

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

704 442 B1

(51) Int. Cl.: E04H 15/20 (2006.01)  
B64C 3/00 (2006.01)  
E04C 3/00 (2006.01)

**Erfolgspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 02074/05

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

(22) Anmeldedatum: 23.12.2005

(72) Erfinder:  
Rolf Luchsinger, 8610 Uster (CH)

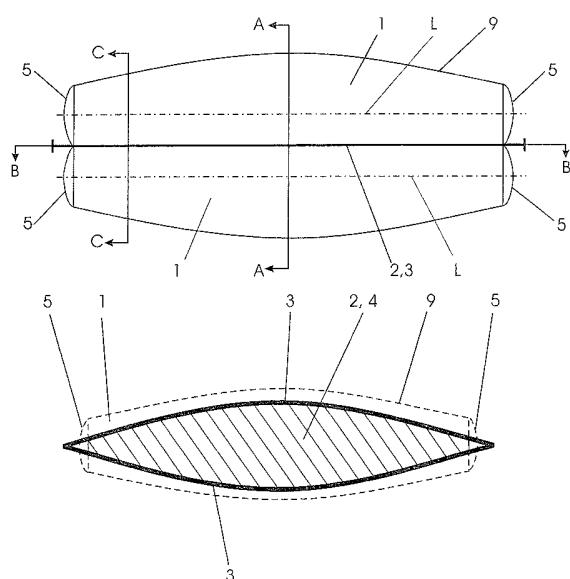
(24) Patent erteilt: 15.08.2012

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

(45) Patentschrift veröffentlicht: 15.08.2012

**(54) Pneumatisches Bauelement.**

(57) Das erfundungsgemäße pneumatische Bauelement besteht aus einem bis vielen, miteinander verbundenen Elementen folgender Bauart: Zwei Hohlkörper (1) mit einer Hülle (9) aus vorzugsweise gasdicht beschichtetem textiltem Material mit Endkappen (5) sind so zusammengefügt, dass sie eine gemeinsame Schnittfläche (2) erzeugen. Die Berandung dieser Schnittfläche (2) wird gebildet durch zwei bogenförmige Zug-Druck-Elemente (3), in welche ein Steg (4) aus einem zugfesten flexiblen Material eingespannt ist. Durch Befüllen der zwei Hohlkörper (1) mit Druckgas wird in deren Hülle (9) eine Zugspannung  $\sigma$  aufgebaut, welche sich direkt oder über die Zug-Druck-Elemente (3) auf den Steg (4) überträgt und diesen vorspannt. Diese Vorspannung erhöht die Knicksteifigkeit der Zug-Druck-Elemente (3) stark. Wird eine Vielzahl von solchen Elementen zu einem Dach zusammengefügt, so bilden je zwei benachbarte Hohlkörper (1) eine Schnittfläche (2) mit Zug-Druck-Element (3) und Steg (4).



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein pneumatisches Bauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Balkenartige pneumatische Bauelemente und auch solche mit flächenhafter Ausformung sind in den letzten Jahren mehrere bekannt geworden. Sie gehen zumeist zurück auf EP 01 903 559 (D1). Eine Weiterentwicklung der genannten Erfindung liegt vor in WO 2005/007 991 (D2). Hier ist der Druckstab fortentwickelt zu einem Paar von bogenförmigen Druckstäben, die auch Zugkräfte aufnehmen können und daher auch als Zug/Druckglieder bezeichnet sind. Diese laufen entlang je einer Mantellinie des zigarrenförmigen pneumatischen Hohlkörpers. D2 wird als der nächstliegende Stand der Technik betrachtet. Die starke erhöhte Knicksteifigkeit der auf Druckkräfte belasteten Zug/Druckglieder beruht auf der Tatsache, dass ein gemäss D2 eingesetzter Druckstab als auf seine ganze Länge elastisch gebetteter Stab betrachtet werden kann, wobei ein solcher Stab auf virtuelle verteilte Elastizitäten gebettet ist, welche je die Federhärte  $k$  aufweisen.

[0003] Die Federhärte  $k$  ist dort bestimmt durch

$$k = \pi \cdot p$$

wo

$$K = \text{Federhärte } [N/m^2]$$

$$p = \text{Druck im Hohlkörper } [N/m^2]$$

wodurch sich die Knicklast  $F_k$  ergibt zu

$$F_k = 2\sqrt{k \cdot E \cdot I} \quad [N]$$

mit

$$E = \text{E-Modul } [N/m^2]$$

$$I = \text{Flächenträgheitsmoment } [m^4]$$

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung eines pneumatischen Bauelementes mit Zug/Druck-Elementen und einem langgestreckten gasdichten Hohlkörper, welches sowohl zu bogenartigen und/oder flächenhaften Gebilden geformt und ausgedehnt werden kann, mit einer gegenüber den aus dem Stande der Technik bekannten pneumatischen Trägern und Bauelementen wesentlich erhöhten Knicklast  $F_k$ .

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

[0006] Anhand der beiliegenden Zeichnung wird der Erfindungsgegenstand näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen pneumatischen Bauelementes in der Draufsicht,
- Fig. 2 das Ausführungsbeispiel von Fig. 1 im Längsschnitt BB,
- Fig. 3 einen Querschnitt AA durch das Ausführungsbeispiel von Fig. 1 mit den wirkenden Kräften,
- Fig. 4 den Querschnitt AA mit einem Ausführungsbeispiel eines Zug-Druck-Elementes,
- Fig. 5 einen Querschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiels eines Zug-Druck-Elementes im Detail,
- Fig. 6 einen Querschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines Zug-Druck-Elementes,
- Fig. 7 einen Querschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines Zug-Druck-Elementes,
- Fig. 8 eine Seitenansicht eines Knotenelementes,
- Fig. 9 eine isometrische Darstellung einer flächigen Ausbildung eines pneumatischen Bauelementes,
- Fig. 10 eine isometrische Darstellung eines Flächentragwerkes, gebildet aus einem erfindungsgemäßen pneumatischen Bauelement,
- Fig. 11 eine isometrische Darstellung eines aerodynamischen Tragflügelprofils,
- Fig. 12 eine Draufsicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel eines pneumatischen Bauelementes,
- Fig. 13 eine isometrische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels einer flächigen Ausbildung eines pneumatischen Bauelementes.

