Stabilisierungselemente** bewirkt. (Punktueller Stabilisatoren fixieren einzelne Tragseilpunkte, lineare (Seil, Balken, Bogen) jeweils einen Punkt auf mehreren Tragseilen)

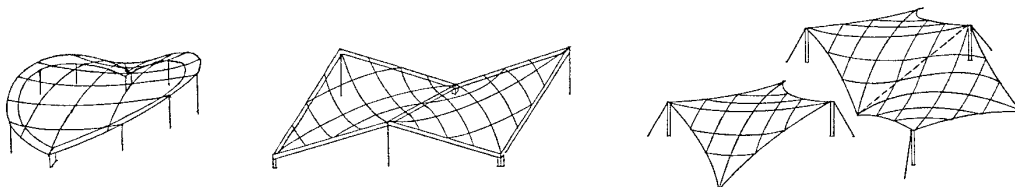
Seiltragwerke Übersicht



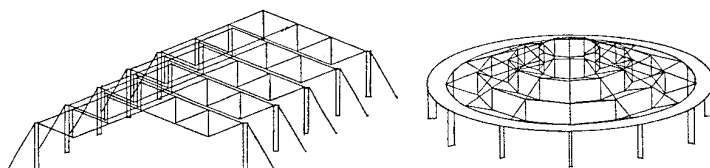
**Parallele
Seiltragwerke**



**Radiale
Seiltragwerke**



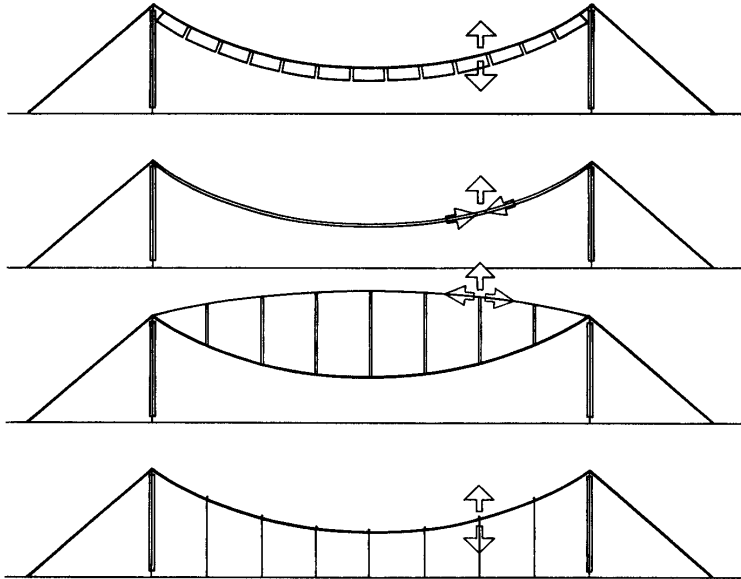
**Zweiachsige
Seiltragwerke
- Netzwerke**



Seilfachwerke

Stabilisierung

Wegen hoher Flexibilität und geringem Gewicht der Tragseile ist deren Stabilisierung notwendig. Mögliche Maßnahmen sind:



1) **Erhöhung des Eigengewichts**

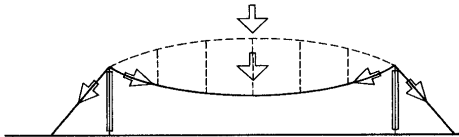
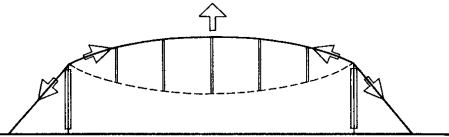
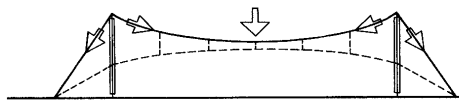
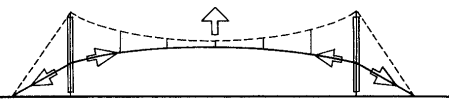
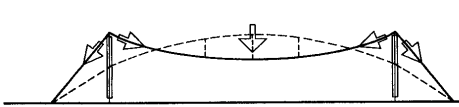
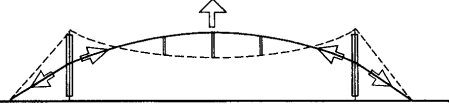
2) **Versteifung** durch Ausbildung als umgekehrter Bogen (oder Schale)

