



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

705 206 B1

(51) Int. Cl.: E04H 15/20 (2006.01)
E04C 3/00 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 01013/06

(22) Anmeldedatum: 23.06.2006

(24) Patent erteilt: 30.11.2012

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.11.2012

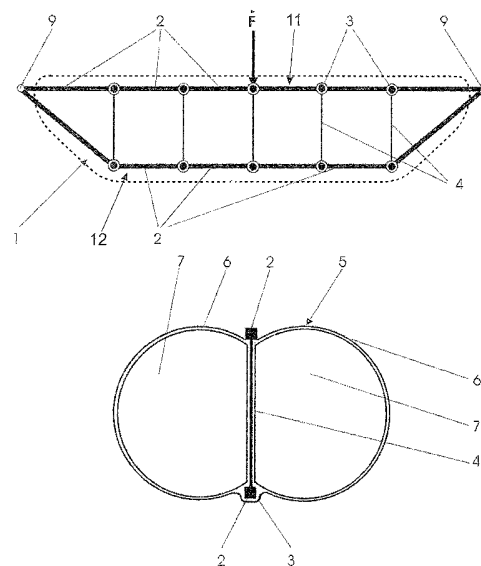
(73) Inhaber:
Prospective Concepts AG, Flughofstrasse 41
8152 Glattbrugg (CH)

(72) Erfinder:
René Crettol, 8104 Weiningen (CH)
Rolf Luchsinger, 8607 Aathal (CH)

(74) Vertreter:
Stump und Partner Patentanwälte AG, Dufourstrasse 116
8008 Zürich (CH)

(54) Pneumatische Tragstruktur.

(57) Die erfindungsgemässe Tragstruktur besteht aus einem Zug-Druck-Element (1), welches aufgebaut ist aus in echten Gelenken (3) verbundenen Zug-Druck-Stäben (2) und von Gelenk (3) zu Gelenk (3) laufenden Zugbändern (4). Die zuäusserst liegenden Zug-Druck-Stäbe (2) sind je in einem Knoten (9) verbunden. Zwei von einer Hülle (6) umfasste mit Druckluft beaufschlagte Hohlkörper sind beidseitig einer durch das Zug-Druck-Element (1) verlaufenden Ebene angeordnet; die in der Hülle (6) dadurch aufgebauten Linienspannungen σ spannen in der Ebene des Zug-Druck-Elementes (1) die Zugbänder (4) vor und sichern die Zug-Druck-Stäbe (2) gegen Knicken und stabilisieren die Gelenke (3). Die quer zur genannten Symmetrieebene verlaufenden Komponenten der Linienspannungen versteifen das Zug-Druck-Element (1) gegen seitliches Knicken. In die Hohlkörper (5) können luftdichte, allenfalls elastische Luftkörper (7) eingelegt sein.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Patentanmeldung bezieht sich auf eine faltbare pneumatische Tragstruktur nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Pneumatische Tragstrukturen sind mehrere bekannt, auch solche mit falt- oder rollbarem Druckstab; ebenfalls sind solche Tragstrukturen bekannt, bei denen der Druckstab oder die Druckstäbe aus einzelnen Elementen zusammengefügt werden können. So ist eine pneumatische Struktur bekannt aus EP 1 210 489 (D1), bei der die Druckstäbe zusammengefügt werden können. Bei EP 04 716 193 (D2) sind die Druckstäbe so ausgeführt, dass sie erst nach dem Befüllen der pneumatischen Strukturen mit Druckluft Druckkräfte aufnehmen können. Im leeren Zustand sind die beschriebenen Tragstrukturen mit nicht zu kleinen Biegeradien rollbar. Ferner ist aus CH 02 074/05 (D 3) eine pneumatische Tragstruktur bekannt, welche zwei längsverlaufende Zug-Druck-Elemente aufweist, welche gleichzeitig die pneumatische Struktur doppelspindelartig einschnürt, wodurch einerseits eine Vorspannung der Zug-Druck-Elemente erreicht wird mit gleichzeitig stark erhöhter Knicksteifigkeit, andererseits die seitliche Stabilisierung der Zug-Druck-Elemente verbessert wird. Für jedes der wesentlichen Merkmale wird je eines der genannten Zitate als der nächstliegende Stand der Technik betrachtet.

[0003] Der Nachteil der erwähnten Druckstäbe ist aus allen drei genannten Druckschriften offenbar: Wirklich faltbar sind die beschriebenen pneumatischen Tragstrukturen nicht, oder der Aufwand, der durch das Einlegen der zerlegten Einzelteile der Druckstäbe getrieben werden muss, ist gross, und deren genaue Positionierung ist schwierig.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht im Bereitstellen einer echt faltbaren pneumatischen Tragstruktur, welche beim Entfalten ohne äusseres Dazutun einen genau positionierten Druckstab aufweist und damit die Nachteile der bekannten Lösungen überwindet.

[0005] Die Lösung der gestellten Aufgabe ist wiedergegeben im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 hinsichtlich ihrer wesentlichen Merkmale, in den folgenden Patentansprüchen hinsichtlich weiterer vorteilhafter Merkmale.

[0006] Anhand der beigefügten Zeichnung wird die Erfindung in mehreren Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen

- Fig. 1 die Seitenansicht eines ersten Ausführungsbeispiels,
- Fig. 2 einen Querschnitt durch das erste Ausführungsbeispiel,
- Fig. 3 eine Isometrie des ersten Ausführungsbeispiels,
- Fig. 4 ein faltbares Zug-Druck-Element des ersten Ausführungsbeispiels,
- Fig. 5 ein zweites Ausführungsbeispiel eines faltbaren Zug-Druck-Elementes in einer Seitenansicht,
- Fig. 6 ein drittes Ausführungsbeispiel eines faltbaren Zug-Druck-Elementes in einer Seitenansicht,
- Fig. 7 ein viertes Ausführungsbeispiel eines faltbaren Zug-Druck-Elementes in einer Seitenansicht,
- Fig. 8 ein zweidimensionales Tragwerk mit vier Zug-Druck-Elementen,
- Fig. 9 ein zweidimensionales Tragwerk mit drei Zug-Druck-Elementen,
- Fig. 10 ein Flächentragwerk mit sechs Zug-Druck-Elementen in Viereckform,
- Fig. 11 ein Flächentragwerk mit neun Zug-Druck-Elementen in Dreieckform,
- Fig. 12 ein fünftes Ausführungsbeispiel eines faltbaren Zug-Druck-Elementes in einer Seitenansicht,
- Fig. 13a–d Darstellungen eines Flächentragwerks in Form eines Schirmes,
- Fig. 14 eine Isometrie einer Variante, zu Fig. 13,
- Fig. 15 eine Isometrie einer zweiten Variante Zu Fig. 13.

