



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 118 065.6**
(22) Anmeldetag: **09.08.2017**
(43) Offenlegungstag: **14.02.2019**

(51) Int Cl.: **B22F 3/105** (2006.01)
B29C 64/153 (2017.01)
B29C 64/188 (2017.01)
B29C 64/245 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01)
C04B 35/622 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Karlsruher Institut für Technologie, 76131
Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:
**Neuberger, Heiko, 76351 Linkenheim-Hochstetten,
DE; Köhly, Christina, 76135 Karlsruhe, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

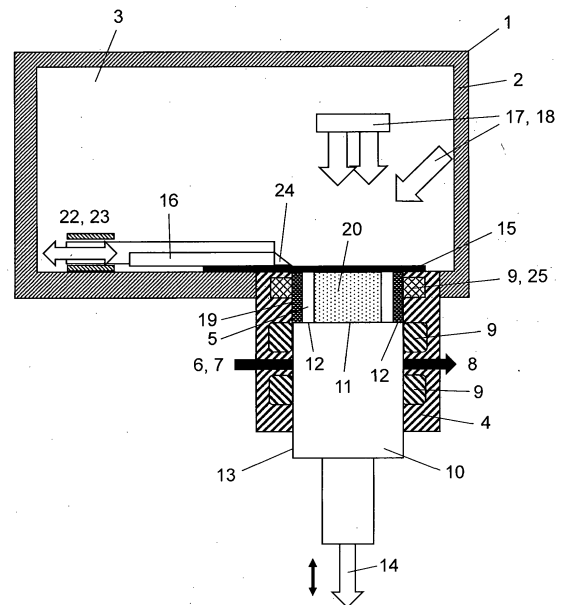
DE	43 00 478	C1
DE	10 2004 041 633	A1
DE	10 2016 207 896	A1
EP	2 289 652	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Generative Fertigungsanlage und Verfahren zur Herstellung von Bauteilen mittels dieser generativen Fertigungsanlage**

(57) Zusammenfassung: Generative Fertigungsanlage, umfassend eine Fertigungskammer (1) mit einer Wandung (2) um ein Volumen (3), mindestens ein in die Wandung (2) eingesetztes Schleusenelement (4), wobei das Schleusenelement eine Öffnung (5) mit mindestens einem in diese mündenden Spülgas-Kanal (6) mit jeweils mindestens einem Einlass (7) und einem Auslass (8), aufweist, ein in die Öffnung des Schleusenelements mit mindestens einer positionierbaren umlaufenden Dichtung (9) dichtend und gleitend eingesetzter Kolben (10), der einen zum Volumen gerichteten Kolbenboden (11) mit einem Randbereich (12) sowie einen zur Dichtung im Schleusenelement gerichteten Kolbenmantel (13) aufweist, eine Kolbenvorschubeinrichtung (14) außerhalb des Volumens für den Kolben in der Öffnung des Schleusenelements, eine auf dem Schleusenelement um die Öffnung vorgesehene und zum Volumen weisende Dichtfläche (15), auf der mindestens ein verschiebbarer Riegel (16) aufliegt, mindestens eine ausrichtbare Zuführung (17) von physikalischen und/oder chemischen Prozessmitteln (18).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine generative Fertigungsanlage gemäß dem ersten Patentanspruch, sowie ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen mittels dieser generativen Fertigungsanlage, gemäß Patentanspruch 21.

[0002] Der Anwendungsbereich, in dem die Erfindung eingesetzt werden soll, ist die generative Fertigung von Bauteilen, d.h. die automatisierte Fertigung von Bauteilen durch ein sukzessives Aneinanderfügen von Volumenelementen zu einer fertigen Geometrie, wie beispielsweise dem schichtweisen Aufbau eines Bauteils aus nachfolgend aufeinander aufgetragenen Einzelschichten.

[0003] Ein generativer Fertigungsvorgang basiert auf rechnergestützten Konstruktionsdaten, die über eine elektronische Schnittstelle an die generative Fertigungsanlage übertragen werden. Während des Fertigungsvorgangs erfolgt der generative Aufbau des Bauteils in einer von der Umgebung abtrennbaren Fertigungskammer mittels physikalischer oder chemischer Prozesse aus einem Ausgangsmaterial, das beispielsweise als Flüssigkeit, Draht oder als Pulver vorliegt.

[0004] Detaillierte Beschreibungen gängiger generativer Fertigungsverfahren sowie der zugrundeliegenden physikalischen und chemischen Prozesse finden sich in [1, 2].

Stand der Technik

[0005] Aus [3] ist ein generatives Fertigungsverfahren bekannt, das auf selektivem Laser-Schmelzen oder selektivem Laser-Sintern beruht. Der schichtweise Aufbau des zu fertigenden Bauteils erfolgt auf einer vertikal bewegbaren Trägerplattform, die sich neben einem Pulverbett befindet. Aus diesem Pulverbett wird Sinter-Material bereitgestellt und schichtweise auf die Trägerplattform aufgebracht. Mit einem Laser- oder Elektronenstrahl wird das aus dem Pulverbett aufgebrachte Sinter-Material lokal über eine definierte Sintertemperatur erhöht und die erste Lage des Bauteils hergestellt. Für den weiteren schichtweisen Aufbau des Bauteils werden die offenbaren Fertigungsschritte sukzessive wiederholt.

[0006] Ein weiteres generatives Fertigungsverfahren sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens sind in [4] offenbart. Das beschriebene Fertigungsverfahren beruht auf einer 3D-Metalldruckmethode. Dabei wird das zu fertigende Bauteil stückweise aus Metalldraht aufgebaut. Neu gefertigte Bereiche des Bauteils werden durch Wärme- einwirkung mit bereits gefertigten Bereichen verbunden. Eine vorzugsweise Ausführung der offenbarten Vorrichtung weist eine Trägerplattform auf, auf der

das Bauteil gefertigt wird, sowie einen Auftragskopf, durch den der Metalldraht bereitgestellt wird. Während der sukzessiven Fertigung des Bauteils wird die Trägerplattform innerhalb einer Fertigungskammer relativ zu dem Auftragskopf bewegt.

[0007] Eine Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen Objekten durch das Verfestigen von aufeinanderfolgenden Schichten eines Ausgangsmaterials ist in [6] offenbart. Die Vorrichtung weist ein Gehäuse auf, das aus einem Bauraum und einer Entnahmestation besteht. Im Bauraum wird auf einem höhenverstellbaren Objektträger das Ausgangsmaterial durch eine Aufbringvorrichtung schichtweise aufgebracht und durch eine Bestrahlungseinrichtung entsprechend der Geometrie des zu fertigenden Objekts verfestigt. Im Anschluss wird der Bauraum über ein Schienensystem in die Entnahmestation verfahren, wo das generative hergestellte Objekt über eine Öffnung entnommen wird.

[0008] [7] offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von Bauteilen aus Schüttmaterial mit Hilfe einer Schichtbaumethode. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist ein Behältnis für eine Schüttung aus einem Schüttmittel auf, sowie ein Gliederband, das das Schüttmittel horizontal durch einen Tunnel bewegt. Der Tunnel bildet eine dichtende Einheit mit dem Behältnis und der Schüttung. Durch einen Laser wird das Schüttmaterial auf einem Baufeld am Eingang des Tunnels in der gewünschten Geometrie verfestigt und mit Hilfe des Gliederbandes durch die Schüttung hindurch zum Ausgang des Tunnels transportiert, wo die Entnahme erfolgt. Prinzipiell erfolgt die generative Fertigung eines Bauteils in den im Stand der Technik genannten Verfahren sowie in den dort offenbarten Vorrichtungen auf einer Trägerplattform oder einem Baufeld innerhalb einer abgeschlossenen Fertigungskammer der generativen Fertigungsanlage.

[0009] Der Abstand zwischen der Trägerplattform innerhalb der abgeschlossenen Fertigungskammer und den Einheiten, die das Ausgangsmaterial bereitstellen, oder die für die Umformung des Ausgangsmaterials sorgen, wird, bedingt durch den Fertigungsprozess, in dem Maße vergrößert, in dem die Höhe des Bauteils zunimmt.

[0010] Dadurch wird gewährleistet, dass z.B. die relativen Abstände zwischen der neusten generativ herzustellenden Schicht und den Einheiten, die das Ausgangsmaterial bereitstellen oder die für die bzw. Umwandlung des Ausgangsmaterials sorgen, beibehalten werden.

[0011] Der generative Fertigungsvorgang findet, insbesondere bei der Metallverarbeitung, entkoppelt von der Umgebungsatmosphäre unter einer inerten Atmosphäre statt, die an den für die Fertigung verwen-

deten physikalischen oder chemischen Prozess angepasst ist. Weiterhin wird dadurch verhindert, dass gesundheitsgefährdende Stoffe, z.B. Stäube, während dem generativen Fertigungsprozess aus der Fertigungskammer austreten.

[0012] Die Abmessungen der mit herkömmlichen generativen Fertigungsanlagen hergestellten Bauteile sind dadurch auf die Geometrie der abgeschlossenen Fertigungskammer beschränkt.

Technische Aufgabe

[0013] Ausgehend davon ist es Aufgabe der Erfindung, eine Anlage zur generativen Fertigung vorzuschlagen, die die oben genannten Einschränkungen überwindet. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mittels dieser Anlage vorzuschlagen, das die oben genannten Einschränkungen überwindet.

Offenbarung der Erfindung

[0014] Die Aufgabe wird durch eine generative Fertigungsanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 1, und durch ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen mittels dieser generativen Fertigungsanlage nach Anspruch 21 gelöst. Die Unteransprüche beschreiben jeweils vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0015] Die erfindungsgemäße generative Fertigungsanlage umfasst eine Fertigungskammer mit einer Wandung um ein Volumen. In der Fertigungskammer sind physikalische und chemische Prozessmittel, die für die generative Fertigung mindestens eines, vorzugsweise nur eines Bauteils sowie optional weiterer Komponenten, die gemeinsam mit dem Bauteil oder der Bauteile generativ hergestellt werden, geeignet sind, bereitgestellt. Die genannten weiteren Komponenten sind entweder Stützstrukturen oder auch andere die Fertigung in der generativen Fertigungsanlage unterstützenden Strukturen wie z.B. nachfolgend genannten Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer oder einer Abschlusskappe um ein Bauteil.

[0016] Die genannten physikalischen und chemischen Prozessmittel umfassen insbesondere Ausgangsmaterialien, aus denen das Bauteil und/oder die vorgenannten Komponenten wie z.B. Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer auf dem Kolbenboden aufgebaut werden. Zu diesen Ausgangsmaterialien gehören vorzugsweise Metall, Keramiken oder Kunststoffe. Diese Ausgangsmaterialien liegen vorzugsweise als Pulver (Partikel) oder Draht vor.

[0017] Zu den physikalischen und chemischen Prozessmitteln, die innerhalb der Fertigungskammer bereitgestellt sind, gehören weiterhin Mittel zur Ener-

giebereitstellung, mit deren Hilfe das generativ zu fertigende Bauteil oder optional die vorgenannten Komponenten aus den Ausgangsmaterialien erzeugt werden. Diese Mittel zur Energiebereitstellung sind vorzugsweise Vorrichtungen, vorzugsweise zur Erzeugung von Lichtbögen, Laser, Elektronenstrahlen und/oder beschleunigte Partikeln in einer Gasströmung. Hierzu zählen auch optionale abtragende, vorzugsweise spangebende Fertigungsmittel wie insbesondere Fräsmaschinen, Drehmaschinen, Bohrmaschinen, Schleifmaschinen Stoßmaschinen und/oder Erodiermaschinen, die im Volumen angeordnet sind und eine Bearbeitung des Bauteils während seiner generativen Herstellung (z.B. zwischen zwei Verfahrensschritten) oder in Kombination z.B. in sich abwechselnden Prozessschritten bereits vor der Fertigstellung erlauben.

