



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**25.02.2009 Patentblatt 2009/09**

(51) Int Cl.:  
**F28D 1/03 (2006.01) F28F 1/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08014698.8**

(22) Anmeldetag: **19.08.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

- **Oswald, Werner**  
72160 Horb a. N. (DE)
- **Kästle, Christoph**  
70193 Stuttgart (DE)
- **Hägele, Jürgen**  
70469 Stuttgart (DE)
- **Ghiani, Franco**  
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
- **Galahroudi, Kamal**  
68199 Mannheim (DE)
- **Traub, Matthias**  
70825 Korntal-Münchingen (DE)
- **Auchter, Holger**  
70599 Stuttgart (DE)
- **Matthissen, Roger**  
29501 Mníchovo Hradiste (CZ)
- **Baillieul, Cédric**  
70182 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **20.08.2007 DE 102007039292**

(71) Anmelder: **Behr GmbH & Co. KG**  
**70469 Stuttgart (DE)**

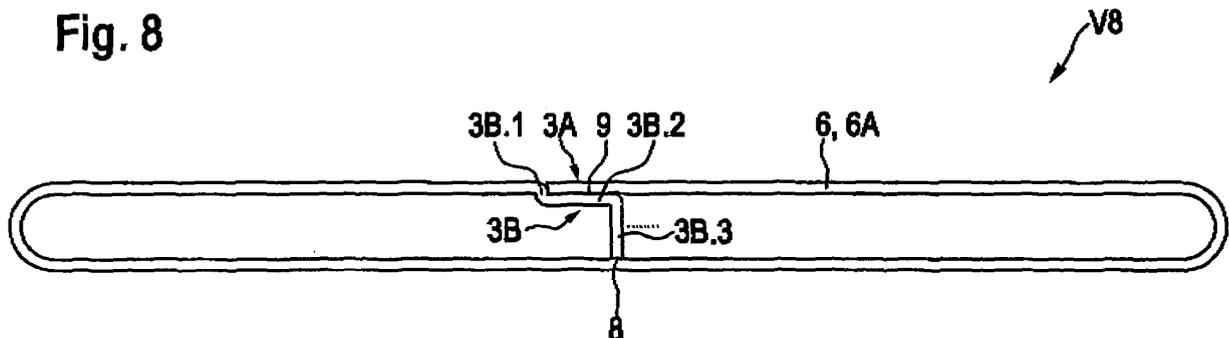
(72) Erfinder:  
 • **Helms, Werner**  
73730 Esslingen (DE)  
 • **Kohl, Michael**  
74321 Bietigheim (DE)

(54) **Mehrkammer-Flachrohr, Wärmetauscher und Verwendung eines Wärmetauschers**

(57) Die Erfindung geht aus von einem Mehrkammerflachrohr (V1-V17) mit wenigstens zwei Kammern (1,2) zur Strömungsaufnahme eines Fluids, hergestellt durch Umformen eines Blechbandes, insbesondere durch ein Biege- und/oder Falt- und/oder Falzverfahren, bei dem ein geschlossenes Profil gebildet ist, wobei sich jeweils gegenüberliegende Breitwände (4,6) und Schmalwände (5,7) miteinander verbunden sind, wobei die Breitwände (4,6) mit einem die wenigstens zwei Kam-

mern trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg (3) stoffschlüssig verbunden, insbesondere lötverbunden sind, der mit einem Randabschnitt wenigstens eines der Seitenabschnitte des Blechbandes gebildet ist. Zur Verbesserung eines solchen Mehrkammer-Flachrohres sieht die Erfindung eine besondere Ausgestaltung des Steges (3) in unterschiedlichen Varianten vor. Weiter führt die Erfindung auf einen entsprechenden Wärmetauscher und eine entsprechende Verwendung des Wärmetauschers.

**Fig. 8**



**Beschreibung**

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Nierkammer-Flachrohr mit wenigstens zwei Kammern zur Strömungsaufnahme eines Fluids, hergestellt durch Umformen eines Blechbandes, bei dem ein geschlossenes Profil gebildet ist durch: sich gegenüberliegende Breitwände, die über sich gegenüberliegende jeweils ein Umformbereich bildende Schmalwände miteinander verbunden sind, wobei die Breit- und Schmalwände Außenseiten des Profils bilden, wobei eine erste Breitwand mit einem zwischen Seitenabschnitten des Blechbandes liegenden Innenabschnitt des Blechbandes gebildet ist und eine zweite Breitwand mit seitlich des Innenabschnittes angeordneten Seitenabschnitten des Blechbandes gebildet ist, wobei die erste und die zweite Breitwand mit einem die wenigstens zwei Kammern trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg verbunden sind, welcher Steg mit einem Randabschnitt wenigstens eines der Seitenabschnitte gebildet ist, wobei nur einer der Seitenabschnitte einen Randabschnitt aufweist, der durchgehend von der zweiten Breitwand zu der ersten Breitwand, insbesondere dessen Innenseiten, verläuft und dort an einer Kontaktstelle stoffschlüssig verbunden ist, wobei der durchgehende Randabschnitt wenigstens zwei Umformabschnitte aufweist und wenigstens einer der Umformabschnitte eine Anlagefläche für einen Randabschnitt des anderen Seitenabschnitts bildet.

10 Die Erfindung betrifft auch einen Wärmetauscher mit einem solchen Flachrohr und eine Verwendung des Wärmetauschers. Weiter betrifft die Erfindung ein Mehrkammer-Flachrohr mit wenigstens zwei Kammern zur Strömungsaufnahme eines Fluids, hergestellt durch Umformen eines Blechbandes, bei dem eine geschlossenes Profil gebildet ist durch: sich gegenüberliegende Breitwände, die über sich gegenüberliegende jeweils ein Umformbereich bildende Schmalwände miteinander verbunden sind, wobei die Breit- und Schmalwände Außenseiten des Profils bilden, wobei eine erste Breitwand mit einem zwischen Seitenabschnitten des Blechbandes liegenden Innenabschnitt des Blechbandes gebildet ist und eine zweite Breitwand mit seitlich des Innenabschnittes angeordneten Seitenabschnitten des Blechbandes gebildet ist, wobei die erste und die zweite Breitwand mit einem die wenigstens zwei Kammern trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg verbunden sind. Die Erfindung betrifft auch einen Wärmetauscher mit einem solchen Flachrohr und eine Verbindung des Wärmetauschers.

25 **[0002]** Mehrkammer-Flachrohre erweisen sich zur Verwendung in einem Wärmetauscher - beispielsweise wie in EP 1 213 555 B1 beschrieben - als zunehmend attraktiv, weil diese vergleichsweise dünnwandig und damit materialeinsparend zur Verfügung gestellt werden können und darüber hinaus in einem vergleichsweise einfachen Umformverfahren, beispielsweise in einem Biegeverfahren und/oder einem Falzverfahren und/oder einem Falzverfahren, hergestellt werden können - ein solches Umformverfahren ist beispielsweise in US 6,615,488 B2 beschrieben. Als Ergebnis des dort beschriebenen Falzverfahrens ergibt sich ein Mehrkammer-Flachrohr des sogenannten "B-Typs", weil das Profil des Mehrkammer-Flachrohrs einen an eine B-Form erinnernden Verlauf aufweist. Ein anderes ähnliches Mehrkammer-Flachrohr ist in EP 1 213 555 B1 und in EP 0 811 820 B1 beschrieben. Bei beiden Mehrkammer-Flachrohren werden Randabschnitte beider die zweite Breitwand bildender Seitenabschnitte durchgehend von einer Innenseite der zweiten Breitwand zur einer Innenseite der ersten Breitwand geführt und dort an einer Kontaktstelle lötverbunden. Es hat sich

30 gezeigt, dass ein Mehrkammer-Flachrohr dieses sogenannten B-Typs noch verbesserungswürdig ist.

35 **[0003]** EP 1 225 408 A2 zeigt ein Mehrkammer-Flachrohr der eingangs genannten Art, bei dem nur einer der Seitenabschnitte einen Randabschnitt aufweist, der durchgehend von einer Innenseite der zweiten Breitwand zu einer Innenseite der ersten Breitwand verläuft und dort an einer Kontaktstelle stoffschlüssig verbunden ist. Der Randabschnitt weist wenigstens zwei Umformabschnitte auf und wenigstens einer der Umformabschnitte bildet eine Anlagefläche für einen Randabschnitt des anderen Seitenabschnitts. Eine solche Ausführung eines Mehrkammer-Flachrohrs des B-Typs erweist sich in der Gestaltung des Stegs als materialeinsparend, lässt sich jedoch, insbesondere hinsichtlich der dem Steg zukommenden Zugwirkung, noch verbessern.

40 **[0004]** An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, ein Mehrkammer-Flachrohr anzugeben, bei dem, insbesondere eine Zugwirkung des Stegs, das Stabilitätsverhalten und/oder die Druckfestigkeit des Mehrkammer-Flachrohres verbessert ist und dennoch das Mehrkammer-Flachrohr vergleichsweise einfach und kostengünstig hergestellt werden kann.

45 **[0005]** Die Aufgabe wird durch die Erfindung in einem ersten Teil mittels einem Mehrkammer-Flachrohr der zuerst eingangs genannten Art gelöst, bei dem erfindungsgemäß unterschiedliche Varianten von Merkmalen, gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 vorgesehen sind, die auch in Kombination miteinander realisiert sein können.

50 **[0006]** In einer ersten Variante ist der die Anlagefläche bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitt schräg oder rechtwinklig zur zweiten Breitwand verlaufend ausgebildet und wenigstens ein weiterer Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnittes ist schräg oder rechtwinklig zu dem die Anlagefläche bildenden Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnittes verlaufend ausgebildet.

55 **[0007]** In einer zweiten Variante ist der die Anlagefläche bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnittes einer von mehreren v-förmig, s-förmig, u-förmig oder o-förmig gewickelt oder gefaltet angeordneten Umformabschnitten.

**[0008]** In einer dritten Variante ist der Randabschnitt des anderen Seitenabschnittes frei von einem Umformabschnitt und Teil der zweiten Breitwand.

**[0009]** In einer vierten Variante weist der Randabschnitt des anderen Seitenabschnitts nur rechtwinklig oder parallel zu zweiten Breitwand verlaufende Umformabschnitte auf. Insbesondere weist dazu der Randabschnitt des anderen Seitenabschnittes nur I-förmig oder L-förmig angeordnete Umformabschnitte auf.

**[0010]** Die Erfindung hat erkannt, dass durch die zuvor genannten Varianten allein oder in Kombination eine neue vorteilhafte Geometrie eines Profils des Mehrkammer-Flachrohres realisiert ist, bei der eine erhöhte Druckfestigkeit gegeben ist. Dies wird vor allem dadurch erreicht, dass der Steg als ein Zuganker wirkender Steg in einer dem Stand der Technik überlegenen Weise ausgelegt ist. Insbesondere können dazu die den Steg bildenden Randabschnitte mittels der Umformabschnitte so ausgebildet sein, dass die Randabschnitte in Eingriff miteinander stehen und/oder in vorteilhafter Weise stoffschlüssig an einer Anlagefläche verbunden sind. Der Steg ist erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise mit der ersten Breitwand stoffschlüssig verbunden. Dadurch ergibt sich eine erfindungsgemäß erstmals realisierte erhöhte Druckfestigkeit in horizontaler und vertikaler Richtung des Profils des Flachrohres.

**[0011]** Vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, das oben erläuterte Konzept im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren.

**[0012]** Vorzugsweise ist die Kontaktstelle durch eine flächige Anlage eines Umformabschnittes gebildet. Dadurch lässt sich ein besonders sicher an der Innenseite der ersten Breitwand befestigter Steg realisieren. Gleiches gilt für eine weitere bevorzugte Weiterbildung, bei der die Kontaktstelle über eine Anlage einer Umformkante zwischen zwei Umformabschnitten gebildet ist. Zusätzlich ermöglicht es diese Abwandlung einen Steg zu realisieren, bei dem die Zugankerwirkung vergleichsweise weich oder nachgiebiger, das heißt die Druckfestigkeit gleichzeitig sicher und flexibel, gestaltet werden kann. Eine im Vergleich dazu vergleichsweise einfach realisierte Anbindung des Stegs lässt sich dadurch erreichen, dass die Kontaktstelle über eine Anlage einer Stoßkante des durchgehend verlaufenden Randabschnittes gebildet ist.

