

(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
10. September 2021 (10.09.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/175567 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 64/255 (2017.01) B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/053450
- (22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2021 (12.02.2021)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2020 105 524.2
02. März 2020 (02.03.2020) DE
- (71) Anmelder: OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT
MAGDEBURG [DE/DE]; Universitätsplatz 2, 39106 Mag-
deburg (DE).
- (72) Erfinder: STEGEMANN, Nils Lothar; Hallische Straße
9, 39104 Magdeburg (DE). ODENBACH, Robert; Mag-
deburger Str. 42, 39116 Magdeburg (DE). HICHERT, Se-
bastian; Northheimer Str. 24, 99734 Nordhausen (DE). PIE-
TRAS, Jan Patrick; Zum Hauseberg 5, 06618 Naumburg
(DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

(54) Title: ADDITIVE MANUFACTURING APPARATUS AND METHOD FOR THE ADDITIVE MANUFACTURE OF A
THREE-DIMENSIONAL PRODUCT

(54) Bezeichnung: ADDITIVE HERSTELLUNGSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ADDITIVEN HERSTELLUNG
EINES DREIDIMENSIONALEN ERZEUGNISSES

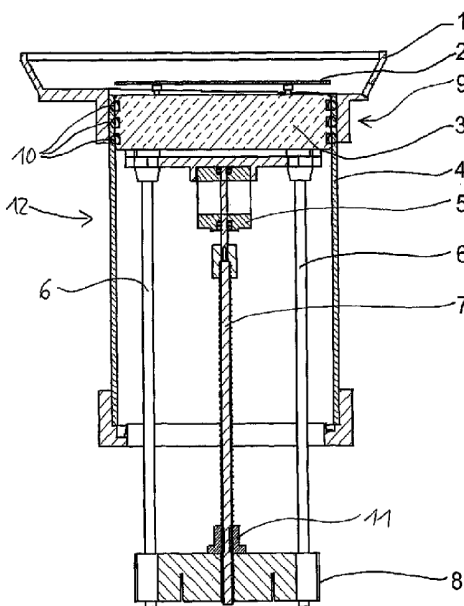


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an additive manufacturing apparatus which is designed for layer-by-layer manufacture of a three-dimensional product (21) from a raw material (22) in a stereolithography method, the additive manufacturing apparatus comprising a manufacturing container (12) for holding the raw material (22) to be processed and the volume of the manufacturing container (12) holding the raw material (22) being variably adjustable.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine additive Herstellungseinrichtung, die zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses (21) aus einem Rohmaterial (22) nach dem Stereolithographie-Verfahren eingerichtet ist, wobei die additive Herstellungseinrichtung einen Fertigungsbehälter (12) zur Aufnahme des zu verarbeitenden Rohmaterials (22) aufweist und der Fertigungsbehälter (12) hinsichtlich seines Aufnahmevolumens für das Rohmaterial (22) variabel verstellbar ist.

WO 2021/175567 A1

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

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

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

ADDITIVE HERSTELLUNGSEINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ADDITIVEN HERSTELLUNG EINES DREIDIMENSIONALEN ERZEUGNISSES

5 Die Erfindung betrifft eine additive Herstellungseinrichtung, die zur schichtweisen
Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses aus einem Rohmaterial mittels ei-
nes generativen Fertigungsverfahrens eingerichtet ist. Die additive Herstellungsein-
richtung kann z.B. eine Stereolithographie-Herstellungseinrichtung, eine Pulverdruck-
oder Lasersinter-Herstellungseinrichtung oder eine sonstige additive Herstellungsein-
10 richtung sein. Die Erfindung betrifft außerdem ein generatives Fertigungsverfahren
zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses aus einem
Rohmaterial mittels einer additiven Herstellungseinrichtung der zuvor angegebenen
Art.

15 Allgemein betrifft die Erfindung das Gebiet der additiven Herstellung von dreidimensi-
onalen Erzeugnissen nach dem Stereolithographie-Verfahren, dem Pulverdruck-Ver-
fahren, dem Lasersinter-Verfahren oder einem sonstigen generativen Fertigungsver-
fahren, somit ein Teilgebiet des sogenannten 3D-Druckens. Die Stereolithographie
(SL) ist insbesondere für die Fertigung von präzisen Modellen ein etabliertes genera-
20 tives Fertigungsverfahren. Als Rohmaterial können flüssige Fotopolymere bezie-
hungsweise fotosensitive Harze mit unterschiedlichen Färbungen, Materialeigen-
schaften und Zusatzpartikeln eingesetzt werden. Das Erzeugnis wird dabei schicht-
weise aus dem Rohmaterial aufgebaut. Es wird unterschieden zwischen dem Right-
Side-Up-Verfahren (RSU, auch Tauchbad- oder Top-Down-Verfahren genannt) und
25 dem Upside-Down-Verfahren.

Beim RSU-Verfahren wird ein vergleichsweise großer Fertigungsbehälter eingesetzt,
in dem eine Fertigungsbasis, auf dem das Erzeugnis schichtweise erzeugt wird, je-
weils nach Erzeugung einer Schicht abgesenkt wird. Die Fertigungsbasis bewegt
30 sich somit beim RSU-Verfahren von oben nach unten. Beim Upside-Down-Verfahren
wird ein inverses Druckprinzip genutzt. Die Fertigungsbasis wird nach Erzeugung ei-
ner Schicht des Erzeugnisses etwas nach oben bewegt, sodass insgesamt eine Be-
wegung von unten nach oben erfolgt. Die Bestrahlung des Rohmaterials, um dieses

Auszuhärten, erfolgt beim Upside-Down-Verfahren von unten, beim RSU-Verfahren von oben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die additive Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses durch ein generatives Fertigungsverfahren weiter zu optimieren und für vielfältige Anwendungen nutzbar zu machen.

Diese Aufgabe wird bei einer additiven Herstellungseinrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Fertigungsbehälter, der auch als Bautank bezeichnet wird, hinsichtlich seines Aufnahmevolumentens für das Rohmaterial variabel verstellbar ist. Vorteilhafter Weise kann somit bei der erfindungsgemäßen Herstellungseinrichtung das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters kleiner oder größer eingestellt werden, z.B. je nach der Größe des herzustellenden dreidimensionalen Erzeugnisses. Bisherige RSU-Anlagen sind üblicherweise im industriellen Maßstab mit einem sehr großen Fertigungsbehälter ausgeführt, der aufgrund des RSU-Prinzips im Wesentlichen vollständig mit dem Rohmaterial gefüllt sein muss, da das Erzeugnis bei seiner Herstellung zusammen mit der Fertigungsbasis immer weiter in den Fertigungsbehälter eingetaucht wird. Hiermit geht ein enorm hoher Kostenfaktor einher, beispielsweise in der Größenordnung von 10.000,00 Euro für die Befüllung des Fertigungsbehälters mit Rohmaterial. Dementsprechend sind bekannte RSU-Anlagen unwirtschaftlich bei der Herstellung kleinerer Erzeugnisse in geringer Stückzahl. Zudem ist ein Wechsel des Rohmaterials mit großem Aufwand verbunden, da der Fertigungsbehälter vollständig geleert und danach vollständig mit einem anderen Rohmaterial gefüllt werden muss.

Bei der erfindungsgemäßen Herstellungseinrichtung kann stattdessen das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters an die jeweilige Fertigungsaufgabe angepasst werden. Dementsprechend ist auch ein Wechsel des Rohmaterials einfacher möglich, da nicht so große Mengen jeweils erforderlich sind. Zudem können weitere Nachteile wie z.B. Alterungseffekte am Rohmaterial aufgrund langer Standzeiten oder sich aufgrund langer Standzeiten ergebende Verunreinigungen oder ungewollte Verfestigungen des Rohmaterials durch das an die Fertigungsaufgabe angepasste Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters minimiert werden.

Der Fertigungsbehälter kann beispielsweise derart ausgebildet sein, dass das Aufnahmevolumen durch Verschieben oder Verstellen einer Seitenwand des Fertigungsbehälters verstellbar werden kann. Auf diese Weise kann der Fertigungsbehälter je
5 nach herzustellendem Erzeugnis breiter oder schmaler eingestellt werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Fertigungsbehälter wenigstens einen vertikal und/oder horizontal verstellbaren Kolben aufweist, durch dessen Verstellung das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters
10 variabel verstellbar ist. Dies erlaubt eine besonders universelle Verstellbarkeit des Aufnahmevolumens des Fertigungsbehälters und damit des zur Verfügung stehenden Bauraums. Ein vertikal verstellbarer Kolben kann zum Beispiel durch den nachfolgend erläuterten verstellbaren Boden bzw. durch einzelne Bodensegmente des Bodens realisiert werden. Die Angabe „vertikal“ bezieht sich dabei auf die Wirkrichtung der Schwerkraft. Die horizontale Richtung verläuft dabei orthogonal zur vertikalen Richtung.
15

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die additive Herstellungseinrichtung eine Fertigungsbasis aufweist, auf der das Erzeugnis im
20 Betrieb der additiven Herstellungseinrichtung mittels des Stereolithographie-Verfahrens dreidimensional schichtweise erstellt wird. Die Fertigungsbasis kann zum Beispiel als Plattform ausgebildet sein, zum Beispiel als Gitter oder gelochte Platte, insbesondere als ebene Bauplattform.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Fertigungsbehälter zumindest im Bereich der Fertigungsbasis, in dem das Erzeugnis im
25 Betrieb der additiven Herstellungseinrichtung mittels des generativen Fertigungsverfahrens dreidimensional schichtweise erstellt wird, zur umgebenden Atmosphäre hin offen ist, d.h. nicht gasdicht ist. Ein solches offenes System kann technisch einfacher
30 realisiert werden als ein geschlossenes System, bei dem der Bauraum für die Herstellung des Erzeugnisses gasdicht gestaltet sein muss. Der Fertigungsbehälter kann

auch insgesamt als offenes System gestaltet sein, d. h. nicht gasdicht sein. Hierdurch wird die Herstellung der additiven Herstellungseinrichtung noch weiter vereinfacht.

- 5 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Fertigungsbehälter einen verstellbaren Boden aufweist, durch dessen Verstellung das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters variabel verstellbar ist. Dies hat den Vorteil, dass der Fertigungsbehälter hinsichtlich der für das Rohmaterial nutzbaren Höhe verstellbar ist. Soll beispielsweise ein relativ flaches dreidimensionales Erzeugnis mittels der Herstellungseinrichtung hergestellt werden, kann der verstellbare Boden relativ weit nach oben verfahren werden, sodass die Tiefe des Aufnahmevolumens relativ gering ist. Soll ein breiteres oder höheres Erzeugnis hergestellt werden, kann der verstellbare Boden nach unten verfahren werden, sodass das Aufnahmevolumen eine größere Tiefe hat. Durch den verstellbaren Boden kann somit der verfügbare Bauraum für die Herstellung des Erzeugnisses in einfacher Weise angepasst werden.
- 10
- 15

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Fertigungsbasis mit dem verstellbaren Boden gekoppelt ist und durch Verstellung des verstellbaren Bodens höhenverstellbar ist. Alternativ kann die Fertigungsbasis separat vom verstellbaren Boden höhenverstellbar sein, d.h. unabhängig vom verstellbaren Boden höhenverstellbar sein. Die zwei genannten Varianten bieten für jeweilige Fertigungsaufgaben unterschiedliche Vorteile.

20

Ist die Fertigungsbasis mit dem verstellbaren Boden gekoppelt, so ist durch Betätigung nur eines Aktuators sowohl der verstellbare Boden als auch die Fertigungsbasis während des Stereolithographie-Verfahrens höhenverstellbar. Der Fertigungsprozess wird dann derart durchgeführt, dass nach Erzeugung einer Schicht des Erzeugnisses der verstellbare Boden mit der Fertigungsbasis um die Dicke dieser Schicht abgesenkt oder angehoben wird und danach die nächste Schicht des Erzeugnisses erzeugt wird. Das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters variiert damit schichtweise während des Herstellungsprozesses des dreidimensionalen Erzeugnisses.

25

30

In der alternativen Variante ist die Fertigungsbasis separat vom verstellbaren Boden höhenverstellbar. In diesem Fall kann zum Beispiel das gewünschte Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters zu Beginn des Herstellungsprozesses einmalig eingestellt werden und unabhängig von dem verstellbaren Boden die Fertigungsbasis wie
5 bei bekannten Stereolithographie-Anlagen während des Herstellungsprozesses jeweils schichtweise abgesenkt oder angehoben werden. Es kann auch eine Verstellung des verstellbaren Bodens während des Herstellungsprozesses des dreidimensionalen Erzeugnisses unabhängig von der Verstellung der Fertigungsbasis durchgeführt werden, z.B. indem der verstellbare Boden weniger häufig und in größeren
10 Schritten verstellt wird als die Fertigungsbasis.