[0007] Fig. 1 ist die schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels des Erfindungsgedankens. Ein Zug-Druck-Element 1 ist zusammengesetzt aus mehreren Zug-Druck-Stäben 2, welche gelenkig in Gelenken 3 miteinander verbunden sind, und mehreren Zuelementen 4. Beispielsweise zwischen den Gelenken 3 verlaufen Drähte, Ketten, Seile oder Bänder, im Folgenden Zugbänder 4 genannt. Die Achsen der Gelenke 3 verlaufen in der Darstellung gemäss Fig. 1 senkrecht zur Zeichenebene. Die Zugbänder 4 sind vorzugsweise als Drahtseile ausgeführt und ohne zu knicken biegsam. Ebenfalls erfindungsgemäss ist die Verwendung von Zugbändern 4 aus Textilien oder Kunststoffen, Metallen, sowie Kombinationen solcher Materialien, beispielsweise Aramidfasern oder ähnlichen Werkstoffen. Anstatt in den Gelenken 3

können die Zugbänder 4 auch benachbart zu diesen befestigt sein. Anstelle eines einzigen Zugbandes können dann jeweils deren zwei vorhanden sein, welche einander überkreuzen, wenn die Befestigung am Obergurt und Untergurt neben den Gelenken erfolgt. Eine Möglichkeit besteht auch in der Befestigung der zwei Bänder am Gelenk am Obergurt resp. Untergurt und an den benachbarten Zug-Druck-Stäben des entsprechenden Gelenkes des Untergurtes resp. Obergurtes. In dieser Darstellung bilden die mit 2, 3, 4 benannten Elemente ein ebenes Fachwerk und sind als solches für vertikal von oben wirkende Lasten $\vec{F}$ ausgebildet. Als Variante zum in Fig. 1 dargestellten Fachwerk ist eine nicht dargestellte ebenfalls im Erfindungsgedanken enthalten, bei welcher die Zug-Druck-Stäbe 2 unterschiedlich lang ausgeführt sind, mit der Einschränkung, dass jeweils für jedes in Fig. 1 oben liegend dargestellte (also im Obergurt 11 befindliche), ein in Fig. 1 unten liegendes (also im Untergurt 12 befindliches) an der homologen Stelle gleich langes eingebaut ist. Ein solches Zug-Druck-Element gemäss Fig. 1 wird in diesem Ausführungsbeispiel in die Symmetrieebene eines Luftkörpers 5 eingelegt, wie er als Querschnitt in Fig. 2 dargestellt ist. Dieser Luftkörper 5 besteht aus einer zugfesten Hülle 6, in welche beispielsweise zwei aus elastischem und gasdichtem Material gefertigte schlauchartige Hohlkörper 7 eingelegt sind. Andere Lösungen sind ebenfalls erfindungsgemäss, erfordern jedoch einen gewissen Aufwand zur Abdichtung des Luftkörpers 5 gegen das Zug-Druck-Element 1 und der Zugbänder 4. Beispielsweise können die zwei Hohlkörper 7 verbunden sein oder grundsätzlich nur einen einzigen Hohlkörper darstellen, welcher geeignete Durchführungen für die mechanischen Teile aufweist. Ebenso kann die Hülle 6 und der Hohlkörper ein einziges Element sein, wenn geeignete Abdichtungen eingebaut werden.

[0008] Die Hülle 6 kann auch mittels Taschen mit den Zug-Druck-Stäben 2 verbunden sein, wie im unteren Teil von Fig. 2 dargestellt. Durch die Linienspannungen, welche in den Hüllen 6 wirken, werden Obergurt 11 und Untergurt des Zug-Druck-Elementes seitlich stabilisiert, da die Hüllen dort mit ihren Linienspannungen mit in der Regel symmetrischen Zugkräften nach links und nach rechts ansetzen. Die Vektorsummen dieser Linienspannungen wirken nach oben und nach unten (bezüglich Fig. 2) und erzeugen in den Zugbändern 4 Zugkräfte, welche diese vorspannen. Diese Zugbänder 4 sind daher in der Lage von aussen wirkenden Druckkräfte $\vec{F}$ (vgl. Fig. 1) aufzunehmen, bis die auf sie einwirkenden genannten Vorspannkräfte durch die verteilte Druckkraft $\vec{F}$ kompensiert wird.

[0009] Damit übernimmt das Druckgas drei Aufgaben:

- Stabilisierung der Gelenke 3,
- Stabilisierung der Zug-Druck-Stäbe 2 gegen Knicken,
- Aufrichten der Struktur aus der gefalteten Stellung.

[0010] Fig. 3 zeigt eine solche erfindungsgemässe Tragstruktur in Isometrie unter Weglassung der elastischen Hohlkörper 7. An den Enden des genannten Zug-Druck-Elementes sind die zu äusserst liegenden Zug-Druck-Stäbe 2 in je einem Knoten 9, allenfalls lösbar, zusammengefügt.

[0011] Fig. 4 zeigt nur das aus Zug-Druck-Stäben 2 und Zugbändern 4 bestehende Zug-Druck-Element in entspanntem und entlastetem Zustand, teilweise zusammengeklappt. Im entspannten Zustande sind die Zugbänder 4 schlaff.

[0012] Die Darstellung von Fig. 4 bezieht sich auf das gleiche Zug-Druck-Element, wie jene von Fig. 1 und 3. In dieser Ausbildung kann das Zug-Druck-Element zusammengelegt werden, ohne dass die Verbindungen mit dem Knoten 9 gelöst werden müssen. Fig. 5 ist die schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines faltbaren Zug-Druck-Elementes. Während der Aufbau des Luftkörpers 5 (hier nicht dargestellt) im Wesentlichen der gleiche ist, liegen die Unterschiede der verschiedenen Ausführungsbeispiele primär in der Ausgestaltung des Zug-Druck-Elementes. Hier besteht das Zug-Druck-Element aus drei Paaren von Zug-Druck-Stäben 2, alle von der gleichen Länge ℓ , wobei die Länge der Zugbänder gegen die Mitte hin zunimmt. Benachbart zu den Knoten 9 ist im sog. Obergurt 11 – in Fig. 5 die oben dargestellten Zug-Druck-Stäbe 2 – oben je ein Zug-Druck-Stab 2 der Länge ℓ mit einem Zug-Druck-Stab 2 der Länge b im Untergurt 12 verbunden, wobei die Bedingung $b > \ell$ gilt. Sofern diese Bedingung eingehalten wird, lässt sich das Zug-Druck-Element falten, ohne die Verbindungen in den Knoten 9 zu lösen. Wie im vorigen, zweiten Ausführungsbeispiel, sind die Gelenke 3 wiederum durch Zugbänder 4 verbunden. Falls die Variante mit zwei, einander allenfalls überkreuzenden Zugbändern 4, welche am Obergurt und/oder Untergurt neben den Gelenken an den Zug-Druck-Stäben befestigt sind, gewählt wird, muss die Verbindung in den Knoten 9 zum Zusammenfallen des Zug-Druck-Elementes 1 allenfalls gelöst werden.

[0013] In Fig. 6 ist ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Zug-Druck-Elementes dargestellt. Hier verlaufen die Zugbänder 4 jeweils von der Mitte jedes Zug-Druck-Stabes 2 zum gegenüberliegenden Gelenk 3. An die beiden Knoten 9 sind je zwei kurze Zug-Druck-Stäbe 2 der Länge b angeschlossen, während alle anderen Zug-Druck-Stäbe 2 die Länge ℓ aufweisen. Dem Knoten 9 benachbart ist je ein Zugband 4 der Länge h^* angeordnet. Für h^* gilt, damit das dargestellte Zug-Druck-Element faltbar ist, die Bedingung

$$h > h^* > \ell / 2$$

[0014] Als weitere Bedingung für die Faltbarkeit gilt in diesem Ausführungsbeispiel, dass die Verbindung je der beiden Zug-Druck-Stäbe 2, welche in den Knoten 9 zusammenlaufen, gelöst werden kann.

