

(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  
21. März 2019 (21.03.2019)



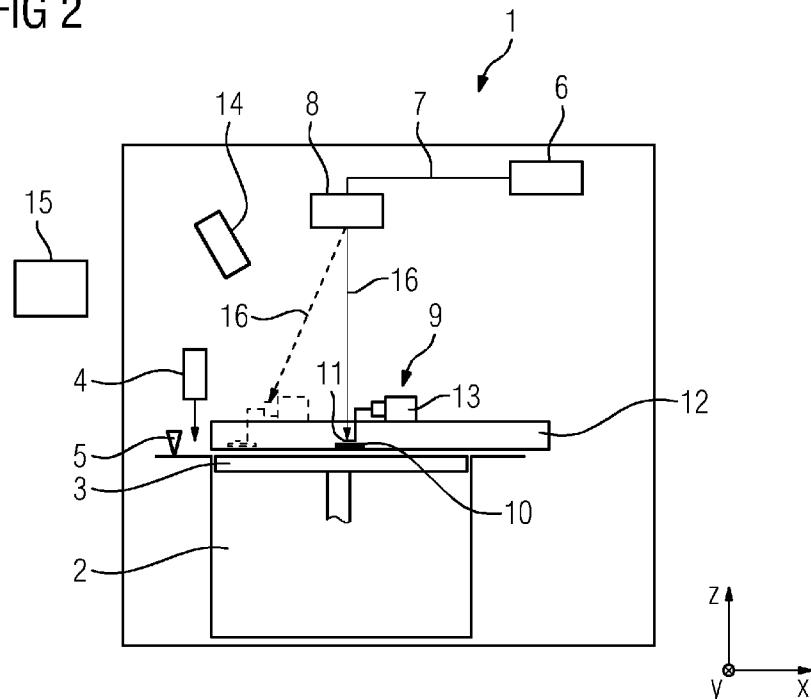
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/052802 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
B22F 3/105 (2006.01) B29C 64/295 (2017.01)  
B33Y 30/00 (2015.01)
- (71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/073063
- (72) Erfinder: CASPER, Johannes; Konradstr. 17, 85737 Ismaning (DE). LEUTERER, Martin; Karl-Theodor-Str. 1, 82140 Olching (DE). OTT, Michael; Kuhlendahl 127B, 45470 Mülheim an der Ruhr (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
28. August 2018 (28.08.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (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, 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,
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2017 216 411.5  
15. September 2017 (15.09.2017) DE

(54) Title: METHOD FOR GENERATIVE PRODUCTION OF COMPONENTS AND DEVICE FOR CARRYING OUT THE METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR GENERATIVEN HERSTELLUNG VON BAUTEILEN SOWIE VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for the generative production of components by irradiating a powder bed arranged on a platform (3) and extending in a plane spanning in an X-direction and a Y-direction, wherein a laser beam (16) is selectively directed to a processing region of the powder bed surface, while the selectively irradiated processing region is inductively preheated using at least one induction coil (10, 11) of a heating device (9), wherein the at least one induction coil (10, 11) is moved within a plane extending substantially parallel to the powder bed by moving in the X-direction and/or in the Y-direction in the direct surroundings of the processing region, characterized in that the laser beam (16) is directed to the powder bed surface using a scan device (8), and that the platform (3) is moved in the X-direction and/or in the Y-direction during processing of predetermined sub-regions of the processing

WO 2019/052802 A1

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).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

region in order to avoid a collision of the laser beam (16) with a component of the heating device (9). The invention further relates to a device (1) for carrying out the method.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur generativen Herstellung von Bauteilen durch Bestrahlen eines auf einer Plattform (3) angeordneten, sich in einer durch eine X-Richtung und einer Y-Richtung aufgespannten Ebene erstreckenden Pulverbetts, indem ein Laserstrahl (16) selektiv auf einen Bearbeitungsbereich der Pulverbettoberfläche gerichtet wird, während der selektiv bestrahlte Bearbeitungsbereich induktiv unter Verwendung wenigstens einer Induktionsspule (10, 11) einer Heizeinrichtung (9) vorgewärmt wird, indem die wenigstens eine Induktionsspule (10, 11) innerhalb einer sich im Wesentlichen parallel zum Pulverbett erstreckenden Ebene durch Verfahren in X-Richtung und/oder in Y-Richtung in unmittelbare Umgebung des Bearbeitungsbereiches bewegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (16) unter Verwendung einer Scaneinrichtung (8) auf die Pulverbettoberfläche gerichtet wird, und dass die Plattform (3) bei der Bearbeitung vorbestimmter Teilbereiche des Bearbeitungsbereiches in X-Richtung und/oder in Y-Richtung bewegt wird, um eine Kollision des Laserstrahls (16) mit einer Komponente der Heizeinrichtung (9) zu vermeiden. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung (1) zur Durchführung des Verfahrens.

## Beschreibung

Verfahren zur generativen Herstellung von Bauteilen sowie  
5 Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur genera-  
tiven Herstellung von Bauteilen durch Bestrahlen eines auf  
einer Plattform angeordneten, sich in einer durch eine X-  
10 Richtung und einer Y-Richtung aufgespannten Ebene erstrecken-  
den Pulverbetts, indem ein Laserstrahl selektiv auf einen Be-  
arbeitungsbereich der Pulverbettoberfläche gerichtet wird,  
während der selektiv bestrahlte Bearbeitungsbereich induktiv  
unter Verwendung wenigstens einer Induktionsspule einer Heiz-  
15 einrichtung vorgewärmt wird, indem die wenigstens eine Induk-  
tionsspule innerhalb einer sich im Wesentlichen parallel zum  
Pulverbett erstreckenden Ebene durch Verfahren in X-Richtung  
und/oder in Y-Richtung in unmittelbare Umgebung des Bearbei-  
tungsbereiches bewegt wird. Ferner betrifft die vorliegende  
20 Erfindung eine entsprechende Vorrichtung zur generativen Her-  
stellung von Bauteilen.

