



(10) **DE 10 2016 119 336 A1** 2018.04.12

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 119 336.4**  
(22) Anmeldetag: **11.10.2016**  
(43) Offenlegungstag: **12.04.2018**

(51) Int Cl.: **F16L 51/02 (2006.01)**  
**F16L 9/06 (2006.01)**  
**F16L 11/15 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Witzenmann GmbH, 75175 Pforzheim, DE**

(74) Vertreter:  
**Lemcke, Brommer & Partner, Patentanwälte  
Partnerschaft mbB, 76135 Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:  
**Glas, Jochen, 75233 Tiefenbronn, DE; Hotop,  
Torsten, 76275 Ettlingen, DE; Schweickert,  
Frank, 75248 Ölbronn-Dürrn, DE; Stoll, Pascal,  
75228 Ispringen, DE; Walzel, Klaus, 75378 Bad  
Liebenzell, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

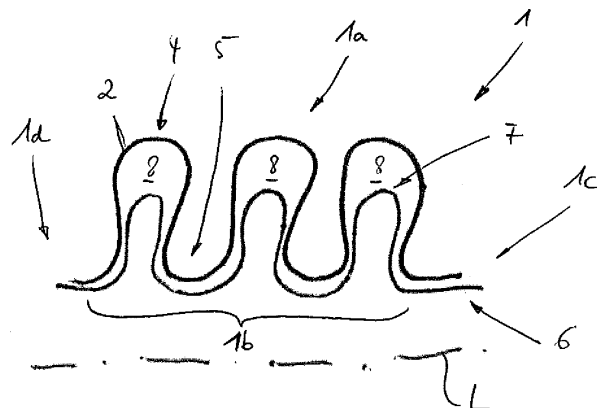
DE	32 00 708	C1
DE	10 2012 205 496	A1
DE	20 2007 004 757	U1
DE	20 2011 102 549	U1
DE	23 58 848	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Flexibles Leitungselement und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein flexibles Leitungselement (1) in Form eines Metallbalgs (1a) mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen Anschlussabschnitten (1c, 1d) und mit wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt (1b), welcher Zwischenabschnitt (1b) eine Abfolge von Wellenbergen (4) und Wellentälern (5) aufweist, welches sich dadurch auszeichnet, dass zumindest über einen Teilabschnitt des gewellten Zwischenabschnitts (1b) ein zusätzlicher, innerer Balg (6) aus Metall von innen in Wellenberge (4) des gewellten Zwischenabschnitts (1b) eingeformt ist, sodass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen (7) des inneren Balgs (6) in Wellenberge (4) des gewellten Zwischenabschnitts (1b) hinein erstrecken, wobei für eine zweite Anzahl von Wellenbergen (7) des inneren Balgs (6) zwischen den Wellenbergen (7) des inneren Balgs (6) und den betreffenden Wellenbergen (4) des gewellten Zwischenabschnitts (1b) jeweils ein Luftspalt (8) ausgebildet ist. Vorteile dieser Anordnung sind u.a. eine verbesserte Isolierwirkung, die Vermeidung von Strömungsverlusten und -Geräuschen, eine vereinfachte Herstellbarkeit und die Möglichkeit einer Leckageüberwachung.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein flexibles Leitungselement nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 in Form eines Metallbalgs mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen Anschlussabschnitten und mit wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt, welcher Zwischenabschnitt eine Abfolge von Wellenbergen und Wellentälern aufweist.

**[0002]** Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines flexiblen Leitungselements nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13, welches Leitungselement in Form eines Metallbalgs mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen Anschlussabschnitten und mit wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt ausgebildet ist, welcher Zwischenabschnitt eine Abfolge von Wellenbergen und Wellentälern aufweist, bei dem zunächst wenigstens ein metallischer Rohrabschnitt zu dem Metallbalg umgeformt wird.

**[0003]** Derartige Metallbälge, d.h. Bälge aus wenigstens einem metallischen Werkstoff, sind in vielfacher Form und Ausgestaltung bekannt. Sie gewährleisten ein hohes Maß an Fluiddichtigkeit bei zugleich leichtem Gewicht und großer mechanischer Flexibilität.

**[0004]** Unter bestimmten Umständen kann bei der Verwendung von erfindungsgemäßen Metallbälgen als nachteilig anzusehen sein, dass diese aufgrund der vorhandenen Wellenberge und Wellentäler ein ungünstiges Strömungsverhalten eines durch den Metallbalg geleiteten Fluids bewirken, was mit Strömungsverlusten und Geräuschentwicklung verbunden sein kann. Außerdem kann es zu erheblichen Wärmeverlusten eines durch den Metallbalg geführten Fluids kommen. Oftmals wird deshalb innerhalb des Metallbalgs noch eine strömungsleitende Innenkomponente in Form eines Wickelschlauchs oder Liners eingesetzt, was jedoch in puncto Gewicht und/oder Herstellungskosten weitere Nachteile mit sich bringen kann. Eine solche Innenkomponente weist eine inhärente Undichtigkeit gegenüber Fluiden auf, sodass eine abdichtende Funktion weiterhin ausschließlich dem (äußeren) Metallbalg zukommt.

**[0005]** Allerdings birgt auch die Verwendung von Wickelschläuchen oder Linern zur Strömungsführung in Metallbälgen gewisse inhärente Nachteile im Hinblick auf bestimmte Verwendungen: So werden Metallbälge der genannten Art heutzutage regelmäßig in sogenannten Entkoppelementen im Abgasstrang von Kraftfahrzeugen mit Verbrennungsmotor eingesetzt, eignen sich jedoch bei Verwendung von Wickelschläuchen schlecht für eine Anordnung hinter einer Einrichtung zur Harnstoffeindüsung, weil es aufgrund der inhärenten Undichtigkeit des Wickelschlauchs zu Harnstoffablagerungen in den Wicklungen des Wickelschlauchs oder in einem Luftspalt zwi-

schen Wickelschlauch und Metallbalg kommen kann, von wo sich die genannten Ablagerungen im Betrieb oftmals nicht mehr entfernen lassen. Dies beeinträchtigt die mechanischen Eigenschaften des Koppelements und kann dessen Lebensdauer reduzieren.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend von einem an sich bekannten Metallbalg eine Vorrichtung in Form eines flexiblen Leitungselements anzugeben, welche die vorstehend aufgeführten Nachteile des Standes der Technik vermeidet und somit eine verbesserte thermische Isolierung, eine Reduzierung von Strömungsverlusten und –geräuschen bei gleichzeitig vereinfachter und kostengünstiger Herstellbarkeit ermöglicht. Zudem soll die Möglichkeit einer Leckageüberwachung für durch das Leitungselement geführte Fluide geschaffen werden.

**[0007]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein geeignetes Herstellungsverfahren zum Schaffen eines derartigen Leitungselements anzugeben.

**[0008]** Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß gelöst durch ein flexibles Leitungselement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Idee sind Gegenstand von Unteransprüchen.