[0018] Ein wesentliches Merkmal der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage umfasst ein Schleusenelement, das in der Wandung der Fertigungskammer, beispielsweise in einen Wandungsdurchbruch eingesetzt ist. Dieses Schleusenelement weist eine Öffnung von einer Umgebung um die Fertigungskammer in das Volumen der Fertigungskammer auf. Die Öffnung ist somit eine beidseitig offene Bohrung durch das Schleusenelement zwischen dem Volumen und der Umgebungsatmosphäre außerhalb des durch die Wandung abgeschlossenen Volumens. Das Schleusenelement bewirkt die grundsätzliche Zugangsmöglichkeit in die Fertigungskammer und dient als Aufnahme für den dichtend und gleitend eingesetzten Kolben, auf dessen Kolbenboden die generative Fertigung eines Bauteils erfolgt. Die Öffnung mündet vorzugsweise von unten nach oben in das Volumen aus.

[0019] Die generative Fertigungsanlage umfasst weiterhin einen Kolben, der in die Öffnung des Schleusenelements vorzugsweise mit mindestens einer positionierbaren umlaufenden Dichtung dichtend und zumindest axial in der Öffnung gleitend eingesetzt ist. Die Öffnung, d.h. die Bohrung durch das Schleusenelement dient dabei als Kolbenführung oder als Unterstützung der Führung des Kolbens durch die darunter liegenden Kolbenvorschubeinrichtung. Der Kolben ist in der Öffnung axial verschiebbar. Diese axiale Verschieberichtung bildet die Kolbenvorschubrichtung und damit die Entnahmerichtung für den Kolben aus der Öffnung. Die Verschieberichtung ist vorzugsweise geradlinig, d.h. sie folgt einer Geraden, vorzugsweise die Richtung einer geradlinigen Symmetrielinie für den Kolben und die Öffnung.

[0020] Ferner ist eine Aufbaurichtung für die generative Fertigung vorgesehen. Als Aufbaurichtung wird die Richtung bezeichnet, in dem der schichtweise Aufbau des Bauteils auf dem Kolbenboden stattfindet. Sie entspricht vorzugsweise, aber nicht zwin-

gend der vorgenannten Verschieberichtung des Kolbens. Ausgestaltungen sehen ausdrücklich eine Aufbaurichtung in einem Winkel ungleich 0° vorzugsweise zwischen 0 und 60° vor. In jeden Fall sind Vorschübe in der Aufbaurichtung aber indirekt über die Verschieberichtung realisierbar, wobei die Vorschübe in Aufbaurichtung vektoriell durch Richtungsvektoren in Verschieberichtung beschrieben werden müssten. Dies ist nur dann möglich, wenn der vorgenannte Winkel ungleich 90° , vorzugsweise kleiner 80° , 70° oder 60° sind.

[0021] Der Querschnitt der Öffnung und des Kolbens ist abgesehen von eines für eine Gleitführung erforderlichen Spiels identisch, vorzugsweise rund, elliptisch, oval, wobei die vorgenannte Verschieberichtung mit einer Symmetrielinie für den Kolben und die Öffnung zusammenfällt. Jedoch ermöglicht nur ein runder Querschnitt neben der axialen Verschiebbarkeit auch um die Symmetrielinie gerichtete rotatorische Relativbewegungen zwischen Kolben und Öffnung. Daher eignet sich ein runder Querschnitt insbesondere für die generative Fertigung von um die Symmetrielinie rotationssymmetrische Bauteile, wobei die generative Aufbaurichtung dabei vorzugsweise der Verschieberichtung entspricht. Weitere Ausgestaltungen sehen polygonale, vorzugsweise viereckige Querschnitte mit oder ohne gerundete Ecken vor. Auch diese Querschnitte eignen sich für eine axiale Verschieberichtung ohne einer Verdrehung des Kolbens in der Öffnung.

[0022] Der Kolben weist ferner einen zum Volumen weisenden Kolbenboden auf, auf den das Bauteil in der Fertigungsanlage generativ über mindestens eine Schicht aufbaubar ist. Der Kolbenboden umfasst einem Randbereich. Der Kolben weist weiterhin eine umlaufende Kolbenmantelfläche als Reibfläche zur Öffnungsinnenfläche auf, d.h. die Kolbenmantelfläche ist zum Schleusenelement hin gerichtet.

[0023] Für eine generative Fertigung mit Pulverbettverfahren (Pulver, insbesondere ohne Bindemittel als Ausgangsmaterialien) ist die Wirkungsrichtung der Schwerkraft im Zusammenspiel mit der Anordnung der Fertigungsrichtung (Aufbaurichtung) generell ausschlaggebend. In diesem Fall ist Kolbenboden dem Volumen nach oben hin zugewandt und liegt vorzugsweise horizontal, die Aufbaurichtung vorzugsweise orthogonal zu dem Kolbenboden. Bei generativen Fertigungsverfahren mit geringfügigem Einfluss der Wirkungsrichtung der Schwerkraft auf die Prozessmittel während der Verarbeitung wie zum Beispiel Pulverauftragsverfahren (Partikel innerhalb einer beschleunigten Gasströmung) kann der Kolbenboden in einem Winkel zur Horizontalen angeordnet werden, auch Ausführungen mit vertikaler Ausrichtung des Kolbenbodens sind möglich. Grundsätzlich ist alternativ auch eine horizontale oder zur horizontalen abgewinkelte Anordnung des Kolbenbo-

dens möglich wobei der Kolbenboden nach unten bzw. schräg nach unten weist und die Entnahme von Bauteil inklusive Hülle nach oben bzw. schräg nach oben erfolgt.

[0024] Im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung, insbesondere bei einer Verarbeitung von partikelförmigen Ausgangsstoffen als physikalischen und chemischen Prozessmittel ist der Kolbenboden vorzugsweise in einem Kippwinkel kleiner 90° , weiter bevorzugt kleiner 60° , weiter bevorzugt kleiner 45° zur Horizontalen, weiter bevorzugt horizontal angeordnet. Diese Ausgestaltung eignet sich insbesondere dann, wenn die Entnahmerichtung nicht mit der Kolbenvorschubrichtung übereinstimmt.

[0025] Der Kolben ist in der Öffnung des Schleusenelements axial bewegbar. Dies ermöglicht eine bevorzugt schrittweise Relativbewegung des Kolbenbodens gegenüber seiner Ausgangsposition in der Fertigungskammer zu Beginn der generativen Fertigung, in dem Maße, in dem die Abmessung in Fertigungsrichtung (Aufbaurichtung) des auf dem Kolbenboden gefertigten Bauteils zunimmt. Aufgrund dessen erfolgt die Fertigung des neuesten Volumenelements des Bauteils immer auf gleicher Höhe, so dass die Ausrichtung der Zuführung der physikalischen und/oder chemischen Prozessmittel nicht angepasst werden muss

[0026] Ein weiteres Merkmal der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage ist die Kolbenvorschubeinrichtung für den Kolben, die vorzugsweise außerhalb des Volumens der Fertigungskammer angeordnet ist. Die Kolbenvorschubeinrichtung sorgt, vorzugsweise durch eine Regelung, für das sukzessive Verfahren des Kolbens in der Öffnung der Fertigungskammer vom Volumen der Fertigungskammer weg, in dem Maße, in dem die Höhe des auf dem Kolbenboden gefertigten Bauteils zunimmt. Die Kolbenvorschubeinrichtung dient auch der Führung des Kolbens sowie Bauteiles aus der Schleuse.

[0027] Die Kolbenvorschubeinrichtung dient während eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauteils aus einer Vielzahl von generativ erstellten Schichten vorzugsweise der sukzessiv in Verfahrensschritten um eine Verschiebung des Kolbens in der Öffnung des Schleusenelements vorzugsweise in axialer Richtung. Ein Verfahrensschritt entspricht dabei vorzugsweise der Höhe einer generativ gefertigten Schicht des Bauteils.

[0028] Ein weiteres Merkmal der generativen Fertigungsanlage ist die auf dem Schleusenelement vorgesehene Dichtfläche, die zum Volumen der Fertigungskammer zeigt, sowie mindestens ein darauf verschiebbarer Riegel. Die Dichtfläche ist um die Öffnung herum angeordnet und umgibt diese vorzugsweise unterbrechungslos vollständig. Der verschieb-

bare Riegel liegt vorzugsweise flächig und damit abdichtend auf der Dichtfläche. Riegel und Dichtfläche sind vorzugsweise eben ausgestaltet und liegen dabei plan aufeinander. Die Verschiebbarkeit des Riegels erfolgt vorzugsweise manuell oder motorisch zwischen zwei Ruhepositionen. In einer ersten Ruheposition überdeckt der Riegel auf der Dichtfläche die Öffnung vollständig. Die Öffnung ist dabei fluidisch dichtend vom Volumen getrennt, d.h. vollständig verschlossen. In einer zweiten Ruheposition ist der Riegel vollständig von der Öffnung weggeschoben; die Öffnung ist zum Volumen hin vollständig offen. Der Riegel bewirkt, dass das Volumen der Fertigungskammer der generativen Fertigungsanlage von der Umgebung an und/oder abkoppelbar ist. Dadurch ist zum einen die Prozessatmosphäre unabhängig einstellbar von einer Umgebung außerhalb der Fertigungskammer. Zum anderen wird beispielsweise eine Fertigung von Bauteilen beliebiger Länge möglich, ohne dass Veränderungen der Prozessatmosphäre anfallen. Ein Verschieben des Riegels über die Öffnung des Schleusenelements (erste Ruheposition) ermöglicht die Entnahme des gefertigten Bauteils ohne Beeinflussung der Prozessatmosphäre im Volumen der Fertigungskammer. Weiterhin wird eine Serienfertigung von Bauteilen vorzugsweise beliebiger Länge möglich, ohne dass Veränderungen der Prozessatmosphäre anfallen. Ein Verschieben des Riegels über die Öffnung des Schleusenelements ermöglicht die Entnahme des gefertigten Bauteils ohne Beeinflussung der Prozessatmosphäre im Volumen der Fertigungskammer, bevor mit der Fertigung des nächsten Bauteils begonnen wird.

[0029] Das Schleusenelement weist vorzugsweise mindestens ein Spülgas-Kanal für die Durchleitung eines Gasstroms auf, mit jeweils mindestens einem Einlass und einem Auslass in die bzw. aus der Öffnung. Der Spülgas-Kanal mündet hierzu vorzugsweise über die Innenwandungsfläche der Öffnung in die Öffnung ein und aus, vorzugsweise in einer Ausgestaltung zwischen zwei umlaufenden Dichtungen, wobei das Spülgas eine Gasbarriere zwischen Volumen der Fertigungskammer und Umgebung bildet. An den Spülgaskanal ist eine Spülgasanlage außerhalb und/oder innerhalb des Volumens der Fertigungskammer anschließbar.

[0030] In einer weiteren Ausgestaltung ist zwischen Ein- und Auslass des Spülgas-Kanals und dem Kolbenboden keine umlaufende Dichtung angeordnet, so dass das Schleusenelement auch zwischen Kolbenboden und verschlossenen Riegel (erste Ruheposition), d.h. zwischen Kolben und Volumen durchspülbar ist. Mit dieser Spülung werden beispielsweise auch nicht prozessierte Ausgangsmaterialien mit dem Spülgas absaugbar. Dadurch wird verhindert, dass Prozessmaterialien aus dem Volumen der Fertigungskammer in die Umgebung außerhalb der Fertigungskammer gelangen. Ferner dient eine Absau-

gung auch der Reinigung der jeweils bereits prozessierten Schichten des Bauteils, was wiederum ein Wechsel der Ausgangsmaterialien in darauffolgenden Prozessschritten ermöglicht, ohne dass es zu Kontaminationen durch nicht prozessierte Ausgangsmaterialien aus vorangegangenen Schritten kommt.

[0031] Die generative Fertigungsanlage umfasst vorzugsweise ausrichtbare Zuführungen und/oder Halterungen für die physikalischen und/oder chemischen Prozessmittel. Diese umfassen mechanische und/oder hydraulische und/oder pneumatische Zuführungs- und Dosierungsmittel für die Ausgangsmaterialien, aus denen das Bauteil und/oder die vorgenannten Komponenten wie z.B. Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer auf dem Kolbenboden aufgebaut werden. Ferner sind vorzugsweise fernsteuerbare Aktoren und/oder Stative als Halterungen für die Ausrichtung und Positionierung der vorgenannten Mittel zur Energiebereitstellung im Volumen vorgesehen. Die Zuführung von physikalischen und/oder chemischen Prozessmitteln ist dabei zu Beginn des Fertigungsvorgangs vorzugsweise auf den Kolbenboden des Kolbens ausrichtbar. Im Verlauf des Fertigungsverfahrens ist die Zuführung vorzugsweise auf die zuletzt generativ gefertigte Schicht des Bauteils ausrichtbar. Die ausrichtbare Zuführung der physikalischen und/oder chemischen Prozessmittel ermöglicht die generative Fertigung eines Bauteils auf dem Kolbenboden vorzugsweise inklusive einer Stütz- oder Anbinde- Struktur beliebiger Geometrie.

