



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **709 686 A2**

(51) Int. Cl.: **E04C 3/00** (2006.01)
E01D 12/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00786/14

(71) Anmelder:
PIBRIDGE Ltd, Via Bagutti 5
6900 Lugano (CH)

(22) Anmeldedatum: 22.05.2014

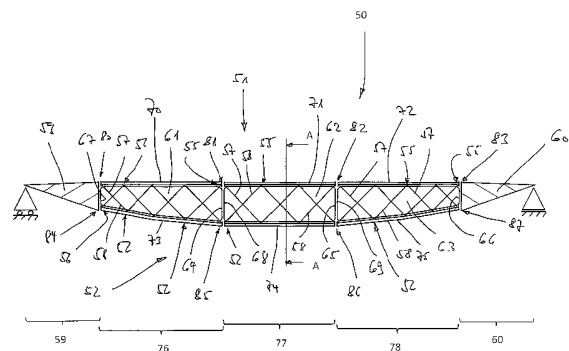
(72) Erfinder:
Mauro Pedretti, 6710 Biasca (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.11.2015

(74) Vertreter:
Beat Stump Stump und Partner Patentanwälte AG,
Zimmergasse 16
8008 Zürich (CH)

(54) **Pneumatischer Träger.**

(57) Der erfindungsgemässe pneumatische Träger besitzt unter Druck setzbare pneumatische Körper 61 bis 63, welche ein Druckglied 51 und ein Zugglied 52 betriebsfähig auf Abstand halten, was einen pneumatischen Träger mit hoher Belastbarkeit, aber auch nachteilig hoher Betriebsdeformation ergibt. Die zickzackförmig zwischen dem Druckglied 51 und dem Zugglied 52 über die Länge des Trägers 50 verlaufenden Verbindungselemente 57, 58 sind bevorzugt als flexible Zugglieder ausgebildete Druckstreben und versteifen den Träger 50 gegenüber den pneumatischen Trägern des Stands der Technik derart, dass seine Deformation im Fall einer asymmetrischen Last, wie das bei einer befahrenen Brücke der Fall ist, beispielsweise noch 10% beträgt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen pneumatischen Träger nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Pneumatische Träger der genannten Art sind bekannt und basieren auf einer zylindrischen Grundform gemäss der WO 01/73 245. Diese Grundform ist weiterentwickelt worden zu einem spindelförmigen Träger gemäss der WO 2005/007 991. Vorteilhaft an solchen pneumatischen Trägern ist ihr geringes Gewicht sowie das äusserst kleine Transportvolumen, da der aufblasbare Körper zu zusammenfaltbar ist und die Zugglieder als Seile ausgebildet werden können. Ein Nachteil solcher pneumatischer Träger besteht darin, dass diese zwar hohe Flächenlasten tragen können, aber im Vergleich zur möglichen Flächenlast nur limitiert für asymmetrische Lasten geeignet sind, insbesondere betreffend konzentrierten Achslasten, was insbesondere den Einsatz als Brücke entscheidend hindert, da eine über eine Brücke rollende Achse, etwa eines LKW, diesbezüglich einen besonders ungünstigen Fall darstellt.

[0003] Eine wesentliche Schwachstelle liegt dabei beim Druckglied, welches als schlanker Stab knickgefährdet ist, aber nicht massiver ausgebildet werden kann, da sonst die Vorteile des pneumatischen Konzepts vermindert werden.

[0004] Fig. 1 zeigt schematisch einen pneumatischen, hier spindelförmigen Träger 1 gemäss dem Stand der Technik, mit der Anschaulichkeit wegen übertriebener Dicke. Ein aufblasbarer, aus einem flexiblen Material bestehender Körper 2 hält unter Betriebsdruck ein Druckglied 3 von einem Zugglied 4 in betriebsfähigem Abstand, wobei wiederum der Anschaulichkeit halber auf dem Druckglied 3 eine Beplankung 5 angedeutet ist, welche das Befahren der durch den Träger 1 gebildeten Brücke ermöglichen soll. Das folgende Gedankenmodell kann die Funktionsweise des Trägers erläutern:

[0005] Wirkt eine Last 6 auf die Beplankung 5 und damit auf das Druckglied 3, wird dieses durch den unter Betriebsdruck stehenden, aufgeblasenen Körper 2 getragen, welcher aber seinerseits auf dem Zugglied 4 ruht, das damit die Last 6 tatsächlich trägt. Dadurch hat das Zugglied 4 das Bestreben, nach unten auszuweichen, was aber nicht möglich ist, da das Druckglied 3 die gemeinsamen Endknoten 7 und 8, damit auch die Enden des Zugglieds 4 auf Distanz hält. Mit Endknoten werden diejenigen Bereiche bezeichnet, in welchen das Druckglied 3 und das Zugglied 4 betriebsfähig mit einander verbunden sind.

[0006] Es ergibt sich, dass das Zugglied 4 im Wesentlichen nur auf axialen Zug und das Druckglied 3 im Wesentlichen nur auf axialen Druck beansprucht ist, so dass das Zugglied 4 als Seil und das Druckglied 3 als dünner Stab ausgebildet werden kann. Ein unter Druck stehender dünner Stab ist jedoch knickgefährdet, mit der Folge, dass die Knickgrenze des Druckglieds 3 die Belastbarkeit des Trägers 1 determiniert.

[0007] Im Fall einer Flächenlast, die sich symmetrisch über die Länge des Trägers verteilt, wie dies etwa bei Dachstrukturen der Fall ist, ergibt sich eine reduzierte Knickgefahr, da ein Ausknicken in einer Richtung gegen den Lastangriff durch die Last selbst vermindert wird, während in Lastrichtung ein Ausknicken durch die Auflage des Druckglieds 3 auf dem Körper 2 reduziert wird.

[0008] Im Fall einer asymmetrischen Last ist es aber so, dass das Druckglied am Ort der Last vermehrt in den Körper 2 einsinkt, und sich dafür an anderer Stelle emporwölbt, mit einer Tendenz, sich über die Auflagefläche auf dem Körper 2 hinaus zu wölben und damit von dieser abzuheben, was eine erhöhte Knickgefahr und damit relevant reduzierte Belastbarkeit des Trägers 1 zur Folge hat.

[0009] Fig. 2a zeigt einen verbesserten spindelförmigen Träger 10 gemäss der WO 2005/042880, welcher mit vertikal (d.h. in Lastrichtung und senkrecht zur Längsachse des Trägers 10) angeordneten Verbindungselementen, ausgebildet als reine Zugglieder 11, versehen ist. Der Abstand a der Zugglieder 11 ist vom Fachmann im Hinblick auf den konkreten Fall zu optimieren.

[0010] Die Zugglieder 11 sind geeignet, bei einer asymmetrischen Last in einem gewissen Mass zu verhindern, dass sich das Druckglied 3 an einem nicht belasteten Ort vom Körper 2 abhebt und damit knickt. Die vertikalen Zugglieder 11 bewirken nur, dass das Druckglied und das Zugglied sich ungefähr gleich deformieren (ähnliche Biegelinie), sie sind nicht geeignet, die Grösse der maximalen Durchbiegung zu reduzieren. Allerdings entsteht dabei am Ort eines Befestigungspunktes 12 für ein Zugglied 11 eine erhebliche Beanspruchung (beispielsweise zusätzliche Biegemomente) im Druckglied 3, was wiederum unerwünscht ist.

[0011] Fig. 2b zeigt eine mögliche Anordnung der Zugglieder 11 in einem Träger 10' gemäss der WO 2005/042880, wobei im durch den Fachmann zu bestimmendem Abstand und in symmetrischer Anordnung zu einander, jeweils von einem gemeinsamen Befestigungspunkt 13 ausgehend, mehrere Zugglieder 11 bündelförmig angeordnet sind. Diese Anordnung erscheint geeignet, die oben erwähnte unerwünschte Beanspruchung im Druckglied 3 zu reduzieren, da sich der Angriff der Zugglieder 11 auf eine kleine, dem Befestigungspunkt 13 gegenüberliegende Strecke verteilt. Die Reduktion ist aber nur lokal.

[0012] Der Fachmann erkennt aus der Offenbarung der WO 2005/042880, dass im Abstand a voneinander angeordnete Zugglieder 11 die Tragfähigkeit des Trägers 1 im Fall einer asymmetrischen Last vorteilhaft vergrössert, da das Druckglied 3 reduziert knickgefährdet ist. (An dieser Stelle sei angefügt, dass das Zugglied 4' in Fig. 2b ebenfalls als Balken ausgebildet ist, damit dieses auch eine von unten angreifende Last 6' tragen könnte, wobei dann das Druckglied 3 auf Zug beansprucht würde).

