

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
09. Juli 2020 (09.07.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/141053 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 23/46 (2006.01) H01L 23/467 (2006.01)  
B64D 27/24 (2006.01) H01L 23/473 (2006.01)  
H05K 7/20 (2006.01) B64D 13/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/084835

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. Dezember 2019 (12.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 200 011.8  
02. Januar 2019 (02.01.2019) DE

(71) Anmelder: **ROLLS-ROYCE DEUTSCHLAND LTD & CO KG** [DE/DE]; Eschenweg 11, OT Dahlewitz, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE).

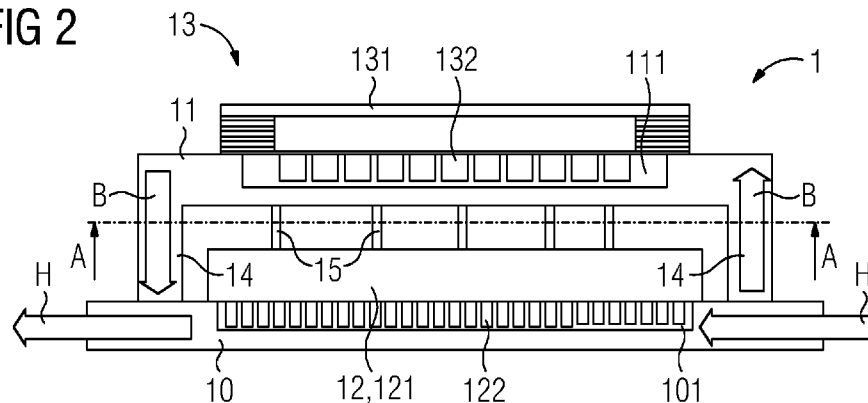
(72) Erfinder: **BOHLLÄNDER, Marco**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE). **BUCHERT, Stanley**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE). **WALTRICH, Uwe**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE). **ZANGARO, Antonio**; c/o Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Eschenweg 11, 15827 Blankenfelde-Mahlow (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

(54) Title: ELECTRICAL CIRCUIT HAVING A COOLING MEANS, IN PARTICULAR FOR APPLICATIONS IN AIRCRAFT

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE SCHALTUNG MIT KÜHLUNG INSBESONDERE FÜR ANWENDUNGEN IN LUFTFAHRZEUGEN

FIG 2



(57) Abstract: The invention provides a circuit arrangement (1) and comprises: a first cooling body (10) having at least one first cooling channel (101) which is at least partially open at the top; at least one electrical power module (12) arranged in the first cooling channel (101); a second cooling body (11), arranged above the power module (12), having at least one second cooling channel (111) which is at least partially open at the top; a circuit support plate (131) which has an electrical circuit (13) and is arranged on the second cooling body (11) such that said circuit support plate closes the second cooling channel (111) from above; and connection channels (14) between the first and the second cooling body (10, 11), which channels are designed to route a cooling medium flowing into the first cooling channel (10) partially into the second cooling channel (11) and out of the second cooling channel (11). The invention also provides a converter (16) and an aircraft (17) comprising such a circuit arrangement (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung gibt Schaltungsanordnung (1) an und weist auf: einen ersten Kühlkörper (10) mit mindestens einem nach oben zumindest teilweise offenen ersten Kühlkanal (101); mindestens ein in dem ersten Kühlkanal (101) angeordnetes elektrisches Leistungsmodul (12); einen oberhalb des Leistungsmoduls (12) angeordneten zweiten Kühlkörper (11) mit mindestens einem zumindest teilweise nach oben offenen zweiten Kühlkanal (111); eine elektrische Schaltung (13) aufweisende Schaltungs-trägerplatte (131), die auf dem zweiten Kühlkörper (11) derart angeordnet ist, dass sie den zweiten Kühlkanal (111) von oben her schließt; und Verbindungskanäle (14) zwischen dem ersten und dem zweiten Kühlkörper (10, 11), die ausgebildet sind, ein in den ersten Kühlkanal (10) einströmendes Kühlmedium teilweise in den zweiten Kühlkanal (11) und aus dem zweiten Kühlkanal (11) zu lenken. Die Erfindung gibt auch einen Stromrichter (16) und ein Luftfahrzeug (17) mit einer derartigen Schaltungsanordnung (1) an.

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
-

## Beschreibung

Elektrische Schaltung mit Kühlung insbesondere für Anwendungen in Luftfahrzeugen

5

### Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung mit einem ersten Kühlkörper mit einem nach oben teilweise offenen ersten Kühlkanal und mit einem in dem ersten Kühlkanal angeordneten elektrischen Leistungsmodul. Die Erfindung betrifft auch einen Stromrichter und ein Luftfahrzeug mit einer derartigen Schaltungsanordnung.

### 15 Hintergrund der Erfindung

Bei Stromrichtern werden zur Steuerung der Leistungsmodule Treiberschaltungen eingesetzt. Diese werden nach dem Stand der Technik auf organischen Leiterplatten realisiert und über Löt- oder auch Federkontakte mit den Leistungsmodulen, die die Halbleiterbauelemente enthalten, verbunden. Die Treiberplatine ist üblicherweise ungenügend an eine Kühlung des Leistungsmoduls angebunden. Die Kühlung der Treiberplatine erfolgt in der Regel über die Steuerungsanschlüsse, über Schraubverbindungen oder über eine Wärmeleitpaste, die punktuell die Wärmezeugung spreizt.