**[0009]** Erfindungsgemäß ist ein flexibles Leitungselement in Form eines Metallbalgs mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen Leitungsabschnitten oder wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt, welcher Zwischenabschnitt eine Abfolge von Wellenbergen und Wellentälern aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest über einen Teilabschnitt des gewellten Zwischenabschnitts ein zusätzlicher, innerer Balg aus Metall von innen in Wellenberge des gewellten Zwischenabschnitts eingeformt ist, sodass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs in Wellenberge des gewellten Zwischenabschnitts hinein erstrecken, wobei für eine zweite Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs zwischen den Wellenbergen des inneren Balgs und den betreffenden Wellenbergen des gewellten Zwischenabschnitts, in die der innere Balg eingeformt ist, jeweils ein Luftspalt ausgebildet ist.

**[0010]** Das erfindungsgemäße flexible Leitungselement weist also einen äußeren Metallbalg und einen inneren Metallbalg auf, welche derart angeordnet sind, dass sich der innere Balg zumindest mit einigen seiner Wellen in die Wellen des äußeren Balgs hinein erstreckt, also in den äußeren Balg eingeformt ist. Dabei verbleibt erfindungsgemäß zumindest für einige Wellen des inneren Balgs zwischen diesen Wellen und den betreffenden Wellen des äußeren Balgs jeweils ein Luftspalt, wodurch sich unmittelbar eine thermische und akustische Isolierwirkung ergibt. Zu-

dem sorgt der innere Balg für eine verbesserte Strömungsführung innerhalb des flexiblen Leitungselements und somit zu der angestrebten Reduzierung von Strömungsverlusten und Geräuschentwicklung.

**[0011]** Der eingeformte innere Balg kann sich hinsichtlich der Herstellbarkeit und der Herstellungskosten positiv auswirken, da grundsätzlich keine zusätzliche Innenkomponente in Form eines Wickelschlauchs oder Liners mehr erforderlich ist. Auf diese Weise kann das erfindungsgemäße Leitungselement insbesondere auch in Entkoppellelementen eingesetzt werden, die stromabwärts einer Harnstoffeindüsung angeordnet sind, weil keine Ablagerungen innerhalb der Windungen eines Wickelschlauchs oder in einem Bereich zwischen Wickelschlauch und äußerem Balg mehr auftreten können.

**[0012]** Darüber hinaus kann der genannte Luftspalt zwischen innerem Balg und äußerem Balg für eine Leckageüberwachung genutzt werden, was bei bestimmten Anwendungen, beispielsweise und ohne Beschränkung bei einem Einsatz auf Schiffen oder in der chemischen Industrie, wünschenswert ist.

**[0013]** Erfindungsgemäß ist davon die Rede, dass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs in Wellenberge des äußeren Balgs hinein erstrecken. Dies bedeutet, dass nicht in jeden Wellenberg des äußeren Balgs ein Wellenberg des inneren Wellenbergs eingeformt sein muss. Allerdings sieht eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Leitungselements vor, dass tatsächlich in jeden der Wellenberge des äußeren Balgs ein entsprechender Wellenberg des inneren Balgs unter Freilassen eines Luftspalts eingeformt ist.

**[0014]** Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass für eine zweite Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs der genannte Luftspalt ausgebildet ist. Dies impliziert wiederum, dass nicht zwischen jedem Wellenberg des inneren Balgs und einem betreffenden Wellenberg des äußeren Balgs ein solcher Luftspalt vorhanden sein muss. Allerdings sieht eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Leitungselements vor, dass für jedes Paar von Wellenbergen des inneren Balgs und des äußeren Balgs ein solcher Luftspalt vorhanden ist.

**[0015]** Anspruchstechnisch wird dies dadurch zum Ausdruck gebracht, dass gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements die erste Anzahl gleich der zweiten Anzahl ist, wobei vorzugsweise die erste Anzahl einer Gesamtanzahl von Wellenbergen des gewellten Zwischenabschnitts, d.h. des äußeren (Metall-)Balg entspricht.

**[0016]** Im Rahmen einer besonders bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements kann vorgesehen sein, dass der jeweilige Luft-

spalt im Bereich eines jeweiligen Scheitels des betreffenden Wellenbergs des inneren Balgs ausgebildet ist. Im Bereich der seitlichen Flanken der Wellenberge des inneren Balgs kann es dagegen zu einer möglichst großflächigen Anlage des inneren Balgs an dem äußeren Balg kommen.

**[0017]** Um insbesondere die thermische und/oder akustische Isolierwirkung weiter zu verbessern und/oder um auch eine mechanische Dämpfungswirkung zu erreichen, kann bei entsprechender Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements vorgesehen sein, dass im Bereich wenigstens eines Luftspalts ein Isoliermaterial mit thermischer und/oder akustischer Isolierwirkung und/oder mit mechanischer Dämpfungswirkung angeordnet ist. Vorteilhafterweise befindet sich ein entsprechendes Isoliermaterial in jedem der vorhandenen Luftspalte.

**[0018]** Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass das genannte Isoliermaterial den betreffenden Luftspalt vollständig ausfüllt. Bei dem genannten Isoliermaterial kann es sich um ein metallisches oder um ein nicht-metallisches Isoliermaterial oder eine geeignete Kombination der genannten Materialarten handeln, sofern diese für die angestrebte Verwendung des Leitungselements geeignet ist.

**[0019]** Bei der anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements kann vorgesehen sein, dass im Bereich wenigstens eines Luftspalts ein Sensormittel zur Leckagedetektion angeordnet ist, worauf bereits weiter oben hingewiesen wurde. Beispielsweise kann das Sensormittel in Form eines Gasdetektor oder als Helium-Leck-Detektor ausgeführt sein. Vorzugsweise befindet sich das wenigstens eine Sensormittel an dem gewellten Zwischenabschnitt, d.h. an dem äußeren Balg, ohne dass die Erfindung jedoch hierauf beschränkt wäre.

**[0020]** Wieder eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements sieht vor, dass im Bereich wenigstens eines Luftspalts in dem inneren Balg oder in dem äußeren Balg wenigstens ein Durchbruch vorgesehen ist, durch den ein in dem Luftspalt enthaltenes Fluid, insbesondere Luft, bei Bewegungen des Leitungselements in den Luftspalt einströmen oder aus dem Luftspalt entweichen kann. Auf diese Weise lässt sich ein (luft-)bedämpfter Balg herstellen, weil sich bei einer Bewegung oder Verformung des Leitungselements entsprechend auch das Luftspalt-Volumen ändert, sodass Fluid (Luft) angesaugt oder abgeführt werden muss. Dies führt zu einem Entstehen geschwindigkeitsabhängiger Rückstellkräfte, was für eine effiziente und verschleißarme Bedämpfung des Leitungselements sorgen kann. Vorzugsweise ist im Bereich jedes Luftspalts wenigstens ein solcher Durchbruch vorgesehen, um das gesamte Leitungselement über seine Länge entsprechend bedämpfen zu können. Bei einer solchen Aus-

gestaltung kann eventuell auf zusätzliche mechanische Dämpfungselemente ganz verzichtet werden, was Kosten-, Gewichts- und Haltbarkeitsvorteile ergibt.