Verfahren zur generativen Herstellung von Bauteilen sind im  
Stand der Technik bekannt, wie das selektive Laserschmelzen  
25 (SLM Selective Laser Melting), um nur ein Beispiel zu nennen.  
Bei derartigen Verfahren wird ein pulverförmiger Werkstoff  
schichtweise aufgetragen und unter Einsatz eines Laserstrahls  
in einem Bearbeitungsbereich, der häufig auch als Aufbau- und  
Fügezone bezeichnet wird, lokal geschmolzen oder gesintert,  
30 um das Bauteil nach und nach aufzubauen, wobei als Laserquel-  
le ein CO<sub>2</sub>-Laser, ein Nd:Yag-Laser, ein Yb-Faserlaser oder  
ein Diodenlaser eingesetzt werden kann.

Bei der Bearbeitung von schwer oder nicht schmelz- bzw.  
35 schweißbaren Werkstoffen bietet es sich an, das Pulver vor  
dem lokalen Schmelzen oder Sintern vorzuwärmen, um insbeson-  
dere der so genannten Heißrissbildung vorzubeugen. In diesem  
Zusammenhang schlägt beispielsweise die WO 2013/152751 A1  
vor, zur Vorwärmung des Pulvers eine Heizeinrichtung mit zu-

mindest einer Induktionsspule einzusetzen, die innerhalb einer zwischen der Strahlquelle und dem Pulverbett angeordneten Ebene, die sich im Wesentlichen parallel zum Pulverbett erstreckt, durch Verfahren in X-Richtung und/oder in Y-Richtung in die unmittelbare Umgebung des Bearbeitungsbereiches bewegt werden kann. Gemäß einer beschriebenen Ausführungsform sind zwei einander kreuzende, jeweils U-förmig ausgebildete Induktionsspulen vorgesehen, von denen die eine ausschließlich in X-Richtung und die andere ausschließlich in Y-Richtung verfahrbar ist. Der Bearbeitungsbereich, auf den der Laserstrahl gerichtet wird, ist hierbei stets im Kreuzungsbereich der beiden Induktionsspulen gewählt.

Ein Nachteil bei der konstruktiven Realisierung der in der WO 2013/152751 A1 beschriebenen Vorrichtung kann dann auftreten, wenn es bezüglich der Plattform und der Einhausung der Vorrichtung größenmäßige Beschränkungen gibt, da die Heizeinrichtung einschließlich ihrer Hochfrequenzspulen und Bewegungsarme eine nicht zu unterschätzende Baugröße aufweist. Dies kann dazu führen, dass einige Punkte der Pulverbettoberfläche durch Komponenten der Heizeinrichtung, wie beispielsweise durch einen der Spulenarme oder durch eine der Hochfrequenzspulenzuführungen zu den eigentlichen Induktionsspulen abgeschattet werden, so dass diese Punkte für den Laserstrahl oder eine ggf. vorhandene Prozessüberwachung nicht zugänglich sind.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein alternatives Verfahren sowie eine alternative Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren der eingangs genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass der Laserstrahl unter Verwendung einer Scaneinrichtung auf die Pulverbettoberfläche gerichtet wird, und dass die Plattform bei der Bearbeitung vorbestimmter Teilbereiche des Bearbeitungsbereiches in X-Richtung und/oder

in Y-Richtung bewegt wird, um eine Kollision des Laserstrahls mit einer Komponente der Heizeinrichtung zu vermeiden.

Unter einer Scaneinrichtung wird vorliegend eine Einrichtung  
5 verstanden, die den Laserstrahl in unterschiedlichen Abstrahlrichtungen ablenkt, um den Laserstrahl auf diese Weise auf jeden gewünschten Punkt der Pulverbettoberfläche richten zu können. Die Verwendung einer solchen Scaneinrichtung ist im Stand der Technik an und für sich bekannt. Sie bringt  
10 grundsätzlich den wesentlichen Vorteil mit sich, dass sämtliche Bereiche der Pulverbettoberfläche bearbeitet werden können, ohne hierzu die Laserstrahlquelle oder die Plattform bewegen zu müssen. In Kombination mit der zwischen der Scaneinrichtung und der Plattform angeordneten Heizeinrichtung kann  
15 es allerdings beim Bestrahlen einiger Teilbereiche oder Punkte der Pulverbettoberfläche, also bei bestimmten Abstrahlwinkeln der Scaneinrichtung wie zuvor bereits beschrieben dazu kommen, dass die Teilbereiche oder Punkte von einer Komponente der Heizeinrichtung abgeschattet werden. Zur Bearbeitung  
20 eines solchen Teilbereiches oder Punktes wird die Plattform erfindungsgemäß in X-Richtung und/oder in Y-Richtung unter Veränderung des zur Bearbeitung dieses Teilbereiches erforderlichen Abstrahlwinkels derart bewegt, dass die Zugänglichkeit des Teilbereiches oder Punktes für den Laserstrahl gegeben  
25 ist.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden eine erste Induktionsspule, die zumindest in einer ersten Richtung bewegbar ist, und eine zweite Induktionsspule  
30 zur Vorwärmung des Bearbeitungsbereiches eingesetzt, die zumindest in einer zweiten Richtung bewegbar ist, die sich insbesondere orthogonal zur ersten Richtung erstreckt, wobei die erste Induktionsspule und die zweite Induktionsspule übereinander und einander kreuzend oder in einer gemeinsamen Ebene  
35 ineinander oder vertikal übereinander an jedem Punkt einer sich oberhalb und parallel zu der Pulverbettoberfläche erstreckenden Ebene angeordnet werden können. Auf diese Weise

wird ein einfacher Aufbau der Heizeinrichtung bei kleiner Bauweise gewährleistet.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden eine größere erste Induktionsspule, die länglich und im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist, die Plattform in Y-Richtung überspannt und in X-Richtung bewegbar ist, und eine kleinere zweite Induktionsspule zur Vorwärmung des Bearbeitungsbereiches eingesetzt, die oberhalb oder in einer gemeinsamen Ebene innerhalb oder unterhalb der ersten Induktionsspule angeordnet und in X-Richtung sowie in Y-Richtung bewegbar ist, wobei die Bewegung in X-Richtung mit der Bewegung der ersten Induktionsspule gekoppelt sein kann.