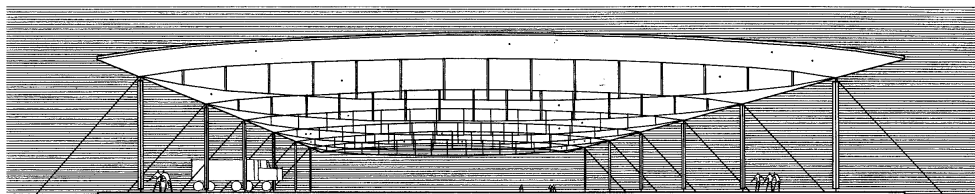
3) **Verspannung** mit gegenseitig gekrümmtem **Stabilisierungsseil**

4) **Verspannung** mit bodenverankerten **Querseilen**

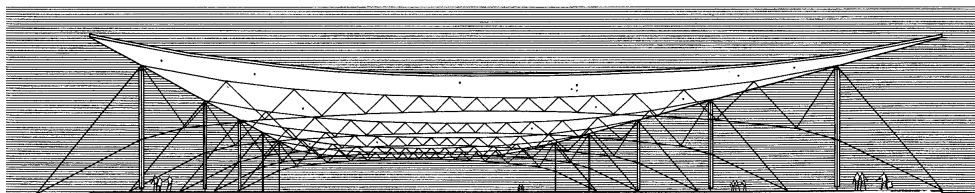
3) Verspannung mit gegenseitig gekrümmtem Stabilisierungsseil

In der Gegenüberstellung von Tragmechanismus und Stabilisierungsmechanismus wird die Reaktion von Stabilisierungsseil auf Belastungen des Tragseils (TS) deutlich. Dabei müssen die Kräfte im Stabilisierungsseil (StS) entgegen den Kräften im Tragseil wirken.

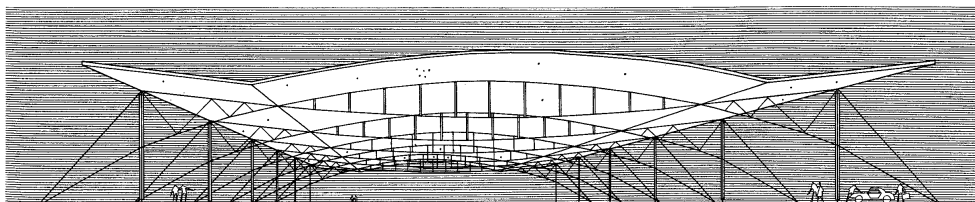
<i>Tragmechanismus Tragseil (TS)</i>	<i>Stabilisierungsmechanismus Stabilisierungsseil (StS)</i>	<i>Anordnung von TS und StS</i>
		<i>TS unter StS</i>
		<i>TS über StS</i>
		<i>TS teils über teils unter StS</i>