**[0021]** Der äußere Metallbalg kann einlagig oder mehrlagig ausgebildet sein, was an sich bekannt ist. Dabei kann es von Vorteil sein, wenn bei mehrlagiger Ausbildung verschiedene Lagen des äußeren Metallbalgs aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt sind, um beispielsweise gezielt eine Korrosionsbeständigkeit gegen innere oder äußere Schadeinflüsse zu verbessern.

**[0022]** Im Rahmen einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements kann entsprechend vorgesehen sein, dass der innere Balg einlagig oder mehrlagig ausgebildet ist. Auch in diesem Zusammenhang können bei mehrlagiger Ausbildung des inneren Balgs verschiedene Lagen desselben aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt sein, um entsprechende Vorteile zu erreichen.

**[0023]** Im Zuge einer wieder anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements kann noch vorgesehen sein, dass der innere Balg und der äußere Metallbalg, zumindest hinsichtlich einzelner Lagen bei mehrlagiger Ausgestaltung, aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt sind. Auch hierdurch lassen sich bestimmte Eigenschaften des Leitungselements gezielt an den jeweiligen Verwendungszweck anpassen.

**[0024]** Bei wieder einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Leitungselements kann vorgesehen sein, dass der innere und der äußere Metallbalg, zumindest hinsichtlich einzelner Lagen bei mehrlagiger Ausgestaltung, mit gleicher oder unterschiedlicher Materialdicke hergestellt sind, wobei vorzugsweise die Materialdicke des inneren Balgs kleiner ist als die des äußeren Metallbalgs. Bei der zuletzt genannten Ausgestaltung ist berücksichtigt, dass der innere Balg durch den äußeren Metallbalg von mechanischen Schadeinwirkungen weitestgehend geschützt ist. Deshalb kann für den inneren Balg Material mit geringerer Wandstärke bzw. Materialdicke verwendet werden, um die Herstellkosten und das Gesamtgewicht günstig zu beeinflussen und die globale Flexibilität des Leitungselements nicht nachteilig zu beeinflussen.

**[0025]** Speziell hat sich eine Ausgestaltung als günstig erwiesen, bei der der äußere Metallbalg zweilagig und der innere Balg einlagig ausgebildet ist, wobei eine Wandstärke oder Materialdicke jeder Lage des äußeren Balgs etwa doppelt so groß ist, wie die Materialdicke des inneren Balgs. Allerdings ist die Erfindung keinesfalls auf derartige Ausgestaltungen beschränkt.

**[0026]** Ein konkretes Ausführungsbeispiel kann vorsehen, dass für den äußeren Balg zwei Lagen mit einer Dicke von jeweils 0,3 mm oder 0,25 mm verwendet werden, während für den inneren Balg eine einzelne Lage mit einer Materialdicke von 0,1 mm oder 0,15 mm verwendet wird.

**[0027]** Untersuchungen der Anmelderin haben gezeigt, dass es vorteilhaft sein kann, wenn eine Wellenhöhe des inneren Balgs etwa halb so groß ist wie die Wellenhöhe des äußeren Metallbalgs. Zusätzlich oder alternativ kann vorgesehen sein, dass eine Materialdicke des inneren Balgs, vorzugsweise einer Lage des inneren Balgs, etwa halb so groß ist wie eine Materialdicke des äußeren Metallbalgs, vorzugsweise einer oder jeder Lage des äußeren Metallbalgs. Das vorstehend wiedergegebene konkrete Ausführungsbeispiel illustriert genau diesen zuletzt genannten Fall.

**[0028]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Herstellen eines flexiblen Leitungselements in Form eines Metallbalgs mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen Anschlussabschnitten und mit wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt, welcher Zwischenabschnitt eine Abfolge von Wellenbergen und Wellentälern aufweist, bei dem a) zunächst wenigstens ein metallischer Rohrabschnitt zu dem Metallbalg umgeformt wird, zeichnet sich dadurch aus, dass b) anschließend wenigstens ein weiterer metallischer Rohrabschnitt in den Metallbalg eingebracht wird; c) dann der weitere metallische Rohrabschnitt mittels eines geeigneten Umformverfahrens, zum Beispiel mittels mechanischer Rollumformung, mittels Elastomerumformung oder mittels eines hydraulischen Umformverfahrens, in den äußeren Metallbalg eingeformt wird, wobei zumindest über einen Teilabschnitt des gewellten Zwischenabschnitts ein zusätzlicher, innerer Balg aus Metall von innen in Wellenberge des gewellten Zwischenabschnitts eingeformt wird, sodass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs in Wellenberge des gewellten Zwischenabschnitts hinein erstrecken, wobei in Schritt c) die Umformung des weiteren metallischen Rohrabschnitts zu einem Zeitpunkt beendet wird, zu dem für eine zweite Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs zwischen den Wellenbergen des inneren Balgs und den betreffenden Wellenbergen des gewellten Zwischenabschnitts jeweils ein Luftspalt verbleibt.

**[0029]** Die Umformung in Schritt a) kann grundsätzlich nach jedem dem Fachmann geläufigen Verfahren zur Herstellung von Metallbälgen durchgeführt werden, beispielsweise durch Innenhochdruckumformung. Anstelle eines einzelnen metallischen Rohrabschnitts kann in diesem Zusammenhang auch ein sogenanntes Zylinderpaket, also mehrere konzentrisch ineinander angeordnete Rohrabschnitte, verwendet werden, was durch den Anspruchswortlaut

mit umfasst ist. Auf diese Weise lassen sich einlagige oder mehrlagige Metallbälge herstellen. Nachdem anschließend wenigstens ein weiterer metallischer Rohrabschnitt in den fertigen, aber noch ungestauchten Metallbalg eingebracht wurde, wird dann in Schritt c) dieser weitere metallische Rohrabschnitt zur Ausbildung des inneren Balgs in den äußeren Metallbalg eingeformt. Dieses Einformen kann ebenfalls unter Anwendung verschiedener Verfahren erfolgen, beispielsweise durch mechanische Rollumformung, durch Verwendung eines Elastomereinsatzes, welcher Einsatz axial zusammengedrückt wird und dadurch in radialer Richtung umformend wirken kann, oder durch an sich bekannte hydraulische Verfahren nebst entsprechender Abdichtung. Auf diese Weise wird zumindest über einen Teilabschnitt des gewellten Zwischenabschnitts ein zusätzlicher, innerer Balg aus Metall von innen in Wellenberge des gewellten Zwischenabschnitts des äußeren Balgs eingeformt, wie bereits detailliert erläutert wurde. Im Ergebnis führt dies dazu, dass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs in Wellenberge des gewellten Zwischenabschnitts, d.h. des äußeren Balgs hinein erstrecken.

