

(19)



(11)

EP 4 506 625 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2025 Patentblatt 2025/07

(21) Anmeldenummer: **24193111.2**

(22) Anmeldetag: **06.08.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F24D 19/00 ^(2006.01) **F24D 19/08** ^(2006.01)
F24F 13/22 ^(2006.01) **F24H 4/00** ^(2006.01)
F24H 8/00 ^(2022.01) **F24H 9/16** ^(2022.01)
F24H 9/17 ^(2022.01) **F24H 15/136** ^(2022.01)
F25D 21/14 ^(2006.01) **F24H 4/02** ^(2022.01)
F25B 47/00 ^(2006.01) **F28D 15/02** ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F24D 19/0095; F24D 19/088; F24F 13/222;
F24H 4/02; F24H 9/17; F24H 15/136; F25B 47/006;
F25D 21/14; F28D 15/0266; F24D 2200/123

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

(30) Priorität: **07.08.2023 DE 102023207543**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

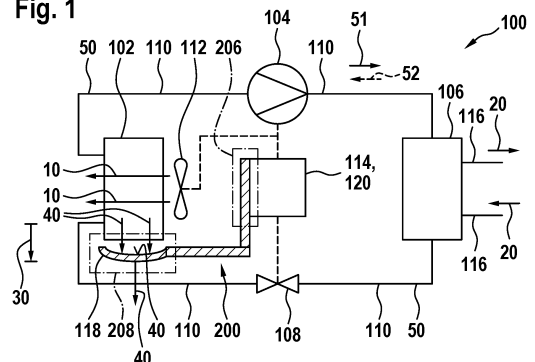
(72) Erfinder:
• **Ohlhafer, Olaf**
74391 Erligheim (DE)

- **Vogt, Bastian**
71522 Backnang (DE)
- **Frey, Yannick Fabian**
72072 Tuebingen (DE)
- **Kotman, Philipp**
70499 Stuttgart (DE)
- **Martens, Sebastian**
71034 Boeblingen (DE)
- **Schmid, Fabian**
73732 Esslingen (DE)
- **Elfner, Maximilian**
76137 Karlsruhe (DE)
- **Weinbrecht, Petra**
76337 Waldbronn (DE)

(54) **WÄRMEPUMPE**

(57) Die Erfindung geht aus von einer Wärmepumpe (100), insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpe, mit einer Tropfschale (118) zum Auffangen, Sammeln und/oder Ableiten von Kondenswasser (40). Insbesondere kann die Tropfschale (118) einem Verdampfer (102) der Wärmepumpe (100) zugeordnet sein. Es wird vorgeschlagen, dass die Wärmepumpe (100) zumindest eine Pulsating Heat Pipe (200, 200a) zum Beheizen der Tropfschale (118) umfasst, wobei die zumindest eine Pulsating Heat Pipe (200, 200a) die Tropfschale (118) mit zumindest einer Wärmequelle (120, 120a, 120b) - insbesondere wärmeleitend und/oder wärmeübertragend - verbindet. Mittels der Erfindung kann Kondenswassereis (40) in der Tropfschale (118) verflüssigt und/oder Kondenswasser (40) in der Tropfschale (118) flüssig gehalten werden. So ist gewährleistet, dass Kondenswasser (40) sicher aus dem Wärmepumpengehäuse abgeleitet wird.

Fig. 1



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Aus dem Stand der Technik sind Wärmepumpen bekannt. Sie können Teil einer Gebäudeheizanlage und/oder Gebäudekühlanlage sein. Alternativ können sie Teil eines Kühlschranks oder Gefrierschranks sein. Im Betrieb können Wärmepumpen einen Wärmestrom auf einem niedrigen Temperaturniveau, beispielsweise aus einer Umgebungsluft, aufnehmen und unter Einsatz von elektrischer Verdichterleistung auf einem hohen Temperaturniveau, beispielsweise an einen Verbraucher, abgeben. Bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe kann in der Umgebungsluft enthaltene Luftfeuchtigkeit (Wasserdampf) auf einer Verdampferoberfläche der Wärmepumpe zu Kondenswasser kondensieren, gegebenenfalls sogar zu Kondenswassereis gefrieren. Das Kondenswasser und Kondenswassereis tropft und fällt in eine dem Wärmepumpenverdampfer zugeordnete Tropfschale, wird dort aufgefangen und gesammelt und über einen Auslauf der Tropfschale aus der Tropfschale und/oder aus dem Wärmepumpengehäuse und/oder in eine Ablaufleitung beziehungsweise Ablaufgrube abgeleitet. Bei Temperaturen um den und unter dem Gefrierpunkt kann das Kondenswasser in der Tropfschale zu Kondenswassereis gefrieren. Ein Gefrieren des Kondenswassers in der Tropfschale soll vermieden werden, um ein Ableiten des Kondenswassers zu gewährleisten. Ein Beheizen der Tropfschale zum Verflüssigen des Kondenswassereises und/oder zum Flüssighalten des Kondenswassers mittels eines elektrischen Heizelements weist eine niedrige Energieeffizienz auf.

[0002] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Wärmepumpe bereitzustellen.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Die Erfindung geht aus von einer Wärmepumpe, insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpe, mit einer Tropfschale zum Auffangen, Sammeln und/oder Ableiten von Kondenswasser. Insbesondere kann die Tropfschale einem Verdampfer der Wärmepumpe zugeordnet sein.

[0004] Es wird vorgeschlagen, dass die Wärmepumpe zumindest eine Pulsating Heat Pipe zum Beheizen der Tropfschale umfasst, wobei die zumindest eine Pulsating Heat Pipe die Tropfschale mit zumindest einer Wärmequelle - insbesondere wärmeleitend und/oder wärmeübertragend - verbindet.

[0005] Mittels der Erfindung kann Eis in der Tropfschale verflüssigt und/oder Kondenswasser in der Tropfschale flüssig gehalten werden. So ist gewährleistet, dass Kondenswasser sicher aus dem Wärmepumpengehäuse abgeleitet wird.

[0006] Alternativ oder ergänzend kann Kondenswasser in der Tropfschale verdampft werden.

[0007] Die Wärmepumpe umfasst einen Kältemittelkreis zum Durchströmen mit einem Kältemittel in einem

Kreislauf. Die Wärmepumpe umfasst insbesondere die Kältemittel-durchströmten Komponenten Verdampfer, Verdichter, Verflüssiger und Entspannungs Vorrichtung (beispielsweise ein Expansionsventil) sowie Rohrleitungselemente zum Verbinden der vorgenannten Komponenten zu dem Kältemittelkreis. Die Wärmepumpe kann weiter insbesondere folgende Komponenten umfassen: einen Zwischenwärmeübertrager, eine Steuer elektronik, eine Leistungselektronik, einen Inverter, ein Rohrleitungselement einer Anschlussvorrichtung zum Verbinden der Wärmepumpe mit einem externen Verbraucher, beispielsweise ein Heizkreislauf und/oder Kühlkreislauf.

[0008] Die Tropfschale weist insbesondere einen Boden, eine Auslauföffnung in dem Boden zum Ableiten des Kondenswassers aus der Tropfschale sowie zumindest eine Seitenwand auf und bildet einen in Schwerkraft richtung nach oben offenen Behälter, in dem die vom Wärmepumpenverdampfer herabfallenden Kondens wassertropfen aufgefangen werden. Darunter, dass die Tropfschale dem Verdampfer der Wärmepumpe zuge ordnet ist, kann hier insbesondere verstanden werden, dass die Tropfschale in betriebsbereiter Aufstellung der Wärmepumpe, insbesondere direkt, in Schwerkraft rich tung unterhalb des Verdampfers angeordnet ist. Eine größte Breite und eine größte Länge der Tropfschale, insbesondere eine Fläche des Bodens, nimmt zumindest eine Projektionsfläche des Verdampfers in Schwerkraft richtung ein.

[0009] Unter einer Pulsating Heat Pipe soll hier insbe sondere eine Vorrichtung zur Wärmeübertragung und/o der zum Wärmetransport verstanden werden. Der Me chanismus der Wärmeübertragung beziehungsweise des Wärmetransports beruht insbesondere auf einer der Pulsating Heat Pipe internen Konvektion. Die Pulsa ting Heat Pipe wird auch Oscillating Heat Pipe genannt. Die Pulsating Heat Pipe ist in die Wärmepumpe integriert mit dem Ziel, Wärme von einer Wärmequelle zu der Tropfschale zu leiten. Dazu ist die Pulsating Heat Pipe wärmeübertragend sowohl mit der Wärmequelle als auch mit der Tropfschale verbunden. Die Pulsating Heat Pipe umfasst zumindest einen rohrförmigen Mikrokanal, dessen Durchmesser vorteilhafterweise etwa im Bereich 0,5 Millimeter bis 2 Millimeter liegt. Eine den Mikrokanal umfassende Kanalstruktur ist insbesondere ringförmig in sich geschlossen. Der Mikrokanal ist, insbesondere teil weise, mit einem Arbeitsfluid, insbesondere einem Kälte mittel, befüllt. Darunter, dass der Mikrokanal teilweise mit einem Arbeitsfluid befüllt ist, soll hier verstanden werden, dass - sofern das Arbeitsfluid zumindest teilweise eine flüssige Phase aufweist - diese flüssige Phase den Mik rokanal lediglich abschnittsweise ausfüllt. Andere Ab schnitte des Mikrokanals können mit einer gasförmigen Phase des Arbeitsfluids gefüllt sein. Der Mikrokanal ver läuft sowohl entlang der Wärmequelle als auch entlang der Tropfschale und ist wärmeleitend und/oder wärme übertragend sowohl mit der Wärmequelle als auch mit der Tropfschale verbunden. Bei Einbringung der Wärme

von der Wärmequelle in das Arbeitsfluid verdampft das Arbeitsfluid lokal und es entstehen Druckgradienten, die das Arbeitsfluid durch den Mikrokanal befördern. Dabei wandern die Dampfblasen vom Ort der Wärmeeinleitung durch den Mikrokanal zur Tropfschale und kondensieren dort. Die Wärme wird dadurch an die Tropfschale abgegeben. Insgesamt wird also die an der Wärmequelle aufgenommene Wärme auf die Tropfschale verteilt, wobei lediglich eine kleine Temperaturdifferenz zwischen dem Verdampferabschnitt und dem Kondensatorabschnitt der Pulsating Heat Pipe entsteht. Vorteilhafterweise ist die Wärmequelle eine Wärmepumpen-interne Wärmequelle oder Abwärmequelle und umfasst insbesondere zumindest eine Komponente der Wärmepumpe.

[0010] Die Wärmeübertragung mit der Pulsating Heat Pipe beruht auf dem verdampfenden Arbeitsfluid, das an der Wärmequelle auf der warmen Seite der Pulsating Heat Pipe mittels Verdampfung Wärme aufnimmt und Druckgradienten erzeugt, die das Arbeitsfluid durch den engen Mikrokanal treiben. An der Tropfschale auf der kalten Seite der Pulsating Heat Pipe kondensiert das Arbeitsfluid und überträgt so die Wärme. Vorteilhafterweise unterliegt die Wärmeübertragung mit der Pulsating Heat Pipe nicht der Schwerkraftwirkung, somit kann die Pulsating Heat Pipe sehr frei und unabhängig von der Schwerkraftrichtung in der Wärmepumpe angeordnet werden. Aufgrund des Arbeitsfluids, welches ein Kältemittel sein kann, unterliegt die Pulsating Heat Pipe auch nicht der Frostgefahr.

[0011] Somit ist die Pulsating Heat Pipe nicht mit einer herkömmlichen Heat Pipe zu vergleichen. Das Arbeitsfluid einer herkömmlichen Heat Pipe besteht zumeist aus Wasser. Zur Arbeitsfluidverteilung und Wärmeübertragung nutzt die herkömmliche Heat Pipe die Schwerkraft und/oder Kapillarkräfte. Bei der konstruktiven Integration muss bei der herkömmlichen Heat Pipe deren Lageabhängigkeit beachtet werden. Das kondensierte flüssige Arbeitsfluid strömt durch die Schwerkraft nach unten, das verdampfte gasförmige Kältemittel nach oben. Deshalb muss die Wärmequelle immer unterhalb der Wärmesenke angeordnet werden.

[0012] Darunter, dass die Pulsating Heat Pipe die Tropfschale mit einer Wärmequelle verbindet, soll hier insbesondere verstanden werden, dass die Pulsating Heat Pipe einerseits mit der Tropfschale und andererseits mit der Wärmequelle verbunden ist. Die Verbindung ist eine wärmeleitende und/oder wärmeübertragende Verbindung. Die Verbindung kann insbesondere aufgrund von innigem Kontakt erfolgen, der unter Druck oder mittels Löten, Schweißen oder Kleben entsteht. Eine wärmeleitende und/oder wärmeübertragende Verbindung kann auch mittels eines thermischen Interface-Materials entstehen, beispielsweise eine Wärmeleitpaste, eine Wärmeleitmatte oder ein Wärmeleitpad.

[0013] Unter zumindest einer Pulsating Heat Pipe kann insbesondere genau eine Pulsating Heat Pipe verstanden werden. Alternativ können unter zumindest ei-

ner Pulsating Heat Pipe auch zwei oder mehrere Pulsating Heat Pipes verstanden werden.

[0014] Die zwei oder mehreren Pulsating Heat Pipes können hinsichtlich der durch sie beförderten Wärmeströme parallel angeordnet sein, so dass jede der zwei oder mehreren Pulsating Heat Pipes die Tropfschale mit zumindest einer Wärmequelle verbindet. Alternativ können die zwei oder mehreren Pulsating Heat Pipes in Reihe angeordnet sein, so dass eine erste Pulsating Heat Pipe die Tropfschale wärmeleitend kontaktiert und eine zweite Pulsating Heat Pipe die zumindest eine Wärmequelle kontaktiert.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist die zumindest eine Wärmequelle ausgewählt aus einer Gruppe von Komponenten der Wärmepumpe, umfassend einen Verdampfer, einen Verdichter, einen Verflüssiger, einen Zwischenwärmeübertrager, eine Steuerelektronik, eine Leistungselektronik, einen Inverter, ein Rohrleitungselement eines Kältemittelkreises insbesondere der Wärmepumpe, ein Rohrleitungselement einer Anschlussvorrichtung zum Verbinden der Wärmepumpe mit einem externen Verbraucher, beispielsweise ein Heizkreislauf und/oder Kühlkreislauf.

[0016] Unter zumindest einer Wärmequelle kann insbesondere genau eine Wärmequelle verstanden werden. Alternativ können unter zumindest einer Wärmequelle auch zwei oder mehrere Wärmequellen verstanden werden.