[0013] Nachteilig an der Anordnung gemäss der WO 2005/042 880 ist jedoch, dass sich das pneumatische System nach wie vor unter Last stark deformiert. Insbesondere ein als Seil ausgebildetes Zugglied (aber auch ein als langer, dünner Stab ausgebildetes Zugglied) und der pneumatische Körper 2 ermöglichen Bewegungen, die im Lastfall trotz genügender Tragfähigkeit zu einer grossen Deformation des Trägers führen, sei dies bei einer Flächenlast und, verstärkt, bei einer asymmetrisch angreifenden Last, etwa im Fall einer befahrenen Brücke. Die Zugglieder 11 gemäss der WO 2005/042 880 dämpfen zwar die Neigung zum Knicken des Druckglieds 3, 4' stark, führen aber wiederum lokal zum Anheben des Zugglieds 4, was wiederum einer Deformation des ganzen Trägers 10' Vorschub leistet und letztlich den gewünschten Erfolg betreffend Knicken des Druckglieds 3 wieder reduziert. Diese Deformation bzw. Durchbiegung des Trägers 10, 10' stellt insbesondere bei einer Ausbildung als Brücke ein Problem dar (auch bei Dächern beispielsweise bei Sturm), nicht zuletzt wegen der Gefahr von Schwingungen, wie dies beispielsweise bei der biegeweichen Millennium Bridge in London der Fall war. Dabei versteht es sich von selbst, dass generell Brücken oder Träger für die Aufnahme von Lasten vorteilhafterweise so steif wie möglich ausgebildet sind, da damit benachbarte Strukturen nicht auf die entsprechenden Bewegungen hin ausgelegt sein müssen, wie es etwa bei der Beplankung oder Fahrbahn einer Brücke oder den durch einen Träger gestützten Strukturen der Fall ist. Im Gegenteil kann, wie am Beispiel der Millennium Bridge erwähnt, zu grosse Weichheit eines Trägers dazu führen, dass er trotz an sich genügender Belastbarkeit für den vorgestellten Zweck nicht einsetzbar ist.

[0014] Entsprechend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen pneumatischen Träger mit verbesserter Steife bereit zu stellen.

[0015] Diese Aufgabe wird durch einen Träger gemäss den kennzeichnenden Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

[0016] Dadurch, dass sich das Verbindungselement zwischen dem Druckglied und dem Zugglied zic-zack förmig über jeweils mehrere Verbindungspunkte hin erstreckt, kann Druck vom Druckglied in das Zugglied abgeleitet werden (obschon die Verbindungselemente als Zugglieder ausgebildet sind), so dass zwischen dem Druckglied und dem Zugglied Schubspannungen aufgenommen werden können, analog zu den Schubspannungen im Steg eines Doppel-T-Trägers. Die erfindungsgemässe Anordnung versteift entsprechend einen pneumatischen Träger beispielsweise um das Fünffache, oder, im Fall der relevanten asymmetrischen Last um das zehnfache, wie dies weiter unten an anhand einer Simulationsrechnung gezeigt wird.

[0017] Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert.

[0018] Es zeigt:

- Fig. 1 schematisch einen spindelförmigen Träger gemäss dem Stand der Technik,
- Fig. 2a schematisch den Träger von Fig. 1 mit vertikalen Zuggliedern,
- Fig. 2b schematisch die Anordnung von Zuggliedern gemäss dem Stand der Technik in einem Abschnitt eines pneumatischen Trägers,
- Fig. 3 schematisch eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Trägers,
- Fig. 4a und 4b schematisch weitere Ausführungsformen eines erfindungsgemässen, aus Modulen bestehenden Trägers,
- Fig. 5a und 5b schematisch eine Ausführungsform zur Festlegung des Verbindungselements an einem Druckglied oder an einem Zugglied,
- Fig. 6a eine weitere, besonders als transportable Brücke für Fahrzeuge geeignete Ausführungsform in einem Längsschnitt,
- Fig. 6b einen Querschnitt an der Stelle AA durch die Ausführungsform von Fig. 6a
- Fig. 7 schematisch die Verbindung zwischen dem flexiblen und starren Teilen der Ausführungsform gemäss Fig. 6a,
- Fig. 8a den für eine Vergleichsrechnung verwendete pneumatische Träger gemäss dem Stand der Technik,
- Fig. 8b den für die Vergleichsrechnung verwendete pneumatische Träger gemäss der vorliegenden Erfindung, und
- Fig. 9 vier Diagramme mit einem Vergleich der Deformationen des Druckglieds und des Zugglieds zwischen dem pneumatischen Träger gemäss dem Stand der Technik und gemäss der vorliegenden Erfindung, wobei einmal eine Last symmetrisch und einmal eine Last asymmetrisch am jeweiligen Träger angreift.

[0019] Fig. 3 zeigt schematisch eine Ausführungsform eines erfindungsgemässen Trägers 20. Endknoten 21, 22 schliessen eine Anzahl von pneumatischen Druckkörpern 23 zwischen sich ein und bilden eine betriebsfähige Verbindung zwischen dem Druckglied 24 und dem Zugglied 25, die auf gegenüberliegenden Seiten an den Druckkörpern 23, entlang deren Länge, anliegen. Die Druckkörper 23 halten unter Betriebsdruck das Druckglied 24 und das Zugglied 25 betriebsfähig im Abstand von einander. Die durch die Endknoten 21, 22 bewirkte Verbindung zwischen dem Druckglied 24 und dem Zugglied 25 ist derart, dass die im Druckglied 24 wirkenden Druckkräfte in das Zugglied 25, und auch umgekehrt, eingeleitet und so von diesem aufgenommen werden können.

[0020] Ein Verbindungselement 26 ist über Verbindungspunkte 27, 27', 27'' an mehreren Stellen am Druckglied 24, am Zugglied 25 und ebenso an den Endknoten 21, 22 betriebsfähig festgelegt, derart, dass es sich zickzackförmig über wenigstens mehrere Verbindungspunkte 27, 27', 27'' des Druckglieds 24 und des Zugglieds 25 erstreckt, in der gezeigten Ausführungsform lückenlos vom Endknoten 21 bis zum Endknoten 22.

[0021] Ebenso verläuft in der gezeigten bevorzugten Ausführungsform ein weiteres Verbindungselement 28 über weitere Verbindungspunkte 29 zickzackförmig durch den Träger 20, bevorzugt vom Endknoten 21 bis zum Endknoten 22. Die Verwendung mehrere Verbindungselemente 26, 28 ergibt geringere Abstände zwischen den entsprechenden Verbindungspunkten 27 bis 27'' und 29 am jeweiligen Druckglied 24 oder Zugglied 25, mit dem Vorteil, dass sich die Knicklast des Druckglieds 24 erhöht, da die massgebende Länge durch den Abstand der Verbindungspunkte 27, 28 gegeben ist. Bevorzugt sind die Verbindungselemente 26 und 28 zu einander versetzt angeordnet, wie dies in der Figur gezeigt ist, nämlich so, dass die ihnen zugordneten Verbindungspunkte 27 bis 27'' und 29 einander jeweils gegenüberliegen.

[0022] Die Endknoten 21, 22 sind starr ausgebildet und an einer äusseren Struktur wie etwa dem Untergrund oder an einem anderen Bauteil abgestützt. Gemäss der Figur sind sie so gross ausgebildet, dass ihre Höhe der Höhe des Anschliessenden pneumatischen Druckkörpers 23 entspricht. Wesentlich ist, dass sie das Druckglied 24 mit dem Zugglied 25 derart verbinden, dass diese den durch sie ausgeübten Druck bzw. Zug in das jeweils andere Glied (Zugglied 25 bzw. Druckglied 24) einleiten können. Entsprechend können die Endknoten, wie in den nachstehend beschriebenen Figuren oder auch wie in Fig. 1 gezeigt kleiner bzw. so ausgebildet sein, dass beispielsweise das Zugglied direkt am Ende des Druckglieds angreift.

[0023] Das Druckglied 24 überträgt im Wesentlichen axialen Druck und ist entsprechend als Druckstab ausgebildet, während das Zugglied 25 axialen Zug überträgt und damit flexibel ausgebildet sein kann, beispielsweise als Seil. Natürlich ist es auch möglich, das Zugglied 25 als Stab auszubilden, dann aber so, dass dieser die im Betrieb entstehende Zugbelastung tragen kann.

[0024] Einander benachbarte Druckkörper 23 stossen unter Betriebsdruck mit ihren rechten und linken Stirnseiten 30, 31 aneinander, so dass sich die Wirkung eines einzigen, sich durchgehend von Endknoten 21 zu Endknoten 22 über eine Länge erstreckenden pneumatischen Druckkörpers ergibt, der als solcher ebenfalls erfindungsgemäss ist. Die in der Figur gezeigten, mehren Druckkörper 23 sind leichter montier- bzw. demontierbar und erlauben, wie weiter unten gezeigt, den Träger 20 aus Trägermodulen zusammensetzen, was wiederum Vorteile für den Transport und die Lagerung haben kann. Weiter halten die Druckkörper 23 betriebsfähig das Druckglied 24 und das Zugglied 25 im Abstand von einander, im Ruhezustand und im Fall, dass eine Last P auf den Träger wirkt.

[0025] Druckkörper der gezeigten Art sind dem Fachmann an sich bekannt, sie können beispielsweise textil ausgebildet und mit einer gasdichten Beschichtung versehen sein.