[0007] Fig. 1 zeigt das erfindungsgemäße pneumatische Bauelement in einem ersten Ausführungsbeispiel in einer Draufsicht. Es ist gebildet aus zwei langgestreckten beispielsweise zigarrenförmigen gasdichten Hohlkörpern 1 mit einer Hülle 9 und je zwei Endkappen 5, wobei die Hohlkörper 1 je eine gerade Mittellinie L aufweisen. Andere Formen von Hohlkörpern 1 sind in der Beschreibung zu Fig. 12 enthalten.

**[0008]** Die Hülle 9 besteht jeweils aus einer textilarmierten Kunststoff-Folie oder aus flexiblem kunststoffbeschichtetem Gewebe. Diese Hohlkörper 1 schneiden einander – abstrakt geometrisch – in einer Schnittfläche 2, wie aus Fig. 2 ersichtlich, welche einen Schnitt BB durch Fig. 1 darstellt.

**[0009]** Werden die zwei Hohlkörper 1 mit Druckgas gefüllt, so nehmen sie – unter nachfolgend beschriebenen Bedingungen – die im Schnitt AA von Fig. 4 gezeigte Form an. Durch den Druck  $p$  im Innern der Hohlkörper 1 baut sich in deren Hüllen 9 eine Linienspannung  $\sigma$  auf, welche durch

$$\sigma = p \cdot R$$

$\sigma$  = Linienspannung [N/m]

$p$  = Druck [N/m<sup>2</sup>]

$R$  = Radius des Hohlkörpers 1 [m]

gegeben ist.

**[0010]** In den Schnittlinien der beiden Hohlkörper 1 ist, in der Schnittfläche 2, ein beispielsweise textiler Steg 4 eingelegt, auf welchen sich die Linienspannungen  $\sigma$  der beiden Hohlkörper 1 in der Schnittlinie übertragen, wie in Fig. 3 dargestellt. Wesentlich ist die Zugfestigkeit des Steges 4. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache sind selbstverständlich auch andere Materialien, vorzugsweise in der Form von Folien, erfundungsgemäß.

**[0011]** Eine im Wesentlichen gleiche Konfiguration, wie in den Fig. 1 und 2, kann selbstverständlich auch als ein einziger Hohlkörper betrachtet werden, welcher durch die beiden mit einander verbundenen Zug-Druck-Elemente 3, bzw. den Steg 4 längs eingeschnürt wird, womit die gleichen Linienspannungs-Verhältnisse auftreten, wie zu Fig. 1 bis 3 beschrieben. Fig. 4 lässt zwanglos beide Betrachtungsweisen zu. Die beiden Endkappen 5 gehen jedoch dann in eine einzige Endkappe 5 über. Fig. 3 zeigt die vektorielle Addition der Linienspannungen  $\sigma$  zur Linienkraft  $f$  im textilen Steg 4:

$$\vec{f} = \vec{\sigma}_l + \vec{\sigma}_r$$

wo

$\vec{f}$  = Linienkraft im Steg 4

$\vec{\sigma}_l$  = Linienspannung im linken Hohlkörper 1

$\vec{\sigma}_r$  = Linienspannung im rechten Hohlkörper 1

**[0012]** Die absolute Grösse von  $\vec{f}$  ist bei gleichem Druck  $p$  und gleichem Radius  $R$  abhängig vom Schnittwinkel der beiden Schnittkreise der zwei Hohlkörper 1.

**[0013]** Um Zug- und Druckkräfte des so aufgebauten pneumatischen Bauelementes aufzunehmen, ist der Steg 4 eingespannt in ein Zug-Druck-Element 3, welches die in Fig. 2 dargestellte Form aufweist. Das Zug-Druck-Element 3 übernimmt den durch die Vektoraddition bestimmten Teil dieser oben dargestellten Linienkraft und wird damit in der durch die Vektorendarstellung gegebenen Richtung vorgespannt. Durch das Befüllen der Hohlkörper 1 mit Druckluft ergibt sich eine Vorspannung des Steges 4 durch die Linienkraft  $\vec{f}$  zu  $f = 2 \sigma \sin\varphi$ . Da der Radius entlang des Bauelementes im Allgemeinen nicht konstant ist, verändert sich auch die Vorspannung des Steges entlang des Bauelementes. Durch geeignete Wahl von Hüllenumfang und Steghöhe kann die Vorspannung des Steges gemäss dem Einsatz des pneumatischen Bauelementes optimiert werden.

**[0014]** Diese Vorspannung bewirkt ein Verhalten der Zug-Druck-Elemente 3 analog zu einer vorgespannten Feder, welche erst bei Überschreiten der Vorspannkraft mit einer Längenänderung reagiert. Erst bei diesem Überschreiten der Vorspannkraft tritt Gefahr des Einknickens der Zug-Druck-Elemente 3 auf. Durch die gezeigte Art der elastischen Bettung des Zug-Druck-Elementes 3 ist die Federkonstante  $k$ , im Unterschied zu der aus D2 bekannten, im erfundungsgemässen pneumatischen Bauelement durch die Elastizität des Steges bestimmt

$$k = E$$

wo

$E$  = Elastizitätsmodul des Steges [N/m<sup>2</sup>].