**[0030]** Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass in Schritt c) die Umformung des weiteren metallischen Rohrabschnitts, also das Einformen des inneren Balgs in den äußeren Balg, zu einem Zeitpunkt beendet wird, zu dem für eine zweite Anzahl von Wellenbergen des inneren Balgs zwischen den Wellenbergen des inneren Balgs und den betreffenden Wellenbergen des äußeren Balgs noch jeweils ein Luftspalt verbleibt. Dieser Luftspalt lässt sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung zur thermischen und akustischen Isolierung, zur Leckageortung und zur Bedämpfung nutzen. Vorzugsweise ist die erste Anzahl gleich der zweiten Anzahl und jeweils gleich der Gesamtanzahl von Wellen der äußeren Bälge.

**[0031]** Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass das Einformen des inneren Balgs in den äußeren Balg vorzugsweise in einem ungestauchten Zustand des Balgs bzw. der Bälge erfolgt. Wie dem Fachmann bekannt ist, werden Metallbälge in der Regel nach ihrer Herstellung in axialer Richtung gestaucht, um eine sogenannte Lyra-Form auszubilden. Dementsprechend sieht eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, dass im Anschluss an Schritt c) der äußere Metallbalg und der innere Balg gemeinsam in axialer Richtung gestaucht werden.

**[0032]** Ein weiterer besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass der so hergestellte innere Balg im Betrieb sogar versagen oder beschädigt werden kann, ohne dass die grundsätzliche Funktion der Gesamtanordnung, also des flexiblen Leitungselements, dadurch signifikant beeinträchtigt würde.

**[0033]** Die Wellenberge des äußeren Metallbalgs und/oder des inneren Balgs können über die jeweilige Länge des betreffenden Balgs unterschiedlich ausgebildet sein. Dies betrifft sowohl die Wellen des äußeren Balgs als auch die Wellen des inneren Balgs.

**[0034]** Neben dem bereits angesprochenen möglichen Verzicht auf eine Innenkomponente in Form eines Wickelschlauchs oder Liners kann bei Verwendung eines erfindungsgemäßen Leitungselements unter Umständen auch auf das Vorsehen einer Außenkomponente in Form eines Geflechts oder eines Gestricks verzichtet werden, wie es üblicherweise unter anderem zu Bedämpfungszwecken eingesetzt wird. Auch dies bewirkt eine weitere Kostenreduktion und Gewichtersparnis, worauf weiter oben schon hingewiesen wurde.

**[0035]** Weitere vorteilhafte Eigenschaften der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung.

**[0036]** Fig. 1 zeigt einen doppelagigen Metallbalg gemäß Stand der Technik;

**[0037]** Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Leitungselement mit einem einlagigen äußeren Metallbalg und einem einlagigen inneren Balg;

**[0038]** Fig. 3 zeigt eine Weiterbildung des Gegenstands aus Fig. 2 mit einem doppelagigen äußeren Balg;

**[0039]** Fig. 4 zeigt eine Ausgestaltung analog Fig. 2 mit in den Luftspalt eingebrachtem Isoliermaterial;

**[0040]** Fig. 5 zeigt eine Ausgestaltung analog Fig. 2 mit einem Sensor zur Leckagedetektion;

**[0041]** Fig. 6 und Fig. 7 zeigen eine Ausgestaltung analog Fig. 2 mit zusätzlicher Luftdämpfung; und

**[0042]** Fig. 8 zeigt ein mögliches Herstellverfahren für ein erfindungsgemäßes Leitungselement.

**[0043]** Fig. 1 zeigt schematisch und im Längsschnitt ein aus dem Stand der Technik bekanntes flexibles Leitungselement 1'. Das Leitungselement 1' ist in Form eines doppelagigen Metallbalgs ausgebildet, wobei die beiden Lagen mit dem Bezugszeichen 2' und 3' bezeichnet sind. Bezugszeichen L bezeichnet die Längsachse der Anordnung. Wie man der Fig. 1 noch entnimmt, besteht der Metallbalg bzw. der dargestellte gewellte (Zwischen-)Abschnitt desselben aus einer Abfolge von Wellenbergen 4' und Wellentälern 5', was dem Fachmann an sich bekannt ist. Die beiden Lagen 2', 3' bestehen jeweils aus einem metallischen Werkstoff, der von Lage zu Lage

unterschiedlich sein kann, sodass sich insgesamt ein Leitungselement 1' in Form eines Metallbalgs ergibt.

**[0044]** Fig. 2 zeigt eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen flexiblen Leitungselements 1. Dieses Leitungselement 1 weist einen äußeren Metallbalg 1a mit einem gewellten (Zwischen-)Abschnitt 1b auf, welcher Abschnitt 1b zwischen endständigen, glattzylindrischen Anschlussenden des Balgs 1a angeordnet ist. Die genannten Anschlussenden sind in Fig. 2 mit den Bezugszeichen 1c und 1d bezeichnet. Bezugszeichen 4 bezeichnet Wellenberge des Balgs 1a, und Bezugszeichen 5 bezeichnet Wellentäler des Balgs 1a. Bezugszeichen L steht wiederum für die Längsachse.

**[0045]** Der wesentliche Unterschied zum Gegenstand der Fig. 1 besteht nun darin, dass innerhalb des äußeren Balgs 1a, der gemäß Ausführungsbeispiel nur eine einzige Lage 2 aufweist, ein zusätzlicher innerer Balg 6 angeordnet ist, dessen Wellenberge 7 in die Wellenberge 4 des äußeren Balgs 1a eingeformt sind, wobei im Scheitelbereich der Wellenberge 7 des inneren Balgs 6 zwischen den Wellenbergen 7 des inneren Balgs 6 und den Wellenbergen 4 des äußeren Balgs 1a jeweils ein Luftspalt 8 verbleibt, wie dargestellt. Ansonsten liegt der innere Balg 6 – abweichend von der schematischen Darstellung in Fig. 2 – flächig an dem äußeren Balg 1a an. Wie auch der äußere Balg 1a bildet der innere Balg 6 endständige, glattzylindrische Anschlussenden aus, die in Fig. 2 nicht gesondert bezeichnet sind.

**[0046]** Wie sich der Fig. 2 ansatzweise entnehmen lässt, beträgt eine bevorzugte Wellenhöhe der Wellenberge 7 des inneren Balgs 6 nur etwa die Hälfte einer entsprechenden Abmessung der Wellenberge 4 des äußeren Balgs 1a, ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre. Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass ein zur Herstellung des inneren Balgs 6 verwendetes Material eine Materialdicke aufweist, die etwa halb so groß ist wie eine Materialdicke eines zur Herstellung des äußeren Balgs 1a verwendeten Materials. Der äußere Balg 1a und der innere Balg 6 können aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein.