TS unter StS



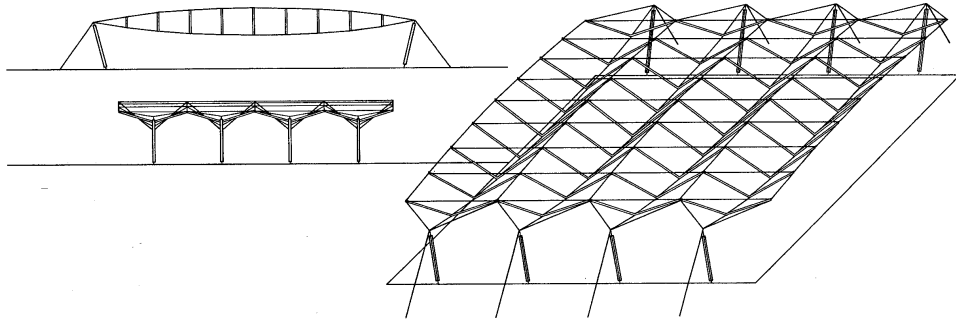
TS über StS



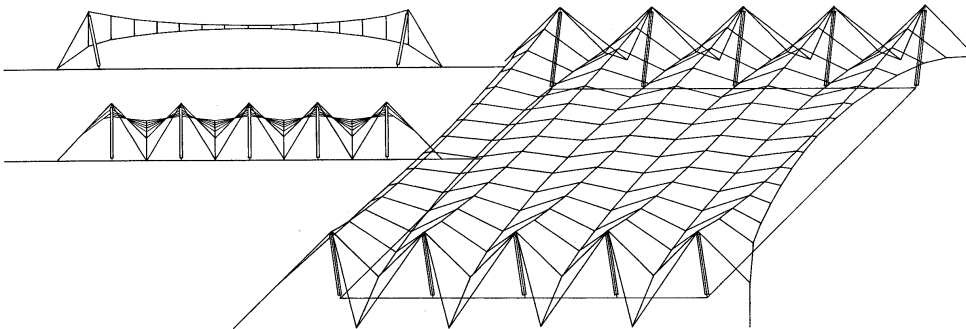
*TS teils über
teils unter StS*

Versetzte Parallelsysteme mit Stabilisierung durch ein Gegenseil (Stabilisierungsseil)