Vorteilhafterweise kann bei beiden Varianten die Fertigungsbasis oberhalb des verstellbaren Bodens angeordnet sein.

15 Weitere Vorteile sind:

- Entkopplung der Fertigungsbasis von möglichen, eventuell störenden Begleiterscheinungen, die vom verstellbaren Boden verursacht werden können, wie zum Beispiel eine ungenaue Einstellung des verstellbaren Bodens oder mehr oder weniger große Kippeffekte oder eine Schiefstellung, beispielsweise durch Ratterbewegungen ausgelöst durch Dichtungen.
20
- Unabhängiges Höhenverstellen der Fertigungsbasis. Dies ist beispielsweise dann besonders vorteilhaft, wenn die Herstellung von zwei Erzeugnissen unmittelbar nacheinander durchgeführt werden soll. Dann muss das Rohmaterial nicht zwischen diesen Herstellprozessen erst wieder vollständig in den Vorratsbehälter abgeführt und anschließend erneut in den Fertigungsbehälter gefördert werden.
25
- Präziseres Verfahren der Fertigungsbasis in vertikaler Richtung ist möglich, weil der verstellbare Boden nicht mitbewegt werden muss. Auf diese Weise können beispielsweise eventuelle Störeffekte von Reibkräften durch die Dichtungen vermieden werden. Der verstellbare Boden kann dementsprechend in größeren Stufen verfahren werden, die wesentlich größer als die Schichthöhe einer Schicht des
30

Erzeugnisses sind. Dabei kann die Fertigungsbasis aufgrund Ihrer separaten Verstellbarkeit entsprechend der Schichthöhe, beispielsweise um 0,05 mm, verfahren werden.

- 5 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der verstellbare Boden mehrere einzelne Bodensegmente aufweist, die separat voneinander höhenverstellbar sind. Auf diese Weise kann das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters, zusätzlich zu der Höhe, auch hinsichtlich der Querschnittsfläche, das heißt in der Breite, variiert werden, ohne dass eine Seitenwand verstellbar ausgebildet sein
- 10 muss. Dabei kann der gesamte Boden durch die einzelnen, verstellbaren Bodensegmente gebildet sein, oder nur ein Teilbereich des Bodens. Die einzelnen Bodensegmente können dabei nebeneinander angeordnet sein. Die Bodensegmente können in Draufsicht auf den Boden beispielsweise eine rechteckförmige, quadratische, dreieckförmige, sechseckförmige oder sonstige vieleckige Form aufweisen. Die Bodensegmente können auch Hakenformen aufweisen und ineinander verschachtelt sein.
- 15 Die einzelnen Bodensegmente können auch eine abgerundete Außenkontur aufweisen, beispielsweise eine kreisrunde Kontur. Die Bodensegmente können hinsichtlich des Flächenanteils, den sie am verstellbaren Boden bilden, gleichgroß oder unterschiedlich groß ausgebildet sein. Die Bodensegmente können beispielsweise mehrere
- 20 Bodensegmente mit ringförmiger Kontur und unterschiedlichen Durchmessern aufweisen, die konzentrisch ineinander angeordnet sind.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der verstellbare Boden nach Art eines Kolbens ausgebildet ist, der am Außenumfang wenigstens eine Dichtung aufweist. Die Dichtung kann beispielsweise nach Art eines Kolbenrings ausgebildet sein. Auf diese Weise kann der verstellbare Boden besonders zuverlässig abgedichtet und mit einfacher Konstruktion realisiert werden. Die Dichtung ist dabei vorteilhaft aus einem Material, das nicht mit dem Rohmaterial reagiert. Die Dichtung kann beispielsweise aus PTFE sein.

30

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der verstellbare Boden aus mehreren Einzelsegmenten zusammengesetzt ist, zwischen denen jeweils eine Dichtung angeordnet ist. Dies erlaubt eine besonders zuverlässige

Abdichtung des verstellbaren Bodens gegenüber Seitenwänden des Fertigungsbehälters. Der fertige Boden ist dabei gegenüber den Seitenwänden des Fertigungsbehälters höhenverstellbar. Die Einzelsegmente können dabei schichtweise aufeinander gesetzt sein.

5

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die additive Herstellungseinrichtung wenigstens einen Fördermechanismus zum Nachfördern des Rohmaterials von einem Rohmaterial-Vorratsbehälter in den Fertigungsbehälter aufweist. Auf diese Weise kann während des Herstellprozesses automatisch
10 ausreichend Rohmaterial in den Fertigungsbehälter nachgefüllt werden. Der Fördermechanismus kann insbesondere eine Pumpe aufweisen, beispielsweise eine Peristaltikpumpe. Der Fördermechanismus kann zum Abfördern des Rohmaterials von dem Rohmaterial-Vorratsbehälter in den Fertigungsbehälter fungieren. Es kann zudem eine Abführung überschüssigen Rohmaterials mittels eines Überlaufs erfolgen.

15

Nach Abschluss des Herstellungsprozesses kann das noch im Fertigungsbehälter verbliebende, nicht verarbeitete Rohmaterial in den Rohmaterial-Vorratsbehälter zurückgeführt werden, beispielsweise dadurch, dass das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters wieder verringert wird, z.B. indem der verstellbare Boden nach oben
20 verfahren wird und das überschüssige Rohmaterial beispielsweise durch den Überlauf in den Vorratsbehälter zurückgelangt.

25

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die additive Herstellungseinrichtung wenigstens eine Heizeinrichtung zum Beheizen des im Rohmaterial-Vorratsbehälter befindlichen Rohmaterials aufweist. Dies hat den Vorteil, dass das Rohmaterial in passend temperierter Form in dem Fertigungsbehälter bereitgestellt werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann die additive Herstellungseinrichtung wenigstens eine Heizeinrichtung zum Beheizen des im Fertigungsbehälter befindlichen Rohmaterials aufweisen. Auf diese Weise kann das Rohmaterial
30 auch im Fertigungsbehälter temperiert werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Fertigungsbehälter eine oder mehrere verstellbare Seitenwände aufweist, durch deren

Verstellung des Aufnahmevermögens des Fertigungsbehälters variabel verstellbar ist. Auf diese Weise ist die Herstellungseinrichtung noch universeller und flexibler einsetzbar. Der Fertigungsbehälter kann z.B. nach Art eines Falteimers, nach Art eines verstellbaren Backrahmens oder nach Art einer verstellbaren Springform ausgebildet
5 sein. Der Fertigungsbehälter kann auch nach dem Irisblenden-Bauprinzip ausgebildet sein. Dies erlaubt eine kreisrunde, konzentrische Bauraumänderung. Bei dieser Bauweise können die Seitenwände des Fertigungsbehälters z.B. durch bewegliche Lamellen gebildet sein. Durch Drehen eines außenliegenden Rings werden die Lamellen zueinander ausgerichtet, sodass das Aufnahmevermögen des Fertigungsbe-
10 hälters kreisförmig vergrößert oder verkleinert werden kann. Die Drehbewegung des außenliegenden Rings kann manuell oder motorbetrieben erzeugt werden. Dabei sind die beweglichen Lamellen untereinander und zu einem Boden des Fertigungsbehälters abgedichtet. Die verstellbaren Seitenwände verfügen über Dichtungen, die zu der darunter befindlichen, unveränderlichen Bodenplatte den Fertigungsbehälter
15 abdichten.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Fertigungsbehälter einen kreisförmigen Querschnitt aufweist. Dies erlaubt eine besonders einfache und zuverlässige Realisierung des Fertigungsbehälters. Der Ferti-
20 gungsbehälter kann auf diese Weise wie eine Kolben-Zylinderanordnung ausgebildet sein, wobei der Kolben den verstellbaren Boden bildet und der Zylinder die Seitenwände des Fertigungsbehälters. Der Fertigungsbehälter kann auch einen quadratischen oder einen rechteckförmigen Querschnitt aufweisen.

25 Die Erfindung eignet sich für beide eingangs genannten Arten der Stereolithographie, das heißt sowohl das RSU-Verfahren als auch das Upside-Down-Verfahren. Die größten Vorteile werden allerdings erreicht, wenn die additive Herstellungseinrichtung als Right-Side-Up-Stereolithographie-Herstellungseinrichtung ausgebildet ist, weil das beim Upside-Down-Verfahren essentiell eingesetzte Belichtungsfenster im
30 Boden des Fertigungsbehälters zu Degradation durch z.B. Eintrübungen neigt. Ein derartiges Fenster gibt es beim RSU-Verfahren nicht.

Die Erfindung eignet sich auch für andere generative Fertigungsverfahren, wie z.B. das Pulverdruck-Verfahren oder das Lasersinter-Verfahren.

Die eingangs genannte Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein generatives Fertigungsverfahren zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses aus einem Rohmaterial mittels einer additiven Herstellungseinrichtung der zuvor
5 erläuterten Art, wobei vor, während und/oder nach dem Herstellungsprozess des dreidimensionalen Erzeugnisses das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters in einem oder mehreren Schritten verstellt wird. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden.
10

Wenn eine Verstellung des Aufnahmevolumens des Fertigungsbehälters während des Herstellungsprozesses durchgeführt wird, ist es vorteilhaft, wenn diese Verstellung des Aufnahmevolumens nur in solchen Zeiträumen durchgeführt wird, in denen
15 gerade keine Aushärtung des Rohmaterials zur Erzeugung einer Schicht des Erzeugnisses durchgeführt wird, das heißt wenn beispielsweise gerade keine Bestrahlung mit Licht durchgeführt wird. Beispielsweise kann eine Verstellung des Aufnahmevolumens des Fertigungsbehälters während des Herstellungsprozesses nach vollständiger Erzeugung einer Schicht des Erzeugnisses und vor Beginn der Erzeugung der
20 nächsten Schicht des Erzeugnisses durchgeführt werden.

Mit der erfindungsgemäßen additiven Herstellungseinrichtung können zum Beispiel MRT-Marker gemäß DE 10 2016 117 763 A1 besonders wirtschaftlich erzeugt werden. Dabei wird vorteilhafterweise die Right-Side-Up-Stereolithographie genutzt. Da-
25 bei entstehen Materialeinschlüsse des zu verarbeitenden Rohmaterials, die nicht ausgehärtet werden. Dies ist aber gerade bei der Erzeugung solcher MRT-Marker ein Vorteil, weil dieses noch flüssige Rohmaterial als Referenz bei einer MRT-Untersuchung detektiert und beispielsweise zum Zweck der Ortsbestimmung von ansonsten im MRT unsichtbaren Instrumenten ausgewertet werden kann.

30

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 eine additive Herstellungseinrichtung in einer seitlichen Schnittdarstellung und
- 5 Figur 2 die Herstellungseinrichtung gemäß Figur 1 ohne eine Oberschale des Fertigungsbehälters und
- Figur 3 eine weitere Ausführungsform einer additiven Herstellungseinrichtung zu Beginn des Herstellungsprozesses und
- Figur 4 die Herstellungseinrichtung gemäß Figur 3 in einem späteren Stadium des Herstellungsprozesses und
- 10 Figur 5 eine weitere Ausführungsform einer additiven Herstellungseinrichtung und
- Figur 6 den Ablauf eines Herstellungsverfahrens mit einer Herstellungseinrichtung gemäß einer der Figuren 1 bis 4 und
- 15 Figur 7 den Ablauf des Herstellungsverfahrens mit einer Herstellungseinrichtung gemäß Figur 5 und
- Figuren 8 bis 11 weitere Ausführungsformen eines verstellbaren Bodens und
- Figur 12 eine Detaildarstellung eines verstellbaren Bodens 3 in perspektivischer Ansicht und
- 20 Figur 13 der verstellbare Boden gemäß Figur 12 in einer seitlichen Explosionsansicht und
- Figuren 14 bis 15 eine Ausführungsform eines Fertigungsbehälters mit verstellbarer Seitenwand und
- Figuren 16 bis 17 eine Ausführungsform eines Fertigungsbehälters mit mehreren verstellbaren Seitenwänden und
- 25 Figuren 18 bis 19 eine Ausführungsform eines Fertigungsbehälters nach dem Falteimer-Prinzip,

Die in Figur 1 dargestellte additive Herstellungseinrichtung weist einen Fertigungsbehälter 12 auf, der aus einer Oberschale 1, einer Unterschale 4 und einem innerhalb der Unterschale 4 längsbeweglichen, verstellbaren Boden 3 zusammengesetzt ist. Die Oberschale 1 ist mit der Unterschale 4 in einem Anschlussbereich 9 verbunden. In dem Anschlussbereich 9 können beispielsweise auch Verbindungsanschlüsse für

30

Zuführ- und Ablaufleitungen für die Zuführung und/oder Abführung des Rohmaterials aus einem Vorratsbehälter in den Fertigungsbehälter 12 angeordnet sein. Der Fertigungsbehälter 12 muss nicht unbedingt zweiteilig mit der Oberschale 1 und der Unterschale 4 gebildet sein, je nach Gestaltung kann beispielsweise die Oberschale 1
5 auch entfallen oder die Oberschale 1 und die Unterschale 4 als ein Bauteil einstückig ausgebildet sein.