[0026] Wie erwähnt verläuft das Verbindungselement 26 zickzackförmig durch die Länge des Trägers 20 hindurch, von Verbindungspunkt 27 zu Verbindungspunkt 27 und, im Fall weiterer Verbindungselemente, beispielsweise das Verbindungselement 28 von Verbindungspunkt 29 zu Verbindungspunkt 29. Bevorzugt sind damit mehrere sich zickzackförmig durch den Träger erstreckende Verbindungselemente vorgesehen, wobei diese an je eigenen Befestigungspunkten angreifen.

[0027] Das Verbindungselement 26, 28 wird durch den Betriebsdruck in den Druckkörpern 23 vorgespannt, ist also ein Zugglied und kann entsprechend flexibel, bevorzugt als Seil ausgebildet sein. Weiter ist das Verbindungselement 26, 28 bevorzugt als durchgehendes Zugglied (Seil oder Kette etc.) ausgebildet. Ebenso ist es aber erfindungsgemäss, dass es aus einzelnen Abschnitten 32 besteht, welche bloss von einem Verbindungspunkt 27 oder 29 zu einem anderen Verbindungspunkt 27 oder 29 laufen. Dann ist es ebenfalls erfindungsgemäss, solche Abschnitte 32 beispielsweise als (Zug)Stäbe auszubilden. Es ergibt sich, dass das Verbindungselement 26, 28 in einzelne Abschnitte 32 aufgeteilt sein kann, die sich jeweils von einem Befestigungspunkt 27, 29 am Druckglied 24 zu einem zugeordneten Befestigungspunkt 27, 29 am Zugglied 25 (oder umgekehrt) erstrecken.

[0028] Die Verbindungspunkte 27, 29 sind bevorzugt derart ausgebildet, dass das Verbindungselement 26, 28 (oder deren einzelne Abschnitte 32) direkt am Druckglied 24 oder am Zugglied 25 festgelegt sind. Denkbar ist es aber auch, dass die Festlegung am Druckkörper 23 erfolgt, da, wie dies nachstehend näher beschrieben ist, die durch die unter Betriebsdruck stehenden Druckkörper 23 erzeugte Vorspannung im Verbindungselement 26, 28 den Effekt gemäss der vorliegenden Erfindung erzeugt.

[0029] Bevorzugt sind die Verbindungspunkte 27, 29 derart ausgebildet, dass sich im Betrieb die Längsachsen der Abschnitte 32 bzw. der entsprechenden Abschnitte des durchgehend ausgebildeten Verbindungselements 26, 28 im Wesentlichen im Bereich (bevorzugt auf der neutralen Achse) des Druckglieds 24 und des Zugglieds 25 schneiden. Wenigstens im

Fall eines als Seil ausgebildeten Zugglieds 25 kann dies auf Grund von Toleranzen und Verschiebungen im montierten Träger 20 nicht immer exakt zutreffen, ist aber anzustreben, da sonst die an sich erreichbare Steife des Trägers 20 nicht vollständig realisiert werden kann. Damit schneiden sich bevorzugt die Längsachsen von zwei am selben Verbindungspunkt 27, 29 angreifenden Verbindungselementen 26, 28 im Wesentlichen im Inneren des Druckglieds und/oder des Zugglieds.

[0030] Stehen die Druckkörper 23 unter Betriebsdruck wird, wie erwähnt, das Verbindungselement 26, 28 vorgespannt. Unter der Wirkung einer beispielsweise am Ort des Verbindungspunkts 27' einwirkenden Last P wird diese Vorspannung am Ort des betroffenen Verbindungspunkts 27' reduziert, derart, dass nur noch ein entsprechend reduzierter Zug in die gegenüberliegenden Verbindungspunkte 27'' eingeleitet wird. Dies wiederum hat zur Folge, dass am Ort der Verbindungspunkte 27 das Zugglied 25 die durch den Innendruck der Druckkörper 23' erzeugten Kräfte vermehrt aufnehmen muss, die in ihm wirkenden axialen Zugkräfte also erhöht werden.

[0031] Diese Wirkung ist dieselbe, wie wenn über die Abschnitte 32' Druck in die Verbindungspunkte 27'' eingeleitet würde - das Verbindungselement 26 bzw. dessen Abschnitte 32', 32'' sind deshalb letztlich als Zugelemente ausgebildete Druckstreben, welche im Träger 20 wirkende Querkräfte, d.h. den entsprechenden Schub aufnehmen, so dass der Träger 20 steif wird. Die Wirkung des Verbindungselements 26 entspricht beispielsweise derjenigen des Stegs im Doppel - T Träger, welcher durch eine Last erheblich Schubbelastet ist und damit dem Doppel-T-Träger seine Steife verleiht.

[0032] Die pneumatischen Träger gemäss dem Stand der Technik können diesen Schub nicht aufnehmen, sind deshalb biegeweich und zeigen im Lastfall die entsprechenden Deformationen (s. unten zu den Fig. 9a bis 9c, die einen Vergleich der Deformation eines erfindungsgemässen mit einem Träger gemäss dem Stand der Technik zeigen).

[0033] Dies trifft auch zu auf den Träger gemäss der WO 2007/071 101 der einen biegeweichen, längsverlaufenden Steg aufweist: der Steg ist vertikal vorgespannt, nicht aber horizontal; es existieren keine horizontalen Komponenten der durch den Innendruck im Steg erzeugten Vorspannkräfte. Selbst wenn horizontale Kraftkomponenten aufträten, würde der Steg sich bei der entsprechenden, schrägen Beanspruchung (Richtung eines Abschnitts 32) verziehen, mit der Folge, dass der Schub vom Steg nicht aufgenommen werden kann. Dies bestätigt sich durch die notwendigerweise vertikale und horizontale Anordnung der Fäden des gezeigten textilen Stegs: in schräger Richtung ist der Steg vollkommen nachgiebig, da sich das durch die Fäden gebildete quadratische Gitter zu einem parallelogrammartigen Gitter verziehen würde.

[0034] Wird, der Einfachheit halber immer noch in unserem Doppel-T-Träger, ein Volumenelement des Stegs näher betrachtet, führen die durch die Querkraft erzeugten Schubspannungen zu einer Scherung am Volumenelement in vertikaler Richtung. Da das Volumenelement im Gleichgewichtszustand verharrt, wirken ebenfalls Schubspannungen in horizontaler Richtung, mit der Folge, dass die Resultierenden dieser Schubspannungen in der Diagonale des Volumenelements liegen, welche 45° geneigt ist zur Vertikalen bzw. zur Längsachse des Trägers 20, zu welcher die Last P wiederum senkrecht angreift.

[0035] Damit folgt, dass bevorzugt die Abschnitte 32 des Verbindungselements 26, 28 im Winkel von 45° zur Längsachse des Trägers 20 geneigt sind, da dann der durch die Querkraft aufgenommene Schub optimal aufgenommen und damit der Träger 20 maximal versteift wird. Mit anderen Worten ist es so, dass bevorzugt die zwischen zwei zugeordneten Befestigungspunkten 27', 27'' angreifenden Abschnitte 32 des wenigstens einen Verbindungsglieds 26 zur Längsachse des Trägers 20 im Wesentlichen 45° geneigt sind.

[0036] Im Fall einer nicht vertikal wirkenden Last kann der Fachmann die Neigung der Abschnitte 32 entsprechend optimieren.

[0037] Eine volle Wirkung des Verbindungselements 26, 28 setzt voraus, dass dieses möglichst wenig dehnbar, also hart ausgebildet ist, wie dies etwa bei dünnen Drahtseilen der Fall ist. Damit lässt sich die Aufgabe gemäss der vorliegenden Erfindung erfüllen: der erfinderische pneumatische Träger besteht nach wie vor aus Teilen, die für den Transport oder die Lagerung nur minimalstes Volumen aufweisen, kaum Gewicht aufweisen, kann aber erhebliche auch asymmetrisch bzw. punktuell wirkende, vergleichsweise äusserst grosse Lasten mit auf 10% oder noch weniger reduzierter Deformation aufnehmen – s. dazu die Beschreibung zu den Fig. 9a bis 9c.

[0038] Aus der vorliegenden Beschreibung ergibt sich damit generell ein pneumatischer Träger mit einem unter Druck setzbaren, beispielsweise aufblasbaren Körper, der unter Betriebsdruck ein sich im Wesentlichen über seine Länge erstreckendes Druckglied und ein ebenfalls über seine Länge sich erstreckendes Zugglied betriebsfähig voneinander im Abstand hält, wobei am Druckglied und am Zugglied Verbindungspunkte für wenigstens ein sich zwischen dem Druckglied und dem Zugglied erstreckendes, zugbelastbares Verbindungselement vorgesehen sind, und wobei sich das Verbindungselement zwischen dem Druckglied und dem Zugglied zickzackförmig über jeweils mehrere Verbindungspunkte sowohl im Bereich des Druckglieds als auch im Bereich des Zugglieds erstreckt.