[0032] Zu den generativen Fertigungsverfahren, die durch die generative Fertigungsanlage vorzugsweise ausgeführt werden, zählen Pulverbettverfahren, insbesondere Pulverbett-Verfahren, die den Energieeintrag zum Erzeugen eines Bauteils aus einem Ausgangsmaterial aus einer Lasereinheit oder einer Elektronenstrahl-Einheit beziehen.

[0033] Weiterhin werden durch die generative Fertigungsanlage vorzugsweise Auftragsschweiß-Verfahren ausgeführt, insbesondere Auftragsschweiß- und Sinterverfahren, die den Energieeintrag zum Erzeugen eines Bauteils aus einem Ausgangsmaterial aus einer Lasereinheit, einer Elektronenstrahl-Einheit, und/oder einer Plasma- bzw. Lichtbogeneinheit beziehen und für die eine Zuführung des Ausgangsmaterials über die Bereitstellung eines Pulvers oder eines Feststoffes erfolgt. Vorzugsweise ist der Feststoff drahtförmig ausgestaltet.

[0034] Neben den bereits genannten Verfahren eignen sich thermische- und Kaltgas-Spritzverfahren oder Verfahren mit Materialauftrag durch Partikelbeschleunigung in einer Strömung zur Ausführung durch die der generativen Fertigungsanlage.

[0035] Kombinationen aus den aufgezählten Verfahren eignen sich ebenfalls zur Ausführung durch die

erfindungsgemäße generative Fertigungsanlage jeweils auch in einer Kombination mit einem begleitenden Abtragsverfahren (z.B. Fräsverfahren) zur Steigerung der Oberflächenqualität.

[0036] Die Lösung der Aufgabe umfasst ferner ein Fertigungsverfahren, d.h. Verfahren zur Herstellung mindestens eines, vorzugsweise genau eines Bauteils mit vorgenannter generativen Fertigungsanlage.

[0037] Eine bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens umfasst eine generative Fertigung nicht nur des Bauteils, sondern simultan und mit den gleichen Verfahrensschritten auch mindestens des vorgenannten Mittels zur Abdichtung der Fertigungskammer auf dem Randbereich des Kolbenbodens. Weiter bevorzugt erfolgt dabei die Fertigung des Bauteils oder der Bauteile und des Mittels zur Abdichtung der Fertigungskammer zeitgleich und weiter bevorzugt mit den gleichen physikalischen und chemischen Prozessmitteln. Der Einfachheit halber werden die im Folgenden beschriebenen Verfahrensschritte stellvertretend auch für diese Ausführungsform nur anhand einer Herstellung von Bauteilen beschrieben.

[0038] In einem Verfahren zum Herstellen von Bauteilen mit der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage werden in einem ersten Verfahrensschritt die vorgenannte generative Fertigungsanlage selbst sowie physikalische und chemische Prozessmittel innerhalb der Fertigungskammer bereitgestellt, die für die generative Fertigung eines Bauteils geeignet sind. Zu diesen physikalischen und chemischen Prozessmitteln gehören einerseits die vorgenannten Ausgangsmaterialien und andererseits die vorgenannten Mittel zur Energiebereitstellung, mit deren Hilfe das generativ zu fertigende Bauteil aus den Ausgangsmaterialien erzeugt wird.

[0039] In einem zweiten Verfahrensschritt erfolgt eine dichtende Positionierung des Riegels durch die Führungsmittel und/oder Verschiebemittel des Schleusenelements über der Öffnung des Schleusenelements. In dieser ersten Ruheposition ist die Öffnung durch den Riegel vollständig abgedeckt, d.h. vorzugsweise fluiddicht von dem Volumen getrennt. Erst dann wird in einem dritten Verfahrensschritt eine vorzugsweise inerte Prozess-Atmosphäre (vorzugsweise Argon oder Stickstoff) innerhalb der Fertigungskammer bereitgestellt, d.h. vorzugsweise in das Volumen eingeleitet. Vorzugsweise werden im Volumen verbleibende Ausgangsmaterialien zum Beispiel aus vorangegangenen Fertigungsabläufen, vor einem neuen Fertigungsbeginn entfernt.

[0040] In einem vierten Verfahrensschritt wird der Kolben von außen in die Bohrung des Schleusenelements in Richtung des Volumens eingeschoben und positioniert.

[0041] Ein weiterer Verfahrensschritt besteht darin, den Riegel auf der Dichtfläche des Schleusenelements von der Öffnung des Schleusenelements in die zweite Ruheposition zu verschieben. Die Öffnung ist somit zum Volumen hin offen.

[0042] In einem weiteren Verfahrensschritt, der sich vorzugsweise in Teilschritten unterteilt, wird auf dem Kolbenboden des Schleusenelements ein Bauteil generativ gefertigt. Gleichzeitig wird eine das Bauteil umgebende auf dem Randbereich des Kolbenbodens aufbauende und den Kolbenmantel anschließende Hülle generativ gefertigt, welche den Kolbenmantel zum Schleusenelement bei fortschreitendem Vorschub dichtend ersetzt, sodass eine fortlaufende Dichtfläche zwischen Fertigungskammer und einer Umgebung außerhalb der Fertigungskammer besteht. Während diesem Verfahrensschritt wird der Kolben sukzessive aus dem Schleusenelement heraus verfahren geregelt getrieben durch die Kolbenvorschubeinrichtung nach der generativ gefertigten Höhe des Bauteils sowie der Hülle.

[0043] Im Einzelnen umfasst letztgenannter Verfahrensschritt mehrere nachfolgend genannte Teilschritte, die mindestens einmal, vorzugsweise in der genannten Reihenfolge mehrfach durchfahren werden.

[0044] Der Verfahrensschritt umfasst einen schichtweise generativen Aufbau eines Bauteils mit mehreren Schichten auf dem Kolbenboden, umfassend ein vorzugsweise mehrfaches Durchfahren der folgenden Verfahrensteilschrittfolge:

a) Einbringen von physikalischen und chemischen Prozessmitteln, insbesondere der Ausgangsstoffe in die Öffnung auf den Kolbenboden, optionales Abstreifen überschüssiger Ausgangsstoffe durch ein Überschieben des Riegels über die Öffnung in die erste Ruheposition (Öffnung vollständig verschlossen) und zurückfahren des Riegels in die zweite Ruheposition (Öffnung vollständig geöffnet), wobei der Riegel als Abstreifer fungiert, der Abstreifer kann auch unabhängig vom Riegel als separates Bauteil gestaltet sein

b) Prozessierung einer Schicht als ein Teil des Bauteils mit einer generativ gefertigten Höhe aus zumindest eines Teils der physikalischen und chemischen Prozessmittel über den Kolbenboden. Hierzu erfolgt zuvor eine optionale Ausrichtung und/oder Nachjustierung der Mittel zur Energiebereitstellung auf die Prozesszone auf dem Kolbenboden oder auf diesen exponierten gefertigten Teil des Bauteils sowie

c) Verfahren des Kolbens um eine Weglänge entsprechend der generativ gefertigten Höhe vom Volumen weg aus der Öffnung des Schleusenelements heraus,

Ausführungsbeispiele

[0045] Danach wird im Rahmen weiterer Verfahrensschritte der Riegel vorzugsweise durch die Führungsmittel und / oder Verschiebemittel des Schleusenelements dichtend über der Öffnung des Schleusenelements positioniert (erste Ruheposition), gefolgt von einer optionalen Entfernung von überschüssigen Ausgangsstoffen zwischen Riegel und Kolbenboden, d.h. der nicht prozessierten Ausgangsstoffe um das Bauteil, vorzugsweise mit Spülgas. Anschließend erfolgt die Entnahme des Kolbens aus der Öffnung des Schleusenelements, gemeinsam mit einem Verbund aus Bauteil und optional mindestens einem Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer.

[0046] Der letzte Verfahrensschritt beinhaltet ein Lösen des mindestens einen Bauteils und des mindestens einen Mittels zur Abdichtung der Fertigungskammer von dem Kolbenboden.

[0047] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung von Bauteilen mit einer generativen Fertigungsanlage der vorgenannten Art umfasst ferner einen zusätzlichen Verfahrensschritt nach der generativen Fertigung des Bauteils und mindestens einem Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer. Es umfasst ferner einen generativen Aufbau einer geschlossenen Abschlusskappe auf dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer. Kolbenboden, die Mittel zur Abdichtung sowie die Abschlusskappe bilden dann ein Gehäuse um das Bauteil. Weiter bevorzugt ist das Gehäuse vollständig geschlossen und bildet weiter bevorzugt eine gasdichte Barriere zwischen Bauteil und Umgebung. Gleichzeitig mit der Fertigung der Abschlusskappe wird der Kolben sukzessive aus dem Schleusenelement heraus durch die Kolbenvorschubeinrichtung, geregelt nach der generativ gefertigten Höhe der Abschlusskappe, verfahren, derart, dass das mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer um das Bauteil den Kolbenmantel zum Schleusenelement hin dichtend ersetzt.

[0048] Dieses Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst ferner einen nach der Abtrennung des Bauteils und der Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer und besteht aus einem Entfernen der Abschlusskappe von dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer bei gleichzeitiger Absaugung überschüssiger physikalischer und chemischer Prozessmittel zwischen Bauteil und dem mindestens einem Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer.

[0049] Vorzugsweise werden dabei überschüssige physikalische und/oder chemische Prozessmittel zwischen Bauteil und dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer, abgesaugt, so dass keine physikalischen und/oder chemischen Prozessmittel in die Umgebung außerhalb der Fertigungskammer gelangen.

[0050] In einer bevorzugten Ausführung umfasst die erfindungsgemäße generative Fertigungsanlage eine Fertigungskammer mit einem Volumen und einer Wandung, wobei die Fertigungskammer ein Schleusenelement in der Wandung aufweist.

[0051] Das Schleusenelement zeigt dabei eine zum Volumen der Fertigungskammer hin gerichtete Dichtfläche und weist eine Öffnung auf, die das Volumen der Fertigungskammer mit einer äußeren Umgebung außerhalb der Fertigungskammer verbindet.

[0052] Das Schleusenelement weist weiterhin einen Riegel auf, der auf der Dichtfläche des Schleusenelements dichtend aufliegt und durch Führungsmittel und/oder Verschiebemittel auf dieser zwischen zwei Ruhepositionen verschiebbar ist. Der Riegel ist derart über die Öffnung des Schleusenelements verschiebbar, dass diese vollständig abgedeckt wird (erste Ruheposition). Dadurch ist das Volumen der Fertigungskammer von einer äußeren Umgebung außerhalb der Fertigungskammer vollständig trennbar.

[0053] Der Riegel weist vorzugsweise ein Abstreifelement auf, wodurch verhindert wird, dass physikalische und/oder chemische Prozessmittel, insbesondere pulverförmiges Ausgangsmaterial oder im Prozess verfestigte jedoch nicht gebundene Partikel auf die Dichtfläche des Schleusenelements gelangen und damit die Güte der Dichtung zwischen dem Riegel und der Dichtfläche des Schleusenelements beeinträchtigen, bzw. die Dichtfläche als solche durch mechanischen Abrieb beschädigen, wenn der Riegel über der Öffnung verschoben wird. Eine alternative Ausgestaltung sieht einen Riegel mit einem Abstreifelement als unabhängiges separates Bauteil vor.

[0054] Vorzugsweise sind die Bewegungsbahnen, auf denen der Riegel durch die Führungsmittel und/oder Verschiebemittel auf der Dichtfläche verschoben wird zusätzlich z.B. durch flexible Abdeckungen vor Partikeln geschützt.