**[0047]** Die Ausgestaltung gemäß Fig. 3 entspricht weitestgehend der Ausgestaltung in Fig. 2, mit der Ausnahme, dass der äußere Balg 1a vorliegend eine erste Lage 2 und eine zweite Lage 3 aufweist, welche Lagen vorzugsweise vollflächig einander anliegen. Die Erfindung ist jedoch keinesfalls auf eine derartige Ausgestaltung beschränkt: vielmehr können sowohl der äußere Balg 1a als auch der innere Balg 6 eine beliebige Anzahl von Lagen aufweisen. Die Lagen 2, 3 des äußeren Balgs 1a können aus gleichen oder unterschiedlichen Materialien gefertigt sein. Gleiches gilt für eventuell vorhandene weitere Lagen des inneren Balgs 6.

**[0048]** Fig. 4 zeigt eine Ausgestaltung, bei der die Luftspalte 8 mit einem Isoliermaterial 9 ausgefüllt ist. Dieses Isoliermaterial 9, welches ein metallisches Material, z. B. Drahtgewirk, ein nicht-metallisches Material, z. B. Keramik, oder eine Kombination solcher Materialien sein kann, sorgt für eine verbesserte thermische und/oder akustische Isolierung und kann außerdem eine mechanische Dämpfungswirkung haben. Die Erfindung ist keinesfalls darauf beschränkt, dass ein solches Material 9 nur bei einer jeweils einlagigen Ausgestaltung des äußeren Balgs 1a und/oder des inneren Balgs 6 zum Einsatz kommt. Außerdem muss nicht jeder der Luftspalte 8 gefüllt sein. Weiterhin können für verschiedene Luftspalte 8 unterschiedliche Isoliermaterialien 9 verwendet werden.

**[0049]** Fig. 5 zeigt eine Ausgestaltung, bei der an dem äußeren Balg 1a im Bereich eines der Luftspalte 8 ein Sensormittel oder eine Sensoreinrichtung 10 vorgesehen ist, die dazu ausgebildet und eingerichtet ist, eine Leckageortung durchzuführen, mit anderen Worten: Das Sensormittel 10 ist dazu ausgebildet zu erkennen, wenn aufgrund einer Undichtigkeit des inneren Balgs 6 ein durch das Leitungselement 1 bzw. durch den inneren Balg 6 geleitetes Fluid in den Luftspalt 8 gelangt, was ein Anzeichen für eine Fehlfunktion des Leitungselements 1 sein kann. Eine solche Ausgestaltung ist insbesondere bei Verwendung des Leitungselements 1 auf dem Gebiet der Schifffahrt oder der chemischen Industrie bevorzugt, jedoch nicht hierauf beschränkt. Das Sensormittel 10 kann – ohne Beschränkung – als Gasdetektor oder als Helium-Leck-Detektor ausgebildet sein.

**[0050]** Wie der Fachmann außerdem erkennt, ist das Vorsehen eines entsprechenden Sensormittels 10 nicht auf die restliche Ausgestaltung des Leitungselements 1 gemäß Fig. 5 beschränkt, sondern kann auch bei allen anderen hier vorgestellten erfindungsgemäßen Leitungselementen zum Einsatz kommen.

**[0051]** Fig. 6 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Leitungselements 1, die grundsätzlich der Ausgestaltung gemäß Fig. 2 entspricht, sodass auf weitere Einzelheiten zunächst nicht einzugehen ist. Allerdings ist beim Gegenstand der Fig. 6 abweichend von Fig. 2 im Bereich der Wellenberge 4 des äußeren Balgs 1a jeweils ein Durchbruch oder eine Öffnung in Form eines kleinen Lochs oder einer Bohrung 11 vorgesehen, wodurch in dem jeweiligen Luftspalt 8 enthaltenes Fluid (Luft) ein- oder ausströmen kann. Hierauf wird weiter unten anhand Fig. 7 noch genauer eingegangen. Zudem ist in Fig. 6 ein Ausgangsvolumen des jeweiligen Luftspalts 8 mit dem Bezugszeichen  $V_1$  bezeichnet. In Fig. 7 ist ein Zustand dargestellt, in dem das Leitungselement 1 aus Fig. 6 gemäß dem Pfeil  $\Delta s$  mechanisch verformt wurde, beispielsweise durch Bewegung im Betrieb. Das Volumen  $V_1$  des Luftspalts 8 wird dadurch auf ein Volumen  $V_1'$  verkleinert ( $V_1 > V_1'$ ), sodass gemäß den

Pfeilen links oben in **Fig. 7** Luft durch den Durchbruch **11** aus dem Luftspalt **8** entweicht, was aus Gründen der Übersichtlichkeit nur für den ganz linken Wellenberg **4** dargestellt ist. Diese Volumenänderung sorgt für geschwindigkeitsabhängige Rückstellkräfte, wodurch eine (Luft-)Bedämpfung des Leitungselements **1** bewirkt ist. Eine solche Luftbedämpfung ist besonders verschleißarm und deshalb grundsätzlich einer Bedämpfung durch ein Geflecht- oder Gestrickemantel vorzuziehen.

**[0052]** Abweichend von der in **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellten Ausgestaltung können die Durchbrüche **11** auch am inneren Balg **6** oder sogar am inneren Balg **6** und am äußeren Balg **1a** vorgesehen sein.

**[0053]** Abschließend zeigt **Fig. 8** ein mögliches Herstellungsverfahren zum Herstellen eines erfindungsgemäßen Leitungselements **1** am Beispiel des Leitungselements **1** gemäß **Fig. 3** (jedoch ohne Beschränkung hierauf). **Fig. 8** gliedert sich in zeitlich nacheinander folgenden Teilabbildungen a) bis e). Zunächst wird gemäß Teilabbildung a) ein glattzylindrisches metallisches Rohr oder Rohrteil bereitgestellt, aus welchem der äußere Balg durch Umformen hergestellt werden soll. Statt eines einfachen Rohrteils, welches mit dem Bezugszeichen **20** bezeichnet ist, kann auch ein sogenanntes Zylinderpaket verwendet werden, wenn ein mehrlagiger Balg hergestellt werden soll.

**[0054]** Teilabbildung b) zeigt den entsprechend hergestellten äußeren Balg **1a** mit seinen Anschlüssen **1c**, **1d** und dem gewellten Zwischenbereich **1b**. Der Übergang von Teilabbildung a) und Teilabbildung b), d.h. die Herstellung des äußeren Balgs **1a**, kann nach jedem dem Fachmann geläufigen Verfahren erfolgen. Beispielhaft und ohne Beschränkung seien hier hydraulische Umformverfahren, insbesondere Innenhochdruckumformung, und mechanische Umformverfahren erwähnt.

**[0055]** Anschließend wird gemäß Teilabbildung c) ein weiteres metallisches Rohrteil **21** (oder ein entsprechendes Zylinderpaket) in den so hergestellten äußeren Balg **1a** eingebracht, wie dargestellt. Dann erfolgt gemäß Teilabbildung d) das Einformen des weiteren Rohrteils **21** in die Wellen des äußeren Balgs **1a**, um auf diese Weise den inneren Balg **6** auszubilden. Dies kann wiederum auf unterschiedliche Arten erfolgen. Beispielhaft und ohne Beschränkung seien hier eine mechanische Rollumformung, eine hydraulische Umformung nach entsprechender Abdichtung des inneren Rohrteils **21** und das bereits erwähnte Elastomer-Verfahren genannt. Das Einformen des inneren Rohrteils in die Wellen des äußeren Balgs zur Herstellung des inneren Balgs **6** wird rechtzeitig abgebrochen, sodass im Bereich der Wellenberge **7** des inneren Balgs **6** der erwähnte Luftspalt **8** verbleibt.

