

(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
05. März 2020 (05.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/043419 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22F 3/105 (2006.01) B29C 64/153 (2017.01)
B23K 26/142 (2014.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B23K 26/14 (2014.01) B33Y 30/00 (2015.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/070698

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Juli 2019 (31.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 121 136.8
29. August 2018 (29.08.2018) DE

(71) Anmelder: EOS GMBH ELECTRO OPTICAL SYSTEMS [DE/DE]; Robert-Stirling-Ring 1, 82152 Krailling

(DE). MTU AERO ENGINES AG [DE/DE]; Dachauer Straße 665, 80995 München (DE).

(72) Erfinder: CASPER, Johannes; Linprunstraße 33, 80335 München (DE). LEUTERER, Martin; Karl-Theodor-Straße 1, 82140 Olching (DE). MEHL, Sebastian; Birkenstraße 5, 62178 Puchheim (DE). KRÜGER, Alexander; Schellingstraße 52, 73431 Aalen (DE). SCHADE, Martin; Konstanzer Straße 44A, 80809 München (DE). EDELHÄUSER, Sebastian; Wasserburger Landstraße 14a, 85604 Zorneding (DE). SCHILLING, Alexander; Grüntenstraße 20, 87499 Wildpoldsried (DE).

(74) Anwalt: HOFSTETTER, SCHURACK & PARTNER; Patent- und Rechtsanwaltskanzlei, PartG mbB, Balanstr. 57, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

(54) Title: LAYERING APPARATUS FOR THE ADDITIVE MANUFACTURE OF AT LEAST ONE COMPONENT REGION OF A COMPONENT, METHOD FOR OPERATING SUCH A LAYERING APPARATUS, AND STORAGE MEDIUM

(54) Bezeichnung: SCHICHTBAUVORRICHTUNG ZUR ADDITIVEN HERSTELLUNG ZUMINDEST EINES BAUTEILBEREICHES EINES BAUTEILS, VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN SCHICHTBAUVORRICHTUNG UND SPEICHERMEDIUM

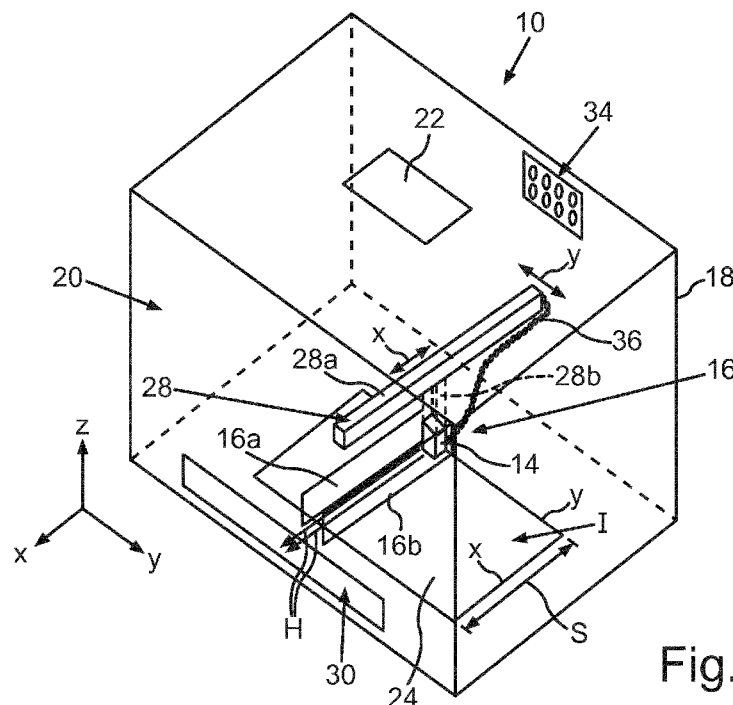


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a layering apparatus (10) for the additive manufacture of at least one component region of a component (40) by means of an additive layering method. The layering apparatus (10) comprises a process chamber (20), within which there are arranged: at least one construction field (I) for constructing the component region in layers from a material (56); at least one flow-guiding device (16) which comprises at least one channel (36) having an outlet opening (14a) for introducing a shielding gas into the process chamber (20); and a gas outlet device (30) which is stationary relative to the construction field (I) for discharging



WO 2020/043419 A1

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, 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)

the shielding gas from the process chamber (20). The flow-guiding device (16) is designed, during operation of the layering apparatus (10), to arrange an end region of the channel (36) of the flow-guiding device (16) comprising the outlet opening (14a) above a plane of the construction field (I) and to move said end region relative to the plane of the construction field (I) in such a way that at least a predominant part of the protective gas can be guided locally over a sub-region of the construction field (I) in a main flow direction (H) at least substantially parallel to the plane of the construction field (I). The invention also relates to a method for operating such a layering apparatus (10), and to a storage medium having a program code for controlling such a layering apparatus (10).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Schichtbauvorrichtung (10) zur additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils (40) durch ein additives Schichtbauverfahren. Die Schichtbauvorrichtung (10) umfasst eine Prozesskammer (20), innerhalb welcher zumindest ein Baufeld (I) zum schichtweisen Aufbauen des Bauteilbereichs aus einem Werkstoff (56), wenigstens eine Strömungsleiteinrichtung (16), welche mindestens einen Kanal (36) mit einer Austrittsöffnung (14a) zum Einleiten eines Schutzgases in die Prozesskammer (20) umfasst, und eine bezüglich des Baufelds (I) ortsfeste Gasauslasseinrichtung (30) zum Abführen des Schutzgases aus der Prozesskammer (20) angeordnet sind. Die Strömungsleiteinrichtung (16) ist dazu ausgebildet, im Betrieb der Schichtbauvorrichtung (10) einen die Austrittsöffnung (14a) umfassenden Endbereich des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung (16) oberhalb einer Ebene des Baufelds (I) anzuordnen und derart relativ zur Ebene des Baufelds (I) zu bewegen, dass zumindest ein überwiegender Teil des Schutzgases entlang einer zur Ebene des Baufelds (I) zumindest im Wesentlichen parallelen Hauptströmungsrichtung (H) lokal über einen Teilbereich des Baufelds (I) leitbar ist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Schichtbauvorrichtung (10) sowie ein Speichermedium mit einem Programmcode zum Steuern einer solchen Schichtbauvorrichtung (10).

Schichtbauvorrichtung zur additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils,
Verfahren zum Betreiben einer solchen Schichtbauvorrichtung und Speichermedium

Beschreibung

5

Die Erfindung betrifft eine Schichtbauvorrichtung zur additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils, ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Schichtbauvorrichtung sowie ein Speichermedium mit einem Programmcode zum Steuern einer solchen Schichtbauvorrichtung.

10

Bei so genannten additiven bzw. generativen Fertigungsverfahren (sog. Rapid Manufacturing- bzw. Rapid Prototyping-Verfahren) wird ein Bauteilbereich bzw. ein vollständiges Bauteil, bei dem es sich beispielsweise um ein Bauteil einer Strömungsmaschine bzw. eines Flugtriebwerks handeln kann, schichtweise aufgebaut. Vorwiegend metallische Bauteile werden in der Regel durch Laser- bzw. Elektronenstrahlschmelz- oder -sinterverfahren hergestellt. Dabei wird zunächst schichtweise ein meist pulverförmiger Werkstoff im Bereich eines Baufelds bzw. einer Aufbau- und Fügezone aufgetragen, um eine Pulverschicht zu bilden. Anschließend wird der Werkstoff lokal verfestigt, indem dem Werkstoff im Bereich des Baufelds Energie mittels wenigstens eines Energiestrahls zugeführt wird, wodurch der Werkstoff schmilzt bzw. sintert und eine Bauteilschicht bildet. Der Energiestrahle wird dabei in Abhängigkeit einer Schichtinformation der jeweils herzustellenden Bauteilschicht gesteuert. Die Schichtinformationen werden üblicherweise aus einem 3D-CAD-Körper des Bauteils erzeugt und in einzelne Bauteilschichten unterteilt. Nach dem Verfestigen des geschmolzenen Werkstoffs wird die Bauplattform schichtweise um eine vordefinierte Schichtdicke abgesenkt. Danach werden die genannten Schritte bis zur endgültigen Fertigstellung des gewünschten Bauteilbereichs oder des gesamten Bauteils wiederholt. Der Bauteilbereich bzw. das Bauteil kann dabei grundsätzlich auf einer Bauplattform oder auf einem bereits erzeugten Teil des Bauteils oder Bauteilbereichs bzw. auf einer Stützstruktur hergestellt werden. Die Vorteile dieser additiven Fertigung liegen insbesondere in der Möglichkeit, sehr komplexe Bauteilgeometrien mit Hohlräumen, Hinterschnitten und dergleichen im Rahmen eines einzelnen Verfahrens herstellen zu können.

15

20

25

30

Als problematisch bei diesen Schichtbauverfahren ist der Umstand anzusehen, dass sich häufig Zonen mit Verwirbelungen der Pulverschicht oder Staub sowie sonstige Verunreinigungen wie etwa Kondensat, Rauch oder Spratzer bilden, die sich unkontrolliert auf dem Baufeld, auf aufgeschmolzenem Pulver oder auf bereits verfestigten Bereichen der Bauteilschicht ablagern. Dies
5 kann zu entsprechenden Verunreinigungen, Einschlüssen und Prozessstörungen und damit letztlich zu einer Verminderung der Bauteilqualität führen.

Um derartige Probleme zu verringern, ist es bekannt, über einen Kanal Schutzgas zu einer Decke einer Prozesskammer der verwendeten Schichtbauvorrichtung zu leiten, um einen globalen, das
10 heißt auf das gesamte Baufeld wirkenden Schutzgasstrom zu erzeugen, der von oben in die Prozesskammer auf das Baufeld geleitet und über eine in der Prozesskammer im Bereich des Baufelds angeordnete globale Gasauslasseinrichtung wieder abgeführt wird, um das Aufsteigen von Rauch, Staub, Kondensat und dergleichen zu verhindern und etwaige Verunreinigungen abzu-
15 transportieren. Allerdings darf der Schutzgasstrom nicht zu stark eingestellt werden, da er ansonsten die Pulverschicht aufwirbeln würde. Daher ist ein solcher globaler Schutzgasstrom nur eingeschränkt wirksam gegen die genannten Verunreinigungen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Schichtbauvorrichtung und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Schichtbauvorrichtung anzugeben, welche eine prozesssicherere additive
20 Herstellung von Bauteilschichten eines Bauteils mit höherer Qualität ermöglichen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Speichermedium mit einem Programmcode anzugeben, welcher eine entsprechende Steuerung einer solchen Schichtbauvorrichtung sicherstellt.

Die Aufgaben werden erfindungsgemäß durch eine Schichtbauvorrichtung mit den Merkmalen
25 des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Schichtbauvorrichtung gemäß Patentanspruch 14 sowie durch ein Speichermedium gemäß Patentanspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen jedes Erfindungsaspekts als vorteilhafte Ausgestaltung der jeweils anderen Erfindungsaspekte und umgekehrt anzu-
30 sehen sind.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Schichtbauvorrichtung zur additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils durch ein additives Schichtbauverfahren. Die Schichtbauvorrichtung weist eine Prozesskammer auf, innerhalb welcher zumindest ein Baufeld zum schichtweisen Aufbauen des Bauteilbereichs aus einem Werkstoff, wenigstens eine Strömungsleiteinrichtung, welche mindestens einen Kanal mit einer Austrittsöffnung zum Einleiten eines Schutzgases in die Prozesskammer umfasst, und eine bezüglich des Baufelds ortsfeste Gasauslasseinrichtung zum Abführen des Schutzgases aus der Prozesskammer angeordnet sind. Eine prozesssicherere additive Herstellung von Bauteilschichten eines Bauteils mit höherer Qualität wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Strömungsleiteinrichtung dazu ausgebildet ist, im Betrieb der Schichtbauvorrichtung einen die Austrittsöffnung, d. h. einen Gaseinlass, umfassenden Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung oberhalb einer Ebene des Baufelds anzuordnen und derart relativ zur Ebene des Baufelds zu bewegen, dass zumindest ein überwiegender Teil des Schutzgases entlang einer zur Ebene des Baufelds zumindest im Wesentlichen parallelen Hauptströmungsrichtung lokal über einen Teilbereich des Baufelds leitbar ist. Mit anderen Worten ist es im Unterschied zum Stand der Technik vorgesehen, dass mittels der Strömungsleiteinrichtung kein globaler, sondern ein lokaler Schutzgasstrom erzeugbar ist, der dementsprechend nicht auf das gesamte Baufeld, sondern nur auf einen Teilbereich des Baufelds wirkt. Mit anderen Worten strömt der lokale Schutzgasstrom nicht innerhalb eines Volumens der Prozesskammer, das oberhalb der gesamten Fläche des Baufelds liegt, sondern nur innerhalb eines Volumens der Prozesskammer, das oberhalb einer Teilfläche des Baufelds liegt. Der Teilbereich bzw. die Teilfläche kann dabei grundsätzlich eine Fläche aufweisen, die 90 %, 89 %, 88 %, 87 %, 86 %, 85 %, 84 %, 83 %, 82 %, 81 %, 80 %, 79 %, 78 %, 77 %, 76 %, 75 %, 74 %, 73 %, 72 %, 71 %, 70 %, 69 %, 68 %, 67 %, 66 %, 65 %, 64 %, 63 %, 62 %, 61 %, 60 %, 59 %, 58 %, 57 %, 56 %, 55 %, 54 %, 53 %, 52 %, 51 %, 50 %, 49 %, 48 %, 47 %, 46 %, 45 %, 44 %, 43 %, 42 %, 41 %, 40 %, 39 %, 38 %, 37 %, 36 %, 35 %, 34 %, 33 %, 32 %, 31 %, 30 %, 29 %, 28 %, 27 %, 26 %, 25 %, 24 %, 23 %, 22 %, 21 %, 20 %, 19 %, 18 %, 17 %, 16 %, 15 %, 14 %, 13 %, 12 %, 11 %, 10 %, 9 %, 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 %, 3 %, 2 %, 1 % oder weniger der Gesamtfläche des Baufelds entspricht, wobei entsprechende Zwischenwerte als mit offenbart anzusehen sind. Die Erstreckung des lokalen Schutzgasstroms wird hierbei derart ermittelt, dass im Bereich einer Projektion ausgehend von der Austrittsöffnung des Kanals eine Strömungsgeschwindigkeit oberhalb einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit liegt und/oder ein Volumenstrom oberhalb eines vorgegebenen Mindestwerts liegt und/oder ein Massenstrom oberhalb eines vorgegebenen

Mindestwerts liegt und/oder eine Strömungsrichtung innerhalb einer vorgegebenen Maximalabweichung liegt, wobei sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Ausdehnung des lokalen Schutzgasstroms berücksichtigt werden. Vorzugsweise wird bei der Ermittlung der Erstreckung des lokalen Schutzgasstroms lediglich ein baufeldnahes Volumen der Prozesskammer oberhalb des Baufelds betrachtet. Beispielsweise kann die vorgegebene Mindestgeschwindigkeit 30% oder 50% der Maximalgeschwindigkeit nach dem Austreten des Prozessgases aus der Austrittsöffnung betragen. Beispielsweise kann die vorgegebene Maximalabweichung 30° oder 45° relativ zu der Strömungsrichtung, die der Schutzgasstrom beim Austreten aus der Austrittsöffnung hat, betragen. Mittels dieser Kriterien kann der lokale Schutzgasstrom z. B. von Turbulenzen oder von ungerichtet innerhalb der Prozesskammer verlaufenden Gasbewegungen, aber auch von einem global das Baufeld überströmenden Schutzgasstrom nach dem Stand der Technik unterschieden werden. Durch die Bewegbarkeit der Austrittsöffnung kann der Flächenanteil des von Schutzgas überströmten Teilbereichs des Baufelds während eines mit Hilfe der Schichtbauvorrichtung durchgeführten Schichtbauverfahrens ein- oder mehrfach variiert werden. Eine einfache Möglichkeit zur Einstellung des maximal möglichen Teilbereichs kann beispielsweise durch eine entsprechende Wahl oder Einstellung der horizontalen Abmessung der Austrittsöffnung erfolgen. Weiterhin wird der Schutzgasstrom mittels der Strömungsleiteinrichtung derart erzeugt, dass seine Hauptströmungsrichtung nach dem Austritt aus der Austrittsöffnung des Kanals nicht senkrecht zum Baufeld, sondern in einem Abstand parallel oder annähernd parallel zum Baufeld bzw. zu einer Ebene, die das Baufeld umfasst, ausgerichtet ist. Unter einer zumindest im Wesentlichen parallelen Hauptströmungsausrichtung des Schutzgasstroms sind neben exakt parallelen Hauptströmungsausrichtungen, das heißt exakt parallel zu einer x-/y-Ebene der Schichtbauvorrichtung angeordneten Hauptströmungen, auch geringfügig, das heißt um $\pm 20^\circ$ von einer exakt parallelen Ausrichtung abweichende Hauptströmungsausrichtungen zu verstehen, also beispielsweise betragsmäßig um 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19° oder 20° abweichende Hauptströmungsausrichtungen, jeweils gemessen an der Austrittsöffnung des Kanals bzw. einer Einleiteinrichtung des Kanals. Die Hauptströmungsausrichtung des Schutzgasstroms kann beispielsweise über das arithmetische Mittel einer Anzahl von Strömungsrichtungen bestimmt werden, wobei die einzelnen Strömungsrichtungen oder -linien z. B. gemessen, simuliert oder anderweitig ermittelt werden können. Die Abweichungen sollten aber generell auf Winkel beschränkt werden, bei denen gewährleistet ist, dass der Schutzgasstrom in einem Abstand zur Pulverschicht über die Pulverschicht geleitet wird und diese nicht aufgewir-

belt oder anderweitig beeinträchtigt. Hierdurch können Verunreinigungen besonders zuverlässig abgeführt werden, da eine vergleichsweise starke Schutzgasströmung unmittelbar im Bereich der Verunreinigungen erzeugt werden kann, ohne dass es zu einem unerwünschten Aufwirbeln der Pulverschicht kommt. Durch die zumindest im Wesentlichen parallele Ausrichtung kann zudem das bisher erforderliche Umlenken einer senkrecht auf das Baufeld gerichteten Schutzgasströmung vermieden werden. Eine etwaige Ausbreitung bzw. Auffächerung des Schutzgasstroms nach dem Austritt aus dem Kanal kann toleriert und über geringe Distanzen beispielsweise durch eine entsprechende Ausrichtung und Gestaltung der Austrittsöffnung des Kanals sowie durch Kontrolle der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Volumenstroms des Schutzgases ausreichend kontrolliert werden. Da die erfindungsgemäße Strömungsleiteinrichtung zudem relativ zum Baufeld bewegbar ist, kann der Kanal bzw. seine Austrittsöffnung bedarfsweise dort positioniert werden, wo zu einem bestimmten Zeitpunkt die meisten Verunreinigungen auftreten. Da lediglich ein lokaler Schutzgasstrom erzeugt werden muss, ist zudem das benötigte Schutzgasvolumen wesentlich geringer als bei globalen Schutzgasströmen, wodurch die erfindungsgemäße Strömungsleiteinrichtung einfacher realisierbar ist und geringere Betriebskosten verursacht. Der Kanal ist vorzugsweise als Verschlauchung oder Verrohrung ausgebildet, die beispielsweise über eine Schnittstelle in einer Wandung der Prozesskammer mit einem außerhalb der Prozesskammer angeordneten Gasvorrat verbunden ist, aus dem Gas innerhalb des Kanals zur Austrittsöffnung transportiert wird. Die Prozesskammer der Schichtbauvorrichtung umfasst einen Hohlraum oberhalb des Baufelds, das Baufeld bildet in der Regel einen Teil einer Bodenfläche der Prozesskammer. Die Prozesskammer umfasst (insbesondere senkrecht) aufsteigende Wandungen, deren Anordnung häufig einer z. B. rechteckigen Umrissform des Baufelds folgt und die einen gewissen Abstand zum Baufeld einhalten. Der Hohlraum der Prozesskammer wird nach oben hin abgeschlossen von einer Decke, die z. B. horizontal ausgebildet sein, aber auch Schrägen umfassen kann. Die Gasauslasseinrichtung kann in einer Wandung der Prozesskammer und/oder angrenzend an einen bzw. nahe einem Rand des Baufelds angeordnet sein. Die Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung bildet eine in der Regel im Wesentlichen vertikale Schnittstelle zwischen einem Hohlraum einer Gasabführung stromabwärts der Eintrittsöffnung und einem durch die Prozesskammer gebildeten Hohlraum.