Der verstellbare Boden 3 ist wie ein Kolben ausgebildet, der in einem Zylinder, gebildet durch die Unterschale 4, in Längsrichtung verfahrbar ist. Der Boden 3 weist am
10 Außenumfang mehrere Dichtringe 10 auf, durch die der Boden 3 gegenüber der Unterschale 4 abgedichtet ist. Die additive Herstellungseinrichtung weist eine Fertigungsbasis 2 auf, auf der das herzustellende dreidimensionale Erzeugnis schichtweise mittels des Stereolithographie-Verfahrens erstellt wird. Die Fertigungsbasis 2 kann fest mit dem Boden 3 verbunden sein. Mit anderen Worten, wenn der Boden 3
15 verstellt wird, folgt die Fertigungsbasis 2 dieser Verstellbewegung.

Der Boden 3 kann grundsätzlich manuell verstellbar sein. Für einen effizienten Stereolithographie-Herstellprozess ist es aber vorteilhafter, wenn der Boden 3 motorisch verstellbar ist, wobei die Verstellung durch eine Steuereinrichtung automatisch ge-
20 steuert werden kann.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist der Boden 3 mit einem Motor 5, zum Beispiel einem Elektromotor, gekoppelt. Der Motor 5 weist eine Welle auf, die mit einer Spindel 7 verbunden ist. Die Spindel 7 kann zum Beispiel ein Außengewinde aufweisen. Die Spindel 7 läuft in einer Mutter 11. Die Mutter 11 ist an einem
25 Basiskörper 8 der Herstellungseinrichtung befestigt. Zur Verbesserung der linearen Führung des Bodens 3 sind am Boden 3 zusätzlich Führungsachsen 6 angebracht, die in Linearlagern des Basiskörpers 8 längsbeweglich gelagert sind. Wird die Spindel 7 durch Drehung des Motors 5 verstellt, dann wird der Boden 3 nach unten oder
30 nach oben verfahren.

In allen beschriebenen Ausführungsbeispielen kann der Fertigungsbehälter 12 zumindest im Bereich der Fertigungsbasis 2, 24, in dem das Erzeugnis im Betrieb der

additiven Herstellungseinrichtung mittels des generativen Fertigungsverfahrens dreidimensional schichtweise erstellt wird, zur umgebenden Atmosphäre hin offen sein, d.h. nicht gasdicht sein. Zumindest das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters 12 muss damit nicht gegenüber der Umgebung gekapselt sein.

5

Die Figur 2 zeigt eine additive Herstellungseinrichtung, wie sie anhand der Figur 1 bereits erläutert wurde, jedoch ohne die Oberschale 1. Die übrigen Elemente sind wie in Figur 1 ausgebildet. Auch mit einer solchen Ausführungsform kann bereits ein Stereolithographie-Verfahren durchgeführt werden.

10

Die Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform einer additiven Herstellungseinrichtung zu Beginn der Durchführung eines RSU-Stereolithographie-Verfahrens. Die Herstellungseinrichtung weist verschiedene Merkmale der bereits anhand der Figuren 1 und 2 beschriebenen Ausführungsform auf, zusätzlich sind einige geänderte und weitere Komponenten vorhanden. Der Fertigungsbehälter 12 weist wiederum eine Oberschale 23 und eine Unterschale 4 auf. In der Unterschale 4 befindet sich der verstellbare Boden 25, der wiederum mit Dichtungen 10 gegenüber der Unterschale 4 abgedichtet ist. An dem Boden 25 ist die Fertigungsbasis 24 befestigt. Der Boden 25 ist über eine Spindel 26 mit einem Motor 5 verbunden. Der Motor ist in diesem Fall nicht 20 ortsfest am Boden 25 angeordnet, wie bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, sondern er ist ortsfest mit dem Basiskörper der Herstellungseinrichtung gekoppelt, der in der Figur 3 zur Vereinfachung nicht dargestellt ist. Zur Verbesserung der Linearführung ist der Boden 25 wiederum über die Führungachsen 6 längsgeführt.

25 Im oberen Bereich des Fertigungsbehälters 12 befindet sich bereits flüssiges Rohmaterial 22, aus dem das herzustellende dreidimensionale Erzeugnis 21 erzeugt werden soll. Erkennbar ist, dass schon ein Teil des Erzeugnisses 21 hergestellt wurde. Das soweit bereits hergestellte Erzeugnis 21 befindet sich dabei mit seiner Oberseite immer kurz unterhalb der Oberfläche des Rohmaterials 22. Die Herstellungseinrichtung 30 weist eine steuerbare Härteeinrichtung 20 auf. Die Härteeinrichtung 20 kann zum Beispiel als Belichtungseinheit ausgebildet sein, wenn als Rohmaterial ein mittels Lichtbestrahlung aushärtendes Rohmaterial verwendet wird. Beispielsweise kann

die Belichtungseinheit einen Laser und/oder ein Galvanometer aufweisen. Auch andere Lichtquellen als Laser sind geeignet, beispielsweise DLP (digital light processing). Durch die Härtungseinrichtung 20 wird jeweils computergesteuert eine Schicht des Erzeugnisses 21 aus dem Rohmaterial 22 ausgehärtet. Erkennbar sind z.B. die
5 gepunktet dargestellten Beleuchtungslinien 18 im Rohmaterial 22. Ist die Erzeugung einer Schicht abgeschlossen, wird über den Motor 5 der Boden 25 um die Dicke der Schicht nach unten verstellt.

Die Herstellungseinrichtung weist außerdem ein Auftragelement 32 auf, zum Beispiel
10 einen Rakel oder einen Wischer. Mittels dieses Auftragelements 32 wird kurz vor der Erzeugung der nächsten Schicht des Erzeugnisses das flüssige Rohmaterial geglättet. Hierfür kann beispielsweise elektromotorisch das Auftragelement 32 einmal über die Oberfläche des Erzeugnisses 21 hin- und hergefahren werden. Sodann wird mittels der Härtungseinrichtung 20 die nächste Schicht des Erzeugnisses 21 durch Aus-
15 härten des Rohmaterials 22 erzeugt.

Wie in der Figur 3 zu erkennen ist, weist die Herstellungseinrichtung zusätzlich einen Rohmaterial-Vorratsbehälter 28 und einen Fördermechanismus 29 auf. Der Fördermechanismus 29, der zum Beispiel als Pumpe ausgebildet sein kann, ist über eine
20 Zuführleitung 30 mit dem Fertigungsbehälter 12 verbunden. Über den Fördermechanismus 29 kann Rohmaterial aus dem Vorratsbehälter 28 durch die Leitung 30 in den Fertigungsbehälter 12 gefördert werden. Zusätzlich ist der Fertigungsbehälter 12 über eine Rückführleitung 31 mit dem Vorratsbehälter 28 verbunden. Über diese Rückführleitung 31 kann überschüssiges Rohmaterial aus dem Fertigungsbehälter
25 12 wieder zurück in den Vorratsbehälter 28 geführt werden.

Die Figur 3 zeigt außerdem, dass die Herstellungseinrichtung eine Auffangeinrichtung 27 aufweisen kann, die zum Beispiel am unteren Ende des Fertigungsbehälters 12 angeordnet ist. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass eventuell doch
30 durch den Boden 25 und die Dichtungen 10 hindurchkommendes Rohmaterial 22 gezielt aufgefangen wird.

Die Figur 4 zeigt die Herstellungseinrichtung gemäß Figur 3 in einem weiter fortgeschrittenen Stadium der Herstellung des Erzeugnisses 21. Wie man erkennt, ist nun der Boden 25 wesentlich weiter nach unten verfahren worden, entsprechend der nun erreichten Bauhöhe des Erzeugnisses 21.

5

Die Figur 5 zeigt eine Ausführungsform einer additiven Herstellungseinrichtung, die bis auf die nachfolgend erläuterten Unterschiede der Ausführungsform der Figuren 3 und 4 entspricht. In der Figur 5 ist die Herstellungseinrichtung ohne im Fertigungsbehälter 12 eingefülltes Rohmaterial dargestellt. Zudem ist das Auftragelement 32 nicht mit dargestellt.

10

Während bei den bisher beschriebenen Ausführungsformen die Fertigungsbasis 2, 24 immer fest mit dem verstellbaren Boden 3, 25 gekoppelt war, zeigt die Figur 5 eine Ausführungsform, bei der die Fertigungsbasis 24 vom Boden 25 entkoppelt ist und separat höhenverstellbar ist. Hierfür ist ein Höhenverstellmechanismus 33, 34 vorhanden, der mit der Fertigungsbasis 24 gekoppelt ist. Der Höhenverstellmechanismus 33, 34 kann grundsätzlich beliebiger Art sein, beispielsweise als Linearverstellmechanismus. Die Figur 5 zeigt eine Ausführungsform mit einer Spindel 33 und einem weiteren Motor 34, durch den die Spindel 33 verstellbar ist. Auf diese Weise wird wiederum ein Linearantrieb zur Linearverstellung der Fertigungsbasis 24 realisiert.

15

20

Die additive Herstellung des dreidimensionalen Erzeugnisses mittels einer Herstellungseinrichtung nach einer der Figuren 1 bis 4 kann zum Beispiel wie in Figur 6 dargestellt durchgeführt werden. In einem Schritt 60 wird zunächst die Anlagenvorbereitung durchgeführt, zum Beispiel Hochfahren des verstellbaren Bodens mit der damit verbundenen Fertigungsbasis, Zuführen einer ausreichenden Menge des Rohmaterials in den Fertigungsbehälter. In einem Schritt 61 kann ein Aufwärmen des Rohmaterials erfolgen, wobei dieser Schritt auch bereits vorab in dem Vorratsbehälter durchgeführt werden kann. In einem Schritt 62 beginnt das eigentliche Stereolithographie-Verfahren, indem mittels der Härtungseinrichtung die erste Schicht des zu erstellenden Erzeugnisses gemäß einer Vorgabedatei erzeugt wird.

25

30

In einem folgenden Schritt 63 erfolgt ein Absenken des verstellbaren Bodens um die Schichtdicke der erzeugten Schicht des Erzeugnisses. Damit wird die Fertigungsbasis ebenfalls um dieses Maß nach unten bewegt. In einem Schritt 64 erfolgt ein Auffüllen des Fertigungsbehälters mit dem Rohmaterial. In einem Schritt 65 erfolgt ein
5 Auftragen einer frischen Schicht des Rohmaterials, zum Beispiel mittels des Auftragelements, auf dem bereits vorhandenen Teil des Erzeugnisses. Sodann erfolgt im Schritt 66 die Erzeugung der nächsten Schicht des Erzeugnisses durch Aushärten des Rohmaterials mittels der Härtungseinrichtung. Wie durch den Pfeil und den Block 69 dargestellt, werden die Schritte 63 bis 66 solange wiederholt, bis das Erzeugnis
10 vollständig mit allen Schichten hergestellt ist.

Dann endet diese Wiederholschleife, das heißt, das Verfahren wird mit dem Schritt 67 fortgesetzt, der das Ende des Herstellungsprozesses beinhaltet. In einem folgenden Schritt 68 können Abschlussmaßnahmen durchgeführt werden, beispielsweise
15 ein Hochfahren des verstellbaren Bodens mit der Fertigungsbasis, bis das hergestellte Erzeugnis freigelegt ist. Zudem kann ein Abfordern des Rohmaterials aus dem Fertigungsbehälter durchgeführt werden.