**[0015]** Der Elastizitätsmodul des Steges ist durch das Material bestimmt. Für textile Stege liegt der Elastizitätsmodul im Bereich von  $10^8$  N/m<sup>2</sup>. Ein typischer Wert für den Innendruck  $p$  ist  $10^4$  N/m<sup>2</sup> (100 mBar). Durch das Einbringen des Steges ist also die Federhärte um Größenordnungen erhöht worden und entsprechend auch die Knicklast.

**[0016]** Im erfundungsgemässen pneumatischen Bauelement wird also die komprimierte Luft zur Vorspannung des biegeweichen Steges benutzt, so dass dieser Zug- und Druckkräfte übertragen kann und das Druckglied optimal gegen Ausknicken stabilisiert. Dadurch wird das pneumatische Bauelement stabiler und leichter und kann besser lokale Lasten tragen. Ferner lassen sich mit den Stegen 4 komplizierte dreidimensionale pneumatische Bauelemente wie zum Beispiel ein Flü-

gel realisieren, die durch die Kombination mit den Zug-Druck-Elementen 3 wesentlich tragfähiger sind als herkömmliche pneumatische Strukturen. Seitlich ist das Zug-Druck-Element 3 durch die Linienspannungen  $\sigma$  in der Hülle 9 stabilisiert.

[0017] Fig. 4 ist eine technische Ausführungsversion der Darstellung gemäss Fig. 3 im Schnitt AA gemäss Fig. 1. Das Zug-Druck-Element 3 besteht hier beispielsweise aus zwei miteinander verschraubten C-Profilen 8. Die Hülle 9 der Hohlkörper 1 ist ohne Unterbrechung zwischen den C-Profilen 8 hindurchgezogen und wird aussen am Zug-Druck-Element 3 durch einen Keder 10 gesichert. Der Steg 4 ist zwischen die aussenliegenden Lagen der Hülle 9 eingelegt und wird durch die Schraubenverbindung der C-Profil 8 festgeklemmt.

[0018] Fig. 5 zeigt einen Schnitt durch das so ausgeführte Zug-Druck-Element 3 im Detail.

[0019] In Fig. 6 ist eine Variante zur Ausführung des Zug-Druck-Elementes 3 im Querschnitt dargestellt. Das Zug-Druck-Element 3 weist hier drei Nuten für Keder 10 auf. In die oberen beiden Nuten ist die Hülle 9 der beiden Hohlkörper 1 mittels Kedern 10 eingelassen, in die untere Nut der Steg 4.

[0020] Fig. 7 ist die Querschnittsdarstellung einer weiteren Variante des Zug-Druck-Elementes 3 mit seiner Befestigung. Das Zug-Druck-Element 3 weist hier beispielsweise einen rechteckigen Querschnitt auf, kann jedoch zur Optimierung des Flächenträgheitsmomentes auch anders ausgeführt sein. Es ist in eine Tasche 11 eingelegt, welche mit der Hülle 9 durch Schweißen oder Nähen und anschliessend Abdichten verbunden ist.

[0021] An ihren Enden sind die Zug-Druck-Elemente 3 in einem Knoten 14 zusammengeführt, wie in Fig. 8 dargestellt. Ein solcher Knoten 14 kann in mannigfacher Art ausgeführt sein und ist in der Baustatik an sich bekannt. Hier besteht er beispielsweise aus einer Platte 13, welche mit den Zug-Druck-Elementen 3 beispielsweise verschraubt ist. Der luftdichte Abschluss der Hülle 9 kann ebenso auf viele Arten gelöst werden. Das Wesentliche ist hier, dass die Zug-Druck-Elemente 3 aus der Hülle 9 herausgeführt sind und der Knoten 14 frei liegt zur geeigneten Befestigung beispielsweise auf einem Auflager.

[0022] Fig. 9 ist eine isometrische Darstellung einer flächigen Ausbildung eines pneumatischen Bauelementes gemäss dieser Erfindung. Hier ist eine Vielzahl von Zug-Druck-Elementen 3 vorgesehen, wobei jeweils ein Steg 4 gemäss Fig. 2 eingelegt ist. Zwischen zwei benachbarten Zug-Druck-Elementen 3 ist jeweils ein Hohlkörper 1 eingespannt und mit Druckgas gefüllt. An die zwei zu äusserst liegenden Zug-Druck-Elemente 3 schliesst sich jeweils ein unpaariger Hohlkörper 1 an, um die Vorspannung der Zug-Druck-Elemente 3 zu erzeugen und um die Zug-Druck-Elemente 3 seitlich zu stabilisieren. Für den Aufbau eines solchen flächigen Bauelementes kann so vorgegangen werden, dass alle Zug-Druck-Elemente 3 und die Hüllen 9 der Hohlkörper 1 bereits montiert, sind und das beschriebene Arrangement über die Knoten 14 auf Auflager 15 aufgelegt und anschliessend mit Druckgas gefüllt wird. Oder die Montage kann vor Ort geschehen, indem die Zug-Druck-Elemente 3 auf den Auflagern 15 befestigt und die Hüllen 9 anschliessend an die Zug-Druck-Elemente 3 angefügt werden.

[0023] In der Darstellung von Fig. 10 sind zwei Scharen von Zug-Druck-Elementen 3 gekreuzt angeordnet und bilden ein Flächentragwerk 16 mit hoher Biegesteifigkeit in zwei, beispielsweise zueinander senkrechten, Achsenrichtungen. Die gasdichten Abschlüsse in den Regionen, wo die Zug-Druck-Elemente 3 einander kreuzen, können beispielsweise ebenfalls mit Kedern gelöst werden; selbstverständlich sind auch hier mannigfache andere Lösungen vorhanden.