Zusammenfassend ermöglicht es die erfindungsgemäße Strömungsleiteinrichtung, einen Schutzgasstrom über eine Distanz zwischen der mobilen Auslassöffnung des Kanals und der stationären

Gasauslasseinrichtung zu leiten. Hierdurch kann eine Ausbreitung von Verunreinigungen innerhalb der Prozesskammer besonders effektiv verhindert und ein schnellerer und direkter Abtransport der Verunreinigungen zur Gasauslasseinrichtung bewirkt werden. Ein Einsatz der Strömungsleiteinrichtung in Verbindung mit der unbeweglichen Gasauslasseinrichtung ermöglicht es
5 zudem vorteilhaft, auf eine oder mehrere mobile, das heißt relativ zum Baufeld bewegbare globale oder lokale Gasauslasseinrichtung(en) zu verzichten. Generell sind „ein/eine“ im Rahmen dieser Offenbarung als unbestimmte Artikel zu lesen, also ohne ausdrücklich gegenteilige Angabe immer auch als „mindestens ein/mindestens eine“. Umgekehrt können „ein/eine“ auch als „nur ein/nur eine“ verstanden werden. Als Schutzgas kann generell jedes geeignete Gas oder Gasgemisch
10 verwendet werden, das unter den jeweiligen Herstellungsbedingungen nicht zu einer Verschlechterung der Bauteilqualität führt. Beispielsweise kann das Schutzgas Argon und/oder ein anderes Edelgas bzw. Edelgasgemisch (He, Ne, Kr, Xe) umfassen oder sein. Vorzugsweise weist das Schutzgas möglichst geringe Verunreinigungen an Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Wasser(dampf) auf. Unter einer möglichst geringen Verunreinigung werden jeweils Gehalte von
15 höchstens 20 ppm, insbesondere von höchstens 10 ppm oder weniger verstanden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schichtbauvorrichtung eine Pulverzuführung zum Auftrag von mindestens einer Pulverschicht des Werkstoffs im Bereich des Baufelds und/oder mindestens eine Strahlungsquelle zum Erzeugen wenigstens eines
20 Energiestrahls zum schichtweisen und lokalen Verschmelzen und/oder Versintern des Werkstoffs zum Ausbilden einer Bauteilschicht durch selektives Bestrahlen des Werkstoffs mit dem wenigstens einen Energiestahl umfasst. Die Schichtbauvorrichtung kann beispielsweise grundsätzlich als selektive Lasersinter- und/oder Laserschmelzvorrichtung ausgebildet sein und einen oder mehrere Laser als Strahlungsquelle(n) aufweisen. Zur Erzeugung eines Laserstrahls als Energiestahl kann beispielsweise ein CO₂-Laser, Nd:YAG-Laser, Yb-Faserlaser, Diodenlaser oder dergleichen
25 vorgesehen sein. Ebenso ist es möglich, dass die Vorrichtung als Elektronenstrahlsinter- und/oder -schmelzvorrichtung ausgebildet ist, das heißt eine oder mehrere Elektronenquellen als Strahlungsquelle(n) zur Erzeugung eines Elektronenstrahls als Energiestahl aufweist. Auch beliebige Kombinationen von elektromagnetischer Strahlung und Teilchenstrahlung sind denkbar.
30 In Abhängigkeit des verwendeten Werkstoffs und der Bestrahlungsstrategie kann es beim Bestrahlen zu einem Aufschmelzen und/oder zu einem Versintern des Werkstoffs kommen, so dass im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter dem Begriff „Verschweißen“ auch „Versintern“

und umgekehrt verstanden werden kann. Vorzugsweise werden der oder die Energiestrahlen über einen oder mehrere energiestrahltransparente Bereiche der Prozesskammerwandung und/oder Prozesskammerdecke (z. B. Einkoppelfenster) in die Prozesskammer eingekoppelt bzw. eingelassen und durchqueren den Hohlraum der Prozesskammer auf ihrem Weg hin zum Baufeld, wo er bzw. sie gezielt lokal die selektive Verfestigung des Werkstoffs bewirken.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Strömungsleiteinrichtung wenigstens ein Leitflächensegment zum Begrenzen einer Ausbreitung des in die Prozesskammer eingeleiteten Schutzgases umfasst. Mit Hilfe des wenigstens einen Leitflächensegments kann die typische Ausbreitung eines ungeführten Schutzgasstroms einseitig, zweiseitig, dreiseitig oder mehrseitig begrenzt und/oder der Schutzgasstrom geleitet werden. Damit kann ein Abtransport von Verunreinigungen noch zielgenauer und effektiver erfolgen. Das wenigstens eine Leitflächensegment stellt auf konstruktiv einfache Weise eine geometrisch optimal an den jeweiligen Anwendungsfall anpassbare Druckseite bereit, mittels welcher der Schutzgasstrom begrenzt und/oder in eine gewünschte Richtung gelenkt werden kann. Das Leitflächensegment kann in einfachster Ausgestaltung als „Leitblech“ oder Leitplatte ausgebildet sein, wobei das Leitflächensegment grundsätzlich aus metallischen und/oder nicht-metallischen Materialien oder Verbundwerkstoffen ausgebildet sein kann. Weiterhin kann das Leitflächensegment in Abhängigkeit der gewünschten Strömungsführung gerade oder gekrümmt ausgebildet sein. Vorzugsweise ist das wenigstens eine Leitflächensegment als von dem Kanal bzw. seiner Austrittsöffnung separates Bauteil der Strömungsleiteinrichtung ausgebildet. Dadurch kann ein Abstand zwischen dem Leitflächensegment und der Austrittsöffnung variabel eingestellt werden. Dies stellt einen erheblichen Gewinn an Flexibilität durch die Koordinierbarkeit der relativen Bewegungen von Austrittsöffnung und Leitflächensegment innerhalb der Prozesskammer dar.

Dabei kann vorgesehen sein, dass das wenigstens eine Leitflächensegment zumindest bereichsweise (hoch-)energiestrahltransparent, insbesondere lasertransparent ist. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, einen Strömungsführungskanal auszubilden, durch welchen aufgrund der (hoch-)energiestrahltransparenten Eigenschaft des Leitflächensegments hindurch dennoch eine Verfestigung des Werkstoffs stattfinden kann. Beispielsweise kann das Leitflächensegment teilweise oder vollständig lasertransparent sein, so dass ein Laserstrahl durch das Leitflächensegment auf den Werkstoff geleitet werden kann, um diesen selektiv zu verfestigen. Ebenso kann ei-

ne elektronenstrahltransparente Ausgestaltung vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich besteht das wenigstens eine Leitflächensegment zumindest bereichsweise aus einem nicht-induktionsfähigen Material, insbesondere aus einem hochtemperaturfesten Kunststoff, aus einer Keramik, aus einem Verbundwerkstoff oder aus einer beliebigen Kombination hieraus. Hierdurch kann das Leitflächensegment vorteilhaft in Verbindung mit induktiven Heizeinrichtungen verwendet bzw. in deren Nähe angeordnet werden, ohne dass es zu einer unerwünschten Erwärmung des Leitflächensegments aufgrund induzierter Ströme kommt. Unter einem hochtemperaturfesten Kunststoff sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung Hochleistungskunststoffe mit hoher Temperaturbeständigkeit zu verstehen, welche eine Dauergebrauchstemperatur von mindestens 150 °C, insbesondere von mindestens 300 °C besitzen. Ein Beispiel für einen solchen Hochleistungskunststoff ist Polyetheretherketon (abgekürzt PEEK), das zur Stoffgruppe der Polyaryletherketone gehört und eine Schmelztemperatur von etwa 335 °C besitzt. Allerdings können generell auch andere Hochleistungskunststoffe, Kombinationen mehrerer Hochleistungskunststoffe sowie Verbundwerkstoffe mit einem oder mehreren Hochleistungskunststoffen zur Herstellung des Leitflächensegments verwendet werden. Ebenso können andere geeignete nicht-induktionsfähige Materialien verwendet werden wie etwa keramische Werkstoffe. Generell können aber auch nicht-magnetische Metalle oder Metalllegierungen vorgesehen sein.

Dabei hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn das wenigstens eine Leitflächensegment eine Längserstreckung von mindestens 50 %, vorzugsweise von mindestens 70% und besonders bevorzugt von mindestens 100%, das heißt von 50 %, 51 %, 52 %, 53 %, 54 %, 55 %, 56 %, 57 %, 58 %, 59 %, 60 %, 61 %, 62 %, 63 %, 64 %, 65 %, 66 %, 67 %, 68 %, 69 %, 70 %, 71 %, 72 %, 73 %, 74 %, 75 %, 76 %, 77 %, 78 %, 79 %, 80 %, 81 %, 82 %, 83 %, 84 %, 85 %, 86 %, 87 %, 88 %, 89 %, 90 %, 91 %, 92 %, 93 %, 94 %, 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 %, 100 % oder mehr einer Baufeldseite und/oder eines Baufelddurchmessers des Baufelds besitzt. Hierdurch kann der Anteil der Strecke zwischen der Austrittsöffnung des als lokale Gaszuführung fungierenden Kanals der Strömungsleiteinrichtung und der Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung, entlang welcher die Strömungsleiteinrichtung den Schutzgasstrom zumindest abschnittsweise leitet, optimal eingestellt und gegebenenfalls in einem Korridor über die gesamte Länge des Baufelds (100 %) verwirklicht werden. Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass das wenigstens eine Leitflächensegment und der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung relativ zueinander bewegbar sind. Hierdurch kann die Austrittsöffnung

beispielsweise entlang des Leitflächensegments bewegt werden, wobei das Leitflächensegment permanent den Schutzgasstrom begrenzt und führt.

Weitere Vorteile ergeben sich, indem die Strömungsleiteinrichtung wenigstens zwei Leitflächen-
5 segmente umfasst, welche einander gegenüberliegend angeordnet sind und/oder welche eine Austrittsöffnung des Kanals der Strömungsleiteinrichtung für das Schutzgas bezogen auf das Baufeld begrenzen. Hierdurch kann der Schutzgasstrom zwei- oder mehrseitig begrenzt und geführt werden. Indem die wenigstens zwei Leitflächensegmente relativ zueinander feststehend oder relativ zueinander bewegbar angeordnet sind, kann wahlweise eine konstante oder eine ver-
10 änderbare Begrenzung bzw. Strömungsführung des Schutzgasstroms realisiert werden. Beispielsweise können zwei oder mehr Leitflächensegmente relativ zueinander translatorisch bewegbar, beispielsweise verschiebbar und/oder ineinander teleskopierbar sein, um eine variable Geometrie eines durch die Leitflächensegmente geformten bzw. begrenzten Strömungskanals zu erlauben. Dies ermöglicht eine optimierte Strömungsführung bei unterschiedlich dimensionierten
15 Bauteilschichten. Alternativ oder zusätzlich können zwei oder mehr Leitflächensegmente relativ zueinander rotatorisch bewegbar, beispielsweise verkippar bzw. verschwenkbar sein, um eine Begrenzung bzw. Umlenkung des Schutzgasstroms zu realisieren.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass wenigstens ein
20 Leitflächensegment in einem Winkel zwischen 60° und 120° , also beispielsweise in einem Winkel von 60° , 61° , 62° , 63° , 64° , 65° , 66° , 67° , 68° , 69° , 70° , 71° , 72° , 73° , 74° , 75° , 76° , 77° , 78° , 79° , 80° , 81° , 82° , 83° , 84° , 85° , 86° , 87° , 88° , 89° , 90° , 91° , 92° , 93° , 94° , 95° , 96° , 97° , 98° , 99° , 100° , 101° , 102° , 103° , 104° , 105° , 106° , 107° , 108° , 109° , 110° , 111° , 112° , 113° , 114° , 115° , 116° , 117° , 118° , 119° oder 120° , zum Baufeld angeordnet ist. Mit anderen Worten
25 ist das Leitflächensegment senkrecht (90°) zum Baufeld bzw. zu einer Ebene, welche das Baufeld umfasst, angeordnet, wobei Schrägstellungen von bis zu $\pm 30^\circ$ vorgesehen sein können.

Hierdurch kann die Ausbreitung des im Wesentlichen parallel zum Baufeld strömenden Schutzgases ein- oder mehrseitig begrenzt und gerichtet bzw. gegebenenfalls umgelenkt werden. Beispielsweise kann der Schutzgasstrom quer zur Hauptströmungsrichtung, das heißt senkrecht mit
30 einer Abweichung von bis zu $\pm 30^\circ$ begrenzt bzw. geleitet werden. Dies erlaubt eine ein- oder mehrseitige Begrenzung der Ausbreitung des Schutzgasstroms und einen zielgenaueren und effektiveren Abtransport von Verunreinigungen. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass bezogen auf

das Baufeld ein höchster Punkt wenigstens eines Leitflächensegments im Betrieb der Schichtbauvorrichtung einen größeren Abstand zum Baufeld besitzt als ein höchster Punkt einer Austrittsöffnung des Kanals der Strömungsleiteinrichtung. Mit anderen Worten überragt das Leitflächensegment – rechtwinklig vom Baufeld aus gemessen – zumindest bereichsweise die Austrittsöffnung. Hierdurch werden ein Überströmen des Leitflächensegments und damit eine Verschlechterung seiner Leitwirkung vorteilhaft verhindert. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass sich wenigstens ein Leitflächensegment bezogen auf das Baufeld ganz oder bereichsweise um mindestens 1 cm, das heißt beispielsweise um 1,0 cm, 1,1 cm, 1,2 cm, 1,3 cm, 1,4 cm, 1,5 cm, 1,6 cm, 1,7 cm, 1,8 cm, 1,9 cm, 2,0 cm, 2,1 cm, 2,2 cm, 2,3 cm, 2,4 cm, 2,5 cm, 2,6 cm, 2,7 cm, 2,8 cm, 2,9 cm, 3,0 cm, 3,1 cm, 3,2 cm, 3,3 cm, 3,4 cm, 3,5 cm, 3,6 cm, 3,7 cm, 3,8 cm, 3,9 cm, 4,0 cm, 4,1 cm, 4,2 cm, 4,3 cm, 4,4 cm, 4,5 cm, 4,6 cm, 4,7 cm, 4,8 cm, 4,9 cm, 5,0 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm oder mehr, über den höchsten Punkt der Auslassöffnung erstreckt. Mit anderen Worten überragt das Leitflächensegment die Auslassöffnung in Richtung vom Baufeld weg nach oben, wodurch ein „Überlaufen“ der Schutzgasströmung und damit eine verschlechterte Schutzgasströmungsführung zuverlässig verhindert werden.

Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass bezogen auf das Baufeld ein tiefster Punkt wenigstens eines Leitflächensegments im Betrieb der Schichtbauvorrichtung einen geringeren Abstand zum Baufeld besitzt als ein tiefster Punkt einer Austrittsöffnung des Kanals der Strömungsleiteinrichtung. Hierdurch werden ein Unterströmen des Leitflächensegments und damit eine Verschlechterung seiner Leitwirkung und eine etwaige Verwirbelung des Werkstoffs vorteilhaft verhindert. Es kann vorgesehen sein, dass wenigstens ein Leitflächensegment in einem Abstand von mindestens 0,5 cm und/oder von höchstens 5 cm, das heißt beispielsweise von 0,5 cm, 0,6 cm, 0,7 cm, 0,8 cm, 0,9 cm, 1,0 cm, 1,1 cm, 1,2 cm, 1,3 cm, 1,4 cm, 1,5 cm, 1,6 cm, 1,7 cm, 1,8 cm, 1,9 cm, 2,0 cm, 2,1 cm, 2,2 cm, 2,3 cm, 2,4 cm, 2,5 cm, 2,6 cm, 2,7 cm, 2,8 cm, 2,9 cm, 3,0 cm, 3,1 cm, 3,2 cm, 3,3 cm, 3,4 cm, 3,5 cm, 3,6 cm, 3,7 cm, 3,8 cm, 3,9 cm, 4,0 cm, 4,1 cm, 4,2 cm, 4,3 cm, 4,4 cm, 4,5 cm, 4,6 cm, 4,7 cm, 4,8 cm, 4,9 cm oder 5,0 cm über dem Werkstoff bzw. Baufeld angeordnet oder anordenbar ist. Hierdurch ist gewährleistet, dass das Leitflächensegment einen ausreichenden Abstand zum Werkstoff aufweist und diesen auch bei einer Bewegung über den Werkstoff nicht aufwirbelt oder anderweitig stört. Gleichzeitig ist sichergestellt, dass im Bereich des Werkstoffs entstehende Verunreinigungen, beispielsweise Rauch- oder

Spratzerbildungen, zuverlässig von der Schutzgasströmung erfasst und abtransportiert werden können.