Die Figur 7 zeigt eine mögliche Vorgehensweise des Herstellverfahrens bei Verwendung der additiven Herstellungseinrichtung gemäß Figur 5, das heißt bei separat höhenverstellbarer Fertigungsbasis und Boden des Fertigungsbehälters. Die ersten
20 Schritte 70 bis 72 entsprechen dabei den ersten Schritten 60 bis 62 des zuvor erläuterten Verfahrens. In einem Schritt 70 wird die Anlagenvorbereitung durchgeführt, zum Beispiel Hochfahren des verstellbaren Bodens mit der damit verbundenen Fertigungsbasis, Zuführen einer ausreichenden Menge des Rohmaterials in den Fertigungsbehälter. In einem Schritt 71 kann ein Aufwärmen des Rohmaterials erfolgen, wobei dieser Schritt auch bereits vorab in dem Vorratsbehälter durchgeführt werden kann. In einem Schritt 72 beginnt das eigentliche Stereolithographie-Verfahren, indem mittels der Härtungseinrichtung die erste Schicht des zu erstellenden Erzeugnisses gemäß einer Vorgabedatei erzeugt wird.
30

Im Schritt 73 erfolgt ein Herunterfahren des verstellbaren Bodens. Da die Fertigungsbasis nicht mit dem verstellbaren Boden gekoppelt ist, muss diese separat abgesenkt

werden. Dies erfolgt im Schritt 74. Dabei muss das Maß, um das der verstellbare Boden und die Fertigungsbasis abgesenkt werden, nicht identisch sein. Selbstverständlich muss das Absenken der Fertigungsbasis um das Maß erfolgen, die der Schichtdicke einer Schicht des zu fertigenden Erzeugnisses entspricht.

5

Im Schritt 75 erfolgt ein Nachfüllen des Rohmaterials in den Fertigungsbehälter (entsprechend Schritt 64). Im Schritt 76 erfolgt das Auftragen einer neuen Schicht des Rohmaterials (entsprechend dem Schritt 65). Im Schritt 77 erfolgt das Erzeugen der nächsten Schicht des Erzeugnisses (entsprechend dem Schritt 66). Wie durch den Block 80 und den Pfeil angedeutet, werden in diesem Fall die Schritte 73 bis 77 so lange wiederholt, bis das Erzeugnis mit sämtlichen Schichten hergestellt ist.

10

Danach erfolgt im Schritt 78 das Ende des Herstellprozesses (entsprechend Schritt 67). Im Schritt 79 können die abschließenden Maßnahmen durchgeführt werden (entsprechend dem Schritt 68).

15

Das Verfahren kann auch dahingehend variiert werden, dass der Schritt 73, der das Absenken des verstellbaren Bodens beinhaltet, nicht innerhalb der sich wiederholenden Schleife durchgeführt wird, sondern davor. Dementsprechend kann ein einmaliges Absenken des Bodens auf das am Ende des Stereolithographie-Verfahrens zu erwartende Maß durchgeführt werden, das heißt entsprechend der gewünschten Höhe des Erzeugnisses. In diesem Fall würde zudem ein entsprechendes Auffüllen des Fertigungsbehälters mit dem Rohmaterial bis auf das gewünschte Niveau vorab erfolgen.

20

25

Die Figur 8 zeigt eine Ausführungsform einer additiven Herstellungseinrichtung, bei der der Fertigungsbehälter 12 einen verstellbaren Boden 3 aufweist, der aus mehreren einzelnen Bodensegmenten 35, 36, 37 zusammengesetzt ist. Diese Bodensegmente 35, 36, 37 sind jeweils separat, das heißt unabhängig voneinander, in vertikaler Richtung verstellbar. Die Bodensegmente 35, 36, 37 können beispielsweise derart ausgebildet sein, dass es ein zentrales Bodensegment 35 gibt, das ringförmig von einem Bodensegment 36 umgeben ist. Das Bodensegment 36 ist wiederum ringförmig von einem Bodensegment 37 umgeben. Die Bodensegmente 35, 36, 37 können im

30

Bereich der Unterschale 4 nach oben oder unten bewegt werden. Es ist wiederum zusätzlich die Oberschale 1 dargestellt, die allerdings ein optionales Bauteil ist. Zur Vereinfachung sind die übrigen Elemente der Herstelleinrichtung, wie bereits erläutert, in der Figur 8 nicht dargestellt.

5

Anhand der Figuren 9 bis 11 werden die Möglichkeiten der Verstellung des Bodens 3 durch die Bodensegmente 35, 36, 37 erläutert. Gemäß Figur 9 ist nur das zentrale Bodensegment 35 um ein gewisses Maß nach unten bewegt worden. Auf diese Weise wird im Innenraum des Bodensegments 36 ein Freiraum geschaffen, der eine
10 vergleichsweise geringe Breite aufweist, verglichen mit der Breite der Unterschale 4. Auf dieser Weise kann ein relativ kleines dreidimensionales Erzeugnis materialsparend mittels eines Stereolithographie-Verfahrens hergestellt werden.

Bei der Figur 10 ist erkennbar, dass das zentrale Bodensegment 35 und das dieses
15 zentrale Bodensegment 35 umgebende Bodensegment 36 nach unten verfahren wurde. Es ist nun ein Freiraum im Innenraum des äußeren Bodensegments 37 geschaffen, in dem ein mittelgroßes dreidimensionales Erzeugnis mittels eines Stereolithographie-Verfahrens materialsparend hergestellt werden kann.

20 Die Figur 11 zeigt schließlich die Ausnutzung der vollen Baubreite der Unterschale 4, indem sämtliche Bodensegmente 35, 36, 37 nach unten verfahren wurden. In diesem Fall kann ein relativ großes dreidimensionales Erzeugnis mittels eines Stereolithographie-Verfahrens hergestellt werden.

25 Bei dieser Ausführungsform der Herstellungseinrichtung kann beispielsweise mit jeweiligen unterschiedlichen Ausführungen der Fertigungsbasis gearbeitet werden, das heißt mit Ausführungsformen, die hinsichtlich ihrer Breite dem jeweils für das Stereolithographie-Verfahren zur Verfügung stehenden Freiraum entsprechen.

30 Die Figur 12 zeigt einen nach Art eines Kolbens ausgebildeten verstellbaren Boden 3 mit Teilen des Verstellmechanismus, wie er beispielsweise bei einer Fertigungseinrichtung gemäß einer der zuvor erläuterten Ausführungsformen zum Einsatz kommen kann. Die Figur 13 zeigt die Anordnung gemäß Figur 12 in Explosionsdarstellung.

Wie man den Figuren 12 und 13 entnehmen kann, ist der verstellbare Boden 3 mehrschichtig aufgebaut, beginnend an der Oberseite mit einer Deckplatte 13, darunter einem Heizelement 14, darunter einem ersten Kolbensegment 3a, darunter einer ersten Dichtung 10, darunter einem zweiten Kolbensegment 3b, darunter einer zweiten Dichtung 10, darunter einem dritten Kolbensegment 3c, darunter einer dritten Dichtung 10 und abschließend darunter einem vierten Kolbensegment 3d. Das Heizelement 14 kann z.B. elektrisch beheizbar sein, um das Rohmaterial auf einer gewünschten Temperatur zu halten. Der zuvor erläuterte mehrschichtige Aufbau des Kolbens 3 ist auf einem Führungsrahmen 15 gelagert und daran befestigt. Der Führungsrahmen 15 ist über den Motor 5 mit einem zweiten Führungsrahmen 16 verbunden. Die Motorwelle des Motors 5 ist über eine Wellenkupplung 17 mit der Gewindespindel 7 verbunden.

Die Figuren 14 und 15 zeigen in schematisierter Weise eine Variante eines Fertigungsbehälters 12, der nach dem Springform-Prinzip, wie es von Backformen her bekannt ist, konstruiert ist. Auf einem Boden 140 befindet sich eine ringförmig gebogene Seitenwand 141, die gegenüber dem Boden 140 abgedichtet ist und auf dem Boden 140 verstellbar ist. Die Seitenwand 141 ist über ein Fixierelement 142 ortsfest mit dem Boden 140 verbunden. Ein außerhalb des von der Seitenwand 141 umschlossenen Aufnahmevolument angeordneter Bereich 144 der Seitenwand kann in einer Richtung 143 bewegt werden. Hierdurch wird der ringförmige Teil der Seitenwand 141 zusammengezogen und verkleinert sein Innenliegendes Aufnahmevolumen, wie die Figur 15 zeigt. Durch entgegengesetzte Bewegung des Bereichs 144 kann das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters 12 wieder vergrößert werden.

Die Figuren 16 und 17 zeigen eine Ausführungsform eines Fertigungsbehälters 12, der rechteckförmig ist und mehrere verstellbare Seitenwände 160, 161, 162, 163 aufweist. Diese Ausführungsform des Fertigungsbehälters ist nach dem Backrahmen-Prinzip konstruiert. Die Seitenwände 160, 161, 162, 163 sind jeweils rechtwinklig zueinander angeordnet und gegeneinander verschiebbar, sodass das innere Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters 12 vergrößert und verkleinert werden kann. Die Figur 16 zeigt die Einstellung auf ein kleines Aufnahmevolumen, die Figur 17 die Einstellung auf ein großes Aufnahmevolumen. Eine Ecke oder eine Seitenwand kann

dabei fixiert sein, d.h. nicht verstellbar sein. Für die Anbringung der Bauplattform kann beispielsweise eine Aufhängung 164 eingesetzt werden, die über eine feststehende Achse 165 gehalten ist.

- 5 Die Figuren 18 und 19 zeigen eine Ausführungsform des Fertigungsbehälters 12 nach dem Falteimer-Prinzip. Der Fertigungsbehälter weist einen Boden 181 und eine obere ringförmige Randkante 182 auf. Die Randkante 182 ist über aus flexiblem Material gebildete Seitenwände oder eine umlaufende Seitenwand 183 mit dem Boden 181 verbunden. In bestimmten vorgegebenen Bereichen 184 kann die Seitenwand
- 10 183 zusammengefaltet werden, sodass die Bauhöhe des Fertigungsbehälters 12 in einer oder mehreren Stufen vergrößert oder verringert werden kann. Die Figur 18 zeigt den zusammengefalteten Fertigungsbehälter 12, d.h. die Einstellung auf eine geringe Bauhöhe und dementsprechend ein geringes Aufnahmevolumen. Die Figur 19 zeigt die Einstellung auf eine große Bauhöhe und dementsprechend ein großes
- 15 Aufnahmevolumen.

1. Additive Herstellungseinrichtung, die zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses (21) aus einem Rohmaterial (22) mittels eines generativen Fertigungsverfahrens eingerichtet ist, wobei die additive Herstellungseinrichtung einen Fertigungsbehälter (12) zur Aufnahme des zu verarbeitenden Rohmaterials (22) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) hinsichtlich seines Aufnahmevolument für das Rohmaterial (22) variabel verstellbar ist.
5
2. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) wenigstens einen vertikal und/oder horizontal verstellbaren Kolben aufweist, durch dessen Verstellung das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters (12) variabel verstellbar ist.
10
3. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die additive Herstellungseinrichtung eine Fertigungsbasis (2, 24) aufweist, auf der das Erzeugnis im Betrieb der additiven Herstellungseinrichtung mittels des generativen Fertigungsverfahrens dreidimensional schichtweise erstellt wird.
15
4. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) zumindest im Bereich der Fertigungsbasis (2, 24), in dem das Erzeugnis im Betrieb der additiven Herstellungseinrichtung mittels des generativen Fertigungsverfahrens dreidimensional schichtweise erstellt wird, zur umgebenden Atmosphäre hin offen ist (nicht gasdicht).
20
5. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) einen verstellbaren Boden (3, 25) aufweist, durch dessen Verstellung das Aufnahmevolumen des Fertigungsbehälters (12) variabel verstellbar ist.
25

6. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Fertigungsbasis (2, 24) mit dem verstellbaren Boden (3, 25) gekoppelt ist und durch Verstellung des verstellbaren Bodens (3, 25) höhenverstellbar ist.
- 5 7. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Fertigungsbasis (2, 24) separat (unabhängig) vom verstellbaren Boden (3, 25) höhenverstellbar ist.
- 10 8. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Fertigungsbasis (2, 24) oberhalb des verstellbaren Bodens (3, 25) angeordnet ist.
- 15 9. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der verstellbare Boden (3, 25) mehrere einzelne Boden-segmente (35, 36, 37) aufweist, die separat voneinander höhenverstellbar sind.
- 20 10. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der verstellbare Boden (3, 25) nach Art eines Kolbens ausgebildet ist, der am Außenumfang wenigstens eine Dichtung (10) aufweist.
- 25 11. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der verstellbare Boden (3, 25) aus mehreren Einzelsegmenten zusammengesetzt ist, zwischen denen jeweils eine Dichtung (10) angeordnet ist.
- 30 12. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die additive Herstellungseinrichtung wenigstens einen Fördermechanismus (29) zum Nach- und/oder Abfordern des Rohmaterials (22) von und/oder in einem Rohmaterial-Vorratsbehälter (28) in den Fertigungsbehälter (12) aufweist. Zusätzlich auch Abführung überschüssigen Materials mittels Überlauf.

13. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die additive Herstellungseinrichtung wenigstens eine Heizeinrichtung zum Beheizen des im Rohmaterial-Vorratsbehälter (28) und / oder im Fertigungsbehälter (12) befindlichen Rohmaterials (22) aufweist.
- 5
14. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) ein oder mehrere verstellbare Seitenwände (141, 160, 161, 162, 163) aufweist, durch deren Verstellung das Aufnahmevermögen des Fertigungsbehälters (12) variabel verstellbar ist.
- 10
15. Additive Herstellungseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die verstellbaren Seitenwände (141, 160, 161, 162, 163) über Dichtungen verfügen, die zu einer darunter befindlichen, unveränderlichen Bodenplatte den Fertigungsbehälter (12) abdichten.
- 15
16. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) nach Art eines Falteimers, nach Art eines verstellbaren Backrahmens, nach Art einer verstellbaren Springform oder nach dem Irisblenden-Bauprinzip ausgebildet ist.
- 20
17. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fertigungsbehälter (12) einen kreisförmigen, einen quadratischen oder einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist.
- 25
18. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die additive Herstellungseinrichtung als Right-Side-Up-Stereolithographie-Herstellungseinrichtung und/oder als Upside-Down-Stereolithographie-Herstellungseinrichtung ausgebildet ist.
- 30

19. Additive Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die additive Herstellungseinrichtung als Pulverdruck- oder Lasersinter-Herstellungseinrichtung ausgebildet ist.
- 5 20. Generatives Fertigungsverfahren zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Erzeugnisses (21) aus einem Rohmaterial (22) mittels einer additiven Herstellungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor, während und/oder nach dem Herstellungsprozess des dreidimensionalen Erzeugnisses (21) das Aufnahmevermögen des Fertigungsbehälters (12) in einem oder mehreren Schritten verstellt wird.
- 10
21. Generatives Fertigungsverfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verstellung des Aufnahmevermögens des Fertigungsbehälters (12) während des Herstellungsprozesses nach vollständiger Erzeugung einer Schicht des Erzeugnisses (21) und vor Beginn der Erzeugung der nächsten Schicht des Erzeugnisses (21) erfolgt.
- 15
22. Generatives Fertigungsverfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass das generative Fertigungsverfahren ein Stereolithographie-Verfahren, ein Pulverdruck-Verfahren oder ein Lasersinter-Verfahren ist.
- 20