[0017] Die vorgenannten Komponenten der Wärmepumpe können im Betrieb Wärme abgeben. Vorteilhafterweise kann die Abwärme zumindest einer der Komponenten der Wärmepumpe als Wärme genutzt werden, um die Tropfschale zu erwärmen. Die Abwärme entsteht im Betrieb der Wärmepumpe und bleibt im Stand der Technik ungenutzt. Durch ihre Nutzung und die gleichzeitige Einsparung einer zusätzlichen Wärmequelle erhöht sich der Wirkungsgrad der Wärmepumpe.

[0018] Durch die Abwärmenutzung wird die wärmeabgebende Komponente vorteilhafterweise effektiv gekühlt, woraus sich ein weiterer Zusatznutzen für die Komponente ergibt. Die wärmeabgebende Komponente wird hier auch als zu kühlende Komponente bezeichnet.

[0019] Als ein mögliches Rohrleitungselement des Kältemittelkreises bietet sich insbesondere ein stromabwärts des Verflüssigers und stromaufwärts der Entspannungsvorrichtung liegender Abschnitt des Kältemittelkreises an.

[0020] Als ein mögliches Rohrleitungselement einer Anschlussvorrichtung zum Verbinden der Wärmepumpe mit einem externen Verbraucher bietet sich insbesondere ein Rücklaufanschluss eines Heizkreislaufs oder Kühlkreislaufs an.

[0021] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist die zumindest eine Wärmequelle ein elektrisches Heizelement.

[0022] Mittels des elektrischen Heizelements kann über zumindest eine Pulsating Heat Pipe die Tropfschale effektiv und sicher beheizt werden.

[0023] Unter einem elektrischen Heizelement soll hier insbesondere eine elektrische Einrichtung zum Erzeugen eines Wärmestroms verstanden werden. Dazu wird das Heizelement mit elektrischer Energie (elektrische Bestromung) versorgt. Insbesondere kann die elektrische Energie geregelt sein, so dass auch der Wärmestrom regelbar ist. Der Wärmestrom kann beispielsweise auf eine Pulsating Heat Pipe übertragen werden.

[0024] Beispielsweise stellen sowohl das elektrische Heizelement als auch eine zu kühlende Komponente der Wärmepumpe eine Wärmequelle für die zumindest eine Pulsating Heat Pipe dar. So kann in Summe eine höhere Wärmeleistung in die Pulsating Heat Pipe eingebracht werden.

[0025] In einem anderen Beispiel ist das elektrische Heizelement als alleinige Wärmequelle der Pulsating Heat Pipe vorgesehen. Der Vorteil dieser Variante besteht darin, dass die Wärme optimal und homogen auf die und/oder in der Tropfschale verteilt werden kann. Insbesondere bildet die Pulsating Heat Pipe selbst die Tropfschale aus. Die Pulsating Heat Pipe sorgt in diesem Fall für eine optimale Wärmeverteilung innerhalb der Tropfschale. Zusätzlich kann die Tropfschale nach unten hin thermisch isoliert sein.

[0026] Als Alternative zu einer elektrischen Beheizung mittels eines elektrischen Heizelements kann die zu kühlende Komponente energetisch ungünstig betrieben werden, so dass mehr Abwärme als bei einem energetisch günstigen Betrieb entsteht. Damit übernimmt die zu kühlende Komponente die Funktion der elektrischen Beheizung und es kann auf ein elektrisches Heizelement als zusätzliches Bauteil verzichtet werden.

[0027] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Wärmepumpe ein weiteres elektrisches Heizelement, wobei das weitere elektrische Heizelement an der Tropfschale angeordnet und/oder in die Tropfschale integriert ist und dazu vorgesehen ist, die Tropfschale, insbesondere direkt, zu beheizen.

[0028] Zusätzlich zu der zumindest einen Pulsating Heat Pipe zum Beheizen der Tropfschale der Wärmepumpe, wobei die Pulsating Heat Pipe die Tropfschale mit zumindest einer Wärmequelle verbindet, kann an der Tropfschale ein weiteres elektrisches Heizelement als weitere Wärmequelle angeordnet sein. Das weitere elektrische Heizelement ist insbesondere dazu vorgesehen, die Tropfschale direkt zu beheizen. Das Beheizen der Tropfschale mit dem weiteren elektrischen Heizelement kann zeitlich allein ohne ein Einbringen eines Wärmestroms Q mittels der Pulsating Heat Pipe erfolgen. Alternativ oder ergänzend kann das Beheizen der Tropfschale mit dem weiteren elektrischen Heizelement zeitgleich (zusätzlich) zu einem Einbringen eines Wärmestroms Q mittels der Pulsating Heat Pipe erfolgen.

[0029] Das weitere elektrische Heizelement sollte derart ausgebildet sein, dass es die gesamte Tropfschale beheizen kann, damit auch eine lokale Eisbildung verhindert wird. Die Abwärme übertragende Pulsating Heat Pipe und das weitere elektrische Heizelement bilden

somit eine hybride Beheizung der Tropfschale. Dies kann in solchen Betriebspunkten der Wärmepumpe von Interesse sein, bei denen nicht oder noch nicht ausreichend Abwärme zur ausreichenden Beheizung der Tropfschale zur Verfügung steht.

[0030] Die Temperatur des elektrischen Heizelements und/oder des weiteren elektrischen Heizelements kann anhand seiner elektrischen Bestromung auf die Temperatur der zu kühlenden Komponente geregelt werden. Liegt die Temperatur der zu kühlenden Komponente über einer vordefinierten Temperatur, so wird das elektrische Heizelement nicht bestromt. Liegt die Temperatur unter einer weiteren vordefinierten Temperatur, so wird das elektrische Heizelement derart bestromt, dass die Temperatur wieder über die vordefinierte Temperatur steigt.

[0031] Die Bestromung des elektrischen Heizelements und/oder des weiteren elektrischen Heizelements zum Zweck einer Wärmeerzeugung kann auch anhand einer vordefinierten Solltemperatur der Tropfschale geregelt werden.

[0032] Die Bestromung des elektrischen Heizelements und/oder des weiteren elektrischen Heizelements zum Zweck einer Wärmeerzeugung kann anhand einer Temperatur der Tropfschale geregelt werden. Dabei kann es sinnvoll sein, die Tropfschale auf einer Temperatur, insbesondere knapp, über dem Gefrierpunkt (0°C) des Kondenswassers zu halten.

[0033] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Pulsating Heat Pipe zumindest einen ersten Wärmeübertragerabschnitt zum wärmeleitenden Verbinden mit einer oder mehreren Wärmequellen und/oder zumindest einen zweiten Wärmeübertragerabschnitt zum wärmeleitenden Verbinden mit der Tropfschale auf.

[0034] Damit ist eine Wärmeübertragung von der Wärmequelle über die Pulsating Heat Pipe auf die Tropfschale besonders effektiv und leicht erreichbar.

[0035] Der erste Wärmeübertragerabschnitt kann mit der Wärmequelle, insbesondere einer im Wärmepumpenbetrieb sich erwärmenden Komponente der Wärmepumpe, verbunden sein. Der erste Wärmeübertragerabschnitt dient insbesondere zum Aufnehmen von Wärme von der Wärmequelle und zum Verdampfen des flüssigen Arbeitsfluides. Der erste Wärmeübertragerabschnitt kann insbesondere als Verdampferabschnitt der Pulsating Heat Pipe fungieren.

[0036] Der erste Wärmeübertragerabschnitt umfasst einen ersten Kanalstrukturabschnitt mit einem ersten Abschnitt des Mikrokanals.

[0037] Alternativ oder ergänzend kann die Pulsating Heat Pipe auch zwei oder mehrere erste Wärmeübertragerabschnitte aufweisen. Die zwei oder mehreren ersten Wärmeübertragerabschnitte können mit ein und derselben Wärmequelle verbunden sein. Alternativ können die zwei oder mehreren ersten Wärmeübertragerabschnitte mit zwei oder mehreren Wärmequellen verbunden sein.

[0038] Der zweite Wärmeübertragerabschnitt kann mit der Tropfschale verbunden sein. Der zweite Wärmeübertragerabschnitt dient insbesondere zum Kondensie-

ren des dampfförmigen Arbeitsfluides und zum Abgeben von Wärme an die Tropfschale. Der zweite Wärmeübertragerabschnitt kann insbesondere als Kondensatorabschnitt der Pulsating Heat Pipe fungieren. Der zweite Wärmeübertragerabschnitt umfasst einen zweiten Kanalstrukturabschnitt mit einem zweiten Abschnitt des Mikrokanals.

[0039] Alternativ oder ergänzend kann die Pulsating Heat Pipe auch zwei oder mehrere zweite Wärmeübertragerabschnitte aufweisen. Die zwei oder mehreren zweiten Wärmeübertragerabschnitte können mit zwei oder mehreren Abschnitten der Tropfschale verbunden sein. Beispielsweise kann ein zweiter Wärmeübertragerabschnitt mit einem Boden der Tropfschale verbunden sein. Ein weiterer zweiter Wärmeübertragerabschnitt kann mit einer Seitenwand der Tropfschale verbunden sein.

[0040] Zwischem dem ersten Wärmeübertragerabschnitt und dem zweiten Wärmeübertragerabschnitt der Pulsating Heat Pipe kann ein Zwischenwärmeübertragerabschnitt angeordnet sein, der auch als adiabate Zone bezeichnet werden kann. Der Zwischenwärmeübertragerabschnitt kann einen Zwischenkanalstrukturabschnitt mit einem Zwischenmikrokanalabschnitt umfassen und ist vorteilhafterweise wärmegeklämt.

[0041] In der Praxis muss es diesen Zwischenwärmeübertragerabschnitt nicht zwingend geben, dieser ist optional je nach Anwendungsfall, er muss auch nicht zwingend wärmegeklämt sein.

[0042] Zumindest der erste Abschnitt des Mikrokanals und der zweite Abschnitt des Mikrokanals bilden zusammen einen durchgängigen Mikrokanal der Pulsating Heat Pipe. Im Falle eines Vorhandenseins eines Zwischenwärmeübertragerabschnitts können auch der erste Abschnitt des Mikrokanals, der zweite Abschnitt des Mikrokanals und der Zwischenmikrokanalabschnitt zusammen einen durchgängigen Mikrokanal der Pulsating Heat Pipe bilden. Dabei kann die Pulsating Heat Pipe einen oder mehrere Mikrokanäle umfassen.

[0043] Die Pulsating Heat Pipe umfasst vorteilhafterweise zumindest einen mäanderförmigen Mikrokanal. Mittels der mäanderförmigen Anordnung des Mikrokanals kann eine Wärmeübertragungskontaktfläche vergrößert und besonders effektiv gestaltet werden. Insbesondere durch eine Länge und einen Abstand der mäandernden Mikrokanalschleifen kann die Wärmeübertragungskontaktfläche verändert werden.

[0044] Die Pulsating Heat Pipe beziehungsweise der Mikrokanal gliedern sich insbesondere in zumindest zwei fluidisch miteinander verbundene Wärmeübertragerabschnitte. In beiden Wärmeübertragerabschnitten kann der Mikrokanal mäanderförmig angeordnet sein.

[0045] Mittels des Mikrokanalmäanders kann die Wärme der Wärmequelle vom Ort der Wärmeeinbringung in die Pulsating Heat Pipe (beispielsweise eine relativ kleine Wärmeübertragungskontaktfläche zwischen Pulsating Heat Pipe und Wärmequelle) bis zum Ort der Wärmeauskopplung in die Tropfschale (beispielsweise eine

relativ große Wärmeübertragungskontaktfläche zwischen Pulsating Heat Pipe und Tropfschale) gespreizt werden. Die Pulsating Heat Pipe fungiert somit als Wärmespreizelement.

5 **[0046]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist die Tropfschale als ein Wärmeübertragerabschnitt der Pulsating Heat Pipe ausgebildet.

[0047] Mit einer solchen Ausgestaltung ist eine Wärmeübertragung von der Wärmequelle über die Pulsating Heat Pipe auf die Tropfschale mit wenigen Bauteilen erreichbar.

10 **[0048]** Beispielsweise kann die Tropfschale als zweiter Wärmeübertragerabschnitt ausgebildet sein. Insbesondere kann der zweite Wärmeübertragerabschnitt in der Tropfschale integriert ausgebildet sein.

15 **[0049]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Tropfschale zumindest eine Begrenzungswand auf, wobei in der Begrenzungswand oder an der Begrenzungswand der Tropfschale ein zweiter mäanderförmiger Kanalstrukturabschnitt ausgebildet ist. Der zweite Kanalstrukturabschnitt ist Teil einer Kanalstruktur der Pulsating Heat Pipe und ist als ein, insbesondere zweiter, Wärmeübertragerabschnitt der Pulsating Heat Pipe ausgebildet.

20 **[0050]** Insbesondere kann der zweite Kanalstrukturabschnitt in der Tropfschale integriert ausgebildet sein.

[0051] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Wärmequelle zumindest eine Begrenzungswand auf, wobei in der Begrenzungswand oder an der Begrenzungswand der Wärmequelle ein erster mäanderförmiger Kanalstrukturabschnitt ausgebildet ist. Der erste Kanalstrukturabschnitt ist Teil einer Kanalstruktur der Pulsating Heat Pipe und ist als ein, insbesondere erster, Wärmeübertragerabschnitt der Pulsating Heat Pipe ausgebildet.

25 **[0052]** Insbesondere kann der erste Kanalstrukturabschnitt in der Wärmequelle integriert ausgebildet sein.

[0053] Mit einer solchen Ausgestaltung ist eine effektive Wärmeübertragung von der Wärmequelle über die Pulsating Heat Pipe auf die Tropfschale erreichbar.

30 **[0054]** Unter einer Kanalstruktur soll hier insbesondere eine geometrische Struktur des Mikrokanals der Pulsating Heat Pipe verstanden werden. Unter einem Kanalstrukturabschnitt soll hier insbesondere eine geometrische Struktur eines Teils der Kanalstruktur verstanden werden.

35 **[0055]** Der zweite Kanalstrukturabschnitt dient insbesondere als zweiter Wärmeübertragerabschnitt der Pulsating Heat Pipe zum Kondensieren des Arbeitsfluides. Der erste Kanalstrukturabschnitt dient insbesondere als erster Wärmeübertragerabschnitt der Pulsating Heat Pipe zum Verdampfen des Arbeitsfluides.

40 **[0056]** Die Tropfschale und/oder die Wärmequelle weisen als zumindest eine Begrenzungswand insbesondere zumindest einen Boden und/oder zumindest eine Seitenwand auf. Die zumindest eine Begrenzungswand kann insbesondere schalenförmig, quaderförmig oder kastenförmig ausgebildet sein.

[0057] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Begrenzungswand der Tropfschale zumindest ein, insbesondere extrudiertes, Mehrkanalelement und/oder Mikrokanalelement und/oder Multiportelement zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts.

[0058] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Begrenzungswand der Wärmequelle zumindest ein, insbesondere extrudiertes, Mehrkanalelement (auch Mikrokanalelement und/oder Multiportelement genannt) zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts.