Vorteilhaft wird die Vorwärmtemperatur durch Verändern der Leistung der wenigstens einen Induktionsspule und/oder durch Verändern eines Abstands zwischen der wenigstens einen Induktionsspule und der Oberfläche des Pulverbetts eingestellt. Entsprechend kann die Vorwärmtemperatur optimal insbesondere an den zu verarbeitenden Werkstoff angepasst werden.

Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Ist-Temperatur des Pulverbetts im Bearbeitungsbereich oder eine diese physikalisch repräsentierende Größe kontinuierlich oder in regelmäßigen zeitlichen Abständen erfasst, und die Vorwärmtemperatur wird basierend auf den erfassten Ist-Werten bezogen auf einen Soll-Wert geregelt. Auf diese Weise wird die Konstanz des Verfahrens verbessert.

Ferner schafft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur generativen Herstellung von Bauteilen, umfassend einen Pulverbettraum mit einer sich in einer durch eine X-Richtung und eine Y-Richtung aufgespannten Ebene erstreckenden, insbesondere in einer Z-Richtung bewegbaren Plattform, eine Pulverzuführeinrichtung, die dazu ausgelegt ist, der Plattform Pulver zuzuführen und das zugeführte Pulver in einer gleichmäßigen Pulverschicht auf dieser aufzutragen, eine Laserstrahlquelle und eine Scaneinrichtung, die dazu ausgelegt sind, eine Ober-

fläche eines im Pulverbettraum auf der Plattform angeordneten Pulverbetts selektiv zu bestrahlen, eine Heizeinrichtung mit wenigstens einer Induktionsspule, die innerhalb einer zwischen der Scaneinrichtung und dem Pulverbett angeordneten Ebene, die sich im Wesentlichen parallel zur Plattform erstreckt, in X-Richtung und/oder in Y-Richtung bewegbar ist, und zumindest eine Steuerung zum Steuern der Bewegungen der Plattform und der wenigstens einen Induktionsspule sowie zum Steuern der Pulverzuführeinrichtung, der Laserstrahlquelle und der Scaneinrichtung, wobei die Plattform in X-Richtung und in Y-Richtung bewegbar ist.

Bevorzugt ist eine erste Induktionsspule, die zumindest in einer ersten Richtung bewegbar ist, und eine zweite Induktionsspule vorgesehen, die zumindest in einer zweiten Richtung bewegbar ist, die sich insbesondere orthogonal zur ersten Richtung erstreckt, wobei die erste Induktionsspule und die zweite Induktionsspule übereinander und einander kreuzend oder in einer gemeinsamen Ebene ineinander oder vertikal übereinander an jedem Punkt einer sich oberhalb und parallel zur Pulverbettoberfläche erstreckenden Ebene angeordnet werden können.

Vorteilhaft ist eine größere erste Induktionsspule, die länglich und im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist, die Plattform in Y-Richtung überspannt und in X-Richtung bewegbar ist, und eine kleinere zweite Induktionsspule vorgesehen, die oberhalb oder in einer gemeinsamen Ebene innerhalb oder unterhalb der ersten Induktionsspule angeordnet in X-Richtung sowie in Y-Richtung bewegbar ist, wobei die Bewegung in X-Richtung mit der Bewegung der ersten Induktionsspule gekoppelt sein kann.

Gemäß einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Vorwärmtemperatur durch Verändern der Leistung der wenigstens einen Induktionsspule und/oder durch Verändern eines Abstands zwischen der wenigstens einen Induktionsspule und der Oberfläche des Pulverbetts einstellbar.

Bevorzugt ist zumindest ein Mittel zum Erfassen einer Ist-Vorwärmtemperatur des Pulverbetts in einem Bearbeitungsbe-  
reich oder einer diese physikalisch repräsentierenden Größe  
vorgesehen, beispielsweise in Form eines Pyrometers, einer  
5 Wärmebildkamera oder dergleichen, und die Steuerung ist ein-  
gerichtet, die Vorwärmtemperatur basierend auf den erfassten  
Ist-Werten bezogen auf einen Soll-Wert zu regeln.

Die Steuerung ist vorteilhaft zur Durchführung eines erfin-  
10 dungsgemäßen Verfahrens der zuvor beschriebenen Art ausge-  
legt.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung wer-  
den anhand der nachfolgenden Beschreibung einer Vorrichtung  
15 und eines Verfahrens gemäß Ausführungsformen der vorliegenden  
Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung  
deutlich. Darin ist

Figur 1 eine schematische Draufsicht einer Vorrichtung zur  
20 generativen Herstellung von Bauteilen gemäß einer  
Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Figur 2 eine schematische Seitenansicht der Vorrichtung in  
Richtung des Pfeils II in Figur 1 und  
25

Figur 3 eine schematische Seitenansicht gemäß Figur 2, bei  
der sich eine Plattform der Vorrichtung in einer  
anderen Position befindet.