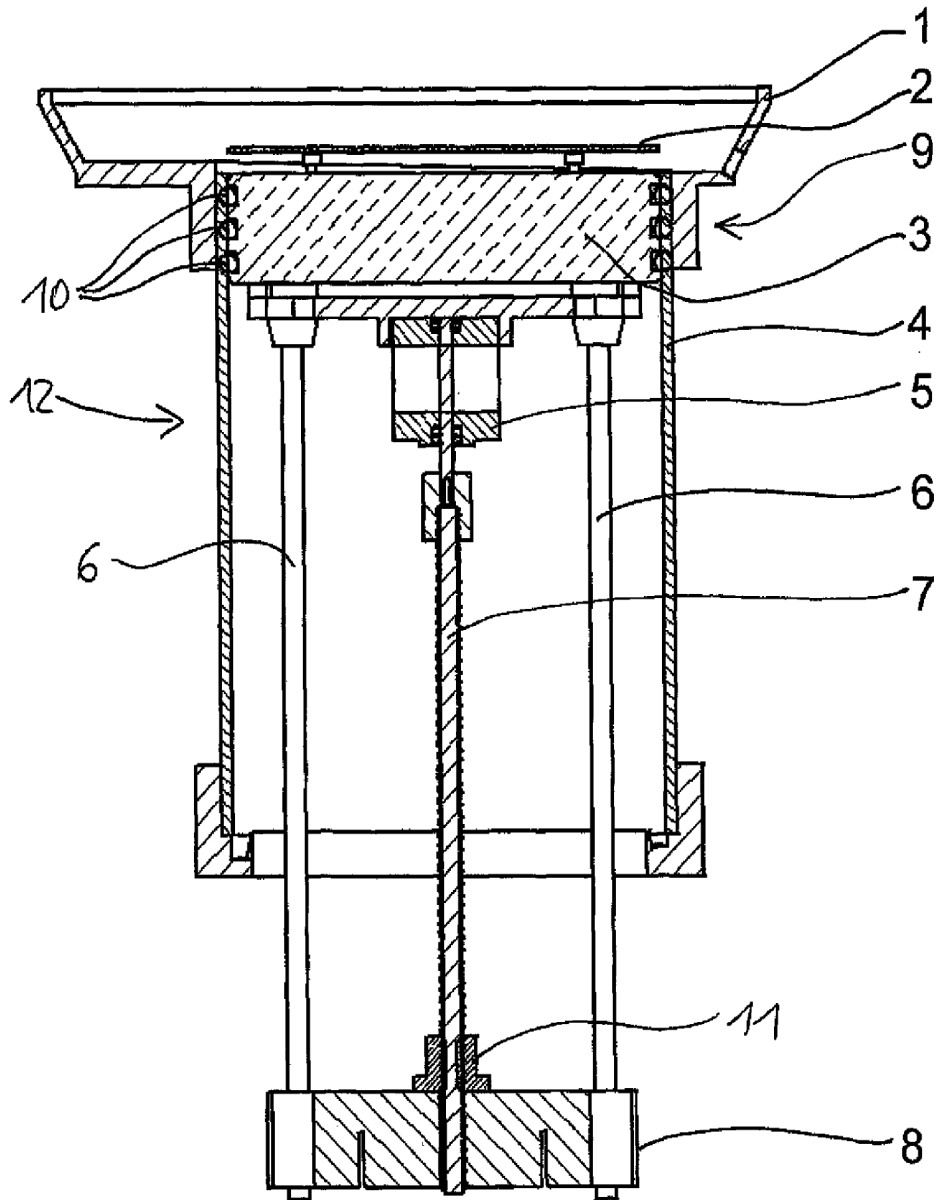


Fig. 1

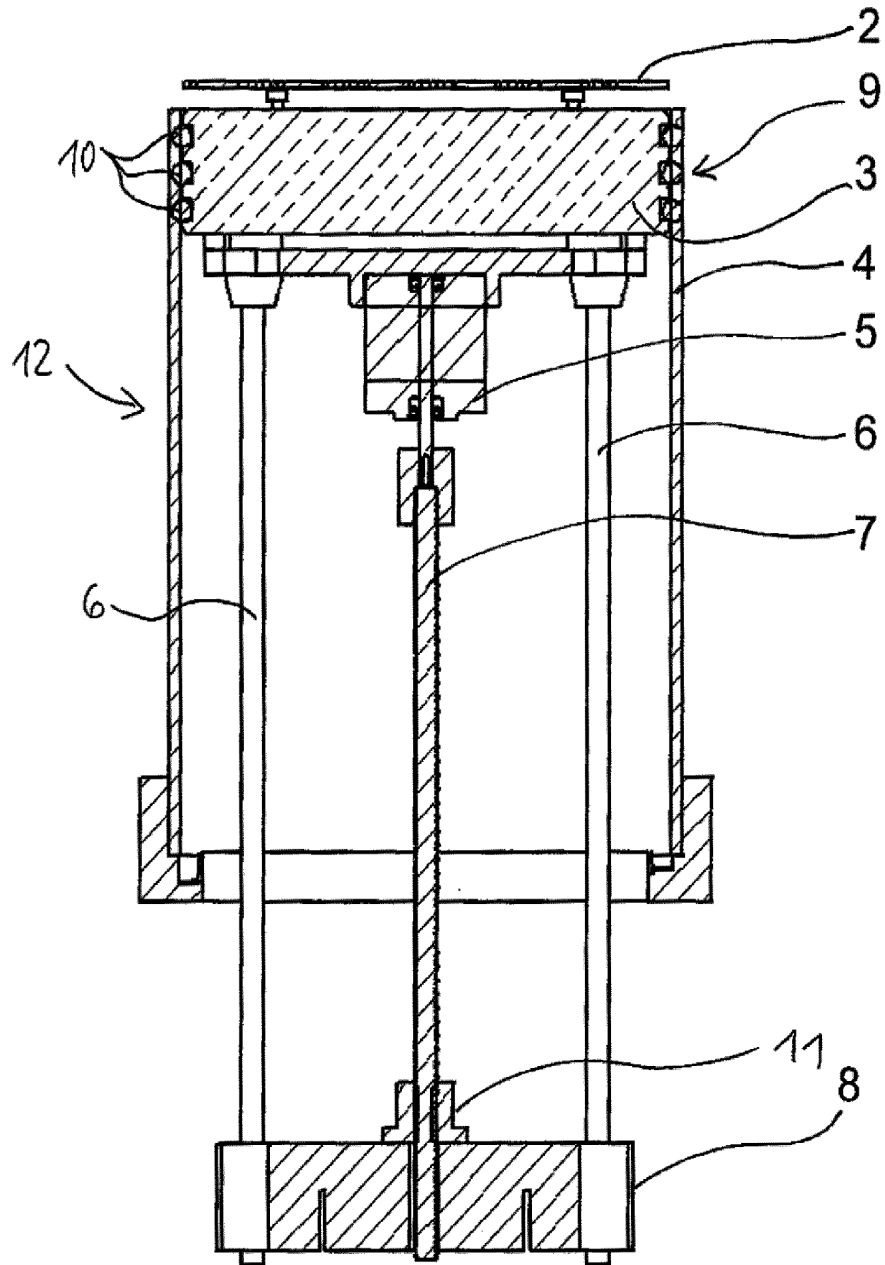


Fig. 2

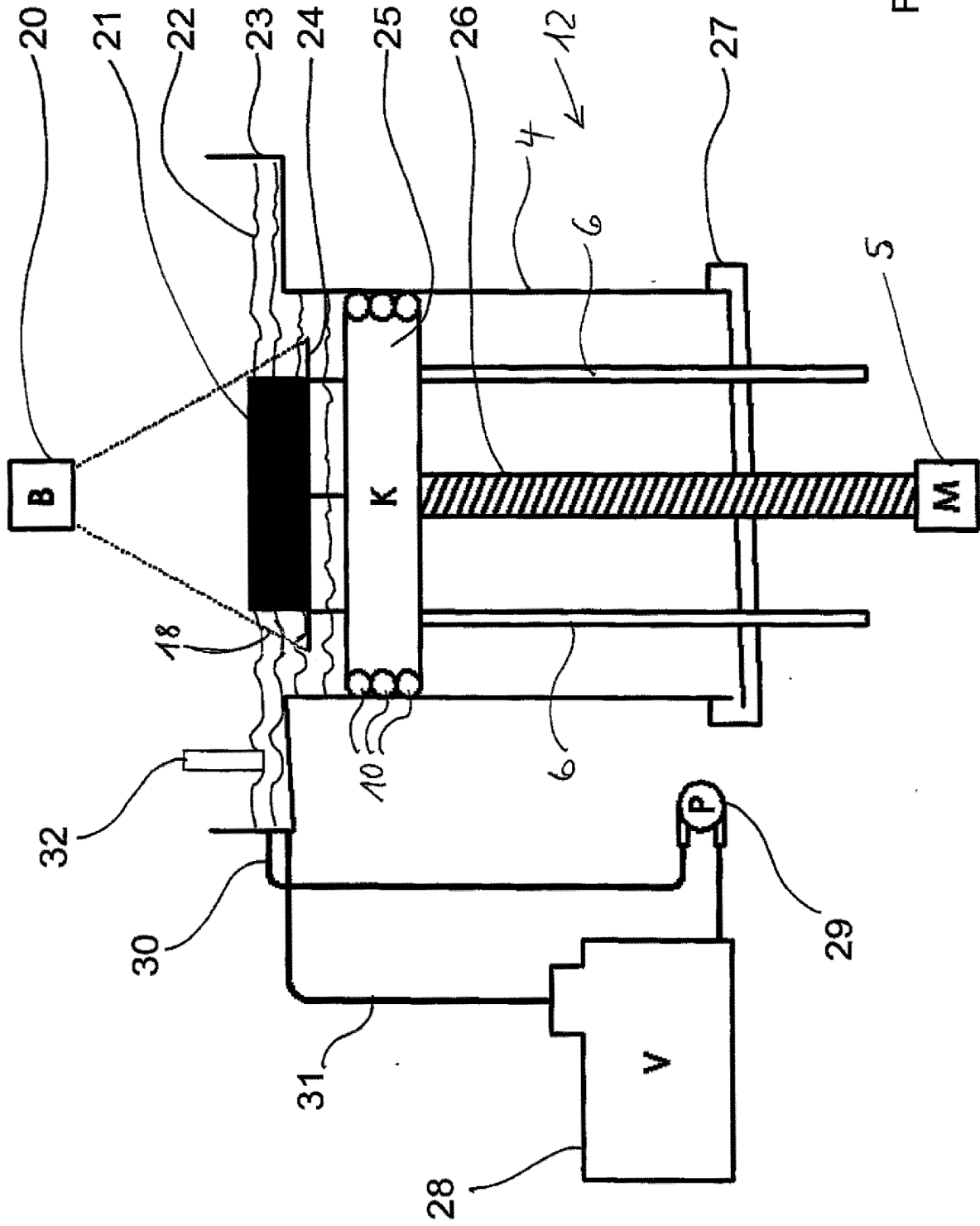


Fig. 3

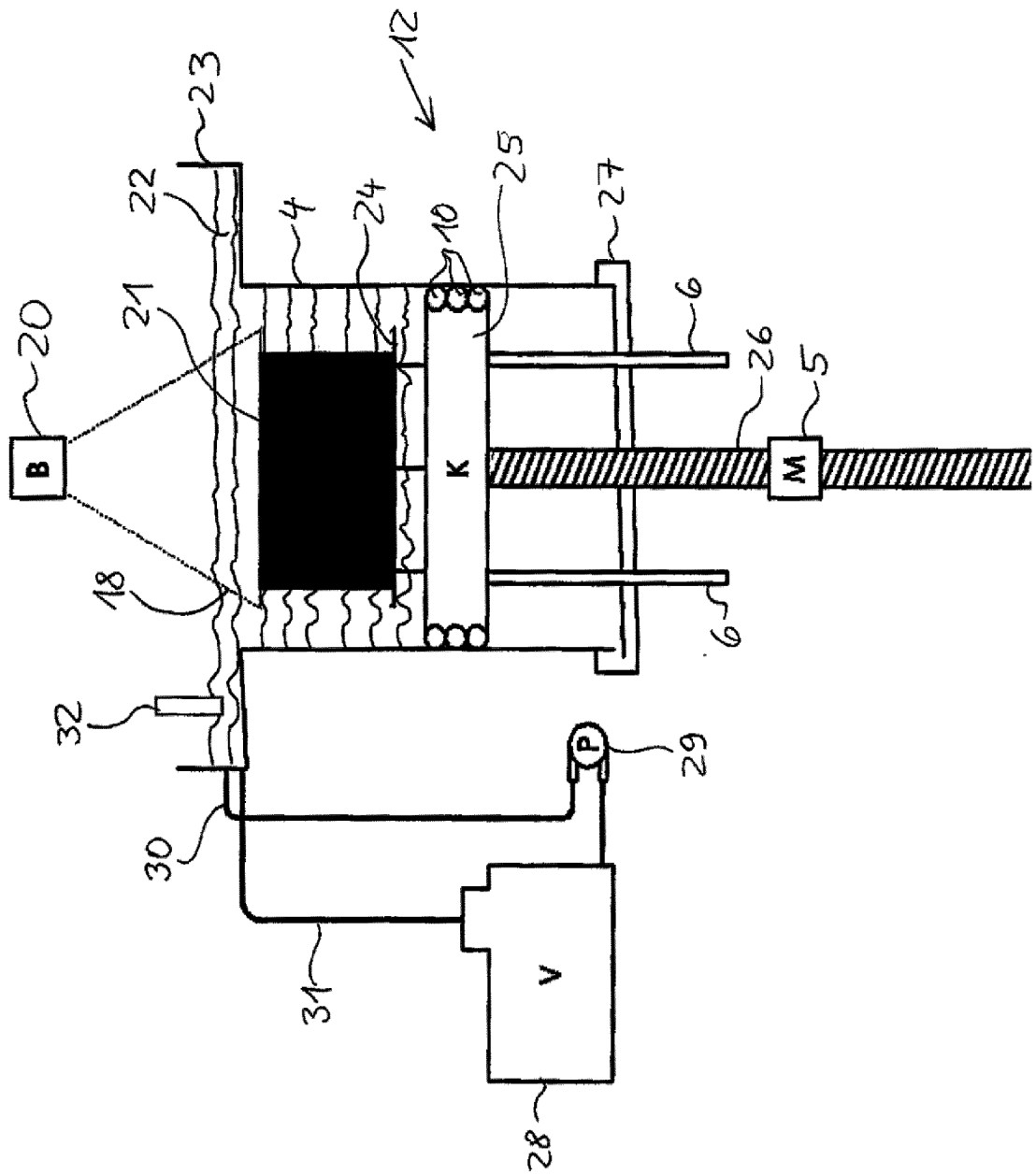


Fig. 4

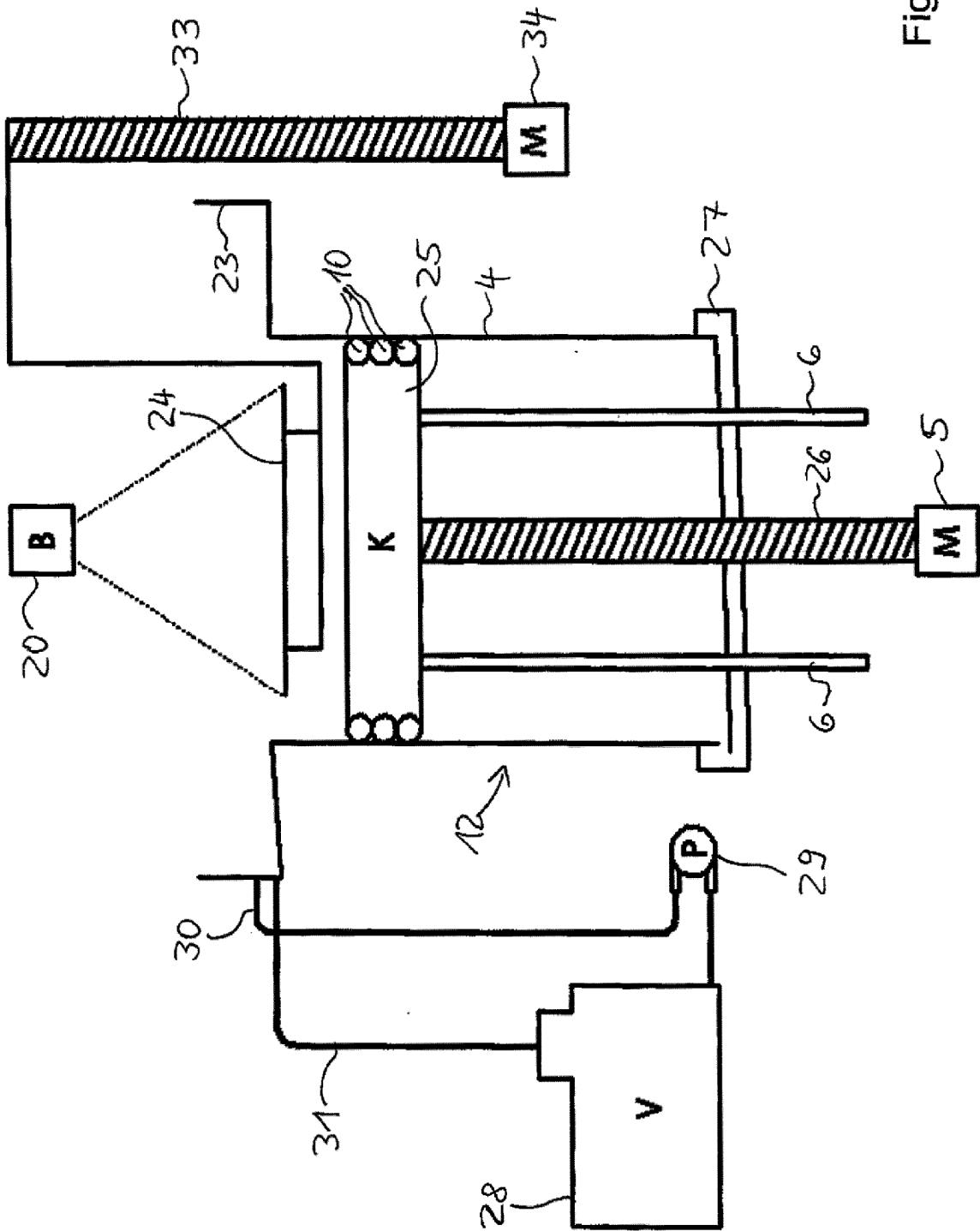


Fig. 5

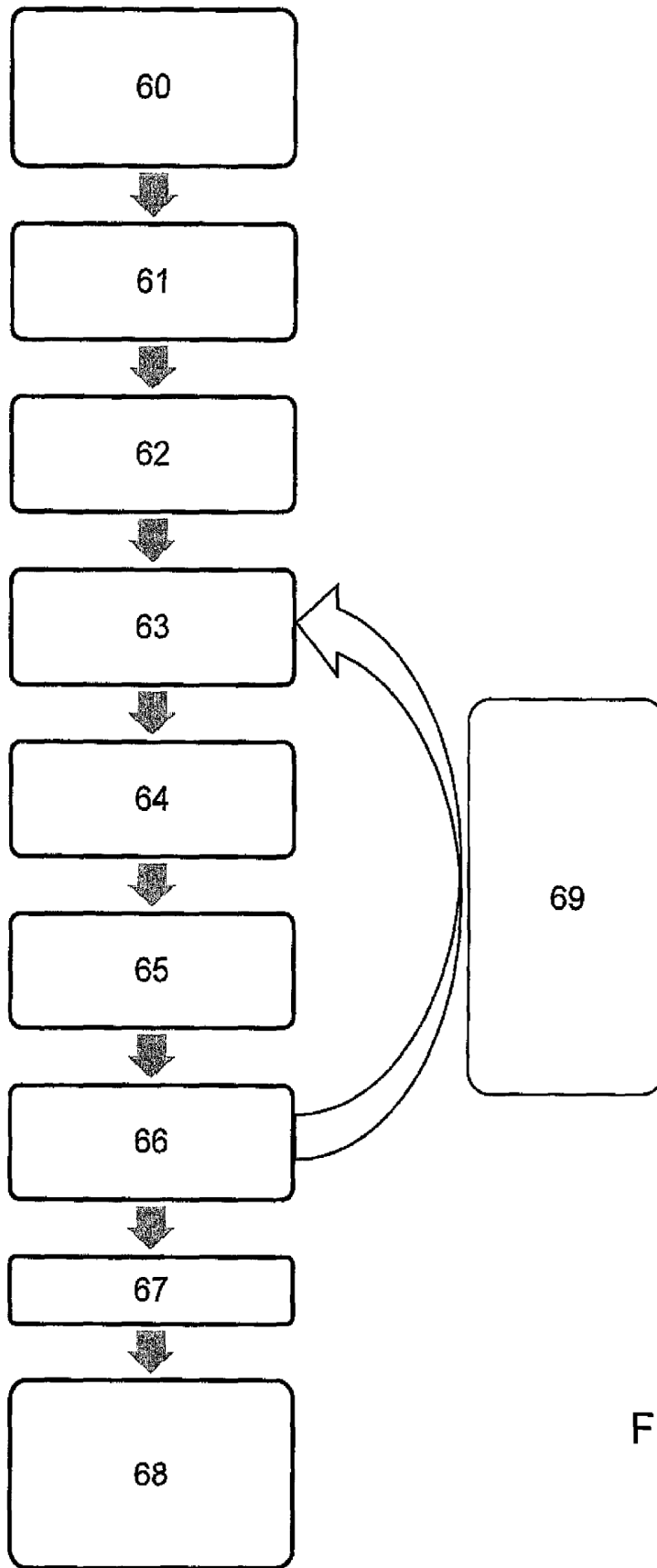


Fig. 6

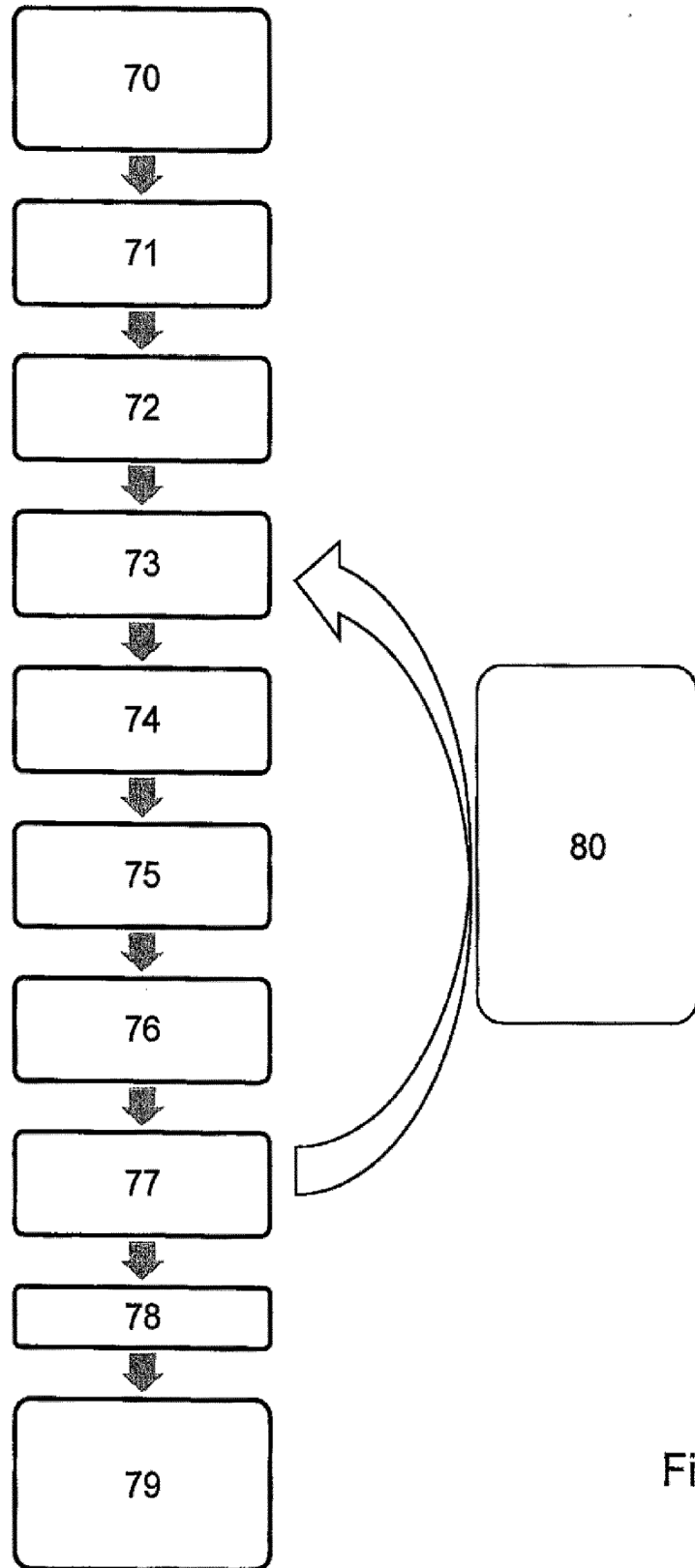


Fig. 7

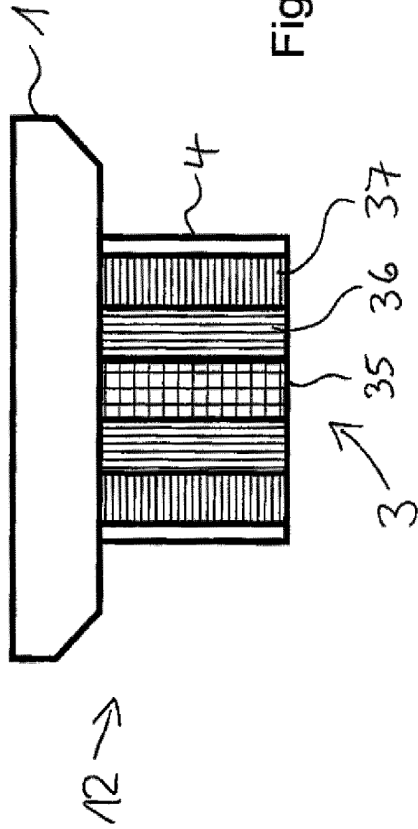


Fig. 8

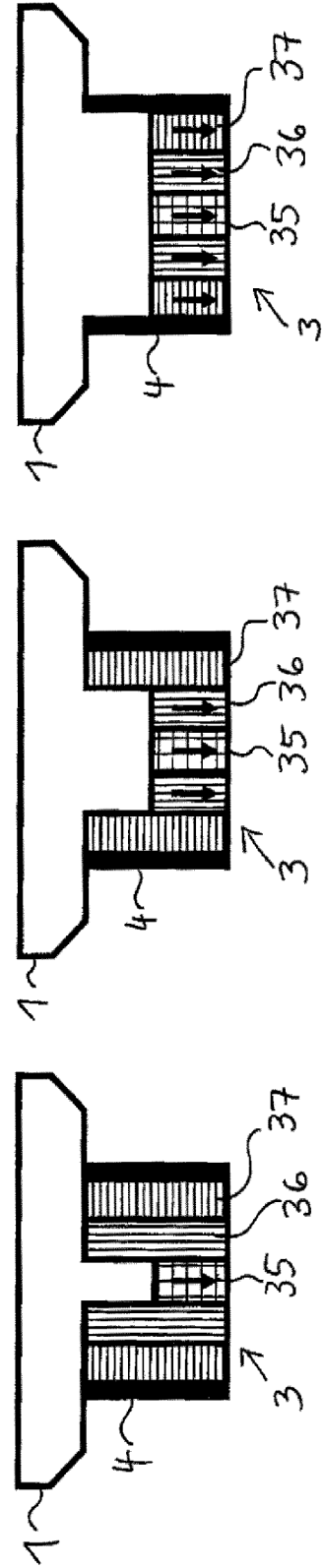


Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

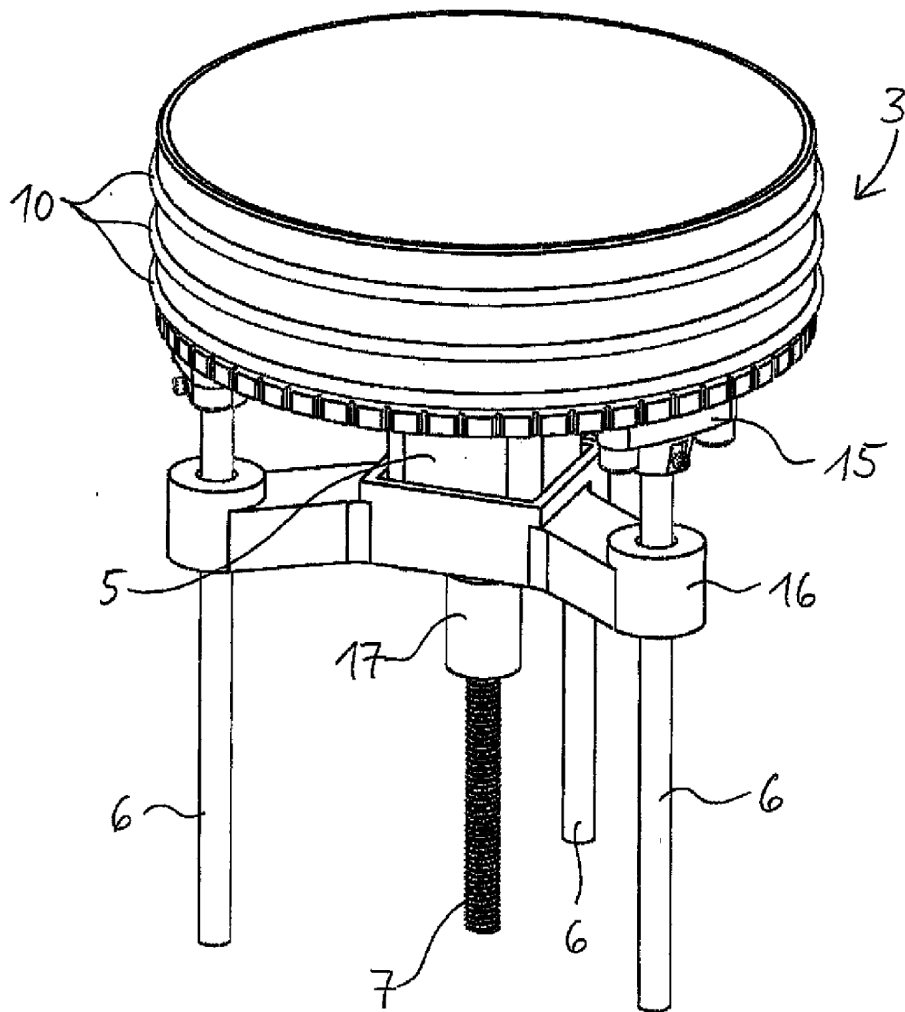


Fig. 12

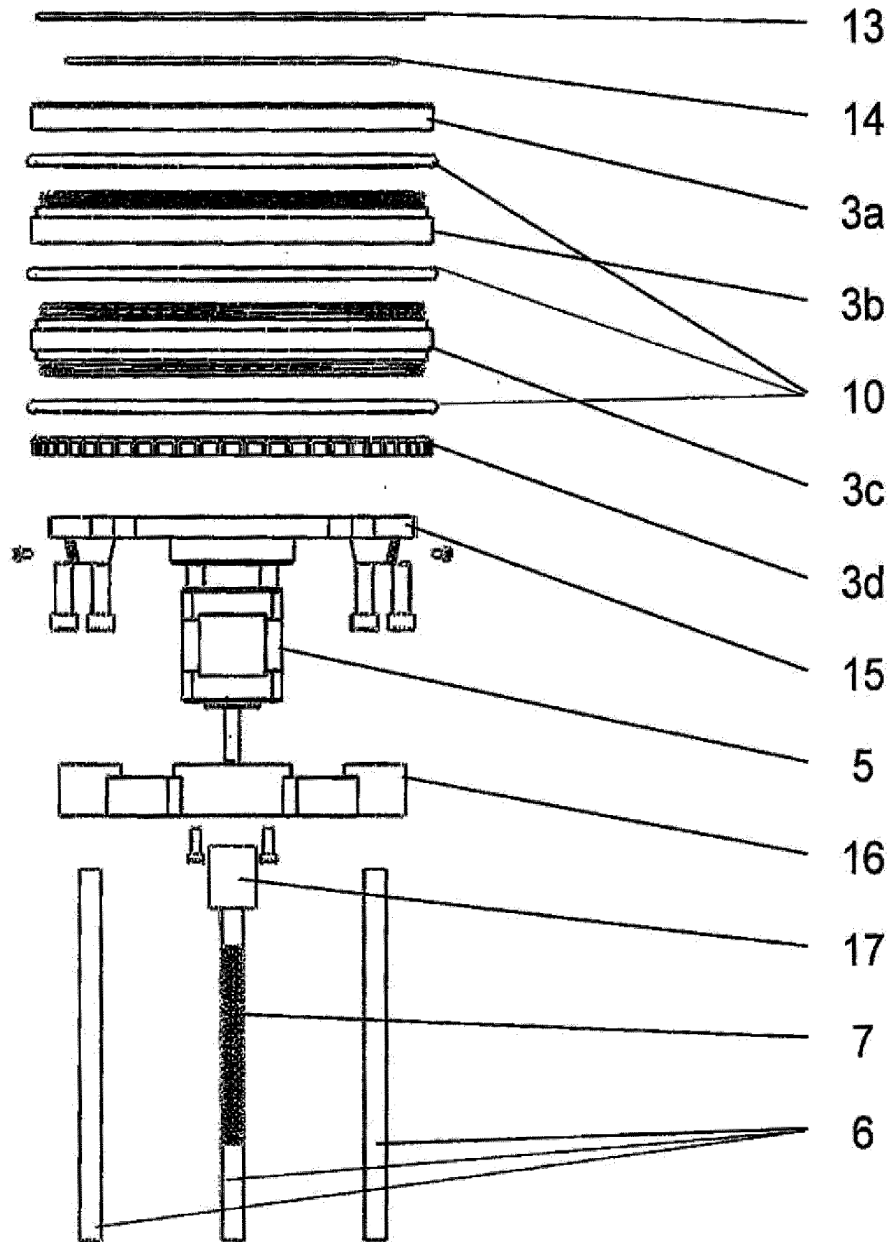


Fig. 13

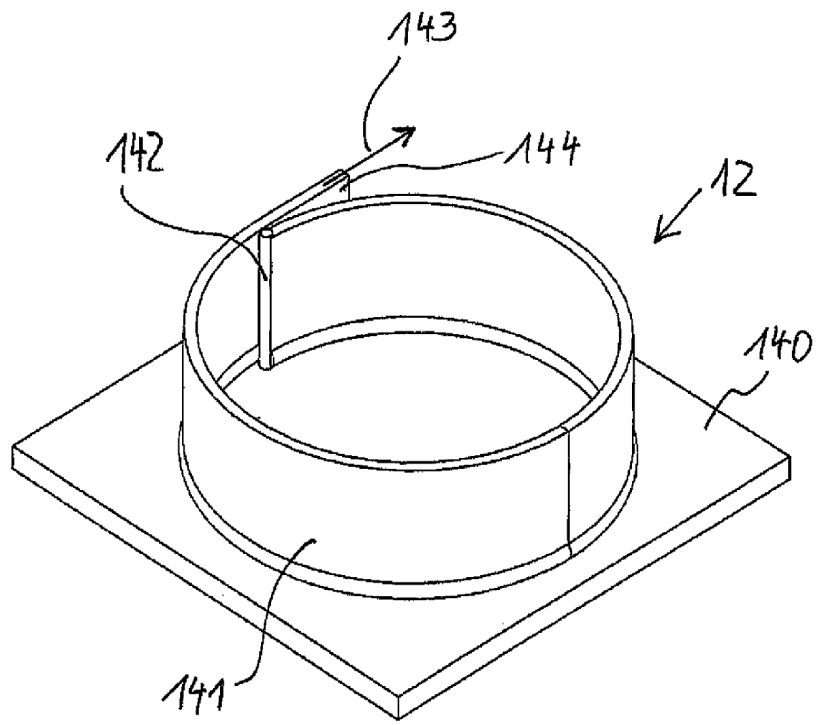


Fig. 14

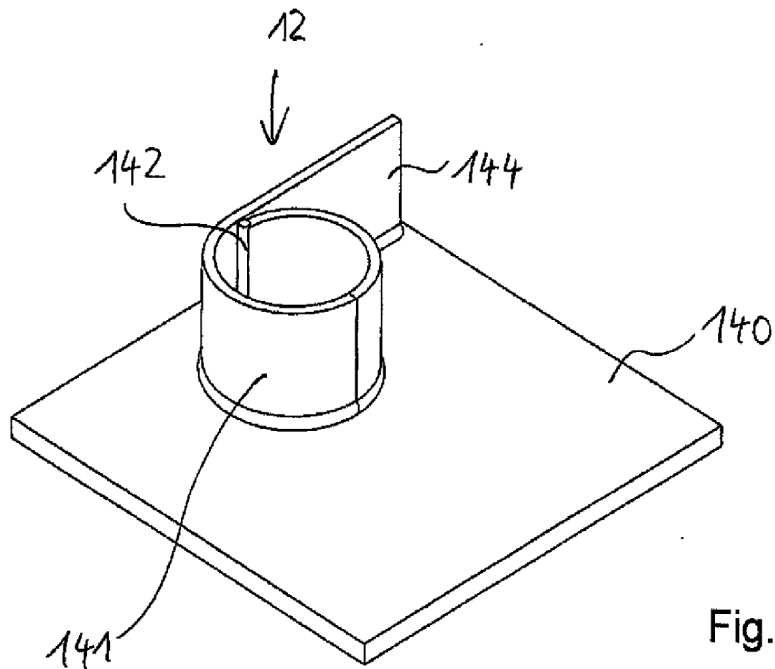


Fig. 15

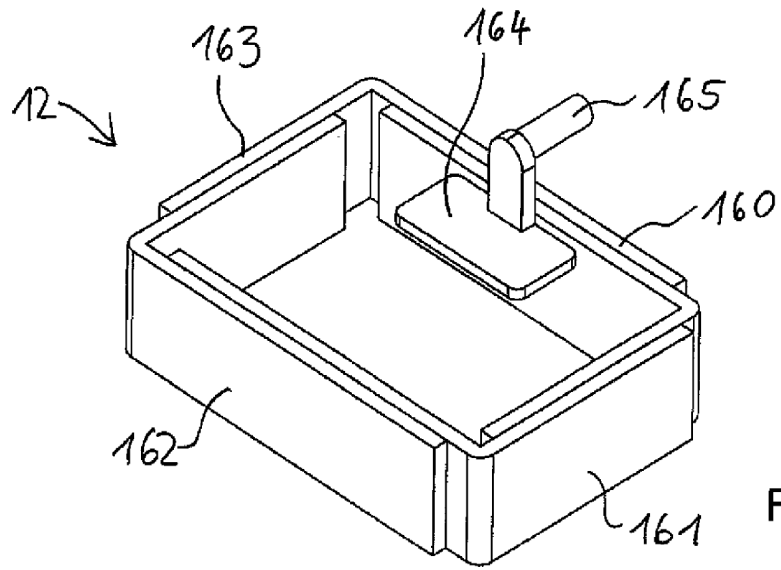


Fig. 16

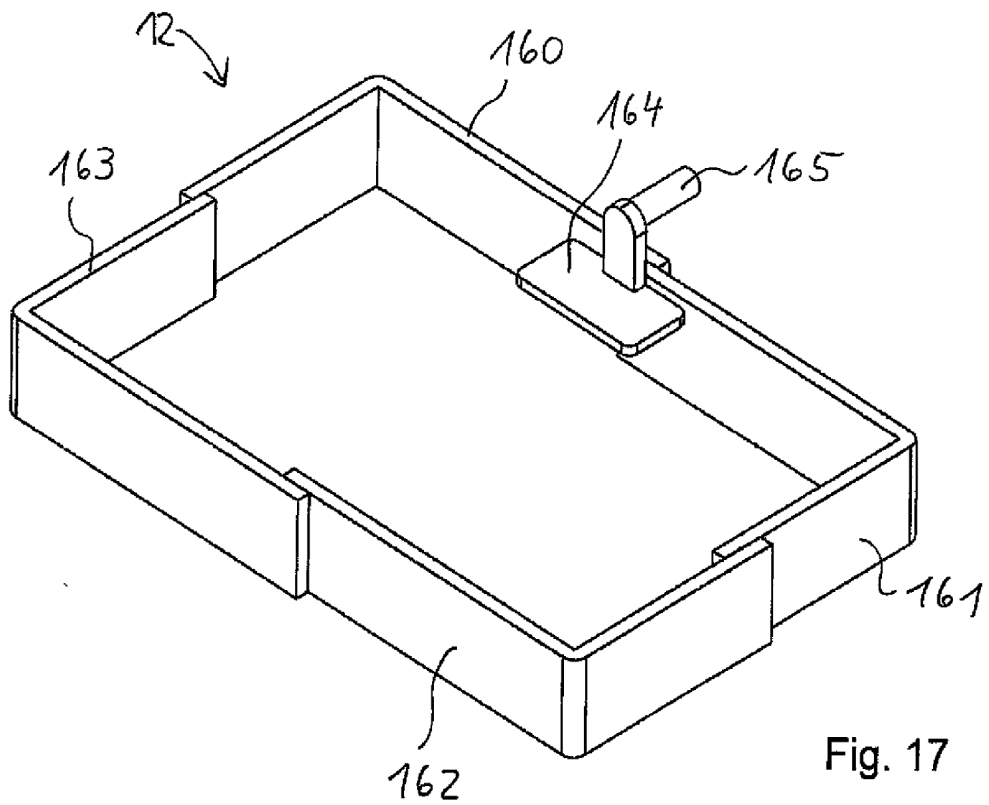


Fig. 17

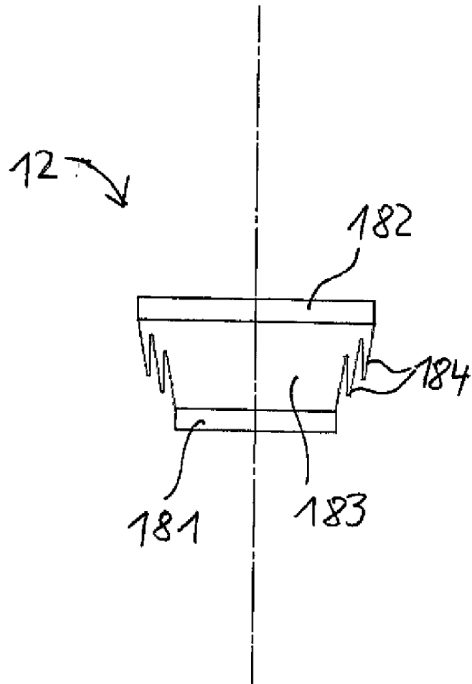


Fig. 18

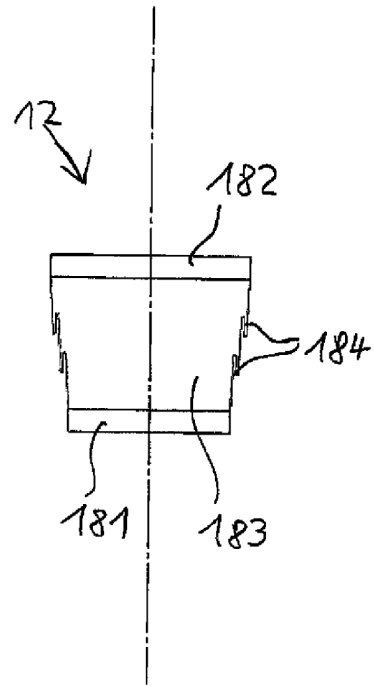


Fig. 19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/053450

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B29C 64/255**(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)

B29C; B33Y; B22F

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	US 2020009790 A1 (HODGSON MATTHEW [US] ET AL) 09 January 2020 (2020-01-09) paragraphs [0002], [0057], [0066], [0077] figures 2-9	1-3,5,7,8,10,12, 13,17,18,20-22
X	US 2017291372 A1 (MILSHTEIN EREL [US] ET AL) 12 October 2017 (2017-10-12) paragraphs [0059], [0101], [0103] paragraphs [0106], [0108], [0110] figure 1	1-6,8,10,12,13,17-22
X	WO 2018194614 A1 (HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US]) 25 October 2018 (2018-10-25) paragraphs [0011], [0018], [0023] figures 1-4	1-13,17-22