[0059] Mit einer solchen Ausgestaltung ist eine Wärmeübertragung von der Wärmequelle über die Pulsating Heat Pipe auf die Tropfschale besonders kostengünstig realisierbar.

[0060] Das Mehrkanalelement weist zumindest einen rohrförmigen Mikrokanal, insbesondere mehrere rohrförmige Mikrokanäle, auf, dessen/deren Durchmesser vorteilhafterweise etwa im Bereich 0,5 Millimeter bis 2 Millimeter liegt. Der eine Mikrokanal oder die mehreren Mikrokanäle verlaufen, insbesondere parallel zueinander, längs durch das Element. Das Mehrkanalelement kann insbesondere einen Abschnitt eines flachen, extrudierten und/oder Strangpressprofils umfassen.

[0061] Das zumindest eine Mehrkanalelement kann an seinen Enden mit entsprechenden stirnseitigen Begrenzungswänden oder Endkappen versehen werden. Diese Endkappen weisen ihrerseits ebenfalls Mikrokanäle auf. Die Endkappen sind einerseits ausgebildet, um die Mikrokanäle der Mehrkanalelemente arbeitsfluid-dicht zu einem mäandrierenden Kanalsystem zu verbinden. Die Endkappen sind andererseits ausgebildet, um zusammen mit den Mehrkanalelementen die Tropfschale zu bilden.

[0062] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Begrenzungswand der Tropfschale zumindest eine, insbesondere tiefgezogene, gestanzte oder geprägte, kanalförmige Vertiefung zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts auf, wobei die Vertiefung durch eine zur Begrenzungswand benachbarte zweite Wand umfänglich verschlossen ist.

[0063] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Begrenzungswand der Wärmequelle zumindest eine, insbesondere tiefgezogene, gestanzte oder geprägte, kanalförmige Vertiefung zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts auf, wobei die Vertiefung durch eine zur Begrenzungswand benachbarte zweite Wand umfänglich verschlossen ist.

[0064] Mit einer solchen Ausgestaltung ist eine Wärmeübertragung von der Wärmequelle über die Pulsating Heat Pipe auf die Tropfschale mit besonders leichten Bauteilen erreichbar.

[0065] Beispielsweise umfasst die Begrenzungswand ein Blech zur Ausbildung einer Wandfläche. Insbesondere verlaufen der Kanal oder die Kanäle dabei, beispielsweise mäanderförmig, durch die kanalförmigen Vertiefungen des Blechs. Der Kanal oder die Kanäle können durch ein der Begrenzungswand benachbartes oder auf die Begrenzungswand aufgelegtes weiteres

Blech verschlossen sein. Beispielsweise sind die Begrenzungswand und das weitere Blech durch Schweißen, Laserschweißen, Reibrührschweißen, Widerstandsschweißen, Roll-Bonding oder Hartlöten arbeitsfluid-dicht miteinander verbunden.

[0066] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Pulsating Heat Pipe eine durchströmbare Kanalstruktur und zumindest einen ersten Aktor auf und ist als eine schaltbare Pulsating Heat Pipe ausgebildet. Der erste Aktor ist dazu ausgebildet, eine Durchgängigkeit der Kanalstruktur schaltend zu unterbrechen und/oder zu öffnen.

[0067] Mit einer solchen Ausgestaltung kann eine Beheizung der Tropfschale bei Bedarf zugeschaltet oder abgeschaltet werden.

[0068] Der erste Aktor kann insbesondere als ein schaltbares Ventil ausgebildet sein, mit dem die erste Kanalstruktur und/oder der erste Wärmeübertragerabschnitt von der zweiten Kanalstruktur und/oder dem zweiten Wärmeübertragerabschnitt fluidisch getrennt und/oder wieder verbunden werden kann.

[0069] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist zumindest einer der Wärmeübertragerabschnitte einen Aktor auf und ist als ein schaltbarer Wärmeübertragerabschnitt ausgebildet. Ein zweiter Aktor ist insbesondere dazu ausgebildet, eine Wärmeleitung zwischen dem zweiten Wärmeübertragerabschnitt und der Tropfschale zu unterbrechen und/oder freizugeben. Ein dritter Aktor ist insbesondere dazu ausgebildet, eine Wärmeleitung zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt und der Wärmequelle schaltend zu unterbrechen und/oder freizugeben.

[0070] Mit einer solchen Ausgestaltung kann eine Beheizung der Tropfschale bei Bedarf zugeschaltet oder abgeschaltet werden.

[0071] Der Aktor kann insbesondere als ein schaltbarer Mechanismus ausgebildet sein, mit dem die wärmeleitende Verbindung aufgehoben oder wieder hergestellt werden kann. Beispielsweise kann mittels des zweiten Aktors der zweite Wärmeübertragerabschnitt von der Tropfschale räumlich getrennt und/oder wieder mit ihr verbunden werden. Beispielsweise kann mittels des dritten Aktors der erste Wärmeübertragerabschnitt von der Wärmequelle räumlich getrennt oder wieder mit ihr verbunden werden.

[0072] Bei dem schaltbaren Mechanismus kann es sich insbesondere um einen auf Basis einer Temperatur schaltbaren Mechanismus handeln, der die thermische Anbindung des Wärmeübertragerabschnitts an die Tropfschale und/oder die Wärmequelle ab einer bestimmten Temperatur aufhebt. Beispielsweise kann der Mechanismus ein Bimetallelement oder eine Bimetallfeder umfassen.

[0073] Eine wärmeleitende Verbindung kann mittels eines flexiblen thermischen Interface-Materials, beispielsweise eine Wärmeleitpaste, eine Wärmeleitmatte oder ein Wärmeleitpad, hergestellt und/oder verbessert werden.

[0074] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung kann eine temperaturgesteuerte Beheizung der Tropfschale mittels gezielt eingesetztem Dry Out der Pulsating Heat Pipe erfolgen.

[0075] Mit einer solchen Ausgestaltung kann eine Beheizung der Tropfschale bei Bedarf zugeschaltet oder abgeschaltet werden.

[0076] Nach dem Stand der Technik soll der bekannte physikalische Effekt des Dry Out eigentlich vermieden werden, da die Pulsating Heat Pipe oberhalb einer Grenztemperatur keine Wärme mehr überträgt. Ab Erreichen und oberhalb dieser Grenztemperatur ist zumindest der erste Wärmeübertragerabschnitt und/oder große Bereiche der Kanalstruktur oder die gesamte Kanalstruktur vollständig mit der Dampfphase des Arbeitsfluids gefüllt ist. Die Pulsationsbewegung des Arbeitsfluids kommt dadurch zum Erliegen und es wird nahezu keine Wärme mehr abgeführt.

[0077] Hier wird der Dry Out bewusst ausgenutzt, um die Pulsating Heat Pipe oberhalb der Grenztemperatur abzuschalten. Dieser Effekt kann durch die konstruktive Auslegung und die Wahl des Arbeitsfluids gezielt herbeigeführt werden. Die entscheidenden Parameter sind beispielsweise die Art des Arbeitsfluids, die Füllmenge der Kanalstruktur mit Arbeitsfluid im Verhältnis zum Kanalvolumen der Pulsating Heat Pipe, der Durchmesser der Kanalstruktur, die Oberflächenbeschaffenheit der Kanalstruktur und die Dichte der Kanalstruktur.

[0078] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst die Wärmepumpe eine erste Pulsating Heat Pipe und eine zweite Pulsating Heat Pipe, wobei die erste Pulsating Heat Pipe und die zweite Pulsating Heat Pipe in Reihe angeordnet sind. Die erste Pulsating Heat Pipe verbindet die Tropfschale mit einem Wärmeleitelement. Die zweite Pulsating Heat Pipe verbindet das Wärmeleitelement mit der zumindest einen Wärmequelle. An dem Wärmeleitelement ist ein elektrisches Heizelement als eine weitere Wärmequelle angeordnet.

[0079] Vorteilhafterweise liegt das Wärmeleitelement im Betrieb auf einem Temperatur-Zwischenniveau zwischen einer Temperatur der Wärmequelle und einer Temperatur der Tropfschale. Das Wärmeleitelement kann beispielsweise einen kleinen Block, insbesondere einen Metallblock, umfassen, dessen Temperatur auf einen Wert zwischen der Wärmequellentemperatur und der Tropfschalentemperatur geregelt wird. Das Wärmeleitelement stellt damit eine Wärmequelle der ersten Pulsating Heat Pipe (mit der Tropfschale als Wärmesenke) und gleichzeitig eine Wärmesenke für die zweite Pulsating Heat Pipe dar (mit der zu kühlenden Komponente als Wärmequelle).

[0080] Das an dem Wärmeleitelement angeordnete elektrische Heizelement als eine weitere Wärmequelle kann beispielsweise durch ein Peltierelement gebildet sein.

[0081] Eine solche Ausgestaltung mit einer ersten Pulsating Heat Pipe und einer zweiten Pulsating Heat Pipe, verbunden über ein Wärmeleitelement, ist dann beson-

ders vorteilhaft, wenn die Wärmequelle ein zu geringes Temperaturniveau oder eine zu geringe Wärmeleistung aufweist. So kann insbesondere das Temperaturniveau der zweiten Pulsating Heat Pipe auf das nutzbare Temperaturniveau der ersten Pulsating Heat Pipe mit hohem Wirkungsgrad angehoben werden.

[0082] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung weist die Pulsating Heat Pipe eine durchströmbare Kanalstruktur auf, die mit einem Kältemittel als Arbeitsfluid befüllt oder befüllbar ist. Insbesondere sind die Kältemittel R1233zd(E), R1234ze, R1234yf oder Propan geeignet, als Arbeitsfluid verwendet zu werden.

[0083] Mit einer solchen Auswahl an Arbeitsfluid kann eine Pulsating Heat Pipe zum Beheizen der Tropfschale besonders effektiv betrieben werden.

Zeichnung

[0084] Weitere Ausgestaltungen und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Es zeigt schematisch und nicht maßstabsgetreu:

- | | |
|--|--|
| <p>Figur 1</p> <p>Figur 2</p> <p>Figur 3</p> <p>Figur 4</p> <p>Figur 5</p> <p>Figur 6</p> <p>Figur 7</p> <p>Figur 8</p> <p>Figur 9</p> <p>Figur 10</p> <p>Figur 11</p> <p>Figur 12</p> <p>Figur 13</p> <p>Figur 14</p> <p>Figur 15</p> <p>Figur 16</p> | <p>Prinzip einer beispielhaften Wärmepumpe,</p> <p>Prinzip einer Pulsating Heat Pipe,</p> <p>ein erstes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>ein zweites Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>ein drittes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>ein erstes und zweites Ausführungsbeispiel einer Tropfschale im Querschnitt,</p> <p>ein drittes Ausführungsbeispiel einer Tropfschale im Querschnitt,</p> <p>ein viertes Ausführungsbeispiel einer Tropfschale im Querschnitt,</p> <p>ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Tropfschale im Querschnitt,</p> <p>ein viertes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>Prinzip einer weiteren beispielhaften Wärmepumpe,</p> <p>ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>ein sechstes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>ein siebtes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>ein achttes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung,</p> <p>verschiedene Anbringungsformen eines Heizelements an einer Pulsating Heat Pipe.</p> |
|--|--|

[0085] Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der beispielhaften Wärmepumpe 100.

[0086] Bei dem Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Luft-Wasser-Wärmepumpe 100 mit einem Verdampfer 102, einem Verdichter 104, einem Verflüssiger 106 und einer Entspannungsvorrichtung 108. Mittels Rohrleitungselementen 110 sind die vorgenannten Komponenten zu einem primärseitig von Kältemittel 50 durchströmbar

Kältemittelkreis verbunden. Die Wärmepumpe 100 umfasst weiter einen Ventilator 112 zum Fördern eines Außenluftstroms 10, der den Verdampfer 102 sekundärseitig durchströmt. Die Wärmepumpe 100 umfasst weiter ein Steuergerät 114 zum Ansteuern des Verdichters 104, der Entspannungsvorrichtung 108 und des Ventilators 112. Das Steuergerät 114 kann eine Steuerelektronik, eine Leistungselektronik und/oder einen Inverter umfassen. Die Wärmepumpe 100 umfasst weiter eine Anschlussvorrichtung 116 zum Verbinden der Wärmepumpe 100, insbesondere des Verflüssigers 106, mit einem externen Verbraucher, beispielsweise ein in einem Heizkreislauf zirkulierender Heizwasserstrom 20.

[0087] Die Wärmepumpe 100 umfasst weiter eine Tropfschale 118, die dem Verdampfer 102 zugeordnet ist. Die Tropfschale 118 ist insbesondere in Schwerkraftrichtung 30 unter dem Verdampfer 102 angeordnet und dient dem Auffangen und Ableiten von Kondenswasser 40 und/oder Kondenswassereis 40, das im Betrieb der Wärmepumpe 100 anfallen kann.

[0088] Im Betrieb entzieht die Wärmepumpe 100 einem ersten Wärmereservoir Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau, hebt diese Wärme mittels des Verdichters 104 auf ein höheres Temperaturniveau, und gibt Wärme an ein zweites Wärmereservoir ab. Mindestens zwei Betriebszustände können unterschieden werden.

[0089] In einem Heizbetrieb der Wärmepumpe 100 (die Strömungsrichtung des Kältemittels 50 im Kältemittelkreis verläuft in Figur 1 beispielsweise im Uhrzeigersinn, siehe durchgezogener Pfeil 51) kann das erste Wärmereservoir beispielsweise der Außenluftstrom 10 sein und kann das zweite Wärmereservoir der Heizwasserstrom 20 sein. Dabei kann Luftfeuchtigkeit im Außenluftstrom 10 am Verdampfer 102 zu Kondenswasser 40 kondensieren und in die Tropfschale 118 tropfen. Unter bestimmten Betriebsbedingungen und Außenluftbedingungen kann das Kondenswasser 40 auch am Verdampfer 102 zu Kondenswassereis 40 gefrieren.

[0090] In einem Abtaubetrieb (auch in einem Kühlbetrieb) der Wärmepumpe 100 wird der Verdampfer 102 erwärmt. Die Erwärmung des Verdampfers 102 kann beispielsweise durch Umkehr der Strömungsrichtung (siehe gestrichelter Pfeil 52) des Kältemittels 50 im Kältemittelkreis erfolgen. Diese Umkehr der Strömungsrichtung kann insbesondere mittels eines Vierwegeventils (hier nicht dargestellt) ermöglicht sein. Im Abtaubetrieb kann das erste Wärmereservoir beispielsweise der Heizwasserstrom 20 sein und kann das zweite Wärmereservoir der Außenluftstrom 10 sein. Eventuelles Kondenswassereis 40 am Verdampfer 102 wird geschmolzen und

tropft in die Tropfschale 118.