Vorzugsweise sind die Auslassöffnung des Kanals und wenigstens zwei Leitflächensegmente der Strömungsleiteinrichtung derart ausgebildet und zueinander orientiert, dass im Betrieb die beiden Leitflächensegmente auf einander gegenüberliegenden Seiten der Auslassöffnung vorzugsweise parallel zueinander angeordnet und derart voneinander beabstandet angeordnet sind, dass sie die Auslassöffnung umrahmen bzw. beidseitig begrenzen, wobei die Auslassöffnung vorzugsweise entlang (z. B. in einer Richtung parallel zu) einer Längserstreckung der Leitflächensegmente bewegbar ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass wenigstens ein Leitflächensegment der Strömungsleiteinrichtung bezogen auf das Baufeld eine Oberseite bildet und/oder dass wenigstens ein Leitflächensegment der Strömungsleiteinrichtung bezogen auf das Baufeld eine Unterseite bildet. Hierdurch ist es möglich, die Schutzgasströmung nach oben und/oder nach unten hin zu kontrollieren und die Grenzen der Ausdehnung des Gasstroms nach oben, das heißt vom Baufeld weg, und/oder nach unten, das heißt zum Baufeld hin, zu definieren. Weiterhin kann mit Hilfe des Leitflächensegments oder der Leitflächensegmente ein im Querschnitt überwiegend oder vollständig geschlossener Kanal ausgebildet werden, wodurch ein besonders effizienter und störungsfreier Abtransport von Verunreinigungen ermöglicht ist. Um trotzdem den Durchtritt eines zum Verfestigen des Werkstoffs verwendeten Energiestrahls auf das Baufeld sicherzustellen, hat es sich als vorteilhaft gezeigt, wenn wenigstens ein Leitflächensegment der Strömungsleiteinrichtung zumindest im Betrieb der Schichtbauvorrichtung eine Durchtrittsöffnung für einen Energiestrahл freigibt. Hierdurch wird sichergestellt, dass eine Sichtachse für den Energiestrahл freigegeben ist, so dass dieser nicht durch die Strömungsleiteinrichtung behindert wird und von einem Deckenbereich der Vorrichtung durch die Durchtrittsöffnung auf das Baufeld auftreffen und den Werkstoff selektiv verfestigen kann. Generell können auch zwei oder mehr Durchtrittsöffnungen vorgesehen sein, die eine oder mehrere Sichtachsen zwischen dem Baufeld und einem Deckenbereich der Prozesskammer bzw. einem Eintrittsbereich des Energiestrahls der Strahlenquelle in die Prozesskammer freigeben. Die Durchtrittsöffnung(en) kann bzw. können dabei in einfachster Ausgestaltung Aussparungen bzw. Löcher im betreffenden Leitflächensegmente sein, durch die sowohl der Energiestrahл als auch Gas durch-

treten können, wodurch Staueffekte vorteilhaft vermieden werden. Alternativ kann wenigstens eine Durchtrittsöffnung aus einem für den Energiestrahл transparenten, gasundurchlässigen Material gebildet sein.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Position der Strömungsleiteinrichtung innerhalb der Prozesskammer relativ zum Baufeld in Abhängigkeit einer Position einer Auftrefffläche des Energiestrahls und/oder in Abhängigkeit einer Lage, Orientierung bzw. Ausdehnung eines aktuellen Arbeitsbereichs des Energiestrahls innerhalb des Baufelds, z. B. eines Bestrahlungstreifens oder Schachbrettfeldes oder allgemein einer örtlich
- 10 begrenzten Bestrahlungszone als Teilbereich einer in einer Schicht zu bestrahlenden Objektquerschnittsfläche, auf das Baufeld einstellbar ist und/oder dass die Strömungsleiteinrichtung zumindest im wesentlichen simultan mit der Auftrefffläche des Energiestrahls auf dem Baufeld bzw. mit dem Arbeitsbereich relativ zum Baufeld bewegbar ist. Hierdurch können Verunreinigungen, die überwiegend beim Auftreffen des Energiestrahls auf den Werkstoff entstehen, besonders zuverlässig abgeführt werden.
- 15

Weitere Vorteile ergeben sich, indem wenigstens ein Leitflächensegment eine veränderbare Geometrie besitzt und/oder dadurch, dass zumindest eine Längserstreckung der Strömungsleiteinrichtung einstellbar ist. Dies ermöglicht eine besonders flexible Anpassung an unterschiedliche

20 Baufeld- und Bauteilgeometrien. Beispielsweise kann das Leitflächensegment eine biegbare oder krümmbare Leitfläche aufweisen. Ebenso sind Gestaltänderungen durch Scharniere, einen Gliedvorhang oder dergleichen denkbar, um den Schutzgasstrom entlang eines nicht-linearen Strömungspaths zu lenken. Eine Längserstreckung der Strömungsleiteinrichtung kann beispielsweise dadurch veränderbar sein, dass ein oder mehrere Leitflächensegmente teleskopierbar sind.

25

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schichtbauvorrichtung eine weitere Strömungsleiteinrichtung im Bereich einer Oberseite der Prozesskammer umfasst, mittels welcher ein globaler Schutzgasstrom mit einer im Wesentlichen senkrechten Hauptströmungsrichtung bezogen auf das Baufeld erzeugbar ist. Die Prozesskammer kann damit

30 während des Schichtbauverfahrens mit einer Schutzgasatmosphäre gefüllt werden, wobei die Schutzgasatmosphäre vorzugsweise mit einem Druck zwischen 50 mbar und 1200 mbar, also beispielsweise mit 50 mbar, 100 mbar, 150 mbar, 200 mbar, 250 mbar, 300 mbar, 350 mbar, 400

mbar, 450 mbar, 500 mbar, 550 mbar, 600 mbar, 650 mbar, 700 mbar, 750 mbar, 800 mbar, 850 mbar, 900 mbar, 950 mbar, 1000 mbar, 1050 mbar, 1100 mbar, 1150 mbar oder 1200 mbar in der Prozesskammer bereitgestellt werden kann. Das Schutzgas der Schutzgasatmosphäre kann vorzugsweise die gleiche oder eine ähnliche Zusammensetzung wie der aus der lokalen Strömungsleiteinrichtung ausgeleitete Schutzgasstrom über das Baufeld aufweisen. Beispielsweise kann sowohl für den Schutzgasstrom als auch für die Schutzgasatmosphäre Argon verwendet werden. Es kann vorgesehen sein, dass das aus der lokalen Strömungsleiteinrichtung ausgeleitete Schutzgas nach dem Abführen über die Gasauslasseinrichtung filtriert wird, um abgeführte Schadstoffe zu entfernen, und anschließend als Schutzgas für die globale Schutzgasatmosphäre in der Prozesskammer verwendet wird. Die Schutzgasatmosphäre in der Prozesskammer kann grundsätzlich in einem gegebenenfalls mit einem Filtersystem versehenen Kreislauf geführt werden, um Verluste zu vermeiden. Aufgrund der ersten, lokalen Strömungsleiteinrichtung kann die Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Volumenstrom des Schutzgases gegenüber Schichtbauvorrichtungen ohne eine solche lokale Strömungsleiteinrichtung reduziert werden, wodurch Verwirbelungen des Werkstoffs besonders zuverlässig verhindert werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine Tragvorrichtung vorgesehen, mittels welcher zumindest der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung und/oder wenigstens ein Leitflächensegment in wenigstens einer Raumrichtung relativ zum Baufeld innerhalb der Prozesskammer bewegbar ist. Dies stellt eine konstruktiv einfache Möglichkeit zur Positionierung der Austrittsöffnung und/oder wenigstens eines Leitflächensegments gegenüber dem Baufeld dar. Die Tragvorrichtung ist vorzugsweise teilweise oder vollständig innerhalb der Prozesskammer angeordnet. Der Endbereich des Kanals und/oder das Leitflächensegment kann bzw. können dabei grundsätzlich unmittelbar oder mittelbar an der Tragvorrichtung festgelegt sein. Vorzugsweise ist die Tragvorrichtung derart ausgebildet, dass sie einem etwaig vorhandenen Beschichter bzw. einer Pulverzuführung zum Auftragen einer Pulverschicht auf das Baufeld ausweichen kann bzw. dass die Tragvorrichtung und der Beschichter über dem Baufeld bewegbar sind, ohne sich gegenseitig zu behindern. Hierzu können die Tragvorrichtung und der Beschichter beispielsweise in senkrecht zueinander stehenden Verfahrungsrichtungen auf ähnlichen Höhenniveaus bewegbar sein oder auf unterschiedlichen Höhenniveaus über dem Baufeld bewegbar sein.

Weitere Vorteile ergeben sich, indem die Tragvorrichtung wenigstens zwei jeweils relativ zum Baufeld bewegbare Tragarme umfasst. Die Tragarme können jeweils einen oder mehrere Translationsfreiheitsgrade und/oder einen oder mehrere Rotationsfreiheitsgrade aufweisen. Vorzugsweise ist der erste Tragarm in genau einer ersten Raumrichtung bewegbar und der zweite Tragarm in der ersten Raumrichtung und in einer zweiten Raumrichtung bewegbar ist, wobei die zweite Raumrichtung senkrecht zur ersten Raumrichtung ist. Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass einer der Tragarme in y-Richtung der Prozesskammer bewegbar ist, während der andere Tragarm in x-Richtung bewegbar ist, wobei die x- und y-Richtung durch die Seitenkanten des Baufelds definiert werden. Vorzugsweise ist wenigstens ein Leitflächensegment an einen der Tragarme gekoppelt, so dass es sich im Betrieb mit diesem mitbewegt, während der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung an den anderen Tragarm gekoppelt ist, so dass sich die Austrittsöffnung im Betrieb mit diesem mitbewegt. Ebenso kann das wenigstens eine Leitflächensegment und/oder der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals eigenständig relativ zum Baufeld bewegbar sein, beispielsweise mittels eines Roboterarms. Vorzugsweise weist die Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung eine horizontale Abmessung auf, die im Wesentlichen einer horizontalen Abmessung einer angrenzenden Baufeldseite entspricht, besonders bevorzugt mindestens die Länge der unmittelbar angrenzenden Baufeldseite hat. Diese Ausgestaltung erweist sich etwa dann als vorteilhaft, wenn das wenigstens eine Leitflächensegment nur in einer einzigen Raumrichtung relativ zum Baufeld bewegbar bzw. verfahrbar ist und diese Raumrichtung im Wesentlichen der Orientierung einer Längserstreckung der Eintrittsöffnung entspricht. Dadurch können die lokale Gasströmung und in ihr mitgeführte bzw. durch sie verdrängte Verunreinigungen der Prozesskammeratmosphäre unabhängig von der Position der Strömungsleiteinrichtung, d. h. des Kanals, seiner Austrittsöffnung und/oder des oder der Leitflächensegmente, relativ zum Baufeld direkt in Richtung bzw. bis hin zur Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung transportiert und anschließend aus der Prozesskammer entfernt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schichtbauvorrichtung eine Heizvorrichtung umfasst, mittels welcher das Baufeld zumindest bereichsweise temperierbar ist. Hierdurch können mit Hilfe der Schichtbauvorrichtung auch schwer schmelzbare Werkstoffe wie beispielsweise hochwarmfeste Nickelbasissuperlegierungen, Mg₂Si-Legierungen und intermetallische Verbindungen wie Titanaluminide schweißtechnisch verarbei-

tet werden, da diese Werkstoffe mit Hilfe der Heizvorrichtung vorgewärmt und auf Temperaturen in der Nähe ihres Schmelzpunktes vortemperiert werden können. Weiterhin kann bereits verfestigter Werkstoff mit Hilfe der Heizvorrichtung wärmebehandelt und/oder kontrolliert abgekühlt werden. Die Heizvorrichtung kann grundsätzlich eine oder mehrere Strahlungsheizungen (IR, Mikrowelle etc) und/oder eine oder mehrere induktive Temperiereinrichtungen umfassen, um elektrisch leitfähige Bereiche in der Prozesskammer der Schichtbauvorrichtung mit Hilfe von einem oder mehreren Induktionselementen durch erzeugte Wirbelstromverluste zu erwärmen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Heizvorrichtung zumindest eine erste Induktionsspule und eine zweite Induktionsspule umfasst, wobei die erste Induktionsspule am ersten Tragarm und die zweite Induktionsspule am zweiten Tragarm festgelegt ist. Hierdurch können die Magnetfelder der Induktionsspulen gezielt überlagert werden, um eine bedarfsgerechte Temperierung eines ausgewählten Bereichs des Baufelds durchzuführen. Die Induktionsspulen können unabhängig voneinander bewegt werden. Vorzugsweise ist die zweite Induktionsspule kleiner als die erste Induktionsspule ausgebildet und nur innerhalb eines durch die erste Induktionsspule begrenzten Bereichs bewegbar. Die mindestens zwei Induktionsspulen können in weiterer Ausgestaltung translatorisch und/oder rotatorisch zueinander bewegbar sein, wodurch ihre relative Positionierung zueinander besonders präzise und bedarfsgerecht eingestellt werden kann. Dies erlaubt eine entsprechend präzise Erwärmung des Werkstoffs bzw. der Bauteilschicht, indem die Magnetfelder der Induktionsspulen gezielt in gewünschten Bereichen überlagert werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein Antrieb der Heizeinrichtung synergetisch auch für den Antrieb der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung genutzt. Dies bietet sich an, da ein Heizbereich der Heizeinrichtung und ein Bestromungszielbereich der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung einander zumindest unmittelbar benachbart, d. h. aneinander angrenzend, in der Prozesskammer angeordnet sind. Vorzugsweise bilden sie zumindest in einer Orthogonalprojektion des Heizbereichs und des Bestromungszielbereichs auf eine Ebene des Baufelds eine Schnittmenge. Mit anderen Worten kann unter bestimmten Bedingungen ein Zielarbeitsbereich, zu dem die Heizeinrichtung in horizontaler Richtung bewegt wird, auch gleichzeitig ein Zielarbeitsbereich der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung sein und umgekehrt. Unter der Schnittmenge wird insbesondere

eine Teilfläche des Baufelds verstanden. Unter dem Heizbereich wird insbesondere ein Volumen von verfestigtem oder unverfestigtem Werkstoff verstanden, das direkt oder indirekt durch die Heizeinrichtung beheizt wird. Dabei wird berücksichtigt, dass beispielsweise bei Verwendung einer induktiven Heizeinrichtung eine jeweils oberste Schicht des unverfestigten Werkstoffs auf dem Baufeld weitgehend indirekt (durch Wärmeleitung) beheizt werden kann, indem sich Wärme von einem direkt beheizten, unterhalb der obersten Werkstoffschicht liegenden Festkörper oder bereits zuvor verfestigten Bereich in die Umgebung, d. h. in den umliegenden Werkstoff, ausbreitet. Aus der Nutzung dieses Prinzips zur Beheizung einer oder weniger Werkstoffschichten, die zwischen einem Bauteil oder einer Bauplattform und der Prozesskammeratmosphäre liegt/liegen, ist ersichtlich, dass der indirekt beheizte Bereich, der per Definition oberhalb einer vorbestimmten Mindesttemperatur liegt, eine sehr geringe räumliche Erstreckung aufweisen kann, die z. B. wenige oder wenige Dutzend Mikrometer (zumindest in einer vertikalen Richtung senkrecht zum Baufeld) beträgt. Dies bedeutet auch, dass sich der indirekt beheizte, lokal begrenzte Bereich unterhalb der Oberfläche des Werkstoffs (die Oberfläche einschließlich) bereits bei einer geringen horizontalen Verlagerung des darunter angeordneten direkt beheizten Bereichs in entsprechendem Maß mitbewegt. Der Bestromungszielbereich wird als Teilvolumen der Prozesskammer verstanden, das unmittelbar oberhalb des Baufelds an das Baufeld anschließt. Vorzugsweise umfasst der Bestromungszielbereich eine Oberfläche der obersten Schicht des Werkstoffs, auf die ein Gasstrom auftrifft, bzw. an der ein Gasstrom entlang strömt, bzw. über die ein Gasstrom strömt. Dabei wird berücksichtigt, dass ein mittels der außerhalb des Werkstoffs angeordneten Einleiteinrichtung in die Prozesskammer eingeleiteter Gasstrom in der Regel im Wesentlichen keine Tiefenwirkung in den Werkstoff hinein entfaltet, d. h. im Wesentlichen nicht unter die Oberfläche der obersten Werkstoffschicht dringt. Eine Position bzw. Bewegung der Heizeinrichtung und des von dieser erzeugten Heizbereichs bestimmt also eine Position bzw. Bewegung des durch die Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung definierten Bestromungszielbereichs. Vorzugsweise erfolgt eine Steuerung bzw. Regelung der Position bzw. Bewegung der Heizeinrichtung und/oder der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung derart, dass Schnittmengen des Bestromungszielbereichs mit dem Baufeld und des Heizbereichs mit dem Baufeld zumindest während eines Schrittes der Bearbeitung des Werkstoffs (z. B. in Form selektiver Verfestigung) eine möglichst große Schnittmenge miteinander bilden.

Wird beispielsweise als Heizeinrichtung die vorstehend genannte „Kreuzspule“ verwendet, welche zwei Induktoren umfasst, die relativ zueinander bewegbar sind, um die einzelnen Induktionsfelder überlagern zu können, benötigt die Einleiteinrichtung für die Austrittsöffnung, d. h. den Gaseinlass, der einen lokal begrenzten Prozessgasstrom erzeugt, einen eigenen Antrieb bzw.

- 5 Tragarm oder muss zumindest derart beweglich sein, dass sie mit dem Überlagerungsbereich der beiden Induktoren, das heißt dem intensivsten Heizbereich der Heizeinrichtung, verfährt bzw. bewegbar ist.

- Bei dieser Ausgestaltung der Heizeinrichtung kann es dann vorgesehen sein, dass die Einleiteinrichtung und/oder die Strömungsleiteinrichtung mittelbar oder unmittelbar an den Induktionsspulen bzw. jeweils mittelbar oder unmittelbar an einer Induktionsspule bzw. gemeinsam an einem jeweils zugeordneten Tragarm der Tragvorrichtung befestigt sind. Ebenso kann vorgesehen sein, dass die Einleiteinrichtung und/oder die Strömungsleiteinrichtung mit Hilfe eines oder mehrerer separater Tragarme zumindest gemeinsam mit der oder den jeweils zugeordneten Induktionsspulen bewegbar sind. Ein gemeinsames Verfahren mit den Induktionsspulen erfüllt die Ziele der ge-
- 10 führten Bestromung in Abhängigkeit des Heizbereichs insbesondere hinsichtlich der Vermeidung unerwünschter Verschmutzungen im Aufbau- und Fügebereich uneingeschränkt.

- Ein weiterer unabhängiger Erfindungsgedanke liegt in einer Koppelung der Bewegbarkeit der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung an einen gewählten Betriebsmodus der Bestromung und/oder der Beheizung. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer entsprechend ausgebildeten Steuereinrichtung bzw. Steuereinheit der Schichtbauvorrichtung gesteuert bzw. geregelt werden. Beispielsweise kann eine erste, „aktive“ Betriebsstellung vorgesehen sein, in welcher die lokale Gaseinströmung und das Leiten des lokalen Gasstroms erfolgt. Diese Betriebsposition der Heizeinrichtung sowie der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung oberhalb des Baufelds ist geeignet zum Beheizen bzw. Bestromen und kann wie vorstehend beschrieben jeweils eine Bewegbarkeit in allen Freiheitsgraden oder eingeschränkt auf für die jeweilige Anwendung sinnvolle Freiheitsgrade vorsehen. In einer zweiten, „inaktiven“ Betriebsstellung erfolgt demgegenüber keine lokale Gaseinströmung bzw. kein Leiten des lokalen Gasstroms. Diese Betriebsposition umfasst vorzugsweise ein Bewegen der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung in einen Bereich außerhalb der Verbirgungsbewegung eines Beschichters der Schichtbauvorrichtung, um das Auftragen einer neuen Pulverschicht nicht zu behindern.
- 20
- 25
- 30

Beispielsweise kann hierbei ein Verfahren bzw. Bewegen der Heizeinrichtung und/oder der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung in eine seitliche Parkposition und/oder ein Bewegen oder Verschwenken nach oben (z-Richtung) in den freien Raum der Prozesskammer vorgesehen sein. Insbesondere das Bewegen nach oben bietet den Vorteil hoher Betriebssicherheit, da in einem deckennahen bzw. baufeldfernen Bereich der Prozesskammer typischerweise weder der Beschichter noch andere Komponenten bewegt werden und somit kein zusätzlicher Koordinationsbedarf entsteht. Die „inaktive“ Betriebsposition kann z. B. auch während des Rüstens, Reinigens, Flutens etc. der Schichtbauvorrichtung bzw. in Prozessnebenzeiten gewählt werden. Auch diese Steuerung bzw. Regelung der Betriebsstellungen der Heizeinrichtung und/oder der Strömungsleiteinrichtung und/oder der Einleiteinrichtung stellt generell einen eigenen Erfindungsaspekt dar, der unabhängig von den anderen Erfindungsaspekten realisierbar ist.