X	JP 2016060173 A (ROLAND DG CORP) 25 April 2016 (2016-04-25) paragraphs [0001], [0028] paragraphs [0031] - [0033] paragraph [0090] figures 1-4	1,3,4,12-14,17,18,20,22

 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

15 April 2021

Date of mailing of the international search report

26 April 2021

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

Kreissl, Franz

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/053450

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2019262899 A1 (KARLSSON KRISTOFER [SE]) 29 August 2019 (2019-08-29) paragraphs [0043] - [0045] paragraphs [0050] - [0060] figures 1-6B	1-3,5,6,8,16,17,19-22
<hr/>		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/053450

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2020009790	A1	09 January 2020	NONE			
US	2017291372	A1	12 October 2017	NONE			
WO	2018194614	A1	25 October 2018	CN	110325346	A	11 October 2019
				EP	3612371	A1	26 February 2020
				WO	2018194614	A1	25 October 2018
JP	2016060173	A	25 April 2016	NONE			
US	2019262899	A1	29 August 2019	CN	111770803	A	13 October 2020
				CN	111801185	A	20 October 2020
				EP	3758869	A1	06 January 2021
				EP	3758870	A1	06 January 2021
				US	2019262899	A1	29 August 2019
				US	2019263063	A1	29 August 2019
				US	2021001551	A1	07 January 2021
				WO	2019166379	A1	06 September 2019
WO	2019166381	A1	06 September 2019				

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29C64/255 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) B29C B33Y B22F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2020/009790 A1 (HODGSON MATTHEW [US] ET AL) 9. Januar 2020 (2020-01-09) Absätze [0002], [0057], [0066], [0077] Abbildungen 2-9 -----	1-3,5,7, 8,10,12, 13,17, 18,20-22