[0091] In beiden Betriebsarten können Kondenswasser 40 und/oder Kondenswassereis 40 von dem Verdampfer 102 in die Tropfschale 118 tropfen beziehungsweise fallen. Auch in der Tropfschale 118 kann das Kondenswasser 40 zu Kondenswassereis 40 gefrieren, dann ist ein sicheres Ableiten von Kondenswasser 40 aus der Tropfschale 118 nicht mehr gewährleistet.

[0092] Die Wärmepumpe 100 umfasst weiter eine Pulsating Heat Pipe 200. Die Pulsating Heat Pipe 200 stellt eine wärmeleitende und/oder wärmeübertragende Verbindung zwischen einer Wärmequelle 120 und der Tropfschale 118 her. Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel dient das Steuergerät 114 als Wärmequelle 120. Die Pulsating Heat Pipe 200 ist so ausgebildet und angeordnet, dass mit ihr die Wärmequelle 120 gekühlt und die Tropfschale 118 beheizt werden kann.

[0093] Figur 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Pulsating Heat Pipe 200.

[0094] Die Pulsating Heat Pipe 200 umfasst vorliegend eine ringförmig zu einer Endlosschleife geschlossene Kanalstruktur 202 mit einem konzentrisch darin ausgebildeten rohrförmigen Mikrokanal 204. Die Kanalstruktur 202 ist zumindest abschnittsweise mäanderförmig angeordnet. Der Mikrokanal 204 ist teilweise mit einem Arbeitsfluid, insbesondere einem Kältemittel, befüllt. Die Pulsating Heat Pipe 200 ist dazu ausgebildet, Wärme von thermischen Hotspots abzuführen und Wärmesenken zuzuführen. Dazu weist die Pulsating Heat Pipe einen ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 zum wärmeleitenden Verbinden mit einer Wärmequelle auf sowie einen zweiten Wärmeübertragerabschnitt 208 zum wärmeleitenden Verbinden mit einer Wärmesenke.

[0095] Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 fungiert als Verdampfer der Pulsating Heat Pipe 200 für das Arbeitsfluid, hier wird ein Wärmestrom Q einer Wärmequelle in die Pulsating Heat Pipe 200 beziehungsweise in das Arbeitsfluid im Mikrokanal 204 eingebracht. Dabei verdampft das Arbeitsfluid lokal und es entstehen Druckgradienten, die das Arbeitsfluid durch den Mikrokanal 204 befördern. Dabei wandern die Dampfblasen in den zweiten Wärmeübertragerabschnitt 208, der als Kondensator der Pulsating Heat Pipe 200 für das Arbeitsfluid fungiert, wo sie kondensieren. Hier wird der Wärmestrom Q aus der Pulsating Heat Pipe 200 in eine Wärmesenke ausgekoppelt.

[0096] Generell kann die Pulsating Heat Pipe 200 in der Wärmepumpe 100 immer als wärmeleitende und/oder wärmeübertragende Verbindung zwischen einer Wärmequelle und einer Wärmesenke eingesetzt werden. Der Vorteil im Vergleich zu einem klassischen Wärmeübertrager ist, dass es gibt kaum Einschränkungen gibt, die durch die Anordnung der Komponenten und das Design entstehen.

[0097] Mittels der Pulsating Heat Pipe 200 kann die Abwärmeableitung von der Wärmequelle und die Wärmewiedergabe an die Wärmesenke geometrie- und lageunabhängig gelöst werden.

[0098] Unter geometrieunabhängig soll hier insbesondere verstanden werden, dass die Pulsating Heat Pipe 200 an zumindest fast jede Geometrie der Wärmequelle am Ort der Wärmeeinleitung und/oder der Wärmesenke am Ort der Wärmeabgabe angepasst werden kann. Unter lageunabhängig soll hier insbesondere verstanden werden, dass die räumliche Lage von Wärmequelle und Wärmesenke zueinander zumindest fast keinen Einfluss auf die Funktion der sie wärmeleitend und/oder wärmeübertragend verbindenden Pulsating Heat Pipe 200 hat.

[0099] Die räumliche Distanz zwischen Wärmequelle 120 und Wärmesenke kann durch die Pulsating Heat Pipe 200 überbrückt werden. Gewollt räumlich getrennte Bereiche können getrennt bleiben und trotzdem ist eine Wärmeübertragung zwischen den Bereichen möglich. Beispielsweise können ein Inverter einerseits und Bereiche mit einem gegebenenfalls entflammaren Wärmepumpenkältemittel andererseits räumlich voneinander getrennt sein und dennoch wärmeleitend und/oder wärmeübertragend miteinander verbunden sein.

[0100] Zur Überbrückung einer räumlichen Distanz zwischen Wärmequelle 120 und Wärmesenke ist in Figur 2 zwischem dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 und dem zweiten Wärmeübertragerabschnitt 208 ein Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212 angeordnet. Der Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212 kann einen Zwischenkanalstrukturabschnitt mit einem Zwischenmikrokanalabschnitt umfassen und ist vorteilhafterweise wärmegegedämmt. Der Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212 dient insbesondere der Wärmeleitung und/oder Wärmeübertragung innerhalb der Pulsating Heat Pipe 200.

[0101] Alle technischen Kältekreise (beispielsweise Wärmepumpen 100 und Kältemaschinen) mit einem Luft-Kältemittel-Verdampfer 102 können von der Erfindung profitieren. Dies gilt neben den beschriebenen Luft-Wasser-Wärmepumpen insbesondere auch für Verdampfer von Kühlhäusern.

[0102] Vorteile der Pulsating Heat Pipe 200 im Vergleich zu einem klassischen Wärmeübertrager oder einer klassischen Heat Pipe sind: Es gibt kaum Einschränkungen, die durch die Anordnung der Komponenten und das Design entstehen. Die räumliche Distanz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke kann durch die Pulsating Heat Pipe 200 überbrückt werden. Gewollt räumlich getrennte Komponenten oder Bereiche der Wärmepumpe 100 können getrennt bleiben und trotzdem ist eine Wärmeübertragung zwischen den Komponenten oder Bereichen möglich. Ein Inverter könnte bei räumlicher Nähe zu den Komponenten des Kältemittelkreises ungewollt eine Zündquelle für ein entflammbares Kältemittel wie beispielsweise Propan darstellen; bei Verwendung einer Pulsating Heat Pipe 200 zur Wärmeübertragung zwischen Inverter und Tropfschale 118 können diese dennoch leicht räumlich getrennt angeordnet sein.

[0103] Figur 3 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Pulsating Heat Pipe-Anordnung.

[0104] Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 der

Pulsating Heat Pipe 200 ist in Form eines mäanderförmigen ersten Kanalstrukturabschnitts ausgebildet. Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 ist mit einer Wärmequelle 120 wärmeleitend verbunden. Alternativ könnte der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 in der Wärmequelle 120, beispielsweise in Gehäusewänden der Wärmequelle 120, integriert ausgebildet sein.

[0105] Der zweite Wärmeübertragerabschnitt 208 weist einen mäanderförmigen zweiten Kanalstrukturabschnitt auf. Der zweite Wärmeübertragerabschnitt 208 ist mit der Tropfschale 118 wärmeleitend verbunden. Alternativ ist der zweite Wärmeübertragerabschnitt 208 in der Tropfschale 118, beispielsweise in Begrenzungsflächen der Tropfschale 118, integriert ausgebildet.

[0106] Der Mikrokanäle 204 des zweiten Wärmeübertragerabschnitts 208 verlaufen mäanderförmig insbesondere durch den Boden 122 und/oder die Seitenwände 124 der Tropfschale 118. Die Mikrokanäle 204 werden von der Tropfschale 118 zu einem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 geführt, der wärmeleitend mit einer Wärmequelle 120 verbunden ist. Dies kann eine beliebige warme Komponente der Wärmepumpe 100 sein, die ausreichend thermische Verlustleistung abgibt. Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 der Pulsating Heat Pipe 200 wird dann thermisch an die warme Komponente angebunden und nimmt so die Wärme der Komponente auf. Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 an der warmen Komponente stellt damit den Verdampferabschnitt der Pulsating Heat Pipe 200 dar. Durch den Transportmechanismus der Pulsating Heat Pipe 200 wird die Wärme anschließend in die Mikrokanäle 204 des zweiten Wärmeübertragerabschnitts 208 an der Tropfschale 118 transportiert. Dort wird die Wärme an die Tropfschale 118 sowie an das in der Tropfschale 118 befindliche Kondenswasser 40 abgegeben. Eventuelles Kondenswassereis 40 in der Tropfschale 118 wird somit zum Schmelzen gebracht beziehungsweise es wird durch die Wärmeabgabe verhindert, dass sich überhaupt Kondenswassereis 40 in der Tropfschale 118 bilden kann. Der zweite Wärmeübertragerabschnitt 208 an der Tropfschale 118 stellt damit den Kondensatorabschnitt der Pulsating Heat Pipe 200 dar.

[0107] Die räumliche Distanz zwischen der Wärmequelle 120 und der Tropfschale 118 wird durch die Pulsating Heat Pipe 200 überbrückt. Zur Überbrückung der räumlichen Distanz zwischen Wärmequelle 120 und Tropfschale 118 ist in Figur 3 zwischem dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 und dem zweiten Wärmeübertragerabschnitt 208 ein Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212 angeordnet. Der Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212 umfasst einen Zwischenkanalstrukturabschnitt mit einem Zwischenmikrokanalabschnitt und ist vorteilhafterweise wärmegegedämmt (hier nicht dargestellt). Der Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212 dient insbesondere der Wärmeleitung und/oder Wärmeübertragung innerhalb der Pulsating Heat Pipe 200.

[0108] Da die Pulsating Heat Pipe 200 auch gebogen werden kann, kann die Wärme auch in einer zur Tropf-

schale 118 nicht parallelen Ebene der Wärmequelle 120 entnommen werden. Wie in Figur 3 zu sehen, könnte dies durch eine 90°-Biegung, insbesondere im Bereich des Zwischenwärmeübertragerabschnitt 212, realisiert werden. Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 und der zweite Wärmeübertragerabschnitt 208 können auch räumlich gestaltet werden und so wärmeleitend mit nicht-ebenen Abschnitten der Tropfschale 118 beziehungsweise der Wärmequelle 120 verbunden werden.

[0109] Figur 3 zeigt auch die mögliche Größengestaltung der Wärmeübertragerfläche des ersten Wärmeübertragerabschnitts 206 beziehungsweise des zweiten Wärmeübertragerabschnitts 208, die mit der Pulsating Heat Pipe erreicht werden kann. Wenn die Mäanderschleifen enger gepackt sind (erster Wärmeübertragerabschnitt 206) kann Wärme auf kleiner Wärmeübertragerfläche mit einer hohen Dichte übertragen werden, während die größere Wärmeübertragerfläche des zweiten Wärmeübertragerabschnitts 208 einen größeren Abstand und somit eine geringere Dichte der Mäanderschleifen hat.

[0110] Figur 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung.

[0111] Dargestellt ist eine Einheit oder Baueinheit aus einer Elektronikbox 126 der Wärmepumpe 100, der Pulsating Heat Pipe 200 und der Tropfschale 118. In der Elektronikbox 126 ist ein Inverter 128 der Wärmepumpe 100 angeordnet. Mittels des Inverters 128 kann der Verdichter 104 der Wärmepumpe 100, insbesondere die Förderleistung des Verdichters 104, gesteuert und/oder geregelt werden. Die im Wärmepumpenbetrieb entstehende Abwärme des Inverters 128 muss abgeleitet werden, um diesen vor Überhitzung zu schützen. Der Inverter 128 ist eine im Wärmepumpenbetrieb warme Komponente der Wärmepumpe 100 und kann als Wärmequelle 120 für die Pulsating Heat Pipe 200 dienen. Mittels der Pulsating Heat Pipe 200 kann die Abwärmeableitung von dem Inverter 128 geometrie- und lageunabhängig gelöst werden. Der Abwärmestrom wird zur Beheizung der Tropfschale 118 verwendet. Ein erster Wärmeübertragerabschnitt 206 der Pulsating Heat Pipe 200 wird wärmeleitend mit dem Inverter 128 verbunden oder in den Inverter 128 integriert. Ein zweiter Wärmeübertragerabschnitt 208 wird wärmeleitend mit der Tropfschale 118 verbunden oder in die Tropfschale 118 integriert. Die Tropfschale 118, die Pulsating Heat Pipe 200 und der Inverter 128 können auch als gekoppelte Einheit entwickelt werden.

[0112] An dem Verdampferabschnitt der Pulsating Heat Pipe 200 muss der Pulsating Heat Pipe 200 ein Wärmestrom zugeführt werden. In dem Kältemittelkreis der Wärmepumpe 100 gibt es mehrere Komponenten oder Stellen, die sich als Wärmequelle 120 eignen, da deren Wärmestrom oder Abwärmestrom nach dem Stand der Technik bisher nicht genutzt wird. Der Wirkungsgrad der Wärmepumpe 100 wird durch Nutzung des Wärmestroms nur sehr wenig verringert oder idealerweise sogar gesteigert. Geeignete Wärmequellen 120

sind eine Abwärme des Verdichters 104; eine Abwärme des Inverters 128 oder der Elektronikbox 126 ("Hot-Box"); ein Rohrleitungselement 110 stromabwärts des Verflüssigers 106 und stromaufwärts der Entspannungsvorrichtung 108; Wärme aus einem an die Wärmepumpe 100 angeschlossenen Heizkreislauf, vorzugsweise Wärme aus einem Rücklauf des Heizkreislaufs; Abwärme des Verdampfers 102 während des Abtaubetriebs.

[0113] Figur 5 zeigt einen Ausschnitt eines vereinfacht dargestellten dritten Ausführungsbeispiels einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung.

[0114] Die Pulsating Heat Pipe 200 verbindet wärmeleitend und/oder wärmeübertragend die Tropfschale 118 mit einer warmen Komponente der Wärmepumpe 100. Die Pulsating Heat Pipe 200 weist einen ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 zum wärmeleitenden Verbinden mit der Wärmequelle 120 und einen zweiten Wärmeübertragerabschnitt 208 zum wärmeleitenden Verbinden mit der Tropfschale 118 auf. In Figur 5 wird die wärmeleitende Verbindung zwischen Wärmequelle 120 und Pulsating Heat Pipe 200 mittels eines thermischen Interface-Materials 130 hergestellt und/oder verbessert.

[0115] Der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 weist einen Aktor 210 auf und ist als ein schaltbarer Wärmeübertragerabschnitt ausgebildet. Der Aktor 210 ist dazu ausgebildet, eine Wärmeleitung zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 und der Wärmequelle 120 schaltend zu unterbrechen und/oder freizugeben.

[0116] Nach Figur 5a ist die Wärmeleitung durch einen innigen Kontakt zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206, dem thermischen Interface-Material 130 und der Wärmequelle 120 hergestellt beziehungsweise freigegeben. Alternativ kann die Wärmeleitung auch direkt durch einen innigen Kontakt zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 und der Wärmequelle 120 hergestellt beziehungsweise freigegeben sein.