Bei schnellschaltenden Halbleiterbauelementen ist es jedoch vorteilhaft, eine sehr niederinduktive bzw. niederohmige Anbindung der Treiberplatine an die Halbleiterbauelemente zu realisieren, um die hohen Schaltgeschwindigkeiten erreichen zu können. D.h. die Treiberschaltung muss sehr nahe an das Wärme abgebende Leistungsmodul angebracht werden, was auch das freie Volumen eines Stromrichters reduziert. Dies erfordert jedoch eine sehr temperaturstabile Treiberschaltung, da die schnell schaltenden Bauelemente des Leistungsmoduls, basierend auf SiC oder GaN, zukünftig absehbar auch bei Temperaturen deutlich über 150 °C betrieben werden.

Die entstehende Abwärme der Halbleiterbauelemente kann aufgrund Konvektion und Strahlung zu kritischen Temperaturen auf bzw. in der Treiberschaltung führen. Des Weiteren kann es als  
5 Folge einer starken Miniaturisierung (d.h. hochgepackte Schaltungen auf der Platine) zu Hotspots auf der Treiberschaltung kommen.

Es ist üblich, das Schaltungslayout auf den Treiberplatinen  
10 wegen der thermischen Belastung der Bauteile zu entzerren sowie Zwischenschichten aus Kupfer einzulegen, um eine großflächige Spreizung für eine freien Konvektion zu erreichen. Die Kühlung erfolgt oftmals relativ unspezifisch über die Befestigungsschrauben an dem Gehäuse oder an der Kühlplatte. An-  
15 sonsten ist die thermische Anbindung durch das organische FR4 Material als Isolation relativ gering.

In der nachveröffentlichten Patentanmeldung DE 10 2018 216  
859.8 ist eine Kühlung von Leistungsmodulen beispielhaft be-  
20 schrieben.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Lösung anzugeben, durch  
25 die eine Kühlung der Treiberschaltung in einem Stromrichter verbessert werden kann. Dies ist insbesondere für Anwendungen in der Luftfahrt von großer Bedeutung.

Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen  
30 Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

35 Ein erster Aspekt der Erfindung besteht darin, über einen Bypass-Kühlkanal aus dem die Leistungsmodule kühlenden Hauptstrom eines Kühlmediums einen Teil des Kühlmediums abzuzweigen und für die Kühlung der Treiberschaltung zu verwenden.

Die Erfindung beansprucht eine Schaltungsanordnung, aufweisend:

- einen ersten Kühlkörper mit mindestens einem nach oben zu-  
5       mindest teilweise offenen ersten Kühlkanal und
  - mindestens ein in dem ersten Kühlkanal angeordnetes elekt-  
      risches Leistungsmodul,
  - einen oberhalb des Leistungsmoduls angeordneten zweiten  
10       Kühlkörper mit mindestens einem nach oben offenen zweiten  
      Kühlkanal,
  - eine elektrische Schaltung aufweisende Schaltungsträ-  
      gerplatte, die auf dem zweiten Kühlkörper derart angeord-  
      net ist, dass sie den zweiten Kühlkanal von oben her  
      schließt, und
  - 15   - Verbindungskanäle zwischen dem ersten und dem zweiten Kühl-  
      körper, die ausgebildet sind, ein in den ersten Kühlkanal  
      einströmendes Kühlmedium teilweise in den zweiten Kühlka-  
      nal und aus dem zweiten Kühlkanal zu lenken.
- 20   Dadurch wird eine mehrlagige Schaltungsanordnung mit einem  
      Bypass für die Kühlung der Treiberschaltung geschaffen. Die  
      Erfindung bietet mehrere Vorteile im Vergleich zu bekannten  
      Lösungen:
- eine höhere mechanische Festigkeit/Steifigkeit, wodurch  
25       keine zusätzlichen Stützverschraubungen erforderlich sind,
  - eine hohe Robustheit gegenüber Vibrationen,
  - eine höhere Temperaturfestigkeit, wodurch eine kompaktere  
      Bauweise möglich ist,
  - ein kleinerer thermischer Ausdehnungskoeffizient, wodurch  
30       die Lebensdauer der Schaltungsanordnung steigt,
  - eine höhere Wärmeleitfähigkeit,
  - eine höhere chemische Beständig-  
      keit/Korrosionsbeständigkeit gegenüber jeglicher Kühlflüs-  
      sigkeit,
  - 35   - eine höhere Kriechstromfestigkeit im Vergleich zu organi-  
      schen Leiterplatten, wodurch die Zuverlässigkeit erhöht  
      wird, und

- 3D Geometrien durch additive Herstellung der HTCC/LTCC, z.B. ist eine Kühlstruktur auf der Leiterplattenunterseite der Treiberschaltung möglich.

5 In einer Weiterbildung kann die elektrische Schaltung eine Treiberschaltung sein, die ausgebildet ist, das elektrische Leistungsmodul zu steuern.

10 In einer weiteren Ausgestaltung können in einer Bodenplatte des Leistungsmoduls erste Kühlrippen ausgebildet sein, die von dem Kühlmedium umströmbar sind.

15 In einer weiteren Ausprägung der Erfindung kann die Schaltungsträgerplatte ein Multilagensubstrat sein.

In einer weiteren Ausgestaltung kann die unterste Lage des Multilagensubstrats aus Keramik sein.

