

(19)



(11)

EP 2 192 372 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.06.2010 Patentblatt 2010/22

(51) Int Cl.:
F28F 1/12 (2006.01) **F28F 21/06** (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01) **F28D 1/053** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09176897.8**

(22) Anmeldetag: **24.11.2009**

(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 MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **01.12.2008 DE 102008059737**

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

(72) Erfinder:
• **Herrmann, Hans-Georg
70619, Stuttgart (DE)**
• **Jin, Fan
70569, Stuttgart (DE)**
• **Himmer, Thomas
70619, Stuttgart (DE)**
• **Zwittig, Eberhard
73269, Hochdorf (DE)**

(54) **Kreuzstrom-Wärmetauscher**

(57) Die Erfindung betrifft einen Kreuzstrom-Wärmetauscher (1) für ein Kraftfahrzeug, mit Rohren (10-12), die von einem Medium durchströmt und von einem weiteren Medium umströmt werden, mit mindestens einem Sammelkasten (2,3), in den die Rohre münden, und mit Leitelementen (13,14), die zwischen den Rohren (10-12)

angeordnet sind.

Um einen Wärmetauscher zu schaffen, der kostengünstig herstellbar ist und einen relativ hohen Wirkungsgrad aufweist, sind der Sammelkasten (2,3) und die Rohre (10-12) aus Kunststoff und die Leitelemente (13,14) aus Metall gebildet.

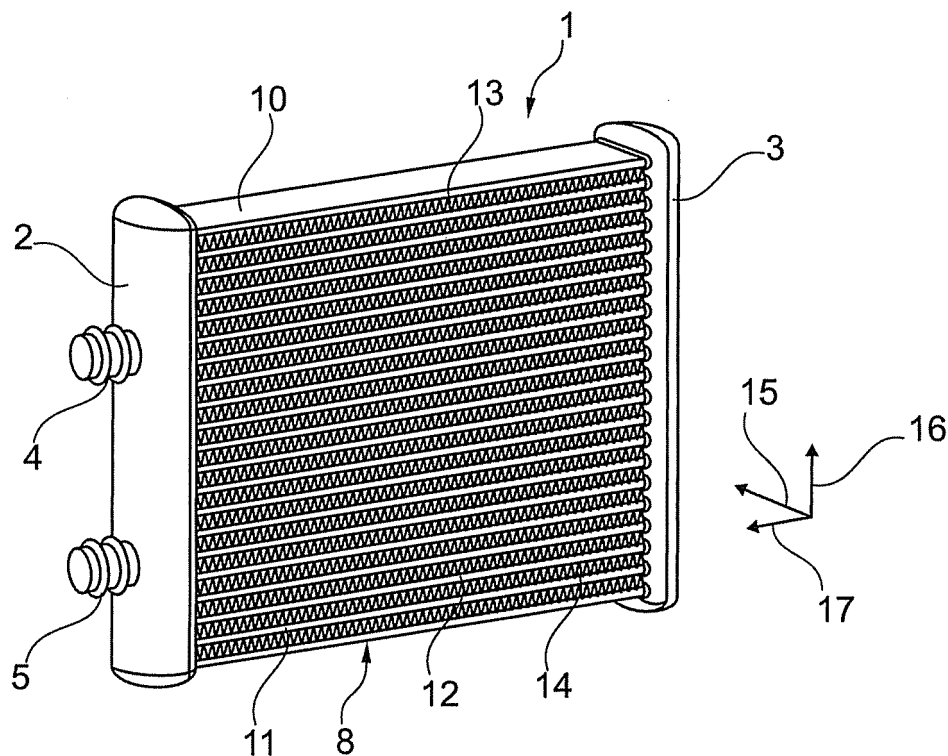


Fig. 1

EP 2 192 372 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kreuzstrom-Wärmetauscher für ein Kraftfahrzeug, mit Rohren, die von einem Medium durchströmt und von einem weiteren Medium umströmt werden, mit mindestens einem Sammelkasten, in den die Rohre münden, und mit Leitelementen, die zwischen den Rohren angeordnet sind.

[0002] Kreuzstrom-Wärmetauscher können komplett aus Metall, zum Beispiel Aluminium, oder aus Kunststoff hergestellt werden. Es gibt auch Wärmetauscher, bei denen der Sammelkasten aus Kunststoff und der Wärmetauscherblock mit den Rohren und den Wellrippen aus Metall gebildet sind. Aus den deutschen Offenlegungsschriften DE 37 33 866 A1 und DE 42 44 017 A1 sind Wärmetauscher mit Wasserkästen aus Kunststoff, Rohren aus Metall und Blechlamellen bekannt. Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 100 20 798 A1 ist ein Wärmetauscher mit einem Rohrbündel bekannt, das allein aus biegsamen Plastikrohren gebildet ist. Die Rohre werden durch Extrudieren eines Polyamids hergestellt. Durch Abstandshalter werden die Rohre in einem gewählten Abstand gehalten. Aus der deutschen Patentschrift DE 44 11 745 C1 ist ein Wärmetauscher mit einer Vielzahl von Wärmetauscherrohren aus Polytetrafluorethylen bekannt, die endseitig in Rohrböden aus Polyfluoralkyl eingesetzt sind. Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 10 2005 050 293 A1 ist ein mattenförmiger Wärmetauscher mit von einem Heiz- oder Kühlmedium durchströmten flexiblen Kunststoffrohren bekannt. Der mattenförmige Wärmetauscher wird üblicher Weise an einer Decke, einer Wand oder auf einem Fußboden befestigt und anschließend durch eine dünne Putz- oder Estrichschicht abgedeckt. Die Verwendung einer mit den Kunststoffrohren in Kontakt stehenden Aluminiumfolie ermöglicht einen größeren Abstand zwischen den Kunststoffrohren. Weitere Wärmetauscher mit Teilen aus Kunststoff sind aus den deutschen Offenlegungsschriften DE 42 29 393 A1, DE 42 38 742 A1, DE 43 38 959 A1 und DE 195 43 740 A1 bekannt.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Wärmetauscher gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, der kostengünstig herstellbar ist und einen relativ hohen Wirkungsgrad aufweist.

[0004] Die Aufgabe ist bei einem Kreuzstrom-Wärmetauscher für ein Kraftfahrzeug, mit Rohren, die von einem Medium durchströmt und von einem weiteren Medium umströmt werden, mit mindestens einem Sammelkasten, in den die Rohre münden, und mit Leitelementen, die zwischen den Rohren angeordnet sind, dadurch gelöst, dass der Sammelkasten und die Rohre aus Kunststoff und die Leitelemente aus Metall gebildet sind. Der Sammelkasten kann zum Beispiel im Wesentlichen quaderförmig oder kreiszylindermantelförmig, das heißt als Sammelrohr, ausgeführt sein. Der Sammelkasten kann aber auch eine andere Gestalt aufweisen und wird daher nach seiner Funktion auch als Sammler bezeichnet. Vorzugsweise erstrecken sich die Rohre, die zusammen mit den Leitelementen, insbesondere Wellrippen, den Wärmetauscherblock bilden, zwischen zwei im Wesentlichen gleich oder ähnlich ausgeführten Sammelkästen. Gemäß einem wesentlichen Aspekt der Erfindung sind in dem Wärmetauscherblock Rohre aus Kunststoff mit Leitelementen, insbesondere Wellrippen, aus Metall kombiniert. Der erfindungsgemäße Wärmetauscher ist im Vergleich zu einem Aluminium-Wärmetauscher leichter und kostengünstiger herzustellen. Dabei benötigt der erfindungsgemäße Wärmetauscher etwa den gleichen Bauraum und weist ähnliche luft- und kühlmittelseitige Druckabfälle auf. Durch die Leitelemente, insbesondere Wellrippen, aus Metall, insbesondere Aluminium, können unerwünscht große Leistungseinbußen gegenüber Aluminium-Wärmetauschern verhindert werden.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre aus Kunststoff mit dem Sammelkasten aus Kunststoff verschweißt sind. Die Rohrenden sind vorzugsweise mit einem Boden des Sammelkastens verschweißt. Der Sammelkasten kann einteilig und mehrteilig ausgeführt sein. Die einzelnen Teile des Sammelkastens sind vorzugsweise miteinander und mit dem Boden verschweißt. Dadurch kann eine hohe Dichtigkeit erreicht werden.