X	US 2017/291372 A1 (MILSHTEIN EREL [US] ET AL) 12. Oktober 2017 (2017-10-12) Absätze [0059], [0101], [0103] Absätze [0106], [0108], [0110] Abbildung 1 ----- -/-	1-6,8, 10,12, 13,17-22
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
15. April 2021		26/04/2021
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 Kreissl, Franz

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2018/194614 A1 (HEWLETT PACKARD DEVELOPMENT CO [US]) 25. Oktober 2018 (2018-10-25) Absätze [0011], [0018], [0023] Abbildungen 1-4 -----	1-13, 17-22
X	JP 2016 060173 A (ROLAND DG CORP) 25. April 2016 (2016-04-25) Absätze [0001], [0028] Absätze [0031] - [0033] Absatz [0090] Abbildungen 1-4 -----	1,3,4, 12-14, 17,18, 20,22
X	US 2019/262899 A1 (KARLSSON KRISTOFER [SE]) 29. August 2019 (2019-08-29) Absätze [0043] - [0045] Absätze [0050] - [0060] Abbildungen 1-6B -----	1-3,5,6, 8,16,17, 19-22

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/053450

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2020009790	A1	09-01-2020	KEINE
US 2017291372	A1	12-10-2017	KEINE
WO 2018194614	A1	25-10-2018	CN 110325346 A 11-10-2019 EP 3612371 A1 26-02-2020 WO 2018194614 A1 25-10-2018
JP 2016060173	A	25-04-2016	KEINE
US 2019262899	A1	29-08-2019	CN 111770803 A 13-10-2020 CN 111801185 A 20-10-2020 EP 3758869 A1 06-01-2021 EP 3758870 A1 06-01-2021 US 2019262899 A1 29-08-2019 US 2019263063 A1 29-08-2019 US 2021001551 A1 07-01-2021 WO 2019166379 A1 06-09-2019 WO 2019166381 A1 06-09-2019