[0024] Der Vorteil einer Ausgestaltung als eigentliches Flächentragwerk 16 gemäss Fig. 10 hat den Vorteil, dass die einzelnen Zug-Druck-Elemente 3 vorzugsweise gegen Kippen stabilisiert sind, und von einem geeigneten Auflager keine Momente aufgebracht werden müssen.

[0025] Fig. 11 zeigt, ausgehend von Fig. 10, ein erfindungsgemässes Tragflügel-Profil 17. Wie gemäss Fig. 10 sind hier zwei Scharen von Zug-Druck-Elementen 3 gekreuzt angeordnet. Die Mengen von Zug-Druck-Elementen 3 in den beiden Scharen – hier zwei in der einen, acht in der anderen Richtung – können den Anforderungen an das Tragflügel-Profil 17 angepasst werden. Ebenso ist die Ausbildung der Konturen der Zug-Druck-Elemente 3 variabel in dem Sinne, dass neben den statischen Anforderungen an ein solches Profil auch die aerodynamischen Formen von Anström- und Abströmkanten 18, 19 entsprechend ausgestaltet werden können, dies allenfalls mit Profilaufsätze, welche zwar aerodynamisch wirksam sind, jedoch nicht Bestandteil der Statik des Tragflügelprofils 17 hinsichtlich seiner Eigenschaften als Flächentragwerk.

[0026] Im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 12 sind die Mittellinien  $\perp$  der Hohlkörper 1 nicht, wie im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1, gerade, sondern von der Schnittfläche 2 der zwei Hohlkörper 1 aus, nach aussen gebogen. Die zwei Hohlkörper 1 – welche einander hier in der Schnittfläche 2 gemäss Fig. 2 schneiden und welche in ihrer Form unverändert bleibt – weisen also im Querschnitt AA gemäss Fig. 1 den kleinsten Durchmesser auf. Zu den Enden der Hohlkörper 1 nimmt dieser jedoch zu. Damit steigt auch die zum lokalen Radius  $R$  proportionale Linienspannung  $\sigma$  an. Und damit kann die auf den Steg 4 übertragene Linienkraft gesteigert oder – allgemein gesagt – optimiert werden. Anstelle eines nach den Enden der Hohlkörper 1 zunehmenden lokalen Radius kann selbstverständlich auch ein konstant bleibender oder auch ein abnehmender gewählt werden. Im letzteren Falle nimmt die Linienspannung gegen die Enden der Hohlkörper 1 und damit auch des Steges 4 ab. Dies kann erreicht werden durch eine Mittellinie L, welche im Gegensatz zu der in Fig. 12 gezeigten gegen die Enden der Hohlkörper 1 zu der Schnittfläche 2 hin gebogen ist. Dasselbe gilt auch für Hohlkörper 1 mit beispielweise konstantem Radius, also von toroidischer Form.

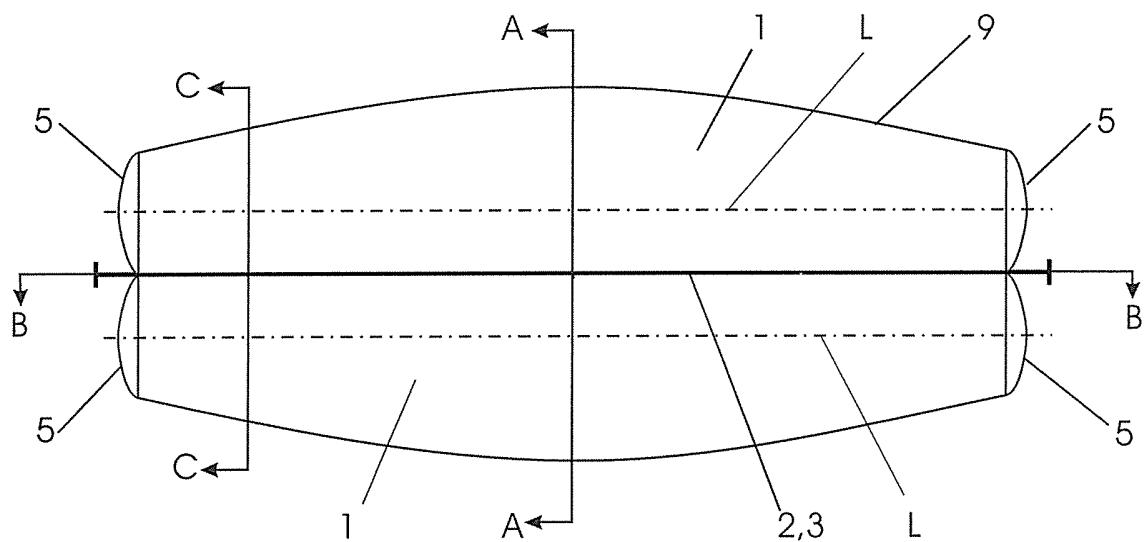
[0027] Fig. 13 ist die Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels des Erfindungsgedankens. Hier sind eine Vielzahl – in Fig. 13 beispielsweise fünf – von Hohlkörpern 1 an eine weitere, kleinere, Vielzahl von Zug-Druck-Elementen 3 ange-

ordnet. Diese tragen wiederum Stege 4 und sind aus den Hohlkörpern 1 gasdicht herausgeführt. Die Zug-Druck-Elemente können unterschiedlich gewählt werden, sowohl ihrer Länge, ihrer Höhe als auch ihrer Richtung nach. Jeweils anschliessend an die zwei äussersten Zug-Druck-Elemente 3 und an ihnen befestigt ist, wie zu Fig. 9 ausgeführt, je ein Hohlkörper 1 angefügt, zum Symmetrisieren der Linienspannungen in den genannten zwei äussersten Zug-Druck-Elementen 3 und deren Stegen 4 und zu deren seitlicher Stabilisierung.

