



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.01.2024 Patentblatt 2024/04**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F28D 15/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **22186136.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F28D 15/0241; F28D 15/0266; F28D 2021/0028**

(22) Anmeldetag: **21.07.2022**

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Schwarz, Florian**  
**90766 Fürth (DE)**  
• **Stegmeier, Stefan**  
**81825 München (DE)**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

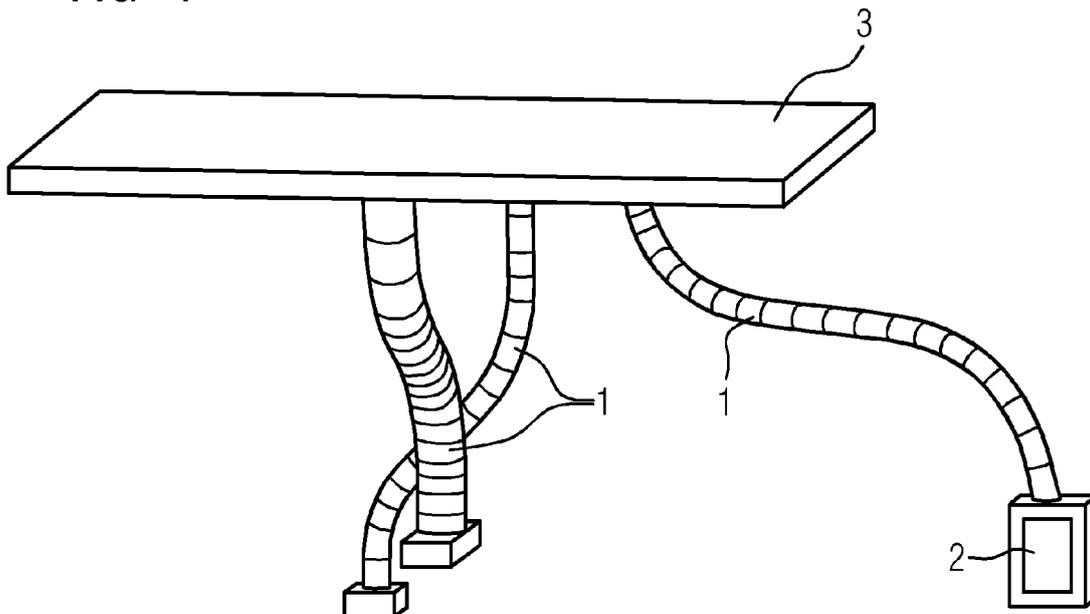
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**  
**Postfach 22 16 34**  
**80506 München (DE)**

(54) **INTEGRIERBARE PASSIVE ENTWÄRMUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Entwärmung mit wenigstens einer additiv gefertigten Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung sowie ein Herstellungsverfahren für eine derartige Vorrichtung.

Die Vorrichtung zur Entwärmung umfasst wenigstens eine additiv gefertigte dreidimensionale Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung, welche aus elektrisch isolierendem Material gebildet ist.

**FIG 4**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Entwärmung mit wenigstens einer additiv gefertigten Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung sowie ein Herstellungsverfahren für eine derartige Vorrichtung.

**[0002]** Im hochaktuellen Entwicklungsfeld von elektrischen Anlagen wie beispielsweise Elektromotoren, Generatoren, Batteriezellen, aber auch Schaltschränken oder in Rechenzentren entstehen mehrere Hotspots an unterschiedlichen Stellen. Häufig sind diese aufgrund eines kompakten Aufbaus zur Platzeinsparung nur schwer erreichbar. Die Hotspots müssen zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs aber effektiv entwärmt werden. Einfache metallische Kühlkörper oder Lüfterkühlungen sind dafür ungeeignet. Es wird an der Abführung von Wärme durch kleinere Kanäle gearbeitet, welche hohe Anforderungen an die Herstellung derartiger Entwärmungsvorrichtungen stellen.

**[0003]** Zum hocheffektiven Entwärmen werden bevorzugt Kupferrohre und Heatpipes eingesetzt. Heatpipes können als pulsierende Heatpipes ausgestaltet werden, in welchen Gas- und Flüssigphasen abwechselnd vorliegen und durch mehrere Windungen die Wärme abtransportieren. Derartige Entwärmungsvorrichtungen aus Kupferrohren und Heatpipes sind für die Abführung der Wärmemengen aus den beschriebenen kompakten Anlagen jedoch aus baulichen beziehungsweise konstruktiven Gründen nicht geeignet. Sie müssen aufgrund der schwierigen Erreichbarkeit um andere Bauelemente herumgeführt werden. Kupferrohre können aber nicht einfach mehrfach verbogen werden. Dadurch entstehen materielle Schwachstellen, die die Langlebigkeit herabsetzen. Auch innerhalb des Rohres kann es an zu engen Windungen, bei Verbiegen der Kupferrohre zu Engpässen für die Kühlflüssigkeit kommen, was wiederum die Entwärmung ineffizient macht.

**[0004]** In Bereichen wie beispielsweise Elektromobilität aber auch bei Umrichtern werden zur effizienten Entwärmung gleich mehrere Kühlkreisläufe oder Wärmetauschersysteme verbaut. Der beschränkte Bauraum stellt jedoch auch hier eine Herausforderung dar, sodass Einschränkungen hinsichtlich der Auslegung getroffen werden müssen. State-of-the-Art-Lösungen auf limitierten Bauraum lassen nur ein gewisses Maß an Entwärmung zu.

**[0005]** Ausgehend vom zuvor beschriebenen Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Entwärmungsvorrichtung für schwer erreichbare zu entwärmende Stellen in kompakten Aufbauten anzugeben.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Patentanspruch 13 gibt ein Herstellungsverfahren für eine erfindungsgemäße Vorrichtung an.

**[0007]** Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung, die einzeln oder in Kombination miteinander einsetzbar sind, sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0008]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Entwärmung umfasst wenigstens eine additiv gefertigte dreidimensionale Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung, welche aus elektrisch isolierendem Material gebildet ist.

5 **[0009]** Eine derartige Vorrichtung hat zunächst den Vorteil, dass es eine passive Kühlvorrichtung ist. Dies hat u. a. den Vorteil im Gegensatz zu aktiven Kühlvorrichtungen wie beispielsweise Lüftern oder gepumpten Kühlwasserkreisläufen, dass nach Montage der Vorrichtung zur Entwärmung kein aktives Betreiben der Vorrichtung notwendig ist.

10 **[0010]** Das elektrisch isolierende Material hat u. a. den Vorteil, dass es die Vorrichtung gegenüber anderen Bauteilen elektrisch isoliert, insbesondere bei Anwendung in elektrisch sensiblen Bereichen wie Schaltschränken. Des Weiteren ist die Vorrichtung auch unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Wechselfeldern.