20 Durch eine entsprechende Metallisierung bzw. durch Metallinlays in der Keramik (bzw. umlaufend um die Keramik) sind u.a. auch geschweißte oder gelötete Dichtflächen zwischen dem Multilagensubstrat und dem zweiten Kühlkörper möglich.

25 In einer weiteren Ausgestaltung sind in der untersten Lage des Multilagensubstrats zweite Kühlrippen ausgebildete, die von dem Kühlmedium umströmbar sind.

30 In einer weiteren Ausbildung ist die elektrische Schaltung mit dem Leistungsmodul mittels Kontaktelementen verbunden, die zwischen den zweiten Kühlkanälen angeordnet sind.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Schaltungsanordnung in einem Stromrichter eingesetzt.

35 Die Erfindung beansprucht einen Stromrichter, insbesondere einen Umrichter, mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

Als Umrichter, auch Inverter genannt, wird ein Stromrichter bezeichnet, der aus einer Wechselspannung oder Gleichspannung eine in der Frequenz und Amplitude veränderte Wechselspannung erzeugt. Häufig sind Umrichter als AC/DC-DC/AC-Umrichter oder  
5 DC/AC-Umrichter ausgebildet, wobei aus einer Eingangswchselspannung oder einer Eingangsgleichspannung über einen Gleichspannungszwischenkreis und getakteten Halbleitern eine Ausgangswchselspannung erzeugt wird.

10 In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird die Schaltungsanordnung in einem Luftfahrzeug eingesetzt.

Die Erfindung beansprucht ein Luftfahrzeug, insbesondere ein Flugzeug, mit einem erfindungsgemäßen Stromrichter für einen  
15 elektrischen oder hybrid-elektrischen Flugantrieb.

Unter Luftfahrzeug wird jede Art von fliegendem Fortbewegungs- oder Transportmittel, sei es bemannt oder unbemannt, verstanden.

20 In einer Weiterbildung weist das Luftfahrzeug einen durch den Stromrichter mit elektrischer Energie versorgten Elektromotor und einen durch den Elektromotor in Rotation versetzbaren Propeller auf.

25 Die Erfindung ist auch für die Bordnetzversorgung bei Luftfahrzeugen einsetzbar und für Anwendungen bei Kraftfahrzeugen geeignet. Die beispielshafte Beanspruchung von Luftfahrzeugen ist nicht einschränkend für die Erfindung.

30 Weitere Besonderheiten und Vorteile der Erfindung werden aus den nachfolgenden Erläuterungen mehrerer Ausführungsbeispiele anhand von schematischen Zeichnungen ersichtlich.

35 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Schaltungsanordnung gemäß Stand der Technik,

Fig. 2 eine Schnittansicht einer Schaltungsanordnung mit einer Bypasskühlung,

Fig. 3 eine weitere Schnittansicht

Fig. 4 eine räumliche Ansicht einer Schaltungsanordnung mit einer Bypasskühlung,

Fig. 5 eine räumliche Ansicht eines Schnitts durch eine Schaltungsanordnung mit einem Bypass zur Kühlung,

Fig. 6 ein Blockschaltbild eines Stromrichters mit einer Bypasskühlung und

Fig. 7 ein Luftfahrzeug mit einer elektrischen Schuberzeugungseinheit.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**Fig. 1** zeigt einen Querschnitt durch eine Schaltungsanordnung einer Leistungselektronik gemäß Stand der Technik, wie sie beispielsweise in einem Umrichter eingesetzt wird. Zu sehen ist ein erster Kühlkörper 10 auf dem ein Leistungsmodul 12 angeordnet ist. Eine darüberliegende Treiberschaltung 13 mit einer Schaltungsträgerplatte 131 ist mittels elektrisch leitfähiger Kontaktelemente 15 mit dem Leistungsmodul 12 elektrisch verbunden. Die Treiberschaltung 13 steuert die Leistungsmodule 12 in bekannter Weise.

**Fig. 2** zeigt einen Querschnitt durch eine Schaltungsanordnung 1 mit einer sogenannten „Bypasskühlung“. In einem ersten Kühlkörper 10 ist ein erster Kühlkanal 101 ausgebildet, durch den ein Hauptkühlstrom H eines nicht dargestellten Kühlmediums, beispielsweise Luft oder Wasser, strömt. Der erste Kühlkanal 101 ist nach oben hin offen und nimmt ein Leistungsmodul

dul 12 auf. Das Leistungsmodul 12 weist eine Bodenplatte 121 auf, die vorzugsweise die Kavität des ersten Kühlkanals 101 von oben her dicht verschließt. An der Unterseite der Bodenplatte 121 sind erste Kühlrippen 122 ausgebildet. Diese werden von dem Hauptkühlstrom H u.a. entwärmt.

Oberhalb des Leistungsmoduls 12 befindet sich ein zweiter Kühlkörper 11 mit nach oben teilweise offenen zweiten Kühlkanälen 111. In die dadurch entstehende Kavität ist die Treiberschaltung 13 eingepasst. Die zweiten Kühlkanäle 111 sind mit dem ersten Kühlkanal 101 über Verbindungskanäle 14 verbunden, sodass aus dem Hauptkühlstrom H ein Nebenkühlstrom B (auch mit Sekundärkühlstrom oder Bypasskühlung bezeichnerbar) des Kühlmediums abgezweigt wird. Der Nebenkühlstrom B durchströmt die zweiten Kühlkanäle 111 und kann so die Treiberschaltung 13 von unten her entwärmen.