**[0013]** Eine Festigkeit des Stegs lässt sich darüber hinaus dadurch verbessern, dass an der Anlagefläche des wenigstens einen der Umformabschnitte des durchgehend verlaufenden Randabschnitts und des Randabschnitts des anderen Seitenabschnitts eine stoffschlüssige Verbindung, insbesondere eine Lötverbindung, zwischen dem wenigstens einen der Umformabschnitte und dem Randabschnitt des anderen Seitenabschnitts gebildet ist. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Randabschnitt und/oder die Umformabschnitte des durchgehend verlaufenden Randabschnittes einseitig oder zweiseitig lotplattiert werden. In einfacheren Fällen reicht es gegebenenfalls auch aus, einen ausreichenden Lotvorrat an der Innenseite der ersten Breitwand vorzusehen, so dass sich beim Lötvorgang eine ausreichende Lotmenge in die Anlagefläche erstreckt, um den Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts und den Randabschnitt des anderen Seitenabschnitts in ausreichenderweise aneinander festzulegen bzw. löten zu verbinden.

**[0014]** Das Konzept der Erfindung hat sich insbesondere als vorteilhaft anwendbar bei einem Mehrkammer-Flachrohr erwiesen, bei dem wenigstens eine der Kammern einwandig ausgebildet ist. Die Wandstärke einer Kammer lässt sich in bevorzugter Weise unterhalb von 0,2 mm realisieren. Grundsätzlich kann das Konzept der Erfindung auch ausgeführt werden bei einem Mehrkammer-Flachrohr, bei dem wenigstens eine der Kammern mit mehreren Wänden, insbesondere zwei Wänden ausgebildet ist. Auch hierbei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass eine Wandstärke einer Wand unterhalb von 0,2 mm liegt - die Gesamtwandstärke einer Kammer mit mehreren Wänden liegt somit vorteilhaft unterhalb eines vielfachen von 0,2 mm, bei zwei Wänden vorzugsweise unterhalb von 0,4 mm. Ein mehrwandiges Mehrkammer-Flachrohr kann beispielsweise durch geeignete Wickelanordnungen des Blechbandes erfolgen. In einer Abwandlung können auch zwei oder mehr Profile zur Bildung einer konzentrischen Wandanordnung ineinander angeordnet werden.

**[0015]** Zusätzlich zu dem zuvor erläuterten, eine Zugwirkung entfaltenden Steg lässt sich zur Ausbildung eines Mehrkammer-Flachrohres mit mehr als zwei Kammern ein oder mehrere weitere solcher oder anderer Stege beim Profil vorsehen. Vorzugsweise können weitere Stege durch Einfalten der ersten und/oder zweiten Breitwand gebildet sein. Letzteres hat sich als besonders einfache Maßnahme zur Bildung weiterer Stege erwiesen.

**[0016]** Grundsätzlich können die Oberflächen eines Mehrkammer-Flachrohres der oben erläuterten Art in unterschiedlichster, für eine Anwendung angemessener Weise ausgebildet sein. Beispielsweise kann eine Rohraußenfläche und/oder eine Rohrinnefläche glatt sein. Ein solches Mehrkammer-Flachrohr hat einen besonders geringen Strömungswiderstand.

**[0017]** In einer anderen die Wärmetauscherfunktion des Mehrkammer-Flachrohres verbessernden Weiterbildung kann eine Rohraußenfläche und/oder eine Rohrinnefläche strukturiert sein. Es hat sich gezeigt, dass sich dazu eine Mehrzahl unterschiedlichst ausgeführter Arten von Strukturelementen eignet, insbesondere solche die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus: Dimpel, Winglets, Rippen.

**[0018]** Ein Mehrkammer-Flachrohr der zuvor erläuterten Art hat sich als besonders zuverlässig zur Führung eines Fluids bei erhöhter Druckfestigkeit und unter besonderer Wirkung des die Zugankerwirkung entfaltenden Steges gemäß dem Konzept der Erfindung erwiesen. Das Fluid kann in einer besonders bevorzugten Weiterbildung ein erstes Fluid sein, insbesondere in Form eines Abgases und/oder einer Ladeluft. In gleicher Weise eignet sich ein Mehrkammer-Flachrohr auch für ein zweites Fluid, vorzugsweise ein Kühlmittel, insbesondere ein auf flüssiger Basis gebildetes Kühl-

mittel.

**[0019]** Ein Mehrkammer-Flachrohr der oben beschriebenen Art eignet sich gemäß dem Konzept der Erfindung für einen Wärmetauscher zum Wärmehaustausch zwischen einem ersten Fluid einerseits, insbesondere einem Abgas und/oder Ladeluft und einem zweiten Fluid andererseits, insbesondere einem Kühlmittel. Ein solcher Wärmetauscher gemäß der Erfindung weist auf: einen Block zur voneinander getrennten und wärmetauschenden Führung des ersten und des zweiten Fluids, mit einer Anzahl von dem ersten Fluid durchströmbarcn Strömungskanälen, eine erste die Strömungskanäle aufnehmende von dem zweiten Fluid durchströmbarc Kammer und ein Gehäuse in dem die Kammer und die Strömungskanäle angeordnet sind. Gemäß dem Konzept der Erfindung ist ein Strömungskanal erfindungsgemäß in Form eines Flachrohres der oben erläuterten Art gebildet.

**[0020]** Die Erfindung führt auch auf eine besonders bevorzugte Verwendung des Wärmetauschers gemäß den weiteren nebengeordneten Ansprüchen, beispielsweise als Hochtemperatur- oder Niedertemperaturwärmetauscher - in beiden Fällen beispielsweise als ein Abgaswärmetauscher oder als ein Ladeluftwärmetauscher.

**[0021]** Darüber hinaus hat sich die Verwendung des Wärmetauschers gemäß dem Konzept der Erfindung auch als Ölkühler oder als Kältemittel oder Kühlmittelkühler geeignet erwiesen.

**[0022]** Die eingangs einleitend erläuterte Aufgabe wird durch die Erfindung in einem zweiten Teil auch mittels einem Mehrkammer-Flachrohr der eingangs zuletzt genannten Art gelöst, bei dem erfindungsgemäß, gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 19, wenigstens eine der Kammern mit mehreren Wänden gebildet ist und der Steg wenigstens zwei dieser Wände aufweist und wenigstens ein Randabschnitt der Seitenabschnitte am Steg festgemacht ist. Auch dieser Teil der Erfindung verfolgt das Konzept eines mit vergleichsweise hoher Zugfestigkeit ausgebildeten Stegs zur Erhöhung der Druckfestigkeit des Flachrohres, wobei zusätzlich die Druckfestigkeit des Mehrkammer-Flachrohres durch das Vorsehen mehrerer Wände, insbesondere von zwei Wänden erhöht ist.

**[0023]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den weiteren Unteransprüchen zu entnehmen und geben im Einzelnen vorteilhafte Möglichkeiten an, dass oben erläuterte Konzept betreffend ein doppelwandiges Mehrkammer-Flachrohr im Rahmen der Aufgabenstellung sowie hinsichtlich weiterer Vorteile zu realisieren.

**[0024]** In einer besonders bevorzugten Weiterbildung, ist wenigstens eine der Kammern mit mehreren Wänden, insbesondere zwei Wänden, gewickelt. Besonders vorteilhaft bei dieser Weiterbildung weist auch der Steg wenigstens zwei als Teil der Wicklung gebildete Wände auf. Das Mehrkammer-Flachrohr lässt sich dadurch vergleichsweise einfach durch Umformen des Blechbandes herstellen, beispielsweise in einem entsprechend ausgelegten Wickelverfahren.

**[0025]** Vorzugsweise können zwei Wände des Steges durch eine Einfaltung gebildet sein.

**[0026]** In einer weiteren besonders bevorzugten Weiterbildung kann wenigstens eine der Kammern mit mehreren konzentrisch ineinander gesetzten Wänden, insbesondere zwei Wänden, gebildet sein. Bevorzugter Weise kann bei dieser Weiterbildung der Steg wenigstens zwei als Teil der ineinander gesetzten Wände gebildete Wände aufweisen.

**[0027]** In einer besonders bevorzugten Weiterbildung des zweiten Teils der Erfindung verläuft nur einer oder in besonders bevorzugter Weise keiner der Randabschnitte der Seitenabschnitte durchgehend von der zweiten Breitwand zur ersten Breitwand, d.h. insbesondere der Innenseiten der Breitwände.

**[0028]** In einer ersten Abwandlung der besonders bevorzugten Weiterbildung kann an den Steg ein Randabschnitt wenigstens eines der Seitenabschnitte angrenzen. In einer besonders einfachen Ausführung kann dazu der Randabschnitt mit einer Stoßkante auf den Steg stoßen.

**[0029]** In einer zweiten Abwandlung der besonders bevorzugten Weiterbildung kann der Steg mit einem Randabschnitt wenigstens eines der Seitenabschnitte gebildet sein. Vorzugsweise kann dazu der Randabschnitt mit einer Anlagefläche am Steg anliegen.

**[0030]** In einer dritten Abwandlung der besonders bevorzugten Weiterbildung kann die Stoßkante des Randabschnittes auch frei liegen.

**[0031]** Alternativ zur besonders bevorzugten Weiterbildung kann eine Stoßkante des Randabschnittes an der Innenseite der ersten Breitwand festgemacht sein. Dies ist insbesondere vorteilhaft für ein Mehrkammer-Flachrohr, das mit mehreren konzentrisch ineinander gesetzten Wänden gebildet ist.

**[0032]** Wie bereits im Zusammenhang mit dem ersten Teil der Erfindung erläutert, kann eine einzelne Wandstärke vorzugsweise unterhalb von 0,2 mm liegen und dennoch eine Druckfestigkeit der Mehrkammer-Flachrohres gewährleisten sein. Vorzugsweise wird dies dadurch verbessert, dass an einer oder mehreren Anlageflächen oder Stellen zwischen Wänden eine stoffflüssige Verbindung, insbesondere eine Lötverbindung, gebildet ist.

**[0033]** Wie bereits im Zusammenhang mit dem ersten Teil der Erfindung erläutert, können weitere Stege, insbesondere durch Einfalten der ersten und/oder zweiten Breitwand, gebildet sein. Grundsätzlich können nur Rohraußenfläche und/oder Rohrinnenfläche je nach Anwendung glatt oder strukturiert ausgeführt sein. Die Erfindung führt darüber hinaus auf einen Wärmetauscher sowie eine entsprechende Verwendung des Wärmetauschers wie dies den weiteren nebengeordneten Ansprüchen zu entnehmen ist.

**[0034]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Hochtemperatur- oder Niedertemperatur-Wärmetauscher.

**[0035]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers, insbesondere eines Abgas-Wärmetauschers, als Abgas-

kühler zur Abgaskühlung in einem Abgasrückführsystem einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

**[0036]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers, insbesondere eines Abgas-Wärmetauschers, als Zuheizung zur Innenraumerwärmung eines Kraftfahrzeugs.

**[0037]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Ladeluftkühler zur direkten oder indirekten Kühlung von Ladeluft in einem Ladeluftzuführsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

**[0038]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Ölkühler, insbesondere zur Kühlung von Motoröl und/oder Getriebeöl.

**[0039]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Kälte- oder Kühlmittelkühler und/oder Kälte- oder Kühlmittelkondensator in einem Kälte- oder Kühlmittelkreislauf einer Klimaanlage oder eines Motorkühlkreislaufs eines Kraftfahrzeugs.

**[0040]** Vorteilhaft ist, dass wenigstens eine der Kammern mit mehreren konzentrisch ineinander gesetzten Wänden, insbesondere zwei Wänden, gebildet ist, insbesondere der Steg wenigstens zwei als Teil der ineinander gesetzten Wände gebildete Wände aufweist.

**[0041]** Vorteilhaft ist, dass an den Steg ein Randabschnitt wenigstens eines der Seitenabschnitte grenzt, insbesondere der Randabschnitt mit einer Stosskante auf den Steg stößt.

**[0042]** Vorteilhaft ist, dass der Steg mit einem Randabschnitt wenigstens eines der Seitenabschnitte gebildet ist, insbesondere der Randabschnitt mit einer Anlagefläche am Steg anliegt.

**[0043]** Vorteilhaft ist, dass eine Stosskante des Randabschnitts frei liegt.

**[0044]** Vorteilhaft ist, dass eine Stosskante des Randabschnitts an der ersten Breitwand festgemacht ist.

**[0045]** Vorteilhaft ist, dass eine Wandstärke unterhalb von 0.2 mm ausgebildet ist.

**[0046]** Vorteilhaft ist, dass an einer oder mehreren Anlageflächen oder -Stellen zwischen Wänden eine stoffschlüssige Verbindung, insbesondere Lötverbindung, gebildet ist.

**[0047]** Vorteilhaft ist, dass weitere Stege durch einfallen der ersten und/oder zweiten Breitwand gebildet sind.

**[0048]** Vorteilhaft ist, dass eine Rohraußenfläche und/oder eine Rohrinnenfläche glatt ist.

**[0049]** Vorteilhaft ist ein Mehrkammer-Flachrohr zur Führung eines Fluids in einem Wärmetauscher, insbesondere einem ersten Fluid, vorzugsweise in Form eines Abgas und/oder einer Ladeluft, oder einem zweiten Fluid, vorzugsweise einem Kühlmittel.