[0055] In dieser Ausführungsform der generativen Fertigungsanlage ist ein positionierbarer, austauschbarer Kolben mit einer Passung in die Öffnung des Schleusenelements eingesetzt, der einen zum Volumen der Fertigungskammer gerichteten Kolbenboden mit einem Randbereich und einen zum Schleusenelement gerichteten Kolbenmantel aufweist. Der Kolben ist weiterhin mit mindestens einer positionierbaren umlaufenden Dichtung dichtend und gleitend in das Schleusenelement eingesetzt. Die präzise Positionierung des Kolbens relativ zur Dichtfläche des Schleusenelements erfolgt vorzugsweise im Bereich der Dichtfläche des Schleusenelements. Die präzise Positionierung des Kolbens relativ zur Dichtfläche

des Schleusenelements erfolgt weiterhin vorzugsweise durch die Kolbenvorschubeinrichtung.

[0056] Die in dieser Ausführungsform beschriebene generative Fertigungskammer weist mindestens eine Zuführung für physikalische und/oder chemische Prozessmittel, vorzugsweise in Form eines Pulverbettes als Ausgangsmaterial und einer Rakel sowie einer Laser-Einheit als Mittel zur Energiebereitstellung auf. Durch das Pulverbett und die Rakel wird das für das Bauteil benötigte Ausgangsmaterial bereitgestellt. Mit Hilfe des Lasers wird aus dem bereitgestellten Ausgangsmaterial während dem generativen Fertigungsverfahren die Geometrie des Bauteils erzeugt und optional die Stoffeigenschaften des Bauteils angepasst. Die Zuführungen sind zu Beginn der Fertigung vorzugsweise auf den Kolbenboden ausrichtbar. Im Verlauf der Fertigung ist die mindestens eine Zuführung vorzugsweise auf die neuste generativ gefertigte Schicht des Bauteils ausrichtbar.

[0057] Der Kolben ist mit einer Kolbenvorschubeinrichtung, die sich vorzugsweise außerhalb des Volumens der Fertigungskammer befindet, verbunden und durch diese axial und optional mit Drehbewegungen bewegbar. Er wird durch die Kolbenvorschubeinrichtung mit wachsender Fertigungshöhe des Bauteils auf dem Kolbenboden aus dem Schleusenelement herausbewegt. Der Versatz des Kolbens ist nach der generativ gefertigten Höhe des Bauteils geregelt. Mit wachsender Länge des gefertigten Bauteils wird der Kolben vorzugsweise durch zusätzlich angebrachte Führungselemente in der Öffnung des Schleusenelements unterstützt, um eine präzise Führung aufrecht zu erhalten.

[0058] Ein bevorzugtes Merkmal der beschriebenen Ausführungsform umfasst das mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer im Randbereich des Kolbenbodens. Dieses mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer im Randbereich des Kolbenbodens wird gleichzeitig mit dem Bauteil generativ hergestellt und sieht vor, dass bei einem Versatz des Kolbenbodens aus dem Schleusenelement heraus durch die Kolbenvorschubeinrichtung, die Dichtung zum Schleusenelement und damit die Dichtung zwischen Fertigungskammer und einer Umgebung außerhalb der Fertigungskammer erhalten bleibt. Somit ersetzt das generativ hergestellte, mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer bei wachsender Fertigungshöhe des Bauteils auf dem Kolbenboden schrittweise den Kolbenmantel, während dieser die Schleuse passiert. Dadurch ist eine ununterbrochene Abdichtung der Fertigungskammer durch eine mit dem Bauteil kontinuierlich wachsende Dichtfläche durch das mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer gegeben. Damit werden diese Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer zum

integralen Bestandteil der generativen Fertigungsanlage.

[0059] Je nach Art des zu fertigenden Bauteiles ist dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer auf dem Randbereich des Kolbenbodens nicht im Kontakt mit dem Bauteil im Inneren, oder aber durch Stützstrukturen verbunden. Bei Sonderanwendungen ist die Hülle selbst das Bauteil (z.B. Rohrfertigung), oder aber die Hülle geht nahtlos in das Bauteil über (z.B. Herstellung eines Kegels mit maximalem Durchmesser entsprechende dem Durchmesser des Kolbens bzw. der Mittel zur Abdichtung).

[0060] Das Schleusenelement weist zudem mindestens einen Spülgaskanal mit jeweils mindestens einem Einlass und einem Auslass in die Öffnung auf. Zumindest beim Versatz des Kolbens bzw. der Bauteilhülle auf der Umrandung des Kolbenbodens durch das Schleusenelement durch die Kolbenvorschubeinrichtung, ggf. auch zusätzlich während der gesamten Prozessdauer wird über den Spülgaskanal durchspült. So werden Ausgangsmaterialien, z.B. Pulver oder andere Partikel, die beim Versatz des Kolbens aus der Fertigungskammer in das Schleusenelement gelangen, aus dem Schleusenelement entfernt und somit verhindert, dass Partikel aus der Prozessatmosphäre in die Umgebung gelangen.

[0061] In einer zweiten Ausführung der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage wird auf dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer eine Abschlusskappe aufgebracht.

[0062] Diese Abschlusskappe ermöglicht die Entnahme des Verbunds aus Kolben, Bauteil, Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer und Abschlusskappe aus dem Schleusenelement, vorzugsweise nach einem Durchspülen des Schleusenelements über den mindestens einen Spülkanal und einem Verschließen der Öffnung des Schleusenelements durch den Riegel, ohne dass Prozessmittel in die Umgebung außerhalb der Fertigungskammer gelangen. Überschüssige Prozessmaterialien verbleiben innerhalb des Volumens, das aus dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer und der Abschlusskappe gebildet wird. Diese Prozessmittel in einer separaten Absaugeinrichtung nach Öffnung der Abschlusskappe abgesaugbar.

[0063] In einer weiteren Ausführung der generativen Fertigungsanlage besteht zwischen dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer auf dem Randbereich des Kolbenbodens und dem Bauteil eine Stützstruktur, die das Bauteil zusätzlich stabilisiert.

[0064] In einer weiteren Ausführung der generativen Fertigungsanlage bildet das mindestens eine Mit-

tel zur Abdichtung der Fertigungskammer auf dem Randbereich des Kolbenbodens selbst das generativ herzustellende Bauteil, z.B. bei der generativen Fertigung von Rohren.

[0065] In einer weiteren Ausführung der generativen Fertigungsanlage weist die Fertigungskammer zusätzlich eine abtragende Werkzeugmaschine auf. Dadurch wird die Oberfläche des Bauteils oder des mindestens einen Mittels zur Abdichtung der Fertigungskammer bearbeitbar. Dies bewirkt, dass gegebenenfalls durch den generativen Fertigungsprozess bedingte Unregelmäßigkeiten auf dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer eingeebnet werden. Dadurch wird die Güte der Dichtung zwischen dem Schleusenelement und dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer erhöht, sobald der Kolbenboden das Schleusenelement verlassen hat und das mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer die Dichtung zum Schleusenelement hin übernimmt. Vorzugsweise werden durch die abtragende Werkzeugmaschine auch gegebenenfalls durch den generativen Fertigungsprozess bedingte Unregelmäßigkeiten des Bauteils eingeebnet.

[0066] Um eine Bearbeitung der Mantelflächenbereiche von Bauteil bzw. Mittel zur Abdichtung mit einer Werkzeugmaschine zu gewährleisten, muss die Mantelfläche zugänglich gemacht werden:

[0067] Um die Zugänglichkeit zur Mantelfläche herzustellen, wird in einer Ausführung der Kolben mit dem Werkstück und den Mitteln zur Abdichtung in definierten zeitlichen Abständen oder z.B. nach Auftragen einer bestimmten Anzahl an Schichten wieder ein Stück entgegen der Aufwachsrichtung in das Volumen der Fertigungskammer zurück eingeschoben. Damit entsteht ein aus der Öffnung herausragender Bereich, bestehend aus Bauteil und Mittel zur Abdichtung, der für die Werkzeugmaschine zugänglich ist und eine Bearbeitung erlaubt.

[0068] In einer anderen Ausgestaltung wird die Lage der Wirkebene der generativen Fertigung verändert. Die Zuführung der Prozessmittel wird nach jedem Schichtauftrag um das Maß einer Schichtdicke von der vorherigen Fertigungsebene wegbewegt. Somit entsteht ein Segment des Bauteiles inklusive Mittel zur Abdichtung welches in die Fertigungskammer hineinragt. Dieses ist von der Werkzeugmaschine zumindest umlaufend oder auch im Inneren bearbeitbar, bevor der überarbeitete Bereich mit optimierter Oberflächenqualität die Dichtung passiert.

[0069] In einer weiteren Ausführungsform der generativen Fertigungsanlage ist die Abdichtung zwischen Kolbenmantel und Innenwandung der Öffnung mehrstufig gestaltet; Spülung und Absaugungsvorrichtungen sind jeweils in Durchlaufrichtung des Bauteiles

vor- und hinter einer umlaufenden Dichtung (z.B. Lippen- oder Blähdichtung als umlaufende Dichtung) angeordnet.

[0070] In einer weiteren Ausführungsform wird der Kolben unter einer Drehbewegung aus der Anlage herausgeführt. Die Öffnung ist somit nicht geradlinig, sondern folgt einer als Kreisbogen gekrümmten Symmetrielinie. Entlang dieses Kreisbogens erfolgt auch der Aufbau des Bauteils und der Mittel zur Abdichtung. Das Schleusenelement und der Kolben weisen hierzu eine zur Ausfuhrbewegung und Design des Kolbens kompatible Gestaltung auf. Dies dient zur Herstellung z.B. von Rohrbögen.

[0071] In einer weiteren Ausführungsform wird der Kolben linear entlang einer Geraden aus der Anlage herausgeführt. Die Öffnung und der Kolben erstrecken sich um diese Geraden

1. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolbenboden (**11**) senkrecht zur Entnahmerichtung des Bauteiles angeordnet ist
2. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolbenboden (**11**) geneigt (in z.B. 45°) zur Entnahmerichtung des Bauteiles angeordnet ist.

[0072] In einer weiteren Ausführungsform ist die Vorschubeinrichtung des Kolbens so gestaltet, dass sie eine Neigung des Bauteils während der Fertigung erlaubt. Die Veränderung der Neigung erfolgt entweder auf dem Kolbenboden, d.h. ohne dem Kolben oder gemeinsam mit dem Kolben, wobei der Kolben vorzugsweise zusammen mit der Öffnung im Schleusenelement schwenkbar ist.

[0073] Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen und Ausgestaltungen mit Figuren im Folgenden näher erläutert. Die Figuren, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale jedoch zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Es zeigen

Fig. 1a eine prinzipielle Schnittdarstellung repräsentierend die vorgenannte erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage mit einem Schleusenelement, d.h. mit zusätzlichem Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer im Randbereich des Kolbenbodens,

Fig. 1b eine prinzipielle Schnittdarstellung repräsentierend die vorgenannte zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage, d.h. mit zusätzlichem Mittel

zur Abdichtung der Fertigungskammer im Randbereich des Kolbenbodens, wobei das Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer eine Abschlusskappe aufweist,

Fig. 2 eine perspektivische Schnittansicht einer Ausgestaltung der Ausführungsform gemäß **Fig. 1**,

Fig. 3 eine weitere perspektivische Schnittansicht einer Ausgestaltung der Ausführungsform gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2**,

Fig. 4 weitere perspektivische Detailansichten speziell des Spülgaskanals der Ausführungsform gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3**,

Fig. 5 eine weitere perspektivische Schnittansicht der Ausführungsform gemäß **Fig. 2** bis **Fig. 4** mit Bauteil und Mittel zur Abdichtung in einem fortgeschrittenem generativen Fertigungsstadium sowie

Fig. 6 eine perspektivische Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform mit einer zusätzlich im Volumen vorgesehenen abtragenden Werkzeugmaschine.