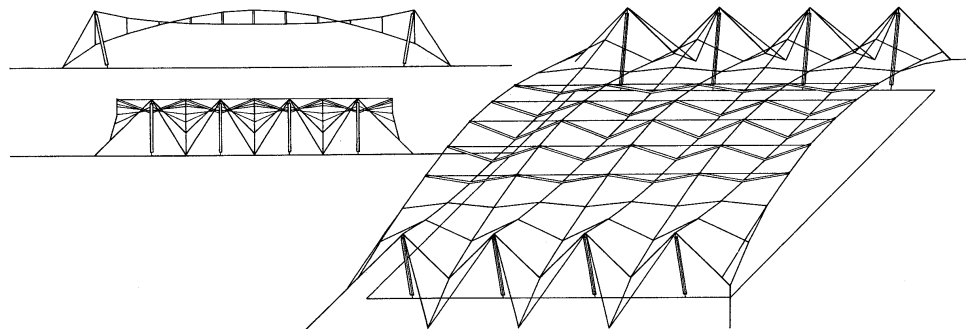
Stabilisierungsseil **unter** Tragseil



Stabilisierungsseil **über** Tragseil

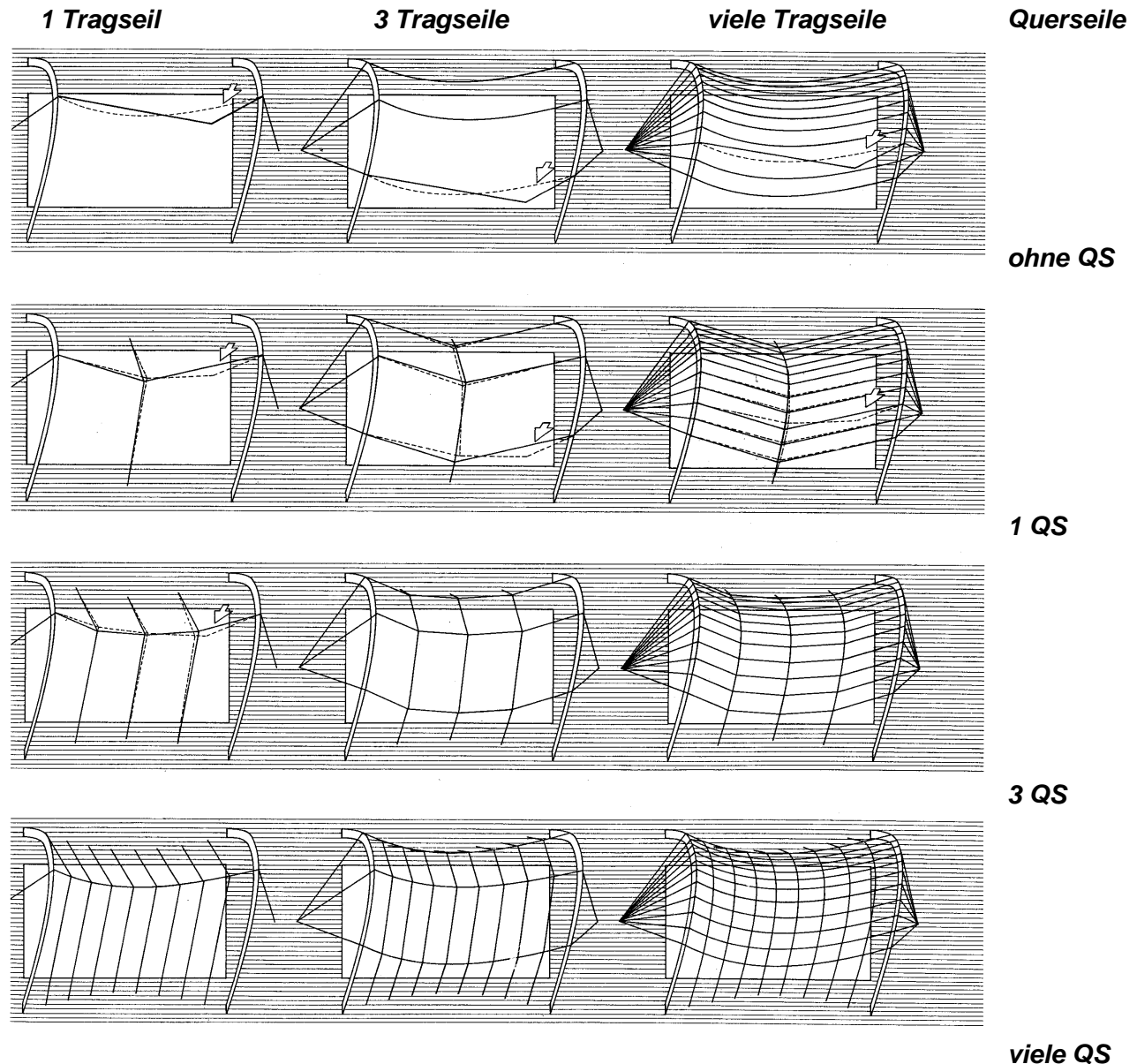


Stabilisierungsseil **teils über teils unter** Tragseil



Verspannung mit bodenverankerten Querseilen (quer zur Tragseilrichtung verlaufendes Stabilisierungsseil)

Belastung eines Tragseils durch Einzellast und Veränderung der Lastverteilung durch Erhöhung der Tragseilanzahl und Einsatz von Querseilen (Stabilisierungsseile)



- ohne Querseil:** durch Belastung (Einzellast) entsteht eine Verformung des betroffenen Tragseils – andere Tragseile sind davon nicht betroffen!
- 1 Querseil:** das querlaufende Stabilisierungsseil spannt das betroffene Tragseil und bewirkt dadurch eine Verringerung der Verformung.
- 3 Querseile:** die Vermehrung der Querseile (Stabilisierungsseile) verstärkt die Widerstandskraft gegen eine Verformung
- viele Querseile:** sämtliche Seile sind am Widerstand gegen eine Verformung

Je mehr Trag- und Querseile ein Tragsystem aufweist, desto größer ist die Verteilung von einwirkenden Kräften und desto kleiner wird die Belastung auf die einzelnen Seile.

Seilverbindungen

Arten:

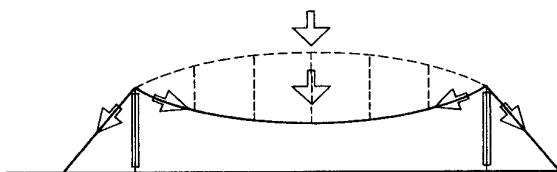
- 1) Seilendverbindungen:
 - a) Laschen
 - b) Schellen
 - c) Vergussstücke

- 2) Zwischenverbindungen:
 - a) Kombinationen von Seilendverbindungen
 - b) Zwischenringe

Tt

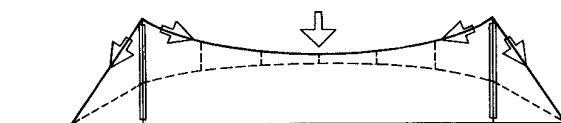
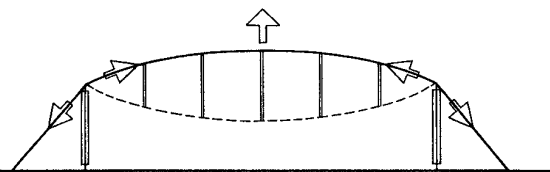
Tragmechanismus

Tragseilmechanismus

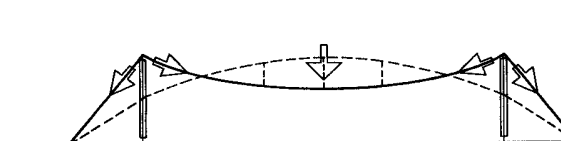
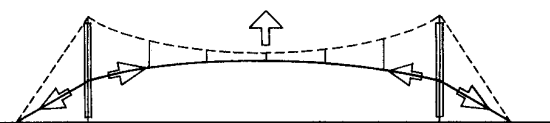