[0015] Im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 7 verlaufen die Zugbänder 4 wiederum jeweils, wie im vorigen Ausführungsbeispiel, von der Mitte jedes Zug-Druck-Stabes 2 zum gegenüberliegenden Gelenk 3. Alle Zug-Druck-Stäbe 2 sind von gleicher Länge ℓ mit Ausnahme der in Fig. 7 oben liegenden, an die Knoten 9 anschliessenden. Diese weisen je eine

Länge $\leq \ell$ auf. Um die Faltbarkeit des Zug-Druck-Elementes gemäss Fig. 7 zu ermöglichen, sind wiederum zwei Zugbänder mit einer Bedingung versehen:

$$h^* > \ell / 2.$$

[0016] Zusätzlich muss auch hier die Verbindung der benachbarten Zug-Druck-Stäbe 2 im Knoten 9 gelöst werden. Für die Längen $\underline{h}$ der anderen Zugbänder 4 gilt

$$h > h^*.$$

[0017] In den Fig. 8 bis 11 sind erfindungsgemässe Tragstrukturen dargestellt, welche sich in zwei Dimensionen ausdehnen und damit prinzipiell Flächentragwerke darstellen. So zeigt Fig. 8 ein erstes Flächentragwerk, welches aus vier in einem Rechteck 13 angeordneten Tragstrukturen aufgebaut ist. Die dabei zum Einsatz kommenden Tragstrukturen können aus einem der bereits dargestellten Ausführungsbeispiele bestehen. Sie sind jeweils in den Knoten 9 miteinander verbunden und bilden dort ein reales oder virtuelles Gelenk 10. Das genannte Rechteck 13 wird durch eine geeignete Membran 14 überspannt und bildet damit z.B. ein Dach oder eine Leinwand. Allfällige Ableitungen für Regenwasser sind nicht dargestellt, können jedoch an geeigneten Stellen vorgesehen werden.

[0018] Analog zu Fig. 8 wird im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 9 ein Dreieck 15 aus drei – nicht notwendigerweise gleichen – linearen Tragstrukturen gebildet, wiederum nach einem der vorausgehend beschriebenen Ausführungsbeispiele. Auch hier überdeckt eine gespannte Membran 14 die Tragstruktur. Die bei den Ausführungsbeispielen gemäss Fig. 8, 9 auftretenden Zugspannungen und damit Kippmomente und seitlichen Biegemomente in den Zug-Druck-Elementen 1 können durch die Befestigungen in den Gelenken 10 und durch breitere Ausgestaltung der Zug-Druck-Stäbe 2 mindestens teilweise kompensiert werden.

[0019] Fig. 10 ist die Darstellung eines erfindungsgemässen Flächentragwerks. Aufgebaut ist es aus sechs im Prinzip gleichartigen faltbaren Zug-Druck-Elementen 1, beispielsweise aus jenem nach Fig. 1. Jeweils auf der Aussenseite jedes Zug-Druck-Elementes ist die Hälfte einer Hülle 6 mit einem darin liegenden elastischen Hohlkörper 5 (nicht dargestellt) angebracht. In den vier Feldern zwischen den faltbaren Zug-Druck-Elementen 1 sind vier Luftkammern 16 angeordnet, welche entweder gasdicht an die Zug-Druck-Elemente 1 angeschlossen sind, oder ihrerseits mit elastischen und gasdichten Hohlkörpern versehen sind. Da die Krümmungsradien der Hüllen 6 und der Luftkammern 16 stark unterschiedlich sind und die Linienspannung in deren Hüllen proportional zum Druck und zum Krümmungsradius verläuft,

$$\sigma = p \cdot R$$

kann es zweckmässig sein, mindestens auf der Seite des höheren Druckes, also auf jener der Hüllen 6, einen Steg 17 einzulegen, welcher hier vertikal, und parallel zur Ebene der Zug-Druck-Stäbe 2 und Zugbänder 4, auf der Seite des höheren Druckes den Obergurt 11 mit dem Untergurt 12 jedes Zug-Druck-Elementes 1 verbindet. Ein solcher Steg braucht nicht gasdicht zu sein, falls die Luftkammern 16 für sich gasdicht sind. Der Steg ist so gebaut, dass er die Faltung des Systems nicht behindert.

[0020] Ein analoges Ausführungsbeispiel zu jenem von Fig. 10 ist in Fig. 11 dargestellt. Es beruht auf einem dreieckigen Grundraster entsprechend jenem von Fig. 9. Ein äusserer Rahmen, aufgebaut auf drei Zug-Druck-Elementen 1 mit je einer halben Hülle 6, beispielsweise wiederum mit je einem elastischen Hohlkörper 5 (nicht sichtbar), trägt eine ebene Anordnung aus einander überkreuzenden Zug-Druck-Elementen 1 nach einem der vorangehenden entsprechenden Ausführungsbeispiele. Auf diesem äusseren Rahmen liegen jeweils die Knoten 9 auf. In der vorliegenden Darstellung werden so 16 dreieckige Kammern gebildet, welche wiederum als Luftkammern 16 ausgeführt sind. Die Grenzflächen zu den halben Hüllen 6 können wiederum Stege 17 enthalten, um ein Durchtreten der Hohlkörper 5 zwischen die Zugbänder 4 zu verhindern.

[0021] In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäss der Fig. 12 sind in Ergänzung zu jenem von Fig. 1, 5, 6 und 7 noch weitere Zug-Druck-Stäbe 2 eingefügt. Diese laufen jeweils von einem Gelenk 3 im Obergurt 11 zum rechts und/oder links benachbarten Gelenk 3 im Untergurt 12. Diese behindern den Faltprozess nicht, können aber durch Aufnahme von Druckkräften die Steifigkeit des Zug-Druck-Elementes je nach Lastfall erhöhen.

[0022] Die Fig. 13 bis 15 sind Darstellungen eines weiteren Flächentragwerkes, hier in der Form eines Schirmes 22. In Fig. 13a ist ein Ständer 21 dargestellt, an welchem eine Anzahl von faltbaren Zug-Druck-Elementen, beispielsweise nach Fig. 1, mindestens in einem Knoten, dem inneren Knoten 9, gelenkig befestigt ist. Das in Fig. 13a unterhalb des inneren Knotens 9 liegende Gelenk 3 kann am Ständer 21 aufliegen oder beschränkt beweglich befestigt sein. Fig. 13b zeigt die Zug-Druck-Elemente 1 – ohne die Luftkörper 5 – in entfaltetem und gestrecktem Zustande. Fig. 13c zeigt den Schirm 22 im Grundriss. Eine erste Ausführungsvariante gemäss Fig. 13d zeigt, wie jedes Zug-Druck-Element 1 von zwei Luftkörpern 5 umgeben ist, wie in Fig. 2 und 3 dargestellt. Zwischen den einzelnen Zug-Druck-Elementen 1 ist in dieser Ausführungsvariante eine Membran 14) eingezeichnet, welche durch das Befüllen der Luftkörper, zusammen mit dem Entfalten der Zug-Druck-Elemente 1, gespannt wird.

[0023] Fig. 14 zeigt eine zweite Ausführungsvariante. Das Feld zwischen zwei benachbarten Zug-Druck-Elementen 1 ist jeweils durch einen einzigen Luftkörper 5 ausgefüllt, welcher sowohl für das Spannen der Zugbänder 4 als auch für die seitliche Stabilisierung der Zug-Druck-Elemente 1 sorgt.