[0039] Bevorzugt erstreckt sich das wenigstens eine Verbindungselement durchgehend durch den Träger hindurch, über die ganze Länge des unter Druck setzbaren Bereichs. Ist dies nicht der Fall, wird nur ein Teilbereich des pneumatischen Trägers erfindungsgemäss versteift, so dass sich beispielsweise im Träger ein durch eine lokal begrenzte biegeweiche Stelle erzeugtes Gelenk ergibt, das Sinn machen kann, wenn es dort mit einer sich bewegenden Struktur verbunden werden soll. Solch ein Gelenk wird aber erkaufte durch nicht mehr optimale Eigenschaften des ganzen Trägers und deshalb vom Fachmann nur zurückhaltend vorgesehen.

[0040] Die Fig. 4a und 4b zeigen schematisch und im Längsschnitt modifizierte Ausführungsformen eines erfindungsgemässen Trägers 33 (Fig. 4a) und 38 (Fig. 4b). Der Träger 33 ist spindelförmig ausgebildet. Damit ändert der Durchmesser des Trägers 33 über seine Länge, mit der Folge, dass ebenfalls der Abstand der Verbindungspunkte 27, 29 der Verbindungselemente 26, 28 ändert, um diese 45° geneigt zur Längsachse des Trägers 33 zu halten. Dies ist ebenfalls der Fall beim Träger 38, der sich dank seiner gekrümmten Längsachse bogenförmig aufspannt und entsprechend geeignet ist, eine Überdachung für das unter ihm liegende Gebiet zu bilden.

[0041] Fig. 5a zeigt eine bevorzugte Ausbildung eines Verbindungspunktes 27, 29 für ein durchgehend ausgebildetes Verbindungselement 26, 28. Ein Gegenstück 40 ist mit Hilfe von durch einen Strich angedeuteter Bolzen 41 mit einem Bodenstück 42 verbunden und hält so das Verbindungselement 26, 28 in fixierter Lage. Gestrichelt angedeutet sind dessen Längsachsen, die sich, wie oben erwähnt, am Ort des Druckglieds 24 (oder Zugglieds 25) schneiden. Das Bodenstück 42 wiederum ist über eine Halteplatte 43 gasdicht gegenüber dem Druckkörper 23 fixiert. Fig. 5b zeigt einen Querschnitt durch den Verbindungspunkt 27, 28 von Fig. 5a.

[0042] Fig. 6a zeigt einen Längsschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemässen Trägers 50, der als Brücke ausgebildet ist. Der Träger 50 ist spindelförmig aufgebaut, mit im Wesentlichen geradem Druckglied 51 (günstig im Hinblick auf die Knicklast) und bogenförmigem Zugglied 52, dessen zwischen den Verbindungspunkten 55, 56 gelegene Abschnitte auch als Zugstäbe ausgebildet sein können. Zwei Verbindungselemente 57, 58 erstrecken sich der Länge nach durch den Träger 50 vom einen Endknoten 59 zum anderen Endknoten 60. Drei pneumatische Druckkörper 61 bis 63 stossen stirnseitig mit einer rechten Stirnseite 65, 66 und einer linken Stirnseite 67 bis 68 aneinander, während die rechte Stirnseite 64 des Druckkörpers 61 und die linke Stirnseite des Druckkörpers 63 an den Endknoten 59, 60 nicht anstossen.

[0043] Das Druckglied 51 ist zusammengesetzt aus voneinander lösbaren Segmenten 70 bis 72, ebenso das Zugglied 52, welches die Segmente 73 bis 75 aufweist. Alle Segmente 70 bis 72 und 73 bis 75 laufen über die Länge des ihnen jeweils zugeordneten Druckkörpers 61 bis 63, so dass sich voneinander lösbare, jeweils erfindungsgemäss in sich steife Trägermodule 76 bis 78 ergeben (wobei die endseitigen Trägermodule 76 und 78 natürlich ebenfalls von ihren Endknoten 59, 60 lösbar sind).

[0044] Der Träger 50 weist somit mehrere, d.h. zwei, drei oder noch mehr als die beispielhaft gezeigten drei Trägermodule 76 bis 78 auf, in die er zerlegt werden bzw. aus denen er zusammengesetzt werden kann, was wiederum Vorteile im Hinblick auf Lagerung, Transport und Montage bzw. Demontage bringt.

[0045] Die einzelnen Module werden mit einander verbunden, indem die jeweiligen Segmente 70 bis 72 des Druckglieds 51 und die jeweiligen Segmente 73 bis 75 des Zugglieds 52 über die Verbindungsstellen 80 bis 87 an einander betriebsfähig festgelegt werden. Dies kann über eine einfache Verschraubung geschehen oder über eine andere vom Fachmann zu bestimmende Art, wie beispielsweise ein Gelenk, welches eine Verschwenkung der Segmente gegeneinander erlaubt aber Druck- und Zugkräfte überträgt. Ebenso werden die endseitigen Module 76, 78 mit den zugeordneten Endknoten 59, 60 verbunden, wobei der Endknoten 59 über die Verbindungsstellen 80, 84 die zugeordneten Segmente 70, 73 und der Endknoten 60 über die Verbindungsstellen 83, 87 die zugeordneten Segmente 72, 75 derart mit einander verbindet, dass die im Druckglied 51 wirkenden Druckkräfte und die im Zugglied 52 wirkenden Zugkräfte in das jeweils andere Glied 52, 51 eingeleitet werden können. Dazu können die Endknoten 59, 60 auch nur über die Verbindungsstellen 80, 84 und 83, 87 an den zugehörigen Segmenten 70, 73 und 72, 75 angelenkt sein.

[0046] Wie erwähnt stossen im montierten Zustand die Druckkörper 61 bis 63 stirnseitig an einander, was die Wirkung eines einzigen, durchgehenden Druckkörpers erzeugt.

[0047] Durch die im montierten Zustand feste Verbindung der Segmente 70 bis 72 und 73 bis 75 ergibt sich ein erfindungsgemäss durchgehend steifer Träger 50, dessen Biegesteife durch die modulare Bauweise im Vergleich zu einem nicht modular aufgebauten Träger nicht geschwächt ist. Bevorzugt sind dann die Verbindungselemente 57, 58 derart in Abschnitte unterteilt, dass sie sich nicht über eines der Module 70 bis 72 hinaus erstrecken. Dann greifen an Verbindungsstellen 81, 82, 85, 86, die jeweils zwei Trägermodulen 76, 77 oder 77, 78 zugeordnet sind, jeweils die entsprechenden zwei Abschnitte der Verbindungselemente 57, 58 an. Andererseits können natürlich auch bei Verwendung von Trägermodulen die Verbindungselemente durchgehend ausgebildet sein, oder aus einer Anzahl Abschnitte bestehen, die jeweils nur von einem Verbindungspunkt zum anderen Verbindungspunkt reichen.

[0048] Fig. 6b zeigt einen Querschnitt durch den Träger 50 von Fig. 6a in der Ebene AA des Trägermoduls 77. Ersichtlich ist der aus den flexiblen Seitenabschnitten 90, 91 und dem oberen 92 und unteren Abschnitt 93 zusammengesetzte, unter Betriebsdruck stehende Druckkörper 62, wobei der obere und untere Abschnitt 92, 93 hier steif, aber elastisch genug ausgebildet sind, um den erfindungsgemäss geringen (aber natürlich noch vorhandenen) Lastdeformationen des Trägers 50 nachgeben zu können. Der obere Abschnitt 92 trägt das Segment 71 des Druckglieds 51, der untere Abschnitt 93 das Segment 74 des Zugglieds 52, welche Segmente 71, 74 beispielsweise aus einem dünnen Blech geformt sein können und derart eine Fahrbahn bilden oder wenigstens eine Auflage für eine geeignete Beplankung.

[0049] Die Verbindungen 95 zwischen den Seitenabschnitten 90, 91 und den oberen und unteren Abschnitten 92, 93 sind gasdicht und in Fig. 7a näher dargestellt.

[0050] Im Inneren des Druckkörpers 62 verlaufen Seite an Seite vier Sätze von Verbindungselementen 57, 58, deren Verlauf gestrichelt angedeutet und deren Schnittstellen 95 (Verbindungselemente 57) und 96 (Verbindungselemente 58) mit der Ebene AA ersichtlich sind.

[0051] Die Verbindungselemente 57, 58 sind an den symbolisch angedeuteten Verbindungspunkten 56, 57 festgelegt, beispielsweise gemäss Fig. 5a.

[0052] Aus der Figur ist insbesondere ersichtlich, dass mehrere Sätze von Verbindungselementen 57, 58 seitlich nebeneinander geführt werden können, was erlaubt, einen überbreiten Träger 50 auszubilden. Dies ist vorteilhaft, wenn beispielsweise für eine Brücke zwei neben einander angeordnete Träger vorzusehen wären, deren Zwischenraum über eine Beplankung gedeckt werden müsste: im Fall des Trägers 50 mit einem wie in Fig. 6b ausgebildeten Querschnitt kann der Lager- Transport- und Montageaufwand gegenüber einer konventionellen Ausbildung mit zwei Trägern vorteilhaft gesenkt werden.