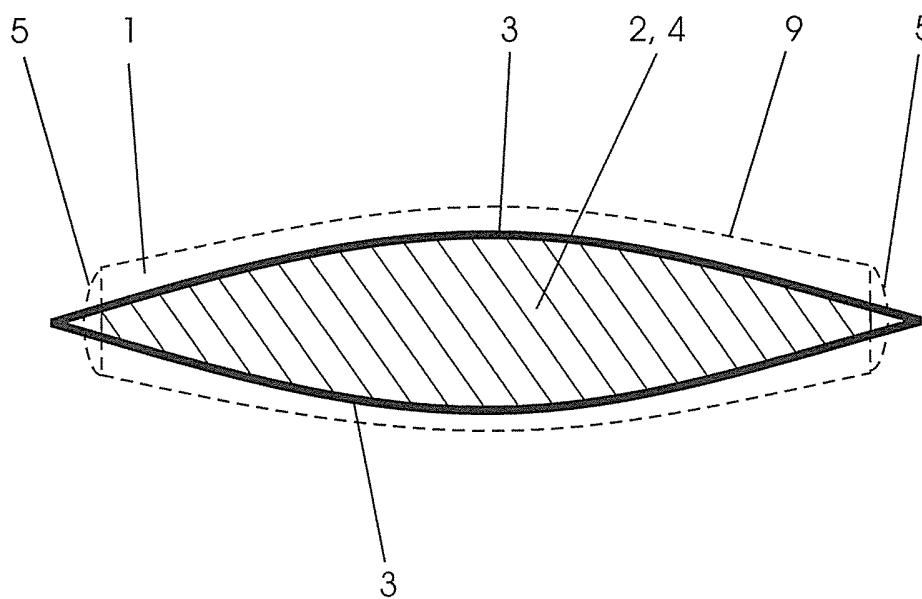
#### **Patentansprüche**

1. Pneumatisches Bauelement mit mindestens zwei langgestreckten Hohlkörpern (1) bestehend aus einer gasdichten Hülle (9) aus flexilem Material, und mindestens zwei Zug-Druck-Elementen (3), welche an beiden Enden in jeweils einem Knoten (14) miteinander verbunden sind und im Wesentlichen auf ihrer ganzen Länge mit der Hülle (9) verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass
  - jeweils zwischen zwei miteinander in zwei Knoten (14) verbundenen Zug-Druck-Elementen (3) ein Steg (4) aus zugfestem Material angeordnet und mit den zwei Zug-Druck-Elementen (3) im Wesentlichen auf deren ganzen Länge zugfest verbunden ist, dergestalt, dass bei mit Druckgas befülltem Hohlkörper (1) die Spannung der Hülle (9) auf die Zug-Druck-Elemente (3) und auf den Steg (4) übertragen wird und dieser damit vorgespannt ist.
2. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - jedes Zug-Druck-Element (3) aus zwei miteinander verschraubten C-Profilen aufgebaut ist,
  - für jedes Zug-Druck-Element (3) ein Keder (10) vorhanden ist, welcher vom Material der Hülle (9) umfasst wird, und welcher auf der Aussenseite des Zug-Druck-Elementes (3) angeordnet ist,
  - der Steg (4) zwischen den beiden C-Profilen jedes Zug-Druck-Elementes (3) durch die Verschraubung festgeklemmt ist.
3. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - jedes Zug-Druck-Element (3) aus einem Profilstab besteht, welcher drei Nuten für je einen Keder (10) aufweist, wobei zwei Nuten für Keder (10) seitlich und eine dritte Nut für einen Keder (10) mittig angeordnet ist,
  - die Hülle (9) durch die seitlichen Keder (10), und der Steg (4) durch, den mittig angeordneten Keder (10) festgeklemmt ist.
4. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - jedes Zug-Druck-Element (3) aus einem Profilstab besteht,
  - jeder Profilstab in eine längs zum Zug-Druck-Element (3) verlaufende Tasche (11) eingelegt ist,
  - die Hülle (9) der Hohlkörper (1) mit diesen Taschen (11) gasdicht verbunden ist,
  - der Steg (4) mit diesen Taschen (11) ebenfalls verbunden ist,
  - die Verbindungen von Hülle (9) und Steg (4) mit den Taschen (11) durch Schweißen oder Kleben, oder Nähen mit anschliessendem Abdichten erzeugt sind.
5. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - Mittel vorhanden sind, mit denen jeweils ein Zug-Druck-Element (3) gasdicht aus der Hülle (9) herausgeführt ist,
  - die Knoten (14) ausserhalb der Hohlkörper (1) angeordnet sind.
6. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - eine Vielzahl von Paaren von Zug-Druck-Elementen (3) vorhanden ist,
  - jeweils zwischen zwei benachbarten Paaren von Zug-Druck-Elementen (3) ein gegen aussen gasdichter Hohlkörper (1) eingelegt und mit den Zug-Druck-Elementen (3) verbunden ist,
  - die beiden äussersten Paare von Zug-Druck-Elementen (3) je einen unpaarigen Hohlkörper (1) tragen, um die Vorspannung des Steges (4) symmetrisch zu machen und um diesen seitlich zu stabilisieren.
7. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die ausserhalb der Hülle (9) angeordneten Knoten (14) auf einem Auflager (15) aufliegen und darauf befestigt sind.
8. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
  - eine Vielzahl von Paaren von Zug-Druck-Elementen (3) vorhanden und in zwei Scharen angeordnet ist, welche einander kreuzen, wodurch ein Flächenträgerwerk (16) gebildet ist,
  - die gasdichten Hohlkörper (1) ebenfalls in zwei einander kreuzenden Scharen vorhanden und angeordnet sind,
  - die Hohlkörper (1) miteinander und mit den Zug-Druck-Elementen (3) gasdicht verbunden sind, die Stege (4) zwischen den beiden sie spannenden Zug-Druck-Elementen (3) verlaufen.
9. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenträgerwerk (16) ein Tragflügelprofil (17) aufweist.
10. Pneumatisches Bauelement nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass Aufsätze auf die Zug-Druck-Elemente (3) vorhanden sind zur aerodynamischen Optimierung der Anström- und/oder Abströmkanten (18, 19) des Tragflügelprofiles (17).