Die Treiberschaltung 13 weist eine mehrlagige Schaltungsträgerplatte 131 (= Multilagensubstrat) auf, auf der und/oder in der nicht dargestellte elektrische Bauelemente für die Steuerung der Leistungsmodule 12 angeordnet sind. Die unterste Lage der Schaltungsträgerplatte 131 ist bevorzugt aus einer Keramik mit zweiten Kühlrippen 132. Diese keramische Kühlstruktur 132 kann einen metallischen Rand aufweisen oder eine Metallstruktur aufweisen, so dass eine dichte Verlötung und Verschweißung mit dem zweiten Kühlkörper 11 möglich ist.

Über Kontaktelemente 15 ist die Treiberschaltung 13 mit den Leistungsmodulen 12 elektrisch verbunden. Die zweiten Kühlkanäle 111 und der zweite Kühlkörper 11 sind so ausgebildet, dass die Kontaktelemente 15 ungehindert den zweiten Kühlkörper 11 passieren können, wie in **Fig. 3** anhand der Schnittansicht entlang der Ebene AA der **Fig. 2** zu sehen ist. In **Fig. 3** sind die Kontaktelemente 15, die keramische Kühlstruktur 132 der Schaltungsträgerplatte 131 sowie die zweiten Kühlkanäle 111 des zweiten Kühlkörpers 11 zu erkennen. Dargestellt ist auch der Nebenkühlstrom B.

Die Treiberschaltung 13 ist, wie bereits beschrieben, vorzugsweise mit einem keramischen Multilagensubstrat (HTCC, LTCC) realisiert, das zur Kühlung als Abschlussplatte in die offenen zweiten Kühlkanäle 111 eingesetzt ist. Die Treiberschaltung 13 ist über dem Leistungsmodul 12 mit minimalem Abstand zu den Halbleiterbauelementen angeordnet. Dies ist durch einen entsprechend ausgebildeten zweiten Kühlkörper 11 (z.B. durch 3D Druck oder Metallguss) möglich, der in einer zweiten räumlichen Ebene den Bypass aufweist. Der Bypass zur Kühlung ist ebenfalls offen ausgeführt, in den das keramische Treibersubstrat eingesetzt werden kann.

Bevorzugt besteht der zweite Kühlkanal 111 aus mehreren parallel durchströmten Kanälen, wodurch die Durchführung der Signal-Pins (z.B. Federkontaktstifte) möglich wird.

Die zusätzlichen keramischen Kühlstrukturen am Multilagensubstrat verbessern den Wärmeübergang zwischen dem Substrat und dem Kühlmedium.

20

**Fig. 4** und **Fig. 5** zeigen räumliche Ansichten einer Schaltungsanordnung 1 mit einer Bypasskühlung. Der Übersichtlichkeit wegen ist die Schaltungsträgerplatte 131 der Treiberschaltung 13 transparent dargestellt und zeigt keine Bauelemente. Dadurch sind die darunter liegenden Strukturen besser erkennbar. Durch den ersten Kühlkanal 101 des ersten Kühlkörpers 10 wird der Hauptkühlstrom H des nicht dargestellten Kühlmediums geleitet.

Mit Hilfe der Verbindungskanäle 14 wird aus dem Hauptkühlstrom H ein Nebenkühlstrom B abgezweigt und durch die zweiten Kühlkanäle 111 des zweiten Kühlkörpers 11 geführt. Der Hauptkühlstrom H ist für die Entwärmung der Leistungsmodule 12 verantwortlich, die sich oberhalb des ersten Kühlkörpers 10 befinden. Dazu ist der erste Kühlkanal 101 nach oben hin geöffnet und bildet somit eine Kavität, in die Bodenplatte 121 des Leistungsmoduls 12 eingepasst ist.

Die Kontaktelemente 15 stellen die elektrische Verbindung zwischen der Treiberschaltung 13 und den Leistungsmodulen 12 her. Die Schaltungsträgerplatte 131 ist bevorzugt mehrlagig ausgeführt und kann auf der der Bauelemente abgewandten Seite  
5 eine keramische Kühlstruktur mit zweiten Kühlrippen 132 aufweisen. Die ersten und zweiten Kühlrippen 122, 132 sind bevorzugt als Pin-Fins ausgeführt.

**Fig. 6** zeigt ein Blockschaltbild eines Stromrichters 16, insbesondere eines Umrichters, mit einer Schaltungsanordnung 1  
10 gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 5**.

**Fig. 7** zeigt ein elektrisches oder hybrid-elektrisches Luftfahrzeug 17, insbesondere ein Flugzeug, mit einem Stromrichter 16 gemäß **Fig. 6**, der einen Elektromotor 181 mit elektrischer Energie versorgt. Der Elektromotor 181 treibt einen  
15 Propeller 182 an. Beide sind Teil einer elektrischen Schub-  
zeugungseinheit 18.