**[0056]** Abschließend wird gemäß Teilabbildung e) die gesamte Anordnung aus äußerem Balg **1a** und innerem Balg **6** axial gestaucht, sodass sich eine sogenannte Lyra-Form der Wellenberge ergibt, wie dargestellt.

**[0057]** Es hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, dass bei der Herstellung des inneren Balgs **6** die Balg-Innenkontur des äußeren Balgs **1a**, d.h. dessen Innenkontur im Bereich der Wellentäler **5**, als eine Art „Umformwerkzeug“ fungiert und aufgrund ihrer inhärenten Stabilität das Einformen des inneren Balgs **6** in den äußeren Balg **1a** begünstigt.

## Patentansprüche

1. Flexibles Leitungselement (**1**) in Form eines Metallbalgs (**1a**) mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen Anschlussabschnitten (**1c**, **1d**) und mit wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt (**1b**), welcher Zwischenabschnitt (**1b**) eine Abfolge von Wellenbergen (**4**) und Wellentälern (**5**) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest über einen Teilabschnitt des gewellten Zwischenabschnitts (**1b**) ein zusätzlicher, innerer Balg (**6**) aus Metall von innen in Wellenberge (**4**) des gewellten Zwischenabschnitts (**1b**) eingeformt ist, sodass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen (**7**) des inneren Balgs (**6**) in Wellenberge (**4**) des gewellten Zwischenabschnitts (**1b**) hinein erstrecken, wobei für eine zweite Anzahl von Wellenbergen (**7**) des inneren Balgs (**6**) zwischen den Wellenbergen (**7**) des inneren Balgs (**6**) und den betreffenden Wellenbergen (**4**) des gewellten Zwischenabschnitts (**1b**) jeweils ein Luftspalt (**8**) ausgebildet ist.

2. Leitungselement (**1**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Anzahl gleich der zweiten Anzahl ist.

3. Leitungselement (**1**) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Anzahl einer Gesamtanzahl von Wellenbergen (**4**) des gewellten Zwischenabschnitts (**1b**) entspricht.

4. Leitungselement (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Luftspalt (**8**) im Bereich eines jeweiligen Scheitels des betreffenden Wellenbergs (**7**) des inneren Balgs (**6**) ausgebildet ist.

5. Leitungselement (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich wenigstens eines Luftspalts (**8**) ein Isoliermaterial (**9**) mit thermischer und/oder akustischer Isolierwirkung und/oder mit mechanischer Dämpfungswirkung angeordnet ist, welches vorzugsweise den betreffenden Luftspalt (**8**) ausfüllt.

6. Leitungselement (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich

wenigstens eines Luftspalts (8) ein Sensormittel (10) zur Leckagedetektion angeordnet ist, vorzugsweise an dem gewellten Zwischenabschnitt (1b).

7. Leitungselement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich wenigstens eines Luftspalts (8) in dem inneren Balg (6) oder in dem äußeren Metallbalg (1a) wenigstens ein Durchbruch (11) vorgesehen ist, durch den ein in dem Luftspalt (8) enthaltenes Fluid, insbesondere Luft, bei Bewegungen des Leitungselements (1) in den Luftspalt (8) einströmen oder aus dem Luftspalt (8) entweichen kann.

8. Leitungselement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der äußere Metallbalg (1a) einlagig oder mehrlagig ausgebildet ist, wobei vorzugsweise bei mehrlagiger Ausbildung verschiedene Lagen (2, 3) des äußeren Metallbalgs (1a) aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt sind.

9. Leitungselement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der innere Balg (6) einlagig oder mehrlagig ausgebildet ist, wobei vorzugsweise bei mehrlagiger Ausbildung verschiedene Lagen des inneren Balgs (6) aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt sind.

10. Leitungselement (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der innere Balg (6) und der äußere Metallbalg (1a), zumindest hinsichtlich einzelner Lagen (2, 3) bei mehrlagiger Ausgestaltung, aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt sind.

11. Leitungselement (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der innere Balg (6) und der äußere Metallbalg (1a), zumindest hinsichtlich einzelner Lagen (2, 3) bei mehrlagiger Ausgestaltung, mit gleicher oder unterschiedlicher Materialdicke hergestellt sind, wobei vorzugsweise die Materialdicke des inneren Balgs (6) kleiner ist als die des äußeren Metallbalgs (1a).

12. Leitungselement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wellenhöhe des inneren Balgs (6) etwa halb so groß ist wie eine Wellenhöhe des äußeren Metallbalgs (1a); und/oder eine Materialdicke des inneren Balgs (6), vorzugsweise einer Lage des inneren Balgs (6), etwa halb so groß ist wie eine Materialdicke des äußeren Metallbalgs (1a), vorzugsweise einer oder jeder Lage (2, 3) des äußeren Metallbalgs (1a).

13. Verfahren zum Herstellen eines flexiblen Leitungselements (1) in Form eines Metallbalgs (1a) mit endständigen, vorzugsweise glattzylindrischen An-

schlussabschnitten (1c, 1d) und mit wenigstens einem gewellten Zwischenabschnitt (1b), welcher Zwischenabschnitt (1b) eine Abfolge von Wellenbergen (4) und Wellentälern (5) aufweist, bei dem

a) zunächst wenigstens ein metallischer Rohrabschnitt (20) zu dem Metallbalg (1a) umgeformt wird; **dadurch gekennzeichnet**, dass

b) anschließend wenigstens ein weiterer metallischer Rohrabschnitt (21) in den Metallbalg (1a) eingebracht wird;

c) dann der weitere metallische Rohrabschnitt (21) mittels eines Umformverfahrens, insbesondere mittels mechanischer Rollumformung, mittels Elastomerumformung, oder mittels eines hydraulischen Umformverfahrens, in den äußeren Metallbalg eingeformt wird, wobei zumindest über einen Teilabschnitt des gewellten Zwischenabschnitts (1b) ein zusätzlicher, innerer Balg (6) aus Metall von innen in Wellenberge (4) des gewellten Zwischenabschnitts (1b) eingeformt wird, sodass sich eine erste Anzahl von Wellenbergen (7) des inneren Balgs (6) in Wellenberge (4) des gewellten Zwischenabschnitts (1b) hinein erstrecken,