[0117] Nach Figur 5b ist die Wärmeleitung unterbrochen beziehungsweise deutlich reduziert, weil der innige Kontakt zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206, dem thermischen Interface-Material 130 und/oder der Wärmequelle 120 unterbrochen ist. Vorliegend ist der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 von dem thermischen Interface-Material 130 abgehoben, so dass sich ein Spalt, insbesondere ein Luftspalt, zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 und dem thermischen Interface-Material 130 bildet. Alternativ kann auch der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 zusammen mit dem thermischen Interface-Material 130 von der Wärmequelle 120 abheben, so dass sich ein Spalt, insbesondere ein Luftspalt, zwischen dem thermischen Interface-Material 130 und der Wärmequelle 120 bildet. Eine weitere Option ist, dass kein thermisches Interface-Material 130 zwischen der Wärmequelle 120 und dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 vorliegt, so dass sich der Spalt zwischen der Wärmequelle 120 und dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 bildet. Der Spalt bewirkt einen deutlich erhöhten Wärmeleitungs-Kontaktwiderstand. Um ein Abheben zu ermöglichen

chen, ist der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 flexibel oder verformbar ausgebildet. Alternativ ist der erste Wärmeübertragerabschnitt 206 flexibel oder verformbar an der Pulsating Heat Pipe 200 angebunden.

[0118] Der Aktor 210, der vorliegend ein Bimetallelement oder eine Bimetallfeder umfasst, unterbricht den innigen Kontakt zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206, dem thermischen Interface-Material 130 und/oder der Wärmequelle 120. Bei dem Aktor 210 handelt es sich vorliegend um einen auf Basis einer Temperatur des ersten Wärmeübertragerabschnitts 206 schaltbaren Mechanismus, der die thermische Anbindung des ersten Wärmeübertragerabschnitts 206 an die Wärmequelle 120 ab einer bestimmten Grenztemperatur des ersten Wärmeübertragerabschnitts 206 aufhebt. Dazu ist das Bimetallelement oder die Bimetallfeder wärmeleitend mit dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 verbunden. So wird eine eventuelle Überhitzung des ersten Wärmeübertragerabschnitts 206 vermieden. Die Grenztemperatur lässt sich beispielsweise anhand eines gewählten Materials, einer gewählten Stärke und/oder einer gewählten Vorspannung des Bimetallelements oder der Bimetallfeder konstruktiv auslegen.

[0119] Mit einer solchen Ausgestaltung kann die Pulsating Heat Pipe 200 und damit die Beheizung der Tropfschale 118 bei Bedarf zugeschaltet und/oder abgeschaltet werden.

[0120] Figur 6 zeigt ein erstes und zweites Ausführungsbeispiel einer Tropfschale 118 im Querschnitt.

[0121] Die Tropfschale 118 dient dem Auffangen, Sammeln und Ableiten von Kondenswasser 40. Die Tropfschale 118 weist einen Boden 122, eine Auslauföffnung (hier nicht dargestellt) in dem Boden 122 zum Ableiten des Kondenswassers 40 aus der Tropfschale 118 sowie mehrere Seitenwände 124 auf. Die Tropfschale 118 bildet einen flachen, in Schwerkrafttrichtung nach oben offenen Behälter, in dem die vom Wärmepumpenverdampfer 102 herabfallenden Kondenswassertropfen 40 aufgefangen werden können. Am Boden 122 ist ein mäanderförmiger Kanalstrukturabschnitt ausgebildet, der Teil einer Kanalstruktur der Pulsating Heat Pipe 200 ist und als ein zweiter Wärmeübertragerabschnitt 208 der Pulsating Heat Pipe 200 ausgebildet ist.

[0122] Nach Figur 6a ist der Boden 122 der Tropfschale 118 im Wesentlichen eben. Eine zum Boden 122 benachbarte zweite Wand 123 weist, beispielsweise tiefgezogene, gestanzte oder geprägte, kanalförmige Vertiefungen zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts auf. Diese Vertiefungen sind durch den Boden 122 umfänglich verschlossen, so dass der sich bildende Mikrokanal 204 arbeitsfluiddicht ist.

[0123] Nach Figur 6b weist der Boden 122 der Tropfschale 118, beispielsweise tiefgezogene, gestanzte oder geprägte, kanalförmige Vertiefungen zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts auf. Diese Vertiefungen sind durch eine zum Boden 122 benachbarte zweite Wand 123 umfänglich verschlossen, so dass der sich bildende Mikrokanal arbeitsfluiddicht ist.

[0124] Die Figuren 7, 8 und 9 zeigen weitere Ausführungsbeispiele einer Tropfschale 118 im Querschnitt.

[0125] Der Boden 122 der Tropfschale 118 in Figur 7 ist aus zwei Mehrkanalelementen 132 gebildet. Der Boden 122 der Tropfschale 118 in Figur 8 ist aus einem Mehrkanalelement 132 gebildet, zwei weitere Mehrkanalelemente 132 bilden die rechte und linke Seitenwand 124. Der Boden 122 der Tropfschale 118 in Figur 9 ist aus sechs Mehrkanalelementen 132 gebildet.

[0126] Beispielsweise sind diese Mehrkanalelemente 132 aus flachen Strangpressprofilen gefertigt, die vorliegend von jeweils zwei oder drei Mikrokanälen 204 durchzogen sind. Durch ihre stumpfwinklige Anordnung zueinander sowie mit einer vorderen und hinteren stirnseitigen Begrenzungswand 124 (Endkappen) bilden sie einen flachen, in Schwerkrafttrichtung nach oben offenen Behälter, in dem die vom Wärmepumpenverdampfer 102 herabfallenden Kondenswassertropfen 40 aufgefangen werden können. Die mehreren Mikrokanäle 204 der Mehrkanalelemente 132 sind durch entsprechende weitere Mikrokanäle in den stirnseitigen Begrenzungswänden 124 zu einem mäanderförmigen Kanalstrukturabschnitt verbunden, der Teil einer Kanalstruktur der Pulsating Heat Pipe 200 ist und als ein zweiter Wärmeübertragerabschnitt 208 der Pulsating Heat Pipe 200 ausgebildet ist.

[0127] Figur 10 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung in zwei verschiedenen Betriebszuständen. Die Pulsating Heat Pipe 200 verbindet wärmeleitend und/oder wärmeübertragend die Tropfschale 118 und den Wärmepumpenverdampfer 102.

[0128] Während des in Figur 10a gezeigten Heizbetriebs verdampft das Kältemittel des Kältemittelkreises im Wärmepumpenverdampfer 102. Der Wärmepumpenverdampfer 102 ist dabei kälter als die Tropfschale 118 und die sie umgebende Luft. Über die Pulsating Heat Pipe 200 erfolgt eine Wärmeübertragung von der Tropfschale 118 auf den Wärmepumpenverdampfer 102. Die Tropfschale 118 wirkt vorteilhafterweise wie eine Erweiterung des Wärmepumpenverdampfers 102 und stellt zusätzliche Wärme aus der Umgebung bereit. Die übertragene Wärme verbessert die Verdampfung und erhöht so den Wirkungsgrad der Wärmepumpe 100.

[0129] Während des in Figur 10b gezeigten Abtaubetriebs wird der Wärmepumpenverdampfer 102 erwärmt, um Kondenswassereis 40 an der Verdampferoberfläche zu schmelzen. Der Wärmepumpenverdampfer 102 ist dabei warm. Über die Pulsating Heat Pipe 200 erfolgt eine Wärmeübertragung von dem Wärmepumpenverdampfer 102 auf die Tropfschale 118. Die Tropfschale 118 wird erwärmt, eventuelles Kondenswassereis 40 in der Tropfschale 118 wird geschmolzen und kann über den Auslauf ablaufen.

[0130] Ein Vorteil der Nutzung des Wärmepumpenverdampfers 102 als Wärmequelle 120 für die Pulsating Heat Pipe 200 ist, dass die Tropfschale 118 durch die Pulsating Heat Pipe 200 nur in dem Zeitraum beheizt

wird, in welchem vermehrt Kondenswasser 40 und Kondenswassereis 40 in der Tropfschale 118 anfällt.

[0131] Figur 11 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer weiteren beispielhaften Wärmepumpe 100. Der Grundaufbau der weiteren beispielhaften Wärmepumpe 100 entspricht dem Prinzip aus Figur 1, auf deren Beschreibung hier Rückbezug genommen wird.

[0132] Die Wärmepumpe 100 umfasst eine erste Pulsating Heat Pipe 200 und eine zweite Pulsating Heat Pipe 200a. Die erste Pulsating Heat Pipe 200 stellt eine wärmeleitende und/oder wärmeübertragende Verbindung zwischen einer ersten Wärmequelle 120 und der Tropfschale 118 her. Die zweite Pulsating Heat Pipe 200a stellt eine wärmeleitende und/oder wärmeübertragende Verbindung zwischen einer zweiten Wärmequelle 120a und der Tropfschale 118 her.

[0133] Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel dient das Steuergerät 114 als erste Wärmequelle 120. Ein elektrisches Heizelement 300 dient als zweite Wärmequelle 120a. Die erste Pulsating Heat Pipe 200 und die zweite Pulsating Heat Pipe 200a sind so ausgebildet und angeordnet, dass mit ihnen die Wärmequellen 120, 120a gekühlt und die Tropfschale 118 beheizt werden kann.

[0134] Die erste Pulsating Heat Pipe 200 und die zweite Pulsating Heat Pipe 200a sind hinsichtlich der durch sie an die Tropfschale 118 beförderten Wärmeströme parallel angeordnet, so dass jede der beiden Pulsating Heat Pipes 200, 200a die Tropfschale 118 mit einer Wärmequelle 120, 120a wärmeleitend verbindet und beheizen kann. Die Beheizung der Tropfschale 118 kann von den beiden Pulsating Heat Pipes 200, 200a gemeinsam, insbesondere zeitgleich, erfolgen. Alternativ kann die Beheizung der Tropfschale 118 von jeder einzelnen der beiden Pulsating Heat Pipes 200, 200a allein erfolgen. Dies wird abhängig von einer Beheizungserfordernis und dem verfügbaren Wärmeangebot, insbesondere der ersten Wärmequelle 120, entschieden.

[0135] Figur 12 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung als Ausschnitt aus einem Gesamtaufbau einer erfindungsgemäßen Wärmepumpe 100. Der Grundaufbau der Pulsating Heat Pipe-Anordnung entspricht dem Prinzip aus Figur 4, auf deren Beschreibung hier Rückbezug genommen wird.

[0136] Dargestellt ist eine Einheit oder Baueinheit aus einer Elektronikbox 126 der Wärmepumpe 100, der Pulsating Heat Pipe 200 und der Tropfschale 118. In der Elektronikbox 126 ist ein Inverter 128 der Wärmepumpe 100 angeordnet. Der Inverter 128 kann als Wärmequelle 120 für die Pulsating Heat Pipe 200 dienen. Der Abwärmestrom des Inverters 128 wird zur Beheizung der Tropfschale 118 verwendet. Ein erster Wärmeübertragerabschnitt 206 der Pulsating Heat Pipe 200 wird wärmeleitend mit dem Inverter 128 verbunden oder in den Inverter 128 integriert. Mit der Pulsating Heat Pipe 200, insbesondere mit dem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 der Pulsating Heat Pipe 200, ist weiter ein

elektrisches Heizelement 300 wärmeleitend verbunden. Das elektrische Heizelement 300 kann bei elektrischer Bestromung einen Wärmestrom erzeugen, der ebenfalls zur Beheizung der Tropfschale 118 verwendet werden kann. Ein zweiter Wärmeübertragerabschnitt 208 der Pulsating Heat Pipe 200 ist wärmeleitend mit der Tropfschale 118 verbunden oder in die Tropfschale 118 integriert. Die Tropfschale 118, die Pulsating Heat Pipe 200, der Inverter 128 und das elektrische Heizelement 300 können auch als gekoppelte Einheit ausgebildet sein.

[0137] Figur 13 zeigt ein sechstes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung als Ausschnitt aus einem Gesamtaufbau einer erfindungsgemäßen Wärmepumpe 100. Der Grundaufbau der Pulsating Heat Pipe-Anordnung entspricht dem Prinzip aus Figur 4, auf deren Beschreibung hier Rückbezug genommen wird.

[0138] Die Pulsating Heat Pipe-Anordnung umfasst eine erste Pulsating Heat Pipe 200 und eine in Reihe dazu geschaltete zweite Pulsating Heat Pipe 200b. Die erste Pulsating Heat Pipe 200 verbindet die Tropfschale 118 wärmeleitend mit einem Wärmeleitelement 400. Die zweite Pulsating Heat Pipe 200b verbindet das Wärmeleitelement 400 wärmeleitend mit der Wärmequelle 120, hier als Inverter 128 ausgebildet. Ein Wärmestrom, der vom Inverter 128 in die zweite Pulsating Heat Pipe 200b eingebracht wird, strömt zu dem Wärmeleitelement 400, von dort weiter in die erste Pulsating Heat Pipe 200 und in die Tropfschale 118.

[0139] An dem Wärmeleitelement 400 ist ein elektrisches Heizelement 300 als eine weitere Wärmequelle 120b angeordnet ist. Das elektrische Heizelement 300 kann einen weiteren Wärmestrom erzeugen, der ebenfalls in die erste Pulsating Heat Pipe 200 eingebracht und in die Tropfschale 118 übertragen werden kann.

[0140] Figur 14 zeigt ein siebtes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung als Ausschnitt aus einem Gesamtaufbau einer erfindungsgemäßen Wärmepumpe 100.

[0141] Die Pulsating Heat Pipe-Anordnung umfasst eine Pulsating Heat Pipe 200, ein elektrisches Heizelement 300 als alleinige Wärmequelle 120 und eine Tropfschale 118. Die Pulsating Heat Pipe 200 verbindet die Tropfschale 118 wärmeleitend mit dem elektrischen Heizelement 300. Das elektrische Heizelement 300 kann einen Wärmestrom erzeugen, der in die Pulsating Heat Pipe 200 eingebracht und auf die Tropfschale 118 übertragen werden kann.

[0142] Figur 15 zeigt ein achttes Ausführungsbeispiel einer Pulsating Heat Pipe-Anordnung als Ausschnitt aus einem Gesamtaufbau einer erfindungsgemäßen Wärmepumpe 100. Der Grundaufbau der Pulsating Heat Pipe-Anordnung entspricht dem Prinzip aus Figur 4, auf deren Beschreibung hier Rückbezug genommen wird.

[0143] Die Wärmepumpe 100 umfasst ein weiteres elektrisches Heizelement 302, das an der Tropfschale 118 angeordnet ist. Das weitere elektrische Heizelement

302 kann einen Wärmestrom erzeugen und ist dazu vorgesehen, die Tropfschale 118, insbesondere direkt, zu beheizen.