Tragseil **unter** Stabilisierungsseil

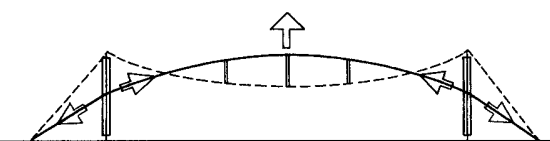
Stabilisierungsmechanismus



Tragseil **über** Stabilisierungsseil



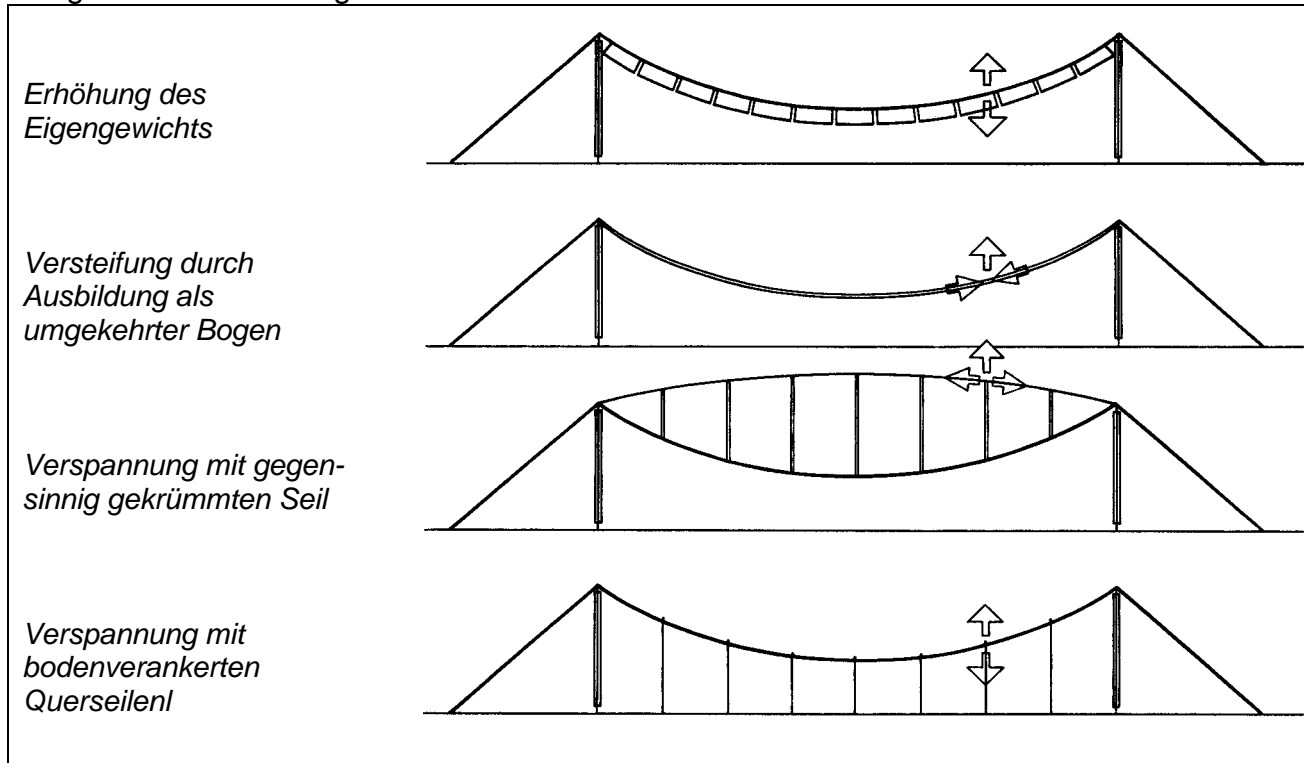
Tragseil **teils über teils unter** Stabilisierungsseil



Tragseil

Stabilisierung des Tragseils gegen Verformung

Mögliche Stabilisierungsmaßnahmen sind:



Tragstruktur

= das Ordnungsmuster für den Zusammenhang der einzelnen Tragglieder eines Bauwerks