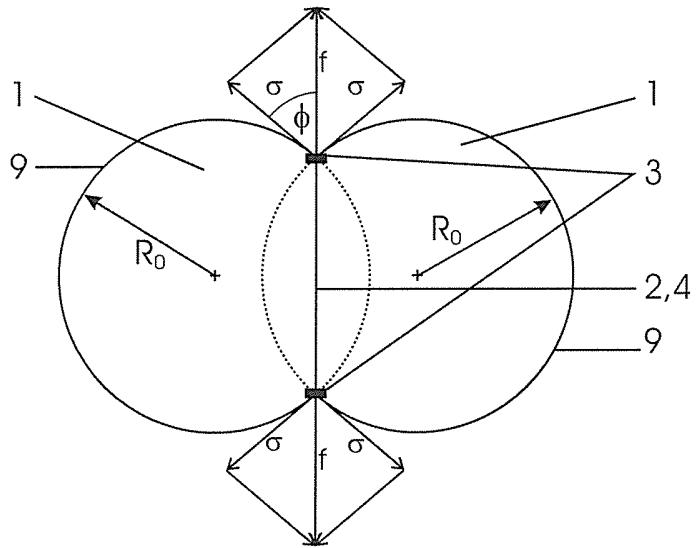
**Fig. 1**



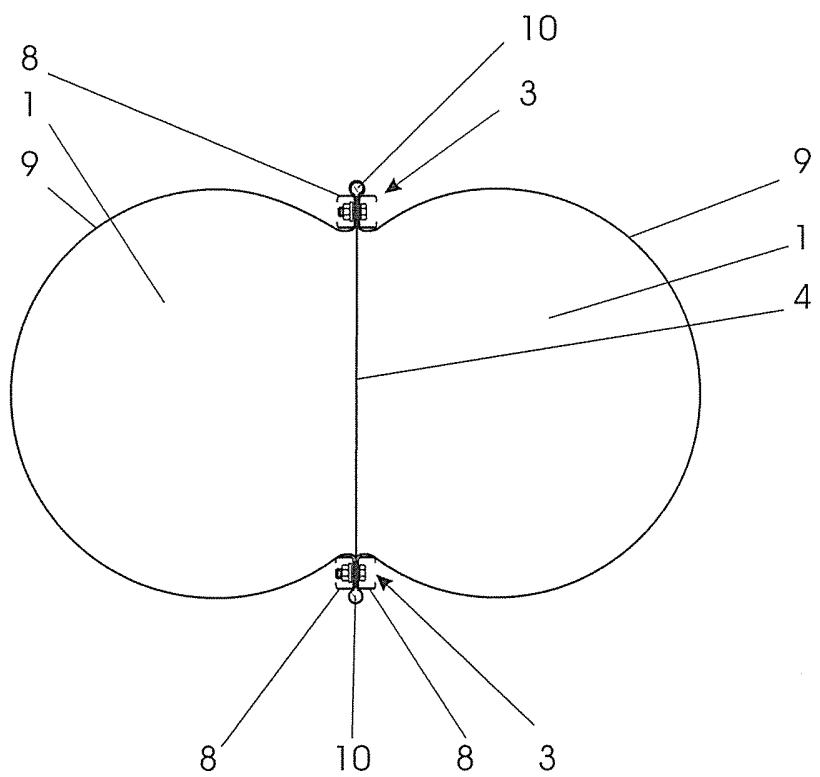
**Fig. 2**



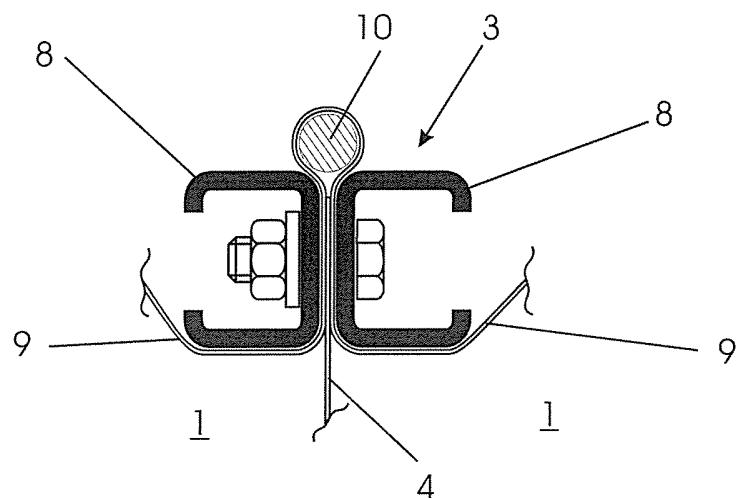
**Fig. 3**



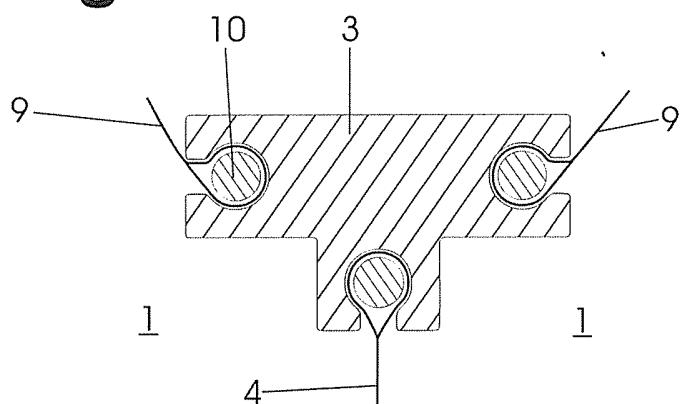