**[0050]** Vorteilhaft ist ein Wärmetauscher zum Wärmetausch zwischen einem ersten Fluid, insbesondere einem Abgas und/oder einer Ladeluft und einem zweiten Fluid, insbesondere einem Kühlmittel, aufweisend:

einen Block zur voneinander getrennten und wärmetauschenden Führung des ersten und des zweiten Fluids, mit

- einer Anzahl von dem ersten Fluid durchströmbareren Strömungskanälen,
- eine erste die Strömungskanäle aufnehmende, von dem zweiten Fluid durchströmbarere Kammer
- ein Gehäuse, in dem die Kammer und die Strömungskanäle angeordnet sind;

dadurch gekennzeichnet, dass ein Strömungskanal in Form eines Flachrohres gebildet ist.

**[0051]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Hochtemperatur-oder Niedertemperatur-Wärmetauscher.

**[0052]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers, insbesondere eines Abgas-Wärmetauschers, als Abgaskühler zur Abgaskühlung in einem Abgasrückführsystem einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

**[0053]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers, insbesondere eines Abgas-Wärmetauschers, als Zuheizung zur Innenraumerwärmung eines Kraftfahrzeugs.

**[0054]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Ladeluftkühler zur direkten oder indirekten Kühlung von Ladeluft in einem Ladeluftzuführsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

**[0055]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Ölkühler, insbesondere zur Kühlung von Motoröl und/oder Getriebeöl.

**[0056]** Vorteilhaft ist die Verwendung des Wärmetauschers als Kälte- oder Kühlmittelkühler und/oder Kälte- oder Kühlmittelkondensator in einem Kälte- oder Kühlmittelkreislauf einer Klimaanlage eines Kraftfahrzeugs.

**[0057]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzung der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail eine Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, in der Zeichnung, sowie in den Unteransprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kom-

bination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf ein Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zudem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei angegebenem Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein.

**[0058]** Im Einzelnen zeigt die Zeichnung in:

- 10 Fig. 1: eine erste Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohrs gemäß der ersten Variante des ersten Teils der Erfindung im Profil, bei dem der die Anlagefläche bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts schräg zur zweiten Breitwand verläuft;
- 15 Fig. 2: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der ersten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- Fig. 3: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der ersten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 20 Fig. 4: eine erste Ausführungsform eines Mehrkammerflachrohres im Profil gemäß der zweiten Variante des ersten Teils der Erfindung, wobei eine Zugankerwirkung vergleichsweise weich oder nachgiebig gestaltet ist;
- Fig. 5: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der zweiten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 25 Fig. 6: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der zweiten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 30 Fig. 7A, Fig. 7B: zwei Abwandlungen einer weiteren Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der zweiten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- Fig. 8: eine Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß einer dritten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 35 Fig. 9: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der dritten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- Fig. 10: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der dritten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 40 Fig. 11: eine Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß einer vierten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 45 Fig. 12: eine Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß einer vierten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- Fig. 13: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der vierten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- 50 Fig. 14: eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres im Profil gemäß der vierten Variante des ersten Teils der Erfindung;
- Fig. 15: eine erste Ausführungsform eines doppelwandigen Mehrkammer-Flachrohres gemäß dem zweiten Teil der Erfindung;
- 55 Fig. 16: eine weitere Ausführungsform eines doppelwandigen Mehrkammer-Flachrohres gemäß dem zweiten Teil der Erfindung;

Fig. 17: eine weitere Ausführungsform eines doppelwandigen Mehrkammer-Flachrohres gemäß dem zweiten Teil der Erfindung.

**[0059]** Fig. 1 zeigt das Profil eines Mehrkammer-Flachrohres V1, mit einer ersten Kammer 1 und einer zweiten Kammer 2, vorliegend zur Strömungsaufnahme eines Abgases und/oder einer Ladeluft in einem Wärmetauscher. Das Mehrkammer-Flachrohr V1 der Fig. 1 kann, ebenso wie die Mehrkammer-Flachrohre V2 bis V17 der Fig. 1 bis Fig. 17, vorliegend als ein Strömungskanal in einem Block zur voneinander getrennten Führung des Abgases und/oder der Ladeluft und eines Kühlmittels in einem Gehäuse des Wärmetauschers dienen. Je nach Verwendungszweck kann das Mehrkammer-Flachrohr in geeigneter Weise mit einer Mehrzahl anderer Mehrkammer-Flachrohre im Block angeordnet sein, wobei die Kammern 1, 2 zur Durchströmung mit dem Abgas und/oder der Ladeluft vorgesehen sind und der Außenraum des Mehrkammer-Flachrohres in dem Gehäuse zur Umspülung mit dem Kühlmittel vorgesehen ist. Zur Strömungsoptimierung hinsichtlich einem Strömungswiderstand einerseits und einer verbesserten Wärmetauschfähigkeit andererseits kann das Mehrkammer-Flachrohr V1 wie auch die weiteren im Folgenden erläuterten Mehrkammer-Flachrohre V2 bis V17, mit einer geeigneten Art und Anzahl von nicht näher dargestellten Strukturelementen versehen sein, um den Wärmeaustausch zwischen Abgas und/oder Zuluft und dem Kühlmittel zu verbessern. Um andererseits einen Strömungswiderstand besonders gering zu halten, kann auch eine von den Kammern 1, 2 abgewandte nach außen gerichtete Rohraußenfläche und/oder eine den Kammern 1, 2 zugewandte Rohrinnefläche glatt ausgebildet sein.

**[0060]** Das Mehrkammer-Flachrohr V1, ebenso wie die weiteren erläuterten Mehrkammer-Flachrohre V2 bis V17, lässt sich im Rahmen eines Biege-, Falt- und Falzverfahren - im Prinzip ähnlich dem in US 6,615,488 B2 beschriebenen - besonders einfach herstellen, wobei jedoch das Umformen des Blechbandes im Bereich des Stegs 3 in abgewandelter Form erfolgt.

**[0061]** Das Mehrkammer-Flachrohr V1 weist, ebenso wie die weiteren im Folgenden erläuterten Mehrkammer-Flachrohre V2 bis V17, eine sich gegenüberliegende erste Breitwand 4 und zweite Breitwand 6 auf, die mit sich gegenüberliegenden, jeweils einen Umformbereich bildenden Schmalwänden 5, 7 miteinander verbunden sind, wobei die Breitwände 4, 6 und die Schmalwände 5, 7 Außenseiten des Profils bilden.

**[0062]** Die erste Breitwand 4 ist mit einem zwischen Seitenabschnitten des Blechbandes liegenden Innenabschnitt des Blechbandes gebildet. Die zweite Breitwand 6 ist in einem ersten Bereich 6A mit einem seitlich des Innenabschnitts angeordneten ersten Seitenabschnitt des Blechbandes gebildet und in einem zweiten Bereich 6B mit einem seitlich des Innenabschnitts angeordneten zweiten Seitenabschnitt des Blechbandes gebildet.

**[0063]** Bei dem in Fig. 1 gezeigten Mehrkammer-Flachrohr V1, ebenso wie bei den weiteren erläuterten Mehrkammer-Flachrohren V2 bis V17, ist die erste und die zweite Breitwand mit einem die wenigstens zwei Kammern trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg 3 verbunden. Bei dem in Fig. 1 erläuterten Mehrkammer-Flachrohr V1 - ebenso wie bei den in Fig. 2 bis Fig. 14 erläuterten Mehrkammer-Flachrohren V2 bis V14 - ist der Steg 3 mit einem Randabschnitt 3B des zweiten Seitenabschnitts gebildet, welcher dem zweiten Bereich 6B zugeordnet ist. Nur der dem Seitenabschnitt des Bereichs 6B zugeordnete Randabschnitt 3B verläuft durchgehend von einer Innenseite der zweiten Breitwand 6 zur Innenseite der ersten Breitwand 4 und ist dort an einer Kontaktstelle 8, vorliegend mittels einer Lötverbindung, mit der ersten Breitwand 4 verbunden. In einer dem Konzept der Erfindung folgenden, die Zugwirkung des Stegs 3 verbessernden Weise ist der Randabschnitt 3B des Profils V1 vorliegend mit einem ersten Umformabschnitt 3B.1 und einem zweiten Umformabschnitt 3B.2 durch entsprechende Biegeprozesse des Randabschnitts 3B gebildet. Der erste Umformabschnitt 3B.1 bildet mit dem Randabschnitt 3A des anderen, dem ersten Bereich 6A zugeordneten Seitenabschnitt eine Anlagefläche 9. An der Anlagefläche 9 ist vorliegend der erste Umformabschnitt 3B.1 und der Randabschnitt 3A aneinandergelötet. Darüber hinaus ist an der sich zur zweiten Breitwand 6 öffnenden Seite 9.1 der Anlagefläche 9 ebenfalls eine Lötverbindung vorgesehen, welche mit der Außenseite der zweiten Breitwand 6 glatt abschließt. Der zweite Umformabschnitt 3B.2 ist mit seiner Innenseite der ersten Breitwand 4 zugewandten Anlagefläche 9 in besonders vorteilhafter Weise verlötet. Durch das Verlöten der Anlagefläche 9, 8 - anstatt dem Verlöten bloßer Stoßflächen wie im Stand der Technik - ist vorliegend eine besondere hohe Zugfestigkeit bei dem Mehrkammer-Flachrohr V1 erreicht. Darüber hinaus ist in ein, dem Konzept der ersten Variante der Erfindung folgend, die Anlagefläche 9 bildender Umformabschnitt 3B.1 des durchgehend verlaufenden Randabschnitts 3B schräg zur zweiten Breitwand 6 gestellt, wobei der zweite Umformabschnitt 3B.2 schräg zum ersten Umformabschnitt 3B.1 verläuft.

**[0064]** Bei den folgenden in den Fig. 2 bis 17 erläuterten Mehrkammer-Flachrohren V1 bis V17 sind für gleiche Teile bzw. Teile mit gleicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet.

**[0065]** Fig. 2 zeigt ein Mehrkammer-Flachrohr V2, bei dem - wiederum dem Konzept der ersten Variante der Erfindung folgend - der die Anlagefläche 9 bildende erste Umformabschnitt 3B.1 schräg zur zweiten Breitwand 6 verläuft, wobei der zweite Umformabschnitt 3B.2 rechtwinklig zum Umformabschnitt 3B.1 verläuft. Wiederum ist nur der Randabschnitt 3B als ein durchgehend von der zweiten Breitwand 6 zur ersten Breitwand 4 verlaufender, den Steg 3 bildender Abschnitt ausgebildet und an einer Kontaktstelle 8 stoffschlüssig verbunden. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Mehrkammer-Flachrohr V2 ist die Kontaktstelle 8 über eine Anlage einer Umformkante zwischen dem Umformabschnitt 3B.1 und dem Umformabschnitt 3B.2 gebildet. Der andere dem Seitenabschnitt des Bereichs 6A zugeordnete Randabschnitt 3A weist vorlie-

gend einen ersten Umformabschnitt 3A.1 und einen zweiten Umformabschnitt 3A.2 auf, wobei der ersten Umformabschnitt 3A.1 mit dem Umformabschnitt 3B.1 eine Anlagefläche 9 bildet, die sich auch als Anlagefläche zwischen dem ersten Umformabschnitt 3A.2 und dem Umformabschnitt 3B.2 fortsetzt. Vorliegend sind also v-förmig, rechtwinklig zueinander orientierte Umformabschnitte 3B.1, 3B.2 bzw. 3A.1, 3A.2 ausgebildet, wobei die Randabschnitte 3B, 3A in einer v-förmig, ausgebildeten Anlagefläche 9 aneinanderliegen und der andere Randabschnitt 3A in dem durchgehend verlaufenden Randabschnitt 3B eingelegt ist. Die dadurch ausgeführte Realisierung eines ineinandergreifenden, durchgehenden Randabschnitts 3B und anderen Randabschnitts 3A bewirkt somit in vorteilhafter Weise eine Zugankerwirkung, welche die Druckfestigkeit des Mehrkammer-Flachrohres V2 auch gegen ein seitliches Auseinanderziehen, d.h. gegen einen Zug in Richtung der Schmalwände 5, 7, erhöht. Die Anlagefläche 9 des Mehrkammer-Flachrohres V2 kann somit, muss aber nicht, lotplattiert werden. Um im Unterschied dazu die Zugankerwirkung des in Fig. 1 gezeigten Mehrkammer-Flachrohres V1 zu realisieren, ist die Lotplattierung der Anlagefläche 9 derart eine Voraussetzung.