[0053] Bevorzugt ist es auch möglich, dass der Fachmann die Segmente 70 bis 72 und 73 bis 75 gasdicht ausbildet, so dass der obere 92 und untere Abschnitt 93 weggelassen werden können, womit dann die Druckkörper 61 bis 63 die flexiblen Randabschnitte 90, 91 und die (steifen) Segmente 70 bis 72 und 73 bis 75 aufweisen. Alternativ können natürlich die unteren Segment 73 bis 75 des Zugglieds 52 als Seile ausgebildet werden, welche dann gemäss dem in der Figur gezeigten Ausführungsbeispiel vierfach neben einander laufen würden, und je mit einem zugeordneten Satz von Verbindungselementen 57, 58 betriebsfähig verbunden wären.

[0054] Fig. 7 zeigt schematisch die Verbindungsstelle 95 zwischen dem flexiblen Randabschnitt 91 und dem oberen Abschnitt 92, wobei der flexible Randabschnitt über eine Klemmstelle 97 gehalten ist. Die Klemmstelle 97 weist bevorzugt einen symbolisch angedeuteten Bolzen 98 auf, welcher eine Gegenplatte 99 am (hier steifen) oberen Abschnitt 92 fixiert. Die Längskante 100 des flexiblen Randabschnitts 91 wird durch einen über ein Seil 101 umgeschlagenen Endabschnitt 102 des flexiblen Abschnitts 91 verdickt und kann so nicht mehr durch die Klemmstelle 97 zurückrutschen, ist damit durch die Klemmung gasdicht fixiert. Der Fachmann kann alle Verbindungsstellen 95 auf diese Weise oder auf andere geeignete Art ausbilden.

[0055] Fig. 8a zeigt einen Träger 105 gemäss dem Stand der Technik, mit einem Druckkörper 106 und darin verlaufenden, im Abstand a voneinander angeordneten, vertikalen Zuggliedern 107. Endknoten 108, 109 verbinden betriebsfähig ein Druckglied 110 mit einem Zugglied 111.

[0056] Fig. 8b zeigt einen erfindungsgemässen Träger 115 mit einem Druckkörper 122, der sich vom Träger 105 (Fig. 8a) durch seine zickzackförmig verlaufenden Verbindungsglieder 116, 117 unterscheidet. Endknoten 118, 119 verbinden betriebsfähig ein Druckglied 120 mit einem Zugglied 121.

[0057] Eine Deformationsrechnung der Anmelderin für beide Träger 105, 115 mit einmal einer mittig angreifende Last P_m und dann mit einer seitlich angreifende Last P_s hat die in den Diagrammen der Fig. 9a bis 9c dargestellten Deformationen ergeben.

[0058] Beide Träger 105, 115 weisen für die vergleichende Deformationsrechnung dieselben Dimensionen auf:

- Länge $L = 20$ m, Höhe $H = 2$ m, Last $P_{m,s} = 200$ kN,
- Druckglied 110, 120 und Zugglied 111, 121 aus Stahl, Trägheitsmomente je $I = 2 \times 10^7$ mm⁴, Querschnittsfläche je $F = 7000$ mm², Breite Druckglied 110, 111 und Zugglied 111, 121 je $b = 1.0$ m,
- Innendruck im Druckkörper 106, 122 $p = 50$ kN/m², woraus eine Vertikalkraft auf das Druckglied 110, 120 und das Zugglied 111, 121 von $q = pa = 50$ kN/m² folgt,
- Querschnittsfläche der vertikalen Zugglieder 107 und der Verbindungsglieder 116, 117 je $D = 900$ mm², und
- Angriffspunkt der Last P_m im Abstand von 10 m und für die Last P_s im Abstand von 6 m vom linken Endknoten 108 der Träger 105, 115.

[0059] Die Fig. 9a bis 9c zeigen Diagramme 120 bis 123 mit den Deformationen der Träger 105, 115, wobei der Vergleich einmal bei mittig angreifender Last P_m erfolgt, s. die Diagramme 120 und 121 und dann bei asymmetrisch angreifender Last P_s , s. die Diagramme 122 und 123. Dabei zeigt ein Diagramm entweder die Biegelinie der Druckglieder 110, 120 (Diagramme 120 und 122) oder die Biegelinie der Zugglieder 111, 121 (Diagramme 121, 123).

[0060] Diagramm 120 zeigt die Verformung der Druckglieder 110, 120 der Träger 105, 115 unter der Last P_m , wobei prägnant das Druckglied 110 des Trägers 105 gemäss dem Stand der Technik am Ort der angreifenden Last P_m um 107 mm nach unten verschoben wird, das Druckglied 120 des erfindungsgemässen Trägers 115 jedoch nur noch um 21 mm. Ebenso ist ersichtlich, wie sich das Druckglied 110 des Trägers 105 nach dem Stand der Technik seitlich emporwölbt, das Druckglied 115 jedoch nicht.

[0061] Diagramm 121 zeigt für die Verformung der Zugglieder 111, 121 für die mittig angreifende Last P_m , wobei deren Verformung derjenigen der Druckglieder 110, 120 gemäss Diagramm 120 sehr ähnlich ist, was auf die Wirkung der im Abstand a angeordneten Zugglieder 107 zurückzuführen sein dürfte.

[0062] Prägnant ist über die sehr ähnliche Deformation der Druck- und Zugglieder der beiden Träger (Stand der Technik - Erfindung) hinaus die massiv verminderte Durchbiegung überhaupt, die beim erfindungsgemässen Träger 115 noch ca. 20% derjenigen des Trägers 105 gemäss dem Stand der Technik ausmacht – was eine Folge der erfindungsgemässen Anordnung der Verbindungselemente ist.

[0063] Die Diagramme 122 und 123 zeigen die Verformung der Druckglieder 110, 120 und der Zugglieder 111, 121 der Träger 105 (Stand der Technik) und 115 (erfindungsgemäss) auf Grund der seitlich angreifenden Last P_s . Erwartungsgemäss sind das Druckglied 110 und das Zugglied 111 des Trägers 105 stark deformiert, mit einer Senke am Ort der Last P_s und einer Aufwölbung in der anderen Hälfte des Trägers 105.

[0064] Überraschenderweise ist die Durchbiegung des Druckglieds 111 und Zugglieds 121 des erfindungsgemässen Trägers 115 aber noch stärker reduziert als im Fall der mittig angreifenden Last P_m ; die Deformation des erfindungsgemässen Trägers 115 wird von 181 mm (Träger 105 nach dem Stand der Technik) auf bloss 20 mm, d.h. auf ca. 10% reduziert, wiederum als Folge der erfindungsgemässen Anordnung der Verbindungselemente.

[0065] Aus den Diagrammen 120 bis 123 ist ersichtlich, dass der erfindungsgemässe Träger 115 die eingangs gestellte Aufgabe löst und insbesondere für asymmetrische Lasten wesentlich biegesteifer ist als die pneumatischen Träger gemäss dem Stand der Technik. Diese Versteifung ergibt sich über die Strecke, in welcher die Verbindungsglieder ununterbrochen im Zick-Zack durch den Träger hindurch geführt werden.

Patentansprüche

1. Pneumatischer Träger mit einem pneumatisch unter Druck setzbaren Körper, der unter Betriebsdruck ein sich im Wesentlichen über seine Länge erstreckendes Druckglied und ein ebenfalls im Wesentlichen über seine Länge sich erstreckendes Zugglied betriebsfähig voneinander im Abstand hält, wobei am Druckglied und am Zugglied Verbindungspunkte für wenigstens ein sich zwischen dem Druckglied und dem Zugglied erstreckendes, zugbelastbares Verbindungselement vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Verbindungselement zwischen dem Druckglied und dem Zugglied zickzackförmig über jeweils mehrere Verbindungspunkte sowohl im Bereich des Druckglieds als auch im Bereich des Zugglieds hin erstreckt.
2. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei sich das wenigstens eine Verbindungselement durchgehend durch den Träger hindurch, über die ganze Länge des unter Druck setzbaren Bereichs erstreckt.
3. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1 oder 2, wobei dieser als Trägermodul ausgebildet ist, das mit einem weiteren Trägermodul derart verbindbar ist, dass diese stirnseitig an einander fixiert sind und die Verbindungsstellen der Druckglieder und der Zugglieder zugleich Befestigungspunkte für das Verbindungselement bilden.
4. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei das Verbindungselement in einzelne Abschnitte aufgeteilt ist, die sich jeweils von einem Befestigungspunkt am Druckglied zu einem zugeordneten Befestigungspunkt am Zugglied erstrecken.
5. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei die Befestigungspunkte am Druckglied und diejenigen am Zugglied einen Abstand derart aufweisen und gegeneinander um jeweils einen halben Abstand versetzt sind, derart, dass sich das Verbindungsglied dem aufblasbaren Körper entlang in einer regelmässigen Zick-Zack Linie erstreckt.
6. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei sich die Längsachsen von zwei am selben Verbindungspunkt angreifenden Verbindungselementen im Wesentlichen im Inneren des Druckglieds schneiden.
7. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei sich die Längsachsen von zwei am selben Verbindungspunkt angreifenden Verbindungselementen im Wesentlichen im Inneren des Zugglieds schneiden.
8. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei sich mehrere sich zickzackförmig durch den Träger erstreckende Verbindungsglieder vorgesehen sind, wobei diese an je eigenen Befestigungspunkten angreifen.
9. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei die zwischen zwei zugeordneten Befestigungspunkten angreifenden Abschnitte des wenigstens einen Verbindungsglieds zur Längsachse des Trägers im Wesentlichen 45° geneigt sind.
10. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei das Verbindungsglied oder ein Abschnitt des Verbindungsglieds als flexibles Zugglied, vorzugsweise als Seil, ausgebildet ist.
11. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei das Zugglied druckbelastbar ausgebildet ist.
12. Pneumatischer Träger nach Anspruch 3, wobei dieser mehrere Trägermodule aufweist.
13. Pneumatischer Träger nach Anspruch 12, wobei dessen Trägermodule gelenkig mit einander verbunden sind, derart, dass der Träger zusammenfaltbar ist, wobei am einen Ende eines steifen Abschnitts das Druckglied am Druckglied des benachbarten steifen Abschnitt und am anderen Ende des steifen Abschnitts das am Zugglied am Zugglied