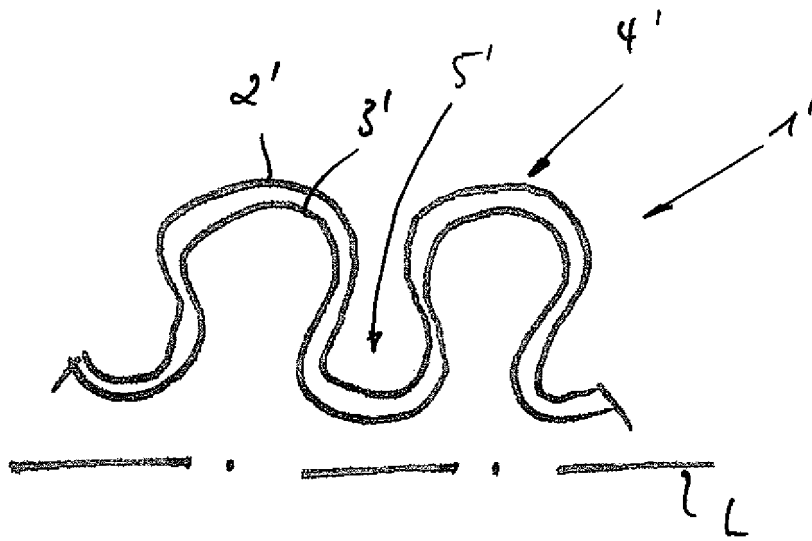
wobei in Schritt c) die Umformung des weiteren metallischen Rohrabschnitts (21) zu einem Zeitpunkt beendet wird, zu dem für eine zweite Anzahl von Wellenbergen (7) des inneren Balgs (6) zwischen den Wellenbergen (7) des inneren Balgs (6) und den betreffenden Wellenbergen (4) des gewellten Zwischenabschnitts (1b) jeweils ein Luftspalt (8) verbleibt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Anschluss an Schritt c) der äußere Metallbalg (1a) und der innere Balg (6) gemeinsam in axialer Richtung gestaucht werden.