**[0066]** Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform eines Mehrkammer-Fachrohres V3, ähnlich dem in Fig. 2 gezeigten Mehrkammer-Flachrohr V2, bei dem in ansonsten ähnlicher Ausführung darüber hinaus der durchgehende Randabschnitt 3B einen ersten Umformabschnitt 3B.1, einen zweiten Umformabschnitt 3B.2, einen dritten Umformabschnitt 3B.3 und einen vierten Umformabschnitt 3B.4 aufweist. Der zweite und dritte Umformabschnitt 3B.2, 3B.3 sind vorliegend als eine Faltung von Abschnitten gebildet und führen den v-förmigen Schenkel des Randabschnitts 3B zum Umformabschnitt 3B.4 zurück, welcher in vorteilhafter Weise eine flächige Anlage an der Kontaktstelle 8 zur ersten Breitwand 4 bildet. In Folge der Erhöhung der Fläche der Kontaktstelle 8 im Unterschied zu der bei dem Mehrkammer-Flachrohr V2 der Fig. 2 gezeigten Kontaktstelle 8 ist hier die Befestigung des Stegs und damit die Druckfestigkeit in Richtung der Breitwände 4, 6 noch weiter erhöht.

**[0067]** Fig. 4 bis Fig. 7B zeigen Mehrkammer-Flachrohre V4 bis V7B, welche in Realisierung von Ausführungsformen der zweiten Variante der Erfindung einen durchgehend verlaufenden Randabschnitt 3B aufweisen, welcher v-förmig, s-förmig, u-förmig, o-förmig oder gewickelt oder gefaltet angeordnete Umformabschnitte aufweist, die im Folgenden näher erläutert werden. In einer besonders vorteilhaften Weise ist bei den in Fig. 4 bis Fig. 7B gezeigten Mehrkammer-Flachrohren V4 bis V7B des weiteren jeweils ein erster Umformabschnitt 3B.1 rechtwinklig zur zweiten Breitwand 6 orientiert, was in besonders einfacher Weise die Realisierung eines mit lediglich einem rechtwinklig orientierten Umformabschnitt gebildeten Randabschnitt 3A ermöglicht, um die Anlagefläche 9 zwischen dem Umformabschnitt 3B.1 und dem Randabschnitt 3A zu verwirklichen.

**[0068]** Bei dem in Fig. 4 gezeigten Mehrkammer-Flachrohr V4 wird durch das vorliegend als Faltung gebildete, indirekte Strukturelement der Umformabschnitten 3B.2, 3B.3 ein vergleichsweise weicher oder nachgiebiger Zuganker in Form des Stegs 3 zwischen der ersten Breitwand 4 und der zweiten Breitwand 6 gebildet. Der durchgehende Randabschnitt 3B weist darüber hinaus eine s-förmige Struktur - horizontal ausgerichtet - in Form des vierten Umformbereichs 3B.4 und 3B.5 auf, wobei der fünfte Umformbereich 3B.5 - ähnlich einer zuvor erläuterten, vorteilhaften Weise - eine Kontaktstelle 8 in Form einer Anlagefläche zur Innenwand der ersten Breitwand 4 bildet.

**[0069]** Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres V5, bei welcher der durchgehende Randabschnitt 3B mit Umformabschnitten 3B.1, 3B.2, 3B.3 gebildet ist, welche als indirektes Strukturelement eine s-förmige Struktur - diesmal vertikal ausgerichtet - ausbilden, insbesondere um eine vergleichsweise weiche oder nachgiebige Zugankerwirkung zwischen erster Breitwand 4 und zweiter Breitwand 6 zu realisieren.

**[0070]** Die in Fig. 6 bis Fig. 7B gezeigten Mehrkammer-Flachrohre V6, V7A, V7B realisieren, dem Konzept der zweiten Variante der Erfindung folgend, ebenfalls einen vergleichsweise weich oder nachgiebig ausgebildeten Zuganker in Form eines Stegs 3, wobei zudem in vorteilhafter Weise eine Kontaktstelle 8 zur ersten Breitwand 4 in besonders zuverlässiger Weise als Anlagefläche gebildet ist. Darüber hinaus ist auch eine seitliche, in Richtung der Schmalwände 5, 7 wirkende, Zugwirkung des Stegs 3 dadurch erhöht, dass der Randabschnitt 3A - dem gleichen anhand von Fig. 2 und Fig. 3 erläuterten Wirkprinzip folgend - in Eingriff mit dem Randabschnitt 3B steht. Der Eingriff ist vorliegend mit u-förmig angeordneten Umformabschnitten 3B.1, 3B.2, 3B.3 des Randabschnitts 3B gebildet. Zur Realisierung einer Wicklung ist der Umformabschnitt 3B.3 darüber hinaus Teil einer mit dem Umformabschnitt 3B.4 realisierten Faltung. Der Übergang zwischen Umformabschnitten 3B.3 und 3B.4 kann, muss aber nicht, an einer Kontaktstelle 8.1 mit der zweiten Breitwand 6 formschlüssig verbunden werden. Die Wicklung ist mit einem rechtwinklig zum Umformabschnitt 3B.4 angeordneten weiteren Umformabschnitt 3B.5 - als die Kontaktstelle 8 bildender Umformabschnitt 3B.5 - und dem Wicklung schließenden letzten Umformabschnitt 3B.6 geführt. Die Umformabschnitte 3B.2 bis zum randseitigen Umformabschnitt 3B.6 bilden also eine geschlossene Wickelstruktur in etwa einer O-Form gleichend.

**[0071]** Fig. 7A zeigt eine Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres V7A, bei dem das indirekte Strukturelement des Stegs 3 im Randabschnitt 3B anstatt o-förmig wie in Fig. 6 - mit Umformabschnitten 3B.3, 3B.4, 3B.5 u-förmig gebildet ist, wobei der Umformabschnitt 3B.5 eine flächige Kontaktstelle zur ersten Breitwand 4 bildet. Im Vergleich zu der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform ist bei dem Mehrkammer-Flachrohr V7A die Faltung zwischen den Umformabschnitten 3B.3 und 3B.4 nicht vollständig geschlossen, sondern die Umformabschnitte 3B.3 und 3B.4 weisen einen spitzen Winkel auf. Dies realisiert die im Zusammenhang mit Fig. 6 erläuterte Eingriffstruktur, welche den vorteilhaften Eingriff des Randabschnitts 3A in den Randabschnitt 3B erlaubt, um die Zugankerwirkung des Stegs 3 auch in Richtung

der Schmalwände 5, 7 zu erhöhen. Die Kontaktstelle 8.2 kann, bei Formschluss, wiederum zur Erhöhung der Zugankerwirkung in vertikaler Richtung dienen.

**[0072]** Die in Fig. 7B gezeigte Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres V7B entspricht im Wesentlichen dem der Ausführungsform des Mehrkammer-Flachrohres V7A der Fig. 7A, wobei im Unterschied der Umformbereich zwischen den Umformabschnitten 3B.3 und 3B.4 keine Kontaktstelle - wie die mit 8.1 und 8.2 bezeichnete Kontaktstelle in Fig. 6 und Fig. 7A - mehr bildet, sondern stattdessen in Abstand 8.3 von der Innenseite der zweiten Breitwand 6 angeordnet ist. Bei der in Fig. 7B gezeigten Ausführungsform des Mehrkammer-Flachrohres V7B entfällt die Möglichkeit eine Kontaktstelle 8.1, 8.2 an einer Innenseite der zweiten Breitwand stoffschlüssig zu befestigen. Stattdessen erhöht der Abstand 8.3 weiter die Flexibilität des als indirekte Struktur ausgebildeten durchgehenden Randabschnittes 3B.

**[0073]** Dennoch ist das Funktionsprinzip einer Eingriffsstruktur des Randabschnitts 3A in den Randabschnitt 3B durch eine entsprechend nahezu u-förmige Anordnung der Umformabschnitte 3B.1, 3B.2 und 3B.3 realisiert, was die erläuterte seitliche Zugankerwirkung des Stegs 3 aufrecht erhält, ohne eine zusätzliche Lotplattierung vorsehen zu müssen.

**[0074]** Fig. 8 bis Fig. 10 zeigen Ausführungsformen von Mehrkammer-Flachrohren V8 bis V10 gemäß dem Konzept der dritten Variante der Erfindung, bei dem ein Randabschnitt 3A des anderen dem Bereich 6B zugeordneten Seitenabschnitts frei von einem Umformabschnitt ist und vielmehr Teil des zweiten Bereichs 6B der zweiten Breitwand 6 ist. Die Ausführungsformen der Mehrkammer-Flachrohre V8 bis V10 sind also besonders leicht herstellbar, da der Randbereich 3A unverformt und gerade als Teil des zweiten Bereichs 6B der zweiten Breitwand 6 gebildet ist. Lediglich der durchgehende Randabschnitt 3B ist vorliegend als umgeformte Bandkante mit Umformabschnitten 3B.1, 3B.2 und 3B.3 gebildet. Jeweils die Umformabschnitte 3B.1 und 3B.2 bilden bei den Mehrkammer-Flachrohren V8, V9, V10 in vorteilhafter Weise die Anlagefläche 9 zwischen dem Randabschnitt 3A und dem Umformabschnitt 3B.2. Die Umformabschnitte 3B.1 und 3B.2 bilden dazu eine klinkenförmige Aufnahme mit Anschlag für den Randabschnitt 3A. Bei der Ausführungsform des Mehrkammer-Flachrohres V9 in Fig. 9 schließt sich am Umformabschnitt 3B.2 eine senkrecht zur Breitwand 4, 6 orientierte Faltungsstruktur mittels Umformabschnitt 3B.3 und 3B.4 an, wobei die Faltungsstruktur eine Kontaktstelle 8 zur ersten Breitwand und - zusätzlich zum Mehrkammer-Flachrohr V8 - mit der Stoßkante des Umformabschnitts 3B.4 eine Kontaktstelle 8.1 mit der zweiten Breitwand 6 bildet.

**[0075]** Bei der in Fig. 10 gezeigten Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres V10 ist eine ähnliche Faltungsstruktur waagrecht zur ersten Breitwand 4 und zweiten Breitwand 6 angeordnet und mit Umformabschnitten 3B.2 und 3B.3 gebildet, wobei ein weiterer Umformabschnitt 3B.4 in vorteilhafter Weise eine als Teilsteg gebildete Einfaltung 4.1 der ersten Breitwand 4 hintergreift. So wird wiederum das Prinzip eines die seitliche Zugwirkung verhindernden seitlichen Zugankers in Form des Stegs 3 realisiert. Dennoch ist auch bei der in Fig. 10 gezeigten Ausführungsform des Mehrkammer-Flachrohres V10 nur der Randabschnitt 3B ein sich von der zweiten Breitwand 6 zur ersten Breitwand 4 durchgehend erstreckender Randabschnitt. Eine Kontaktstelle 8 ist bei den Mehrkammer-Flachrohren V8 bis V10 jeweils über eine linienförmige Anlage gebildet. Bei dem Mehrkammer-Flachrohr V8 ist dies eine Stoßkante des durchgehend verlaufenden Randabschnitts 3B. Bei dem Mehrkammer-Flachrohr V9 in Fig. 9 ist dies ein Umformbereich des durchgehend verlaufenden Randabschnitts 3B zwischen den Umformabschnitten 3B.3 und 3B.4. Bei dem in Fig. 10 gezeigten Mehrkammer-Flachrohr V10 ist dies die Berührungslinie an der Kontaktstelle 8 zwischen der Faltungsstruktur 4.1 und der seitlichen Fläche des Umformabschnitts 3B.3. Bei der in Fig. 10 gezeigten Ausführungsform eines Mehrkammer-Flachrohres V10 entfällt zusätzlich eine zweiseitige Lotplattierung im Unterschied zum Mehrkammer-Flachrohr V9 und dennoch ist eine Zugankerwirkung auch in seitlicher Richtung gewährleistet.

**[0076]** Bei den Mehrkammer-Flachrohren V8 bis V10 handelt es sich somit um vergleichsweise einfach herzustellende Ausführungsformen - gemäß dem Konzept der dritten Variante der Erfindung - wobei dennoch die Ausbildung des durchgehenden Randabschnitts 3B eine im Wesentlichen indirekte Struktur bildet, die zu der bevorzugten eher weichen oder nachgiebigen Zugankerwirkung - ähnlich der bei den Ausführungsformen V4 bis V7 - führt. Es hat sich gezeigt, dass sich durch Vorsehen einer solchen indirekten Struktur - d.h. dem Konzept der zweiten Variante der Erfindung folgend - eine Mehrkammer-Flachrohr sich besonders leicht kalibrieren lässt, d.h. durch ein leichtes Übermaß der durch Abkantung oder Biegung gebildeten Umformabschnitte 3B., 3B.1 etc. ist ein Kontakt 8 in besonders sicherer Weise gewährleistet. Zusätzlich lässt sich auch eine Kontaktfläche 9 zwischen dem Randabschnitt 3A und dem Randabschnitt 3B bzw. einem entsprechenden Umformabschnitt 3B.2 besonders sicher realisieren.