[0005] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre und/oder der Sammelkasten aus mindestens einem Kunststoff der folgenden Gruppe gebildet sind: Chloriertes Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polyphenylene Oxide (PPO), Polyetherimide (PI), Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen-Copolymerisat (FEP), Polyphenylensulfid (PPS), Self-reinforce Polymer (SRF), Polyaryletherketon (PEEK), Polytetrafluorethylen (PTFE), Silan-modifiziertes und/oder vernetztes Polypropylen (PP), Silan-modifiziertes und/oder vernetztes Polyethylen hoher Dichte (PE-HD), Perfluoralkoxy-Copolymerisat (PFA), Polyphtalamid (PPA), Polyamid (PA XXX), Polysulfon (PSF), Polyimid (PI). Diese Kunststoffe haben sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung als besonders vorteilhaft erwiesen. Vorteilhaft sind die Rohre und der Sammelkasten aus dem gleichen Werkstoff gebildet. Dadurch werden die Herstellung und/oder das Verschweißen der einzelnen Teile miteinander erleichtert. Die Rohre und der Sammelkasten können aber auch aus unterschiedlichen Materialien gebildet sein. Es ist auch möglich, einzelne Rohre oder Rohrgruppen aus unterschiedlichen Materialien zu bilden, wenn die einzelnen Rohre oder Rohrgruppen mit unterschiedlichen Materialien in Kontakt kommen oder unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt sind.

[0006] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre aus einem Kunststoff gebildet sind, der mit wärmeleitenden Füllstoffen gefüllt ist. Als Füllstoffe haben sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung zum Beispiel Metallpulver, Graphit oder Keramik als vorteilhaft herausgestellt. Je nach Anordnung beziehungsweise Ausrichtung der Füllstoffe im Grundmaterial kann die Wärmeleit-

fähigkeit deutlich erhöht werden.

[0007] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sammelkasten einen Boden mit Durchgangslöchern umfasst, deren Umfangsrand einen Anschlag für die Rohre bildet. Der Boden des Sammelkastens stellt die Schnittstelle zu den Rohren dar. Der Boden kann einstückig mit dem Sammelkasten verbunden sein. Vorzugsweise ist der Boden jedoch als separates Teil ausgeführt, das stoffschlüssig mit dem Sammelkasten verbunden wird. Die Durchgangslöcher sind vorzugsweise an die Gestalt der Rohrenden angepasst. Das heißt, die Durchgangslöcher haben vorzugsweise den gleichen Querschnitt wie die Rohrenden innen. Somit bildet der Umfangsrand bei der Montage der Rohre einen Anschlag.

[0008] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umfangsrand durch einen umlaufenden Kragen eingefasst ist, in den die Rohre mit ihren Enden eingesteckt sind. Durch den Kragen wird die Kontaktfläche zwischen den Rohrenden und dem Boden vergrößert.

[0009] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kragen mit den Rohrenden verschweißt sind. Dadurch wird auf einfache Art und Weise eine dichte Verbindung zwischen den Rohrenden und dem Boden beziehungsweise dem Sammelkasten hergestellt.

[0010] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre als Flachrohre ausgeführt sind. Die Flachrohre haben im Querschnitt vorzugsweise die Gestalt eines Langlochs. Alternativ können die Rohre aber auch eine runden oder einen eckigen Querschnitt aufweisen.

[0011] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre extrudiert sind. Beim Extrudieren können die Rohre innen und/oder außen mit einem Querschnittsprofil versehen werden.

[0012] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre jeweils mindestens einen inneren Steg aufweisen. Durch den Steg werden die Rohre im Querschnitt in mehrere Kanäle unterteilt. Gemäß einem wesentlichen Aspekt der Erfindung dienen die Stege jedoch dazu, die Steifigkeit der Rohre deutlich zu erhöhen.

[0013] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre formschlüssig mit den Leitelementen verbunden und/oder teilweise von dem Kunststoffmaterial der Rohre umgeben sind. Dadurch wird eine stabile Verbindung zwischen den Leitelementen und den Rohren geschaffen. Diese Verbindung wird zum Beispiel dadurch erreicht, dass die Rohre, zum Beispiel mit Hilfe von Heizplatten und Heizelementen, vor dem Zusammenfügen mit den Leitelementen erwärmt werden. Nach dem Erwärmen wird der Wärmetauscherblock mit den vorgewärmten Rohren und den Leitelementen zusammengepresst.

[0014] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitelemente als Wellrippen mit Biege- oder Knickstellen ausgeführt sind. Die Wellrippen sind vorzugsweise in bekannter Art und Weise im Wesentlichen zickzackförmig gefaltet und aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung gebildet.

[0015] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Biege- oder Knickstellen jeweils mindestens eine Lasche aus der Wellrippe herausgebogen ist, die, zumindest teilweise, in dem zugehörigen Rohr angeordnet ist. Durch das Eindringen der Lasche aus Metall in das vorzugsweise vorgewärmte Kunststoffmaterial, aus dem das zugehörige Rohr gebildet ist, wird ein stabiler Verbund zwischen Rohr und Wellrippe geschaffen. Es ist auch möglich, dass die Lasche sich bis in den Innenraum des Rohres hinein erstreckt.

[0016] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Kreuzstrom-Wärmetauschers ist **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Biege- oder Knickstellen jeweils mindestens eine Öffnung vorgesehen ist, die von dem Rohrmaterial durchdrungen ist. Die Öffnung kann, zumindest teilweise, durch einen Kranz eingefasst sein. Das vorzugsweise erwärmte Kunststoffmaterial drückt sich beim Zusammenpressen des Wärmetauscherblocks durch die Öffnung hindurch, so dass ein Hinterschnitt geschaffen wird. Dadurch kann auf einfache Art und Weise eine stabile Verbindung zwischen dem Rohr und der Wellrippe geschaffen werden.

[0017] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Wärmetauschers

Figur 2 den Wärmetauscher aus Figur 1 im Schnitt;

Figur 3 eine perspektivische Darstellung eines Sammelkastens des Wärmetauschers aus den Figuren 1 und 2;

Figur 4 eine vergrößerte Darstellung der Fügestelle zwischen dem Sammelkasten aus Figur 3 und den Rohren im Schnitt;

- Figur 5 ein als Flachrohr ausgeführtes Rohr mit Innenstegen;
- Figur 6 ein ähnliches Rohr wie in Figur 5 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;
- 5 Figur 7 eine Wellrippe mit an den Knick- oder Biegestellen herausgebogenen Laschen;
- Figur 8 einen Ausschnitt eines Wärmetauschers mit Rohren und Wellrippen, die nach oben/unten gebogene Bereiche aufweisen;
- 10 Figur 9 eine Wellrippe mit einer zusätzlichen, kiemenartigen Berippung;
- Figur 10 eine Wellrippe mit Durchgangslöchern an den Knick- oder Biege- stellen;
- Figur 11 einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 10;
- 15 Figur 12 einen ähnlichen Wärmetauscher wie in Figur 1 mit Blechstreifen als Außenrippen;
- Figur 13 eine perspektivische Darstellung eines Blechstreifens des Wärmetauschers aus Figur 12 und
- 20 Figur 14 einen vergrößerten Ausschnitt aus Figur 13.

[0018] In den Figuren 1 und 2 ist ein Wärmetauscher 1, der auch als Wärmeübertrager bezeichnet wird, in verschiedenen Ansichten dargestellt. Der Wärmetauscher 1 umfasst zwei Sammelkästen 2 und 3, die einen etwa halbkreisförmigen Querschnitt aufweisen, und daher auch als Sammelrohre bezeichnet werden. Diese Sammelkästen 2, 3 können aber auch eine andere Gestalt aufweisen und dienen in bekannter Art und Weise dazu, ein zu kühlendes oder zu erwärmendes Medium zu sammeln. Daher werden die Sammelkästen 2, 3 auch als Sammler bezeichnet. Zum Zuführen und Abführen des Mediums weist der Sammelkasten 2 zwei Anschlussstutzen 4, 5 auf, die vorzugsweise einstückig mit dem Sammelkasten 2 verbunden sind.

[0019] Zwischen den beiden Sammelkästen 2, 3 erstreckt sich ein Wärmetauscherblock 8 mit Rohren 10, 11, 12, die als Flachrohre ausgeführt sind. Zwischen zwei Rohren ist in bekannter Art und Weise jeweils ein Leitelement 13, 14 in Form einer Wellrippe angeordnet. Der Wärmetauscher 1 kann in bekannter Art und Weise auch nur einen Sammelkasten aufweisen, in den die Rohre mit einem Ende münden, wenn die Rohre an ihren anderen Enden mit einer ebenfalls bekannten Umlenkung versehen werden. Durch Pfeile 15, 16, 17 sind in Figur 1 die Ausdehnungsrichtungen des Wärmetauschers 1 in der Tiefe 15, in der Breite 16 und der Höhe 17 angedeutet. Die Ausdehnung des Wärmetauschers 1 in der Breite 16 entspricht der Längsausdehnung oder Längsrichtung der Sammelkästen 2, 3.