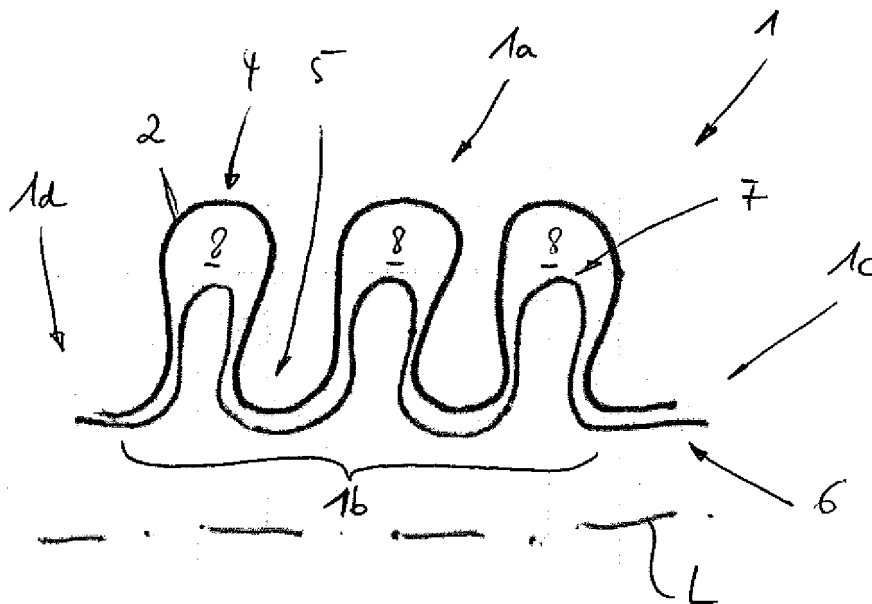
Es folgen 5 Seiten Zeichnungen



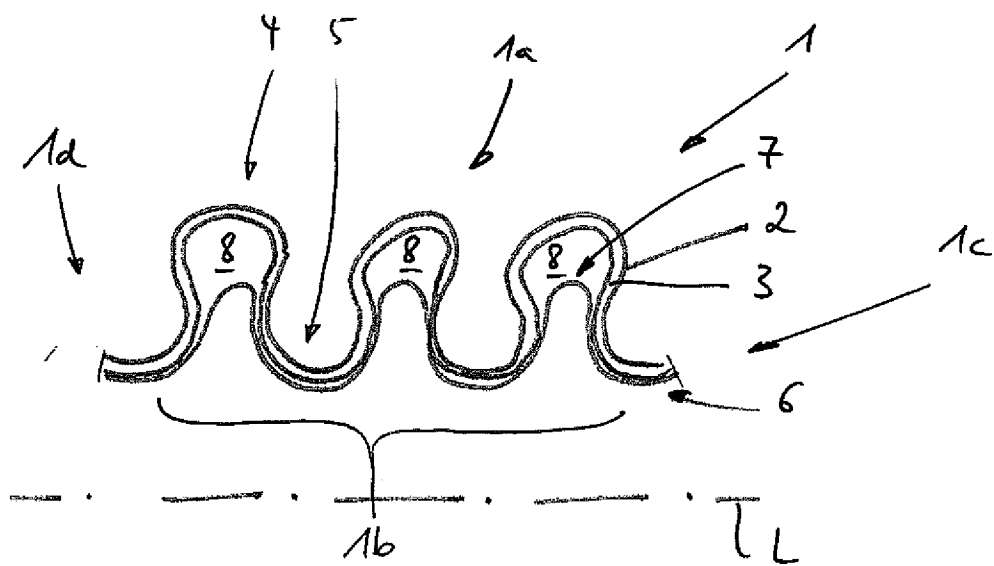
Anhängende Zeichnungen



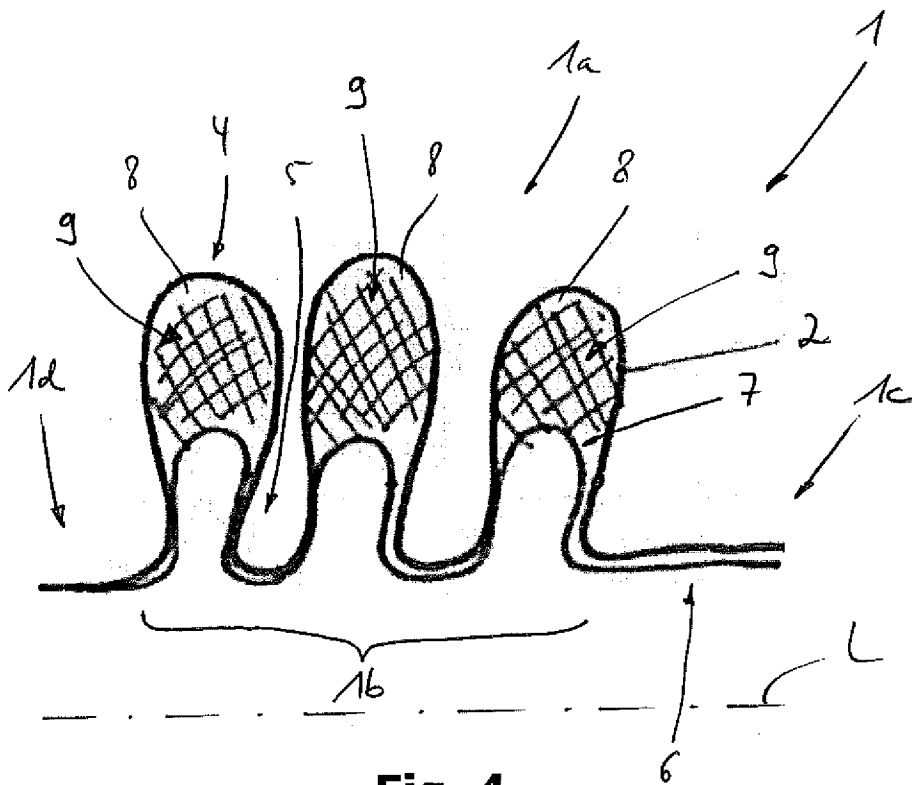
**Fig. 1**  
**(Stand der Technik)**



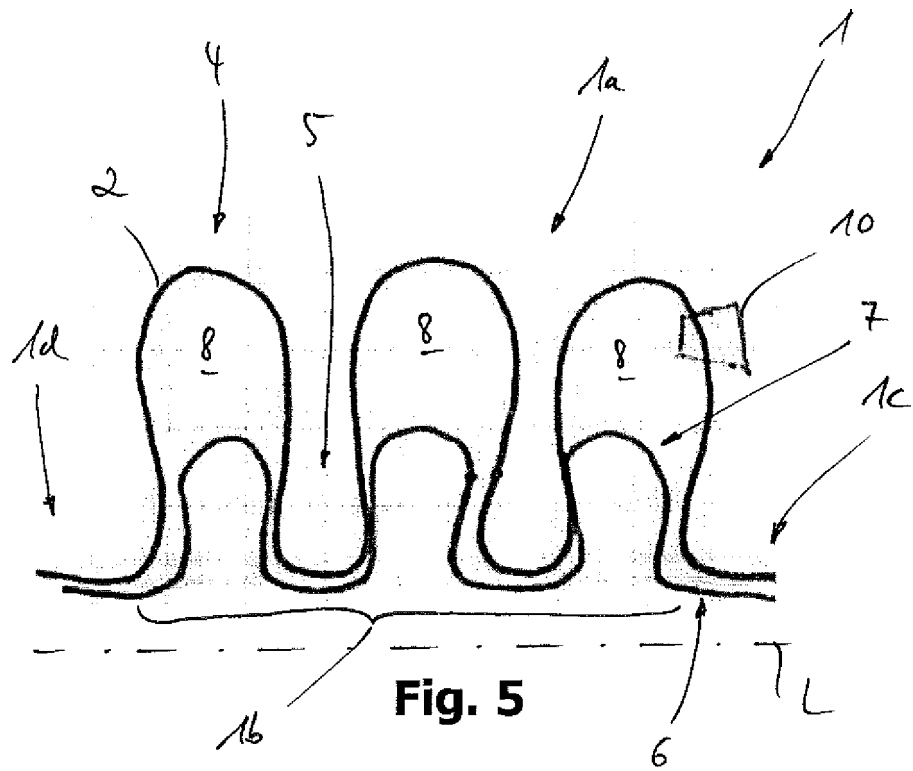
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



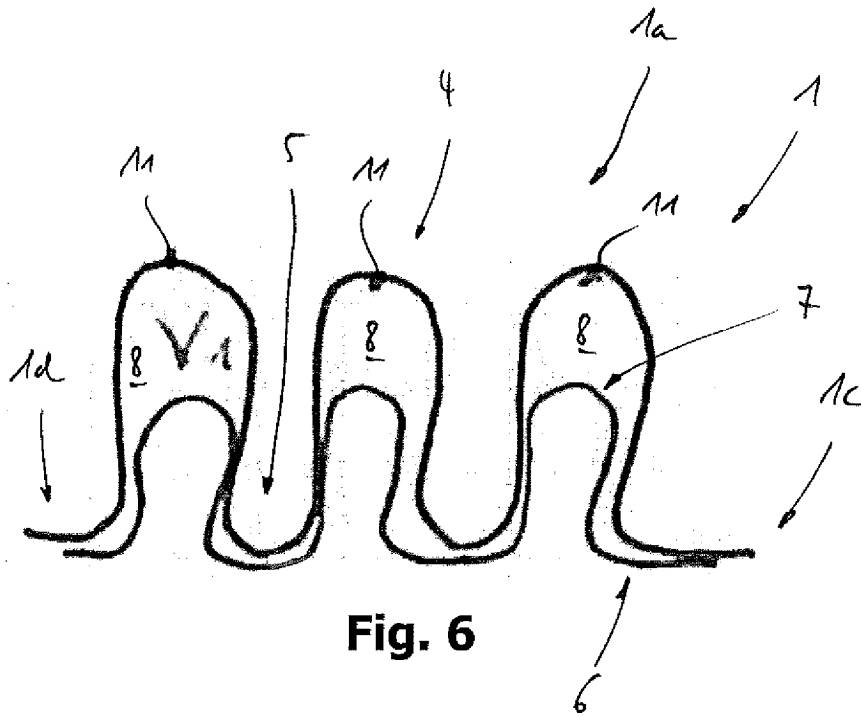


Fig. 6

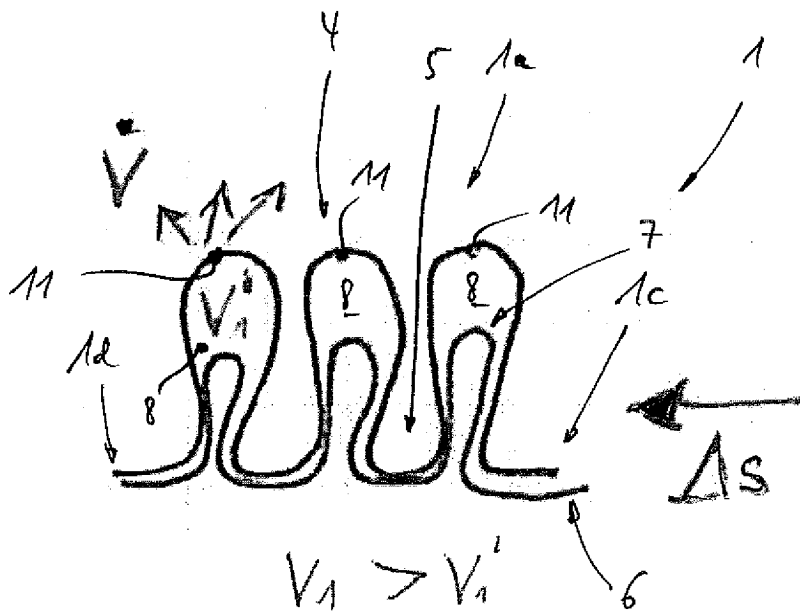


Fig. 7