20 Obwohl die Erfindung im Detail durch die Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, ist die Erfindung durch die offenbarten Beispiele nicht eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann daraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

25

## Bezugszeichenliste

|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| 1   | Schaltungsanordnung                            |
| 10  | Erster Kühlkörper                              |
| 101 | Erster Kühlkanal                               |
| 11  | Zweiter Kühlkörper                             |
| 111 | Zweiter Kühlkanal                              |
| 12  | Leistungsmodul                                 |
| 121 | Bodenplatte des Leistungsmoduls 12             |
| 122 | Erste Kühlrippen der Bodenplatte 121           |
| 13  | Treiberschaltung                               |
| 131 | Schaltungsträgerplatte                         |
| 132 | Keramische Kühlstruktur mit zweiten Kühlrippen |
| 14  | Verbindungskanal                               |
| 15  | Kontaktelement                                 |
| 16  | Stromrichter                                   |
| 17  | Luftfahrzeug                                   |
| 18  | Elektrische Schuberzeugungseinheit             |
| 181 | Elektromotor                                   |
| 182 | Propeller                                      |
| B   | Nebenkühlstrom (Bypass)                        |
| H   | Hauptkühlstrom                                 |

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (1), aufweisend:

- einen ersten Kühlkörper (10) mit mindestens einem nach  
5 oben zumindest teilweise offenen ersten Kühlkanal (101) und
- mindestens ein in dem ersten Kühlkanal (101) angeordnetes elektrisches Leistungsmodul (12),  
**gekennzeichnet durch:**
- einen oberhalb des Leistungsmoduls (12) angeordneten  
10 zweiten Kühlkörper (11) mit mindestens einem zumindest teilweise nach oben offenen zweiten Kühlkanal (111),
- eine elektrische Schaltung (13) aufweisende Schaltungsträgerplatte (131), die auf dem zweiten Kühlkörper (11) derart angeordnet ist, dass sie den zweiten Kühlkanal (111)  
15 von oben her schließt, und
- Verbindungskanäle (14) zwischen dem ersten und dem zweiten Kühlkörper (10, 11), die ausgebildet sind, ein in den ersten Kühlkanal (10) einströmendes Kühlmedium teilweise in den zweiten Kühlkanal (11) und aus dem zweiten Kühlkanal (11)  
20 zu lenken.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

- dass die elektrische Schaltung eine Treiberschaltung (13)  
25 ist, die ausgebildet ist, das elektrische Leistungsmodul (12) zu steuern.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2,

**gekennzeichnet durch:**

- 30 - in einer Bodenplatte (121) des Leistungsmoduls (12) ausgebildete erste Kühlrippen (122), die von dem Kühlmedium umströmbar sind.

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
35 che,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Schaltungsträgerplatte (131) ein Multilagensubstrat ist.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die unterste Lage des Multilagensubstrats aus Keramik  
5 ist.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4 oder 5,

**gekennzeichnet durch:**

- in der untersten Lage des Multilagensubstrats ausgebildete  
10 zweite Kühlrippen (132), die von dem Kühlmedium umströmbar  
sind.

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 **gekennzeichnet durch:**

- die elektrische Schaltung (13) mit dem Leistungsmodul  
(12) verbindende Kontaktelemente (15), die zwischen den zwei-  
ten Kühlkanälen (111) angeordnet sind.

20 8. Stromrichter (16) mit einer Schaltungsanordnung (1) nach  
einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Stromrichter nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

25 dass der Stromrichter (16) ein Umrichter ist.

10. Luftfahrzeug (17) mit einem Stromrichter (16) nach An-  
spruch 8 oder 9 für einen elektrischen oder hybrid-  
elektrischen Flugantrieb.

30

11. Luftfahrzeug nach Anspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Luftfahrzeug (17) ein Flugzeug ist.

35 12. Luftfahrzeug nach Anspruch 10 und 11,

**gekennzeichnet durch:**

- einen durch den Stromrichter (16) mit elektrischer Ener-  
gie versorgten Elektromotor (181) und

- einen durch den Elektromotor (181) in Rotation versetzbaren Propeller (182).