[0020] Der in den Figuren 1 und 2 dargestellte Wärmetauscher 1 wird auch als Wärmeübertrager bezeichnet und ist als Kreuzströmer ausgeführt. In den Sammelkästen 2, 3 wird zum Beispiel ein Kühlmittel gesammelt und durch die Rohre 10 bis 12 geleitet. Durch die Leitelemente 13, 14 zwischen den Rohren 10 bis 12 strömt im Kreuzstrom zu dem Kühlmittel zum Beispiel Luft. Je nach Verwendungszweck wird die Luft entweder gekühlt oder erwärmt. Der Wärmeübertrager 1 wird vorzugsweise als Kühlmittelkühler, Heizkörper, Öl- und Öllenkühler, Verdampfer oder Kondensator im Kraftfahrzeugbereich eingesetzt. In Figur 2 ist angedeutet, dass das Medium, wie Kälte- oder Kühlmittel, in dem Sammelkasten 2 durch eine Trennwand 20 umgelenkt werden kann. Das Medium kann in den Sammelkästen 2, 3 sowohl in der Tiefe 15 als auch in der Breite 16 des Wärmetauschers 1 umgelenkt werden.

[0021] Gemäß einem wesentlichen Aspekt der Erfindung sind die Rohre 10 bis 12 und die Sammelkästen 2, 3 aus Kunststoff gefertigt. Die Leitelemente 13, 14 sind im Gegensatz dazu nicht aus Kunststoff sondern aus Metall, vorzugsweise aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung, gebildet. Die Kunststoffteile des Wärmetauschers 1 werden zum Beispiel durch Spritzgießen beziehungsweise Gas-Injektionsspritzgießen und/oder Extrudieren hergestellt.

[0022] Die Kunststoffteile werden dann durch ein geeignetes Schweißverfahren auf einfache Art und Weise stoffschlüssig gefügt beziehungsweise miteinander verbunden. Durch die vorliegende Erfindung werden verschiedene Maßnahmen bereitgestellt, wie die Leitelemente 13, 14 aus Metall mit den Sammelkästen 2, 3 und den Rohren 10 bis 12 aus Kunststoff in geeigneter Art und Weise miteinander verbunden werden können. Diese Maßnahmen betreffen insbesondere die Formgebung der Fügepartner und eine spezielle Fügemethodik.

[0023] Die Sammelkästen 2, 3 und/oder die Rohre 10 bis 12 sind vorzugsweise aus einem Kunststoff gebildet, der beständig gegenüber einem Wasser-Glykol-Gemisch ist. Der verwendete Kunststoff weist vorzugsweise eine sehr hohe Alterungs-, Hydrolyse- sowie Permeationsbeständigkeit im Kühlmittel auf. Darüber hinaus hält der verwendete Kunststoff Drücken von bis zu 6 bar und Temperaturen von bis zu 135 Grad Celsius stand. Aus Gründen der Herstellbarkeit und Verarbeitbarkeit wird als Kunststoff vorzugsweise ein thermoplastischer Kunststoff verwendet.

[0024] Um die Wärmeleitung in den Kunststoff-Rohren 10 bis 12 zu erhöhen, kann es vorteilhaft sein, den verwendeten

Kunststoff mit wärmeleitenden Füllstoffen, wie Metallpulver, Graphit oder Keramik, zu versehen. Beispielhaft werden Füllstoffe mit den Kurzbezeichnungen BN, SiC, BeO, AlN und Al-Oxide genannt. Je nach Anordnung beziehungsweise Ausrichtung der Füllstoffe im Grundmaterial kann die Wärmeleitfähigkeit von circa 0,25 Watt/(Meter Kelvin) auf circa 2 bis 30 Watt/(Meter Kelvin) erhöht werden.

[0025] In den Figuren 3 und 4 ist der Sammelkasten 2 in verschiedenen Ansichten dargestellt. Der Sammelkasten 2 kann, zum Beispiel durch Spritzgießen beziehungsweise Gas-Injektionsspritzgießen, mehrteilig, insbesondere zweiteilig, aus zwei Halbschalen gebildet sein. Die beiden Halbschalen werden anschließend verschweißt. Der Innenraum des Sammelkastens 2 ist in Figur 4 mit 22 bezeichnet. Der Sammelkasteninnenraum 22 wird von einer ersten Sammelkastenwandung 23 und einer zweiten Sammelkastenwandung 24 begrenzt.

[0026] Die beiden Sammelkastenwandungen 23, 24 können auch als Halbschalen bezeichnet werden. Die Sammelkastenwandung 23 ist einstückig mit dem Boden des Sammelkastens 2 verbunden. Der Boden des Sammelkastens 2 weist eine Vielzahl paralleler Schlitze oder Durchgangslöcher 25 auf. Das Durchgangsloch 25 wird von einem Umfangsrand 26 begrenzt, der beim Einstecken des Rohres 10 einen Anschlag bildet. Der Umfangsrand 26, der das Durchgangsloch 25 begrenzt, ist wiederum von einem Kragen 28 eingefasst, der rechtwinklig von der Sammelkastenwandung 23 absteht.

[0027] Das Rohr 10 umfasst eine Rohrwandung 31, die im Querschnitt die Gestalt eines Langlochs aufweist und bündig an dem Umfangsrand 26 des Durchgangslöchs 25 anliegt. Die Dicke der Rohrwandung 31 entspricht der Ausdehnung des Umfangsrandes 26 von dem Kragen 28 nach innen. Die Rohrhöhe des Rohrs 10 ist in Figur 4 mit 34 bezeichnet. Das Durchgangsloch 25 weist einen länglichen Querschnitt auf, der dem Querschnitt der Rohrwandung 31 innen entspricht. Daher wird das Durchgangsloch 26 auch als Schlitz bezeichnet. Durch das Durchgangsloch 26 wird eine Verbindung zwischen dem Sammelkasteninnenraum 22 und dem Rohrrinnenraum 32 geschaffen.

[0028] Die Längsachse der Durchgangslöcher oder Schlitze 25 entspricht der Tiefenrichtung 15 des Wärmetauschers 1. Der Kragen 28 fasst die Rohre 10 an deren Enden ein, nachdem diese in den Kragen 28 auf Anschlag Umfangsrand 26 eingesteckt wurden. Der Kragen 28 wird nach dem Einstecken mit dem zugehörigen Rohrende verschweißt, zum Beispiel durch Heizformelemente, Laserschweißen beziehungsweise Durchstrahlaserschweißen oder Vibrations-schweißen. Gegebenenfalls werden die zu verschweißenden Bauteile gleichzeitig miteinander verpresst beziehungsweise verquetscht. Der Kragen 28 kann mit einer Einführschräge für die Rohrenden versehen sein, um das Einstecken der Rohre zu vereinfachen.

[0029] In Figur 5 ist ein Rohr 40 dargestellt, das als Flachrohr mit einer Rohrwandung 41 ausgeführt ist, die im Querschnitt die Gestalt eines Langlochs aufweist. Die Rohrwandung 41 hat im Querschnitt die Gestalt eines Rechtecks, dessen kurze Seiten als Halbkreise ausgeführt sind. Durch einen Doppelpfeil 42 ist die Kanalhöhe in dem Rohr 40 angedeutet. Im Inneren des Rohres 40 erstrecken sich drei Stege 43, 44, 45 senkrecht zu den Längsseiten des Flachrohrs und unterteilen dieses in vier Kanäle 46, 47, 48, 49, die etwa den gleichen Querschnitt aufweisen.

[0030] Das Rohr 40 mit den Stegen 43 bis 45 wird vorzugsweise im Extrusionsverfahren hergestellt. Die Stege 43 bis 45 sorgen bei der Montage des Wärmetauschers sowie im Betrieb für eine ausreichende Steifigkeit des Flachrohrs 40 beziehungsweise des Wärmetauscherblocks mit derartigen Flachrohren. Die Stege 43 bis 45 verhindern insbesondere ein unerwünschtes Einfallen des Rohres 40 an den langen Seiten des rechteckförmigen Querschnitts. Darüber hinaus wird durch die Stege 43 bis 45 in einem geringen Umfang der Wärmeübergang auf der Innenseite des Rohres 40 verbessert.

[0031] Alternativ können statt der Flachrohre 40 Rundrohre verwendet werden, die einen runden oder ovalen Querschnitt aufweisen. Die Rundrohre können ebenfalls mit Stegen versehen sein. In der Tiefenrichtung 15 des Wärmetauschers 1 können auch mehrere Rundrohre angeordnet werden.