CH 709 686 A2

des anderen benachbarten steifen Abschnitts angelenkt ist und die jeweils anderen Druckglieder und Zugglieder benachbarter steifere Abschnitte lösbar mit einander verbindbar sind.

14. 14. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei dessen Längsachse gekrümmt ist, derart, dass er bogenförmig ausgebildet ist.
15. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei dieser zusätzlich ein Druckglied oder ein Zugglied mit Befestigungspunkten für ein Verbindungselement aufweist, und sich zwischen diesem zusätzlichen Druckglied oder Zugglied und dem einzigen Zugglied oder Druckglied ein weiteres Verbindungselement zickzackförmig erstreckt.
16. Pneumatischer Träger nach Anspruch 1, wobei dieser zusätzlich ein weiteres Druckglied und ein weiteres Zugglied mit je Befestigungspunkten für ein weiteres Verbindungselement aufweist, das sich zwischen dem weiteren Druckglied und dem weiteren Zugglied diesen entlang zickzackförmig erstreckt.

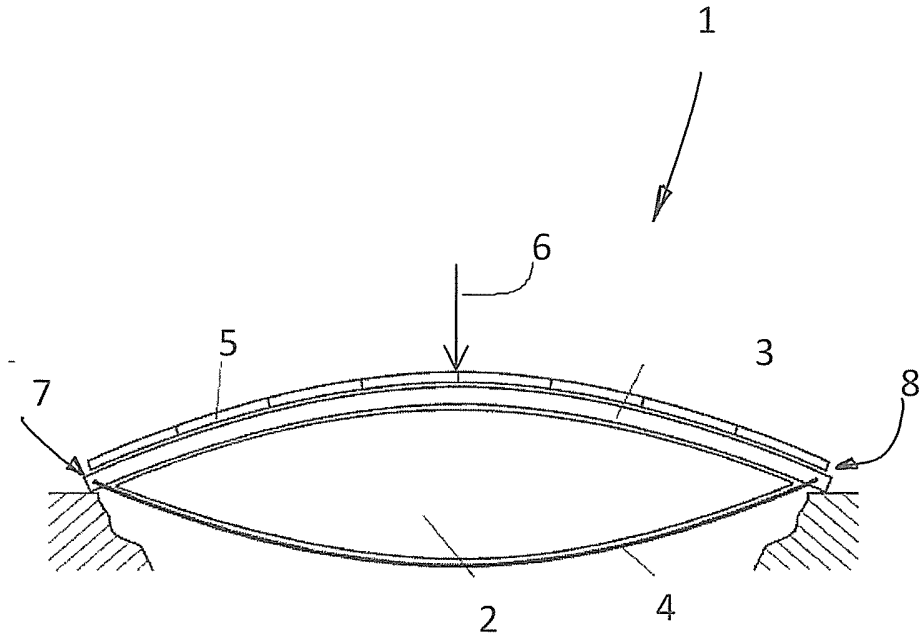


Fig 1

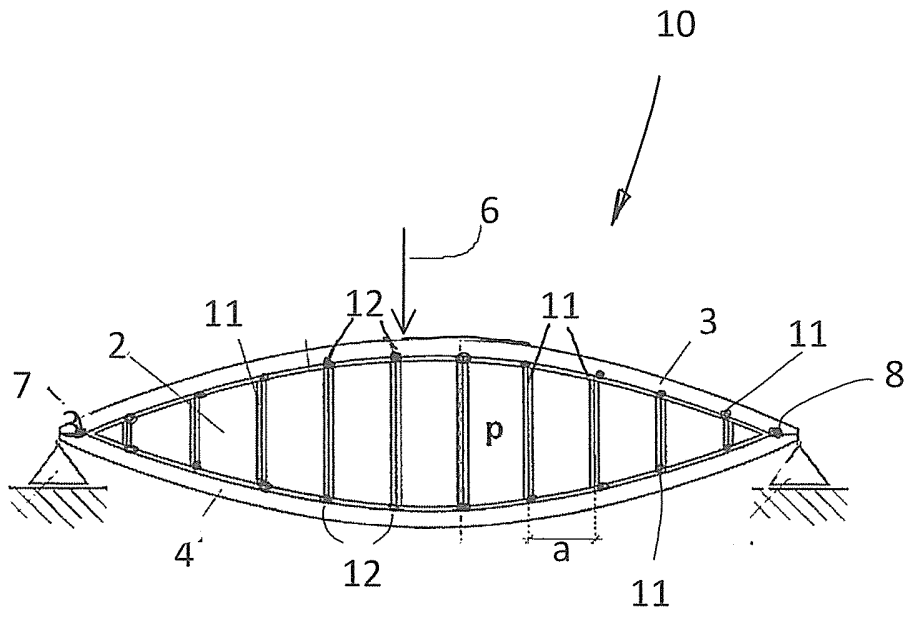


Fig 2a

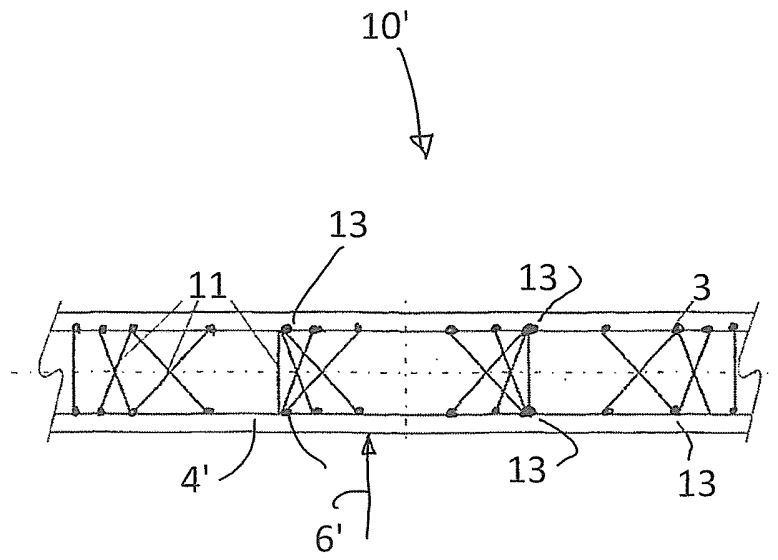


Fig 2b

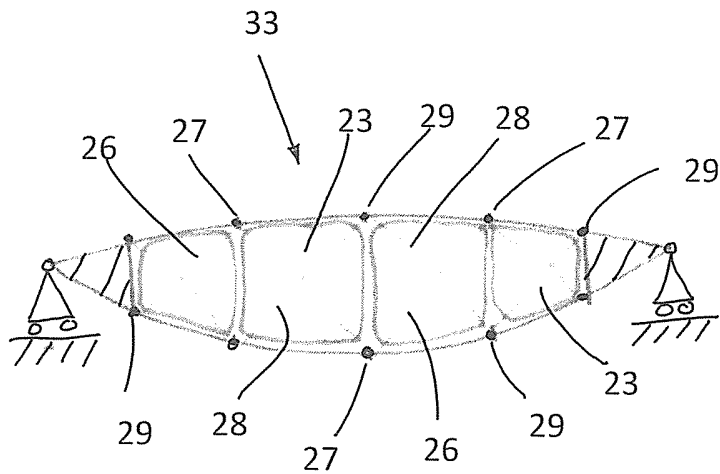


Fig 4a

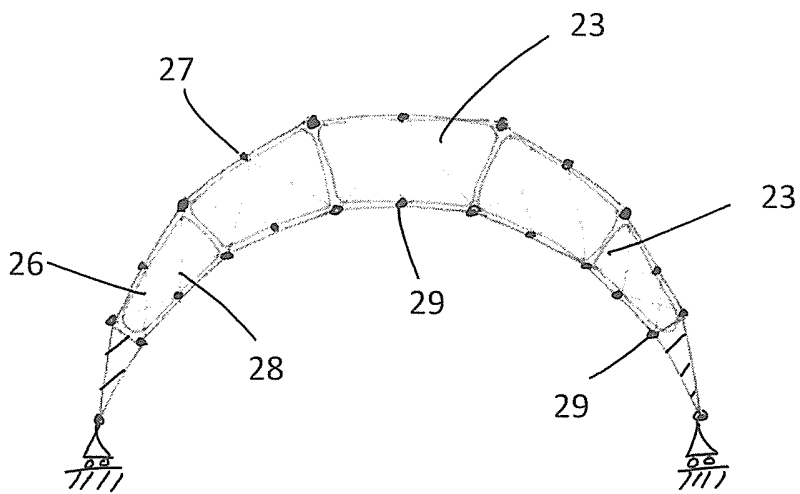


Fig 4b

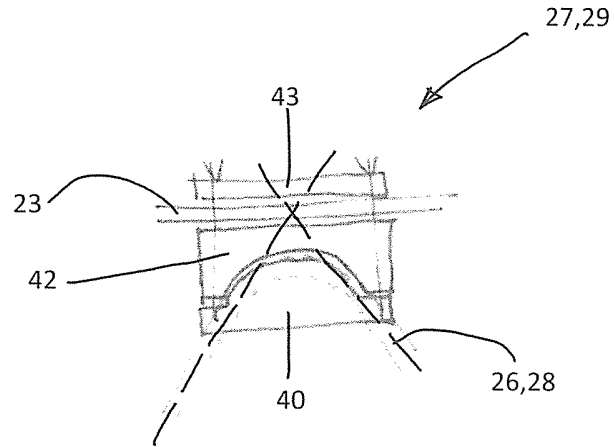


Fig 5a

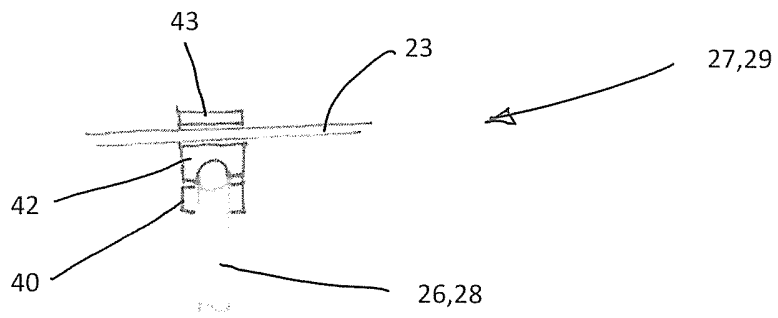
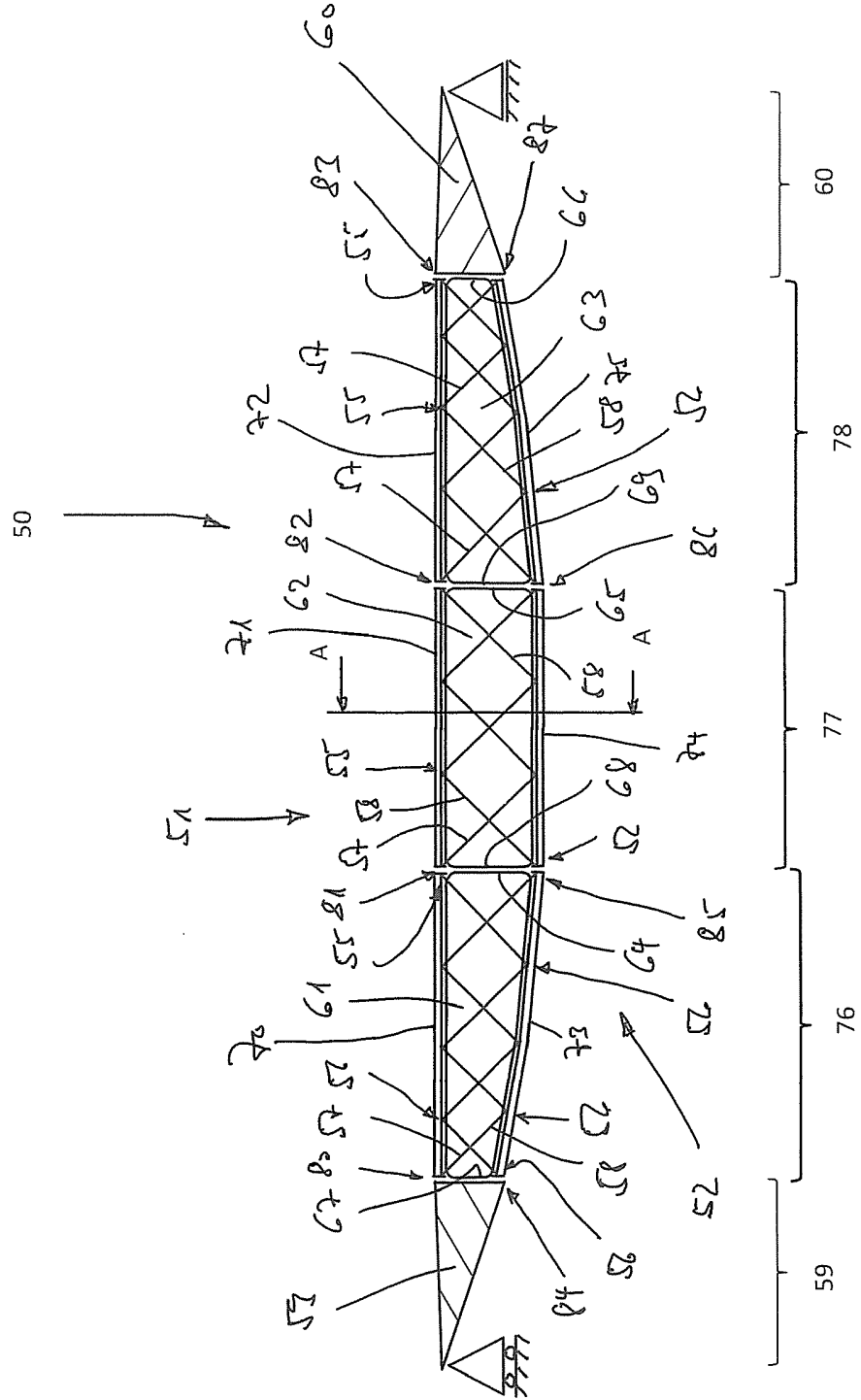