FIG 1

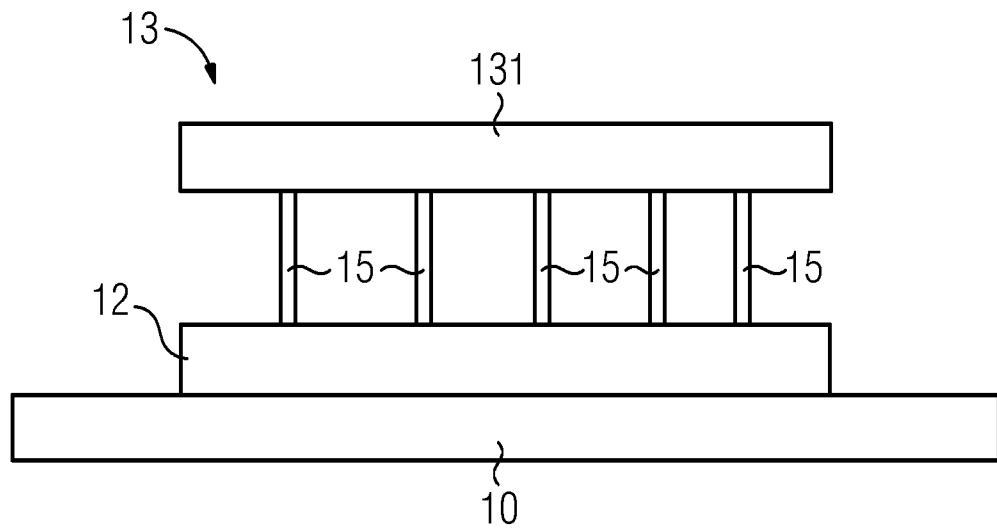


FIG 2

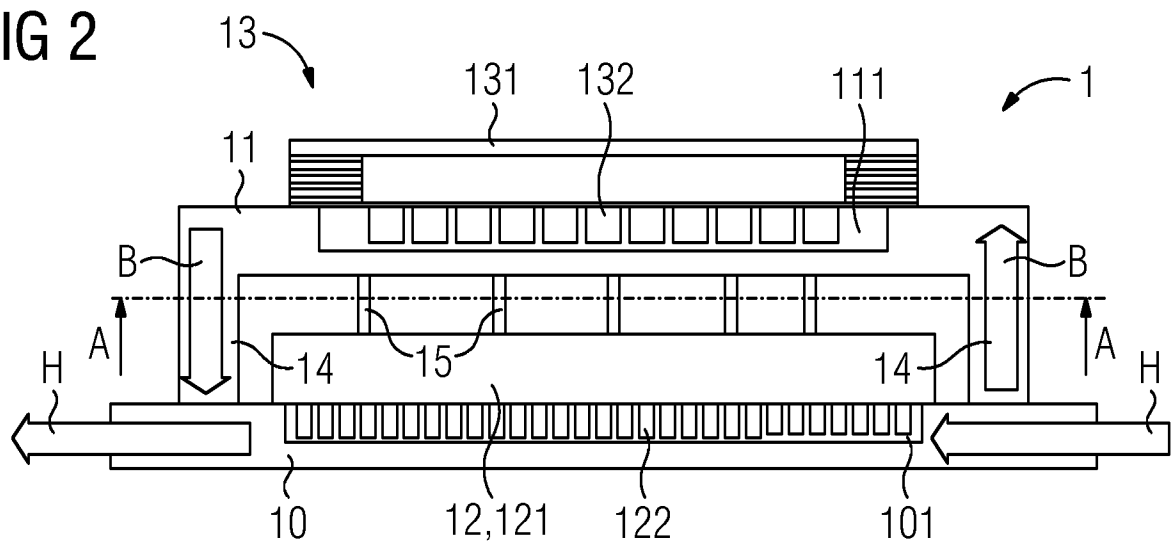


FIG 3

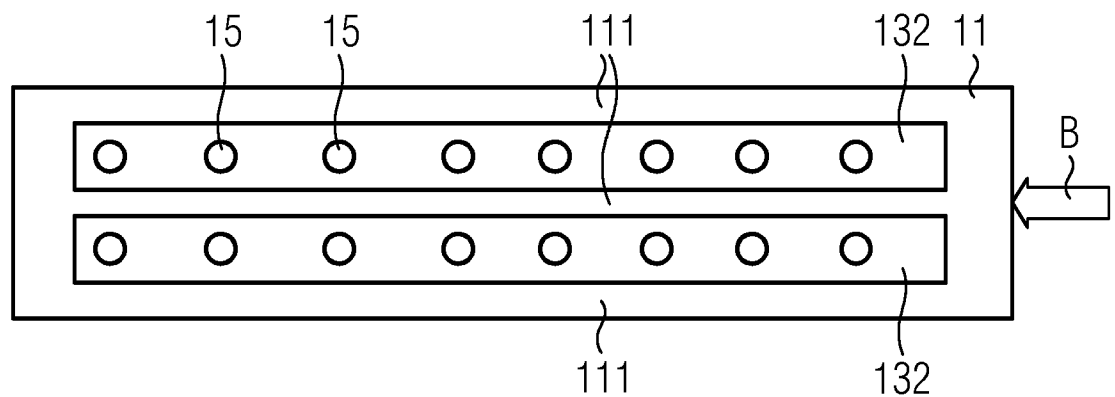


FIG 4