15 **[0011]** Die erfindungsgemäße Entwärmungsvorrichtung liegt besonders vorteilhaft integriert vor, d. h. sie kann, bei Bedarf, auch direkt baulich mit dem zu kühlenden Bauteil verbunden vorliegen.

20 **[0012]** Die additiv gefertigte dreidimensionale Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung hat den besonderen Vorteil, speziell auf Bauformen der zu kühlenden Bauteile bzw. auf Bauformen der Gesamtanlage, in der die zu kühlenden Stellen sind, angepasst werden zu können. Durch die additive Fertigung fällt beispielweise ein Biegeschritt eines Kühlflüssigkeit führenden Rohrs weg, was die beschriebenen Nachteile einer Rohrverbiegung überwindet. Der dreidimensionale Aufbau hat im Gegensatz zu 25 zweidimensionalen, planaren Kühlvorrichtungen den Vorteil erhöhter Stabilität. Die dreidimensionale Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung kann ähnlich einem Krakenarm an schwer zugängliche Orte gelangen.

30 **[0013]** Die additive Fertigung erlaubt generell eine sehr individuelle Gestaltung der Vorrichtung. Es können auch mehrere Zwei-Phasen-Kühlvorrichtungen in Form von dreidimensionalen Armen ausgebildet sein, die Hotspots an ganz unterschiedlichen Stellen erreichen. Die Vorrichtung kann ideal an die gesamte Anlage angepasst sein.

35 **[0014]** Unter nicht elektrisch leitfähigen Materialien sind Isolatoren wie Keramiken, Kunststoffe, Polymere aber auch natürlich vorkommende organische Materialien wie beispielsweise Gummi zu verstehen.

40 **[0015]** Unter Zwei-Phasen-Kühlung oder Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung sind alle Kühlverfahren und Kühlvorrichtungen zu verstehen, die auf dem Funktionsprinzip beruhen, dass ein Arbeitsmedium, d. h. ein Kältemittel an der zu entwärmenden Stelle verdampft und nach Abführen dieser Wärme an eine andere Stelle geführt wird und dort wieder siedet. Diese Art der Wärmeübertragung nutzt die Verdampfungsenthalpie des Arbeitsmediums, um eine hohe Wärmestromdichte zu gewährleisten. Bei- 45 spiele für derartige Zwei-Phasen-Kühlvorrichtungen sind Heatpipes, Thermosiphons oder Wärmerohre, deren grundsätzliche Funktionsweise bekannt ist. Es kommen auch die aus dem Stand der Technik bekannten Arbeits-

mittel in Frage.

**[0016]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Kühlvorrichtung insbesondere eine Heatpipe. Besonders bevorzugt ist die Ausführungsform der Vorrichtung mit einer pulsierenden Heatpipe. In der Literatur werden die Bezeichnungen pulsierende Heatpipe als auch oszillierende Heatpipe verwendet. Alternativ wäre auch eine Ausführung als Thermosiphon möglich.

**[0017]** Eine Heatpipe ist ein Wärmeübertrager, der unter Nutzung der Verdampfungsenthalpie eines Fluids eine hohe Wärmestromdichte erlaubt. Auf diese Weise können große Wärmemengen auf kleine Querschnittsfläche übertragen werden. Dazu umfasst eine Heatpipe zumindest einen Dampfkanal und einen Kondensatkanal, welcher kondensiertes Fluid zurück zum Verdampfer führt, das sogenannte Dochtprinzip. Der Prozess ist dadurch lageunabhängig. Der Flüssigkeitsstrom erfolgt also durch Kapillare und kann mittels poröser Strukturen innerhalb der Kanäle noch maßgeblich verbessert werden.

**[0018]** Bei der pulsierenden Heatpipe erfolgt der Rückfluss des Fluids nicht über das Dochtprinzip, sondern sie umfasst mehrere Windungen an dünnen Kanälen, die nur partiell mit Flüssigkeit befüllt sind. Dadurch liegen Arbeitsmittel im Kanal abwechselnd flüssig und gasförmig vor. An der zu entwärmenden Stelle werden die Dampfsegmente ausgedehnt, auf der Kondensatorseite die Flüssigkeitssegmente. Die grundsätzliche Funktionsweise von Heatpipes sowie pulsierenden Heatpipes ist bekannt. Bisher sind nur planar ausgeführte pulsierende Heatpipes bekannt, bei welchen die mehreren Windungen in einer Ebene liegen.

**[0019]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung Thermoplaste oder Duroplaste. Diese Materialien können für additive Herstellungsverfahren besonders gut eingesetzt werden. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind in den Thermoplasten oder Duroplasten zusätzlich Sand, Kohlenstofffasern und/oder Glasfasern umfasst. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass die Festigkeit als auch die Temperaturbeständigkeit der Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung erhöht wird. Die aufgeführten Materialien sind auch von besonderem Vorteil für die dreidimensionale Ausführung der Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung. Die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung greift als formstabiler Krakenarm auf das zu entwärmende Bauteil zu und ist auch an dessen bauliche Umgebung angepasst.

**[0020]** Thermoplaste werden bevorzugt beim Fused Deposition Modeling (FDM) oder beim selektiven Lasersintern (SLS) verarbeitet, Duroplaste bevorzugt mittels Stereolithografie (SLA) oder bei der digitalen Lichtverarbeitungs-Technologie (DLP).

**[0021]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die Vorrichtung, insbesondere die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung ein Polymer, insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS), Polycaprolactam (Polyamid 6, kurz PA6), Poly-

etherimide (PEI) oder ein palladiumdotiertes Flüssigkristallpolymer (LCP).

**[0022]** In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung eine Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung auf mit einer Vielzahl an Kanälen. Bei den Kanälen kann es sich um einzelne Heatpipes handeln oder auch um eine Vielzahl von Windungen einer pulsierenden Heatpipe. Bevorzugte Anzahlen liegen bei 3 bis 20 Kanälen. Die Kanäle sind nicht planar, sondern so angeordnet, dass die Dreidimensionalität der Kühlvorrichtung entsteht, der sogenannte Krakenarm. Der Querschnitt durch diesen Arm, also durch die Zwei-Phasen-Kühlung, kann auch in seiner Form und Größe variieren und auf den vorhandenen Platz und die Anwendung angepasst sein. Die einzelnen Kanäle weisen bevorzugt Durchmesser zwischen 1 mm und 2 mm auf. Insbesondere weisen die Kanäle eine poröse Füllung auf.

**[0023]** In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist die Vorrichtung zur Entwärmung, insbesondere die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung, mit einer Schutzschicht überzogen. Die Schutzschicht kann hermetisch dicht sein. Die Schutzschicht ist dabei insbesondere so ausgeführt, dass sie gegen Eindiffusion von Sauerstoff in den Kühlkanal oder die Kühlkanäle wirkt. Die Schutzschicht kann sehr dünn sein, sollte aber für ihren Zweck eine Schichtdicke größer als  $0,5 \mu\text{m}$  aufweisen. Als Materialien für die Schutzschicht kommen Materialien in Frage, die gegen Eindiffusion von Sauerstoff wirksam sind. Eine spezielle Ausführungsform könnte auch eine metallische Schutzschicht aufweisen.