Weitere Vorteile ergeben sich dadurch, dass der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung und/oder wenigstens ein Leitflächensegment an der Heizvorrichtung festgelegt ist und/oder dass der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung und/oder wenigstens ein Leitflächensegment in Abhängigkeit einer Bewegung der Heizvorrichtung bewegbar ist. Da die Heizeinrichtung zur Temperierung eines zu verfestigenden, eines in einem Verfestigungsprozess befindlichen und/oder eines bereits verfestigten Bereichs des herzustellenden Bauteils dient, ist eine gemeinsame Anordnung bzw. Bewegbarkeit vorteilhaft, da hierdurch sichergestellt wird, dass das Schutzgas stets über einen für die Bauteilqualität besonders relevanten Bereich des Werkstoffs geleitet wird. Damit werden etwaige Störstoffe besonders zuverlässig entfernt, so dass eine besonders hohe Bauteilqualität gewährleistet ist.

Eine besonders präzise Ausrichtung der Hauptströmungsrichtung des Schutzgases wird in weiterer Ausgestaltung dadurch erreicht, dass der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung eine Düse umfasst. Die Düse kann auf ihrer Länge eine konstante Öffnungsquerschnittsfläche haben, alternativ kann sich die Öffnungsquerschnittsfläche erweitern, verjüngen oder komplexe Geometrien aufweisen.

30

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Strömungsleiteinrichtung dazu ausgebildet ist, im Betrieb der Schichtbauvorrichtung die Hauptströmungsrichtung des

- Schutzgases derart auf die wenigstens eine Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung zu richten, dass die Hauptströmungsrichtung eine betragsmäßige Neigung von höchstens 30°, beispielsweise von 30°, 29°, 28°, 27°, 26°, 25°, 24°, 23°, 22°, 21°, 20°, 19°, 18°, 17°, 16°, 15°, 14°, 13°, 12°, 11°, 10°, 9°, 8°, 7°, 6°, 5°, 4°, 3°, 2°, 1° oder 0° relativ zu einer Ebene parallel zum Baufeld, bevorzugt relativ zu einer Horizontalen, aufweist. Mit anderen Worten ist es vorgesehen, dass die Hauptströmungsrichtung des Schutzgasstroms bzw. eine die Austrittsöffnung und die Eintrittsöffnung verbindende virtuelle Linie zumindest annähernd parallel zum Baufeld bzw. horizontal ausgerichtet ist, um das Schutzgas zusammen mit eventuell mitgeführten Verunreinigungen entsprechend umlenkungs- und verwirbelungsarm über das Baufeld zu leiten und aus der Prozesskammer abzuführen. Neben einem besonders zuverlässigen Abtransport von Störteilchen, unerwünschten Prozessgasen etc. wird damit auch eine unerwünschte Aufwirbelung des Werkstoffs besonders zuverlässig verhindert, da der Schutzgasstrom nicht auf eine Wand, d. h. auf einen Strömungswiderstand, gelenkt bzw. umgelenkt wird. Hierdurch kann die Bauteilqualität entsprechend steigen. Alternativ oder zusätzlich ist es vorgesehen, dass die Strömungsleiteinrichtung dazu ausgebildet ist, im Betrieb der Schichtbauvorrichtung die Hauptströmungsrichtung des Schutzgases derart auf die wenigstens eine Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung zu richten, dass die Hauptströmungsrichtung parallel oder coaxial zu einer Normalen eines Öffnungsquerschnitts der Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung angeordnet ist. Mit anderen Worten ist es vorgesehen, dass die Fläche bzw. Ebene der Austrittsöffnung und die Fläche bzw. Ebene der Eintrittsöffnung einander im Betrieb der Schichtbauvorrichtung zumindest im Wesentlichen parallel gegenüber liegen. Dies erlaubt ein besonders verwirbelungsarmes Einbringen und Absaugen bzw. Abführen/Ausleiten des Schutzgases und gegebenenfalls mitgeführter Verunreinigungen aus der Prozesskammer.
- In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Austrittsöffnung des Kanals und/oder die wenigstens eine Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung im Betrieb der Schichtbauvorrichtung näher am Baufeld als an einer Prozesskammerdecke angeordnet ist. Anders ausgedrückt ist es vorgesehen, dass die Austrittsöffnung der Strömungsleiteinrichtung und/oder die Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung im Betrieb baufeldnah, also näher am Baufeld als an der Prozesskammerdecke angeordnet ist bzw. sind, vorzugsweise in einer unteren Hälfte der Prozesskammer, weiter bevorzugt im untersten Drittel und besonders bevorzugt im

untersten Viertel einer lichten Höhe, d. h. einer maximalen Innenhöhe, der Prozesskammer (vertikal bzw. senkrecht zum Baufeld betrachtet).

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Schichtbauvorrichtung gemäß dem ersten Erfindungsaspekt, bei welchem vor, während und/oder nach einer additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils durch ein additives Schichtbauprozessverfahren mittels der Strömungsleiteinrichtung der die Austrittsöffnung umfassende Endbereich des Kanals der Strömungsleiteinrichtung oberhalb der Ebene des Baufelds angeordnet und derart relativ zur Ebene des Baufelds bewegt wird, dass zumindest ein überwiegender Teil des aus der Austrittsöffnung austretenden Schutzgases entlang einer zum Baufeld parallelen Hauptströmungsrichtung lokal über einen Teilbereich des Baufelds geleitet wird. Hierdurch kann eine prozesssicherere additive Herstellung von Bauteilschichten eines Bauteils mit höherer Bauteilqualität erreicht werden, da vor, während und/oder nach dem Verfestigen einer Bauteilschicht eine zielgerichtete, lokal begrenzte Abführung von verwirbeltem Werkstoff, Staub, Kondensat, Rauch, Spratzern und/oder sonstigen Verunreinigungen mittels des lokalen Schutzgasstroms sichergestellt wird. Die Einleitung bzw. Einblasung des Schutzgasstroms erfolgt vorzugsweise in einem vorbestimmten Abstand zur Pulverschicht und zumindest im Wesentlichen parallel zum Baufeld, das heißt in der x-/y-Ebene der Schichtbauvorrichtung ($\pm 30^\circ$ Abweichung aus der x-/y-Ebene, d. h. in z-Richtung möglich), um ein unerwünschtes Aufwirbeln des Werkstoffs zu verhindern. Dies stellt eine konstruktiv einfache und kostengünstige Möglichkeit dar, um zumindest ausgewählte Bereiche und insbesondere die momentane Verfestigungsstelle oder den momentanen Arbeitsbereich des zumindest einen Energiestrahls zuverlässig durch eine gerichtete, lokale Schutzgasströmung von Rauch, Kondensat bzw. sonstigen Verunreinigungen freizuhalten. Als Schutzgas kann generell jedes geeignete Gas oder Gasgemisch verwendet werden, das mit den jeweiligen Herstellungsbedingungen kompatibel ist. Beispielsweise kann das Schutzgas Argon und/oder ein anderes Edelgas bzw. Edelgasgemisch (He, Ne, Kr, Xe) umfassen oder sein. Vorzugsweise weist das Schutzgas möglichst geringe Verunreinigungen an Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Wasser(dampf) auf. Unter einer möglichst geringen Verunreinigung werden jeweils Gehalte von höchstens 20 ppm, insbesondere von höchstens 10 ppm oder weniger verstanden. Zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Schichtbauvorrichtung eine grundsätzlich optionale Steuervorrichtung umfassen. Die Steuervorrichtung kann eine Prozessoreinrichtung aufweisen, die dazu eingerichtet ist, eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen

Verfahrens durchzuführen. Die Prozessoreinrichtung kann hierzu zumindest einen Mikroprozessor und/oder zumindest einen Mikrocontroller aufweisen. Des Weiteren kann die Prozessoreinrichtung einen Programmcode aufweisen, der dazu eingerichtet ist, bei Ausführen durch die Prozessoreinrichtung die Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen. Der Programmcode kann in einem Datenspeicher der Prozessoreinrichtung gespeichert sein. Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ist der Ausdruck „ausgebildet zu“ so zu verstehen, dass nicht nur eine allgemeine Eignung vorliegt, sondern dass konkret hard- und/oder softwarebasierte Maßnahmen zur Durchführung der jeweils genannten Schritte eingerichtet und konfiguriert sind. Weitere Merkmale und deren Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung des ersten Erfindungsaspekts, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Erfindungsaspekts als vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Erfindungsaspekts und umgekehrt anzusehen sind.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Speichermedium mit einem Programmcode, der dazu ausgebildet ist, bei Ausführen durch eine Recheneinrichtung eine Schichtbauvorrichtung gemäß dem ersten Erfindungsaspekt so zu steuern, dass diese ein Verfahren gemäß dem zweiten Erfindungsaspekt durchführt. Die sich hieraus ergebenden Merkmale und deren Vorteile sind den Beschreibungen des ersten und zweiten Erfindungsaspekts zu entnehmen, wobei vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten und zweiten Erfindungsaspekts als vorteilhafte Ausgestaltungen des dritten Erfindungsaspekts anzusehen sind und umgekehrt.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen, sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung als umfasst und offenbart anzusehen, die in den Figuren nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind auch Ausführungen und Merkmalskombinationen als offenbart anzusehen, die somit nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten unabhängigen Anspruchs aufweisen. Es sind darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen, insbesondere durch die oben dargelegten Ausführungen, als offenbart anzusehen, die über die in den Rückbezügen der An-

sprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von diesen abweichen. Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine schematische und teiltransparente Perspektivansicht einer erfindungsgemäßen Schichtbauvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2 eine schematische Perspektivansicht einer Einleiteinrichtung und einer Heizeinrichtung, die an einem Tragarm angeordnet sind;
- Fig. 3 eine schematische Perspektivansicht der Einleiteinrichtung und Strömungsleiteinrichtung, die gemeinsam an dem Tragarm angeordnet sind;
- Fig. 4 eine schematische seitliche Schnittansicht der Schichtbauvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- Fig. 5 eine schematische Aufsicht einer Variante der in Fig. 4 gezeigten Schichtbauvorrichtung;
- Fig. 6 eine schematische Perspektivansicht, in Teilen Schnittansicht, der Schichtbauvorrichtung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel; und
- Fig. 7 eine schematische, teilweise im Schnitt dargestellte Ansicht der Schichtbauvorrichtung gemäß dem Stand der Technik zur additiven Fertigung von Fertigungsprodukten;
- Eine in **Fig. 7** schematisch und teilweise im Schnitt dargestellte Schichtbauvorrichtung 10 ist exemplarisch als selektive Lasersinter- oder Laserschmelzvorrichtung gemäß dem Stand der Technik ausgebildet und wird im Folgenden erläutert. Zum Aufbauen eines Objekts bzw. Bauteils 40 enthält sie eine Prozesskammer 20 mit einer Kammerwandung 42. In der Prozesskammer 20 ist ein nach oben offener Baubehälter 44 mit einer Wandung 46 angeordnet. Durch die obere Öffnung des Baubehälters 44 ist eine Arbeitsebene 48 definiert, wobei der innerhalb der Öffnung liegende Bereich der Arbeitsebene 48, der zum Aufbau des Objekts 40 verwendet werden kann, als Baufeld I bezeichnet wird. In dem Behälter 44 ist ein in einer vertikalen Richtung z bewegba-

rer Träger 50 angeordnet, an dem eine Grundplatte 52 angebracht ist, die den Baubehälter 44 nach unten abschließt und damit dessen Boden bildet. Die Grundplatte 52 kann eine getrennt von dem Träger 50 gebildete Platte sein, die an dem Träger 50 befestigt ist, oder sie kann integral mit dem Träger 50 gebildet sein. Je nach verwendetem Pulver und Prozess kann auf der Grundplatte
5 52 noch eine Bauplattform 54 angebracht sein, auf der das Objekt 40 aufgebaut wird. Das Objekt 40 kann aber auch auf der Grundplatte 52 selber aufgebaut werden, die dann als Bauplattform 54 dient. In Fig. 7 ist das in dem Baubehälter 44 auf der Bauplattform 54 zu bildende Objekt 40 unterhalb der Arbeitsebene 48 in einem Zwischenzustand dargestellt mit mehreren verfestigten Schichten, umgeben von unverfestigt gebliebenem Werkstoff 56, der als Aufbaumaterial dient.

10 Die Lasersintervorrichtung 10 enthält weiter einen Vorratsbehälter 58 für den durch elektromagnetische Strahlung verfestigbaren pulverförmigen Werkstoff 56 und einen in einer horizontalen Richtung Y bewegbaren Beschichter 60 zum Aufbringen des Werkstoffs 56 auf das Baufeld I. Der Vorratsbehälter 58 kann alternativ auch unterhalb der Ebene des Baufelds I angeordnet sein (nicht gezeigt). Daraus kann der Werkstoff 56 z. B. durch einen vertikal in z-Richtung bewegba-
15 ren Dosierstempel dem Beschichter 60 zugeführt werden. Die Lasersintervorrichtung 10 enthält ferner eine Belichtungsvorrichtung 64 mit einem Laser 66, der einen Laserstrahl 68 als Energiestrahlbündel erzeugt, der über eine Umlenkvorrichtung 70 umgelenkt und durch eine Fokussierungsvorrichtung 72 über ein Einkoppelfenster 22, das an der Oberseite der Prozesskammer 20 in deren Wandung 42 angebracht ist, auf die Arbeitsebene 48 fokussiert wird.

20 Weiter enthält die Schichtbauvorrichtung 10 eine Steuereinheit 74, über die die einzelnen Bestandteile der Vorrichtung 10 in koordinierter Weise zum Durchführen des Bauprozesses gesteuert werden. Die Steuereinheit 74 kann eine CPU enthalten, deren Betrieb durch ein Computerprogramm (Software) gesteuert wird. Das Computerprogramm kann getrennt von der Vorrichtung
25 auf einem Speichermedium gespeichert sein, von dem aus es in die Vorrichtung, insbesondere in die Steuereinheit 74 geladen werden kann. Im Betrieb wird zum Aufbringen einer Pulverschicht zunächst der Träger 50 um eine Höhe abgesenkt, die der gewünschten Schichtdicke entspricht. Durch Verfahren des Beschichters 60 über die Arbeitsebene 48 wird dann eine Schicht des pulverförmigen Werkstoffs 56 aufgebracht. Zu Sicherheit schiebt der Beschichter 60 eine etwas größere Menge an Werkstoff 56 vor sich her, als für den Aufbau der Schicht erforderlich ist.
30 Den planmäßigen Überschuss an Werkstoff 56 schiebt der Beschichter 60 in einen Überlaufbehälter 62. Auf beiden Seiten des Baubehälters 44 ist jeweils ein Überlaufbehälter 62 angeordnet.

Das Aufbringen des pulverförmigen Werkstoffs 56 erfolgt zumindest über den gesamten Querschnitt des herzustellenden Objekts 40, vorzugsweise über das gesamte Baufeld I, also den Bereich der Arbeitsebene 48, der durch eine Vertikalbewegung des Trägers 100 abgesenkt werden kann. Anschließend wird der Querschnitt des herzustellenden Objekts 40 von dem Laserstrahl 68 mit einem Strahlungseinwirkungsbereich (nicht gezeigt) abgetastet, der schematisch eine Schnittmenge des Energiestrahlbündels mit der Arbeitsebene 48 darstellt. Dadurch wird der pulverförmige Werkstoff 56 an Stellen verfestigt, die dem Querschnitt des herzustellenden Objekts 40 entsprechen. Diese Schritte werden solange wiederholt, bis das Objekt 40 fertiggestellt ist und dem Baubehälter 44 entnommen werden kann. Zum Erzeugen eines bevorzugt laminaren Prozessgasstroms in der Prozesskammer 20 enthält die Lasersintervorrichtung 10 ferner einen Gaszuführkanal 34'', eine Gaseinlassdüse 34', eine Gasauslassöffnung 30' und einen Gasabführkanal 30'.

Der Prozessgasstrom bewegt sich horizontal über das Baufeld I hinweg. Eine Strömungsrichtung des Prozessgasstroms verläuft in Fig. 7 in der gleichen Raumrichtung wie die Beschichtungsrichtung Y, d. h. parallel zu ihr. Der Gaszuführkanal 34'', die Gaseinlassdüse 34', die Gasauslassöffnung 30' und der Gasabführkanal 30'' können aber auch so beispielsweise um 90° gedreht in der bzw. um die Prozesskammer 20 angeordnet sein, dass die (horizontale) Beschichtungsrichtung Y (entsprechend um 90° gedreht) im Wesentlichen senkrecht zur (horizontalen) Strömungsrichtung des Prozessgasstroms steht. Auch die Gaszufuhr und -abfuhr kann von der Steuereinheit 74 gesteuert sein (nicht dargestellt). Das aus der Prozesskammer 20 abgesaugte Gas kann einer (nicht gezeigten) Filtervorrichtung zugeführt werden, und das gefilterte Gas kann über den Gaszuführkanal 34'' wieder der Prozesskammer 20 zugeführt werden, wodurch ein Umluftsystem mit einem geschlossenen Gaskreislauf gebildet wird. Statt lediglich einer Gaseinlassdüse 34' und einer Gasauslassöffnung 30' können jeweils auch mehrere Düsen bzw. Öffnungen vorgesehen sein.