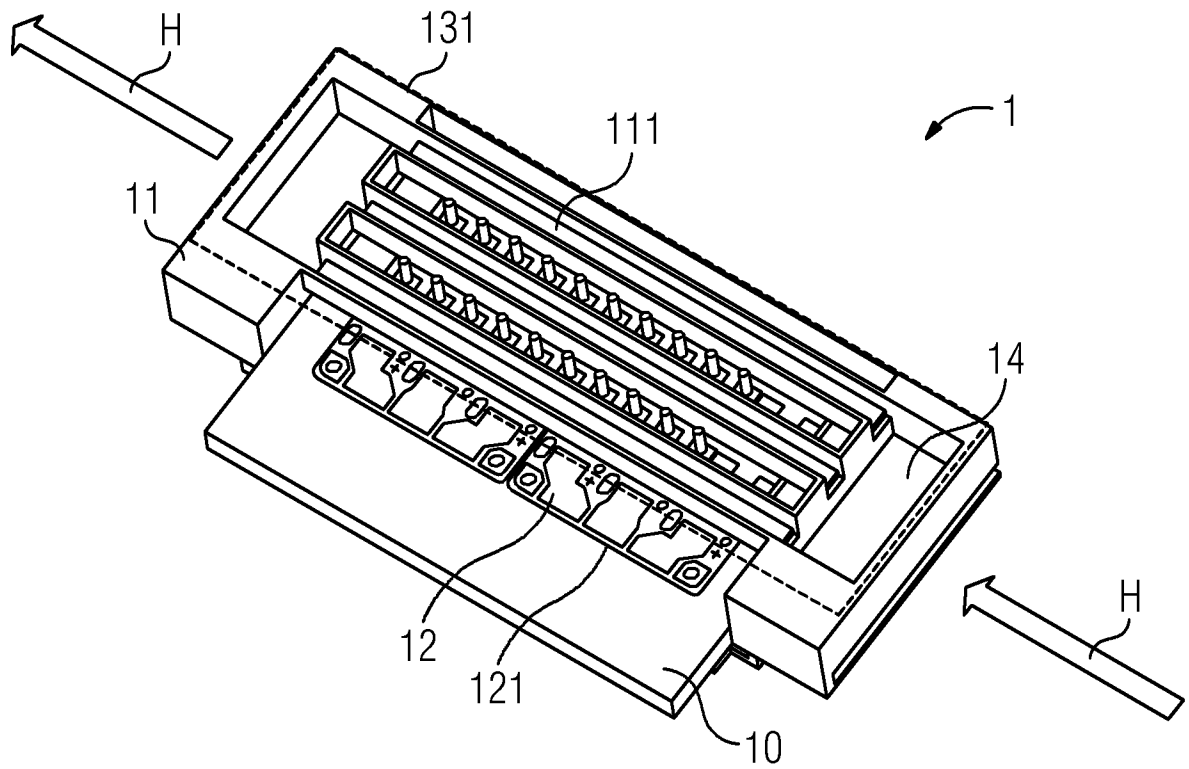


FIG 5

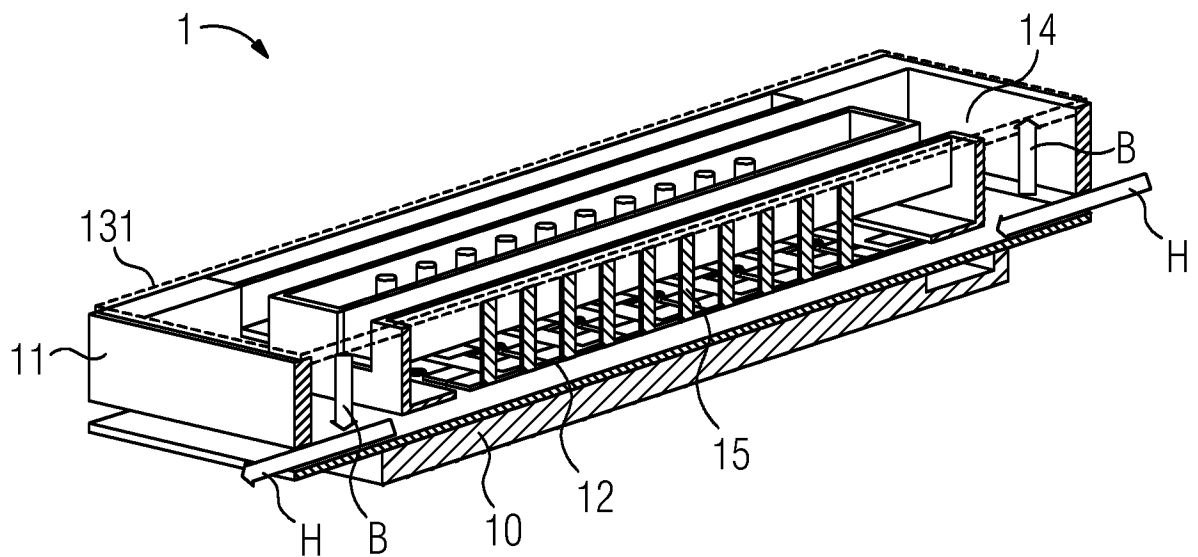


FIG 6

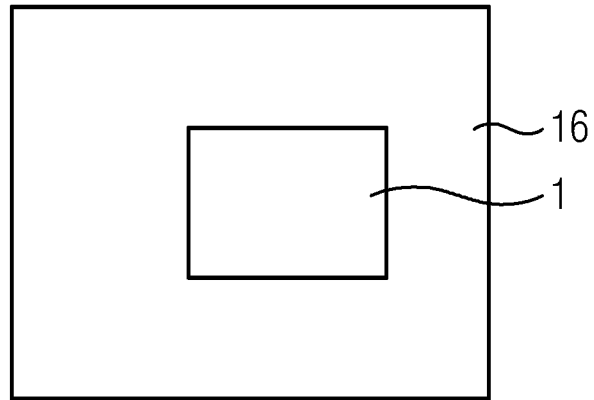
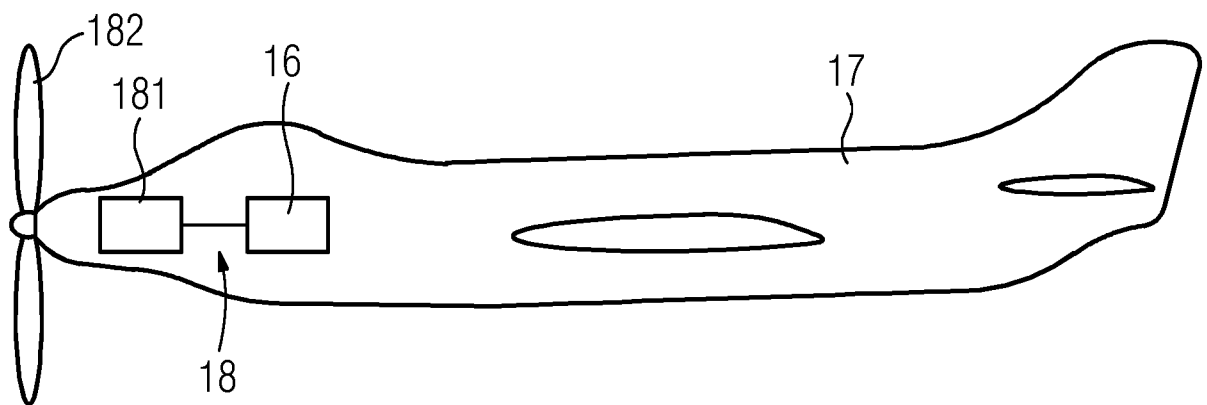