**[0024]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung ist wenigstens eine Wärmeeintragsfläche und/oder wenigstens eine Wärmeabführungsfläche umfasst, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Unter hohe Wärmeleitfähigkeit ist eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als  $100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , bevorzugt mehr als  $200 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , insbesondere mehr als  $300 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  oder besonders bevorzugt von mehr als  $400 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  zu verstehen. Die Wärmeeintragsfläche sowie die Wärmeabführungsfläche dient zum Wärmeeintrag der zu entwärmenden Stelle in die Vorrichtung bzw. zur Wärmeabführung an die Umgebung oder eine weitere Kühlvorrichtung aus der Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung. Die Wärmeeintragsfläche oder Wärmeabführungsfläche kann insbesondere als Kontaktfläche zum entwärmenden Bauteil oder zur Umgebung dienen.

**[0025]** Die Wärmeeintragsfläche und/oder Wärmeabführungsfläche kann Metall oder Kunststoff umfassen, die Flächen weisen zweckdienlicherweise eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf. Auch eine Gestaltung der Ein- und Austragsfläche aus einem Polymerkomposit oder ein Polymerkomposit umfassend kann von besonderem Vorteil sein, da dieses im selben Fertigungsschritt mit der Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung additiv gefertigt werden kann. Alternativ können die Wärmeeintrags- und Wärmeabführungsflächen ein Inlay umfassen, insbesondere ein Inlay aus Metall und/oder einer Keramik, welche

es in den Aufbau der Zweiphasen-Kühlvorrichtung eingepresst ist, eingeklebt ist oder mit dem Aufbau verschweißt ist.

**[0026]** Die Vorrichtung zur Entwärmung kann mehrere Zwei-Phasen-Kühlvorrichtungen umfassen, welche vom Entwärmungsprinzip her zwar gleich aufgebaut sind, aber formtechnisch unterschiedlich sind, nämlich an den jeweiligen zu entwärmenden Hotspot und dessen Umgebung angepasst: Beispielsweise umfasst eine Ausführungsform der Vorrichtung wenigstens zwei Wärmeeintragsflächen, welche über jeweils eine Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung an einer gemeinsame Wärmeabführungsfläche thermisch angebunden sind. Alternativ umfasst eine beispielhafte Ausführungsform der Vorrichtung zwei Wärmeabführungsflächen, welche über jeweils eine Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung an eine gemeinsame Wärmeeintragsfläche thermisch angebunden sind.

**[0027]** Insbesondere kann eine Vorrichtung zur Entwärmung derart ausgestaltet sein, dass sie eine Vielzahl an Zwei-Phasen-Kühlvorrichtungen in Krakenarmform aufweist, welche eine komplexe baulich dichte Apparatur bis zu den jeweiligen Hotspots durchdringen. Mehrere Wärmeabführungsflächen sind von Vorteil für einen effizienten Wärmeabtransport.

**[0028]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zur Entwärmung gemäß der Erfindung umfasst ein additives Fertigungsverfahren für die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung.

**[0029]** Insbesondere wird die additiv gefertigte Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung nachfolgend mit einer Schutzschicht beschichtet. Die Schutzschicht wird insbesondere mittels eines der Verfahren Galvanische Metallisierung, Sputterdeposition, chemische Gasphasenabscheidung oder thermisches Spritzen hergestellt.

**[0030]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei den Verfahren sowohl eine Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung als auch eine Wärmeeintragsfläche und/oder Wärmeabführungsfläche mittels additiver Fertigung im selben Fertigungsschritt hergestellt. Dies erhöht die Effizienz des Fertigungsverfahrens.

**[0031]** Beispielsweise kann in dem Herstellungsverfahren ein additives Fertigungsverfahren der folgenden Beispiele eingesetzt werden: Materialextrusion, Stereolithographie, Selective Laser Sintering, Binder Jetting, Folienlaminierung oder direkte Laserabscheidung.

**[0032]** Je nach herzustellender Geometrie können die Verfahren auch mit anderen Verfahren z. B. Verkleben, Verschweißen oder Oberflächenbehandlungsverfahren kombiniert werden.

**[0033]** Die zu druckenden Materialien sind üblicherweise Thermoplasten, wie beim Fused Deposition Modeling (FDM) oder beim selektiven Lasersintern (SLS) oder Duroplasten, wie bei der Stereolithografie (SLA) oder bei der digitalen Lichtverarbeitungs-Technologie (DLP). Es können auch andere Stoffe zur Erhöhung der Festigkeit oder Temperaturbeständigkeit wie Sand, Kohlenstofffasern oder Glasfasern miteingefügt werden. Ei-

ne nachträgliche Beschichtung mit einer Schutzschicht größer als 0,5  $\mu\text{m}$  kann zur Herstellung von Vakuumdichtigkeit des Systems genutzt werden.

**[0034]** Zur Abscheidung der Schutzschicht bieten sich verschiedene Verfahren an. Ein chemisches Verfahren, was auf Polymeren wie Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS), Polycaprolactam (Polyamid 6, kurz PA6), Polyetherimide (PEI), palladiumdotierten Flüssigkristallpolymeren (LCP) eingesetzt werden kann, ist eine galvanische Metallisierung auf aufgerauter Oberfläche. Die Aufrauung kann z. B. mittels Chromschwefelsäurebeize erfolgen. Alternative Verfahren, welche auch für keramische Schutzschichten geeignet sind, sind beispielsweise die Sputterdeposition, die chemische Gasphasenabscheidung oder das thermische Spritzen.

**[0035]** Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren 1 bis 13. Darin zeigen schematisch:

- Figur 1: eine Batteriekühlung mit Heatpipes 1,
- Figur 2: einen Motor 22 mit gebogenen Heatpipes 1,
- Figur 3: eine pulsierende Heatpipe schematisch,
- Figur 4: mehrere Hotspots werden gekühlt und zentral abgeführt 3,
- Figur 5: eine Wärmeabführfläche 3 mit Inlay,
- Figur 6: mehreren individuell gestalteten Wärmeeintragsflächen 2,
- Figur 7: eine Ausführung, bei der die Wärme jedes Hotspots einzeln abgeführt wird,
- Figur 8: eine Schnittansicht der Kanalführung 10 innerhalb der Kunststoffrohre 1 längs,
- Figur 9: eine Schnittansicht der Kanalführung 10 innerhalb der Kunststoffrohre 1 mit poröser Kanalfüllung 12 längs,
- Figur 10: eine Schnittansicht der Kanalführung 10 quer,
- Figur 11: eine Schnittansicht der Kanalführung 10 quer mit anderer Querschnittsform,
- Figur 12: eine Schnittansicht der Kanalführung 10 innerhalb der Kunststoffrohre 1 quer mit dreieckiger Querschnittsform des Rohrs 1 und
- Figur 13: eine Schnittansicht der Kanalführung 10 quer mit individuell angepasster Querschnittsform an einen baulich freien Zugangsbereich für maximalen Wärmeabtransport.