Fig. 1 zeigt eine schematische und teiltransparente Perspektivansicht einer erfindungsgemäßen Schichtbauvorrichtung 10. Der allgemeine Aufbau und die allgemeine Funktionsweise der Schichtbauvorrichtung 10 sind aus der Beschreibung des in Fig. 7 gezeigten Beispiels bekannt, werden aber vorliegend in einigen Aspekten variiert. Fig. 1 wird im Folgenden in Zusammenschau mit **Fig. 2** und **Fig. 3** erläutert werden, wobei Fig. 2 eine schematische Perspektivansicht einer Einleiteinrichtung 14 und einer Heizeinrichtung 12, die an einem gemeinsamen Tragarm 28a angeordnet sind, zeigt. Fig. 3 zeigt eine schematische Perspektivansicht einer Strömungsleiteinrichtung 16, die mit ihrer Einleiteinrichtung 14 gemeinsam an einem Tragarm 28a einer Trag-

vorrichtung 28 der Schichtbauvorrichtung 10 angeordnet sind. Die Schichtbauvorrichtung 10, welche vorliegend ebenfalls exemplarisch als selektive Lasersinter- und/oder Laserschmelzvorrichtung ausgebildet ist, dient zur additiven Herstellung des Bauteils 40 oder zumindest eines Bauteilbereichs dieses Bauteils 40 durch ein additives Schichtbauverfahren. Bei dem Bauteil 40 oder Bauteilbereich kann es sich beispielsweise um ein Bauteil 40 eines Flugtriebwerks oder einer anderen Strömungsmaschine handeln, wobei grundsätzlich keine Einschränkungen der Bauteilart gegeben sind und auch andere Bauteiltypen auf die im Folgenden beschriebene Weise hergestellt werden können.

- 10 Die Schichtbauvorrichtung 10 umfasst ein Gehäuse 18, welches eine Prozesskammer 20 begrenzt. Auf der Oberseite des Gehäuses 18 befindet sich ein lasertransparentes Fenster 22, durch welches ein oder mehrere Laserstrahlen zum selektiven Verfestigen einer Pulverschicht 24 in das Gehäuse 18 eintreten können. Üblicherweise weist die Prozesskammer 20 eine relativ große Innenhöhe auf, was vor allem durch Anforderungen der Laseroptikeinheit bedingt ist. Ein Laserstrahl, der aus einer zentral über dem Baufeld I positionierten Optik austritt, trifft umso steiler auf Rand- bzw. exzentrischen Bereichen der Aufbau- und Fügezone des Baufelds I auf, je größer der Abstand zwischen der Ebene des Baufelds I und einem Austrittspunkt aus der zugeordneten Optik ist. Ein steilerer Auftreffwinkel des Laserstrahls vereinheitlicht generell die Abbildungseigenschaften, verringert den Korrekturbedarf und fördert damit die Bauteilpräzision. Ein großes Volumen der Prozesskammer 20 ist aber nachteilig, wenn es um eine Reinhaltung einer Atmosphäre der Prozesskammer 20 und der darin enthaltenen Elemente geht. Daher kann grundsätzlich eine Schutzgaseinrichtung (nicht gezeigt) vorgesehen sein, mittels welcher beispielsweise durch die Rückseite des Gehäuses 18 Schutzgas bzw. Prozessgas wie etwa Argon durch eine Schutzgasöffnung 34 in die Prozesskammer 20 geleitet werden kann, um eine definierte Gasatmosphäre in der Prozesskammer 20 zu schaffen. Allerdings wird aus ökonomischen Gründen in der Regel nur ein vergleichsweise geringer Volumenstrom an Prozessgas zugeführt.

- Die Pulverschicht 24, die auch als Pulverbett bezeichnet wird, wird mit Hilfe einer aus Gründen der Übersichtlichkeit vorliegend nicht gezeigten Pulverzuführung über den Beschichter 60 auf das Baufeld I aufgebracht, das im Betrieb der Schichtbauvorrichtung 10 oberhalb der bewegbaren Bauplattform 54 (nicht gezeigt) liegt. Die Pulverschicht 24 wird in dieser Aufbau- und Fügezone durch selektives Beaufschlagen mit einem oder mehreren Laserstrahlen schichtweise und lokal

verschmolzen und/oder versintert, wodurch das Bauteil 40 bzw. der Bauteilbereich schichtweise gemäß einer vorbestimmten Bestrahlungsstrategie aufgebaut wird.

Eine besonders prozesssichere additive Herstellung von Bauteilschichten eines Bauteils mit hoher Qualität wird dadurch ermöglicht, dass die Schichtbauvorrichtung 10 die bereits erwähnte Einleiteinrichtung 14 aufweist, mittels welcher alternativ oder zusätzlich zur „globalen“ Prozessgasströmung durch die Prozesskammer 20 durch die Schutzgasöffnung 34 ein „lokaler“ Schutzgasstrom, beispielsweise ein im Wesentlichen aus Argon gebildeter Gasstrom, über der Pulverschicht 24 erzeugbar ist, innerhalb welcher das Baufeld I liegt. Die Einleiteinrichtung 14 ist in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel über der Pulverschicht und relativ zur Pulverschicht 24 in der x-/y-Ebene, das heißt in zwei zueinander senkrechten Raumrichtungen translatorisch bewegbar. Sie umfasst hierzu eine Auslassöffnung 14a als Austrittsöffnung, durch welche der Schutzgasstrom im Wesentlichen parallel zur Pulverschicht 24 bzw. zur Ebene des Baufelds I gerichtet austritt. Die Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Volumendurchsatz an Schutzgas kann bedarfsgerecht variiert werden. Beispielsweise kann ein Schutzgasstrom im Bereich zwischen 0,1 l/min und 20 l/min eingestellt werden, also beispielsweise 1 l/min, 5 l/min, 10 l/min oder mehr. Über einen flexiblen Kanal 36 erfolgt eine Zuleitung des Schutzgases, das über die Auslassöffnung 14a der am Endbereich des Kanals angeordneten Einleiteinrichtung 14 lokal in die Prozesskammer 20 geleitet wird. Diese lokale Einblasung über den Kanal 36 kann grundsätzlich aus dem gleichen Schutzgasreservoir wie die globale Schutzgasbeaufschlagung oder aus einem separaten Schutzgasreservoir mit von der globalen Schutzgasbeaufschlagung unabhängig einstellbaren Parametern (Geschwindigkeit, Volumenstrom, Schutzgaszusammensetzung, Druckdifferenz zur Umgebung etc.) erfolgen. Im Verhältnis zum Volumen der Prozesskammer 20 ist damit ein kleinräumiger und zielgerichteter Abtransport von Verschmutzungen aus der Atmosphäre sowie die Herstellung einer lokal verbesserten Schutzgasatmosphäre direkt über der momentan zu verfestigenden Prozessstelle möglich.

Der Einleiteinrichtung 14 ist eine Strömungsleiteinrichtung 16 zum Leiten des Schutzgasstroms über die Pulverschicht 24 zugeordnet. Die Strömungsleiteinrichtung 16 bildet dabei generell einen Strömungskanal mit möglichst kleinflächiger Verbindung zur restlichen Prozesskammer 20 und verhindert so effektiv eine Ausbreitung von an der Bestrahlungsstelle (L, in Fig. 1 bis 3 nicht gezeigt) entstehenden Verunreinigungen in den Raum der Prozesskammer 20. Stattdessen kön-

nen die entstehenden Verunreinigungen zielgerichtet abgeführt werden. Die Strömungsleiteinrichtung 16 umfasst hierzu im gezeigten Ausführungsbeispiel zwei Leitflächensegmente 16a, 16b, die als longitudinale Leitflächen fungieren und einen Strömungskanal bilden, der nach oben und unten hin offen ist (z-Richtung), so dass ein (Hoch-)Energie- bzw. Laserstrahl 68 ungehindert von oben auf die Pulverschicht 24 gelenkt werden kann. Die Leitflächensegmente 16a, 16b weisen eine Länge auf, die zumindest im Wesentlichen der Länge einer Baufeldseite S entspricht. Mit anderen Worten erstrecken sich die Leitflächensegmente 16a, 16b über die gesamte Baufeldseite S, so dass in jeder möglichen x-Position des Energiestrahls ein lokaler Schutzgasstrom zum Abführen von Verunreinigungen über die Pulverschicht 24 geführt werden kann. Weiterhin sind die Leitflächensegmente 16a, 16b in einem Abstand (z-Richtung) zwischen 1 cm und 10 cm, beispielsweise in einem Abstand von 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm oder mehr, zur Pulverschicht 24 angeordnet. Man erkennt, dass die Auslassöffnung 14a der Einleiteinrichtung 14 im gezeigten Ausführungsbeispiel innerhalb des gebildeten Strömungskanals bzw. zwischen Endbereichen der Leitflächensegmente 16a, 16b angeordnet ist. Diese Überlappung stellt sicher, dass kein Unterdruck entsteht, durch welchen z. B. Pulver von hinten in den Strömungskanal gesaugt werden könnte, und dass die Schutzgasströmung nicht unkontrolliert aus dem Strömungskanal entweichen kann.

Die Strömungsleiteinrichtung 16 definiert eine initiale Richtung sowie eine mit zwei Pfeilen gekennzeichnete Hauptströmungsrichtung H der lokalen Strömung des Schutzgases knapp oberhalb der x-/y-Ebene der Schichtbauvorrichtung 10, wobei grundsätzlich beliebige Ausrichtungen sowie gebogene bzw. gekrümmte Ausführungen der Strömungsleiteinrichtung 16 möglich sind. Generell sollte die Strömungsleiteinrichtung 16 nach Möglichkeit so ausgebildet bzw. angeordnet werden, dass der Schutzgasstrom im Betrieb der Schichtbauvorrichtung 10 nicht abreißt und nicht zu stark verwirbelt wird. Durch diese konstruktiv vergleichsweise einfache Maßnahme wird zumindest die Bestrahlungsstelle als Arbeitsbereich eines Energiestrahls auf dem Baufeld bzw. Belichtungsstelle unter Bezug auf einen Laserstrahl 68 als Energiestrahls zuverlässig durch die gerichtete Schutzgasströmung von Rauch, Kondensat, Spratzern und sonstigen Schadstoffen und Schadgasen dergleichen freigehalten.

Das Leitflächensegment 16a ist im vorliegenden Beispiel an einem Tragarm 28a einer Tragvorrichtung 28 angeordnet. Wie man in Fig. 2 erkennt, sind auch die Heizeinrichtung 12 sowie die

Einleiteinrichtung 14 über jeweilige Tragarme 28b, 28c mittelbar am Tragarm 28a der Tragvorrichtung 28 gehalten. Alternativ kann es auch vorgesehen sein, dass die Heizeinrichtung 12 sowie die Einleiteinrichtung 14 an einem gemeinsamen Tragarm 28b oder unmittelbar am Tragarm 28a gehalten sind. Die Leitflächensegmente 16a, 16b sind in Fig. 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Alternativ können die Heizeinrichtung 12 und die Einleiteinrichtung 14 über individuelle bzw. unabhängig voneinander bewegbare Tragarme, Roboterarme oder dergleichen gehalten und bewegt werden. Die Heizeinrichtung 12 ist ihrerseits vorliegend als induktive Heizung ausgebildet und umfasst wenigstens eine Induktionsspule 12a. Alternativ können auch zwei oder mehr Induktionsspulen, beispielsweise eine Kreuzspulenanordnung vorgesehen sein. Die Einleiteinrichtung 14 kann ebenfalls mittelbar oder unmittelbar am Tragarm 28b der Heizeinrichtung 12 festgelegt sein, so dass die Heizeinrichtung 12, die Einleiteinrichtung 14 und die Strömungsleiteinrichtung 16 über die Tragvorrichtung 28 gemeinsam relativ zur Pulverschicht 24 bewegt werden können. Alternativ kann die Tragvorrichtung 28 beispielsweise einen Roboterarm oder dergleichen zum Positionieren der Heizeinrichtung 12, der Einleiteinrichtung 14 und/oder der Strömungsleiteinrichtung 16 umfassen. In einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, dass die Induktionsspule 12a Halteelemente (nicht gezeigt) umfasst, mittels welchen die Strömungsleiteinrichtung 16 bzw. die Leitflächensegmente 16a, 16b und/oder die Einleiteinrichtung 14 an der Induktionsspule 12a gehalten werden. Beispielsweise können die Leitflächensegmente 16a, 16b und/oder die Einleiteinrichtung 14 über eine Clipsverbindung an der Heizeinrichtung 12 gehalten werden, was eine besonders schnelle und einfache Montage bzw. Demontage erlaubt.

Der Tragarm 28a kann entlang der Pulverschicht 24 in y-Richtung translatorisch bewegt werden, während der vorliegend U-förmig ausgebildete Tragarm 28b in x-Richtung entlang des Tragarms 28a bewegt werden kann, um die Induktionsspule 12a zu positionieren und bestimmte Bereiche der Pulverschicht 24 auf eine vorbestimmte Temperatur zu erwärmen. Der bzw. die Laserstrahlen werden dann in der Regel auf den in z-Richtung unter der Induktionsspule 12a liegenden, vor-temperierten Bereich der Pulverschicht 24 geleitet, um ihn selektiv zu verfestigen. Man erkennt insbesondere in Fig. 2, dass die Auslassöffnung 14a in z-Richtung etwa auf Höhe der Induktionsspule 12a bzw. dicht oberhalb der Induktionsspule 12a angeordnet ist, so dass der Schutzgasstrom insbesondere den für die Bauteilqualität besonders relevanten Bereich der Induktionsspule 12a, in welchem das Verfestigen des Pulvers erfolgt, von Verunreinigungen freihält.

Diesen vergleichsweise kleinen und langsam bewegbaren effektiven Belichtungsbereich, nämlich ein in diesem Ausführungsbeispiel zumindest annähernd rechteckiges Feld, dessen Fläche im Wesentlichen vom Innenumfang der oberhalb davon angeordneten Induktionsspule 12a begrenzt ist, macht sich die Erfindung vorteilhaft zu Nutze. Eine Breite des durch die Strömungsleiteinrichtung 16 bzw. die Leitflächensegmente 16a, 16b gebildeten Strömungskanals entspricht im Wesentlichen der Breite der Induktionsspule 12a, während die Länge des Strömungskanals im Wesentlichen der Länge der Baufeldseite S entspricht oder gegebenenfalls darüber hinaus geht.

- 10 Die die Induktionsspule 12a flankierenden Leitflächensegmente 16a, 16b und der durch diese gebildete Strömungskanal erstrecken sich im gezeigten Ausführungsbeispiel in gleicher Richtung wie eine Globalströmung über dem Baufeld, da der Strömungskanal bzw. der durch ihn begrenzte Schutzgasstrom entlang des gesamten Baufelds I stets in eine Einlassöffnung als Eintrittsöffnung einer sich im vorliegenden Beispiel entlang der gesamten Aufbau- und Fügezone I erstreckenden Gasauslasseinrichtung 30 mündet. Die Gasauslasseinrichtung 30 dient zusätzlich zum Absaugen bzw. Ausleiten der globalen, durch die Schutzgasöffnung 34 in die Prozesskammer 20 eingebrachten Schutzgasströmung. Mit anderen Worten erfolgen eine lokale Einblasung sowie eine lokale (und globale) Absaugung bzw. Ausleitung von Schutzgas an einander gegenüberliegenden Enden des durch die Strömungsleiteinrichtung 16 gebildeten Strömungskanals. Die Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 kann alternativ z. B. verfahrbar in einem als horizontaler Schlitz ausgebildeten und mit einer Führungsschiene versehenen Auslass ausgebildet sein, sodass lokale Einblasung, Strömungskanal und lokale Absaugung koordiniert, d. h. in jeweils gleicher Richtung und Geschwindigkeit bewegt werden. Hierdurch kann ein optimales Strömungsprofil permanent aufrechterhalten werden. Zusätzlich sind praktisch keine störenden Einflüsse von außen möglich, wodurch insgesamt ein sehr effektiver Abtransport von Verschmutzungen aus der Prozesskammer 20 erzielbar ist. Weiterhin kann es grundsätzlich vorgesehen sein, dass die Gasauslasseinrichtung 30 eine oder mehrere sich über die gesamte Länge der Aufbau- und Fügezone I erstreckende(n) Einlassöffnung(en) umfasst, durch die während des gesamten Schichtbauverfahrens abgesaugt bzw. ausgeleitet wird. Eine Bewegung der Strömungsleiteinrichtung 16 und damit des Strömungskanals ist somit im Wesentlichen limitiert durch die Erstreckung des Baufelds I bzw. der Aufbau- und Fügezone. Die Gasauslasseinrichtung 30 hat demgemäß vorzugsweise eine Erstreckung von mindestens der Seitenlänge des rechteckigen Baufelds

bzw. der Aufbau- und Fügezone I in y-Richtung. Alternativ kann es vorgesehen sein, dass eine Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 zusammen mit der Heizeinrichtung 12, der Einleiteinrichtung 14 und/oder der Strömungsleiteinrichtung 16 entlang der Aufbau- und Fügezone I (z. B. in y-Richtung) bewegt wird, so dass die Auslassöffnung 14a der Einleiteinrichtung 14 stets auf die Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 gerichtet ist und der Schutzgasstrom zumindest im Wesentlichen umlenkungsfrei und damit besonders verwirbelungsarm über die Pulverschicht 24 geführt wird, während angrenzende und momentan nicht bearbeitete Bereiche der Pulverschicht 24 nicht entlüftet werden. Hierzu kann die Gasauslasseinrichtung 30 beispielsweise eine Mehrzahl an öffnen- und schließbaren Klappen, Strömungsleitelementen oder dergleichen umfassen, die in Abhängigkeit einer relativen Stellung der Einleiteinrichtung 14 gegebenenfalls geöffnet oder geschlossen bzw. verstellt werden. Ebenso ist es möglich, dass die Gasauslasseinrichtung 30 eine Art Jalousie umfasst, welche selektiv eine Einlassöffnung freigibt, die in Abhängigkeit der Stellung der Einleiteinrichtung 14 entlang der Gasauslasseinrichtung 30 bewegt werden kann. Die Steuerung bzw. Regelung der einzelnen Komponenten der Schichtbauvorrichtung 10 kann beispielsweise über eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung (nicht gezeigt) erfolgen, welche einen entsprechenden Programmcode ausführt. Der Programmcode kann hierzu mittels eines Speichermediums bereitgestellt und durch einen Prozessor der Steuer- und/oder Regeleinrichtung prozessiert werden.