30 Die Figuren zeigen eine Vorrichtung 1 zur generativen Her-  
stellung von Bauteilen. Die Vorrichtung 1 umfasst einen Pul-  
verbettraum 2, der zumindest in einer X-Richtung verfahrbar  
ist, insbesondere in eine X-Richtung und in eine Y-Richtung.  
In dem Pulverbettraum 2 ist eine Plattform 3 angeordnet, die  
35 sich innerhalb einer durch die X-Richtung und die Y-Richtung  
aufgespannten Ebene erstreckt und in einer Z-Richtung inner-  
halb des Pulverbettraums 2 auf- und abwärts bewegt werden  
kann. Eine Pulverzuführeinrichtung der Vorrichtung 1, die da-

zu ausgelegt ist, dem Pulverbettraum 2 Pulver zuzuführen und das zugeführte Pulver in einer gleichmäßigen Pulverschicht aufzutragen, wird vorliegend durch eine Pulverabgabeeinrichtung 4 und ein Rakel 5 gebildet, das in X-Richtung über die gesamte Plattform 3 hin und her bewegt werden kann. Die Vorrichtung 1 umfasst ferner eine Laserstrahlquelle 6, bei der es sich um einen CO<sub>2</sub>-Laser, einen Nd:Yag-Laser, einen Yb-Faserlaser oder einen Diodenlaser handeln kann. Die Laserstrahlquelle 6 ist über eine Strahlführung 7 mit einer oberhalb der Plattform 3 angeordneten Scaneinrichtung 8 verbunden, die dazu ausgelegt ist, eine Oberfläche eines auf der Plattform 3 angeordneten Pulverbetts selektiv zu bestrahlen. Ferner ist eine Heizeinrichtung 9 vorgesehen, die zur selektiven Vorwärmung des zu schmelzenden oder zu sinternden Pulvers ausgelegt ist. Die Heizeinrichtung 9 umfasst vorliegend zwei Induktionsspulen 10 und 11. Bei der Induktionsspule 10 handelt es sich um eine größere Induktionsspule, die länglich und im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist, die Plattform 3 in Y-Richtung überspannt und in X-Richtung entlang einer ersten Führung 12 hin und her bewegt werden kann. Die Induktionsspule 11 ist kleiner als die Induktionsspule 10 ausgebildet, vorliegend oberhalb der Induktionsspule 10 angeordnet und in X-Richtung entlang der ersten Führung 12 sowie in Y-Richtung entlang einer zweiten Führung 13 bewegbar, wobei die Bewegung der Induktionsspule 11 in X-Richtung mit der Bewegung der Induktionsspule 10 in X-Richtung gekoppelt sein kann, um einen Antrieb einzusparen. Die Vorrichtung 1 umfasst des Weiteren ein Mittel 14, beispielsweise in Form eines Pyrometers, zum Erfassen einer Ist-Vorwärmtemperatur des Pulverbetts in einem Bearbeitungsbereich oder zum Erfassen einer die Ist-Vorwärmtemperatur physikalisch repräsentierenden Größe. Ferner ist eine Steuerung 15 zum Steuern der Bewegungen der Plattform 3 bzw. des Pulverbettraums 2, der Pulverabgabeeinrichtung 4, des Rakels 5, der Laserstrahlquelle 6, der Scaneinrichtung 8 und der Heizeinrichtung 9 vorgesehen.

Zur Generierung eines Bauteils wird unter Verwendung der Pulverabgabeeinrichtung 4 und des Rakels 5 in einem ersten

Schritt ein Pulverbett gleichmäßiger Dicke auf der Plattform 3 aufgetragen. In einem weiteren Schritt wird der von der Laserstrahlquelle 6 erzeugte Laserstrahl 16 unter Einsatz der Steuerung 15 in an sich bekannter Weise über die Scaneinrichtung 8 auf die Pulverbettoberfläche gerichtet, um Pulver entsprechend der gewünschten Bauteilstruktur selektiv zu schmelzen oder zu sintern. Dabei erfolgt eine lokale Vorwärmung des zu schmelzenden oder zu sinternden Werkstoffs unter Einsatz der Heizeinrichtung 8. Genauer gesagt werden die Induktionsspulen 10 und 11 gemeinsam mit dem Laserstrahl 16 über die Oberfläche der auf der Plattform 3 angeordneten Pulverschicht bewegt, wobei die Induktionsspule 11 von oben betrachtet stets innerhalb der Induktionsspule 10 angeordnet und der Laserstrahl im Wesentlichen mittig in den durch die Induktionsspule 10 definierten Bereich gelenkt wird. Die durch die Heizeinrichtung 9 bewirkte Vorwärmtemperatur lässt sich durch Verändern der Leistung der Induktionsspulen 10 und 11 und/oder durch Verändern eines Abstands zwischen den Induktionsspulen 10 und 11 und der Oberfläche des Pulverbetts einstellen bzw. verändern. Vorliegend wird eine Ist-Temperatur des Pulverbetts im Bearbeitungsbereich unter Einsatz des Pyrometers 12 erfasst und bezogen auf einen in der Steuerung 15 hinterlegten Soll-Temperaturwert geregelt.

Wie es in Figur 2 schematisch anhand der gestrichelten Linien dargestellt ist, kann es aufgrund der Abmessungen der Heizeinrichtung 9 bei bestimmten Abstrahlwinkeln der Scaneinrichtung 8 vorkommen, dass ein zu schmelzender oder zu sinternder Punkt auf der Oberfläche der Pulverschicht durch eine Komponente der Heizeinrichtung 8, vorliegend durch die Hochfrequenzspulenzuführungen der Induktionsspule 11, abgeschattet wird, so dass er für den Laserstrahl 16 nicht erreichbar ist. Zur Lösung dieser Problematik ist die Steuerung 15 erfindungsgemäß derart programmiert, dass der Pulverbettraum 2 zusammen mit seiner Plattform 3 zur Bearbeitung solcher Punkte der Pulverbettoberfläche innerhalb der X-Y-Ebene verfahren wird, wie es in Figur 3 dargestellt ist, um die Zugänglichkeit für den Laserstrahl zu gewährleisten.