Tragsystem

= das Wirkungs- und Ordnungsschema für die Umlenkung und Ableitung der Kräfte im Bauwerk

Tragwerk

= die Gesamtheit der Teile eines Bauwerks, die eine tragende Funktion ausüben

Uu

Unterspannung

Bei Unterspannungen werden Druckstäbe (Spreizstäbe) unterhalb der horizontalen Tragkonstruktion (z.B. Träger) mit einem Zugband (Stabilisierungsseil) kombiniert. Dabei

werden die Vertikallasten vom Träger über die Druckstäbe an die Zugbänder weiter und von diesen in die Auflager geleitet. Dabei werden der Druckstab auf Druck und das Zugband auf Zug belastet.

Der Druckstab wirkt hier wie ein elastisches Auflager, wobei die sog. Federzahl aus der Dehnung Δa der Unterspannung ermittelt werden kann. Biegefähigkeit des Horizontträgers und Dehnbarkeit der Unterspannung entscheiden über die möglichen Lastumlenkungen.

Die Systemhöhe (Abstand zwischen Schwerachse Obergurt und Schwerachse Zugband) sollte nicht kleiner als $1/12$ der Spannweite betragen, weil sonst unwirtschaftlich große Zugkräfte auftreten.

Die Systemlinien von Zugband, Horizontalträger und Auflager sollen sich in einem Punkt schneiden.

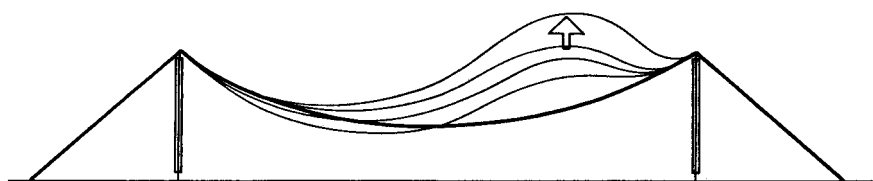
Durch Unterspannung kann die Tragfähigkeit eines Trägers erheblich gesteigert werden. Um den Kraftschluss des Systems zu erreichen, müssen alle Unterspannungen bei der Montage zumindest leicht vorgespannt werden.

Vv

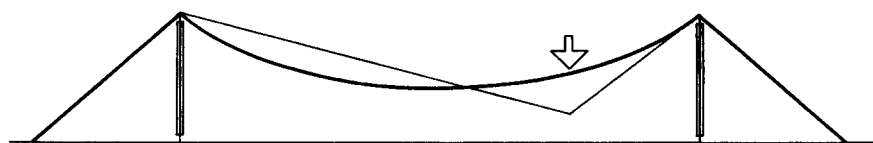
Verformung

Seile nehmen bei Lasteinwirkung immer eine Form ein, in der nur Zugkräfte im Seil auftreten. Je nach Lage, Richtung und Größe der einwirkenden Lasten verändert sich die Seilform – d.h. die Seilform reagiert auf die sich verändernden Kräftezustände (formaktiv).

Wegen seines geringen Eigengewichts im Verhältnis zur Spannweite und wegen seiner Flexibilität ist das Tragseil sehr anfällig für Windsog, Schwingungen und bewegliche Lasten. Weil im Bauwesen große Verformungen nicht tolerierbar sind, benötigen Tragseile meist eine **Stabilisierung**, um dies zu verhindern.



Windsog



Punktlast

Vorspannung

= Kräfte und Spannungen innerhalb einer Konstruktion ohne Einwirkung von äußeren Kräften – d.h. in unbelastetem Zustand.

Dient der Stabilisierung von Bauteilen oder ganzer statischer Systeme.

Dabei werden Bauteile vor oder während der Montage in Spannung versetzt, um so Kräfte besser aufnehmen und ableiten zu können.

Seilkonstruktionen benötigen in der Regel Vorspannungen, um gegen **Verformung** resistent zu sein. Der Grad der Vorspannung hängt von den Anforderungen an das Tragsystem ab und beeinflusst infolge auch die **Formbildung** von Seiltragwerken.

Quelle:

ENGEL, Heino: *Tragsysteme Structure Systems. Ostfildern 2009*

KOLBITSCH, A: *Seiltragwerke. TU Wien/Institut für Hochbau und Industriebau Skriptum*

<http://www.ipp-bs.de/index.php?id=52>