[0074] **Fig. 1a** zeigt in einer prinzipiellen Schnittdarstellung den Aufbau und die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung einer ersten Ausführungsform. Die generative Fertigungsanlage weist eine Fertigungskammer **1** mit einem Volumen **3** und einer Wandung **2** um ein Volumen auf. Sie umfasst ferner ein Schleusenelement **4**, eingesetzt in einen Durchbruch in der Wandung. Das Schleusenelement **4** weist eine durchgehende vorzugsweise zylindrische Öffnung **5** sowie einen in die Öffnung **5** eingesetzten, positionier- und axial verschiebbaren, austauschbaren zylindrischen Kolben **10** auf. Zwischen Kolben **10** und Innenwandung der Öffnung sind im Beispiel drei ringförmige Dichtungen **9** angeordnet, die das Volumen **3** von der äußeren Umgebungsatmosphäre außerhalb der Vorrichtung trennt. Die Dichtungen sind vorzugsweise fest in das Schleusenelement eingesetzt und reiben auf der Mantelfläche des Kolbens. Die umlaufende Dichtung, die in der Öffnung dem Volumen am nächsten angeordnet ist, ist zum Schutz der nachfolgenden Dichtungen vor Partikel insbesondere aus dem Ausgangsmaterialien vorzugsweise als Abstreifring **15** ausgestaltet. Eine nicht detailliert ausgeführte vorzugsweise mechanische oder elektromotorische Kolbenvorschubeinrichtung **14** außerhalb des Volumens **3** der Fertigungskammer **1** dient der axialen Verschiebung, optional auch zusätzlich einer Verdrehung des Kolbens **10** in der Öffnung **5**.

[0075] Der Kolben weist einen zum Volumen **3** der Fertigungskammer gerichteten Kolbenboden **11** mit einem Randbereich **12** auf. Weiterhin weist der Kolben einen zum Schleusenelement gerichteten Kolbenmantel auf. Auf diesem Kolbenboden wird durch

eine ausrichtbare Zuführung **17** von physikalischen und/oder chemischen Prozessmitteln **18** ein Bauteil **20** generativ gefertigt. Gleichzeitig mit dem Bauteil wird auf dem Randbereich des Kolbenbodens ein Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer, ebenfalls durch eine generative Fertigung, bereitgestellt.

[0076] Durch die Kolbenvorschubeinrichtung **14** außerhalb des Volumens **3** der Fertigungskammer wird der Kolben **10** in der Öffnung **5** des Schleusenelements bewegt. Mit wachsender Höhe des Bauteils auf dem Kolbenboden, wird der Kolben sukzessive aus dem Schleusenelement **4** herausbewegt, derart, dass die neuste generativ zu fertigende Ebene des Bauteils während der generativen Fertigungsschritte je Schicht auf konstanter Höhe im Schleusenelement erfolgt.

[0077] Weiterhin ist auf dem Randbereich **12** des Kolbenbodens **11** ein Mittel zur Abdichtung **19** der Fertigungskammer **1** angeordnet, deren Außenquerschnitt vorzugsweise mit dem des Kolbens **10** übereinstimmt. Die Mantelflächen der Mittel zur Abdichtung und des Kolbens gehen vorzugsweise fluchtend und stufenlos ineinander über. Dies stellt bei einem axialen Herausziehen des Zylinders aus der Öffnung vom Volumen weg sicher, dass die ringförmigen Dichtungen **9** auch dann noch gegen eine Mantelfläche wirken, auch wenn der Zylinder aus dem Bereich der Dichtungen herausgezogen wurde.

[0078] Die um den Kolben **10** umlaufenden Dichtungen **9** sind zumindest teilweise als Abstreifring ausgestaltet. Dadurch wird verhindert, dass physikalische oder chemische Prozessmittel **17** zwischen den Kolbenmantel bzw. das mindestens eine Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer und das Schleusenelement gelangen und die Güte der Dichtung herabsetzen.

[0079] Das Schleusenelement weist einen in die Öffnung mündenden Spülgas-Kanal **6**, mit mindestens einem Einlass **7** und einem Auslass **8** in die bzw. aus der Öffnung, vorzugsweise wie dargestellt zwischen zwei umlaufende Dichtungen **9**, auf. Durch den Spülgas-Kanal ist die Öffnung **5** des Schleusenelementes durchspülbar. Der Spülgas-Kanal ermöglicht weiterhin die Absaugung verbleibender physikalischer und/oder chemischer Prozessmittel **17** aus dem Schleusenelement.

[0080] Das Schleusenelement der Fertigungskammer zeichnet sich weiterhin durch eine zum Volumen weisende Dichtfläche **15** auf. Ein durch Führungsmittel **22** oder Verschiebemittel **23** verschiebbarer Riegel **16** liegt auf der Dichtfläche **15** auf und ist vorzugsweise zwischen den zwei vorgenannten Ruhepositionen über die Öffnung **5** des Schleusenelements verschiebbar, z.B. zur Entnahme des Bauteils bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Prozessatmosphäre in

der Fertigungskammer. Dadurch wird weiterhin verhindert, dass physikalische und/oder chemische Prozessmittel **17** aus der Fertigungskammer über die Öffnung **5** in eine äußere Umgebung gelangen. Ferner ist der Riegel vorzugsweise mit einem Abstreifelement **24** versehen, das verhindert, dass die physikalischen und/oder chemischen Prozessmittel auf die Dichtfläche **15** des Schleusenelements gelangen und diese dort beschädigen oder zwischen Dichtfläche **15** und Riegel **16** eingeklemmt werden.

[0081] In **Fig. 1a** befindet sich der Riegel **16** auf der Dichtfläche **15** abseits der Öffnung **5** und verdeckt diese nicht, d.h. auch nicht teilweise. Der Riegel befindet sich in vorgenannter zweiter Ruheposition.

[0082] **Fig. 1b** zeigt eine weitere Prinzipskizze der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage. Hier entsteht durch eine generative Fertigung auf dem Kolbenboden **11** durch eine ausrichtbare Zuführung **17** von physikalischen und/oder chemischen Prozessmitteln **18** ein Bauteil **20** und auf dem Randbereich **12** des Kolbenbodens ein Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer **19** vorzugsweise simultan, vorzugsweise aus den gleichen Ausgangsstoffen und vorzugsweise durch die gleichen generativen Fertigungsschritte. Das mindestens eine Mittel zur Abdichtung **19** der Fertigungskammer **1** weist im Unterschied zu **Fig. 1a** eine generativ hergestellte Abschlusskappe **21** auf. Beim Verfahren des Kolbens aus dem Schleusenelement heraus durch die Kolbenvorschubeinrichtung übernimmt das Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer die Funktion des Kolbenmantels und dichtet die Fertigungskammer bzw. das Schleusenelement gegenüber einer äußeren Umgebung ab.

[0083] Die Abschlusskappe ermöglicht die Entnahme des Verbunds aus Kolben, Bauteil, Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer und Abschlusskappe aus dem Schleusenelement, vorzugsweise nach einem Durchspülen des Schleusenelements über den mindestens einen Spülkanal und einem Verschließen der Öffnung des Schleusenelements durch den Riegel, ohne dass physikalische und/oder chemische Prozessmittel in die Umgebung außerhalb der Fertigungskammer gelangen. Überschüssige physikalische und/oder chemische Prozessmaterialien verbleiben innerhalb des Volumens, das aus dem mindestens einen Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer und der Abschlusskappe gebildet wird. Diese Prozessmittel sind in einer separaten Absaugereinrichtung nach Öffnung der Abschlusskappe absaugbar.

[0084] In **Fig. 1b** ist der Riegel **16** auf der Dichtfläche **15** über die Öffnung **5** geschoben und verdeckt diese vollständig. Der Riegel befindet sich in vorgenannter erster Ruheposition. Der in die Öffnung **5** des Schleusenelements mündende Spülgas-Kanal **6**, mit

mindestens einem Einlass **7** und mindestens einem Auslass **8** ermöglicht die Absaugung von nach der generativen Fertigung verbleibenden physikalischen und/oder chemischen Prozessmaterialien.

[0085] **Fig. 2** zeigt eine perspektivische Zeichnung einer Ausgestaltung der Ausführungsform gemäß **Fig. 1**, wobei das Schleusenelement **4** eine zum Volumen der Fertigungskammer gerichtete Dichtfläche **15** aufweist, sowie einen in der Öffnung **5** des Schleusenelements positionierbaren, austauschbaren Kolben **10**. Der Kolben ist wie dargestellt vorzugsweise als nach unten hin offener Hohlkolben mit zentraler von unten am Kolbenboden angreifende Kolbenstange ausgestaltet, wobei die Kolbenstange für eine weitere Bearbeitung nach Entnahme des Kolbens aus der Öffnung durch Herausziehen auswechselbar gestaltet ist. Weiterhin befindet sich auf einen auf der Dichtfläche **15** des Schleusenelements **4** dichtend aufliegenden, verschiebbaren Riegel **16** in einer mittleren Position (Riegel überdeckt Öffnung nur teilweise) zwischen den beiden vorgenannten ersten und zweiten Ruhepositionen.

[0086] Insbesondere zeigt **Fig. 2** den Verschiebemechanismus für den auf der Dichtfläche um das Schleusenelement **4** aufliegenden Riegel **16**, der durch Führungsmittel **22** (seitliche Führungsgleitschienen, vorzugsweise beidseitig zum Riegel) und/oder Verschiebemittel **23** (oben auf den Riegel angreifende Schubstange mit rohrförmiger Durchführung durch die Wandung **2**) auf der Dichtfläche **15** verschiebbar ist. Der Riegel weist Abstreifelemente auf, durch die beim Verschieben des Riegels über die Öffnung des Schleusenelements die Prozessmittel bis über die Dichtfläche hinaus geschoben werden. Die Abstreifelemente verhindern dadurch, dass physikalische und/oder chemische Prozessmittel auf die Dichtfläche gelangen und die Güte der Dichtung zwischen Riegel und Dichtfläche herabsetzen. Bewegungsbahnen, auf denen der Riegel durch die Führungsmittel und/oder Verschiebemittel auf der Dichtfläche verschoben wird zusätzlich z.B. durch flexible Abdeckungen vor Partikeln geschützt.

[0087] Ferner ist in **Fig. 2** sowie in **Fig. 4** im Detail eine bevorzugte Ausgestaltung des Spülgaskanals **6** mit ringförmig um die Öffnung **5** angeordneten Ringkanälen mit mehreren um den Umfang verteilten Einlässen **7** und Auslässen **8** dargestellt. **Fig. 4** zeigt zudem zusätzlich, zwischen den umlaufenden Dichtungen **9** angeordneten Verteilerstrukturen **34** für die Einlässe und die Auslässe. Die umlaufenden Dichtungen **9** sind zumindest teilweise als im Schleusenelement fixierte Ringdichtungen **27** ausgestaltet. Die Ringkanäle und damit die Einlässe und Auslässe sind wie die umlaufenden Dichtungen **9** auf axial zum Kolben ausgerichtete unterschiedliche Ebenen angeordnet. Dadurch wird das Spülgas überwiegend axial zur Kolbenausrichtung zwischen Kolben **10** und Innen-

wandung der Öffnung **5** geleitet. Vorzugsweise sind die Auslässe **8** wie dargestellt näher am Volumen **3** als die Einlässe **7** angeordnet, was den Spülgasstrom in Richtung des Volumens ausrichtet und Verunreinigungen aus der Fertigungskammer in vorteilhafter Weise zurückgeströmt werden und so nicht an den Auslässen vorbeiströmend entweichen können. Ferner ist zwischen den um den Umfang verteilten Einlässen **7** und Auslässen **8** eine umlaufende Dichtung **9** angeordnet. Dies hat zum Vorteil, dass das Spülgas nur bei Undichtigkeiten, d.h. nur bei Bedarf durch den Spülgaskanal strömt und damit eine Spülgaseinsparung bewirkt.

[0088] Fig. 3 zeigt in einer Übersichtsdarstellung und einer Detaildarstellung eines Ausschnitts eine weitere perspektivische Schnittansicht einer Ausgestaltung der Ausgestaltung gemäß Fig. 1 und Fig. 2, wobei die um den Kolben **10** positionierbaren, umlaufenden Dichtungen **9** zumindest teilweise als Abstreifringe **25** und/oder als Abstreifringe **25** mit Dichtlippe **26** und/oder als Ringdichtung **27** ausgestaltet sind. Der Riegel befindet sich in der zweiten Ruheposition (Riegel überdeckt Öffnung nicht). Auf dem Kolbenboden **11** befindet sich zudem eine Schicht eines Bauteils **20** sowie im Bereich des Randbereichs **12** zusätzlich eine mit dem Bauteil mit aufgebaute Mittel zur Abdichtung **19** (Detaildarstellung), wobei die jeweiligen Oberkanten in einer Ebene mit der Dichtfläche **15** liegen. Der Zwischenraum zwischen Bauteil und Abdichtung einerseits und Kolbenboden und vorgenannter Ebene in Verlängerung der Dichtfläche andererseits ist in der Darstellung mit nicht prozessierten Ausgangsstoffen (Anteil an physikalischen und chemischen Prozessmittel) angefüllt. Fig. 5 zeigt die Ausführungsform gemäß Fig. 2 bis Fig. 4, jedoch mit einem Bauteil **20** und Mitteln zur Abdichtung **19** in einem fortgeschrittenen generativen Fertigungsstadium. Der Kolben **10** ist bereits vollständig aus der Öffnung **5** herausgezogen, sodass die Dichtungen **9** nicht mehr an der Kolbenmantelfläche **13**, sondern an der Mantelfläche der Mittel zur Abdichtung **19** angreifen. Der Riegel **16** befindet sich auf der Dichtfläche **15** abseits der Öffnung **5**, d.h. in zweiter Ruheposition.