**Fig. 4**



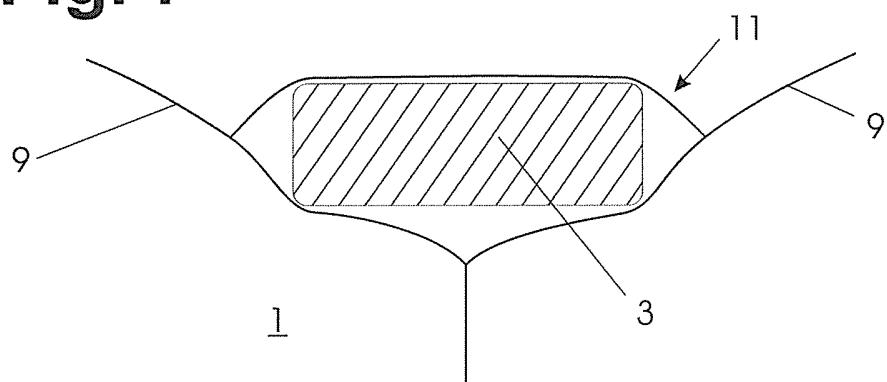
**Fig. 5**



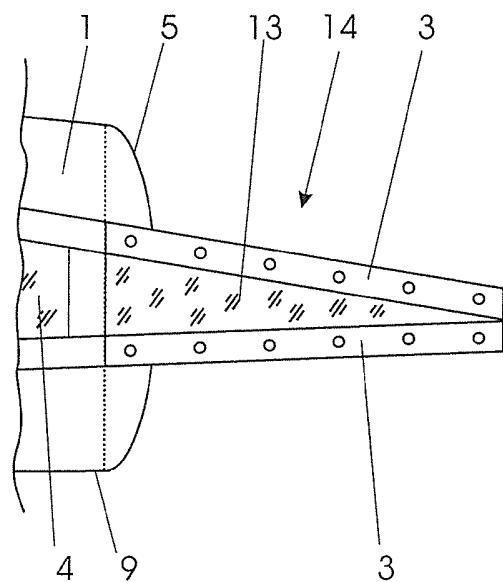
**Fig. 6**



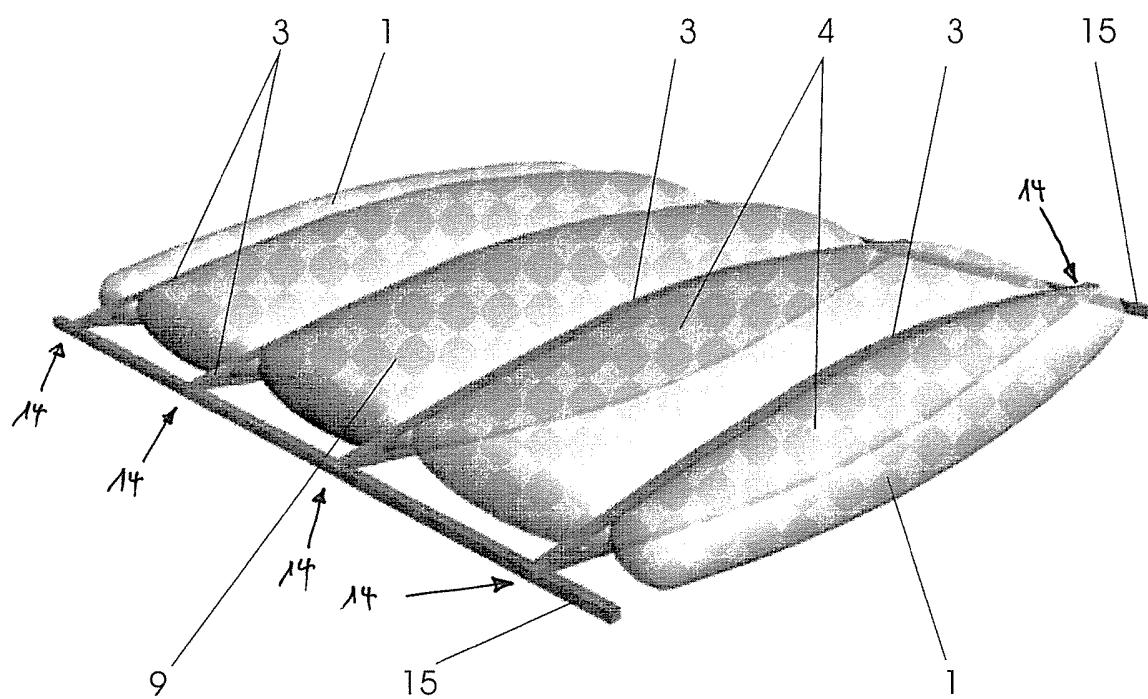
**Fig. 7**



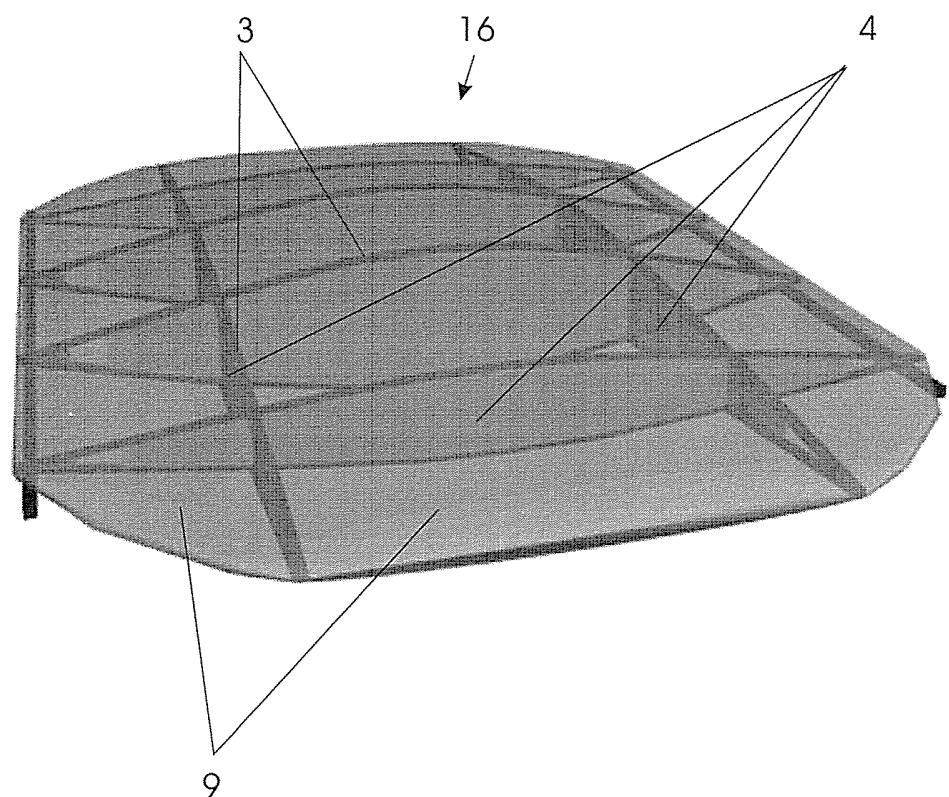