Ein wesentlicher Vorteil des Aufbaus der zuvor beschriebenen Vorrichtung 1 besteht darin, dass trotz der zwischen der Scaneinrichtung 8 und der Plattform 3 angeordneten Heizeinrichtung 9 jeder Punkt auf der Oberfläche des Pulverbetts bearbeitet werden kann, indem die Plattform 3 im Falle einer Abschattung innerhalb der X-Y-Ebene in eine geeignete Position verfahren wird, in der sowohl eine Vorwärmung des Punktes durch die Heizeinrichtung 9 als auch eine Bearbeitung des Punktes mit dem Laserstrahl 16 abschattungsfrei erfolgen kann. Dabei sind nur geringe bauliche Vergrößerungen der Vorrichtung 1 in Kauf zu nehmen.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen. So sollte klar sein, dass Form und Größe der Induktionsspulen 10 und 11 geeignet verändert werden können. Gleiches gilt für ihre relative Ausrichtung zueinander, solange sie ineinander oder einander kreuzend oder abdeckend übereinander angeordnet werden. Ebenso ist es natürlich möglich, die Heizeinrichtung 9 mit nur einer einzelnen Induktionsspule auszustatten.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur generativen Herstellung von Bauteilen durch Bestrahlen eines auf einer Plattform (3) angeordneten, sich in einer durch eine X-Richtung und einer Y-Richtung aufgespannten Ebene erstreckenden Pulverbetts, indem ein Laserstrahl (16) selektiv auf einen Bearbeitungsbereich der Pulverbett-oberfläche gerichtet wird, während der selektiv bestrahlte Bearbeitungsbereich induktiv unter Verwendung wenigstens einer Induktionsspule (10, 11) einer Heizeinrichtung (9) vorgewärmt wird, indem die wenigstens eine Induktionsspule (10, 11) innerhalb einer sich im Wesentlichen parallel zum Pulverbett erstreckenden Ebene durch Verfahren in X-Richtung und/oder in Y-Richtung in unmittelbare Umgebung des Bearbeitungsbereiches bewegt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (16) unter Verwendung einer Scaneinrichtung (8) auf die Pulverbett-oberfläche gerichtet wird, und dass die Plattform (3) bei der Bearbeitung vorbestimmter Teilbereiche des Bearbeitungsbereiches in X-Richtung und/oder in Y-Richtung bewegt wird, um eine Kollision des Laserstrahls (16) mit einer Komponente der Heizeinrichtung (9) zu vermeiden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Induktionsspule (10), die zumindest in einer ersten Richtung (X) bewegbar ist, und eine zweite Induktionsspule (11) zur Vorwärmung des Bearbeitungsbereiches eingesetzt werden, die zumindest in einer zweiten Richtung (Y) bewegbar ist, die sich insbesondere orthogonal zur ersten Richtung (X) erstreckt, wobei die erste Induktionsspule (10) und die zweite Induktionsspule (11) übereinander und einander kreuzend oder in einer gemeinsamen Ebene ineinander oder vertikal übereinander an jedem Punkt einer sich oberhalb und parallel zu der Pulverbett-oberfläche erstreckenden Ebene angeordnet werden können.

35

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine größere erste Induktionsspule (10), die länglich und im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist, die Plattform (3) in

einer Y-Richtung überspannt und in einer X-Richtung bewegbar ist, und eine kleinere zweite Induktionsspule (11) zur Vorwärmung des Bearbeitungsbereiches eingesetzt werden, die oberhalb, in einer gemeinsamen Ebene innerhalb oder unterhalb  
5 der ersten Induktionsspule (10) angeordnet und in X-Richtung sowie in Y-Richtung bewegbar ist, wobei die Bewegung in X-Richtung mit der Bewegung der ersten Induktionsspule (10) gekoppelt sein kann.

10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorwärmtemperatur durch Verändern der Leistung der wenigstens einen Induktionsspule (10, 11) und/oder durch Verändern eines Abstands zwischen der wenigstens einen Induktionsspule (10, 11) und der Oberfläche des  
15 Pulverbetts eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ist-Temperatur des Pulverbetts im Bearbeitungsbereich oder eine diese physikalisch repräsentierende Größe kontinuierlich oder in regelmäßigen zeitlichen  
20 Abständen erfasst und basierend auf den erfassten Ist-Werten die Vorwärmtemperatur bezogen auf einen Soll-Wert geregelt wird.

25 6. Vorrichtung (1) zur generativen Herstellung von Bauteilen, umfassend

- einen Pulverbettraum (2) mit einer sich in einer durch eine X-Richtung und eine Y-Richtung aufgespannten Ebene erstreckenden, insbesondere in einer Z-Richtung bewegbaren  
30 Plattform (3),
- eine Pulverzuführeinrichtung (4, 5), die dazu ausgelegt ist, der Plattform (3) Pulver zuzuführen und das zugeführte Pulver in einer gleichmäßigen Pulverschicht auf dieser aufzutragen,
- 35 - eine Laserstrahlquelle (6) und eine Scaneinrichtung (8), die dazu ausgelegt sind, eine Oberfläche eines im Pulverbettraum (2) auf der Plattform (3) angeordneten Pulverbetts selektiv zu bestrahlen,

- eine Heizeinrichtung (9) mit wenigstens einer Induktionsspule (10, 11), die innerhalb einer zwischen der Scaneinrichtung (8) und dem Pulverbett angeordneten Ebene, die sich im Wesentlichen parallel zur Plattform (3) erstreckt, in X-Richtung und/oder in Y-Richtung bewegbar ist, und  
5 - zumindest eine Steuerung (15) zum Steuern der Bewegungen der Plattform (3) und der wenigstens einen Induktionsspule (10, 11) sowie zum Steuern der Pulverzuführeinrichtung (4, 5), der Laserstrahlquelle (6) und der Scaneinrichtung (8),  
10 wobei die Plattform (3) in X-Richtung und in Y-Richtung bewegbar ist.