[0089] Fig. 6 zeigt ein Schleusenelement der erfindungsgemäßen generativen Fertigungsanlage, wobei in der Fertigungskammer **1** zusätzlich eine abtragende Werkzeugmaschine **32**, wie z.B. eine Fräs-, Erodier-, Abspan- oder Laserabtragsanlage, vorzugsweise eine Schleif- oder Fräsmaschine angeordnet ist. Die Werkzeugmaschine ist nahe vorzugsweise oberhalb des Schleusenelements **4** angeordnet, sodass das Werkstück **20** oder die Mittel zur Abdichtung **19** ohne eine Entnahme aus dem Schleusenelement auch zwischen zwei Fertigungsschritten vorzugsweise mechanisch bearbeitbar sind. Dadurch wird die Oberfläche z.B. einer zuvor generativ hergestellten Schicht des Bauteils oder des mindestens einen Mittels zur Abdichtung der Fertigungskammer

vor dem Auftragen einer weiteren Schicht bearbeitbar. Unregelmäßigkeiten, die auf der Oberfläche des Bauteils oder dem Mittel zur Abdichtung der Fertigungskammer durch den generativen Fertigungsprozess entstanden sind, sind dadurch glättbar. Beispielsweise lassen sich die mit den Dichtungen **9** in Wechselwirkung stehenden Mantelflächen optimieren. Für eine Bearbeitung der Mantelflächen werden, wie in Fig. 6 dargestellt, der Kolben mit den Werkstück **20** und den Mitteln zur Abdichtung **19** in das Volumen eingeschoben, womit aus der Öffnung ragende Mantelflächenbereiche für die Werkzeugmaschine **32** zugänglich werden. Im dargestellten Beispiel ist die Werkzeugmaschine eine Schleifmaschine mit einem sich drehenden zylindrischen Schleifkopf (Drehrichtung durch unteren kleinen Pfeil um den Schleifkopf angedeutet), die bei der Nachbearbeitung entlang der Mantelfläche der Mittel zur Abdichtung **19** geführt wird (Drehrichtung durch oberen großen Pfeil oberhalb des Bauteils angedeutet). Ebenso ist die Oberflächenrauigkeit des Bauteils und/oder des Mittels zur Abdichtung der Fertigungskammer veränderbar, womit sich z.B. Hohlstrukturen in Bauteilen vor einem Verschließen in nachfolgenden Bearbeitungsschritten noch bearbeiten lassen.

Literatur:

- [1] I. Gibson, D. Rosen and B. Stucker, Additive Manufacturing Technologies, Springer Science+Business Media New York 2010, 2015.
- [2] A. Gebhardt, Generative Fertigungsverfahren, Hanser Verlag München 2013.
- [3] US 2015/0321255 A1
- [4] GB 2539485 A
- [5] US 2016/0001364 A1
- [6] DE 10 2004 057 866 A1
- [7] DE 10 2014 014 895 A1

Bezugszeichenliste

- 1** Fertigungskammer
- 2** Wandung
- 3** Volumen
- 4** Schleusenelement
- 5** Öffnung
- 6** Spülgas-Kanal
- 7** Einlass
- 8** Auslass
- 9** Dichtung
- 10** Kolben
- 11** Kolbenboden

- 12** Randbereich
- 13** Kolbenmantel
- 14** Kolbenvorschubeinrichtung
- 15** Dichtfläche
- 16** Riegel
- 17** Zuführung
- 18** Physikalische und/oder chemische Prozessmittel
- 19** Mittel zur Abdichtung
- 20** Bauteil
- 21** Abschlusskappe
- 22** Führungsmittel
- 23** Verschiebemittel
- 24** Abstreifelement
- 25** Abstreifring
- 26** Dichtlippe
- 27** Ringdichtung
- 28** Kanal
- 29** Zylinderbohrung
- 30** Bogensegment
- 31** Rohrbogen
- 32** Abtragende Werkzeugmaschine
- 33** Hülle
- 34** Verteilerstruktur

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2015/0321255 A1 [0089]
- GB 2539485 A [0089]
- US 2016/0001364 A1 [0089]
- DE 102004057866 A1 [0089]
- DE 102014014895 A1 [0089]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- I. Gibson, D. Rosen and B. Stucker, Additive Manufacturing Technologies, Springer Science+Business Media New York 2010, 2015 [0089]
- A. Gebhardt, Generative Fertigungsverfahren, Hanser Verlag München 2013 [0089]

Patentansprüche

1. Generative Fertigungsanlage, umfassend

- a) eine Fertigungskammer (1) mit einer Wandung (2) um ein Volumen (3),
- b) mindestens ein in die Wandung (2) eingesetztes Schleusenelement (4), wobei das Schleusenelement (4) eine Öffnung (5) mit mindestens einem in diesen mündenden Spülgas-Kanal (6) mit jeweils mindestens einem Einlass (7) und einem Auslass (8), aufweist,
- c) ein in die Öffnung (5) des Schleusenelements (4) mit mindestens einer positionierbaren umlaufenden Dichtung (9) dichtend und in einer Kolbenvorschubrichtung gleitend eingesetzter Kolben (10), der einen zum Volumen (3) gerichteten Kolbenboden (11) mit einem Randbereich (12) sowie einen zur Dichtung (9) im Schleusenelement (4) gerichteten Kolbenmantel (13) aufweist,
- d) eine Kolbenvorschubeinrichtung (14) für zumindest eine axiale Verschiebbarkeit des Kolbens (10) in der Öffnung (5) des Schleusenelements (4) in Kolbenvorschubrichtung außerhalb des Volumens (3),
- e) eine auf dem Schleusenelement (4) um die Öffnung (5) vorgesehene und zum Volumen weisende Dichtfläche (15), auf der mindestens ein verschiebbarer Riegel (16) aufliegt,
- f) mindestens eine ausrichtbare Zuführung (17) von physikalischen und/oder chemischen Prozessmitteln (18).

2. Generative Fertigungsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf dem Randbereich (12) des Kolbenbodens (11) mindestens ein Mittel zur Abdichtung (19) der Fertigungskammer (1) aufgesetzt ist, wobei die Mittel eine Außenwandung fluchtend zum Kolbenmantel (13) aufweist.

3. Generative Fertigungsanlage nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Mittel zur Abdichtung (19) der Fertigungskammer (1) eine Abschlusskappe (21) aufweist,

4. Generative Fertigungsanlage nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das mindestens eine Mittel zur Abdichtung (19) der Fertigungskammer zumindest teilweise durch um das durch die generative Fertigungsanlage herzustellende Bauteil (20) gebildet ist.

5. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schleusenelement (4) Führungsmittel (22) und/oder Verschiebemittel (23) aufweist, wobei der mindestens eine Riegel (16) durch die Führungsmittel (22) und/oder Verschiebemittel (23) auf der Dichtfläche (15) führbar und/oder verschiebbar ist.

6. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- a) der mindestens eine Riegel (16) auf der Dichtfläche (15) zwischen zwei Endpositionen verschiebbar ist, wobei
- b) in einer ersten Endposition der Riegel die Öffnung (5) des Schleusenelements (4) vollständig überdeckt,
- c) in einer zweiten Endposition der Riegel abseits der Öffnung (5) positioniert ist sowie
- d) der Kolbenboden (11) bündig zur Dichtfläche (15) des Schleusenelements (4) ist und/oder unter die Dichtfläche (15) des Schleusenelements (4) abgesenkt ist.

7. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Riegel (16) mindestens ein Abstreifelement (24) aufweist.

8. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine positionierbare umlaufende Dichtung (9) als Abstreifring (25) und/oder als Abstreifring (25) mit Dichtlippe (26) um den Kolbenmantel (13) des Kolbens (10) ausgestaltet ist.

9. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine der positionierbaren umlaufenden Dichtungen (9) als innerhalb des Schleusenelements (4) fixierte Ringdichtung ausgestaltet ist.

10. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (10) und die Öffnung (5) des Schleusenelements (4) einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen.

11. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (10) und die Öffnung (5) des Schleusenelements (4) einen polygonalen Querschnitt mit oder ohne gerundete Ecken aufweisen.

12. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (10) und die Öffnung (5) des Schleusenelements (4) einen elliptischen oder ovalen Querschnitt aufweisen.

13. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (11) und die Dichtfläche (15) sowie der und auf jener aufliegende Riegel (16) parallel zueinander angeordnet sind.

14. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**

net, dass der Kolbenboden (11) sowie der über jenem aufliegenden Riegel (16) horizontal oder vertikal oder in einem spitzen Winkel zur Horizontalen geneigt angeordnet sind.

15. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (11) senkrecht zur Kolbenvorschubrichtung des Bauteiles angeordnet ist.

16. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (11) mit einem Winkel zwischen 0° und 60° geneigt zur Kolbenvorschubrichtung des Bauteiles angeordnet ist.

17. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (11) und die Dichtfläche (15) sowie der und auf jener aufliegende Riegel (16) horizontal angeordnet sind.

18. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnung (5) und der Kolben (10) senkrecht zum Kolbenboden (11) und/oder der Dichtfläche (15) ausgerichtet sind.

19. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (11) und/oder der Dichtfläche (15) horizontal von unten zum Volumen (3) oder vertikal ausgerichtet sind.

20. Generative Fertigungsanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Volumen (3) der Fertigungskammer (1) eine abtragende Werkzeugmaschine (32) angeordnet ist.

21. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils (20) mit einer generativen Fertigungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, umfassend die folgenden Verfahrensschritte

- a) Bereitstellen der generativen Fertigungsanlage mit einer Fertigungskammer (1) sowie von physikalischen und chemischen Prozessmitteln (18) innerhalb der Fertigungskammer, geeignet zur generativen Fertigung des Bauteils,
- b) Positionierung des Riegels (16) auf der Dichtfläche (15) in eine erste Position über der Öffnung (5) des Schleusenelements, wobei die Öffnung vollständig von dem Riegel überdeckt ist,
- c) Bereitstellung einer Prozess-Atmosphäre durch Einleitung eines inerten Gases in das Volumen (3) der Fertigungskammer (1),
- d) Einschieben in Kolbenvorschubrichtung und Positionierung des Kolbens (10) in der Öffnung (5) des Schleusenelements (4), wobei der Kolbenboden (11) unterhalb des Riegels (16) positioniert wird,

e) Verschieben des Riegels (16) auf der Dichtfläche (15) in eine zweite Position abseits der Öffnung (5),

f) Schichtweise generativer Aufbau eines Bauteils (20) mit mehreren Schichten auf dem Kolbenboden (11), umfassend ein mehrfaches Durchfahren der folgenden Verfahrensteilschrittfolge

i) Einbringen von physikalischen und chemischen Prozessmitteln (18) in die Öffnung auf den Kolbenboden,

ii) Prozessierung einer Schicht als ein Teil des Bauteils (20) mit einer generativ gefertigten Höhe aus zumindest eines Teils der physikalischen und chemischen Prozessmittel (18) über den Kolbenboden,

iii) Verfahren des Kolbens (10) um eine Weglänge entsprechend der generativ gefertigten Höhe vom Volumen (3) weg aus der Öffnung (5) des Schleusenelements (4) heraus,

g) Positionierung des Riegels (16) auf der Dichtfläche (15) in die erste Position über der Öffnung (5) des Schleusenelements, wobei die Öffnung vollständig von dem Riegel überdeckt ist,

h) Entfernung der physikalischen und chemischen Prozessmittel (18) zwischen Kolbenboden (11) und Riegel (16), die nicht in eine Schicht eingebunden sind,

i) Herausziehen des Kolbens (10) mit dem Bauteil (20) aus der Öffnung (5) des Schleusenelements (4) in Kolbenvorschubrichtung vom Volumen (3) weg,

j) Lösen des Bauteils (20) von dem Kolbenboden (11).