**[0036]** In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche oder gleich wirkende Elemente jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind grundsätzlich nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis im Verhältnis größer dimensioniert dargestellt sein.

**[0037]** Die Figuren 1 und 2 zeigen jeweils ein Anwendungsbeispiel für eine Ausführungsform der erfindungs-

gemäßen Kühlvorrichtung. In der Figur 1 ist schematisch ein Block mit Batteriezellen 21 gezeigt, welcher über thermische Verbindungselemente an eine große gemeinsame Wärmeeintragsfläche 2 angekoppelt ist. Von dieser Wärmeeintragsfläche 2 führen mehrere Heatpipes 1 zu einer Wärmeabführfläche 3. Diese ist bevorzugt an einen Kühlkörper angeschlossen. Beispielsweise ist dies ein Luftkühlkörper mit Kühlrippen. Die Wärmeabführung kann alternativ über eine Wasserkühlung erfolgen. Die Wärmeeintragsfläche 2 sowie die Wärmeabführfläche 3 weisen bevorzugt Metall-Inlays für die Erhöhung des Wärmeeintrags und Wärmeaustrags auf.

**[0038]** Figur 2 zeigt eine alternative Anwendung, einen Elektromotor 22. Dieser weist verschiedene gebogene Heatpipes 1 auf, die am Motorgehäuse außen entlanglaufen, wobei sie an unterschiedlichen Stellen thermisch an den Motor 22 angekoppelt sind, bevorzugt über (nicht explizit dargestellte) Wärmeeintragsflächen 2.

**[0039]** In Figur 3 ist noch das grundlegende Funktionsprinzip der pulsierenden Heatpipe 1 skizziert, deren Kühlkanal 10 in mehreren Windungen, insbesondere ein geschlossenes Kühlsystem bildet. Der Heatpipe-Kanal 10 kann beispielsweise mit porösem Material 12 gefüllt sein. Der Wärmeabtransport Q erfolgt von der Heißeite h zur Kaltseite c hin. Während im Stand der Technik nur planare pulsierende Heatpipes bekannt sind, wird in der vorliegenden Erfindung eine dreidimensionale pulsierende Heatpipe 1 angegeben, deren Kanäle 10 nicht in einer Ebene, sondern in einem Bündel angeordnet sind. Dieses Bündel kann unterschiedliche Querschnittsformen aufweisen, welche in den Figuren 10 bis 13 gezeigt sind. In den Figuren 8 und 9 sind Längsschnitte durch das Bündel gezeigt, welche aber keine planare Ausführung der pulsierenden Heatpipe nahelegen sollen.

**[0040]** Die Figur 4 zeigt zunächst eine große planare Wärmeabführungsfläche 3, welche einen Kühlkörper aufweisen kann, welcher z. B. über Wasser, oder Metall-Inlays Wärme Q abführt. Alternativ ist die Ankopplung an einen Luftkühlkörper mit Kühlrippen möglich. Von dieser gemeinsamen großen Ausführungsfläche 3 führen mehrere Zwei-Phasen-Kühlvorrichtungen 1 ab: Die drei gezeigten Zwei-Phasen-Kühlvorrichtungen 1 weisen beispielsweise unterschiedliche Durchmesser und entsprechend unterschiedliche viele Kühlkanäle 10 auf. Dies kann eine Anpassung an eine Bauform und/oder an die Menge der abzuführenden Wärme Q sein. Alle Kühlvorrichtungsarme 1 enden jeweils in eine Wärmeeintragsfläche 2, die für eine möglichst effiziente Wärmeeinbindung an das jeweils zu entwärmende Bauteil angepasst sein kann. Beispielsweise kann die eine Wärmeeintragsfläche 2 sehr klein und kompakt ausgeführt sein, während für einen anderen zu entwärmenden Hotspot eine größere Kontaktfläche 2 zur Verfügung steht.

**[0041]** Die Figur 5 zeigt ein vergleichbares Bild einer gemeinsamen Wärmeabführungsfläche 3 mit unterschiedlichen Kühlvorrichtungsarmen 1 zu drei unterschiedlichen Wärmeeintragsflächen 2. Auf der Wärmeabführungsfläche 3 ist ein metallisches Inlay gezeigt.

Dies kann beispielsweise eine Metallfolie sein. Durch diese Ausführungsformen können mehrere Hotspots an unterschiedlichen Stellen gekühlt werden. Durch die additive Fertigung kann ein Heatpipearm 1 individuell an die Anlage angepasst und in diese integriert werden. Die Wärme Q wird dann zentral an eine Wasser- oder Luftkühlung abgeführt 3.

**[0042]** Figur 6 zeigt noch eine dritte Ansicht der gleichen Ausführungsform, bei der gut ersichtlich ist, wie unterschiedlich die Größe und Formen der Kühlarme 1 sowie der Wärmeeintragsflächen 2 gestaltet sein können.

**[0043]** In Figur 7 ist eine alternative Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Entwärmung von Hotspots gezeigt. Auch hier sind mehrere Kühlarme 1 mit unterschiedlichen Wärmeeintragsflächen 2 gezeigt. Die Kühlarme haben jeweils eine eigene Wärmeabführungsfläche 3. Je nach Orientierung in einem Schaltschrank oder Motorraum kann die Wärme Q an unterschiedlichen Orten oder über unterschiedliche Systeme abgeführt werden.

**[0044]** Die Figuren 8 bis 13 zeigen jeweils Querschnitte durch die Kanalführung 10 innerhalb der Heatpipe-Krackenarme 1: Die Figuren 8 und 9 jeweils einen Längsschnitt, in dem gezeigt ist, dass die Kühlkanäle 10 unterschiedliche Durchmesser aufweisen können oder mit porösem Material 12 gefüllt sein können.

**[0045]** Die Figuren 10 bis 13 zeigen, wie individuell der Querschnitt der Kühlarme 1 ausgestaltet sein kann, um möglichst viele Kühlkanäle 10 auf vorgegebenem Raum verbauen zu können.