FIG 7



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/084835****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**H01L 23/46**(2006.01)i; **B64D 27/24**(2006.01)i; **H05K 7/20**(2006.01)i; **H01L 23/467**(2006.01)i; **H01L 23/473**(2006.01)i; **B64D 13/06**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B64D; H01L; H05K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                        | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | US 10149413 B1 (DEDE ERCAN M [US] ET AL) 04 December 2018 (2018-12-04)<br>column 3, line 59 - column 6, line 63           | 1-12                  |
| Y         | GB 2560338 A (ARRIVAL LTD [GB]) 12 September 2018 (2018-09-12)<br>page 8, line 19 - page 12, line 26; figures 6-8         | 1-12                  |
| A         | US 2005259402 A1 (YASUI HIDEHIKO [JP] ET AL) 24 November 2005 (2005-11-24)<br>paragraphs [0056] - [0090]; figures 2, 6-10 | 1-12                  |
| A         | US 2003067748 A1 (TAMBA AKIHIRO [JP] ET AL) 10 April 2003 (2003-04-10)<br>paragraphs [0028] - [0036]; figure 1            | 1-12                  |
| A         | US 2008160246 A1 (BUHLER ERNST [CH] ET AL) 03 July 2008 (2008-07-03)<br>figure 11                                         | 1-12                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**25 March 2020**

Date of mailing of the international search report

**06 April 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office  
 p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
 Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Lambert, Brice**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/084835**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|------------|----|--------------------------------------|
| US                                        | 10149413   | B1 | 04 December 2018                     | NONE                    |            |    |                                      |
| GB                                        | 2560338    | A  | 12 September 2018                    | NONE                    |            |    |                                      |
| US                                        | 2005259402 | A1 | 24 November 2005                     | CN                      | 1700454    | A  | 23 November 2005                     |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2005332863 | A  | 02 December 2005                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2005259402 | A1 | 24 November 2005                     |
| US                                        | 2003067748 | A1 | 10 April 2003                        | JP                      | 3676719    | B2 | 27 July 2005                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2003116282 | A  | 18 April 2003                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2003067748 | A1 | 10 April 2003                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2003067749 | A1 | 10 April 2003                        |
| US                                        | 2008160246 | A1 | 03 July 2008                         | AT                      | 505067     | T  | 15 April 2011                        |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 101170873  | A  | 30 April 2008                        |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 1916884    | A1 | 30 April 2008                        |
|                                           |            |    |                                      | ES                      | 2363025    | T3 | 19 July 2011                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2008112967 | A  | 15 May 2008                          |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2008160246 | A1 | 03 July 2008                         |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. H01L23/46 B64D27/24 H05K7/20 H01L23/467 H01L23/473  
 ADD. B64D13/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

#### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B64D H01L H05K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

#### C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                          | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Y          | US 10 149 413 B1 (DEDE ERCAN M [US] ET AL)<br>4. Dezember 2018 (2018-12-04)<br>Spalte 3, Zeile 59 - Spalte 6, Zeile 63<br>-----             | 1-12               |
| Y          | GB 2 560 338 A (ARRIVAL LTD [GB])<br>12. September 2018 (2018-09-12)<br>Seite 8, Zeile 19 - Seite 12, Zeile 26;<br>Abbildungen 6-8<br>----- | 1-12               |
| A          | US 2005/259402 A1 (YASUI HIDEHIKO [JP] ET AL)<br>24. November 2005 (2005-11-24)<br>Absätze [0056] - [0090]; Abbildungen 2, 6-10<br>-----    | 1-12               |
| A          | US 2003/067748 A1 (TAMBA AKIHIRO [JP] ET AL)<br>10. April 2003 (2003-04-10)<br>Absätze [0028] - [0036]; Abbildung 1<br>-----<br>-/-         | 1-12               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. März 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/04/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lambert, Brice

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                    |                    |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                            | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A                                                     | US 2008/160246 A1 (BUHLER ERNST [CH] ET AL) 3. Juli 2008 (2008-07-03)<br>Abbildung 11<br>-----     | 1-12               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/084835

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| US 10149413                                        | B1                            | 04-12-2018                        | KEINE                                                                                                                                                                    |
| GB 2560338                                         | A                             | 12-09-2018                        | KEINE                                                                                                                                                                    |
| US 2005259402                                      | A1                            | 24-11-2005                        | CN 1700454 A 23-11-2005<br>JP 2005332863 A 02-12-2005<br>US 2005259402 A1 24-11-2005                                                                                     |
| US 2003067748                                      | A1                            | 10-04-2003                        | JP 3676719 B2 27-07-2005<br>JP 2003116282 A 18-04-2003<br>US 2003067748 A1 10-04-2003<br>US 2003067749 A1 10-04-2003                                                     |
| US 2008160246                                      | A1                            | 03-07-2008                        | AT 505067 T 15-04-2011<br>CN 101170873 A 30-04-2008<br>EP 1916884 A1 30-04-2008<br>ES 2363025 T3 19-07-2011<br>JP 2008112967 A 15-05-2008<br>US 2008160246 A1 03-07-2008 |