7. Vorrichtung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Induktionsspule (10) vorgesehen ist, die zumindest in einer ersten Richtung bewegbar ist, und dass eine  
15 zweite Induktionsspule (11) vorgesehen ist, die zumindest in einer zweiten Richtung bewegbar ist, die sich insbesondere orthogonal zur ersten Richtung erstreckt, wobei die erste Induktionsspule (10) und die zweite Induktionsspule (11) übereinander und einander kreuzend oder in einer gemeinsamen Ebene  
20 ineinander oder vertikal übereinander an jedem Punkt einer sich oberhalb und parallel zur Pulverbettoberfläche erstreckenden Ebene angeordnet werden können.

8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine größere erste Induktionsspule (10) vorgesehen ist, die länglich und im Wesentlichen U-förmig ausgebildet ist, die Plattform in Y-Richtung überspannt und in X-Richtung  
25 bewegbar ist, und dass eine kleinere zweite Induktionsspule (11) vorgesehen ist, die oberhalb oder in einer gemeinsamen Ebene innerhalb oder unterhalb der ersten Induktionsspule (10) angeordnet in X-Richtung sowie in Y-Richtung bewegbar  
30 ist, wobei die Bewegung in X-Richtung mit der Bewegung der ersten Induktionsspule gekoppelt sein kann.

35

9. Vorrichtung (1) nach 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorwärmtemperatur durch Verändern der Leistung der wenigstens einen Induktionsspule (10, 11) und/oder durch Ver-

ändern eines Abstands zwischen der wenigstens einen Induktionsspule (10, 11) und der Oberfläche des Pulverbetts einstellbar ist.

5 10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Mittel (14) zum Erfassen einer Ist-Vorwärmtemperatur des Pulverbetts in einem Bearbeitungsbe-  
reich oder einer diese physikalisch repräsentierenden Größe  
10 vorgesehen ist und die Steuerung (15) derart eingerichtet ist, die Vorwärmtemperatur basierend auf den erfassten Ist-Werten bezogen auf einen Soll-Wert zu regeln.

11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 10, da-  
durch gekennzeichnet, dass die Steuerung (15) zur Durchfüh-  
15 rung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausgelegt ist.