Wie man insbesondere in Fig. 1 und Fig. 3 sieht, bilden die longitudinalen Leitflächensegmente 16a, 16b eine Art „Führungsrinne“, die sich in z-Richtung von einer Höhe knapp über dem Bau- feld bzw. der Pulverschicht 24 bis in eine Höhe knapp über der Auslassöffnung 14a der lokalen Einleiteinrichtung 14 erstrecken. Beispielsweise können sich die Leitflächensegmente 16a, 16b bzw. ihr höchster Punkt P_h (s. Fig. 4) bezogen auf die Pulverschicht 24 in z-Richtung 1 cm, 2 cm, 5 cm oder höher über die Auslassöffnung 14a erstrecken. Hierdurch wird neben einer vorteilhaften Strömungsführung des Schutzgases auch ein relativ flacher Einfallswinkel eines verfestigenden Energiestrahls (Laser-/Elektronenstrahl) ermöglicht. Optional können die Leitflächensegmente 16a, 16b nur teilweise seitlich abgeschlossen bzw. durchbrochen gestaltet sein. Damit wird beim Verfahren der Induktionsspule 12a und der Strömungsleiteinrichtung 16 in y-Richtung weniger Gasvolumen in der Prozesskammer 20 bewegt. Das kann nachteilige Verwirbelungen, die ansonsten eventuell zu Pulververblasung auf dem Bau- feld I führen können, reduzieren. Dieser günstige Effekt kann noch verstärkt werden, wenn die aufrecht bzw. senkrecht (d. h. in z-

Richtung) angeordneten Leitflächensegmente 16a, 16b eine Höhe aufweisen, die nicht über das unbedingt erforderliche Maß zur Strömungsführung in x-Richtung hinaus geht. Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante kann ein Bereich der Leitflächensegmente 16a, 16b, der in z-Richtung im Betrieb oberhalb der Auslassöffnung 14a der Einleiteinrichtung 14 bzw. oberhalb der Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 liegt, in flacherem Winkel zum Baufeld I angeordnet sein, als ihr darunter liegender Bereich. Mit anderen Worten können die Leitflächensegmente 16a, 16b im Profil abgewinkelt oder gekrümmt ausgeführt sein, wobei sich in einer vom Baufeld I abgewandten Richtung (d. h. in z-Richtung zum Fenster 22 hin) ein Querschnitt des Strömungskanals aufweitet. Diese konstruktive Lösung kann insbesondere bei Verwendung einer optionalen Deckeneinströmung von Prozessgas vorteilhaft sein, da der dadurch entstehende Trichtereffekt von oben einströmendes Gas in die Führungsrinne bzw. den Strömungskanal lenkt bzw. eventuell leicht bündelt, ohne damit die lokale Strömung im Strömungskanal zu stören.

Bei der beschriebenen lokalen Beströmung des Baufelds I ist der Beströmungszielbereich örtlich veränderlich. Für eine möglichst effektive Freihaltung der Prozesszone und der Auftrefffläche eines Energiestrahls L sowie für einen möglichst schnellen Abtransport von Verunreinigungen der Gasatmosphäre wird der durch die Leitflächensegmente 16a, 16b der Strömungsleiteinrichtung 16 gebildete Strömungskanal zur Führung der Gaseinströmung aus der Einleiteinrichtung 14 gemeinsam mit dem Beströmungszielbereich bzw. einer Prozessstelle folgend, an welcher das Pulverbett 24 selektiv verfestigt wird oder werden soll, bewegt. Der nur lokal wirkende, aus der Auslassöffnung 14a geleitete Gasstrom und der durch die Strömungsleiteinrichtung 16 gebildete Strömungskanal können gemeinsam durch einen einzigen Antrieb oder separat durch zwei Antriebe bewegt werden, wobei die beiden Antriebe mechanisch vollständig oder eingeschränkt voneinander unabhängig bewegbar sein können. Dies stellt generell einen eigenen Erfindungsaspekt dar, der insbesondere nicht auf eine bestimmte Hauptströmungsrichtung H des Schutzgasstroms begrenzt ist. Beispielsweise kann, wie in Fig. 1 gezeigt, ein erster Tragarm 28a in einer ersten Raumrichtung (hier exemplarisch y) verfahrbar sein und ein zweiter Tragarm 28b zum einen am ersten Tragarm 28a mitgeführt werden, zum anderen unabhängig vom ersten Tragarm 28a in einer zweiten Raumrichtung (hier exemplarisch x) verfahrbar bzw. bewegbar sein. Alternativ sind aber auch Kombinationen oder alternative Varianten der translatorischen und/oder einer rotatorischen Bewegbarkeit der einzelnen Tragarme 28a, 28b möglich. Beispielsweise kann der erste Tragarm 28a in genau einer ersten Raumrichtung (y-Richtung) bewegbar sein und der

zweite Tragarm 28b in der ersten Raumrichtung (y-Richtung) und in einer zweiten Raumrichtung (x-Richtung) bewegbar sein, wobei die zweite Raumrichtung (x-Richtung) vorzugsweise senkrecht zur ersten Raumrichtung (y-Richtung) ist. Alternativ oder zusätzlich kann wenigstens ein Tragarm 28a, 28b innerhalb einer parallel oberhalb des Baufelds I liegenden Ebene bewegbar sein. Jedem Tragarm 28a, 28b kann generell ein separates Antriebsmittel der Tragvorrichtung 28 zum Bewegen zugeordnet sein. Alternativ kann vorgesehen sein, dass mindestens zwei Tragarme 28a, 28b mittels eines gemeinsamen Antriebsmittels der Tragvorrichtung 28 bewegbar sind.

Generell kann die Bewegbarkeit der Heizeinrichtung 12 und/oder der Einleiteinrichtung 14 und/oder der Strömungsleiteinrichtung 16 z. B. in einer Ebene parallel zum Baufeld I und optional auch in z-Richtung stattfinden. Beispielsweise kann wenigstens ein Roboterarm (nicht gezeigt) verwendet werden, welcher eine freie translatorische und/oder rotatorische Bewegbarkeit in der x-y Ebene und gegebenenfalls eine Bewegbarkeit in z-Richtung erlaubt. Allerdings sind anstelle eines Roboterarms auch alternative Tragvorrichtungen 28 denkbar.

Vorzugsweise wird ein Antrieb der häufig ohnehin benötigten Heizeinrichtung 12 synergetisch auch für den Antrieb der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 genutzt. Dies bietet sich an, da ein Heizbereich der Heizeinrichtung 12 und ein Beströmungszielbereich der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 eine Schnittmenge bilden können bzw. zumindest aneinander angrenzen, wobei ein vertikaler Abstand möglichst gering ist, beispielsweise gegen Null gehen kann. Eine Position bzw. Bewegung der Heizeinrichtung 12 und des von dieser erzeugten Heizbereichs bestimmt also eine Position bzw. Bewegung des durch die Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 definierten Beströmungszielbereichs. Vorzugsweise erfolgt eine Steuerung bzw. Regelung der Position bzw. Bewegung von Heizeinrichtung 12 und/oder der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 derart, dass der Beströmungszielbereich und der Heizbereich in einer Orthogonalprojektion auf die Ebene des Baufelds eine möglichst große Schnittmenge miteinander bilden, besonders bevorzugt im Wesentlichen identisch sind.

Wird beispielsweise als Heizeinrichtung 12 eine sogenannte „Kreuzspule“ verwendet, welche zwei Induktoren umfasst, die relativ zueinander bewegbar sind, um die einzelnen Induktionsfelder überlagern zu können, benötigt die Einleiteinrichtung 14 für den lokalen Gaseinlass einen ei-

genen Antrieb bzw. Tragarm oder muss zumindest derart beweglich sein, dass sie mit dem Überlagerungsbereich der beiden Induktoren, das heißt dem intensivsten Heizbereich der Heizeinrichtung 12, verfährt bzw. bewegbar ist.

5 In einem weiteren Erfindungsaspekt, der unabhängig von den anderen Erfindungsaspekten ist, weist die Heizeinrichtung 12, wie beispielsweise in Fig. 5 oder 6 gezeigt, einen größeren Induktor bzw. eine große Induktionsspule 12a sowie einen kleineren Induktor bzw. eine kleine Induktionsspule 12b auf, wobei die kleine Induktionsspule 12b - vorzugsweise ausschließlich - innerhalb der großen Induktionsspule 12a bzw. oberhalb der Projektionsfläche der großen Induktionsspule 12a auf das Baufeld I verfahrbar bzw. bewegbar ist. Bei dieser Ausgestaltung der Heizeinrichtung 12 kann es dann vorgesehen sein, dass die Einleiteinrichtung 14 und/oder die Strömungsleiteinrichtung 16 an den Induktionsspulen 12a, 12b bzw. jeweils an einer Induktionsspule 12a, 12b bzw. gemeinsam am jeweiligen Tragarm 28a, 28b befestigt sind oder zumindest gemeinsam mit der jeweils zugeordneten Induktionsspule 12a, 12b bewegbar sind. Ein Verfahren mit den Induktionsspulen 12a, 12b erfüllt die oben definierten Ziele der geführten Bestromung in Abhängigkeit des Heizbereichs vorteilhafter Weise uneingeschränkt.

Ein weiterer unabhängiger Erfindungsgedanke liegt in einer Koppelung der Bewegbarkeit der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 an einen gewählten Betriebsmodus der Beströmung und/oder der Beheizung. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer entsprechend ausgebildeten Steuereinrichtung bzw. Steuereinheit 74 der Schichtbauvorrichtung 10 gesteuert bzw. geregelt werden. Beispielsweise kann eine erste, „aktive“ Betriebsstellung vorgesehen sein, in welcher die lokale Gaseinströmung und das Leiten des lokalen Gasstroms erfolgt wie beispielsweise in Fig. 1 gezeigt. Diese Betriebsposition der Heizeinrichtung 12 sowie der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 oberhalb des Baufelds I ist geeignet zum Beheizen bzw. Beströmen und kann jeweils eine Bewegbarkeit in allen Freiheitsgraden oder eingeschränkt auf für die jeweilige Anwendung sinnvolle Freiheitsgrade vorsehen. In einer zweiten, „inaktiven“ Betriebsstellung erfolgt demgegenüber keine lokale Gaseinströmung bzw. kein Leiten des lokalen Gasstroms. Diese Betriebsposition umfasst vorzugsweise ein Bewegen der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 in einen Bereich außerhalb der Verfahrbewegung des Beschichters 60, um das Auftragen einer neuen Pulverschicht nicht zu behindern. Beispielsweise kann hierbei ein Verfahren der Heizeinrichtung 12 und/oder der Ström-

mungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 in eine seitliche Parkposition und/oder ein Bewegen oder Verschwenken nach oben (z-Richtung) in den freien Raum der Prozesskammer 20 vorgesehen sein. Die „inaktive“ Betriebsposition kann z. B. auch während des Rüstens, Reinigens, Flutens etc. der Schichtbauvorrichtung 10 bzw. in Prozessnebenzeiten gewählt werden. Auch diese Steuerung bzw. Regelung der Betriebsstellungen der Heizeinrichtung 12 und/oder der Strömungsleiteinrichtung 16 und/oder der Einleiteinrichtung 14 stellt generell einen eigenen Erfindungsaspekt dar, der unabhängig von den anderen Erfindungsaspekten realisierbar ist.

- 10 **Fig. 4** zeigt eine schematische seitliche Schnittansicht der Schichtbauvorrichtung 10 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel und wird im Folgenden in Zusammenschau mit **Fig. 5** erläutert werden. Fig. 5 zeigt dabei eine schematische Aufsicht einer Variante der Schichtbauvorrichtung 10. Der grundsätzliche Aufbau der Schichtbauvorrichtung 10 entspricht demjenigen des in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiels. Im Unterschied zu diesem Ausführungsbeispiel ist die
- 15 Strömungsleiteinrichtung 16 vorliegend teleskopierbar ausgebildet und umfasst – in Anzahl und Anordnung exemplarisch – drei gegeneinander in X-Richtung verschiebbare Leitflächensegmente 16a-c. Man erkennt, dass die Leitflächensegmente 16a-c zu diesem Zweck über individuelle Tragarme 28c-28e am ersten Tragarm 28a gelagert und in Abhängigkeit der x-Position der Einleiteinrichtung 14 relativ zum Baufeld I bewegbar sind. In Fig. 4 erkennt man auch, dass die
- 20 Hauptströmungsrichtung H des aus der Auslassöffnung 14a strömenden Schutzgas- bzw. Prozessgasstroms nicht exakt parallel zur Pulverschicht 24 ausgerichtet ist, sondern in einem flachen Winkel von etwa 20° zur Ebene des Baufelds I, das heißt leicht auf die Pulverschicht 24 gerichtet, aus der Auslassöffnung 14a des Kanals 36 bzw. seiner Einleiteinrichtung 14 austritt. Durch den vergleichsweise großen Abstand von der Auslassöffnung 14a zur Gasauslasseinrichtung 30,
- 25 durch welche der lokale Schutzgasstrom wieder aus der Prozesskammer 20 ausgeleitet bzw. abgesaugt wird, weitet sich der Schutzgasstrom nach dem Verlassen der Auslassöffnung 14a zunehmend auf und wird nach oben, das heißt in z-Richtung von der Pulverschicht 24 weg, abgelenkt. Die Grenzen des sich aufweitenden Schutzgasstroms sind mit dem Bezugszeichen IV dargestellt. Der Winkel der Hauptströmungsrichtung H in Richtung der Pulverschicht 24 ist in Ab-
- 30 hängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit und/oder der Entfernung zur Gasauslasseinrichtung 30 derart gewählt, dass sich der Schutzgasstrom im Wesentlichen nicht in z-Richtung über die Gasauslasseinrichtung 30 aufweitet, sondern sich höchstens bis zum oberen Rand der Absaugöffnung

der Gasauslasseinrichtung 30 erstreckt. Weiterhin erkennt man in Fig. 4, dass die Leitflächen-segmente 16a-c unterschiedlich groß sind, wobei das der Auslassöffnung 14a nächstliegende Leitflächen-segment 16a in z-Richtung am niedrigsten und das entfernteste Leitflächen-segment 16c in z-Richtung am höchsten ist. Damit ist sichergestellt, dass ein höchster Punkt P_h der Strömungsleiteinrichtung 16 nicht nur in z-Richtung oberhalb der Auslassöffnung 14a, sondern auch oberhalb des maximal aufgeweiteten Schutzgasstroms (IV) liegt. Weiterhin erkennt man, dass bezogen auf das Baufeld I ein tiefster Punkt P_n aller Leitflächen-segmente 16a-c näher an der Pulverschicht 24 angeordnet ist als ein tiefster Punkt bzw. die Unterkante der Auslassöffnung 14a des Kanals 36. Somit wird in jedem Betriebszustand eine zuverlässige Strömungsführung gewährleistet.

Im Unterschied zum in der Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel ist in der Fig. 5 die Heizeinrichtung 12 eine große Induktionsspule 12a und eine innerhalb der großen Induktionsspule 12a bewegbare kleine Induktionsspule 12b umfasst, deren Felder zum Vorheizen der Pulverschicht 24 gezielt überlagert werden können, um besonders hohe Temperaturen zu erzeugen. In Fig. 4 und 5 ist exemplarisch die Auftrefffläche L eines Energiestrahls, beispielsweise eines Laserstrahls auf der Pulverschicht 24 gezeigt, die regelmäßig innerhalb der großen und der kleinen Induktionsspule 12a, 12b Baufelds I liegt. Man erkennt insbesondere in Fig. 5 zudem die Bedeutung der zumindest im Arbeitsbereich des Lasers nach oben (d. h. zur Gehäusedecke der Prozesskammer 20) und unten (d. h. zum Baufeld I) hin offenen Strömungsleiteinrichtung 16, wodurch sichergestellt ist, dass der Laserstrahl 68 ungehindert durch das Fenster 22 in der Prozesskammerdecke auf die temperierte Pulverschicht 24 gerichtet werden kann, um diese selektiv zu verfestigen.

Fig. 6 zeigt eine schematische Perspektivansicht, in Teilen Schnittansicht, der Schichtbauvorrichtung 10 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Im Unterschied zum vorhergehenden Beispiel umfasst die Strömungsleiteinrichtung 16 drei in Größe, Gestalt und Anordnung andersartig ausgeprägte Leitflächen-segmente 16a-c. Davon ist das Leitflächen-segment 16b als horizontale Deckfläche ausgebildet, die die Strömungsleiteinrichtung 16 im Betrieb nach oben hin zumindest partiell abschließt. Dadurch kann verhindert werden, dass sich der aus dem Kanal 36 und der Einleiteinrichtung 14 in die Prozesskammer 20 geleitete Schutzgasstrom zu stark aufweitet und stets zuverlässig in Richtung der Gasauslasseinrichtung 30 geleitet wird. Das Leitflächen-segment 16b ist an einer senkrechten Führung in z-Richtung verschiebbar gelagert. Vorzugsweise

wird eine Position des Leitflächensegments 16b in z-Richtung, d. h. ihr jeweiliger Abstand zum Baufeld I, in Abhängigkeit einer aktuellen Distanz der Einleiteinrichtung 14 bzw. der Auslassöffnung 14a von der Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 (in x-Richtung) eingestellt.

Beispielsweise kann bei einer geringen Distanz der Auslassöffnung 14a von der Einlassöffnung

der Gasauslasseinrichtung 30 eine niedrige Position des Leitflächensegments 16b gewählt wer-

den, da der Strömungskegel (in Fig. 4 mit dem Bezugszeichen IV gekennzeichnet) des lokalen

Prozessgasstroms sich nur in geringem Maße aufweitet, bevor er die Einlassöffnung der Gasaus-

lasseinrichtung 30 erreicht, und damit im Wesentlichen nur entlang der Unterseite des Leitflä-

chensegments 16b strömt. Demgegenüber kann bei einer großen Distanz der Auslassöffnung 14a

von der Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 eine hohe Position des Leitflächensegments

16b gewählt werden. Das Leitflächensegment 16c ist unterhalb der Einleiteinrichtung 14 ange-

ordnet und stellt sicher, dass der Schutzgasstrom bereichsweise nach unten begrenzt wird und

über die kleine Induktionsspule 12b strömt. Hierdurch wird einerseits ein Aufwirbeln der Pulver-

schicht 24 verhindert und andererseits eine besonders zuverlässige Abführung von im Bereich

der kleinen Induktionsspule 12b entstehenden Verunreinigungen sichergestellt.

Die Ausgestaltung der Strömungsleiteinrichtung 16 kann dabei bedarfsgemäß variiert werden,

wobei lediglich sichergestellt werden sollte, dass eine weitgehend störungsfreie Verfestigung der

Pulverschicht 24 möglich bleibt. Hierzu kann grundsätzlich in einer weiteren Ausführungsform

der Erfindung vorgesehen sein, dass die Strömungsleiteinrichtung 16 ganz oder teilweise aus ei-

nem (hoch-)energiestrahtransparenten Material besteht, wodurch auch teil- oder vollumfänglich

geschlossene Strömungskanäle realisierbar sind, durch welche der Energiestrahle dennoch zum

Verfestigen auf die Pulverschicht 24 geleitet werden kann.

Als weitere Alternative kann die Strömungsleiteinrichtung 16 einstückig ausgebildet werden und

sich als Rudiment nur bereichsweise zwischen der Einleit- bzw. Einleiteinrichtung 14 und der

Gasauslasseinrichtung 30 erstrecken, um beim relativen Verfahren der kleinen Induktionsspule

12b zur großen Induktionsspule 12a eine Kollision der Strömungsleiteinrichtung 16 mit anderen

Komponenten in der Prozesskammer 20 auszuschließen. Die Einleiteinrichtung 14 kann dabei an

einer Wand der Strömungsleiteinrichtung 16 festgelegt sein, während die Strömungsleiteinrich-

tung 16 ihrerseits über die Induktionsspule 12b am Tragarm 28 festgelegt sein kann. Damit kön-

nen die Einleiteinrichtung 14, die Strömungsleiteinrichtung 16 und die Induktionsspule 12b ei-

nerseits stets gemeinsam relativ zur Induktionsspule 12a in x-Richtung und andererseits gemeinsam mit der Induktionsspule 12a in y-Richtung über die Pulverschicht 24 bewegt werden. Auch diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass zumindest die Belichtungsstelle zuverlässig durch eine gerichtete Strömung von Rauch/Kondensat/Spratzern etc. freigehalten wird und dass die initiale Leitwirkung der Strömungsleiteinrichtung 16 zu beiden Seiten hin gewährleistet ist, so dass auch in diesem Fall eine Ausrichtung des Schutzgasstroms von der Auslassöffnung 14a zur Einlassöffnung der Gasauslasseinrichtung 30 erfolgt.