[0032] In Figur 6 ist ein Flachrohr 50 perspektivisch dargestellt, das dem Flachrohr 40 aus Figur 5 ähnelt. Im Unterschied zu dem vorangegangenen Ausführungsbeispiel weist das Flachrohr 50 seitlich Erhöhungen 51, 52 oder Verdickungen auf, die dazu dienen, Leitelemente in einem Wärmetauscherblock zu fixieren. Alternativ oder zusätzlich können die Flachrohre 40; 50 auch mit einer Rauigkeit oder Berippung versehen werden, die in Tiefenrichtung 15 des Wärmetauschers 1 verläuft. Die Rauigkeit beziehungsweise Berippung in Tiefenrichtung wird bevorzugt durch Extrudieren beim Herstellen der Flachrohre 40; 50 erzeugt.

[0033] Die Leitelemente 13, 14 dienen dazu, die Wärmeübertragungsfläche an der Außenseite der Rohre 10 bis 12 zu vergrößern, wodurch die Leistungsfähigkeit des Wärmetauschers 1 erheblich gesteigert werden kann. Die Leitelemente 13, 14 können, wie herkömmliche Wellrippen mit Walzrollen längs gewalzt werden. Die Wellrippen sind vorzugsweise aus einem vielfach gefalteten beziehungsweise gerafften dünnen Blechmaterial gebildet.

[0034] In Figur 7 ist ein Leitelement in Form einer Wellrippe 55 perspektivisch dargestellt. Die Wellrippe 55 ist in bekannter Art und Weise aus einem bandartigen Blechmaterial 56 zickzackförmig gebogen. Durch einen Doppelpfeil 57 ist eine Biege- oder Knickstelle angedeutet. Die Wellrippe 55 umfasst an jeder Knick- oder Biegestelle eine Öffnung 58, die bei der Montage der Wellrippe von dem daran in Anlage kommenden Kunststoffmaterial des jeweiligen Rohres durchdrungen wird. Zu diesem Zweck wird das Kunststoffmaterial, aus dem die Rohre gebildet sind, vor oder während der Montage der Wellrippen erwärmt.

[0035] Die Öffnung 58 wird an der Knick- oder Biegestelle der Wellrippe 50 gebildet, indem zwei Laschen oder Lappen 59, 60 an der Knick- oder Biegestelle aus dem Blechmaterial 56 herausgebogen werden. Die Laschen oder Lappen 59, 60 sind vorzugsweise zum Rohr hin herausgebogen, so dass sie bei der Montage der Wellrippe in das Kunststoffmaterial, aus dem die Rohre gebildet sind, zumindest teilweise, eindringen.

[0036] In Figur 9 ist eine Wellrippe 80 dargestellt, die mit einer zusätzlichen Berippung 81 bis 83 versehen ist. Die zusätzlichen Rippen 81, 82, 83, die aus dem Blechmaterial herausgebogen sind, werden auch als Kiemen bezeichnet.

[0037] In Figur 8 ist ein Ausschnitt eines Wärmetauschers gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel mit Rohren 71, 72 und Wellrippen 74, 75 dargestellt.

[0038] Die Wellrippen 74, 75 sind dahingehend modifiziert, dass im vorderen und/oder hinteren Bereich in Tiefenrichtung 15 des Wärmetauschers an den Biege- oder Knickstellen Abschnitte oder Bereiche 77 der Wellrippe 74 nach oben beziehungsweise nach unten gebogen sind, nachdem die Wellrippen 74, 75 in diesen Bereichen geschlitzt wurden. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann auf die vorab anhand Figur 7 beschriebenen Lappen oder Laschen 59, 60 verzichtet werden.

[0039] In den Figuren 10 und 11 ist eine Wellrippe 100 in verschiedenen Ansichten dargestellt. Die Wellrippe 100 umfasst, im Querschnitt betrachtet, zwei lange Schenkel 101, 102, die an einem Ende relativ nah beieinander angeordnet sind. Die beiden anderen Enden sind durch einen kurzen Schenkel 104 miteinander verbunden. Der lange Schenkel 102 geht an seinem dem kurzen Schenkel 104 abgewandten Ende in einen weiteren kurzen Schenkel 105 über. Durch einen Doppelpfeil 108 ist die Ausdehnung der Wellrippe 100 in Tiefenrichtung 15 des Wärmetauschers 1 angedeutet.

[0040] Die Wellrippe 100 umfasst im Bereich der kurzen Schenkel 104, 105 eine Vielzahl von gleichmäßig voneinander beabstandeten Öffnungen 110 oder Durchgangslöchern, die den Durchtritt von Kunststoffmaterial ermöglichen, wenn die Wellrippe 100 bei der Montage gegen ein vorzugsweise erwärmtes Kunststoffrohr gepresst wird. Die Öffnungen 100 sind vorzugsweise von einem Kranz 112 eingefasst, der durchgehend ausgeführt sein kann.

[0041] Bei dem in Figur 11 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Kranz 112 jedoch in mehrere Kranzsegmente 114, 115 unterteilt. Die Kränze 112 erstrecken sich vorzugsweise nach außen, das heißt zu dem jeweiligen Rohr hin. Alternativ können die Kränze auch nach innen gerichtet sein. Die Kränze 112 können in vorteilhafter Weise schräg zu der Wellrippe 100 angestellt sein, so dass der Kranz 112 und die Wellrippe 100 in einem Winkel von etwa 45 Grad bis 135 Grad zueinander angeordnet sind.

[0042] In Figur 12 ist ein Wärmetauscher 121 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel dargestellt, das dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ähnelt. Zur Bezeichnung gleicher Teile werden gleiche Bezugszeichen verwendet. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die vorangegangene Beschreibung der Figur 1 verwiesen. Im Folgenden wird hauptsächlich auf die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausführungsbeispielen eingegangen.

[0043] Der in Figur 12 dargestellte Wärmetauscher 121 umfasst einen Wärmetauscher 128 mit Rohren 131, 132, die als Flachrohre ausgeführt sind. Zwischen zwei der Rohre 131, 132, von denen in Figur 12 nur zwei mit einem Bezugszeichen versehen sind, ist jeweils ein Leitelement 134, 135 angeordnet.

[0044] In den Figuren 13 und 14 ist das Leitelement 135 in verschiedenen Ansichten dargestellt. Das Leitelement 135 ist als Blechstreifen 140 mit einer Vielzahl von Schlitzten 141, 142, 143 ausgeführt. Durch die Schlitzte 141 bis 143 ähnelt das Leitelement 135 einem Kamm. Die Schlitzte 141 bis 143 dienen zur Aufnahme jeweils eines der Flachrohre 131, 132.

[0045] In Figur 14 sieht man, dass die Umrandung der Schlitzte herausgebogen werden kann, um Einzüge 145 bilden, die an den jeweiligen Rohren zur Anlage kommen. Des Weiteren können im Bereich der Schlitzte Einführschrägen 156 vorgesehen werden, die das Einführen der Rohre in die Schlitzte erleichtern. Die Gestalt der Schlitzte 141 bis 143 ist vorzugsweise an die Gestalt der Rohre 131, 132 angepasst. Die Blechstreifen 140 sind insgesamt etwa so breit und so tief wie der Wärmetauscher 1.

[0046] In Figur 14 ist an Stellen 151, 152 angedeutet, dass die Einzüge 145 und Einführschrägen 146 auf vorteilhafte Art und Weise nach dem Fügen mit dem Rohr so umgeklappt werden können, dass ein nachträgliches Lösen des Blechstreifens 140 vom Rohr verhindert wird.

[0047] Die Blechstreifen 140 können darüber hinaus oberflächenvergrößernde und/oder wärmeübergangerhöhende Profilierungen, wie Noppen oder Rippen/Kiemen, aufweisen, die auch als Abstandshalter der Blechstreifen 140 zueinander dienen können.

[0048] Der Zusammenbau der Wärmetauscher 1; 121 erfolgt vorzugsweise wie folgt: Zunächst werden die Rohre, insbesondere Flachrohre, 10 bis 12; 40; 50; 71, 72; 131, 132 kassettiert. Anschließend werden die Sammelkästen 2, 3 in unmittelbarer Nähe der Flachrohre positionsgerecht angeordnet. Daraufhin werden die Leiteinrichtungen oder Leitelemente 13, 14; 134, 135 eingebracht. Wenn die Leitelemente als Wellrippen 55; 74, 75; 80; 100 ausgeführt sind, dann werden diese Wellrippen zwischen die Rohre gelegt. Zuvor können die Rohre mittels Heizplatten angewärmt werden.

[0049] Anschließend wird der so gebildete Wärmetauscherblock in Breitenrichtung 16 verpresst. Dabei werden die Wellrippen mit den Rohren verbunden. Beim Verbinden dringen die an den Wellrippen ausgebildeten Lappen 59, 60 oder Kränze 112 in die Rohrwandung, was neben einer Verbesserung der Fixierung auch zu einer Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit führt.