[0024] In Fig. 15 ist eine dritte Ausführungsvariante des Schirmes 22 dargestellt. Hier sind in die Luftkörper 5 Stege 23 eingezeichnet, welche je die Unter- und die Oberseite der Hülle 6 miteinander verbinden. Zwischen die Stege 23 sind beispielsweise wiederum – allenfalls elastische – Hohlkörper 7 eingelegt. Diese dritte Variante hat, gegenüber der zweiten gemäss Fig. 14, den Vorteil, wesentlich dünner zu bauen.

[0025] Das Druckgas, mit welchem die Hohlkörper 5 befüllt werden, kann Druckluft oder ein anderes Gas sein. Das Gas kann schwerer als Luft sein – beispielsweise CO_2 – oder leichter als Luft, wie beispielsweise sog. Ballongas oder auch Wasserstoff.

Patentansprüche

1. Pneumatische Tragstruktur mit einem Zug-Druck-Element (1) und zwei mit Druckluft befüllbaren Luftkörpern (5), welche beidseitig des Zug-Druck-Elementes (1) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass
 - das Zug-Druck-Element (1) aus einem Obergurt (11) und einem Untergurt (12) besteht, welche an jedem Ende des Zug-Druck-Elementes (1) in einem Knoten (9) zusammengefasst sind,
 - sowohl Obergurt (11) als auch Untergurt (12) aus in Gelenken (3) zusammengefügt Zug-Druck-Stäben (2) bestehen,
 - Obergurt (11) und Untergurt (12) durch Zugbänder (4) verbunden sind, welche im Obergurt (11) und/oder im Untergurt (12) im Bereich der Gelenke (3) befestigt sind,
 - die beiden Luftkörper (5) langgestreckt sind und deren Durchmesser quer zur Länge grösser ist, als der Abstand von Obergurt (11) und Untergurt (12), dergestalt dass beim Befüllen der Luftkörper (5) mit einem Druckgas Zugspannungen in den die Luftkörper (5) bildenden Hüllen (6) entstehen, welche in der Ebene des Zug-Druck-Elementes (1) Kräfte erzeugen, welche die Zugbänder (4) vorspannen und dadurch die Gelenke (3) stabilisieren sowie auch die Zug-Druck-Stäbe (2) gegen Aus- und/oder Einknicken sichern,
 - das Zug-Druck-Element und die Luftkörper (1) im nicht mit Druckgas befüllten Zustand der Luftkörper (5) faltbar ist, – die aus dem Zug-Druck-Element (1) und den beiden in einer gemeinsamen Hülle (6) befindlichen Luftkörpern (5) bestehende Tragstruktur aus dem entleerten Zustand durch Befüllen mit Druckgas in den betriebsbereiten Zustand aufgerichtet werden kann.
2. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Luftkörper (5) verbunden sind, derart, dass sie ein ihnen gemeinsames Gasvolumen einschliessen.
3. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der beiden Luftkörper (5), welche je an einer Seite des Zug-Druck-Elementes (1) angebracht sind, aus der Hülle (6) und einem luftdichten Hohlkörper (7) besteht.
4. Pneumatische Tragstruktur gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlkörper (7) aus einem elastischen Material bestehen.
5. Pneumatische Tragstruktur gemäss einem der Patentansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass angrenzend an die Knoten (9) im Obergurt ein Zug-Druckstab (2) der Länge 1 und im Untergurt ein Zug-Druckstab (2) der Länge b angeordnet sind, wobei $1 < b$ ist und die Verbindung dieser an den Knoten (6) angrenzenden Zug-Druck-Stäbe (2) mit dem Knoten (9) lösbar ausgebildet ist.
6. Pneumatische Tragstruktur gemäss einem der Patentansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gelenke (3) im Obergurt (11) des Zug-Druck-Elementes (1) sich an den homologen Stellen befinden, wie jene des Untergurtes (12), und die genannten Gelenke (3) jeweils durch einen in jedem Gelenk (3) befestigten Zugband (4) verbunden sind.
7. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugbänder (4) an den Gelenken (3) befestigt sind.
8. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass alle Zugbänder (4) gleich lang sind, Obergurt (11) und Untergurt (12) zueinander im Wesentlichen parallel verlaufen.
9. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Zugbänder (4) von den Knoten (9) gegen die Mitte des Zug-Druck-Elementes (1) hin zunimmt, sowohl Obergurt (11) als auch Untergurt (12) eine Bogenform beschreiben und mit Ausnahme der äussersten Zug-Druck-Stäbe (2) des Untergurtes (12), welche eine Länge $\underline{b}$ aufweisen, alle Zug-Druck-Stäbe (2) eine gleiche Länge $\underline{t}$ aufweisen und die Bedingung $b > t$ eingehalten ist.
10. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mitten der Zug-Druck-Stäbe (2) des Obergurtes (11) sich an den homologen Stellen befinden, wie die Gelenke (3) des Untergurtes (12), und die Mitten der Zug-Druck-Stäbe (2) des Untergurtes (12) sich an den homologen Stellen befinden, wie die Gelenke (3) des Obergurtes (11), und die genannten Mitten der Zug-Druck-Stäbe (2) des Obergurtes (11) mit den Gelenken des Untergurtes (12), und die genannten Mitten des Untergurtes (12) mit den genannten Gelenken des Obergurtes (11) mit Zugbändern (4) verbunden sind.

11. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass alle Zugbänder (4) gleich lang sind, Obergurt (11) und Untergurt (12) zueinander im Wesentlichen parallel verlaufen.
12. Pneumatische Tragstruktur gemäss Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Zugbänder (4) von den Knoten (9) gegen die Mitte des Zug-Druck-Elementes (1) hin zunimmt, sowohl Obergurt (11) als auch Untergurt (12) eine Bogenform beschreiben und mit Ausnahme der äussersten Zug-Druck-Stäbe (2) des Obergurtes (11), welche eine Länge $\underline{b}$ aufweisen, alle Zug-Druck-Stäbe (2) eine gleiche Länge $\underline{t}$ aufweisen und die Bedingung $\underline{h}^* > \underline{t} / 2$ eingehalten ist, wo $\underline{h}^*$ die Länge der beidseitig des Zug-Druck-Elementes (1) äussersten Zugbänder (4) ist.
13. Pneumatische Tragstruktur gemäss einem der Patentansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftkörper (5) mit einem Gas gefüllt ist, welches schwerer oder leichter ist als Luft.
14. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen nach einem der Patentansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens drei solcher pneumatischen Tragstrukturen miteinander verbunden sind und eine Membran (14) zwischen den pneumatischen Tragstrukturen aufgespannt ist.
15. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die pneumatischen Tragstrukturen in ihren Knoten (9) miteinander verbunden sind.
16. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass
 - vier Zug-Druck-Elemente (1) in einem Viereck angeordnet und jeweils an ihren Knoten miteinander verbunden sind,
 - zwei weitere Zug-Druck-Elemente (1) vorhanden sind und jeweils von Mitte zu Mitte der ersten vier Zug-Druck-Elemente verlaufen und dort mit ihren Knoten (9) aufliegen,
 - aussen an den vier erstgenannten Zug-Druck-Elementen (1) je eine Hülle (6) mit einem Hohlkörper (7) angeordnet und mit dem Zug-Druck-Element (1) verbunden ist,
 - die vier Felder zwischen den insgesamt sechs Zug-Druck-Elementen (1) je eine Luftkammer (16) enthalten, welche ebenfalls gasdicht ist und mit Druckluft gefüllt werden kann.
17. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftkammern (16) gegen den Hohlkörper (7) gasdicht abgeschlossen sind.
18. Flächentragwerk, mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass
 - eine Vielzahl von Zug-Druck-Elementen (1) vorhanden ist, wobei jeweils drei dieser Zug-Druck-Elemente (1) in einem Dreieck angeordnet und in ihren Knoten (9) miteinander verbunden sind,
 - die genannte Vielzahl von Zug-Druck-Elementen (1) so bemessen ist, dass sie, in der Fläche angeordnet, miteinander wiederum ein Dreieck bilden mit einem äusseren Rahmen,
 - dieser genannte äussere Rahmen aus insgesamt drei Zug-Druck-Elementen (1) besteht, welche miteinander in ihren Knoten (9) verbunden sind,
 - die weiteren Zug-Druck-Elemente (1) jeweils mit ihren Knoten (9) auf den genannten drei Zug-Druck-Elementen (1) aufliegen und einander wo nötig kreuzen,
 - die den genannten äusseren Rahmen bildenden Zug-Druck-Elemente (1) auf ihrer äusseren Seite je eine Hülle (6) mit einem Hohlkörper (7) aufweisen, welche Hülle (6) jeweils mit dem zugehörigen Zug-Druck-Element (1) verbunden ist,
 - die dreieckigen Felder zwischen den Abschnitten von Zug-Druck-Elementen (1) jeweils je eine Luftkammer (16) enthalten, welche ebenfalls gasdicht ist und mit Druckluft gefüllt werden kann.
19. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens drei pneumatischen Tragstrukturen mit je einem ihrer Knoten (9) an einem Ständer (21) angelenkt sind und von diesem im Wesentlichen radial nach aussen weisen,
 - das erste Gelenk (3) des Untergurtes (12) sich an diesem Ständer (21) abstützt,
 - das Flächentragwerk mit dem Ständer (21) einen Schirm (22) bildet, welcher durch das Befüllen mit Druckluft gespannt und durch das Entleeren zusammengeklappt werden kann.
20. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftkörper (5) jeweils den ganzen Zwischenraum zwischen benachbarten Zug-Druck-Elementen (1) einnehmen.
21. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss Patentanspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftkörper (5) im Wesentlichen vertikale Stege (23) aufweisen, womit die Bauhöhe der Luftkörper (5) reduziert wird.
22. Flächentragwerk mit pneumatischen Tragstrukturen gemäss einem der Patentansprüche 14 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftkörper (5) mit einem Gas gefüllt sind, welches schwerer oder leichter ist als Luft.