Fig 5b

Fig 6a



12:01

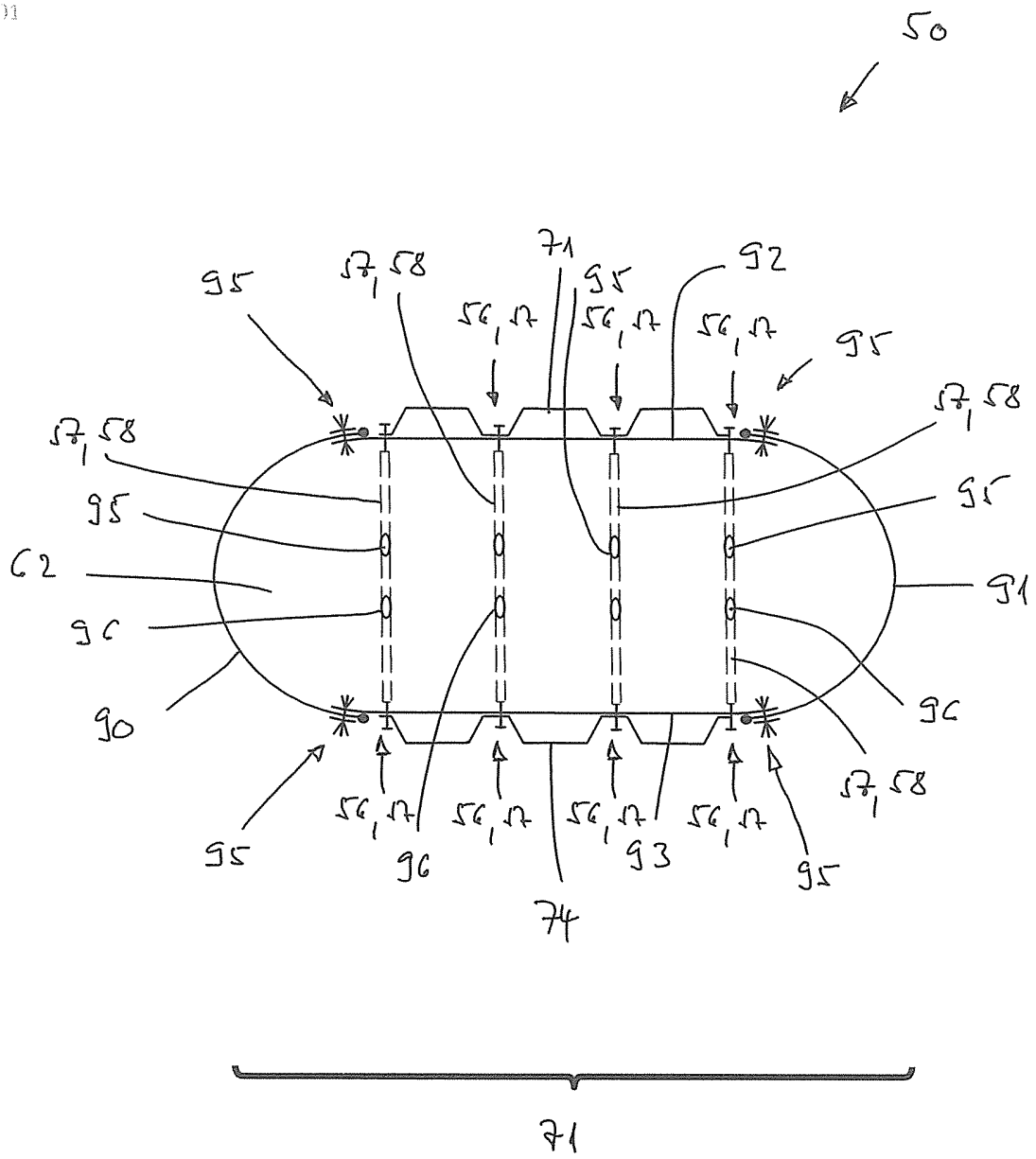


Fig 6b

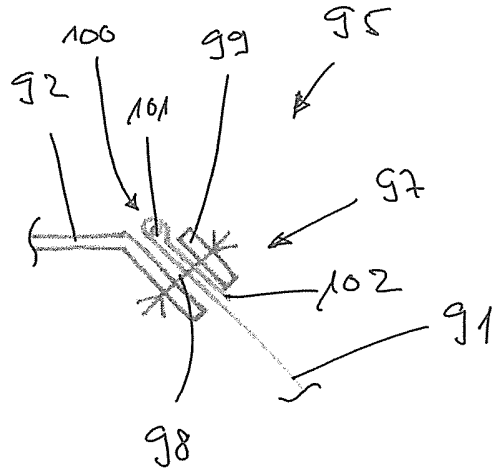


Fig. 7

12.04

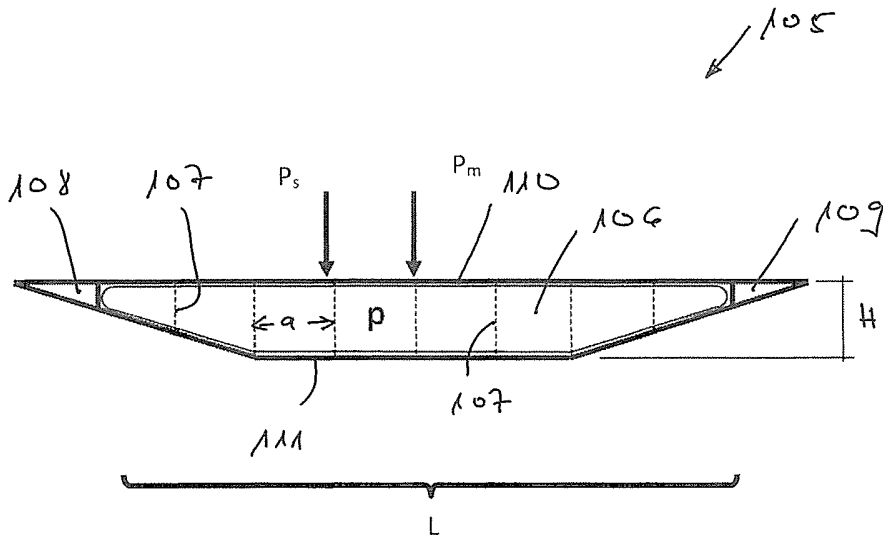


Fig 8a

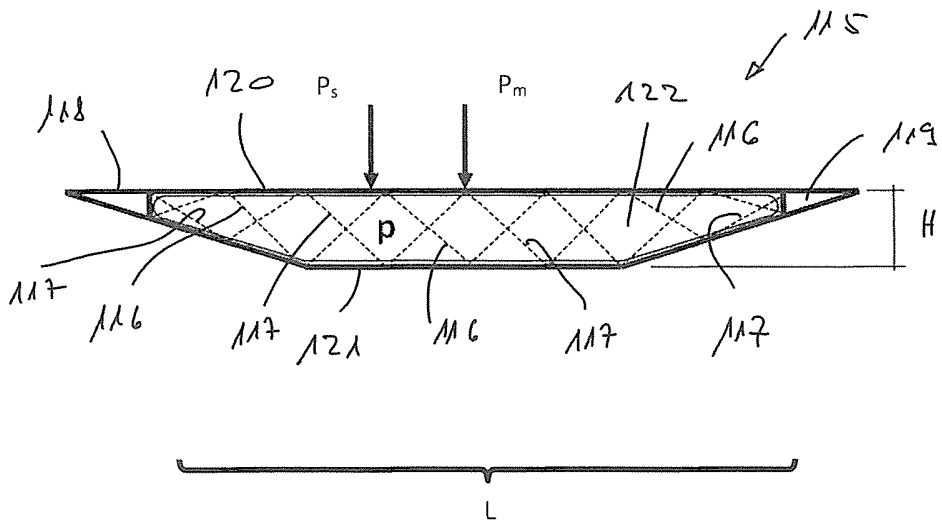


Fig 8b

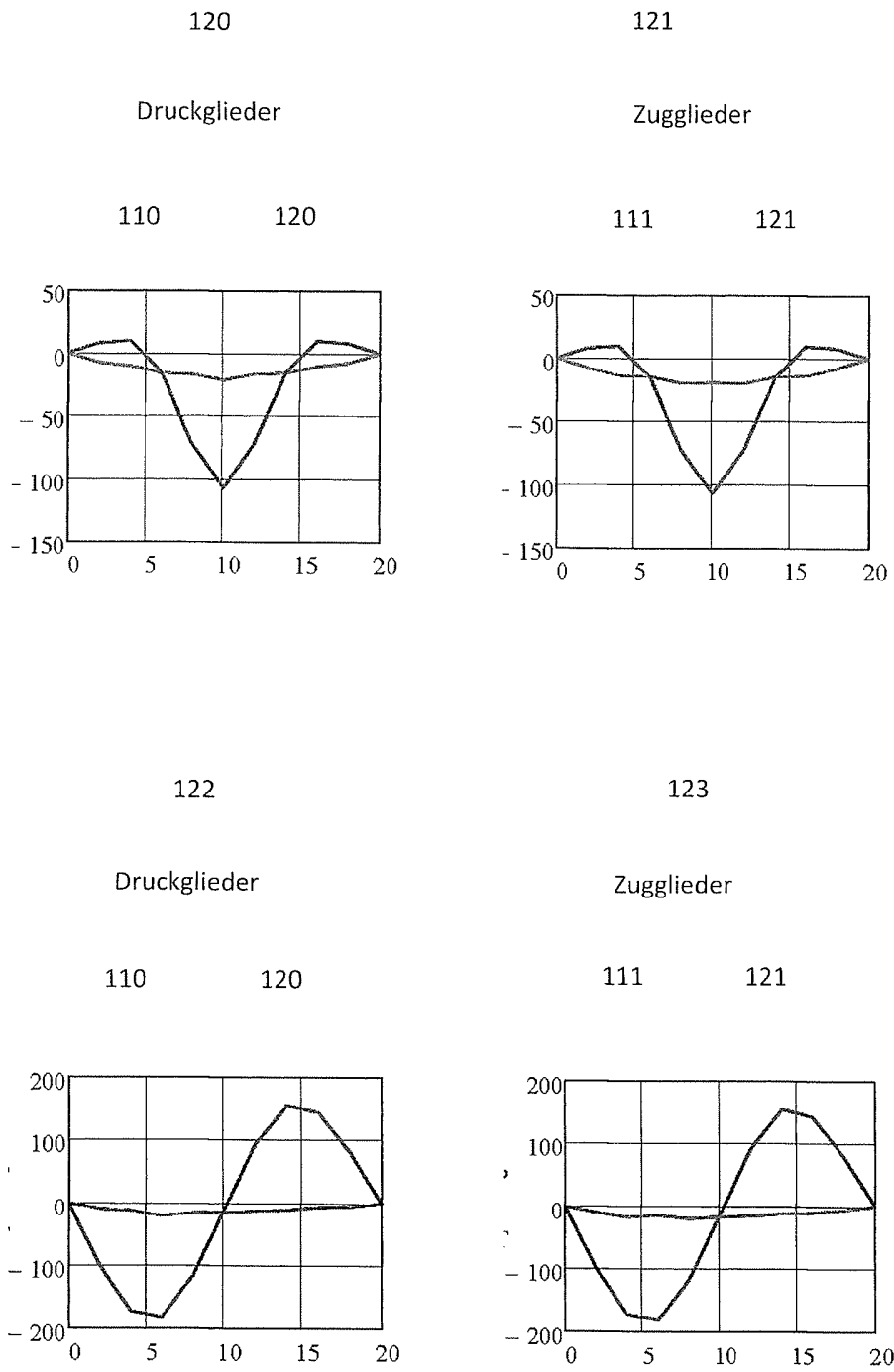


Fig 9