Die Durchgangslöcher 110 in den Wellrippen 100 liefern darüber hinaus den Vorteil, dass das erwärmte Kunststoffmaterial

die Wellrippe 100 durchdringt und hinterläuft. Dadurch wird ein Verhaken beziehungsweise eine formschlüssige Verbindung zwischen der Wellrippe 100 und dem zugehörigen Rohr ermöglicht.

[0050] Bei dem in Figur 8 dargestellten Ausführungsbeispiel sorgen die nach oben/unten gebogenen Bereiche oder Abschnitte 77 für den notwendigen Halt zwischen Wellrippe 74, 75 und Rohr 71, 72. Es ist auch möglich, herkömmliche Wellrippen zu verwenden, die mit den Kunststoffrohren verklebt und/oder in Breitenrichtung 16 des Wärmetauschers warm verpresst werden.

[0051] Auch bei der in den Figuren 12 bis 14 dargestellten Ausführung der Leitelemente 134, 135 als Blechstreifen 140 ist es hilfreich, die Rohre 131, 132 vorher anzuwärmen. Dadurch wird erreicht, dass die Blechstreifen 140 im Bereich der Schlitze 141 bis 143 teilweise in die Rohrwandungen eindringen. Bei der Ausführung der Leitelemente 134, 135 als geschlitzte Blechstreifen 140 kann ein Verpressen des Wärmetauscherblocks in Breitenrichtung 16 entfallen.

[0052] Die Verbindung zwischen den Kunststoffrohren 10 bis 12; 40; 50; 71, 72; 131, 132 mit den Sammelkästen 2, 3 wird vorzugsweise durch ein Anwärmen der zu fügenden Partner eingeleitet. Das Anwärmen erfolgt zum Beispiel über Heizformelemente. Nach dem Fügen können die Fügepartner an der Fügestelle im warmen Zustand miteinander in Höhen- und/oder Breiten- und/oder Tiefenrichtung 17, 15, 16 des Wärmetauschers verpresst beziehungsweise gequetscht werden. Auch ein Verschweißen der Fügepartner, zum Beispiel durch Durchstrahl-Laserschweißen, oder ein Verkleben ist möglich. Zum Verschweißen der Fügepartner können neben dem Heizelementschweißen auch das Gas-konvektionsheizelementschweißen, Ultraschallschweißen, Vibrationsschweißen oder Laserschweißen angewendet werden.

[0053] Vorteilhaft sind Kunststoffe und Verfahren für die Herstellung insbesondere von Kreuzstrom-Wärmeaustauschern, wobei beispielsweise Silan-modifiziertes und vernetztes Polyethylen hoher Dichte (HDPE) oder Polypropylen (PP) vorteilhaft sind. Auch sind nieder-viskose Matrixpolymere vorteilhaft, wie beispielsweise flüssigkristalline Polymere (LCP), ETPE, HDPE/GF-Compound, PP/GF-Compound. Die HDPE oder PP können durch die Silan-Vernetzungstechnik vernetzt werden. Dadurch kann die Dauergebrauchstemperatur der vernetzten Polymermatrix bis auf ca. 160°C gesteigert werden. Die Vernetzung von HDPE oder PP führt zu einer deutlicher Verbesserung der Materialeigenschaften und insbesondere der mechanischen Eigenschaften, welche die Anwendungsmöglichkeiten dieser kostengünstigen Polyolefin-Werkstoffe signifikant erweitert.

[0054] Gegenüber unbehandelten PE und PP zeichnen sich die vernetzten Werkstoffe durch eine erhöhte Schlagzähigkeit, durch eine verbesserte Wärmeformbeständigkeit, durch eine vergrößerte chemische Resistenz und durch eine hohe Füllbarkeit aus.

[0055] Weitere erwähnenswerte Verbesserungen ergeben sich in der Verschleiß- und Kriechbeständigkeit sowie beim Alterungsverhalten. Zum Herstellen von vernetztem Polymer ist die Silan-Vernetzung am bedeutendsten: In einem ersten Reaktionsschritt entstehen durch den thermische Zerfall von organischen Peroxiden freie Radikale. Dieser Vorgang findet während der Materialaufbereitung statt. Die Wasserstoffatome von Polyethylen-Makromoleküle werden von den Radikalen abstrahiert. An die so erzeugten, aktivierten Stellen können über ihre $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ -Gruppe funktionelle Vinyl-Silane ankoppeln, wobei der Radikalcharakter auf das Verknüpfungsmolekül übertragen wird.

[0056] Im Zuge der Verfahrens- und Werkstoffentwicklung wird die HDPE- und PP-Generierung im Rahmen eines Zweistufenverfahrens praktiziert. Für zukünftige Anwendungen empfiehlt sich der Einsatz einer Extruderkaskade, mit der sich die Aufbereitung als ökonomisch interessanter Einstufen-Prozess durchführen lässt.

[0057] Bei einem Kunststoff-/Füllstoff-Volumenkonzentrationsverhältnis kleiner als 50:50 sowie unter Zugrundelegung von Viskositätsverhältnissen, wie sie sich bei Schneckendrehzahlen von $n = 400 \pm 50 \text{ min}^{-1}$ einstellen, entstehen thermoplastische wärmeleitende Kunststoffe, die aus einer kontinuierlichen Kunststoffmatrix und darin eingebetteten, fein verteilten Füllstoff-Partikeln bestehen, welche eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 1-10 W/mK aufweisen können.

[0058] Geeignete Füllstoffe sind anorganische Füllstoffe, wie z. B. SiC; BeO; BN; Al_2O_3 ; ZnO; B_4O_3 ; Glass; SiO_2 , BP, MgO, AlN, Ruß usw. Oberflächenbehandlung des anorganischen Füllstoffpartikels und der Glasfaser erfolgt mittels der Kopplungsreagenzien, z. B. Titansäureester oder Alkylsilan.

[0059] Die Herstellung der Silan-vernetzten thermoplastischen Kunststoffe erfolgt in der Entwicklungsphase in Form eines Zweistufen-Prozesses. Im ersten Teilschritt erfolgt die Aufpfropfung des Organosilans auf das Polymer, im zweiten Schritt dann die dynamische Compoundierung der thermoplastischen Kunststoffe und Füllstoffpartikel.

Silanpfropfungsprozess mittels Extrude

[0060] In der ersten Verfahrensstufe läuft zunächst die veranschaulichte radikalische Pfropfungsreaktion von kondensierbarem Vinyltrimethoxysilan (VTMOS) oder Vinyltriethoxysilan (VTEOS) auf den ausgewählten thermoplastischen Kunststoff ab.

Silanpfropfungsrezeptur:

[0061]

HDPE/PP	100phr
Silan (VTMOS oder VTEOS):	0.5~6 phr; bevorzugt 2.3- 3.0 phr
DCUP* (DHBP**):	0.05 -0.5 phr; bevorzugt 0.1-0.2 phr
Masterbach:	Thermostabilisator (Irganox 1010) 0.1 phr + DBTL (Dibutylzinndilaurat (0.1-5 phr; bevorzugt 0.2-0.3 phr)

*: Dicumylperoxid

**: 2, 5-Dmethyl-2, 5-di (tert.butylperoxy) hexan

Herstellung hochwärmleitfähigen Coumpounds mittels Extruder

[0062] In der zweiten Verfahrensstufe werden die silangepfropften Polymere und die Füllstoffe einem gleichsinnig drehenden Zweischneckenextruder gravimetrisch zudosiert und auf dem Extruder aufbereitet. Ein mildes Schneckenkonzept und hohe Schneckendrehzahlen bei reduzierten Durchsätzen sorgen für eine hohe Wärmeleitfähigkeit und einen guten mechanischen Kennwert des Compounds. Die eigentliche Vernetzung findet im Anschluss an den Pfropfprozess im fertigen Formelteil statt. Durch Hydrolyse-Reaktion unter Einwirkung von Wassermolekülen verseifen die funktionellen Endgruppen zu Silanolen, die anschließend in einer katalytisch beschleunigten Kondensationsreaktion mit benachbarten Si-O-Si-Gruppen hauptvalente Si-O-Si-Vernetzungsbrücken bilden können.

- Silan-modifizierte Probe unter normaler Atmosphärenbedingen. Die vollständigen Vernetzung dauert ungefähr 20 Tage.
- Lagerung einer silan-modifizierter Probe in einer temperierten Kammer mit Feuchtigkeitsspender bei 60-80°C: Die vollständigen Vernetzung dauert etwa 3-5 Tage.