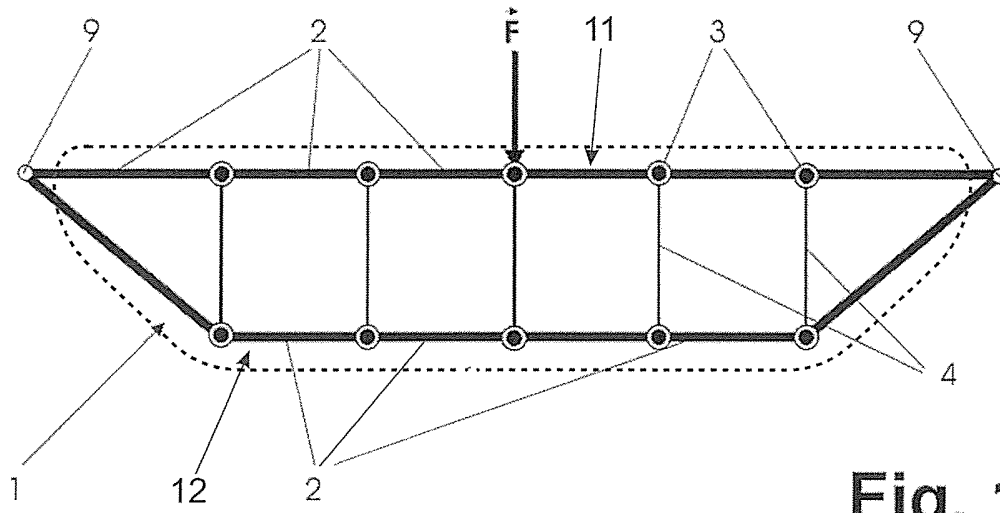


Fig. 1

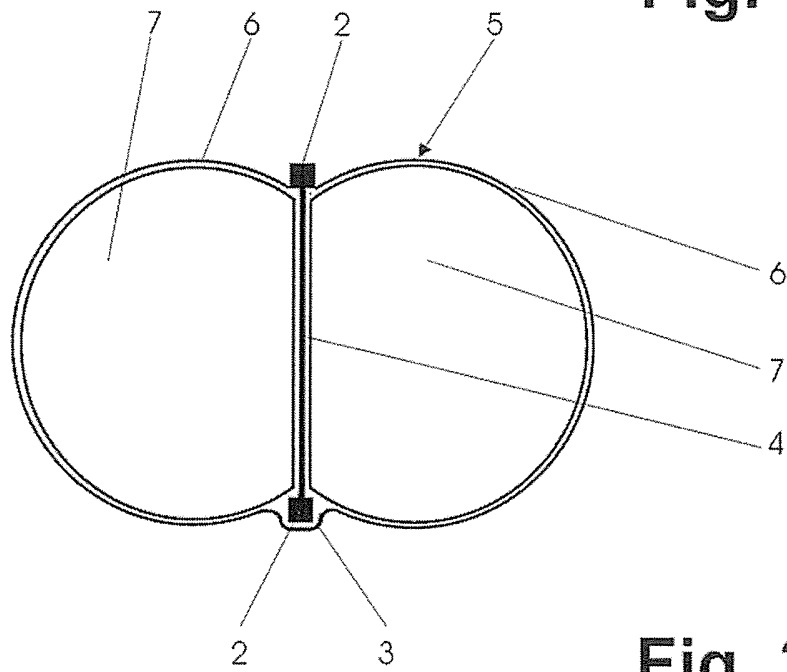


Fig. 2

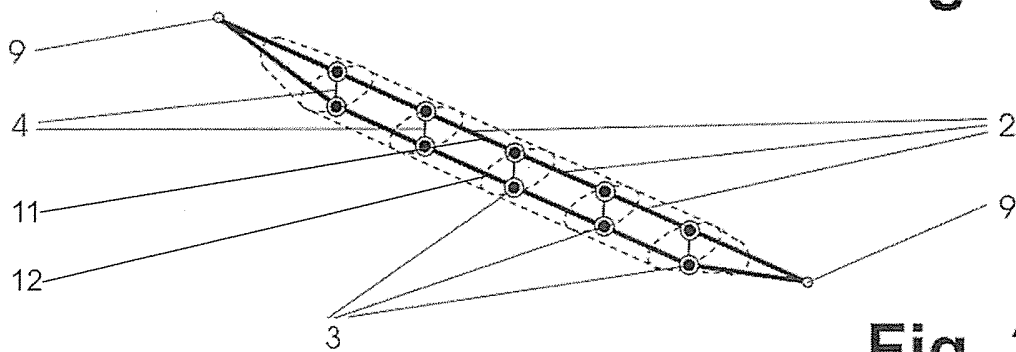


Fig. 3

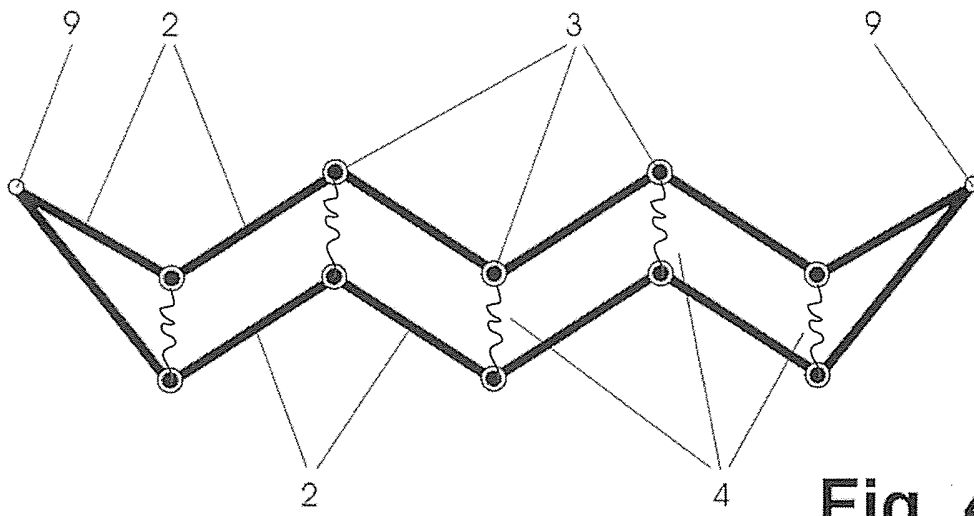


Fig. 4

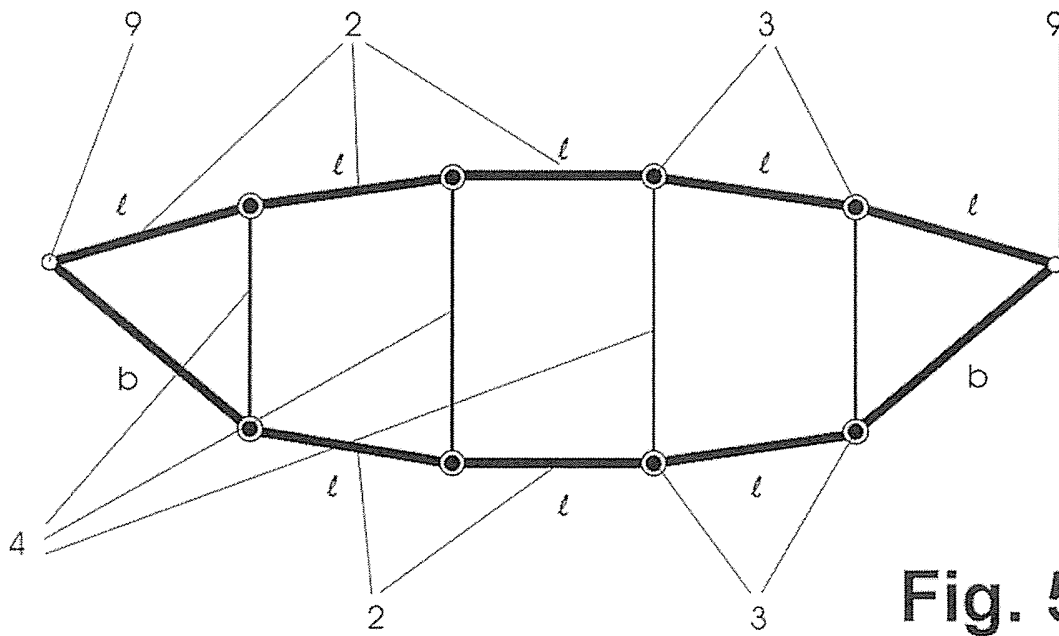