**[0077]** Die Ausführungsformen von Mehrkammer-Flachrohren V11 bis V14 realisieren - dem Konzept der vierten Variante der Erfindung folgend - besonders einfache Ausführungsformen, bei der ein durchgehender Randabschnitt 3B wie bei der Ausführungsform V11 gezeigt, mit Umformabschnitten 3B.1 und 3B.2 eine winkelförmige Struktur bildet, während der Randabschnitt 3A als lediglich einfach umgeschlagenes Bandende gebildet ist, d.h. einen I-förmigen Verlauf hat. Wiederum kontaktiert lediglich an der Kontaktstelle 8 eine Anlagefläche des Randabschnitts 3B die erste Breitwand 4 an der Innenseite. Eine Zugankerwirkung bei den Ausführungsformen der Mehrkammer-Flachrohre V11 und V12 lässt sich in besonderer Weise durch eine zweiseitige Lotplattierung zusätzlich absichern, insbesondere an der Kontaktstelle 8 und der Anlagefläche 9.

**[0078]** Wie bei dem Mehrkammer-Flachrohr V12 gezeigt, kann der Randabschnitt 3A auch durch einen weiteren Umformabschnitt 3A.2, d.h. zur Bildung eines L-förmigen Verlaufs, oder wie bei der Ausführungsform des Mehrkammer-

Flachrohres V14 in Fig. 14 gezeigt, durch eine Faltungsstruktur mit einem Umformabschnitt 3A.2 ergänzt werden.

**[0079]** Ebenso kann zusätzlich oder alternativ zu den vorgenannten Maßnahmen, wie beispielhaft in Fig. 12, Fig. 13 und Fig. 14 gezeigt, die I-förmige Struktur des durchgehenden Randabschnitts 3B mit einem weiteren Umformabschnitt 3B.3 ergänzt werden, welcher zusammen mit dem Umformabschnitt 3B.2 eine Faltung bildet. Dadurch bildet ähnlich wie bei Fig. 11 und Fig. 12 der Umformabschnitt 3B.2, nunmehr der Umformabschnitt 3B.3 eine Kontaktstelle 8 zur Innenseite der ersten Breitwand 4.

**[0080]** Fig. 15 bis Fig. 16 zeigen Ausführungsformen von Mehrkammer-Flachrohren V15, V16, V17, welche beispielhaft das Konzept des zweiten Teils der Erfindung realisieren, bei dem ein Mehrkammer-Flachrohr doppelwandig ausgeführt ist und dem folgend ein Steg 3 mindestens doppelwandig unter Beteiligung dieser Kammerwände ausgeführt ist und kein Randabschnitt durchgehend zwischen den Breitwänden 4, 6 verläuft. Bei den Mehrkammer-Flachrohren V15 und V16 ist das Profil aus einem Blechband gewickelt, wobei bei der in Fig. 15 gezeigten Ausführungsform der Steg 3 ausschließlich durch die Wicklungsstruktur gebildet ist, während an den Steg 3 ein Randabschnitt 3A der den Bereichen 6A, 6B zugeordneten Seitenabschnitte grenzt. Dabei stößt ein Randabschnitt 3A mit einer Stoßkante auf dem Steg.

**[0081]** In Abwandlung dazu ist der Steg 3 bei der in Fig. 16 gezeigten Ausführungsform vierwandig gebildet, wobei die zwei mittleren Wände des Stegs 3 durch eine Einfaltung 3.1 gebildet sind und die beiden äußeren Wände des Stegs 3 als Teil der Wicklung gebildet sind. Zusätzlich ist nur im unteren Teil des Stegs 3, an den Steg 3 angrenzend, ein Randabschnitt 3A mit einer Anlagefläche am Steg anliegend ausgebildet. Dabei liegt eine Stoßkante des Randabschnitts 3 frei in Randrichtung des Stegs 3.

**[0082]** Fig. 17 zeigt eine Weiterentwicklung des in US 6,615,488 B2 gezeigten Mehrkammer-Flachrohrs, bei dem ein Steg 3 vierwandig gebildet ist und das Mehrkammer-Flachrohr V17 im Wesentlichen aus drei Profilen aufgebaut ist. Das dritte Profil V17.13 ist dabei wie in US 6,615,488 B2 beschrieben gebildet, während zur Verbesserung der Druckfestigkeit in das Profil V17.3 ein weiteres, inneres Profil V17.1 zur Bildung der ersten Kammer 1 und ein weiteres inneres Profil V17.2 zur Bildung der zweiten Kammer 2 konzentrisch eingesetzt ist. Dies hat den besonderen Vorteil, dass die Möglichkeit besteht, im inneren Bereich der Kammern 1, 2 Strukturen anzubringen und dennoch außen, d.h. auf der der Umgebung zugewandten Außenfläche des Profils V17.3, eine glatte Oberfläche zur Verfügung zu haben, um dort beispielsweise eine Rippenverlötung od. dgl. anzubringen. Eine solche Auslegung des Mehrkammer-Flachrohres - ähnlich der eines Duplex-Rohres - ermöglicht also in vorteilhafter Weise die unabhängige Gestaltung einer Kammerinnenseite und einer Außenseite des Mehrkammer-Flachrohres, um den unterschiedlichen Strömungseigenschaften und Fluiden Rechnung zu tragen. Vorliegend ist der Steg 3 in besonderer Weise dadurch ausgebildet, dass eine Stoßkante des Randabschnitts 3A an der Innenseite der ersten Breitwand 4 festgemacht ist.

**[0083]** Es versteht sich, dass die hier erläuterten Ausführungsformen auch Seitenverkehrt - horizontal und vertikal - zu den hier dargestellten Möglichkeiten ausgeführt werden können und im Übrigen Merkmalskombinationen aller Ausführungsformen vorgenommen werden können.

**[0084]** Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Mehrkammer-Flachrohr V1 - V17 mit wenigstens zwei Kammern 1, 2 zur Strömungsaufnahme eines Fluids, hergestellt durch Umformen eines Blechbandes, insbesondere hergestellt in einem Biege- und/oder Falt- und/oder Falzverfahren, bei dem ein geschlossenes Profil gebildet ist durch: sich gegenüberliegende Breitwände 4, 6, die über sich gegenüberliegende jeweils ein Umformbereich bildende Schmalwände 5, 7 miteinander verbunden sind, wobei die Breit- und Schmalwände die Außenseiten des Profils bilden, wobei eine erste Breitwand 4 mit einem zwischen Seitenabschnitten des Blechbandes liegenden Innenabschnitt des Blechbandes gebildet ist und eine zweite Breitwand 6 mit seitlich des Innenabschnittes angeordneten Seitenabschnitten des Blechbandes gebildet ist, wobei die erste und die zweite Breitwand 4, 6 mit einem die wenigstens zwei Kammern 1, 2 trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg 3 verbunden sind, der mit einem Randabschnitt 3A, 3B wenigstens eines der Seitenabschnitte gebildet ist, wobei nur einer der Seitenabschnitte einen Randabschnitt 3B aufweist, der durchgehend von der zweiten Breitwand 6 zu der ersten Breitwand 4 verläuft und dort an einer Kontaktstelle 8 stoffschlüssig verbunden, insbesondere lötverbunden ist, wobei der Randabschnitt 3B wenigstens zwei Umformabschnitte 3B.1, 3B.2, 3B.3, 3B.4, 3B.5 aufweist und wenigstens einer der Umformabschnitte eine Anlagefläche a für einen Randabschnitt 3A des anderen Seitenabschnitts bildet. Zur Verbesserung eines solchen Mehrkammer-Flachrohres sieht die Erfindung folgende, gegebenenfalls in Kombination, mögliche Maßnahmen vor. In einer ersten Variante kann der die Anlagefläche a bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts 3B schräg (V1-V3) oder rechtwinklig (V11-V14) zur zweiten Breitwand 6 verlaufen und wenigstens ein weiterer Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts 3B schräg (V1-V3) oder rechtwinklig (V11-V14) zu dem die Anlagefläche a bildenden Umformabschnittes durchgehend verlaufenden Randabschnitts verlaufen. In einer zweiten Variante kann der die Anlagefläche a bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts 3B einer von mehreren v-förmig, s-förmig, u-förmig oder o-förmig oder gewickelt oder gefaltet angeordneten Umformabschnitten sein (V4-V7). In einer dritten Variante kann der Randabschnitt 3A des anderen Seitenabschnittes frei von einem Umformabschnitt sein und Teil des ersten oder zweiten Bereichs der zweiten Breitwand 6 sein (V8-V10). In einer vierten Alternative kann der Randabschnitt 3A des anderen Seitenabschnitts nur rechtwinklig oder parallel zur zweiten Breitwand verlaufende Umformabschnitte aufweisen. Die Erfindung führt auch auf ein Mehrkammer-Flachrohr (V15-V17) bei dem wenigstens einer der Kammern mit mehreren

Wänden, insbesondere zwei Wänden, gebildet ist und der Steg 3 wenigstens zwei Wände aufweist und wenigstens ein Randabschnitt 3A der Seitenabschnitte am Steg festgemacht ist. Weiter führt die Erfindung auf einen entsprechenden Wärmetauscher und eine entsprechende Verwendung des Wärmetauschers.

5

### Patentansprüche

1. Mehrkammer-Flachrohr (V1-V14) mit wenigstens zwei Kammern (1, 2) zur Strömungsaufnahme eines Fluids, hergestellt durch Umformen eines Blechbandes, insbesondere hergestellt in einem Biege- und/oder Falt- und/oder Falzverfahren, bei dem ein geschlossenes Profil gebildet ist durch:

10

sich gegenüberliegende Breitwände (4, 6), die über sich gegenüberliegende, jeweils einen Umformbereich bildende Schmalwände (5, 7) miteinander verbunden sind, wobei die Breit- und Schmalwände Außenseiten des Profils bilden, wobei

15

eine erste Breitwand (4) mit einem zwischen Seitenabschnitten des Blechbandes liegenden Innenabschnitt des Blechbandes gebildet ist, und

eine zweite Breitwand (6) mit seitlich des Innenabschnitts angeordneten Seitenabschnitten des Blechbandes gebildet ist, wobei

20

die erste und die zweite Breitwand (4, 6) mit einem die wenigstens zwei Kammern trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg (3) verbunden sind, der mit einem Randabschnitt (3A, 3B) wenigstens eines der Seitenabschnitte gebildet ist, wobei

nur einer der Seitenabschnitte einen Randabschnitt (3B) aufweist, der durchgehend von der zweiten Breitwand (6) zu der ersten Breitwand (4) verläuft und dort an einer Kontaktstelle (8) stoff-schlüssig verbunden, insbesondere lötverbunden, ist, wobei

25

der durchgehende Randabschnitt (3B) wenigstens zwei Umformabschnitte (3B.1, 3B.2, 3B.3, 3B.4, 3B.5) aufweist und wenigstens einer der Umformabschnitte eine Anlagefläche (9) für einen Randabschnitt (3A) des anderen Seitenabschnitts bildet

### dadurch gekennzeichnet, dass

30

a) der die Anlagefläche (9) bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts (3B) schräg (V1-V3) oder rechtwinklig (V11-V14) zur zweiten Breitwand (6) verläuft und wenigstens ein weiterer Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts (3B) schräg (V1-V3) oder rechtwinklig (V11-V14) zu dem die Anlagefläche (9) bildenden Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts (3B) verläuft; und/oder

35

b) der die Anlagefläche (9) bildende Umformabschnitt des durchgehend verlaufenden Randabschnitts (3B) einer von mehreren v-förmig, s-förmig, u-förmig oder o-förmig oder gewickelt oder gefaltet angeordneten Umformabschnitten ist (V4-V7); und/oder

40

c) der Randabschnitt (3A) des anderen Seitenabschnitts frei von einem Umformabschnitt ist und Teil der zweiten Breitwand (6) ist (V8-V10) und/oder

d) der Randabschnitt (3A) des anderen Seitenabschnitts nur rechtwinklig oder parallel zur zweiten Breitwand verlaufende Umformabschnitte aufweist (V11-V14), insbesondere nur i-förmig oder l-förmig angeordnete Umformabschnitte aufweist.

45

2. Mehrkammer-Flachrohr nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktstelle (8) über eine flächige Anlage eines Umformabschnitts gebildet ist.

3. Mehrkammer-Flachrohr nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktstelle (8) über eine Anlage einer Umformkante zwischen zwei Umformabschnitten gebildet ist.

50

4. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktstelle (8) über eine Anlage einer Stosskante des durchgehend verlaufenden Randabschnitts (3B) gebildet ist.