Zur Vermeidung einer unerwünschten Erwärmung kann die Strömungsleiteinrichtung 16 generell vorzugsweise aus einem nicht-metallischen bzw. nicht-elektrisch leitfähigen und temperaturstabilen Material wie beispielsweise Polyetheretherketon (PEEK) gefertigt sein, damit sich die Strömungsleiteinrichtung 16 einerseits nicht selbst induktiv aufheizt und andererseits den beim Verfestigen der Pulverschicht 24 entstehenden Temperaturen beschädigungsfrei widersteht.

Zusammenfassend ermöglicht die erfindungsgemäße Schichtbauvorrichtung 10 und insbesondere die erfindungsgemäße Strömungsleiteinrichtung 16 unterschiedliche Grade der Begrenzung eines Strömungskanals durch ein oder mehrere Leitflächensegmente 16a-c. Die Strömungsleiteinrichtung 16 kann den Schutzgasstrom grundsätzlich nur in einer Richtung leiten. Alternativ kann die Strömungsleiteinrichtung 16 eine Art Führungsrinne ausbilden, wie dies vorstehend durch die zwei longitudinalen Leitflächensegmente 16a, 16b gezeigt wurde, die sich in z-Richtung von einer Höhe knapp über dem Pulverbett 24 bis in eine Höhe knapp über einem Auslass der lokalen Einblasung erstrecken (z. B. 1, 2, 3, 4, 5 cm oder mehr darüber). Vorzugsweise erstreckt sich die Strömungsleiteinrichtung 16 und damit die durch diese gebildete Führungsrinne zumindest im Wesentlichen entlang einer Induktionsspule 12a oder entlang einer gesamten Baufeldseite S.

Dies ermöglicht einen relativ flachen Einfallwinkel eines verfestigenden Energiestrahls (Laser-/Elektronenstrahl). Eine nur teilweise seitlich abgeschlossene Gestaltung besitzt zudem Vorteile bei Verwendung einer gegebenenfalls gebündelten globalen Schutzgaseinströmung, da ein Trichtereffekt realisierbar ist, der einströmendes Gas in die Führungsrinne lenkt bzw. evtl. leicht bündelt. Die lokale Schutzgasströmung im durch die Strömungsleiteinrichtung 16 gebildeten Strömungskanal wird damit nicht gestört. Außerdem wird beim Verfahren der Strömungsleiteinrichtung 16 weniger Gasvolumen in der Prozesskammer 20 bewegt, wenn die aufrecht stehenden

Leitflächensegmente 16a-c vergleichsweise flach dimensioniert sind. Auch dies reduziert nachteilige Verwirbelungen, die evtl. zu Pulververblasung auf dem Baufeld I führen könnten.

Alternativ kann die Strömungsleiteinrichtung 16 grundsätzlich zumindest bereichsweise einen nach oben oder vollumfänglich geschlossenen Tunnel mit großflächiger, vorzugsweise allseitiger Begrenzung des Strömungskanals durch Leitflächensegmente 16a-c bilden. Die Strömungsleiteinrichtung 16 kann in diesem Fall eine oder mehrere Ausnehmungen bzw. Aussparungen oder hochenergiestrah-transparente Bereiche an der Oberseite („Fenster“) aufweisen, damit ein oder mehrere (Hoch)energie- bzw. Laserstrahlen ungehindert auf das Baufeld treffen können. Vorzugsweise ist in diesem Fall eine Position der Ausnehmung bzw. Aussparung relativ zur Position einer kleinen Induktionsspule 12b über der Aufbau- und Fügezone I fest. Eine Erstreckung bzw. Geometrie der Ausnehmung bzw. Aussparung kann jedoch auch variabel ausgebildet sein. Hierdurch ist eine klar definierte Strömungsführung des Schutzgasstroms möglich, wodurch ein besonders effektiver Abtransport von Verunreinigungen sichergestellt wird.

Die in den Unterlagen angegebenen Parameterwerte zur Definition von Prozess- und Messbedingungen für die Charakterisierung von spezifischen Eigenschaften des Erfindungsgegenstands sind auch im Rahmen von Abweichungen – beispielsweise aufgrund von Messfehlern, Systemfehlern, DIN-Toleranzen und dergleichen – als vom Rahmen der Erfindung mitumfasst anzusehen.

Bezugszeichenliste:

	10	Schichtbauvorrichtung
	12	Heizeinrichtung
5	12a	Induktionsspule
	12b	Induktionsspule
	14	Einleiteinrichtung
	14a	Auslassöffnung
	16	Strömungsleiteinrichtung
10	16a	Leitflächensegment
	16b	Leitflächensegment
	16c	Leitflächensegment
	18	Gehäuse
	20	Prozesskammer
15	22	Einkoppelfenster
	24	Pulverbett
	28	Tragvorrichtung
	28a	Tragarm
	28b	Tragarm
20	28c	Tragarm
	30, 30', 30''	Gasauslasseinrichtung
	34, 34', 34''	Gaszuführkanal
	36	Kanal
	40	Bauteil
25	42	Kammerwandung
	44	Baubehälter
	46	Wandung
	48	Arbeitsebene
	50	Träger
30	52	Grundplatte
	54	Bauplattform
	56	Werkstoff

	58	Vorratsbehälter
	60	Beschichter
	62	Überlaufbehälter
	64	Belichtungsvorrichtung
5	66	Laser
	68	Laserstrahl
	70	Umlenkvorrichtung
	72	Fokussiervorrichtung
	74	Steuereinheit
10	I	Baufeld
	IV	Grenzen der Ausdehnung eines Gasstroms
	x, y	horizontale Richtung
	z	vertikale Richtung
	L	Auftrefffläche eines Energiestrahls
15	S	Baufeldseite
	H	Hauptströmungsrichtung
	Ph	Höchster Punkt der Strömungsleiteinrichtung
	Pn	Niedrigster Punkt der Strömungsleiteinrichtung

Patentansprüche

1. Schichtbauvorrichtung (10) zur additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs
5 eines Bauteils (40) durch ein additives Schichtbauverfahren, umfassend eine Prozess-
kammer (20), innerhalb welcher zumindest:
- ein Baufeld (I) zum schichtweisen Aufbauen des Bauteilbereichs aus einem Werk-
stoff (56);
 - wenigstens eine Strömungsleiteinrichtung (16), welche mindestens einen Kanal
10 (36) mit einer Austrittsöffnung (14a) zum Einleiten eines Schutzgases in die Pro-
zesskammer (20) umfasst; und
 - eine bezüglich des Baufelds (I) ortsfeste Gasauslasseinrichtung (30) zum Abfüh-
ren des Schutzgases aus der Prozesskammer (20)
- angeordnet sind,
15 dadurch gekennzeichnet, dass
die Strömungsleiteinrichtung (16) dazu ausgebildet ist, im Betrieb der Schichtbauvorrich-
tung (10) einen die Austrittsöffnung (14a) umfassenden Endbereich des Kanals (36) der
Strömungsleiteinrichtung (16) oberhalb einer Ebene des Baufelds (I) anzuordnen und der-
art relativ zur Ebene des Baufelds (I) zu bewegen, dass zumindest ein überwiegender Teil
20 des Schutzgases entlang einer zur Ebene des Baufelds (I) zumindest im Wesentlichen pa-
rallelen Hauptströmungsrichtung (H) lokal über einen Teilbereich des Baufelds (I) leitbar
ist.
2. Schichtbauvorrichtung (10) nach Anspruch 1,
25 dadurch gekennzeichnet, dass
die Strömungsleiteinrichtung (16) wenigstens ein Leitflächensegment (16a-c) zum Be-
grenzen einer Ausbreitung des in die Prozesskammer (20) eingeleiteten Schutzgases um-
fasst.
- 30 3. Schichtbauvorrichtung (10) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das wenigstens eine Leitflächensegment (16a-c) eine Längserstreckung von mindestens

50 %, vorzugsweise von mindestens 70% und besonders bevorzugt von mindestens 100% einer Baufeldseite (S) und/oder eines Baufelddurchmessers des Baufelds (I) besitzt und/oder dass das wenigstens eine Leitflächensegment (16a-c) und der die Austrittsöffnung (14a) umfassende Endbereich des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung (16) relativ zueinander bewegbar sind.

4. Schichtbauvorrichtung (10) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsleiteinrichtung (16) wenigstens zwei Leitflächensegmente (16a-c) umfasst, welche einander gegenüberliegend angeordnet sind und/oder welche eine Austrittsöffnung (14a) des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung für das Schutzgas bezogen auf das Baufeld (I) begrenzen und/oder welche relativ zueinander feststehend oder relativ zueinander bewegbar angeordnet sind.

5. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Leitflächensegment (16a-c) in einem Winkel zwischen 60° und 120° zum Baufeld (I) angeordnet ist und/oder dass bezogen auf das Baufeld (I) ein höchster Punkt (P_h) wenigstens eines Leitflächensegments (16a-c) im Betrieb der Schichtbauvorrichtung (10) einen größeren Abstand zum Baufeld (I) besitzt als ein höchster Punkt einer Austrittsöffnung (14a) des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung (16) und/oder dass bezogen auf das Baufeld (I) ein tiefster Punkt (P_n) wenigstens eines Leitflächensegments (16a-c) im Betrieb der Schichtbauvorrichtung (10) einen geringeren Abstand zum Baufeld (I) besitzt als ein tiefster Punkt einer Austrittsöffnung (14a) des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung (16).

6. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Leitflächensegment (16b) der Strömungsleiteinrichtung (16) bezogen auf das Baufeld (I) eine Oberseite bildet und/oder dass wenigstens ein Leitflächensegment (16c) der Strömungsleiteinrichtung (16) bezogen auf das Baufeld (I) eine Unterseite bildet und/oder dass wenigstens ein Leitflächensegment (16b) der Strömungsleiteinrichtung

(16) zumindest im Betrieb der Schichtbauvorrichtung (10) eine Durchtrittsöffnung für einen Energiestrahls (68) freigibt.

- 5 7. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Position der Strömungsleiteinrichtung (16) innerhalb der Prozesskammer (20) relativ
zum Baufeld (I) in Abhängigkeit einer Position einer Auftrefffläche (L) eines Energie-
strahls auf das Baufeld (I) einstellbar ist und/oder dass die Strömungsleiteinrichtung (16)
zumindest im wesentlichen simultan mit der Auftrefffläche (L) des Energiestrahls auf
10 dem Baufeld (I) relativ zum Baufeld (I) bewegbar ist.
8. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein Leitflächensegment (16a-c) eine veränderbare Geometrie besitzt und/oder
15 dass zumindest eine Längserstreckung der Strömungsleiteinrichtung (16) einstellbar ist.
9. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
diese eine weitere Strömungsleiteinrichtung im Bereich einer Oberseite der Prozesskam-
20 mer (20) umfasst, mittels welcher ein globaler Schutzgasstrom mit einer im Wesentlichen
senkrechten Hauptströmungsrichtung bezogen auf das Baufeld (I) erzeugbar ist.
10. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 eine Tragvorrichtung (28) vorgesehen ist, mittels welcher zumindest der die Austrittsöff-
nung (14a) umfassende Endbereich des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung (16)
und/oder wenigstens ein Leitflächensegment (16a-c) in wenigstens einer Raumrichtung
relativ zum Baufeld (I) innerhalb der Prozesskammer (20) bewegbar ist.
- 30 11. Schichtbauvorrichtung (10) nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Tragvorrichtung wenigstens zwei jeweils relativ zum Baufeld bewegbare Tragarme

(28a, 28b) umfasst, wobei vorzugsweise der erste Tragarm (28a) in genau einer ersten Raumrichtung bewegbar ist und der zweite Tragarm (28b) in der ersten Raumrichtung und in einer zweiten Raumrichtung bewegbar ist, wobei die zweite Raumrichtung senkrecht zur ersten Raumrichtung ist.

5

12. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Heizvorrichtung (12) umfasst, mittels welcher das Baufeld (I) zumindest bereichsweise temperierbar ist.

10

13. Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (14a) des Kanals (36) und/oder wenigstens eine Eintrittsöffnung der Gasauslasseinrichtung (30) im Betrieb der Schichtbauvorrichtung (10) näher am Baufeld (I) als an einer Prozesskammerdecke angeordnet ist.

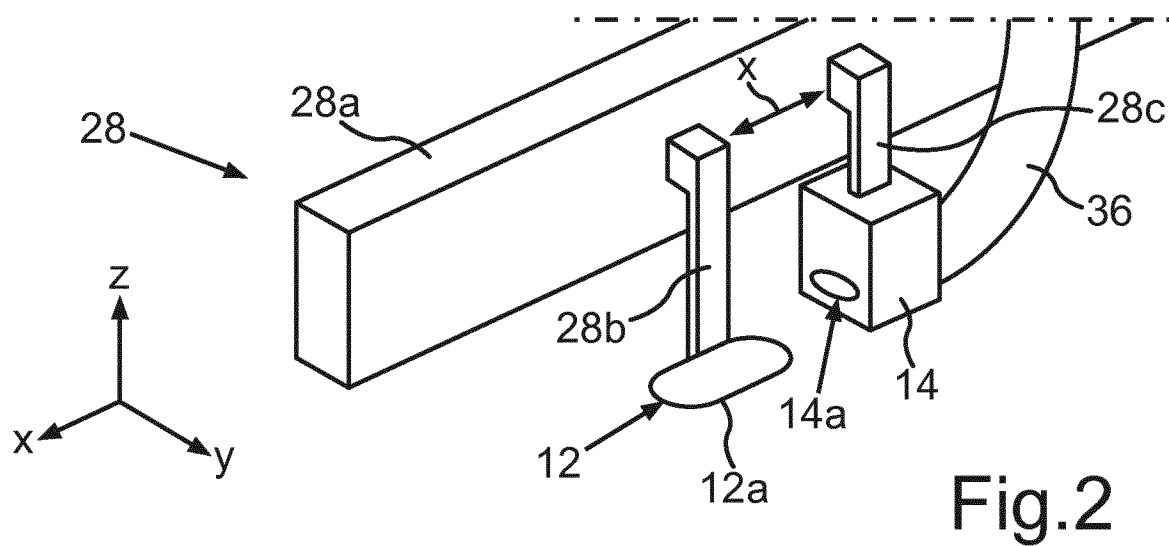
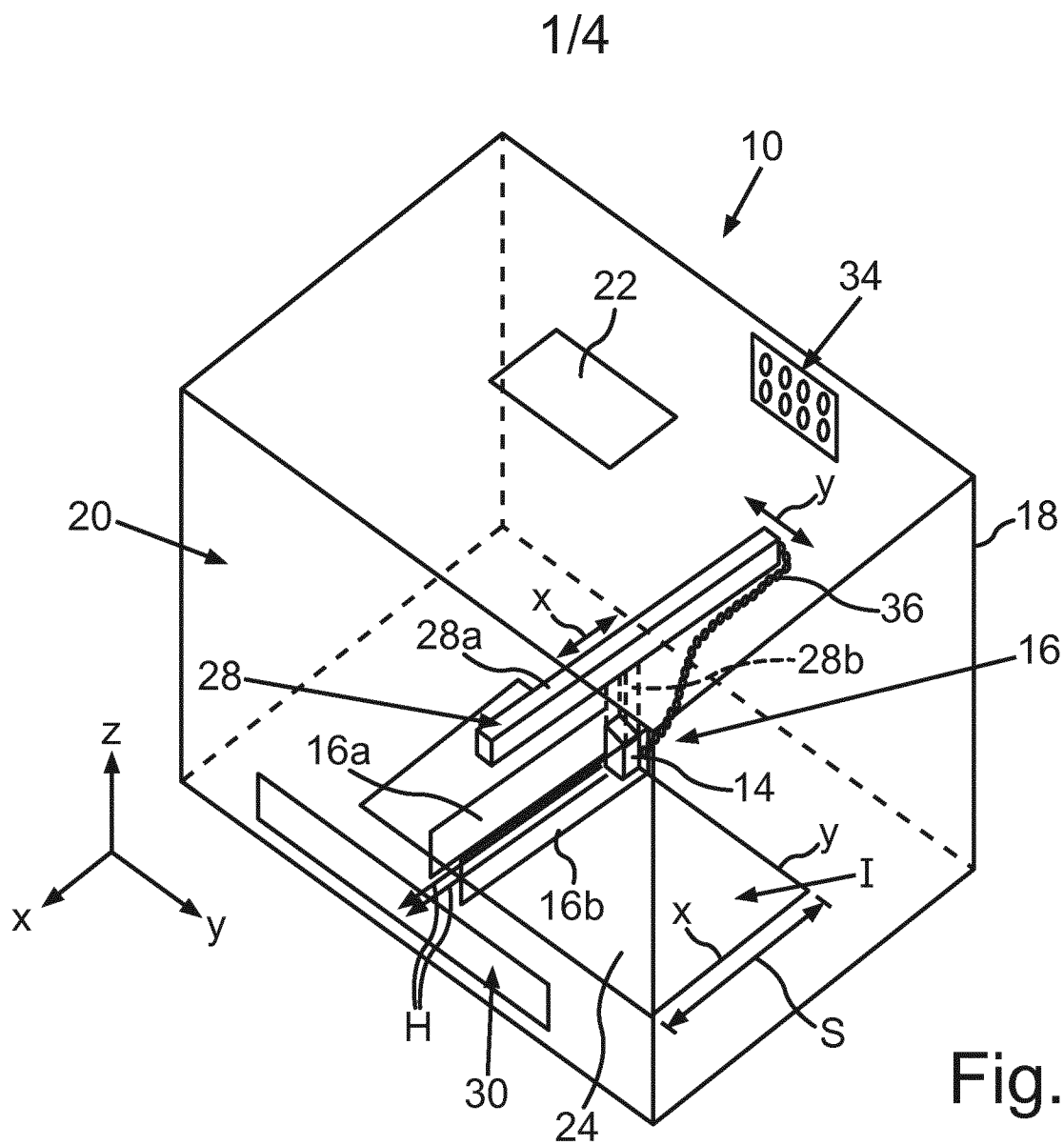
15

14. Verfahren zum Betreiben einer Schichtbauvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei welchem vor, während und/oder nach einer additiven Herstellung zumindest eines Bauteilbereichs eines Bauteils (40) durch ein additives Schichtbauverfahren mittels der Strömungsleiteinrichtung (16) der die Austrittsöffnung (14a) umfassende Endbereich des Kanals (36) der Strömungsleiteinrichtung (16) oberhalb der Ebene des Baufelds (I) angeordnet und derart relativ zur Ebene des Baufelds (I) bewegt wird, dass zumindest ein überwiegender Teil des aus der Austrittsöffnung (14a) austretenden Schutzgases entlang einer zur Ebene des Baufelds (I) zumindest im Wesentlichen parallelen Hauptströmungsrichtung (H) lokal über einen Teilbereich des Baufelds (I) geleitet wird.