Fig. 5

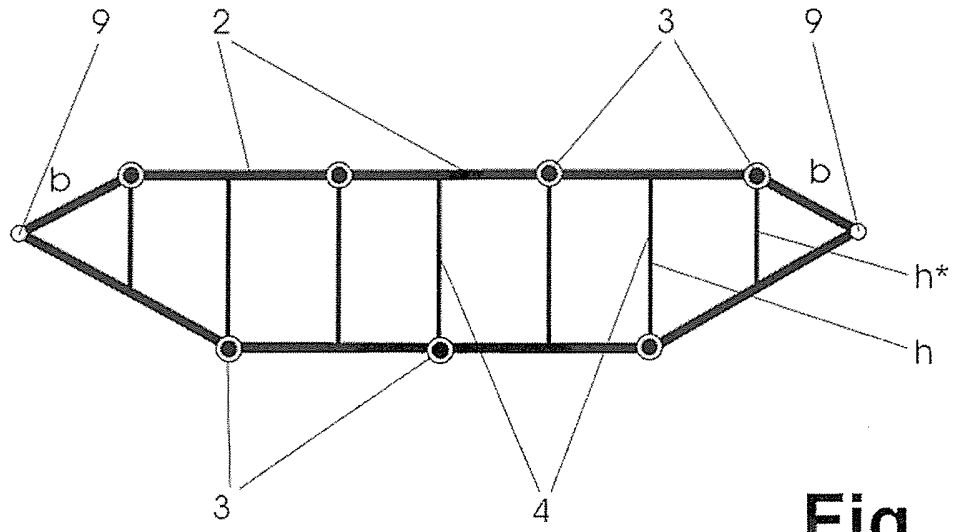


Fig. 6

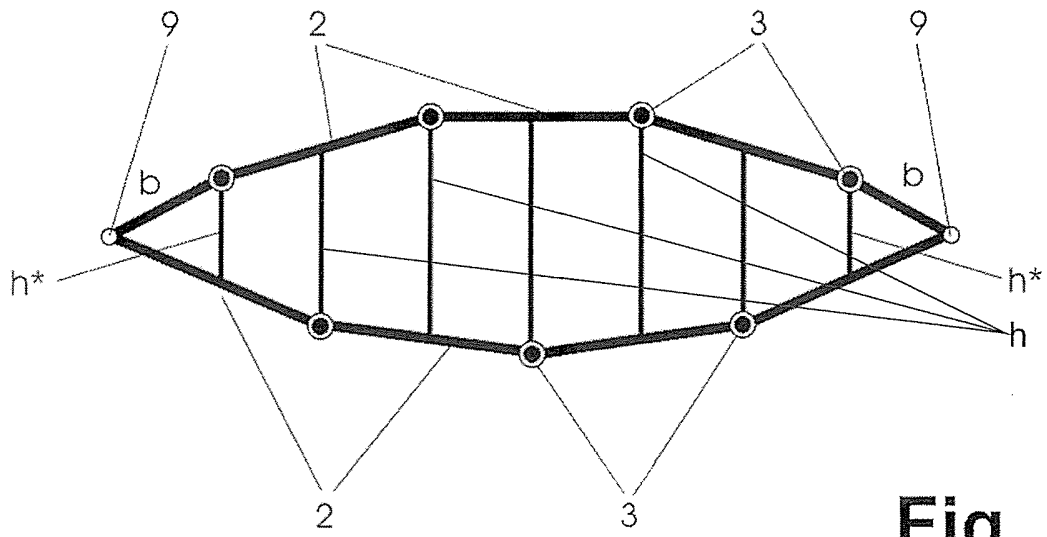


Fig. 7

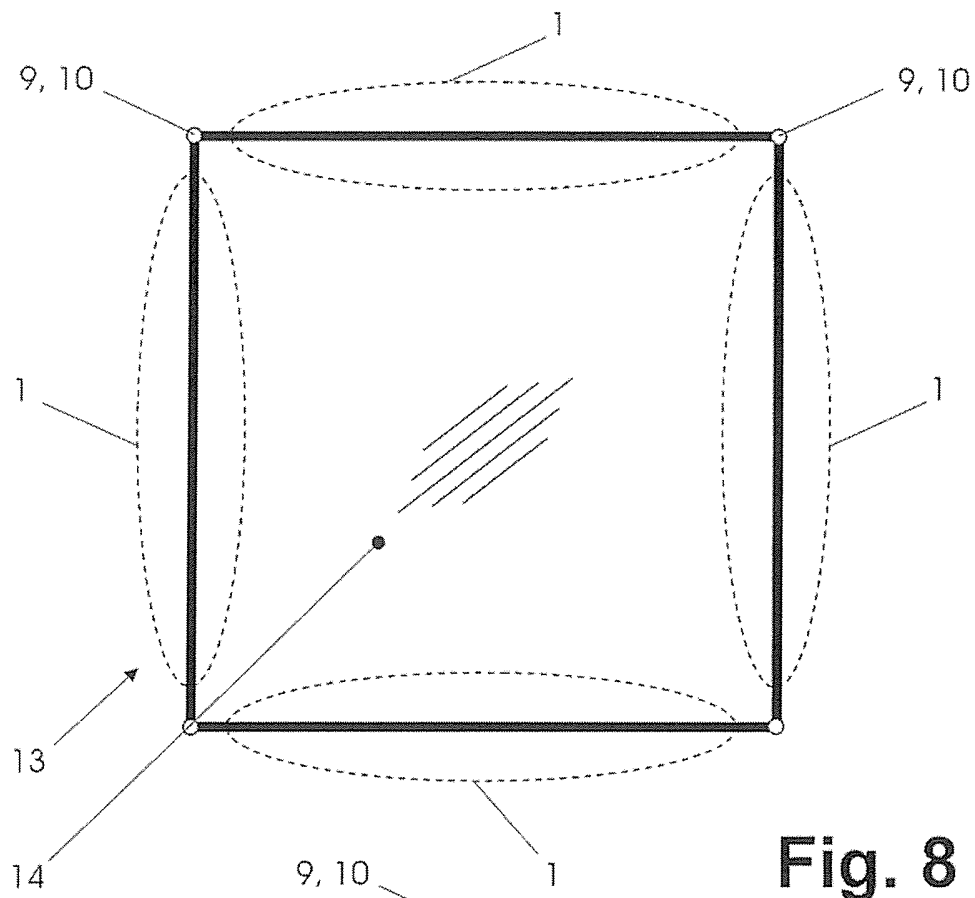


Fig. 8

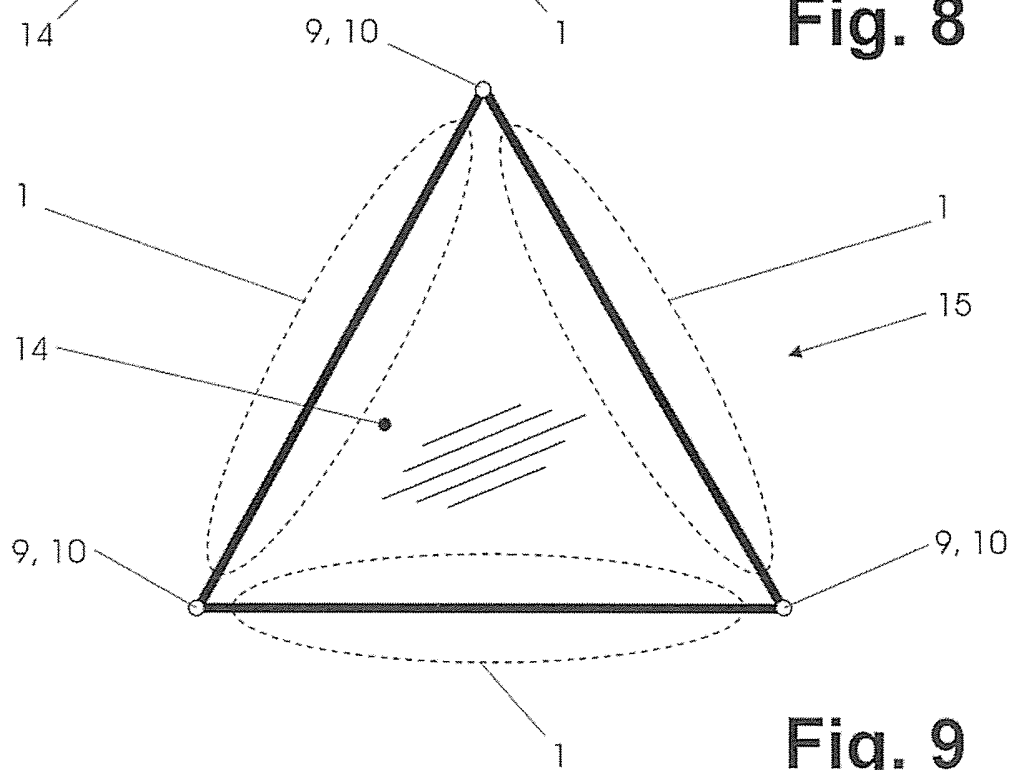


Fig. 9

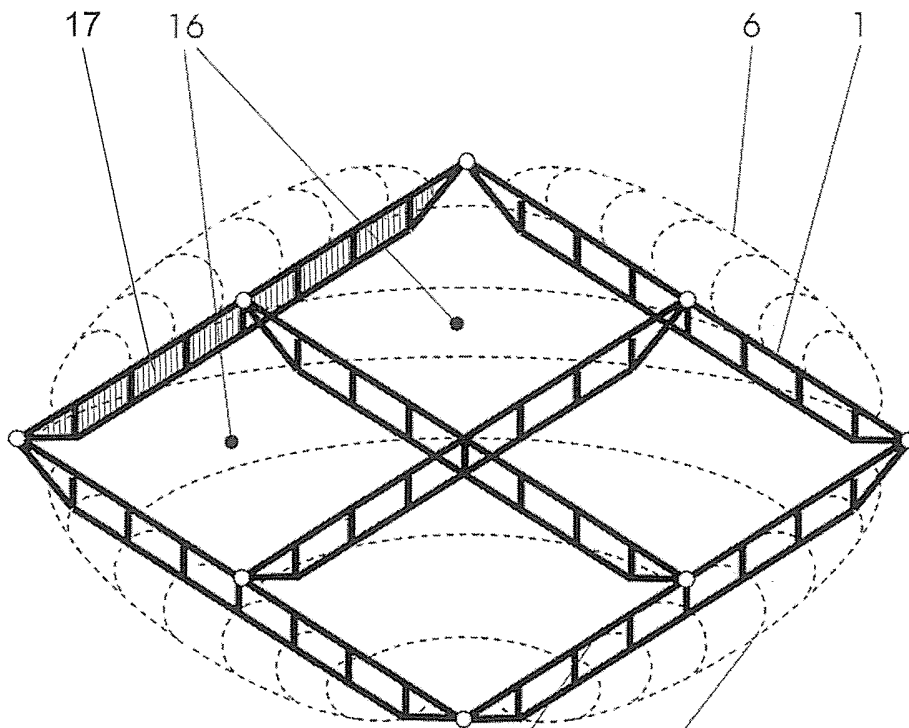