22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Verfahrensschritt f) mindestens ein Mittel zur Abdichtung (19) der Fertigungskammer (1) auf dem Randbereich (12) des Kolbenbodens (11) schichtweise generativ mit aufgebaut wird, wobei die Mittel eine Außenwandung fluchtend zum Kolbenmantel (13) aufweist sowie mit Verfahrensschritt j) ein Lösen der auch der Mittel zur Abdichtung (19) erfolgt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Verfahrensschritt f) ferner ein schichtweises generatives Aufbauen einer geschlossenen Abschlusskappe (21) mit mindestens einer Schicht auf dem Mittel zur Abdichtung (19) der Fertigungskammer (1) und um das Bauteil (20) generativ aufgebaut wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23, umfassend ein Verschließen des Riegels zur Abdichtung (19) der Fertigungskammer (1) bei gleichzeitiger Absaugung physikalischer und chemischer Prozessmittel (18), die nicht in eine Schicht eingebunden sind, zwischen Bauteil (20) und dem mindestens einem Mittel (19) zur Abdichtung der Fertigungskammer (1).

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

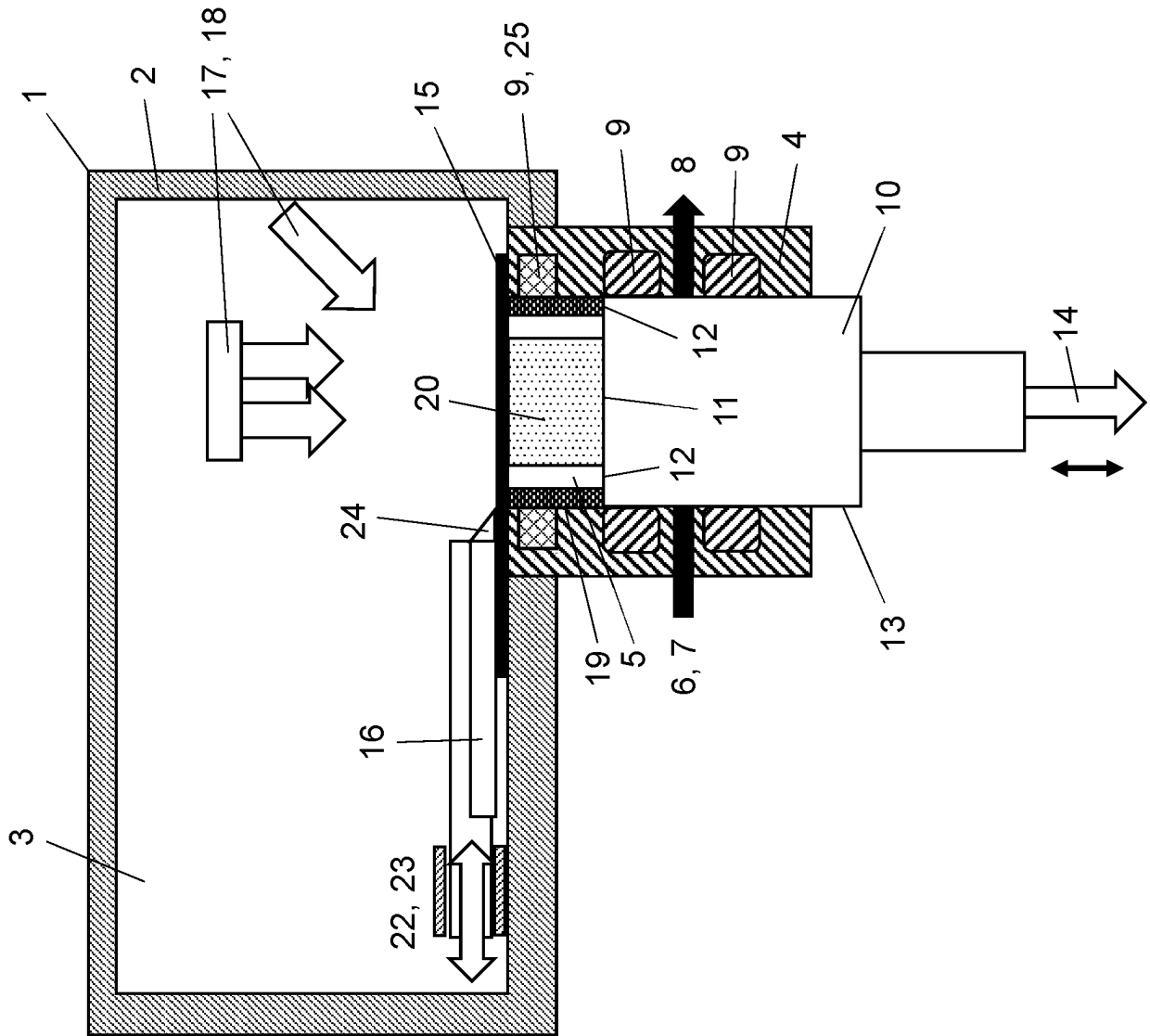


Fig. 1a

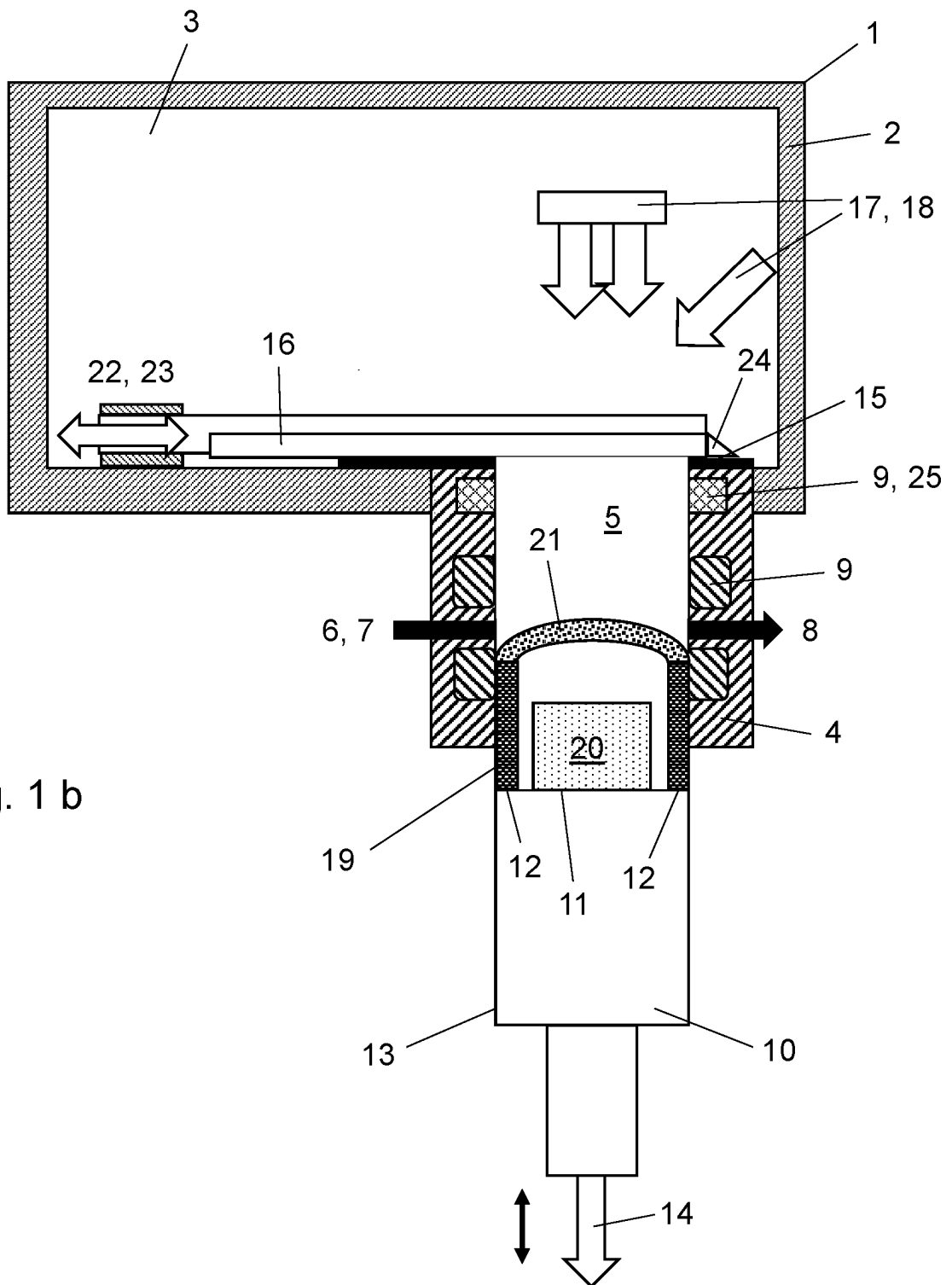


Fig. 1 b

Fig. 2

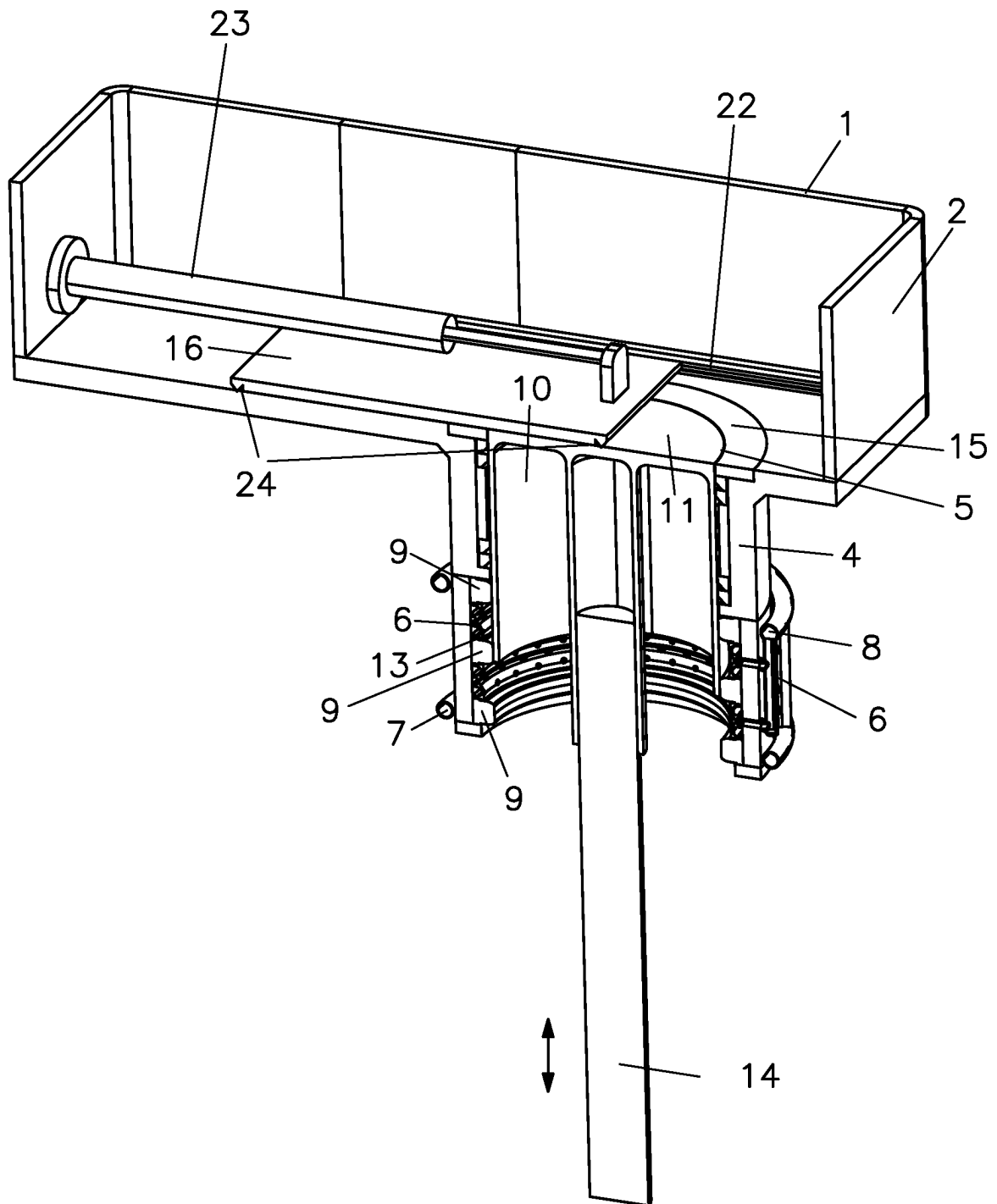


Fig. 3

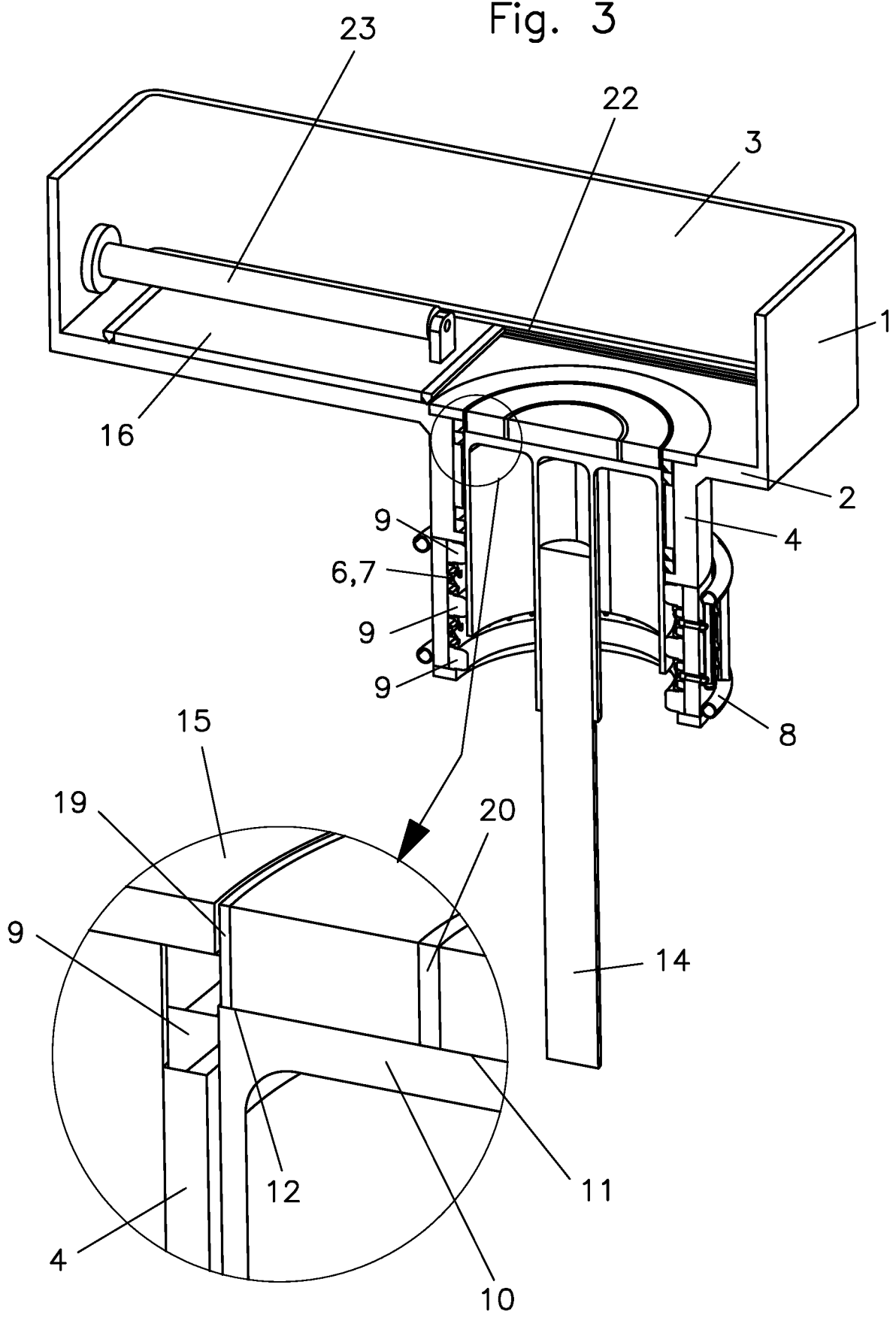
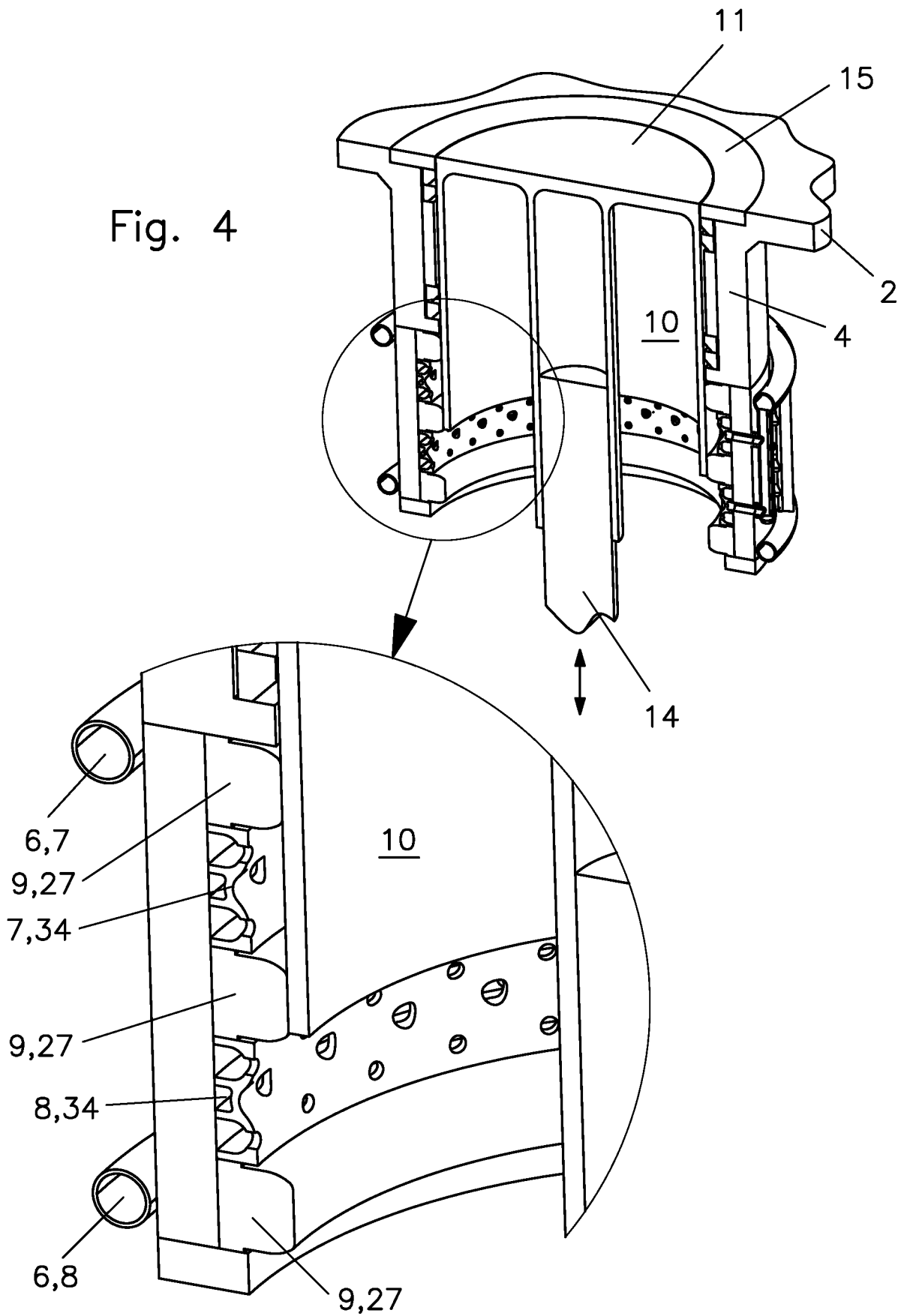


Fig. 4



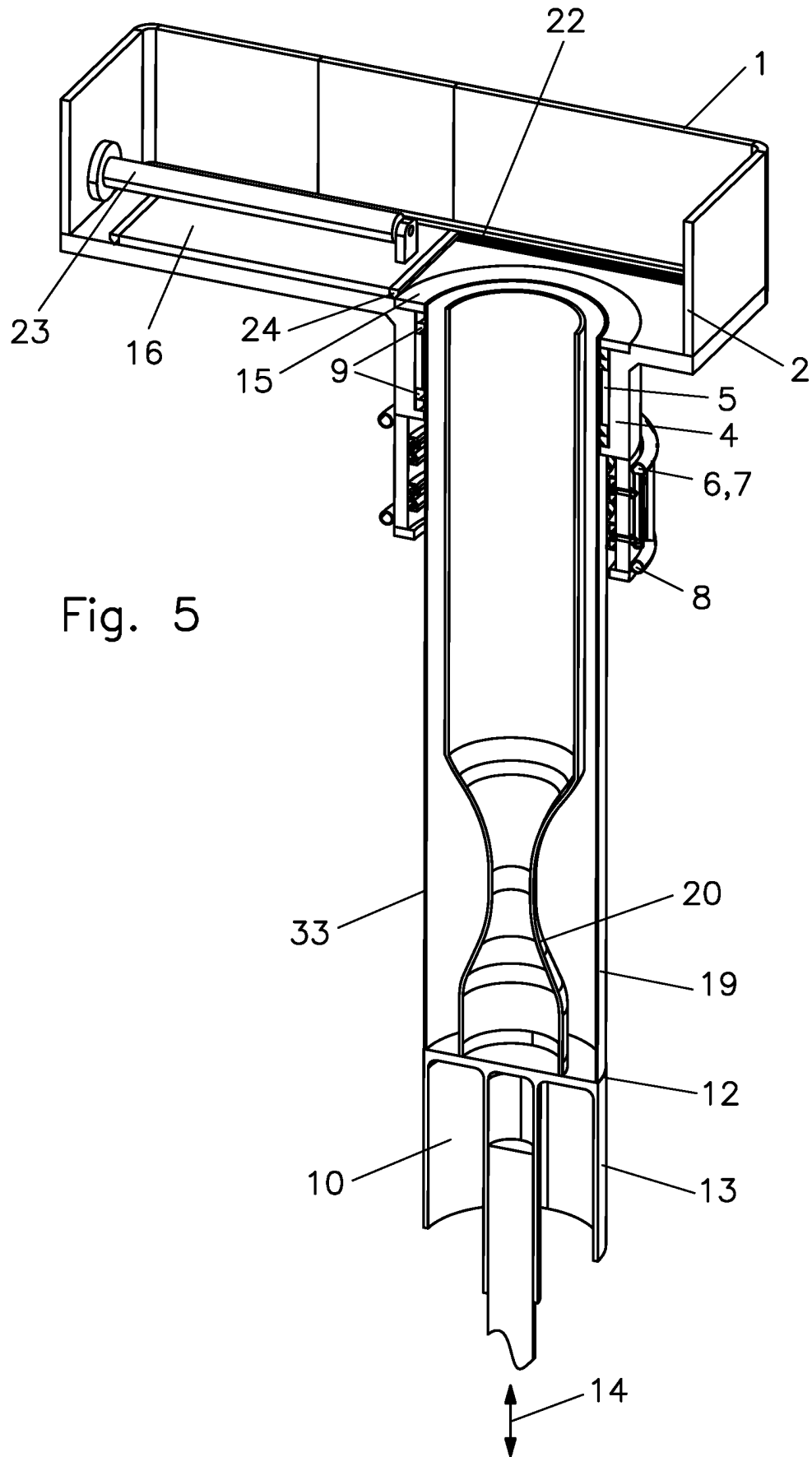


Fig. 6