**[0046]** Obwohl die Erfindung im Detail durch die gezeigten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt.

Bezugszeichen

**[0047]**

1	Heat pipe
2	Wärmeeintragung
3	Wärmeabführung über Kühlkörper, z.B. Wasser, Metall-Inlays, Luftkühlkörper mit Rippen
10	Kanal für pulsierende Heatpipe
11	Metalldeckel
12	Kanal mit poröser Füllung
21	Battery cell (simulator)
22	electric motor
h	Heißeite, Verdampfer
c	Kaltseite, Kondensator
Q	Wärme Innerhalb der Pipe: abwechselnde Flüssig- und Dampfphasen Kondensator- bzw. Kaltseite kann Ventil der Heatpipe aufweisen

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung zur Entwärmung, umfassend wenigstens eine additiv gefertigte dreidimensionale Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1), welche aus elektrisch isolierendem Material gebildet ist. 5
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) insbesondere eine Heatpipe ist, insbesondere eine pulsierende Heatpipe. 10
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) Thermoplaste oder Duroplaste umfasst. 15
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) ein Polymer, insbesondere Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS), Polycaprolactam (PA6), Polyetherimide (PEI) oder ein palladiumdotiertes Flüssigkristallpolymer (LCP) umfasst. 20
5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung eine Vielzahl an Kanälen aufweist. 25
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) mit einer Schutzschicht überzogen ist. 30
7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend wenigstens eine Wärmeeintragsfläche (2) und/oder wenigstens eine Wärmeabführungsfläche (3). 35
8. Vorrichtung nach vorstehendem Anspruch 7, wobei Wärmeeintragsfläche (2) und/oder Wärmeabführungsfläche (3) ein Metall oder einen Kunststoff mit hoher Wärmeleitfähigkeit umfassen. 40
9. Vorrichtung nach vorstehendem Anspruch 8, wobei Wärmeeintragsfläche (2) und/oder Wärmeabführungsfläche (3) ein Polymerkomposit mit hoher Wärmeleitfähigkeit umfassen, welches im selben Fertigungsschritt mit der Heatpipe additiv gefertigt wurde. 45
10. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei Wärmeeintragsfläche (2) und/oder Wärmeabführungsfläche (3) ein Inlay aus Metall und/oder Keramik umfassen, welches in den Aufbau eingepresst, eingeklebt oder verschweißt ist. 50
11. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 7 bis 10, umfassend wenigstens zwei Wärmeeintragsflächen (2), welche über jeweils eine Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) an eine gemeinsame Wärmeabführungsfläche (3) thermisch angebunden sind. 55
12. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche 7 bis 10, umfassend wenigstens zwei Wärmeabführungsflächen (3), welche über jeweils eine Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) an eine gemeinsame Wärmeeintragsfläche (2) thermisch angebunden sind.
13. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) mittels additiver Fertigung hergestellt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem sowohl Zwei-Phasen-Kühlvorrichtung (1) als auch Wärmeeintragsfläche (2) und/oder Wärmeabführungsfläche (3) mittels additiver Fertigung im selben Fertigungsschritt hergestellt werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, bei dem eines der additiven Fertigungsverfahren Material Extrusion, Stereolithography, Selective Laser Sintering, Binder Jetting, Folienlaminiierung oder direkte Laserabscheidung eingesetzt wird.