[0144] Figur 16 zeigt schematisch verschiedene Anbringungsformen eines elektrischen Heizelements 300 an einer Pulsating Heat Pipe 200, insbesondere an einem ersten Wärmeübertragerabschnitt 206 der Pulsating Heat Pipe 200, und/oder an einem Wärmeleitelement 400.

[0145] Allen Anbringungsformen gemein ist die wärmeleitende Verbindung zwischen dem elektrischen Heizelement 300 und der Pulsating Heat Pipe 200 beziehungsweise an dem Wärmeleitelement 400.

[0146] Das elektrische Heizelement 300 kann gemäß Figur 16a auf die Pulsating Heat Pipe 200 geklebt, gelötet, geschweißt oder aufgeschumpft sein. Alternativ oder ergänzend kann das elektrische Heizelement 300 gemäß Figur 16b mittels eines Klemmelements 304 auf die Pulsating Heat Pipe 200 geklemmt sein. Gemäß Figur 16c kann das elektrische Heizelement 300 zusätzlich in die Pulsating Heat Pipe 200 geometrisch eingebettet sein.

[0147] Die Anbringung eines elektrischen Heizelements 300 an einer Pulsating Heat Pipe 200 beziehungsweise an einem Wärmeleitelement 400 kann mittels eines thermischen Interface-Materials, beispielsweise eine Wärmeleitpaste, eine Wärmeleitmatte oder ein Wärmeleitpad, hinsichtlich einer Wärmeübertragung verbessert werden.

[0148] Vorteilhafterweise kann die elektrische Beheizung, insbesondere mittels einer Heizmatte oder einer Heizpatrone, möglichst schlüssig und mit einer großen Kontaktfläche erfolgen, um die Effizienz des wärmeübertragenden Systems zu steigern.

Patentansprüche

1. Wärmepumpe (100), insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpe,

mit einer Tropfschale (118) zum Auffangen, Sammeln und/oder Ableiten von Kondenswasser (40),

dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmepumpe (100) zumindest eine Pulsating Heat Pipe (200, 200a) zum Beheizen der Tropfschale (118) umfasst, wobei die zumindest eine Pulsating Heat Pipe (200, 200a) die Tropfschale (118) mit zumindest einer Wärmequelle (120, 120a, 120b) verbindet.

2. Wärmepumpe (100) nach Anspruch 1, wobei die zumindest eine Wärmequelle (120) ausgewählt ist aus einer Gruppe von Komponenten der Wärmepumpe (100), umfassend einen Verdampfer (102), einen Verdichter (104), einen Verflüssiger (106), einen Zwischenwärmeübertrager, eine

Steuerelektronik, eine Leistungselektronik, einen Inverter (128), ein Rohrleitungselement (110) eines Kältemittelkreises, ein Rohrleitungselement einer Anschlussvorrichtung (116) zum Verbinden der Wärmepumpe (100) mit einem externen Verbraucher.

3. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine Wärmequelle (120a) ein elektrisches Heizelement (300) ist.

4. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wärmepumpe (100) ein weiteres elektrisches Heizelement (302) umfasst, wobei das weitere elektrische Heizelement (302) an der Tropfschale (118) angeordnet ist und dazu vorgesehen ist, die Tropfschale (118), insbesondere direkt, zu beheizen.

5. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Pulsating Heat Pipe (200, 200a) zumindest einen ersten Wärmeübertragerabschnitt (206) zum wärmeleitenden Verbinden mit der Wärmequelle (120, 120a, 120b) aufweist und/oder einen zweiten Wärmeübertragerabschnitt (208) zum wärmeleitenden Verbinden mit der Tropfschale (118) aufweist.

6. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Tropfschale (118) als ein Wärmeübertragerabschnitt (208) der Pulsating Heat Pipe (200, 200a) ausgebildet ist.

7. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Tropfschale (118) zumindest eine Begrenzungswand (124) aufweist, wobei in oder an der Begrenzungswand (124) ein mäanderförmiger Kanalstrukturabschnitt ausgebildet ist, wobei der Kanalstrukturabschnitt Teil einer Kanalstruktur der Pulsating Heat Pipe (200, 200a) ist und als ein Wärmeübertragerabschnitt (208) der Pulsating Heat Pipe (200, 200a) ausgebildet ist.

8. Wärmepumpe (100) nach Anspruch 7, wobei die Begrenzungswand (124) der Tropfschale (118) zumindest ein, insbesondere extrudiertes, Mehrkanalelement (132) und/oder Mikrokanalelement (132) zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts umfasst.

9. Wärmepumpe (100) nach Anspruch 7, wobei die Begrenzungswand (124) der Tropfschale (118) zumindest eine, insbesondere tiefgezogene, gestanzte oder geprägte, kanalförmige Vertiefung

zur Ausbildung des Kanalstrukturabschnitts aufweist, wobei die Vertiefung durch eine zur Begrenzungswand (124) benachbarte zweite Wand (123) umfänglich verschlossen ist.

5

10. Wärmepumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pulsating Heat Pipe (200, 200a) eine durchströmbare Kanalstruktur und zumindest einen Aktor aufweist und als eine schaltbare Pulsating Heat Pipe (200, 200a) ausgebildet ist, wobei der Aktor dazu ausgebildet ist, eine Durchgängigkeit der Kanalstruktur schaltend zu unterbrechen und/oder zu öffnen. 10
11. Wärmepumpe (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 10,
wobei zumindest einer der Wärmeübertragerabschnitte (206, 208) einen Aktor (210) aufweist und als ein schaltbarer Wärmeübertragerabschnitt ausgebildet ist, wobei der Aktor (210) dazu ausgebildet ist, eine Wärmeleitung zwischen dem zweiten Wärmeübertragerabschnitt (208) und der Tropfschale (118) und/oder zwischen dem ersten Wärmeübertragerabschnitt (206) und der Wärmequelle (120, 120a, 120b) schaltend zu unterbrechen und/oder freizugeben. 15 20 25
12. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30
wobei die Wärmepumpe (100) eine erste Pulsating Heat Pipe (200) und eine zweite Pulsating Heat Pipe (200b) umfasst, wobei die erste Pulsating Heat Pipe (200) die Tropfschale (118) mit einem Wärmeleitelement (400) verbindet, und wobei die zweite Pulsating Heat Pipe (200b) das Wärmeleitelement (400) mit der zumindest einen Wärmequelle (120, 120a) verbindet, wobei an dem Wärmeleitelement (400) ein elektrisches Heizelement (300) als eine weitere Wärmequelle (120b) angeordnet ist. 35 40
13. Wärmepumpe (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 45
wobei die Pulsating Heat Pipe (200, 200a) eine durchströmbare Kanalstruktur aufweist, die mit einem Kältemittel, insbesondere R1233zd(E), R1234ze, R1234yf oder Propan, befüllt oder befüllbar ist. 50 55