Fig. 10

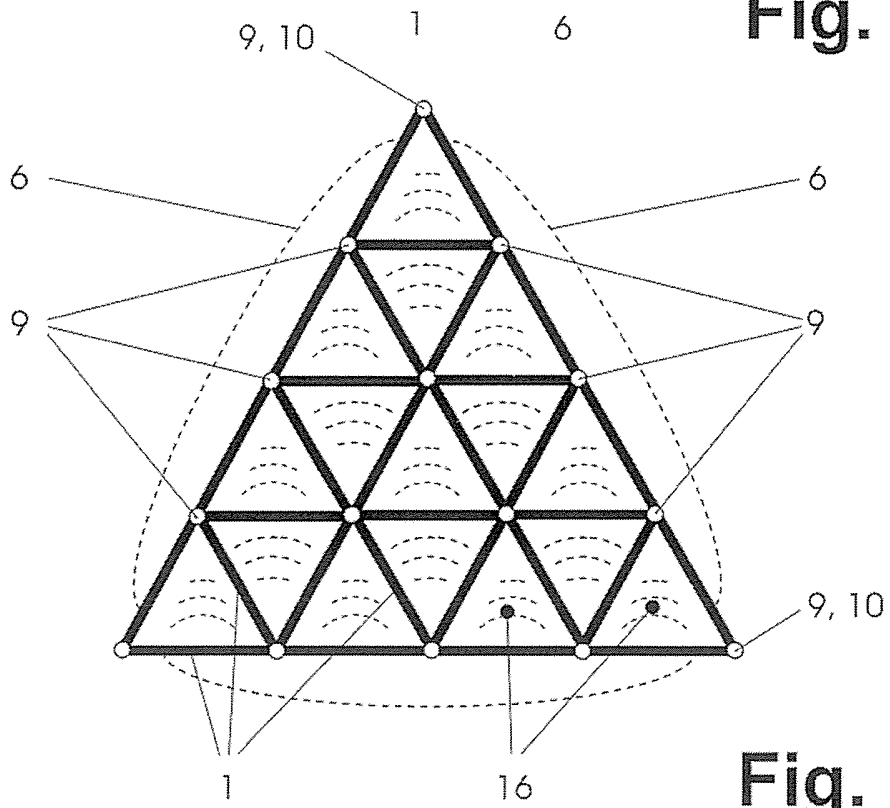


Fig. 11

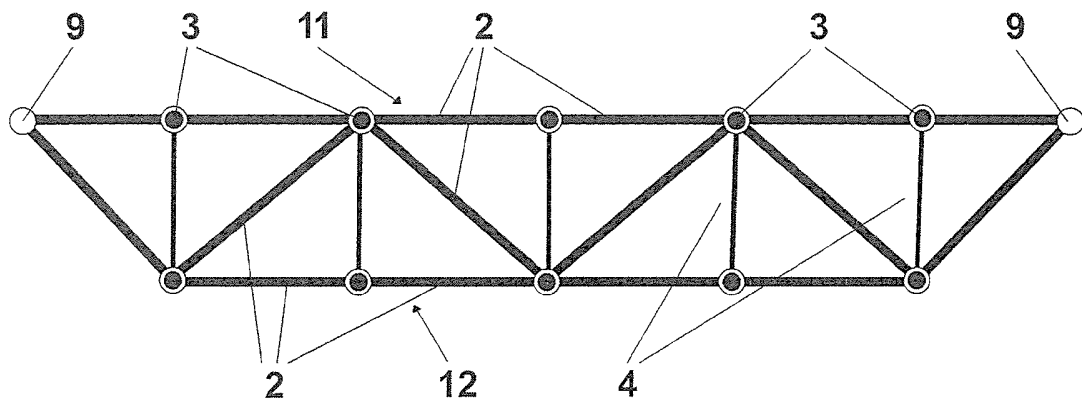


Fig. 12

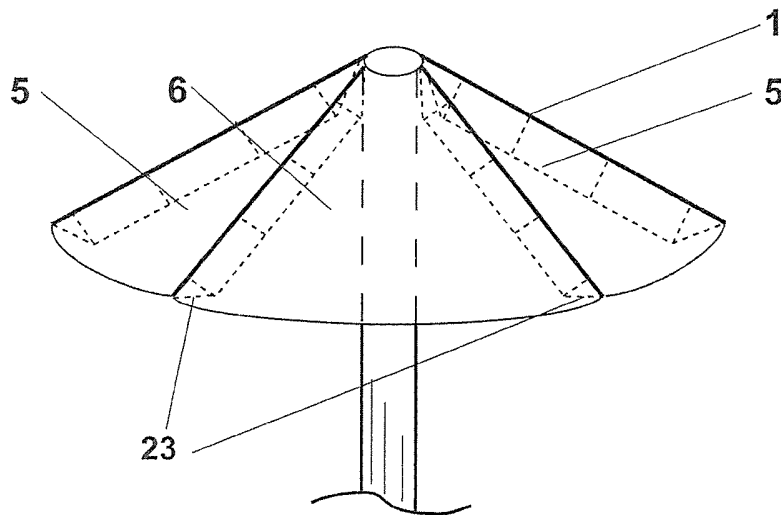


Fig. 14

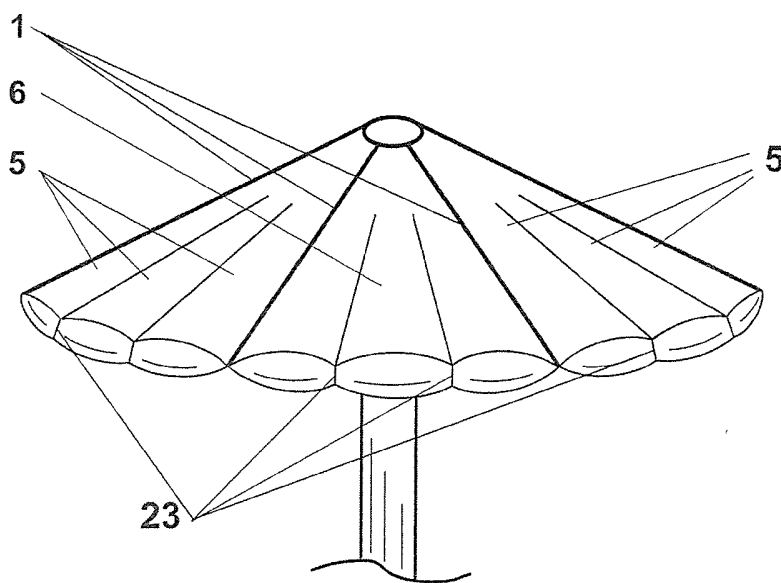


Fig. 15

Fig. 13