FIG 1

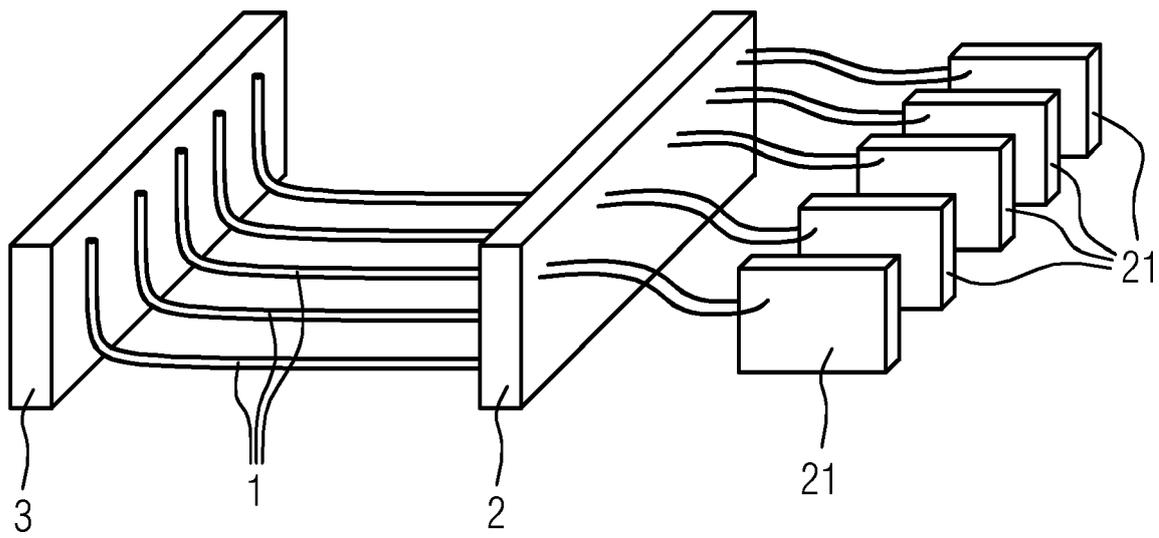


FIG 2

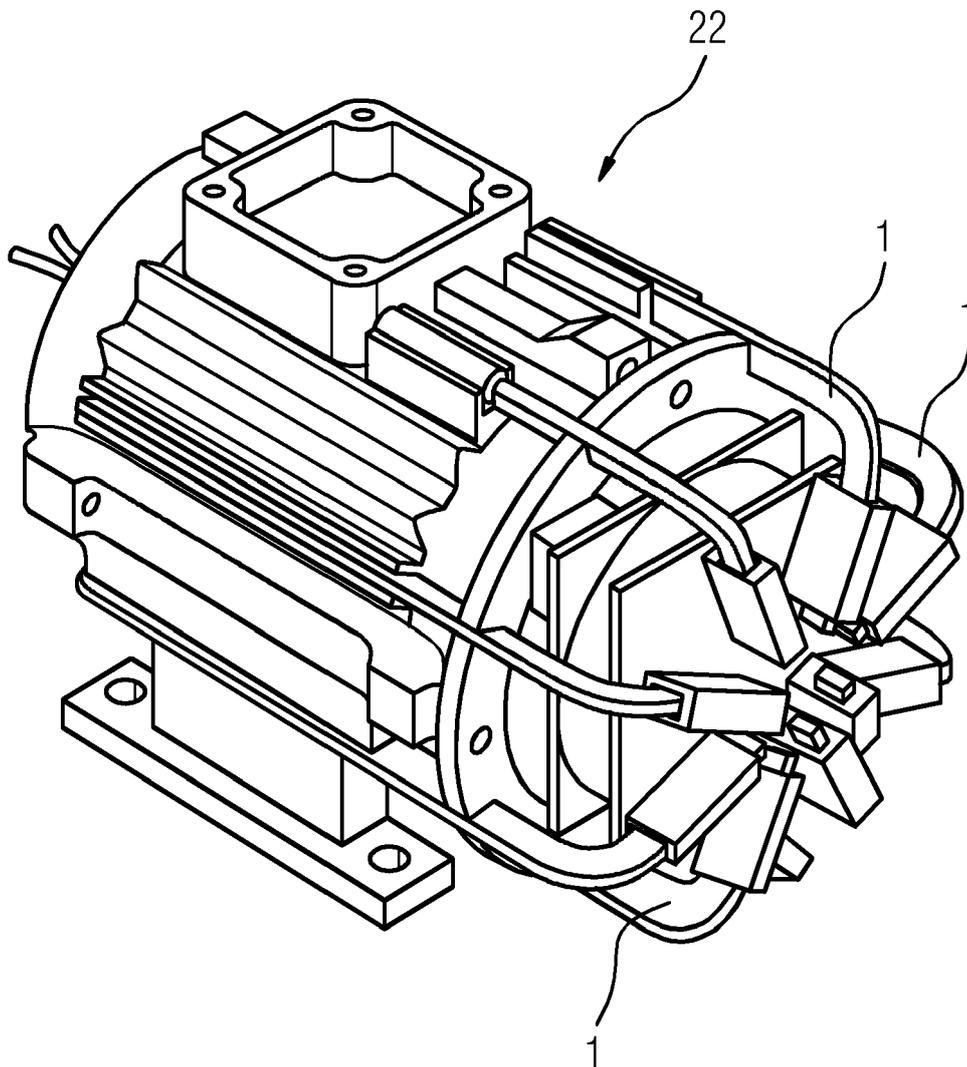


FIG 3

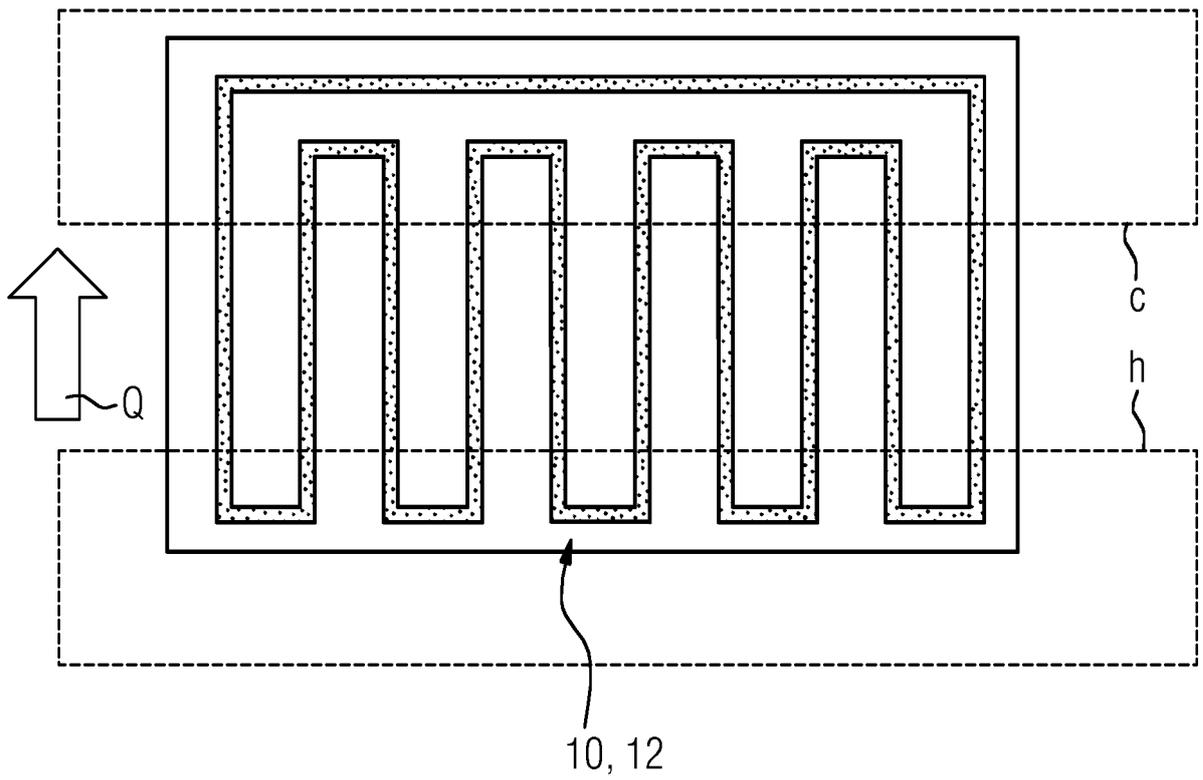


FIG 4

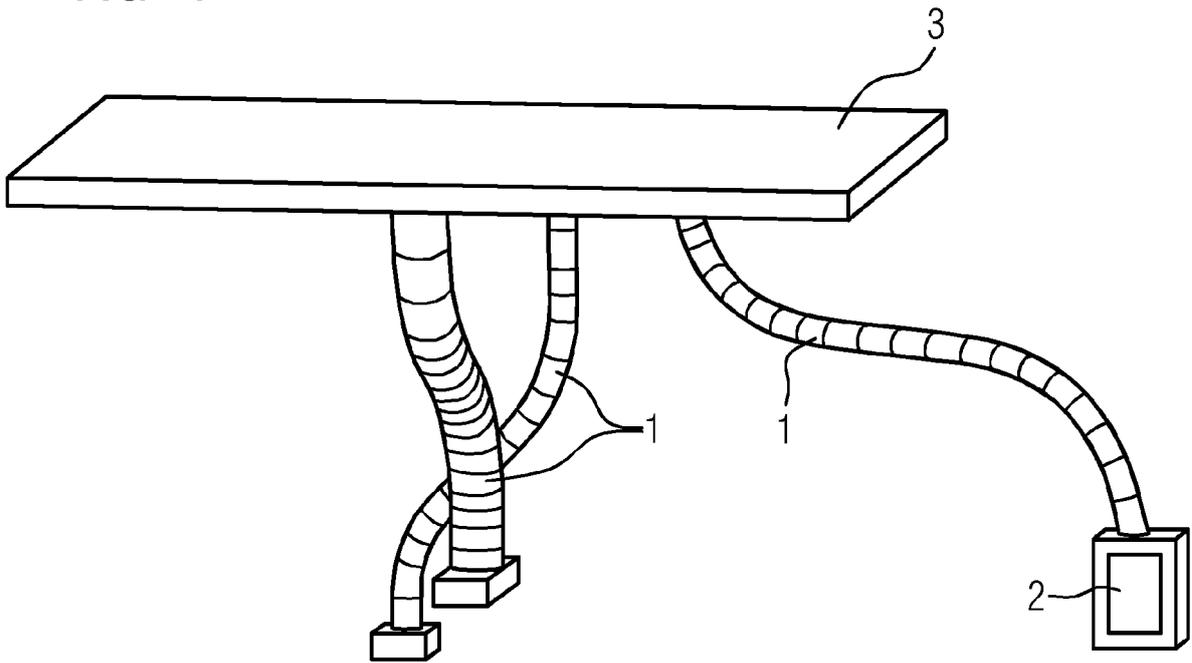


FIG 5

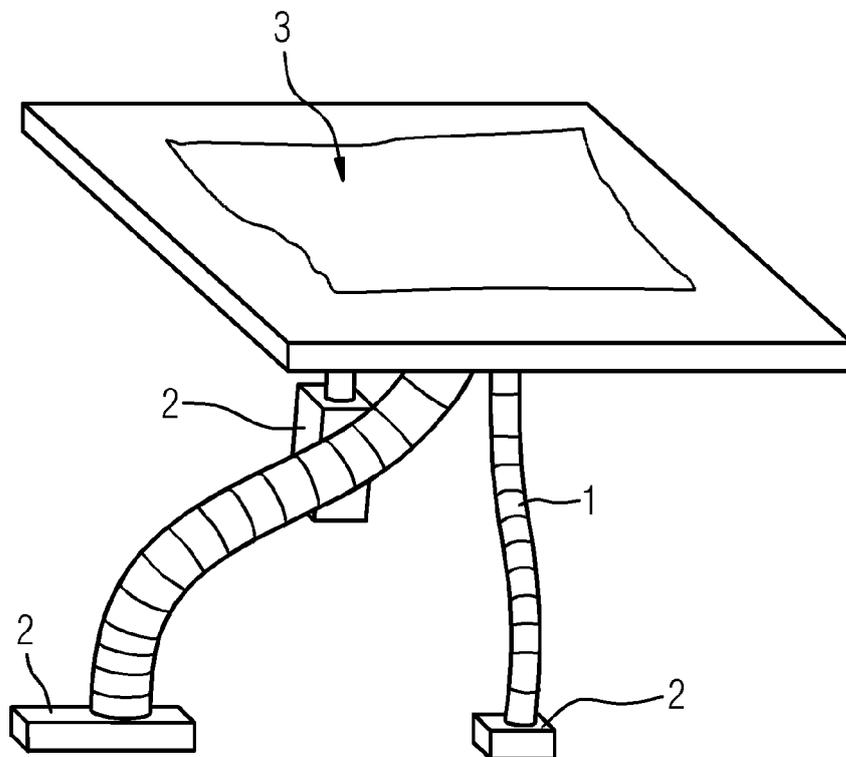


FIG 6

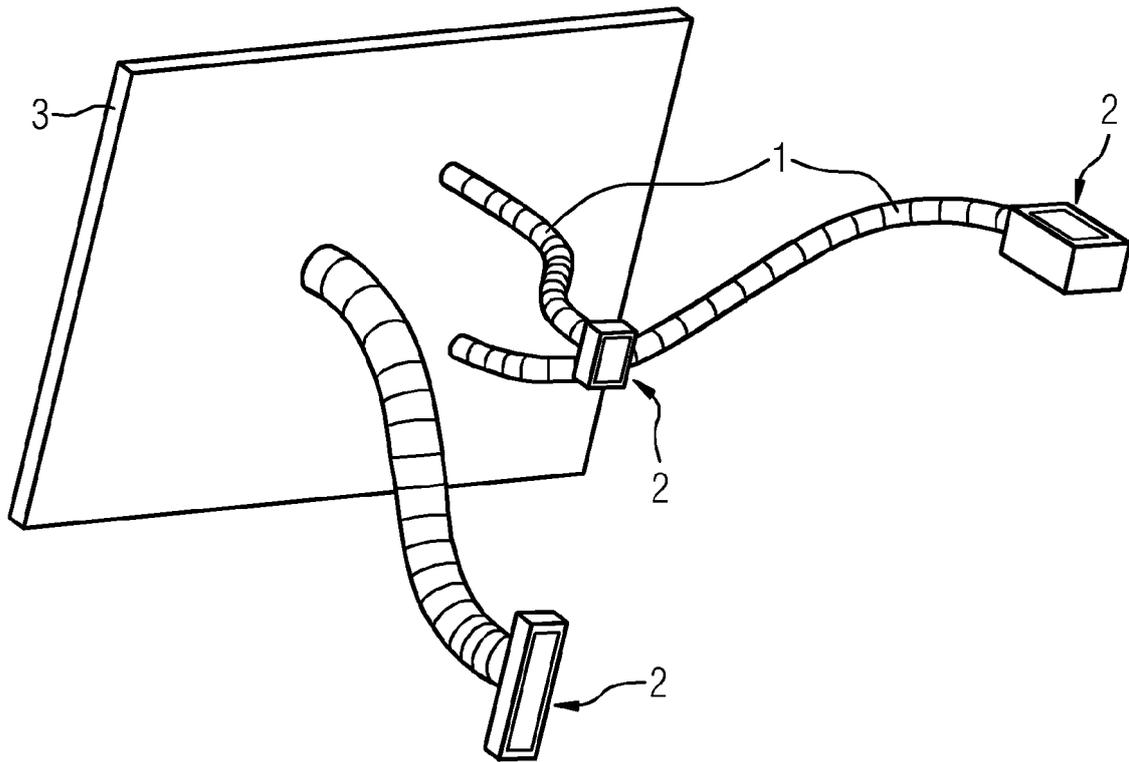


FIG 7

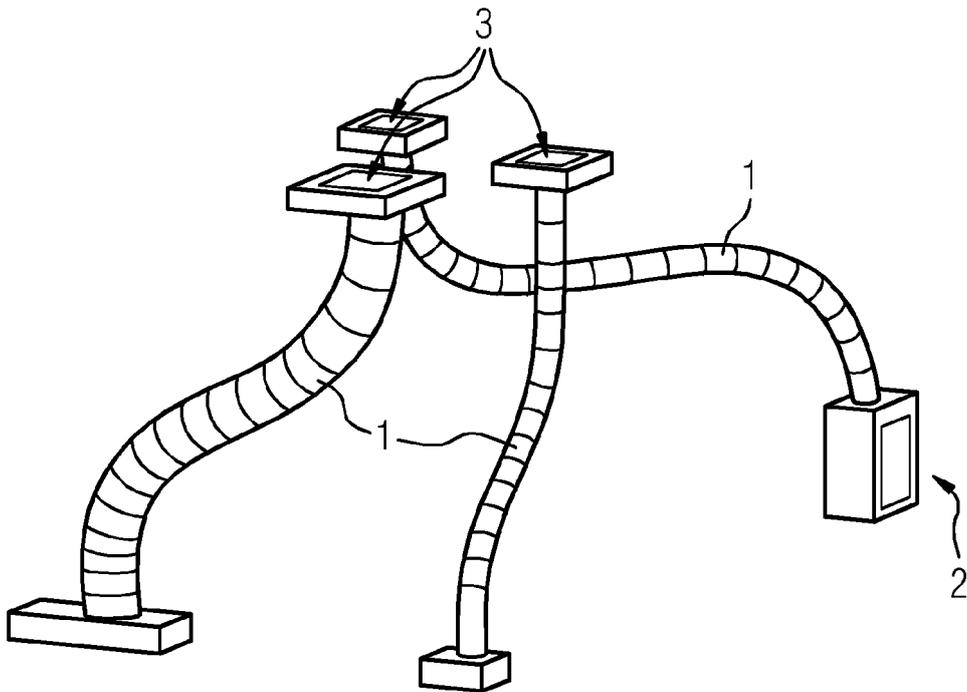


FIG 8

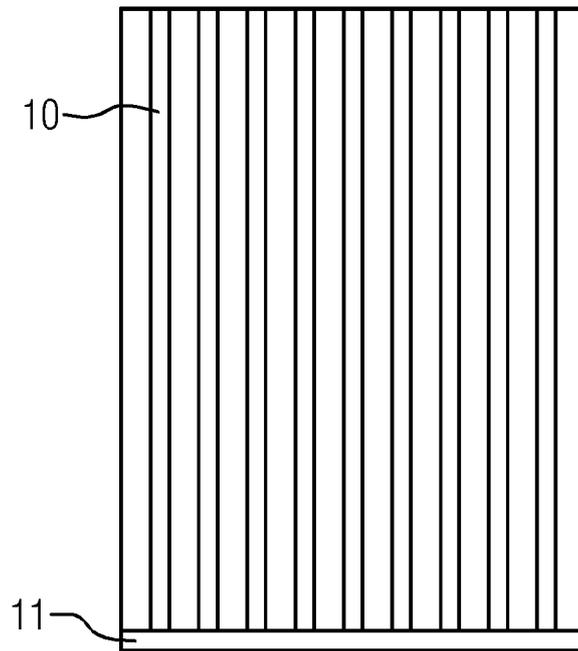


FIG 9

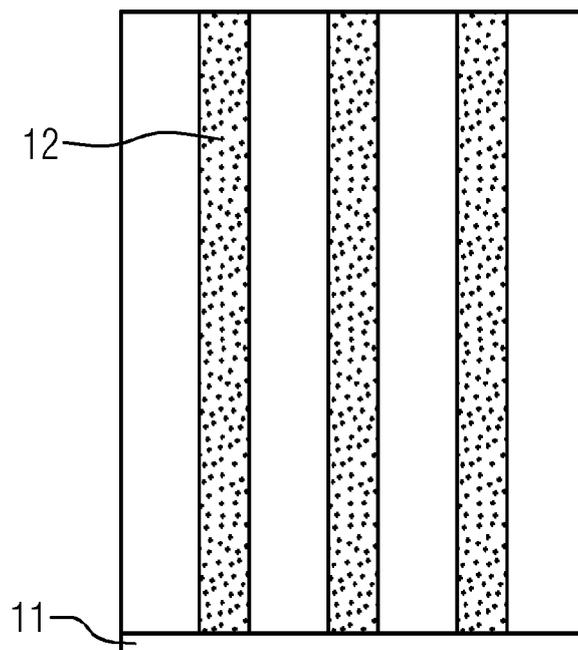


FIG 10

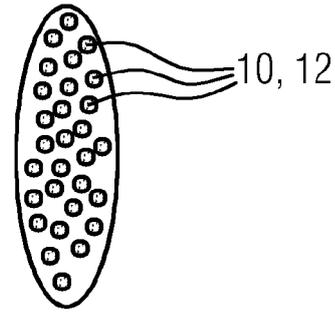


FIG 11

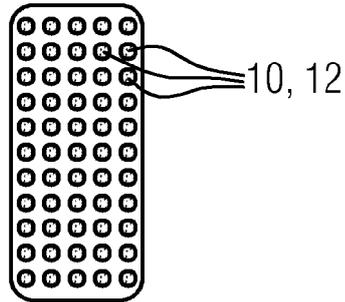


FIG 12

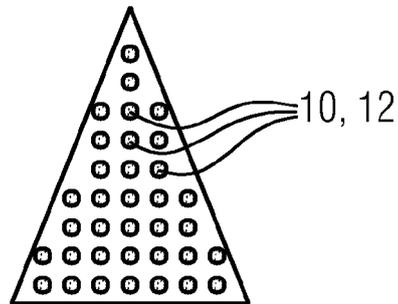
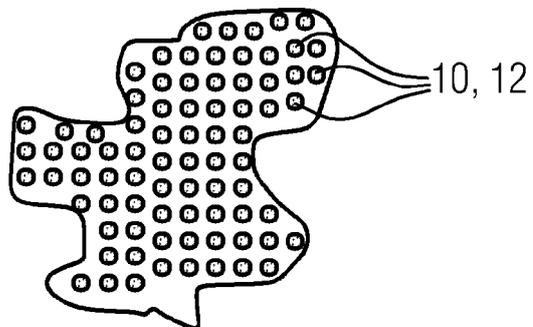


FIG 13





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 18 6136