55

5. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Anlagefläche (9) eine stoffschlüssige Verbindung, insbesondere Lötverbindung, zwischen dem wenigstens einen der Umformabschnitte des durchgehenden Randabschnittes (3B) und dem Randabschnitt (3A) des anderen Seitenabschnitts gebildet ist.

6. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Kammern (1, 2) einwandig, insbesondere mit einer Wandstärke unterhalb von 0.2mm, ausgebildet ist.
- 5 7. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Kammern (1, 2) mit mehreren Wänden, insbesondere zwei Wänden, ausgeführt ist, insbesondere mit einer Wandstärke unterhalb von 0.2 mm, vorzugsweise gewickelt oder durch konzentrisch ineinander gesetzte Wände gebildet ist
- 10 8. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** weitere Stege durch einfallen der ersten und/oder zweiten Breitwand gebildet sind.
9. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Rohraußenfläche und/oder eine Rohrinnenfläche glatt ist.
- 15 10. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Rohraußenfläche und/oder eine Rohrinnenfläche strukturiert ist, insbesondere ein oder mehrere Arten von Strukturelementen aufweist, die ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus: Dimpel, Winglets, Rippen.
- 20 11. Mehrkammer-Flachrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zur Führung eines Fluids in einem Wärmetauscher, insbesondere einem ersten Fluid, vorzugsweise in Form eines Abgas und/oder einer Ladeluft, oder einem zweiten Fluid, vorzugsweise einem Kühlmittel.
- 25 12. Wärmetauscher zum Wärmetausch zwischen einem ersten Fluid, insbesondere einem Abgas und/oder einer Ladeluft und einem zweiten Fluid, insbesondere einem Kühlmittel, aufweisend:  
einen Block zur voneinander getrennten und wärmetauschenden Führung des ersten und des zweiten Fluids, mit  
30 - einer Anzahl von dem ersten Fluid durchströmbaren Strömungskanälen,  
- eine erste die Strömungskanäle aufnehmende, von dem zweiten Fluid durchströmbare Kammer  
- ein Gehäuse, in dem die Kammer und die Strömungskanäle angeordnet sind;  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
35 ein Strömungskanal in Form eines Flachrohres nach einem der vorhergehenden Ansprüche gebildet ist.
- 40 13. Mehrkammer-Flachrohr (V15-V17) mit wenigstens zwei Kammern (1, 2) zur Strömungsaufnahme eines Fluids, hergestellt durch Umformen eines Blechbandes, insbesondere hergestellt in einem Biege- und/oder Falt- und/oder Falzverfahren, bei dem ein geschlossenes Profil gebildet ist durch:  
45 sich gegenüberliegende Breitwände (4, 6), die über sich gegenüberliegende, jeweils einen Umformbereich bildende Schmalwände (5, 7) miteinander verbunden sind, wobei die Breit- und Schmalwände Außenseiten des Profils bilden, wobei  
eine erste Breitwand (4) mit einem zwischen Seitenabschnitten des Blechbandes liegenden Innenabschnitt des Blechbandes gebildet ist, und  
50 eine zweite Breitwand (6) mit seitlich des Innenabschnitts angeordneten Seitenabschnitten des Blechbandes gebildet ist, wobei  
die erste und die zweite Breitwand (4, 6) mit einem die wenigstens zwei Kammern trennenden, eine Innenseite des Profils bildenden Steg (3) verbunden sind,  
55 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
wenigstens eine der Kammern (1, 2) mit mehreren Wänden, insbesondere zwei Wänden, gebildet ist und der Steg (3) wenigstens zwei dieser Wände aufweist und wenigstens ein Randabschnitt (3A) der Seitenabschnitte am Steg festgemacht ist.
14. Mehrkammer-Flachrohr nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Kammern (1, 2) mit mehreren Wänden, insbesondere zwei Wänden, gewickelt ist, insbesondere

## EP 2 028 431 A2

der Steg wenigstens zwei als Teil der Wicklung gebildete Wände aufweist (V15, V16).

15. Mehrkammer-Flachrohr nach Anspruch 13 oder 14,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

5 zwei Wände des Steges (3) durch eine Einfaltung gebildet sind (V16).

10

15

20

25

30

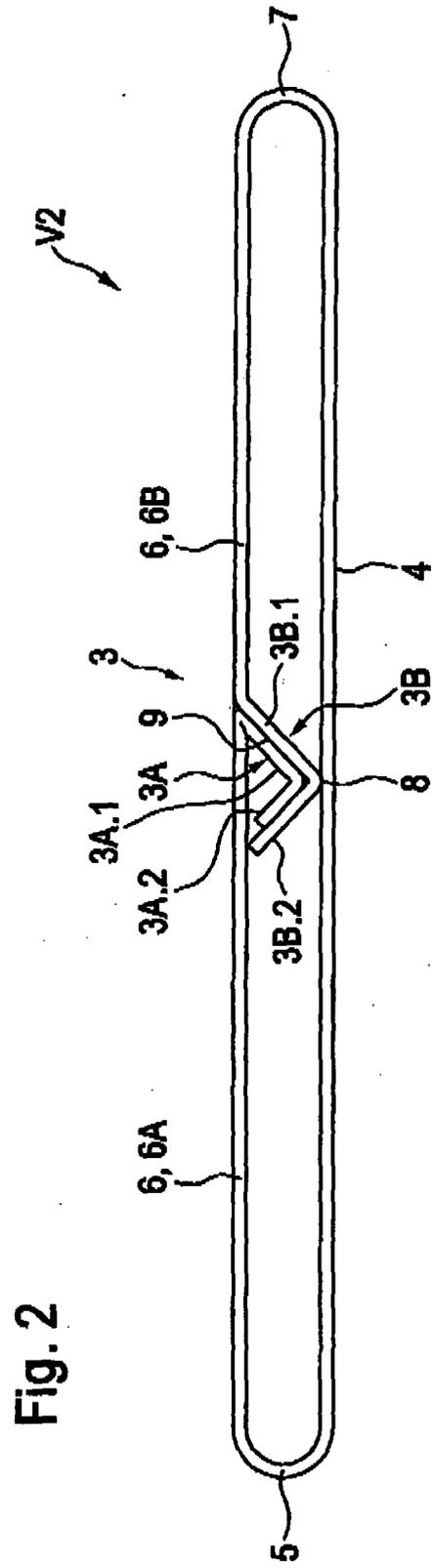
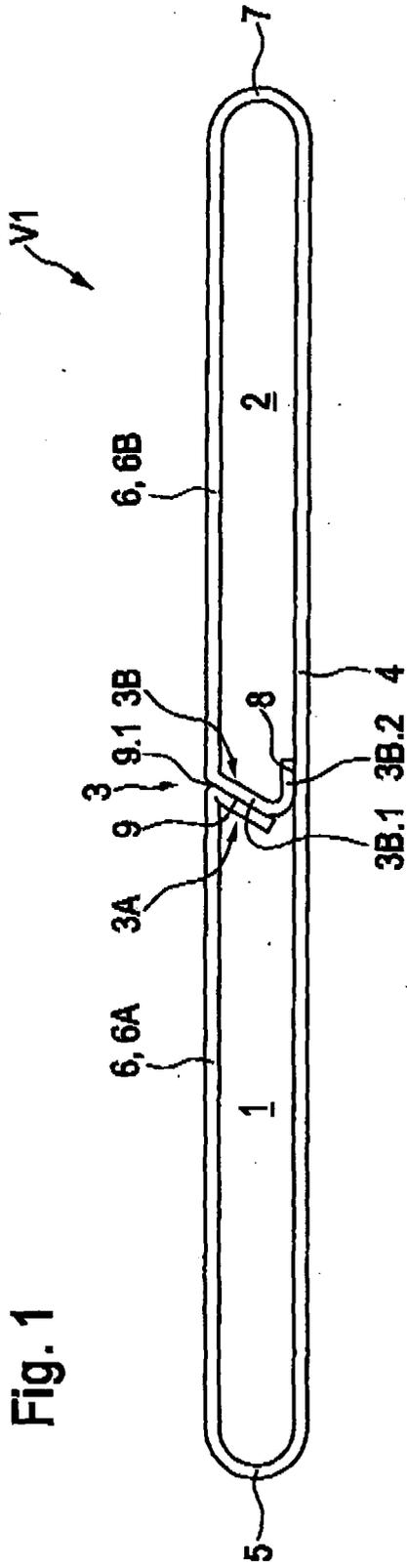
35