[0063] Für die erforderlichen Einsatzbedingungen liegt der Gel-Gehalt des Silan-vernetzten Polymers zwischen 60 -85 %, für höhere Einsatzbedingungen zwischen 85- 98%.

Patentansprüche

1. Kreuzstrom-Wärmetauscher (1;121) für ein Kraftfahrzeug, mit Rohren (10-12;40;50;71,72;131,132), die von einem Medium durchströmt und von einem weiteren Medium umströmt werden, mit mindestens einem Sammelkasten (2,3), in den die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) münden, und mit Leitelementen (13,14;134,135) , die zwischen den Rohren (10-12;40;50;71,72;131,132) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sammelkasten (2,3) und die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) aus Kunststoff und die Leitelemente 13,14;134,135) aus Metall gebildet sind.
2. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) aus Kunststoff mit dem Sammelkasten (2,3) aus Kunststoff verschweißt sind.
3. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) und/oder der Sammelkasten (2,3) aus mindestens einem Kunststoff der folgenden Gruppe gebildet sind: Chloriertes Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyvinylidenfluorid (PVDF), Polyphenylene Oxide (PPO), Polyetherimide (PI), Tetrafluorethylen/Hexafluorpropylen-Copolymerisat (FEP), Polyphenylensulfid (PPS), Self-reinforce Polymer (SRF), Polyaryletherketon (PEEK), Polytetrafluorethylen (PTFE), Silan-modifiziertes und/oder vernetztes Polypropylen (PP), Silan-modifiziertes und/oder vernetztes Polyethylen hoher Dichte (PE-HD), Perfluoralkoxy-Copolymerisat (PFA), Polyphtalamid (PPA), Polyamid (PA XXX), Polysulfon (PSF), Polyimid (PI).
4. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) aus einem Kunststoff gebildet sind, der mit wärmeleitenden Füllstoffen gefüllt ist.
5. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sammelkasten (2,3) einen Boden mit Durchgangslöchern (25) umfasst, deren Umfangsrand (26) einen Anschlag für die Rohre (10) bildet.

6. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umfangsrand (26) durch einen umlaufenden Kragen (28) eingefasst ist, in den die Rohre (10) mit ihren Enden eingesteckt sind.
- 5 7. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kragen (28) mit den Rohrenden verschweißt sind.
8. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) als Flachrohre ausgeführt sind.
- 10 9. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flachrohre, im Querschnitt betrachtet, seitlich Erhöhungen (51,52) aufweisen.
- 15 10. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) extrudiert sind.
11. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (40;50) jeweils mindestens einen inneren Steg (43-35) aufweisen.
- 20 12. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) formschlüssig mit den Leitelementen (13,14;134,135) verbunden und/oder teilweise von dem Kunststoffmaterial der Rohre (10-12;40;50;71,72;131,132) umgeben sind.
- 25 13. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitelemente (13,14) als Wellrippen (55;74,75;80;100) mit Biege- oder Knickstellen ausgeführt sind.
- 30 14. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Biege- oder Knickstellen jeweils mindestens eine Lasche (59,60) aus der Wellrippe (55) herausgebogen ist, die zumindest teilweise, in dem zugehörigen Rohr angeordnet ist.
- 35 15. Kreuzstrom-Wärmetauscher nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Biege- oder Knickstellen jeweils mindestens eine Öffnung (110) vorgesehen ist, die von dem Rohrmaterial durchdrungen ist.
- 40
- 45
- 50
- 55