FIG 1

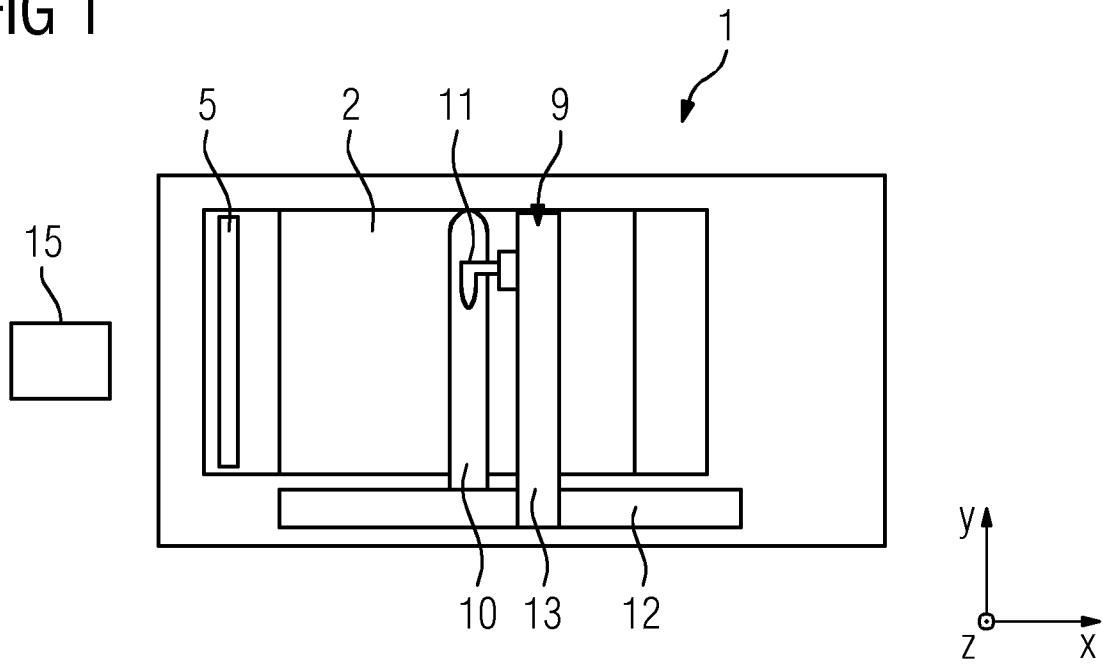


FIG 2

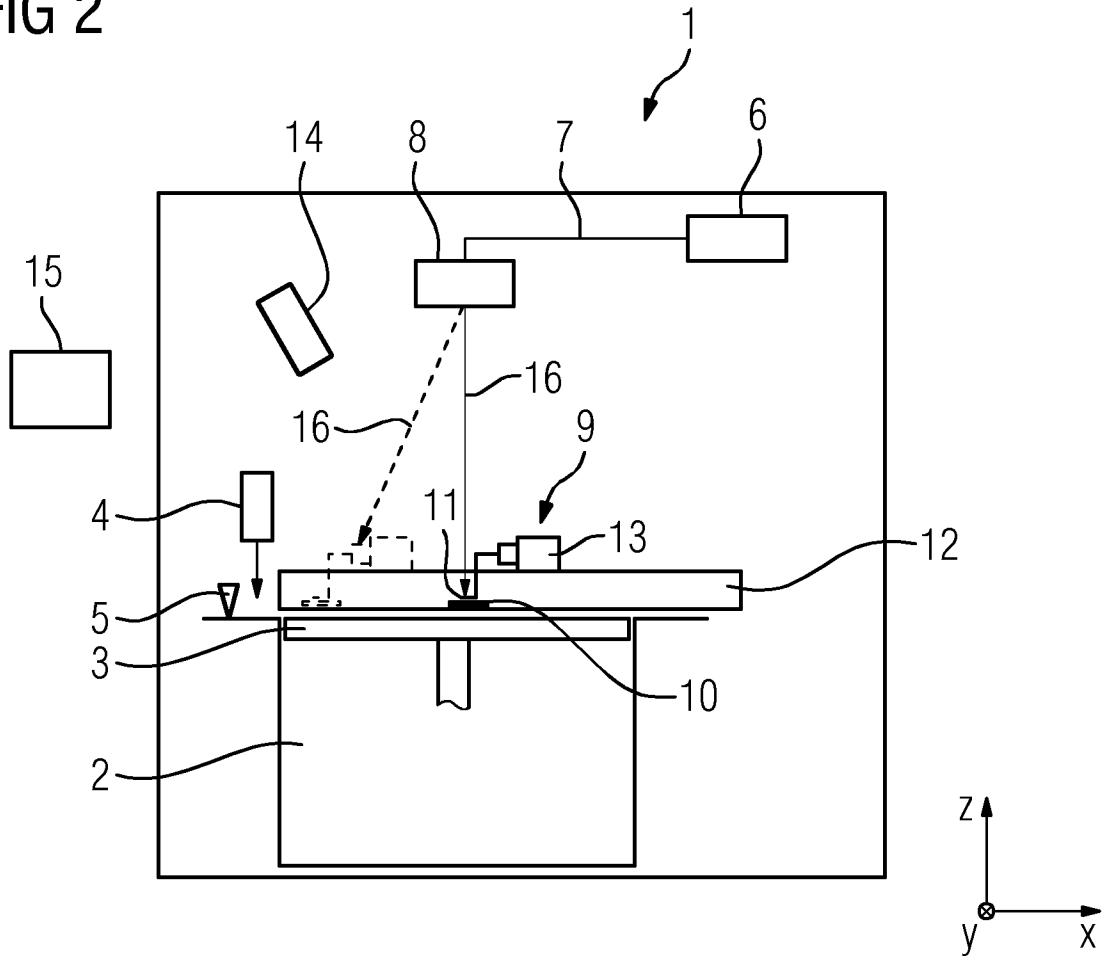
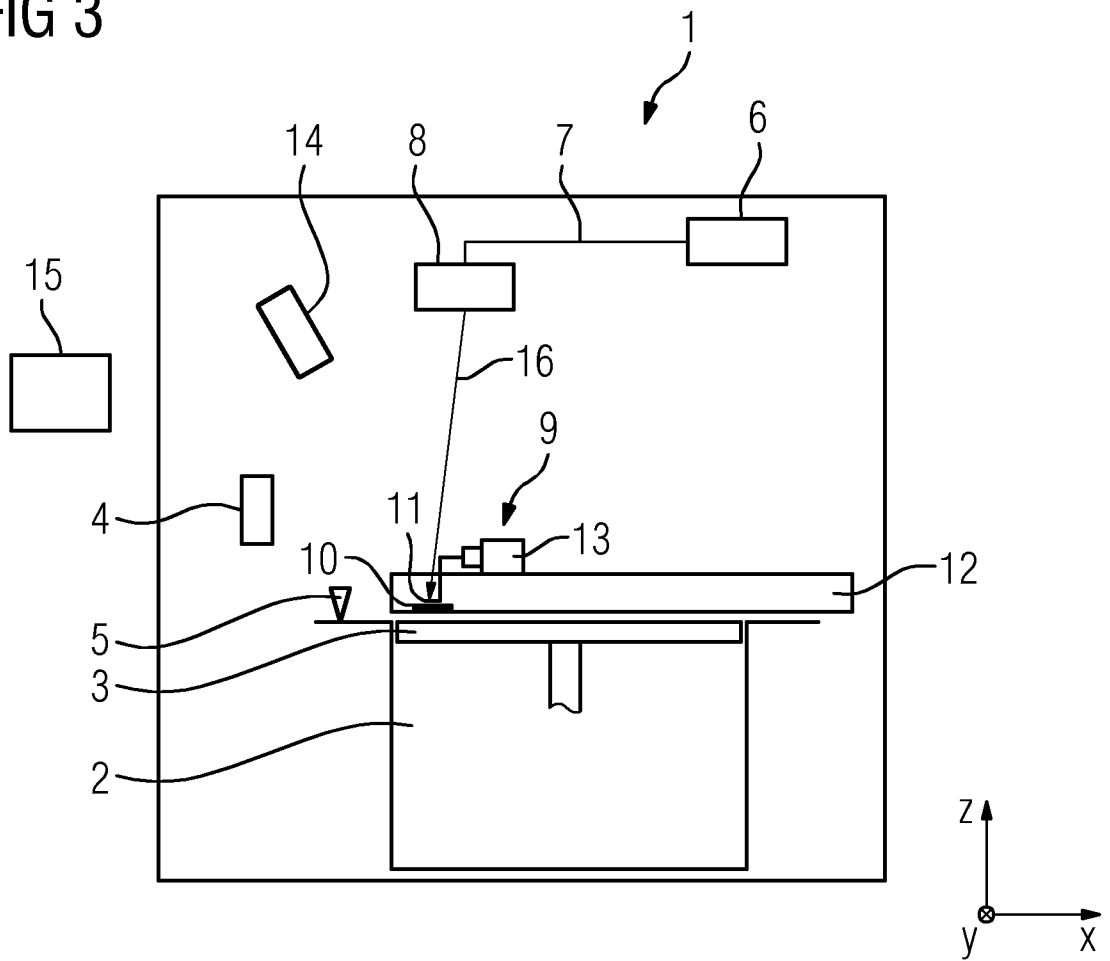