20

25

15. Speichermedium mit einem Programmcode, der dazu ausgebildet ist, bei Ausführen durch eine Recheneinrichtung eine Schichtbauvorrichtung (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 so zu steuern, dass diese ein Verfahren nach Anspruch 14 durchführt.



2/4

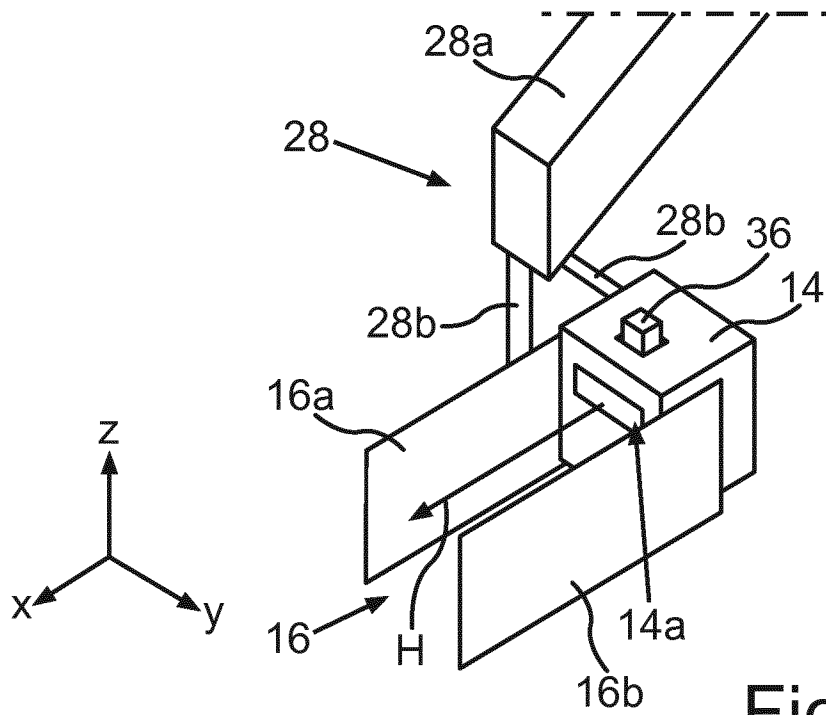


Fig.3

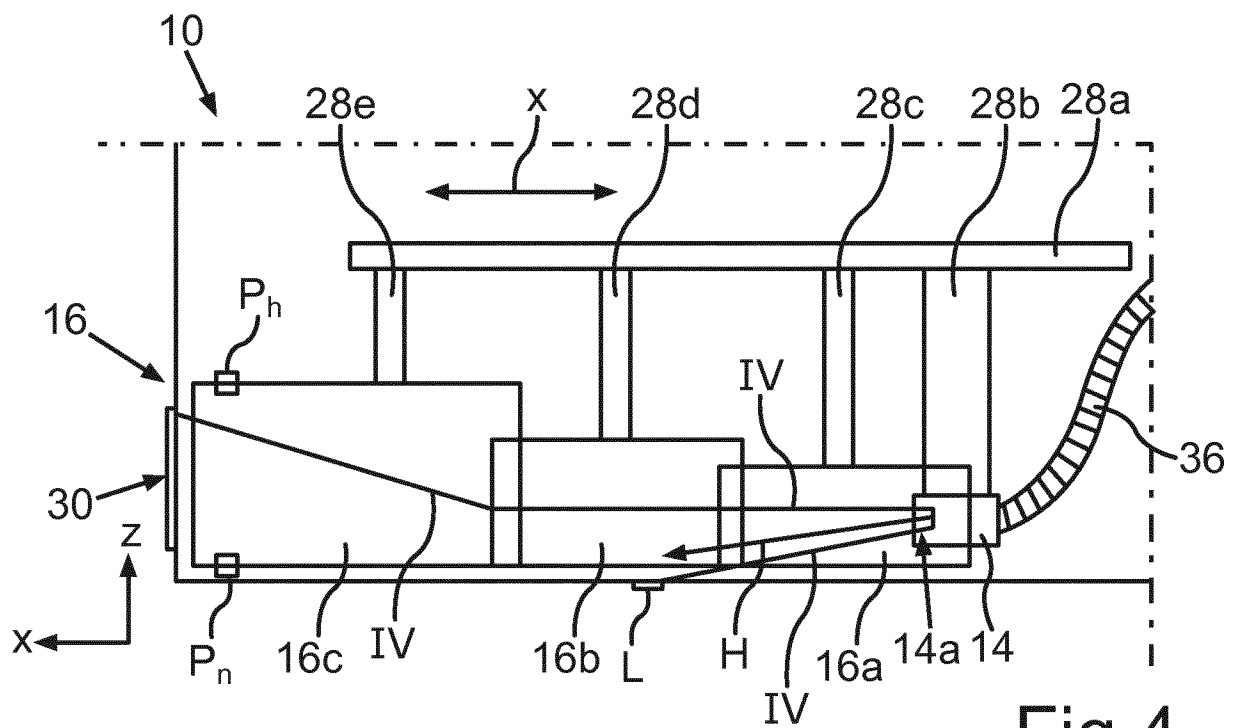


Fig.4

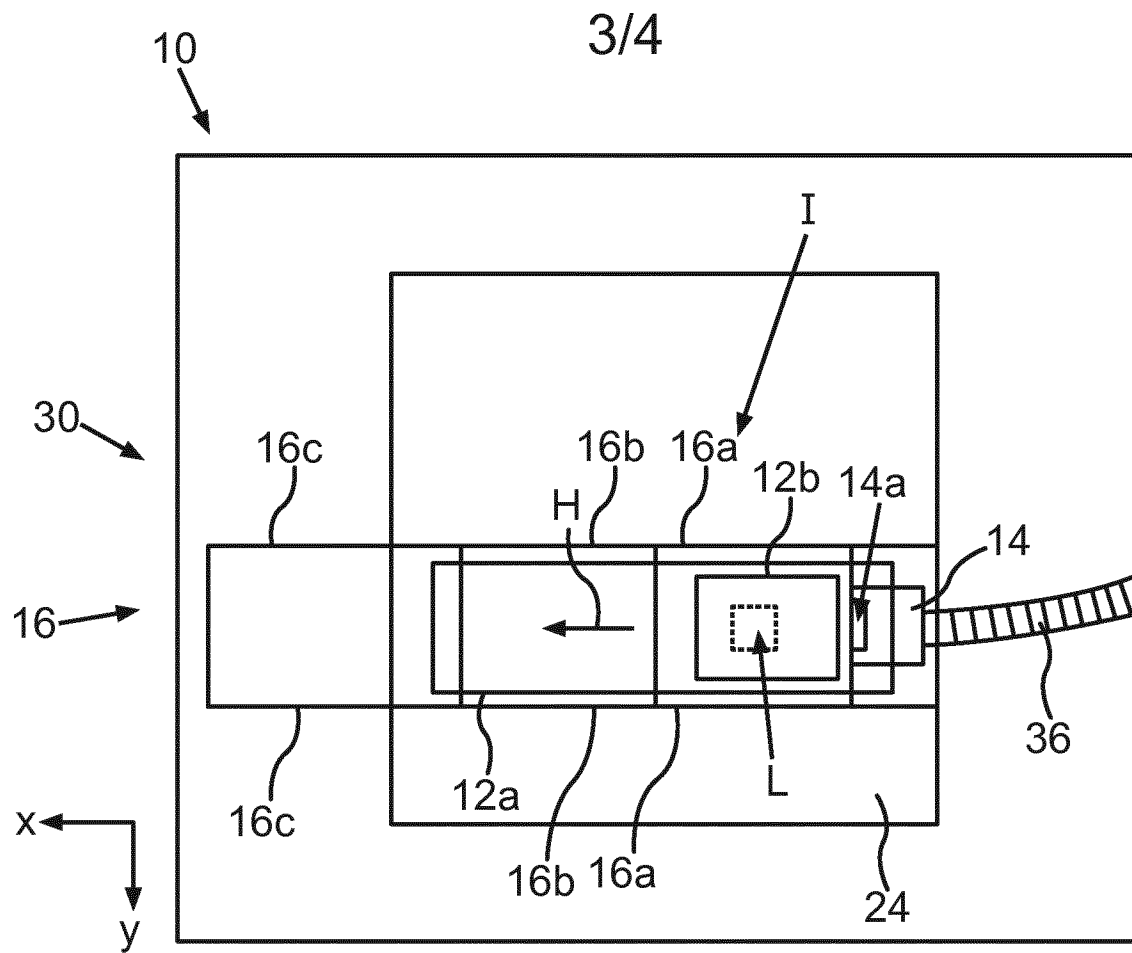


Fig.5

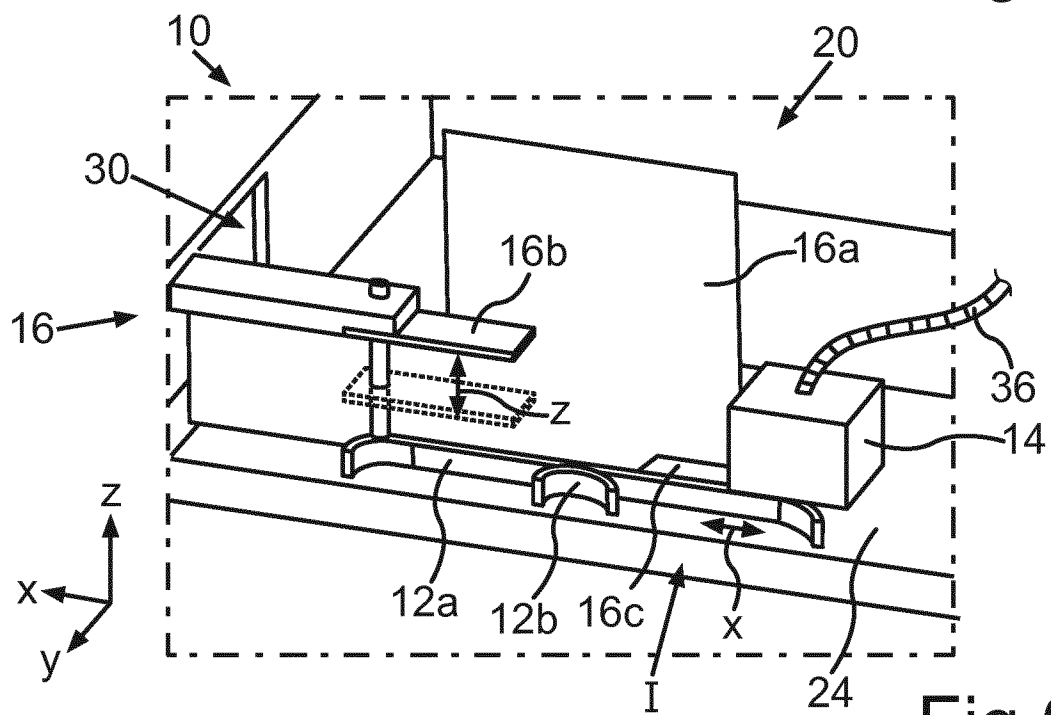


Fig.6

4/4

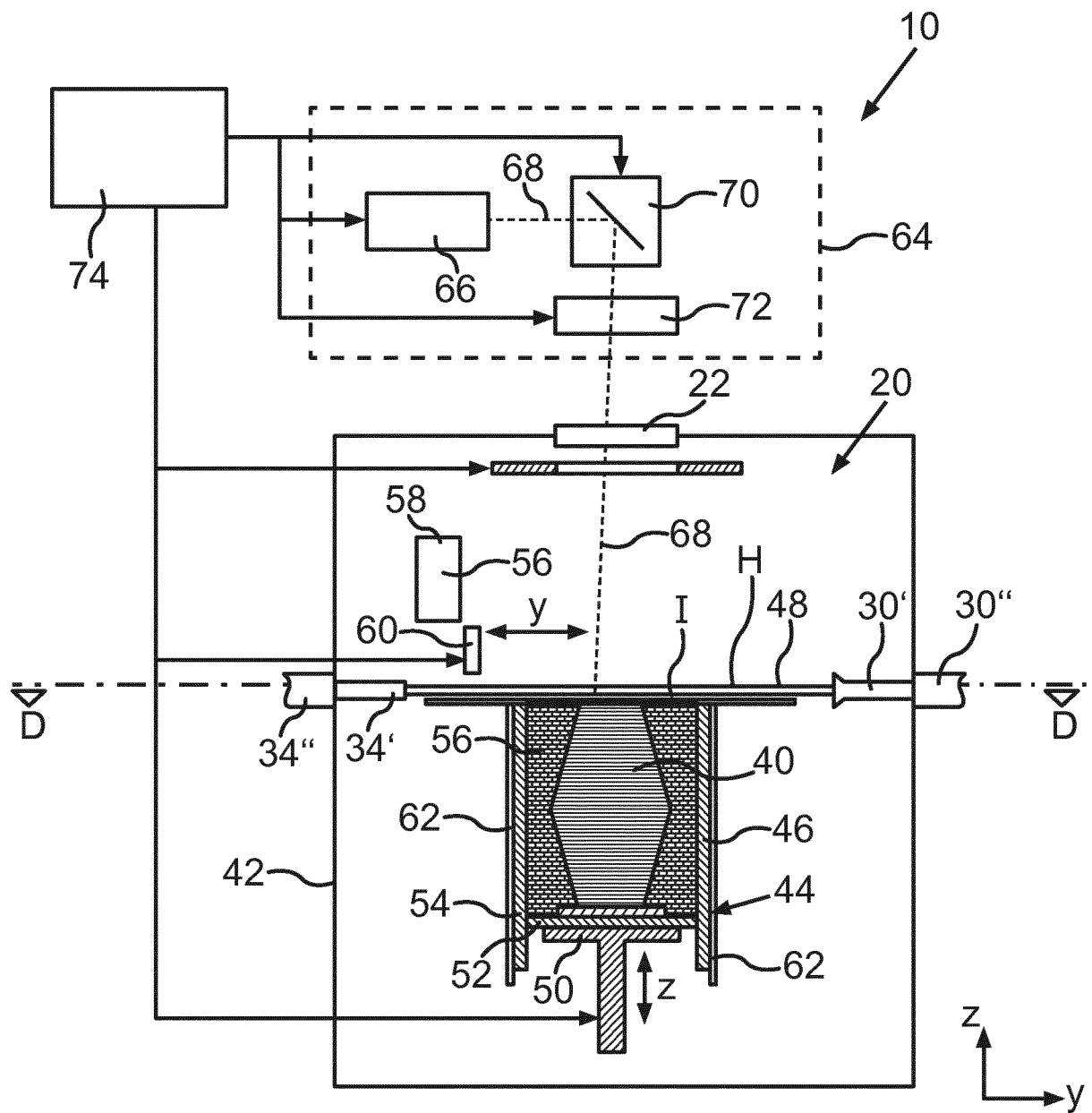


Fig.7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/070698**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

B22F 3/105(2006.01)i; **B23K 26/142**(2014.01)i; **B23K 26/14**(2014.01)i; **B29C 64/153**(2017.01)i; **B33Y 10/00**(2015.01)i;
B33Y 30/00(2015.01)i

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)

B22F; C22C; B29C; B23K; B33Y

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.
X	DE 102013215377 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 05 February 2015 (2015-02-05) paragraphs [0001], [0006], [0008] - [0025], [0034] - [0040] claim 1 figures 1-3	1-15
X	EP 3050666 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 03 August 2016 (2016-08-03) paragraphs [0010] - [13.18], [0032] - [0040], [0046] - [0051] figures 1-6	1,7,9-15
X	DE 19649865 C1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 12 February 1998 (1998-02-12) column 1, lines 3-20 column 2, line 63 - column 3, line 22 column 6, lines 31-53 column 9, lines 9-59 figures 1,6A,6B,7A,7B	1,7,9-15

☐ 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

09 September 2019

Date of mailing of the international search report

16 September 2019

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

Stocker, Christian

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/070698

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102013215377	A1	05 February 2015	NONE			
EP	3050666	A1	03 August 2016	CN	105817621	A	03 August 2016
				EP	3050666	A1	03 August 2016
				KR	20160092503	A	04 August 2016
				US	2018185961	A1	05 July 2018
DE	19649865	C1	12 February 1998	DE	19649865	C1	12 February 1998
				EP	0946325	A1	06 October 1999
				JP	2001504897	A	10 April 2001
				US	6215093	B1	10 April 2001
				WO	9824574	A1	11 June 1998

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B22F3/105 B23K26/142 B23K26/14 B29C64/153 B33Y10/00 B33Y30/00 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC											
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B22F C22C B29C B23K B33Y 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie*</th> <th>Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile</th> <th>Betr. Anspruch Nr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>DE 10 2013 215377 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 5. Februar 2015 (2015-02-05) Absätze [0001], [0006], [0008] - [0025], [0034] - [0040] Anspruch 1 Abbildungen 1-3</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>EP 3 050 666 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 3. August 2016 (2016-08-03) Absätze [0010] - [13.18], [0032] - [0040], [0046] - [0051] Abbildungen 1-6 ----- -/-</td> <td>1,7,9-15</td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	X	DE 10 2013 215377 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 5. Februar 2015 (2015-02-05) Absätze [0001], [0006], [0008] - [0025], [0034] - [0040] Anspruch 1 Abbildungen 1-3	1-15	X	EP 3 050 666 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 3. August 2016 (2016-08-03) Absätze [0010] - [13.18], [0032] - [0040], [0046] - [0051] Abbildungen 1-6 ----- -/-	1,7,9-15
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.									
X	DE 10 2013 215377 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 5. Februar 2015 (2015-02-05) Absätze [0001], [0006], [0008] - [0025], [0034] - [0040] Anspruch 1 Abbildungen 1-3	1-15									
X	EP 3 050 666 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 3. August 2016 (2016-08-03) Absätze [0010] - [13.18], [0032] - [0040], [0046] - [0051] Abbildungen 1-6 ----- -/-	1,7,9-15									
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts									
9. September 2019		16/09/2019									
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 Stocker, Christian									

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 49 865 C1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 12. Februar 1998 (1998-02-12) Spalte 1, Zeilen 3-20 Spalte 2, Zeile 63 - Spalte 3, Zeile 22 Spalte 6, Zeilen 31-53 Spalte 9, Zeilen 9-59 Abbildungen 1,6A,6B,7A,7B -----	1,7,9-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/070698

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013215377 A1	05-02-2015	KEINE	
EP 3050666 A1	03-08-2016	CN 105817621 A	03-08-2016
		EP 3050666 A1	03-08-2016
		KR 20160092503 A	04-08-2016
		US 2018185961 A1	05-07-2018
DE 19649865 C1	12-02-1998	DE 19649865 C1	12-02-1998
		EP 0946325 A1	06-10-1999
		JP 2001504897 A	10-04-2001
		US 6215093 B1	10-04-2001
		WO 9824574 A1	11-06-1998