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 11 045 912 B2 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 29. Juni 2021 (2021-06-29) * Abbildungen 1a,1b *	1-15	INV. F28D15/00
X	US 2021/254899 A1 (ALAHYARI ABBAS A [US] ET AL) 19. August 2021 (2021-08-19) * Absatz [0006]; Abbildung 1 * * Absatz [0039] * * Absatz [0040] *	1-4, 13-15	
A	BRIGHENTI ROBERTO ET AL: "Laser-based additively manufactured polymers: a review on processes and mechanical models", JOURNAL OF MATERIAL SCIENCE, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, DORDRECHT, Bd. 56, Nr. 2, 29. September 2020 (2020-09-29), Seiten 961-998, XP037280915, ISSN: 0022-2461, DOI: 10.1007/S10853-020-05254-6 [gefunden am 2020-09-29] * Tabelle 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>6. Dezember 2022</b>	Prüfer <b>Bain, David</b>
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	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 18 6136

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten  
 Patentedokumente 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.

06-12-2022

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 11045912 B2</b>	<b>29-06-2021</b>	<b>EP 3754281 A1</b>	<b>23-12-2020</b>
		<b>US 2020398385 A1</b>	<b>24-12-2020</b>
		<b>US 2021213571 A1</b>	<b>15-07-2021</b>
-----			
<b>US 2021254899 A1</b>	<b>19-08-2021</b>	<b>EP 3865803 A1</b>	<b>18-08-2021</b>
		<b>US 2021254899 A1</b>	<b>19-08-2021</b>
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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