**Fig. 8**



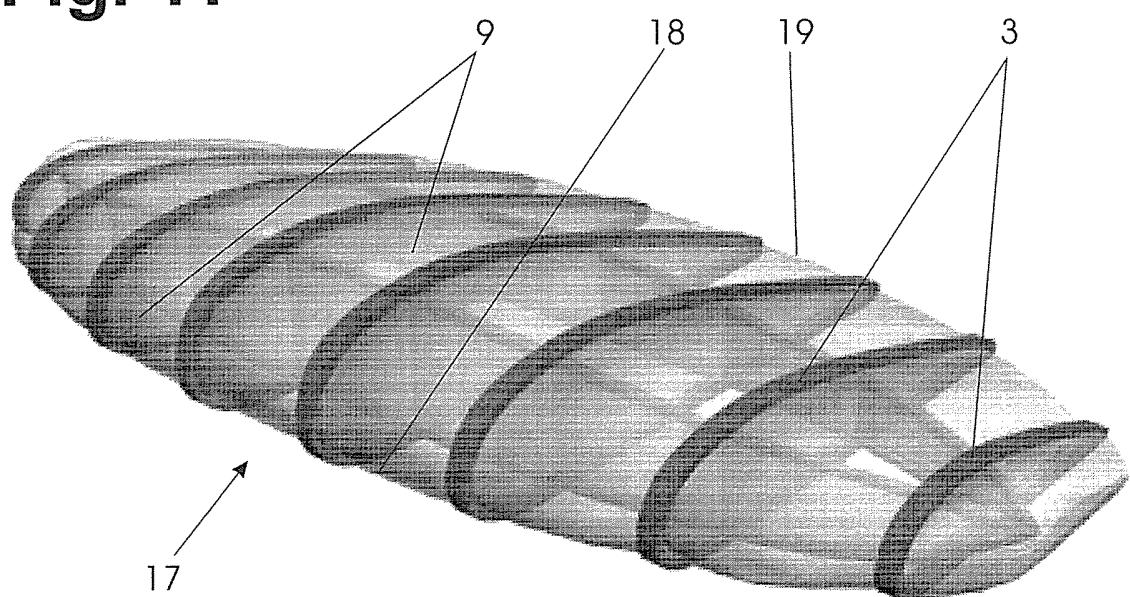
**Fig. 9**



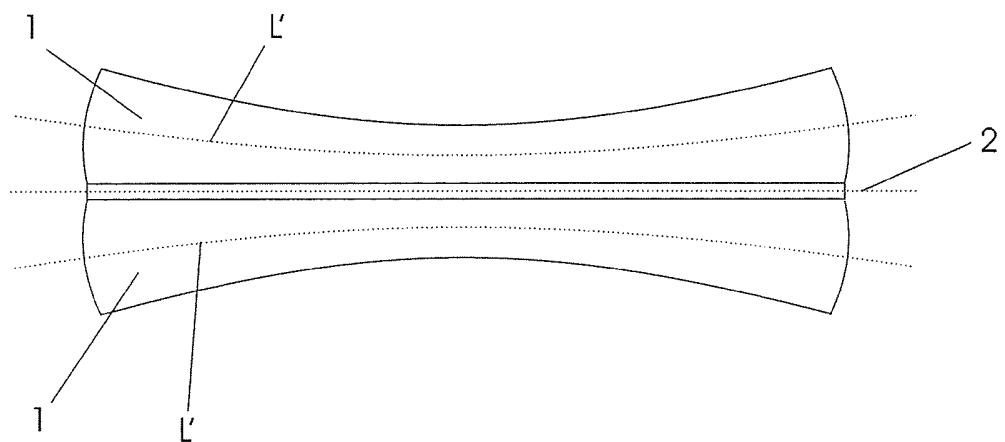
**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 13**