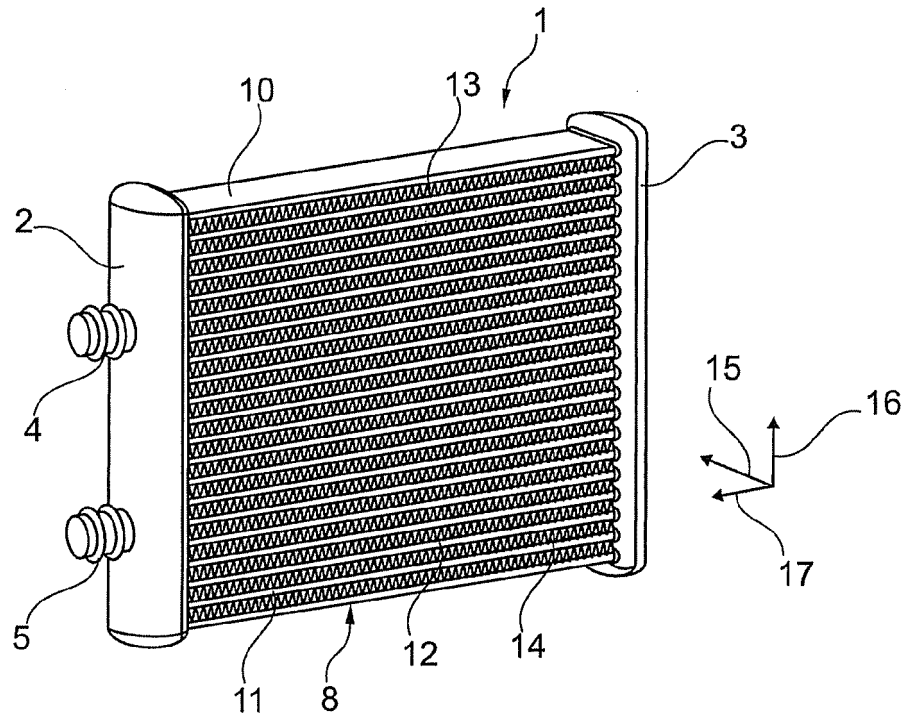


Fig. 1

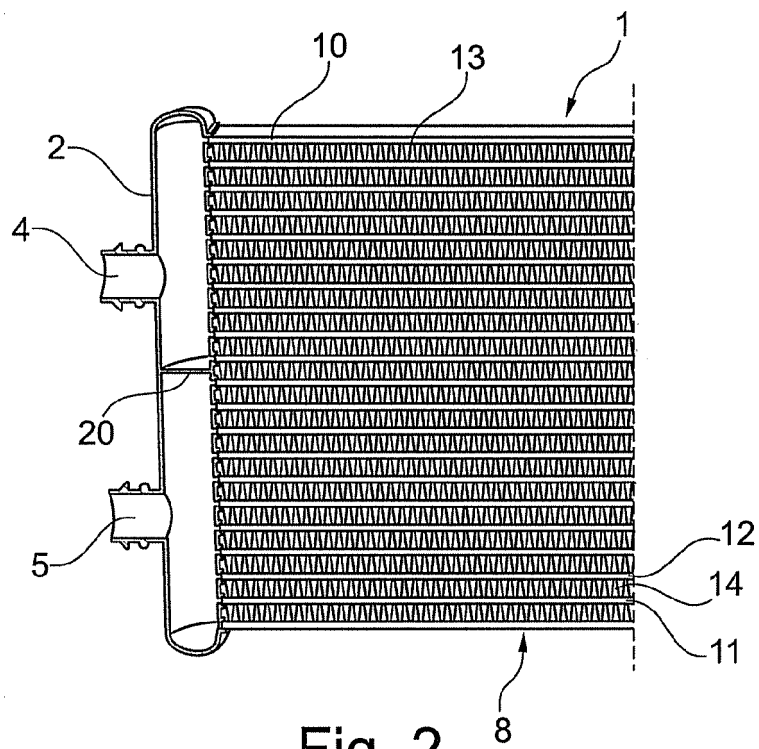


Fig. 2

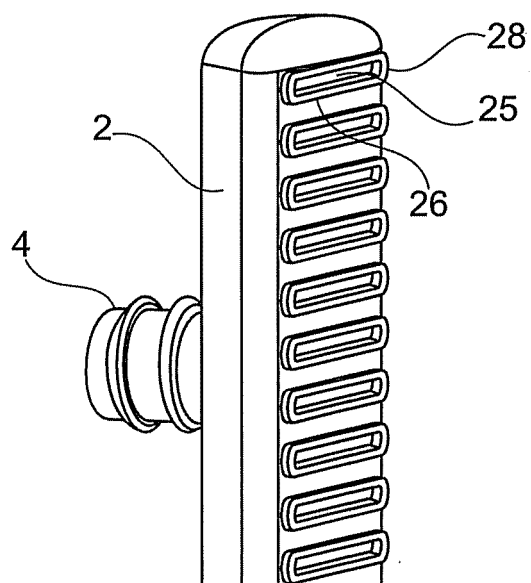


Fig. 3

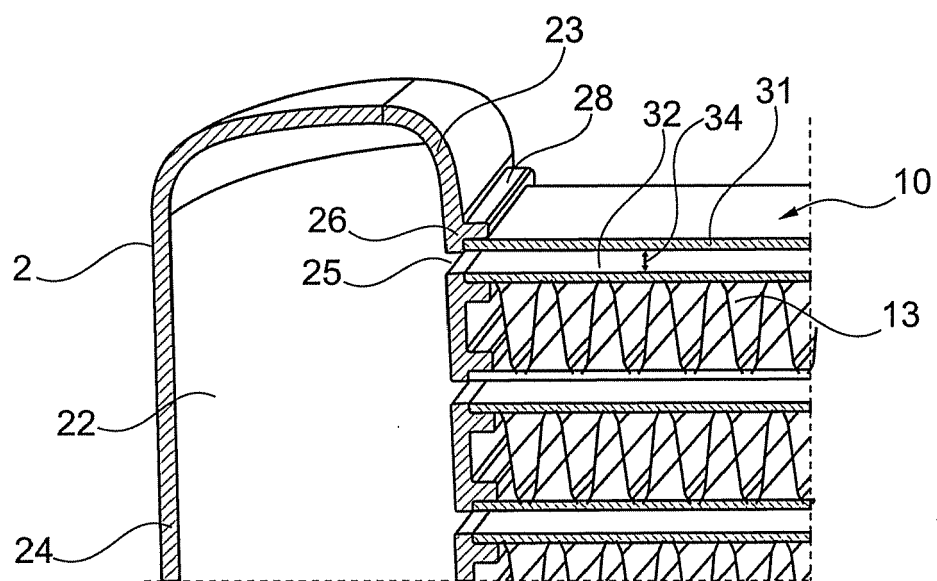


Fig. 4

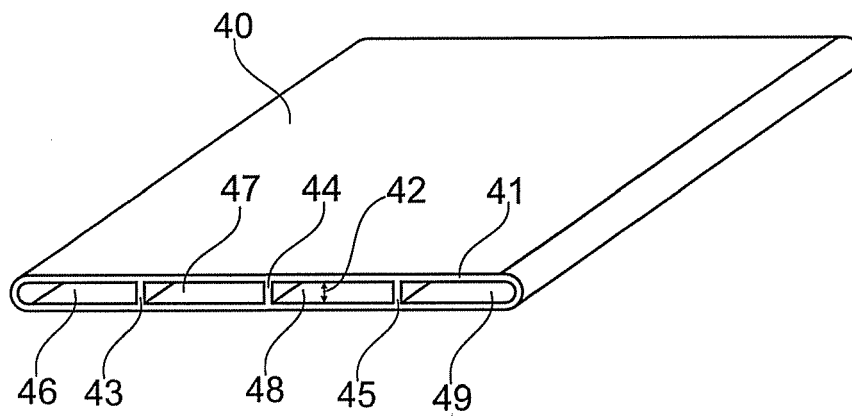


Fig. 5

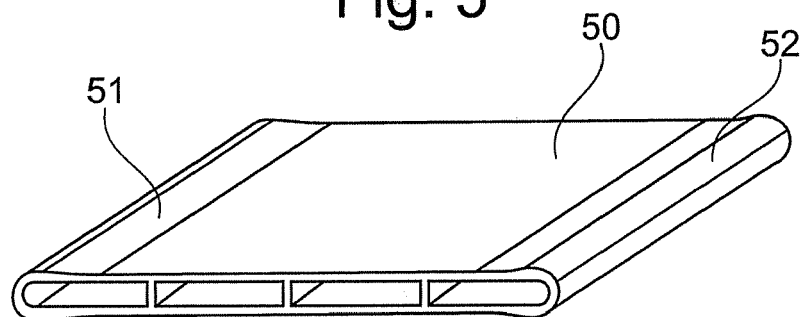


Fig. 6

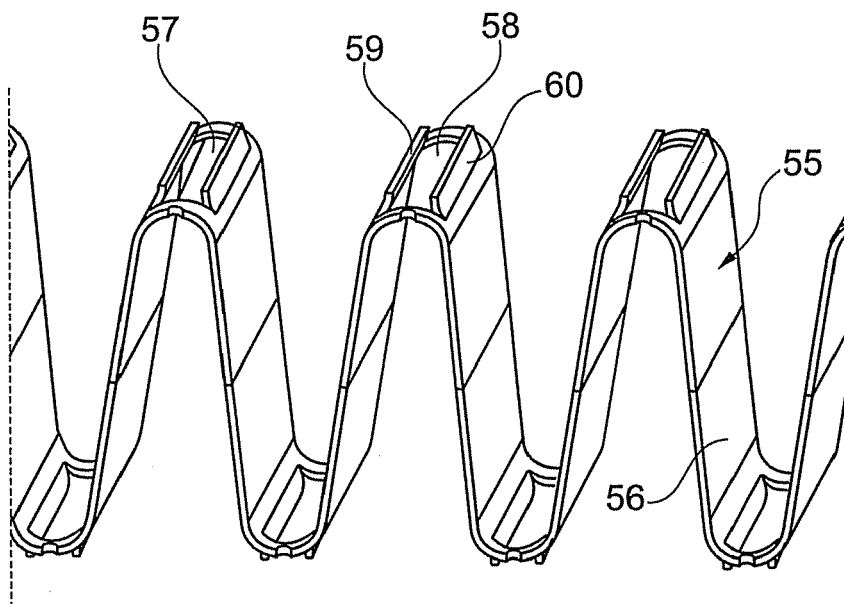


Fig. 7

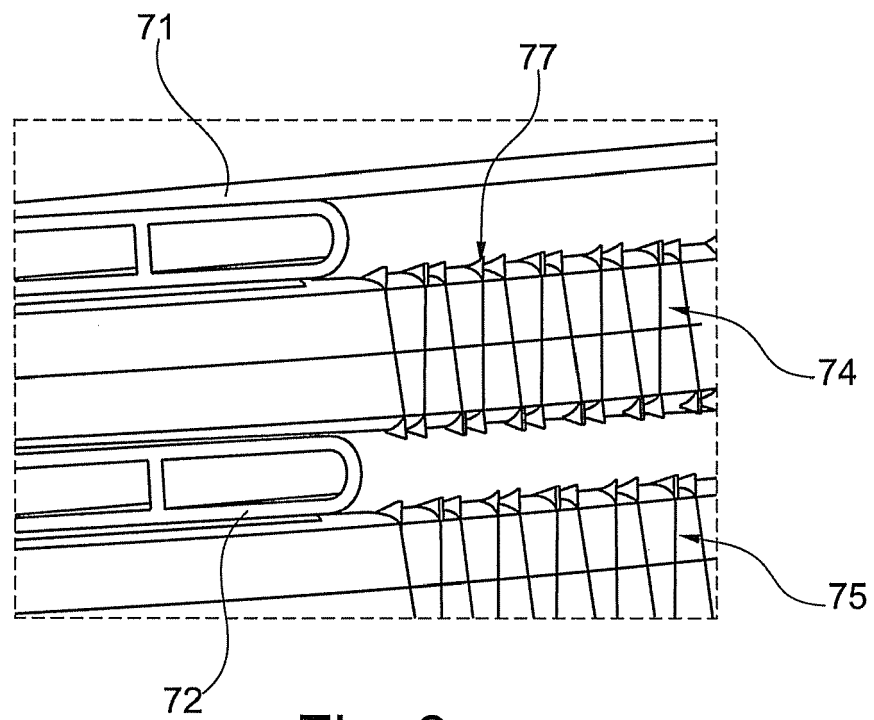


Fig. 8

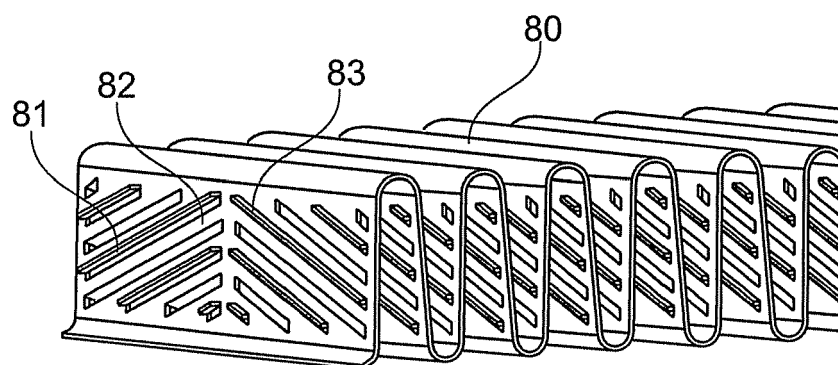
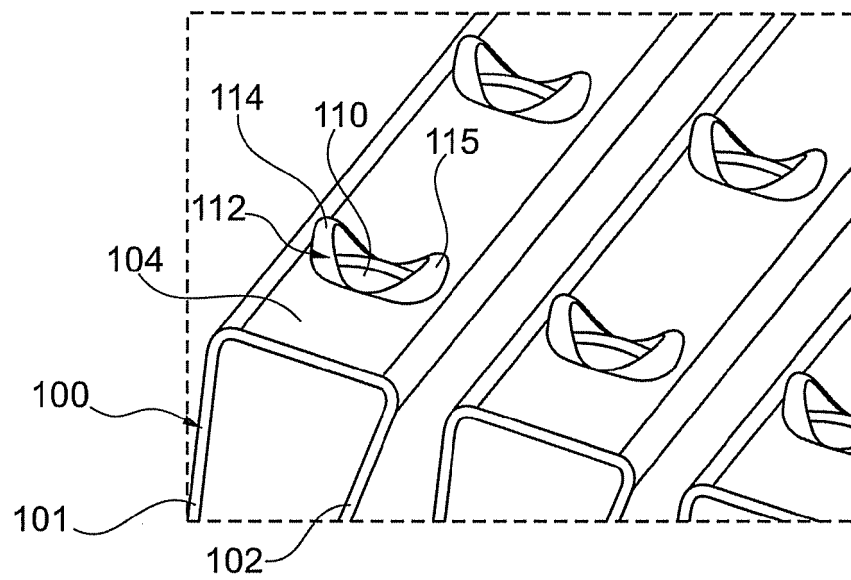