40

45

50

55



V3

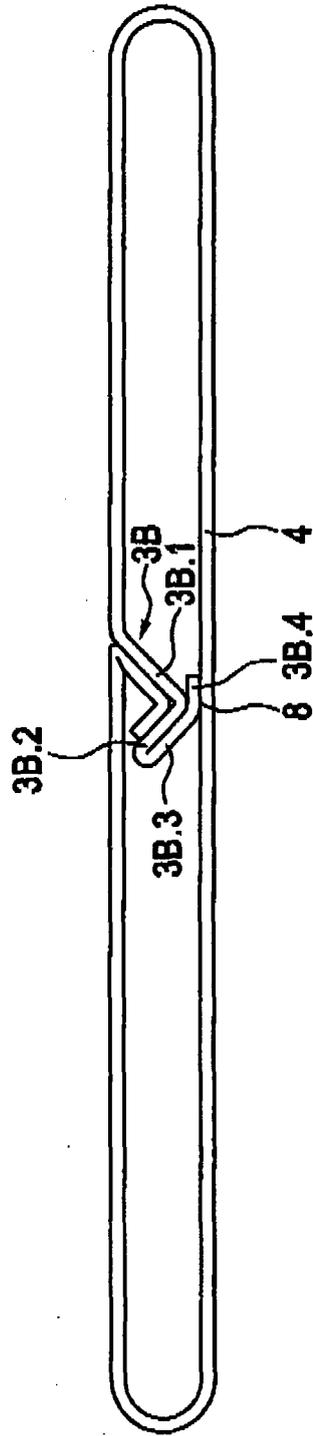


Fig. 3

V4

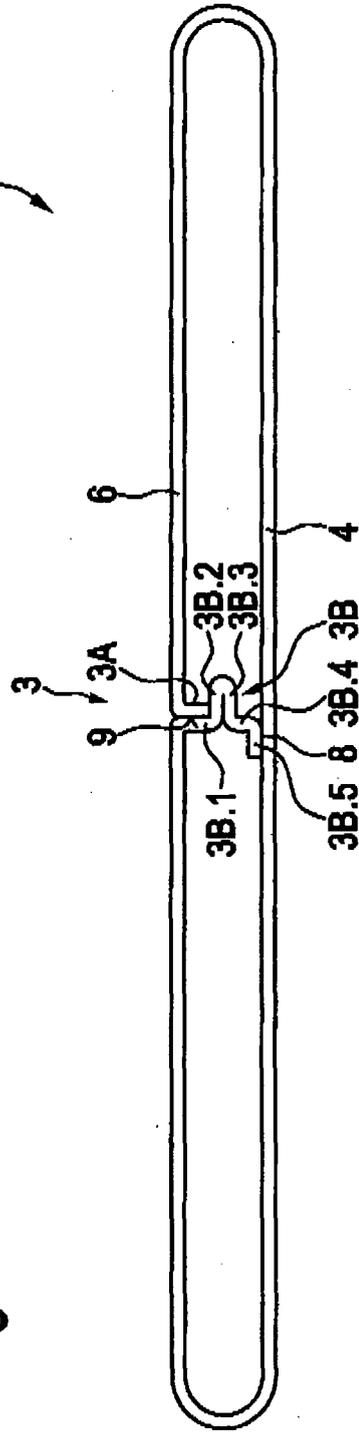


Fig. 4

Fig. 5

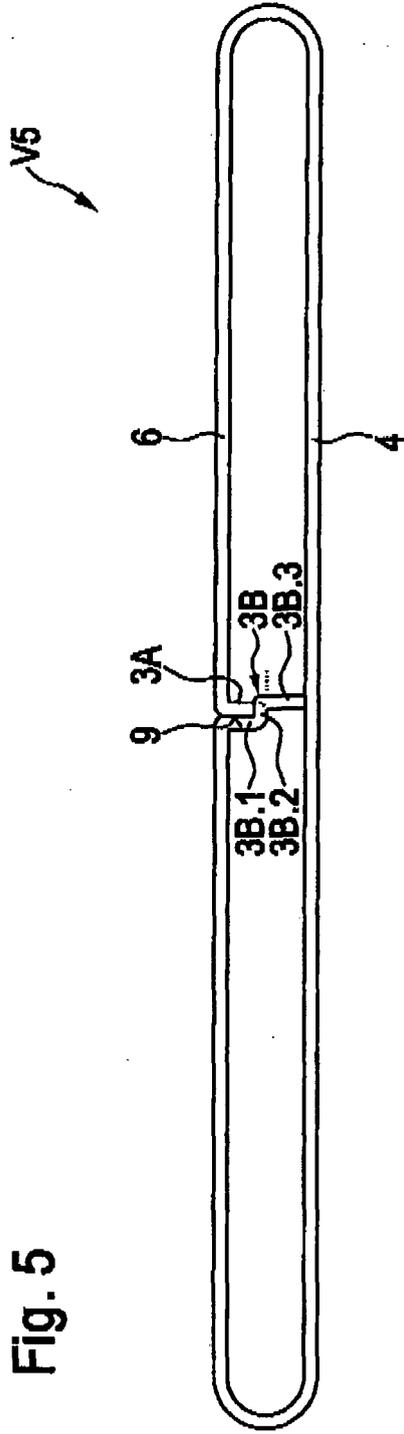
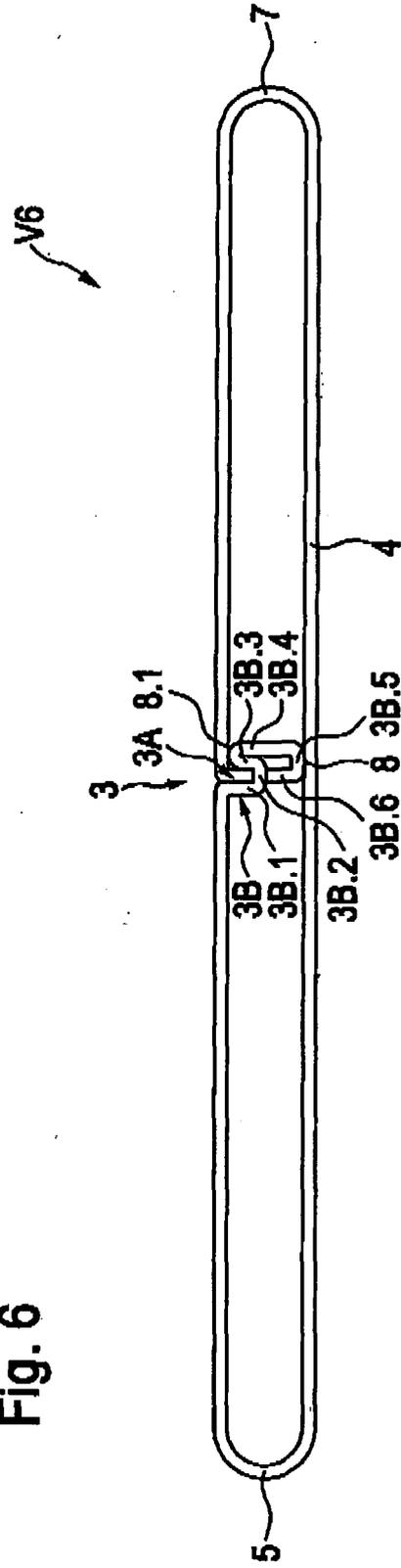
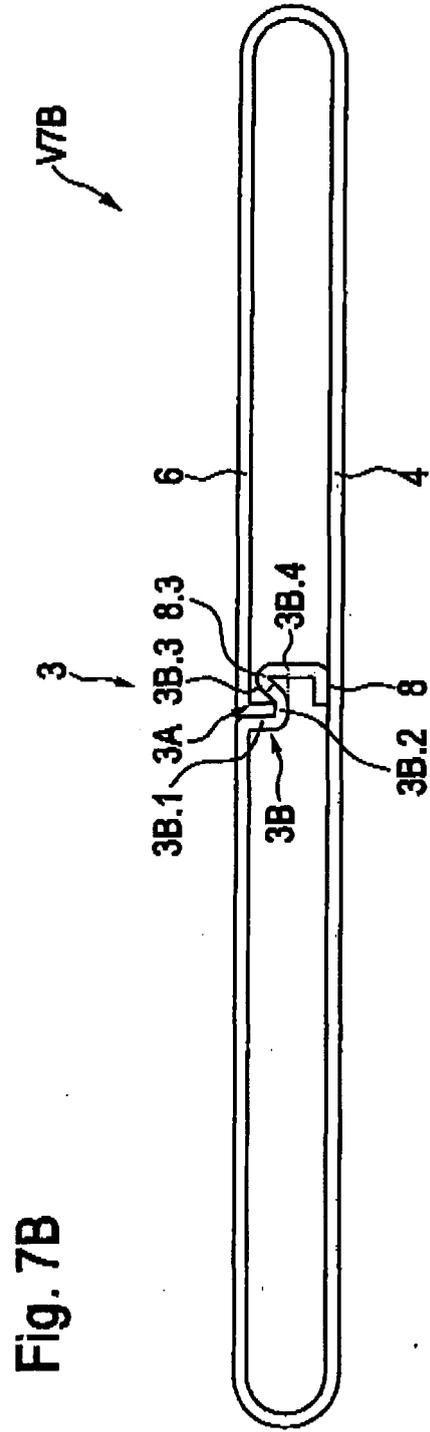
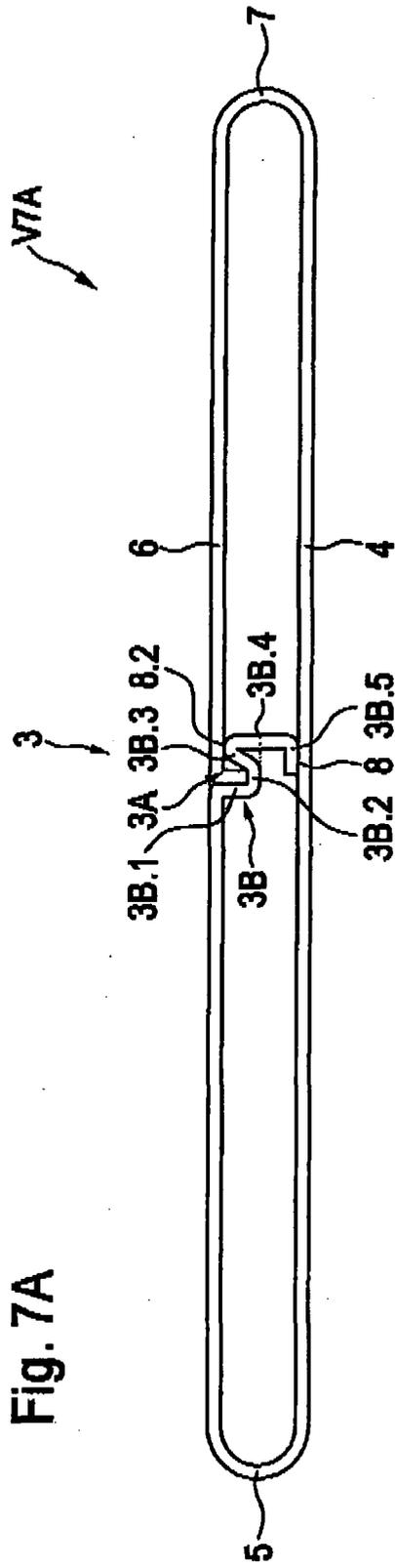
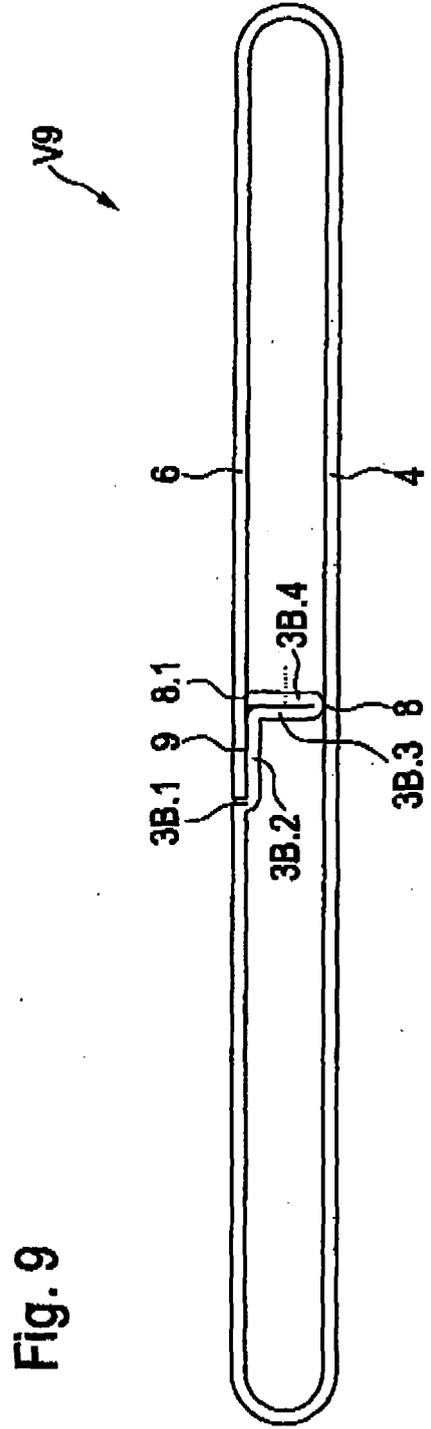
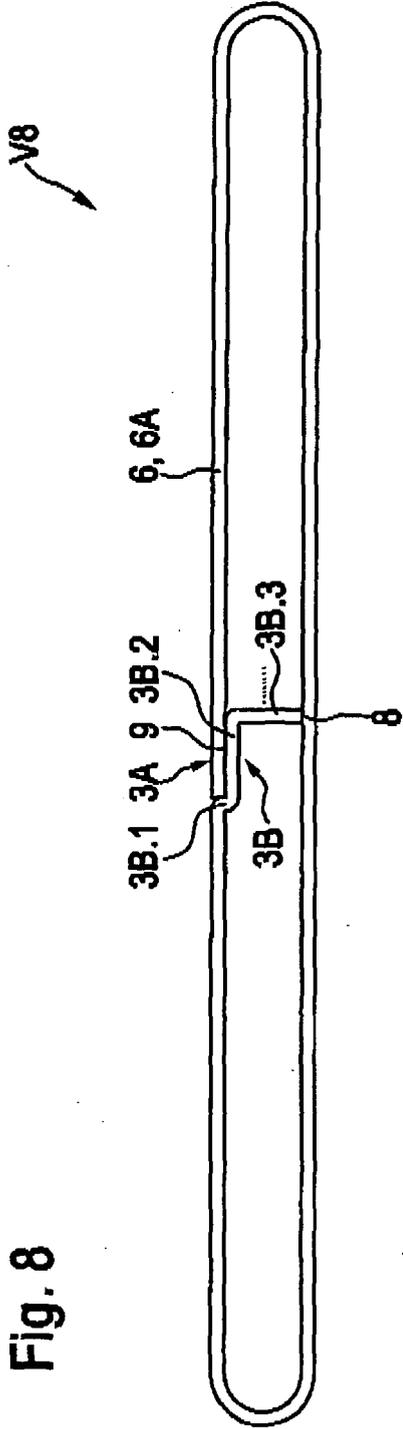
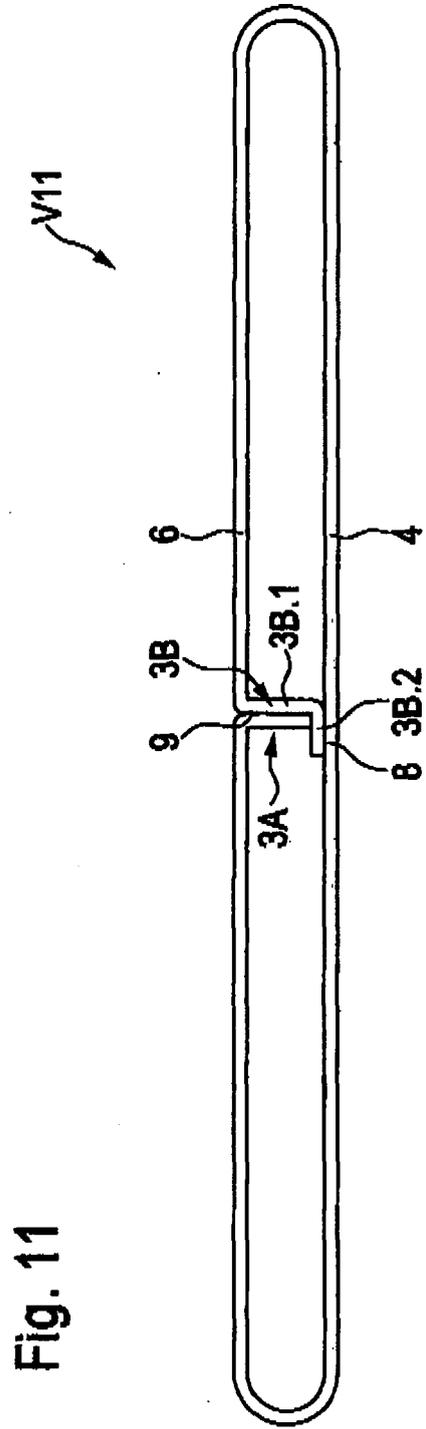
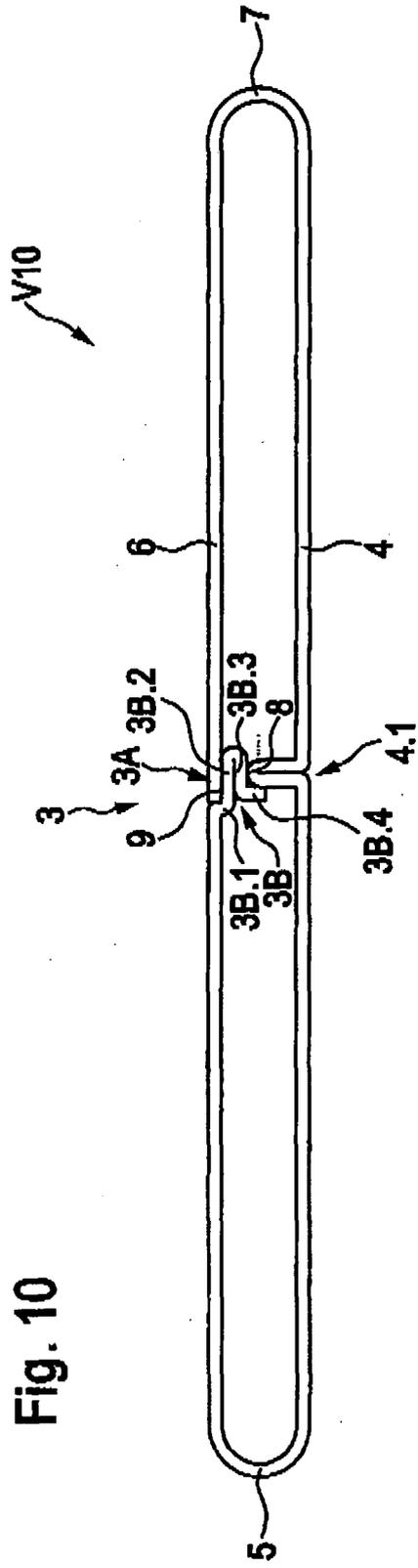