FIG 3



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2018/073063**

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b><br><i>B22F 3/105</i> (2006.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)i; <i>B29C 64/295</i> (2017.01)i<br><br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |   |
|--|--|---|
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br><br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>B22F; B33Y; B29C<br><br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br><br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX   |  |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |  |   |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.   |
| X<br>Y   | US 2017190108 A1 (HOLLAND SAMUEL [US] ET AL) 06 July 2017 (2017-07-06)<br>paragraphs [0018], [0029], [0039]<br>figure 1<br>claims 1-20 | 1,3-6,8-11<br>2,7   |
| Y  | EP 2789413 A1 (MTU AERO ENGINES AG) 15 October 2014 (2014-10-15)<br>claims 1-15<br>paragraph [0023]                                    | 2,7   |
| A  | US 2015307385 A1 (KLEIN JOHN [US] ET AL) 29 October 2015 (2015-10-29)<br>paragraphs [0052], [0066]                                     | 1-11  |
| A  | US 2016151833 A1 (TSAO CHE-CHIH [TW]) 02 June 2016 (2016-06-02)<br>paragraphs [0067], [0068]   | 1-11  |
| A  | DE 102012206122 A1 (MTU AERO ENGINES AG) 17 October 2013 (2013-10-17)<br>paragraph [0017]  | 1-11  |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.   |  |   |
| * Special categories of cited documents:<br>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>“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)<br>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” document member of the same patent family |  |   |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>20 November 2018</b>   |  | Date of mailing of the international search report<br><b>27 November 2018</b> |
| Name and mailing address of the ISA/EP<br><b>European Patent Office<br/>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk<br/>Netherlands</b><br>Telephone No. (+31-70)340-2040<br>Facsimile No. (+31-70)340-3016  |  | Authorized officer<br><b>Reich, Claus</b><br><br>Telephone No.                |

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

International application No.

**PCT/EP2018/073063**

| Patent document cited in search report |              |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|--|--------------|----|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| US                                     | 2017190108   | A1 | 06 July 2017                      | NONE                    |                                   |
| EP                                     | 2789413      | A1 | 15 October 2014                   | EP 2789413 A1           | 15 October 2014                   |
|  |              |    |                                   | US 2016074965 A1        | 17 March 2016                     |
|  |              |    |                                   | WO 2014166567 A1        | 16 October 2014                   |
| US                                     | 2015307385   | A1 | 29 October 2015                   | US 2015307385 A1        | 29 October 2015                   |
|  |              |    |                                   | US 2017081236 A1        | 23 March 2017                     |
|  |              |    |                                   | US 2018148364 A1        | 31 May 2018                       |
| US                                     | 2016151833   | A1 | 02 June 2016                      | TW 201632345 A          | 16 September 2016                 |
|  |              |    |                                   | US 2016151833 A1        | 02 June 2016                      |
| DE                                     | 102012206122 | A1 | 17 October 2013                   | DE 102012206122 A1      | 17 October 2013                   |
|  |              |    |                                   | EP 2836323 A1           | 18 February 2015                  |
|  |              |    |                                   | US 2015064050 A1        | 05 March 2015                     |
|  |              |    |                                   | WO 2013152751 A1        | 17 October 2013                   |

| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES<br>INV. B22F3/105 B33Y30/00 B29C64/295<br>ADD.  |   |  |
|---|---|--|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC   |   |  |
| B. RECHERCHIERTE GEBIETE<br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>B22F B33Y B29C  |   |  |
| 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)<br>EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX  |   |  |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN   |   |  |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile              | Betr. Anspruch Nr.                                 |
| X   | US 2017/190108 A1 (HOLLAND SAMUEL [US] ET AL) 6. Juli 2017 (2017-07-06)   | 1,3-6,<br>8-11                                     |
| Y   | Absätze [0018], [0029], [0039]<br>Abbildung 1<br>Ansprüche 1-20   | 2,7  |
| Y   | -----<br>EP 2 789 413 A1 (MTU AERO ENGINES AG) 15. Oktober 2014 (2014-10-15)<br>Ansprüche 1-15<br>Absatz [0023] | 2,7  |
| A   | -----<br>US 2015/307385 A1 (KLEIN JOHN [US] ET AL) 29. Oktober 2015 (2015-10-29)<br>Absätze [0052], [0066]      | 1-11   |
| A   | -----<br>US 2016/151833 A1 (TSAO CHE-CHIH [TW]) 2. Juni 2016 (2016-06-02)<br>Absätze [0067], [0068]             | 1-11   |
|   | -----<br>-/--   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie  |   |  |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"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)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"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<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"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<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |   |  |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche   |   | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts |
| 20. November 2018   |   | 27/11/2018   |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |   | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Reich, Claus  |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |   |                    |
|---|---|--------------------|
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile    | Betr. Anspruch Nr. |
| A   | DE 10 2012 206122 A1 (MTU AERO ENGINES AG)<br>17. Oktober 2013 (2013-10-17)<br>Absatz [0017]<br>----- | 1-11               |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/073063

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2017190108 A1                                   | 06-07-2017                    | KEINE                             |                               |
| EP 2789413 A1                                      | 15-10-2014                    | EP 2789413 A1                     | 15-10-2014                    |
|  |                               | US 2016074965 A1                  | 17-03-2016                    |
|  |                               | WO 2014166567 A1                  | 16-10-2014                    |
| US 2015307385 A1                                   | 29-10-2015                    | US 2015307385 A1                  | 29-10-2015                    |
|  |                               | US 2017081236 A1                  | 23-03-2017                    |
|  |                               | US 2018148364 A1                  | 31-05-2018                    |
| US 2016151833 A1                                   | 02-06-2016                    | TW 201632345 A                    | 16-09-2016                    |
|  |                               | US 2016151833 A1                  | 02-06-2016                    |
| DE 102012206122 A1                                 | 17-10-2013                    | DE 102012206122 A1                | 17-10-2013                    |
|  |                               | EP 2836323 A1                     | 18-02-2015                    |
|  |                               | US 2015064050 A1                  | 05-03-2015                    |
|  |                               | WO 2013152751 A1                  | 17-10-2013                    |