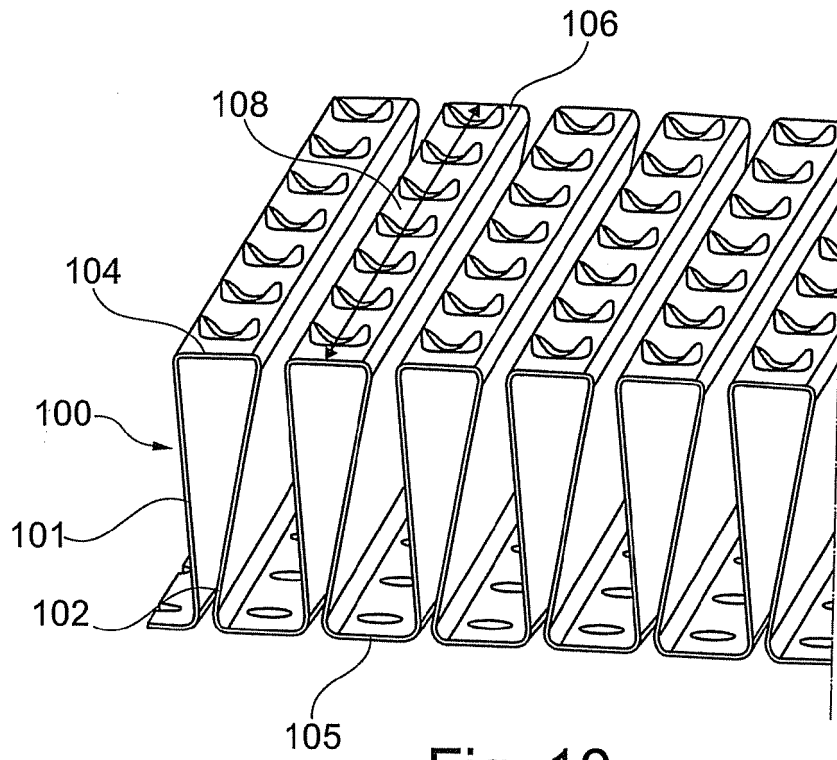


Fig. 9



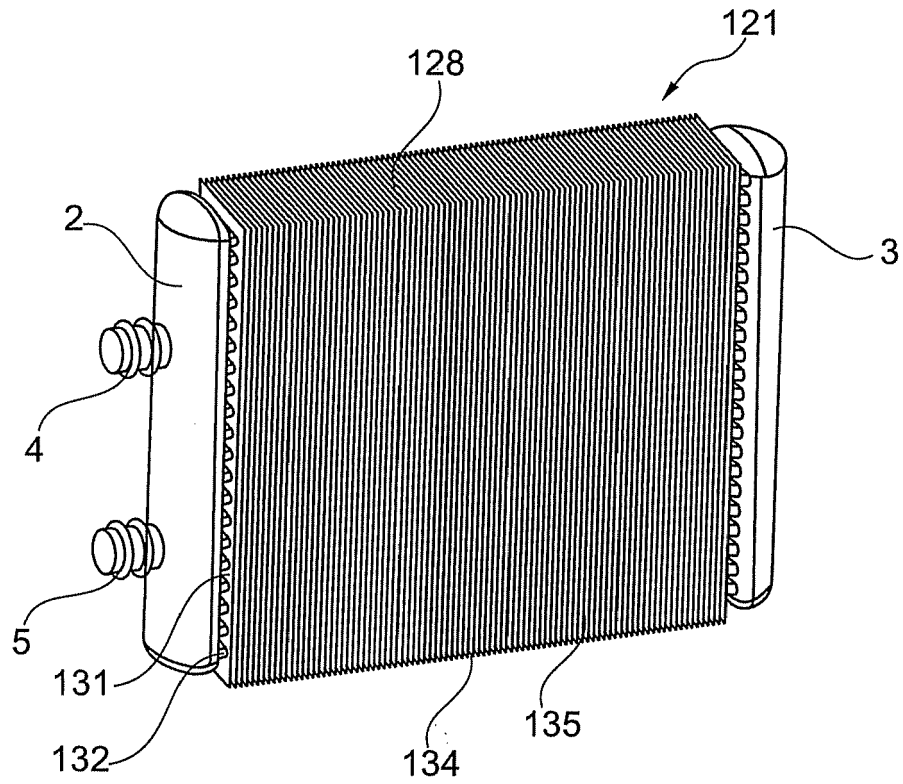


Fig. 12

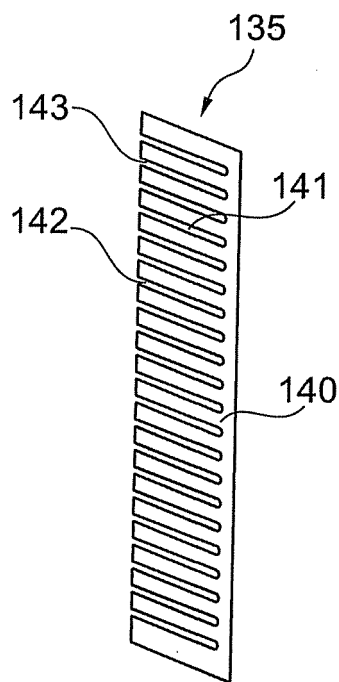


Fig. 13

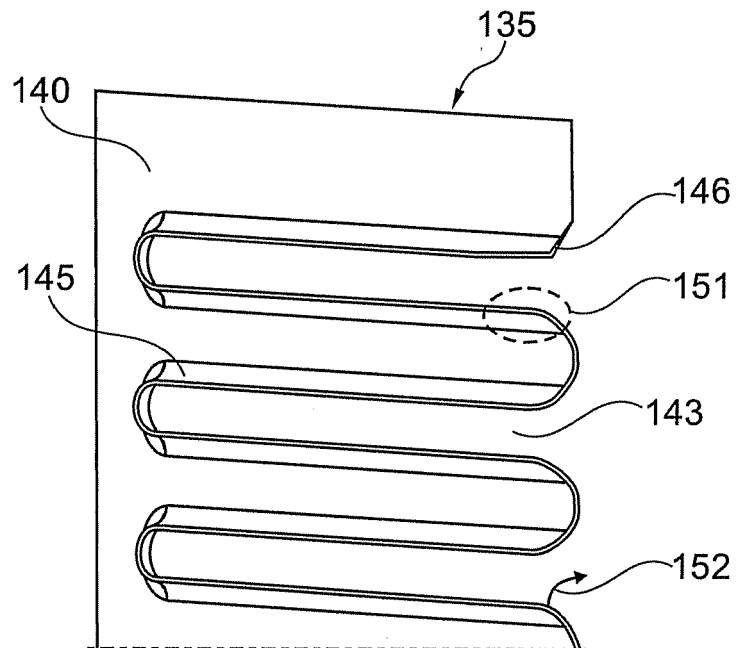


Fig. 14

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

- DE 3733866 A1 [0002]
- DE 4244017 A1 [0002]
- DE 10020798 A1 [0002]
- DE 4411745 C1 [0002]
- DE 102005050293 A1 [0002]
- DE 4229393 A1 [0002]
- DE 4238742 A1 [0002]
- DE 4338959 A1 [0002]
- DE 19543740 A1 [0002]