Fig. 6









V12 ↘

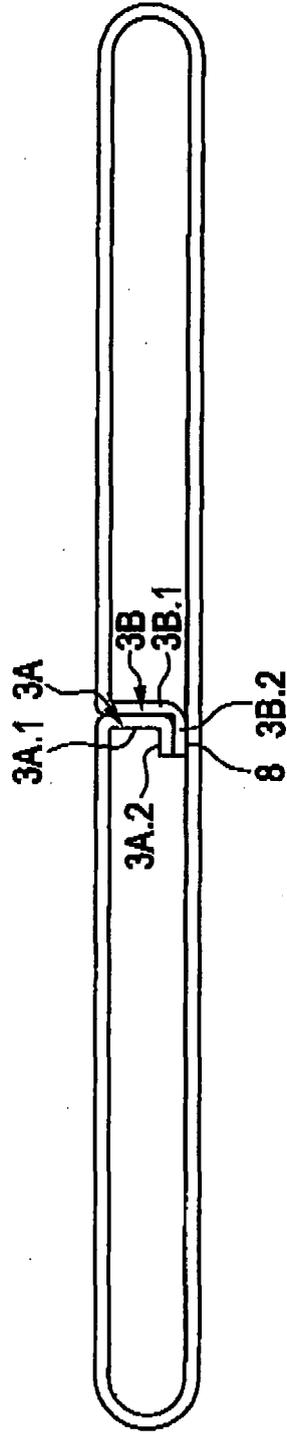


Fig. 12

V13 ↘

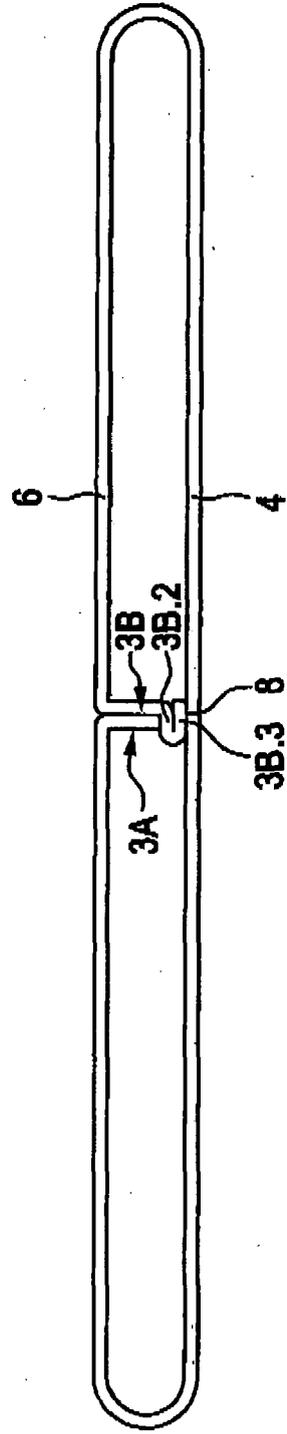


Fig. 13

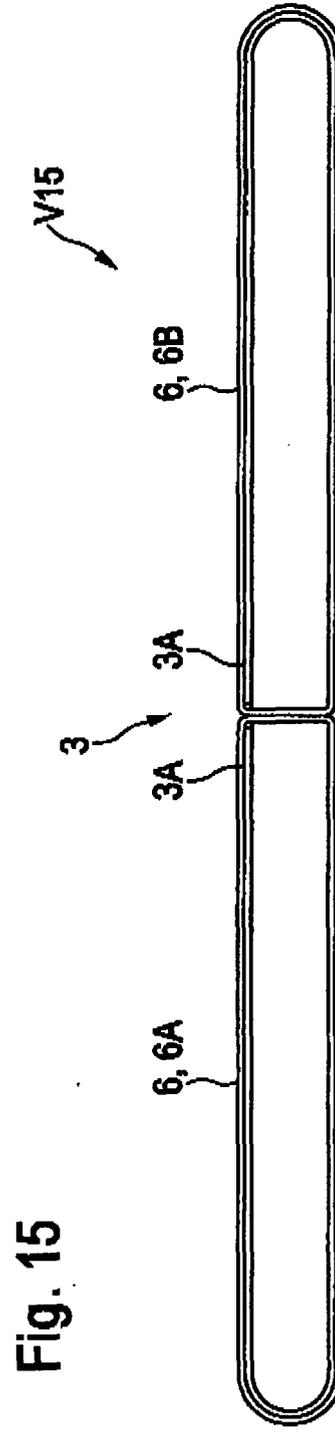
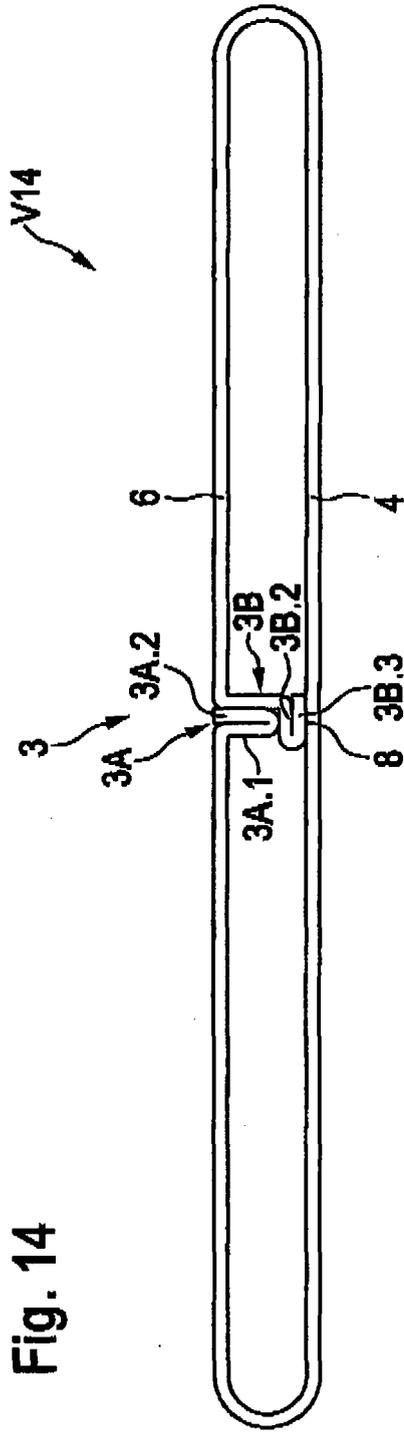


Fig. 16

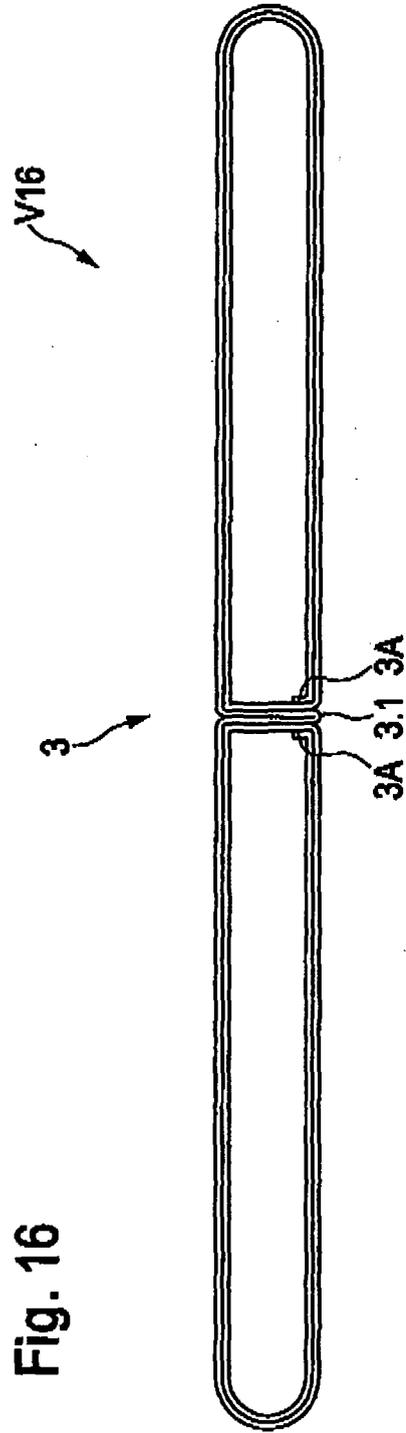
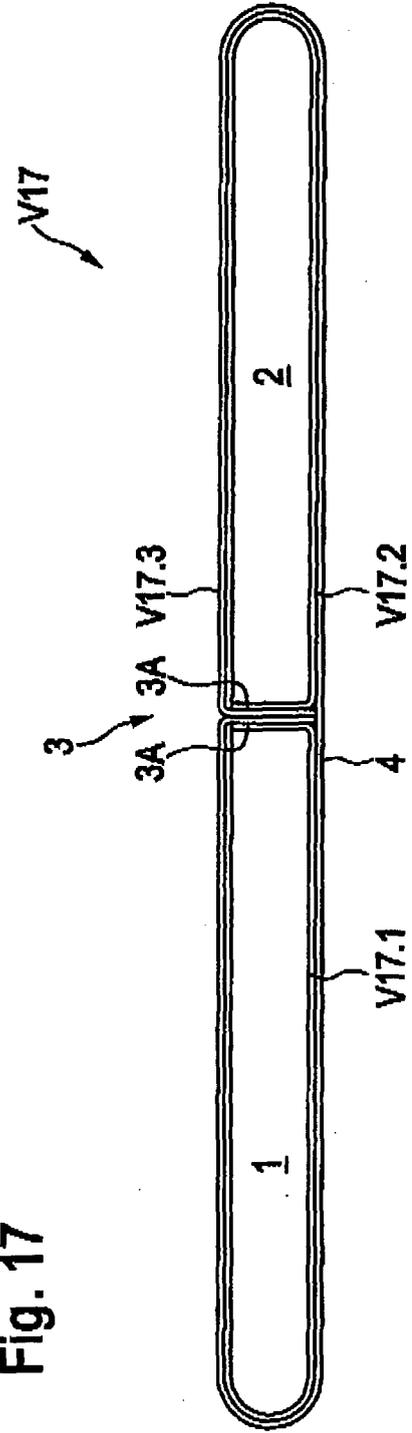


Fig. 17



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1213555 B1 [0002] [0002]
- US 6615488 B2 [0002] [0060] [0082] [0082]
- EP 0811820 B1 [0002]
- EP 1225408 A2 [0003]