50

55

Fig. 1

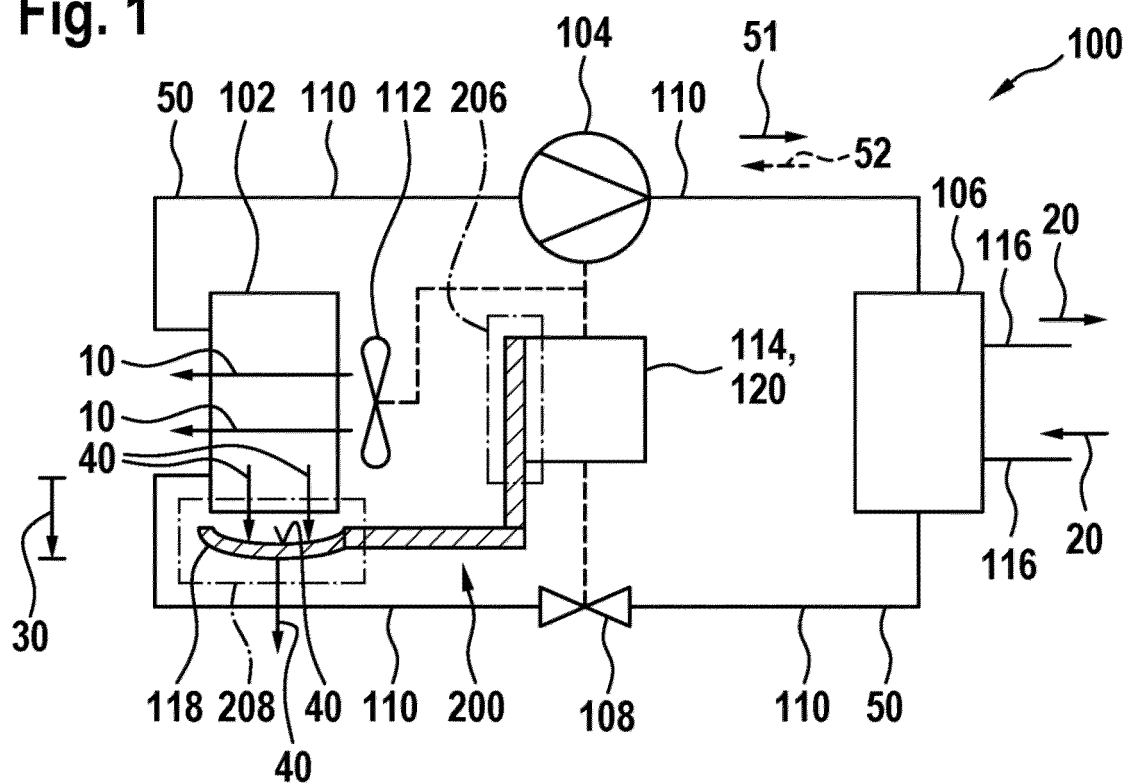


Fig. 2

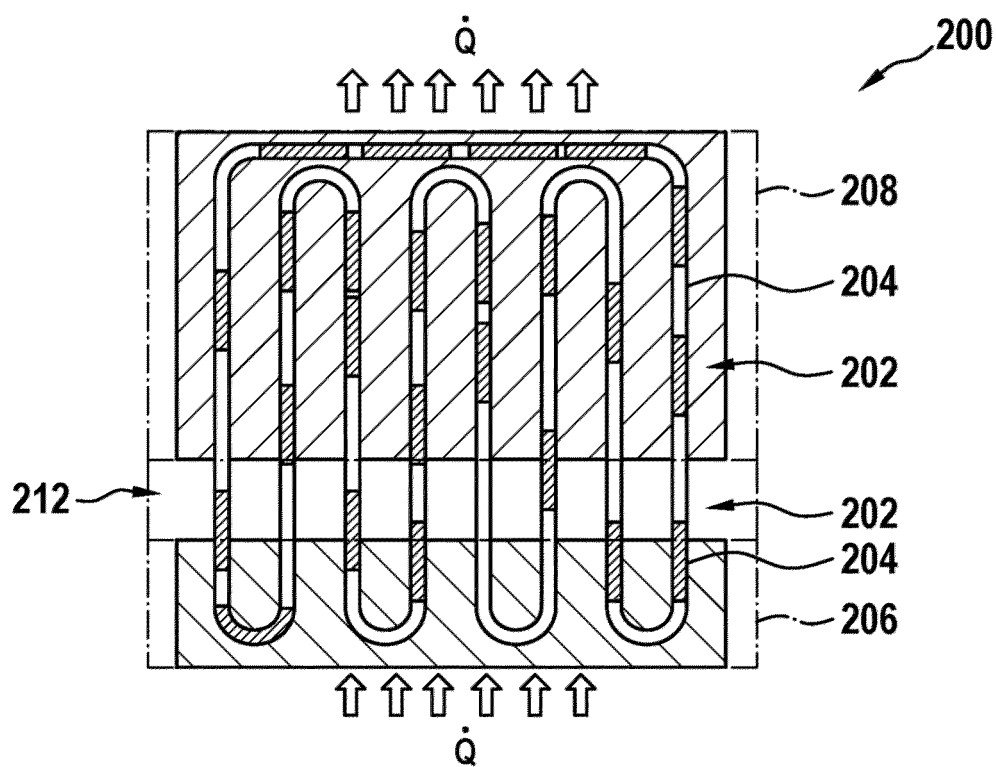


Fig. 3

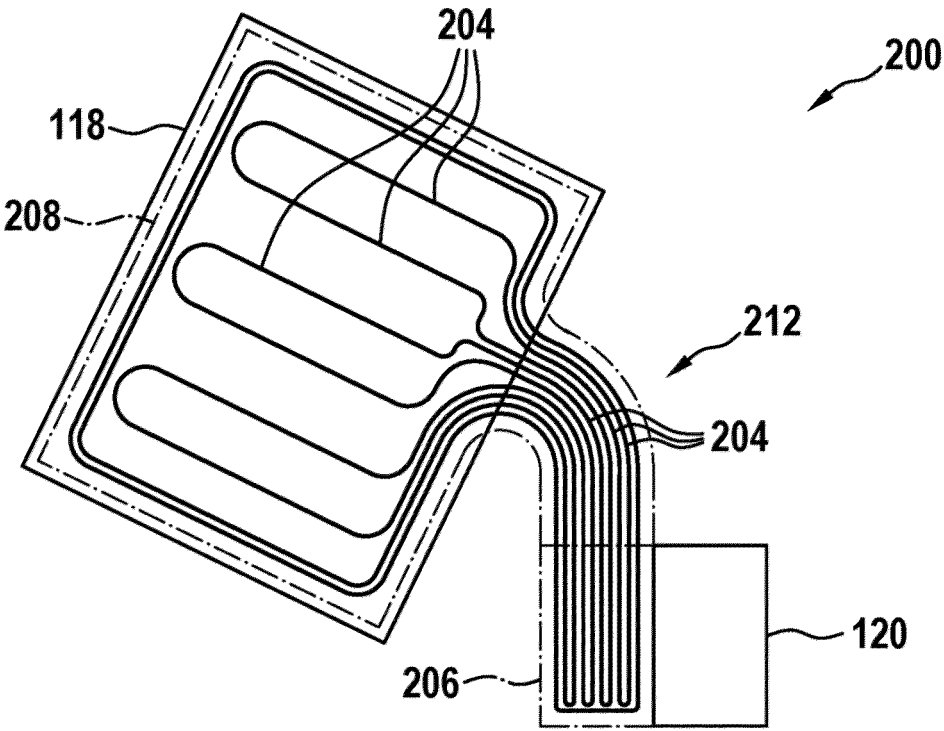


Fig. 4

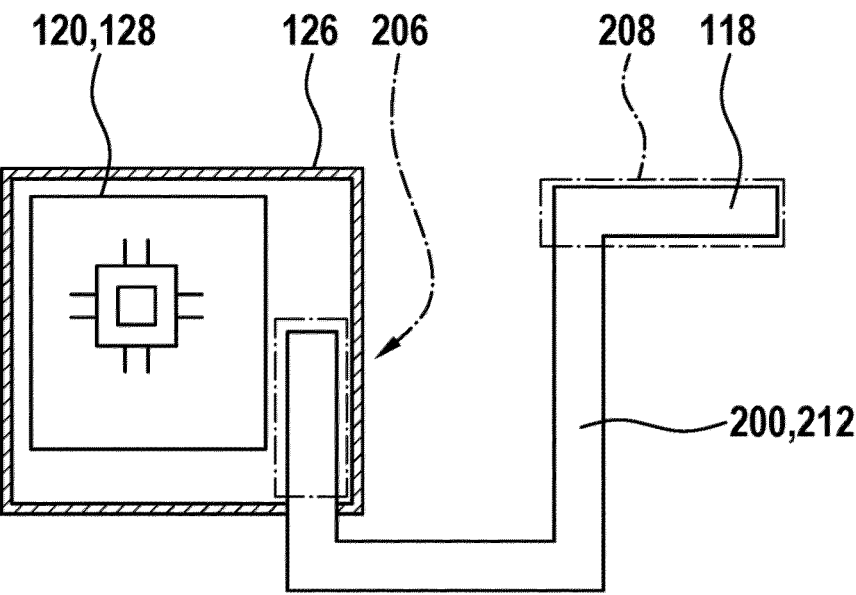


Fig. 5a

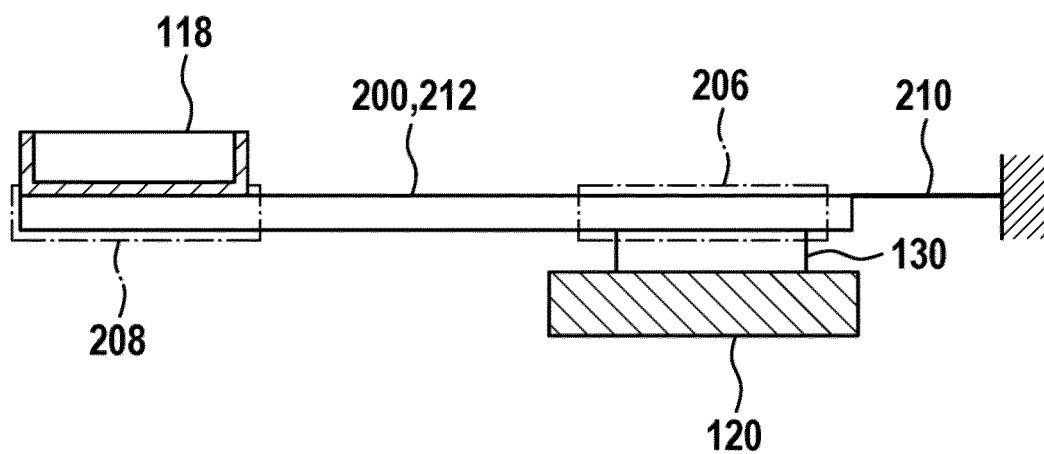


Fig. 5b

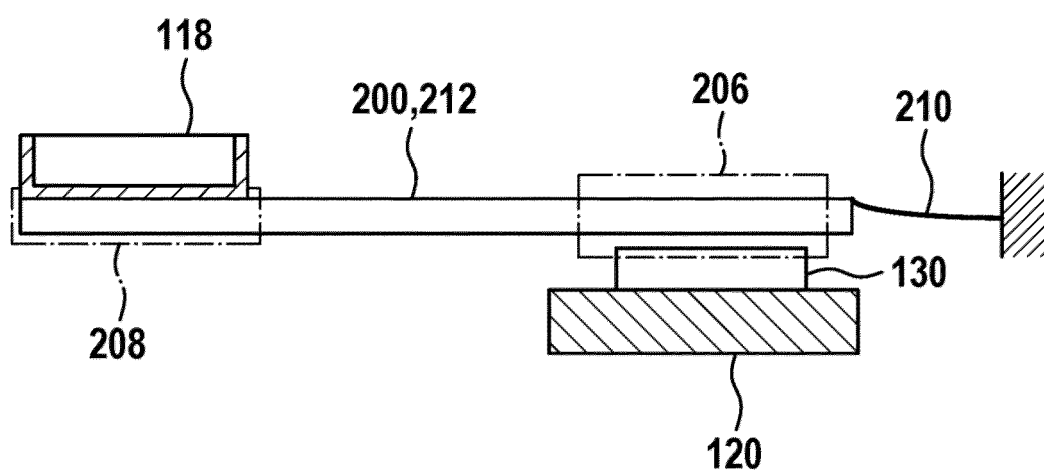


Fig. 6a

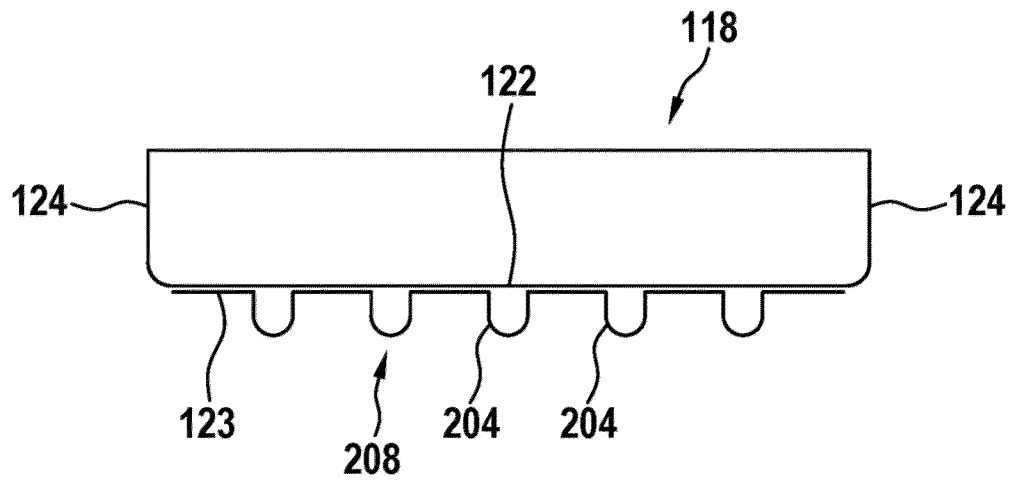


Fig. 6b

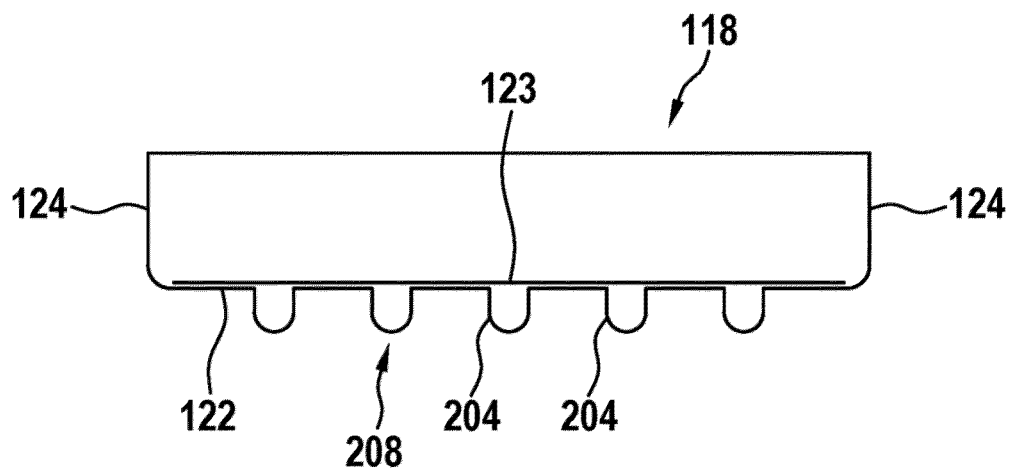


Fig. 7

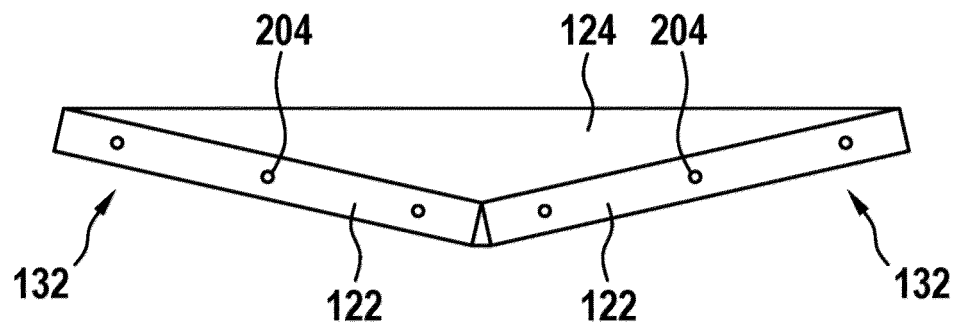


Fig. 8

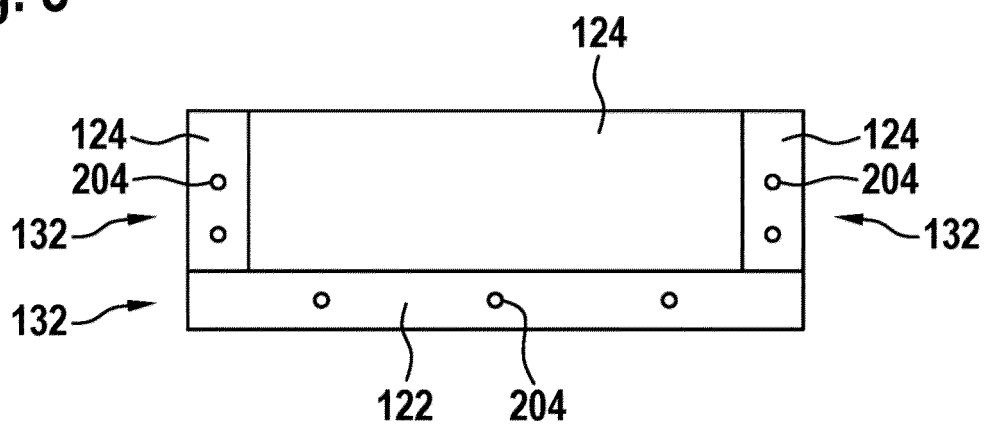


Fig. 9

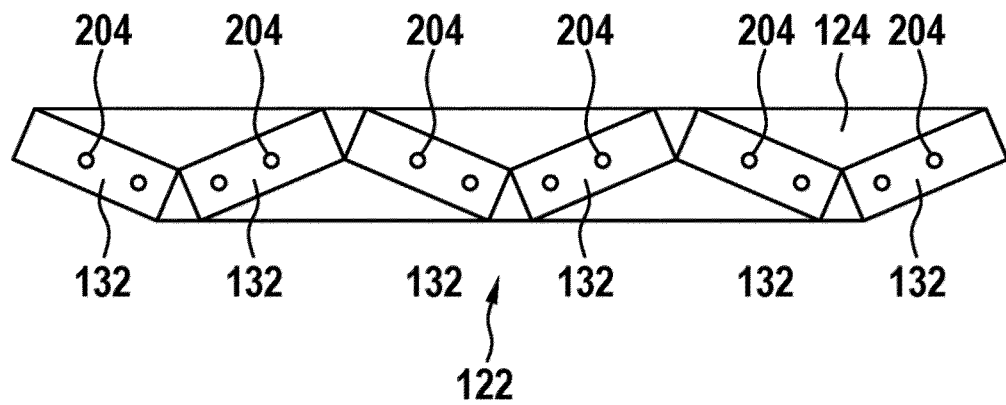


Fig. 10a

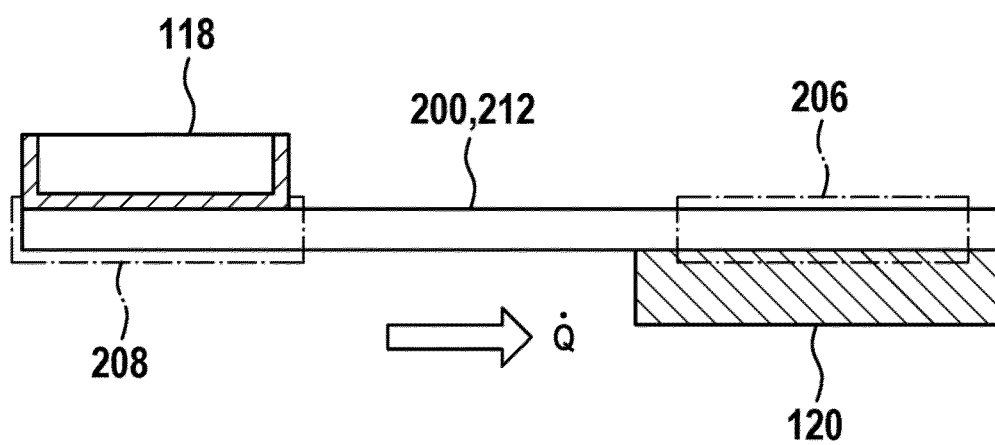


Fig. 10b

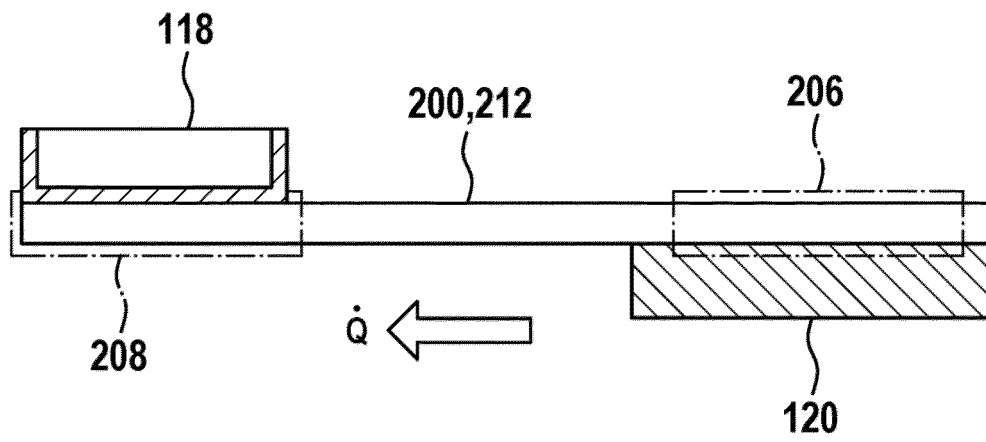


Fig. 11

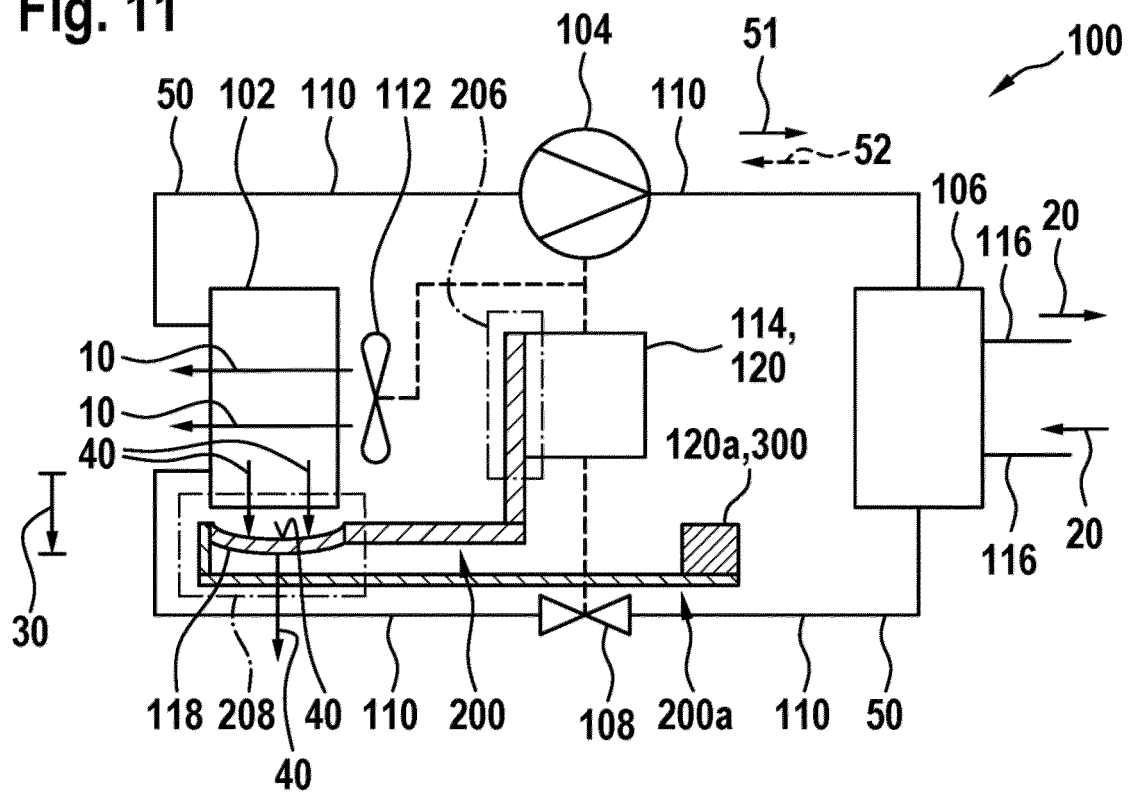


Fig. 12

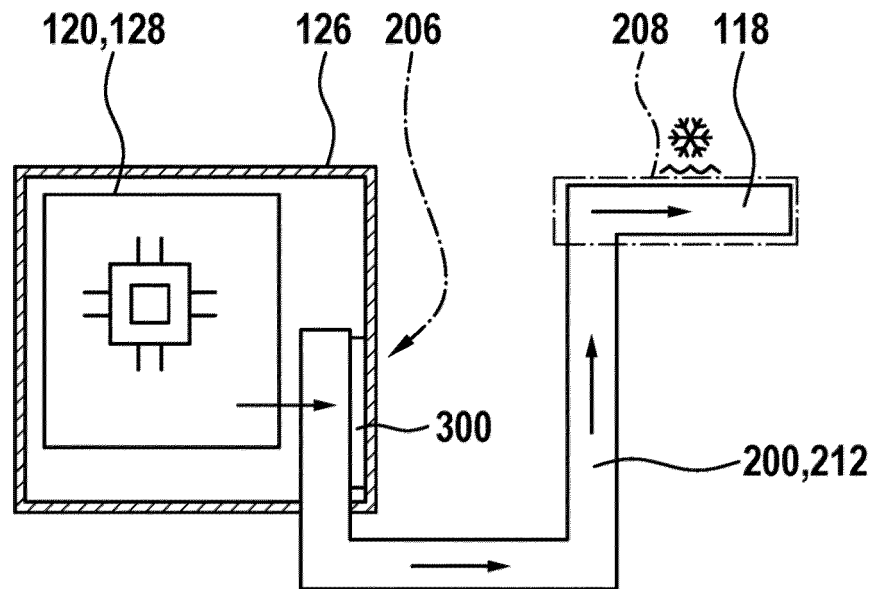


Fig. 13

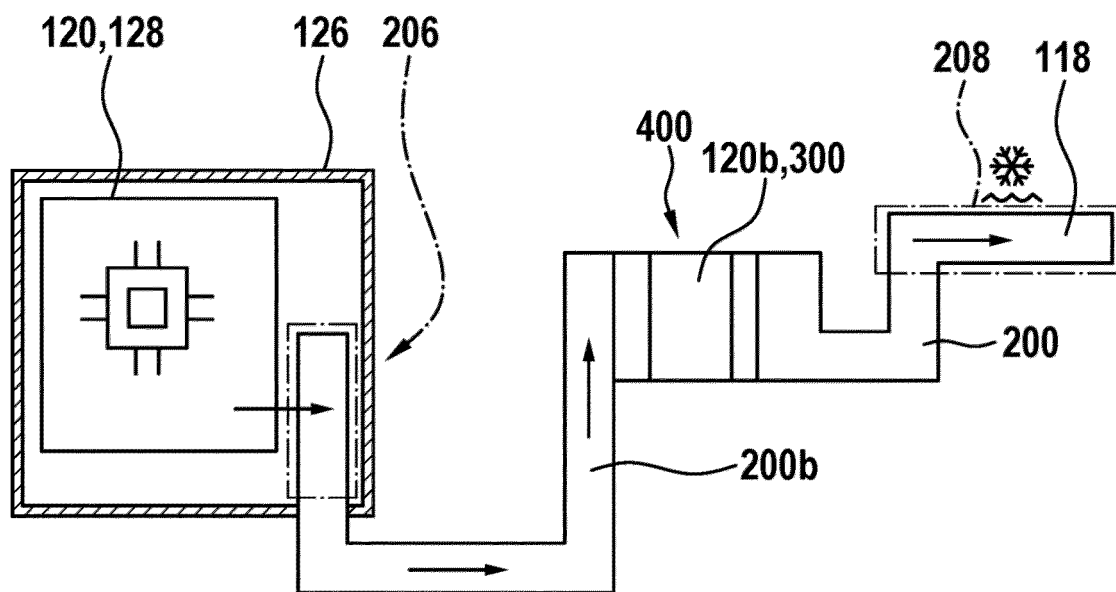


Fig. 14

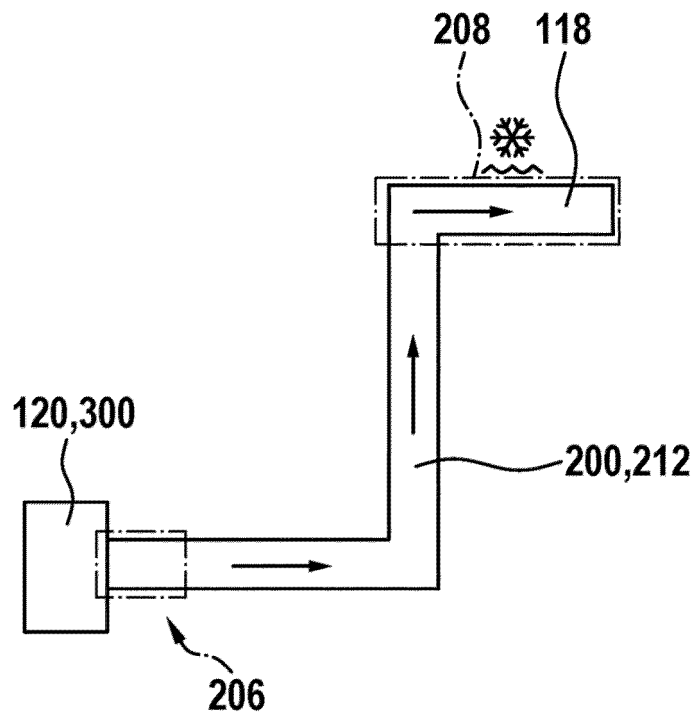


Fig. 15

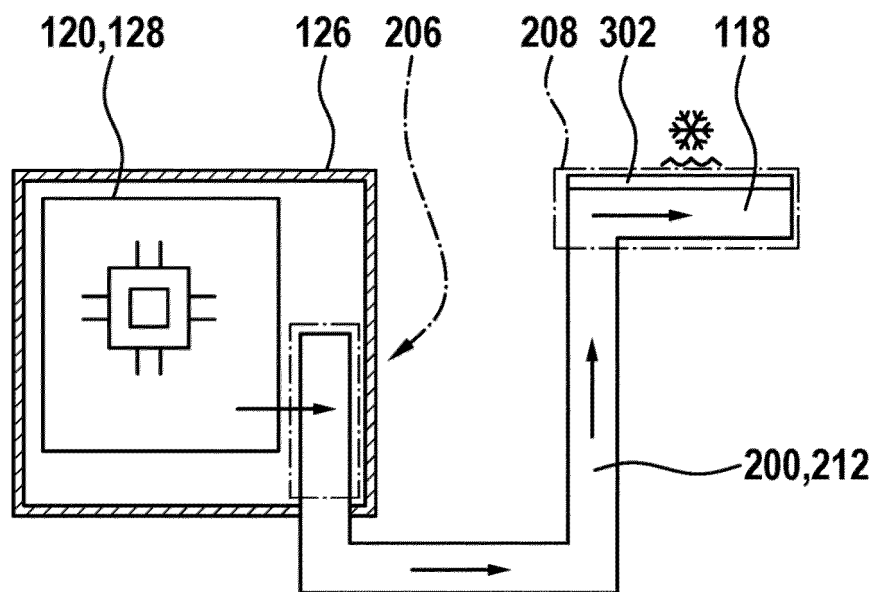


Fig. 16a

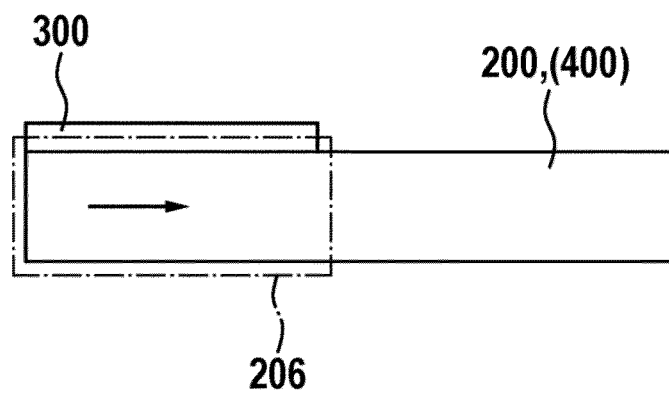


Fig. 16b

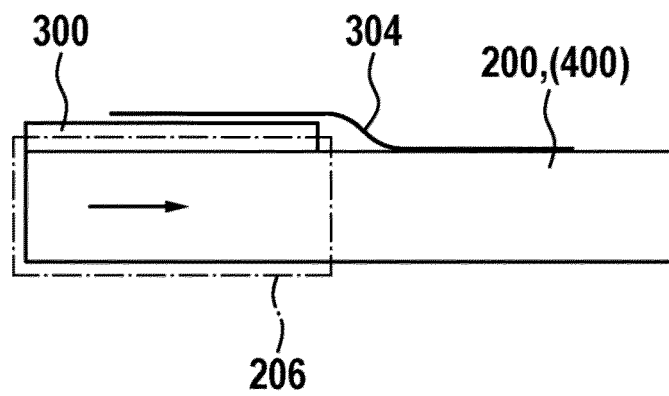
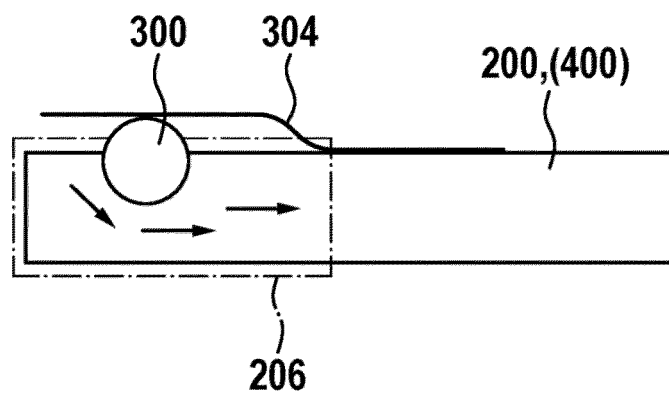


Fig. 16c





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 19 3111

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2020 127554 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 21. April 2022 (2022-04-21)	1,5-9, 12,13	INV. F24D19/00
Y	* Abbildungen 1-2 *	1-4	F24D19/08
A	-----	10,11	F24F13/22
Y	HAN XIAOHONG ET AL: "Review of the development of pulsating heat pipe for heat dissipation", RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS, Bd. 59, 22. Januar 2016 (2016-01-22), Seiten 692-709, XP029429611, ISSN: 1364-0321, DOI: 10.1016/J.RSER.2015.12.350 * Seite 693, Spalte 1 *	1	F24H4/00 F24H8/00 F24H9/16 F24H9/17 F24H15/136 F25D21/14 F24H4/02 F25B47/00 F28D15/02
Y	JP 2019 100631 A (SHARP KK) 24. Juni 2019 (2019-06-24) * Absätze [0037] - [0039]; Abbildungen 3a-c *	2,3	
Y	JP 2000 346532 A (SANYO ELECTRIC CO) 15. Dezember 2000 (2000-12-15) * Absätze [0001] - [0004], [0022] - [0030]; Abbildungen 1-5 *	4	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	CN 110 057 123 A (UNIV BEIJING CIVIL ENG & ARCHITECTURE) 26. Juli 2019 (2019-07-26) * das ganze Dokument *	1-13	F24D F25D F24F F24H
A	WO 2009/147803 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]; CHIKAMI HIDEO [JP] ET AL.) 10. Dezember 2009 (2009-12-10) * das ganze Dokument *	1-13	
Y	US 4 921 041 A (AKACHI HISATERU [JP]) 1. Mai 1990 (1990-05-01) * das ganze Dokument *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 19. November 2024	Prüfer García Moncayo, O
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 24 19 3111

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-11-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102020127554 A1	21-04-2022	KEINE	
15	JP 2019100631 A	24-06-2019	KEINE	
	JP 2000346532 A	15-12-2000	KEINE	
20	CN 110057123 A	26-07-2019	KEINE	
	WO 2009147803 A1	10-12-2009	JP 4661908 B2	30-03-2011
			JP 2009293818 A	17-12-2009
			WO 2009147803 A1	10-12-2009
25	US 4921041 A	01-05-1990	DE 3821252 A1	05-01-1989
			GB 2226125 A	20-06-1990
			JP H063354 B2	12-01-1994
			JP S63318493 A	27-12-1988
30			US 4921041 A	01-05-1990
35				
40				
45				
50				
55				

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82