

(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  
20. Mai 2021 (20.05.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2021/094355 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

B29C 64/209 (2017.01) B33Y 30/00 (2015.01)  
B29C 64/106 (2017.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/081724

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. November 2020 (11.11.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 217 358.6  
11. November 2019 (11.11.2019) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Post-  
fach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **JAHNLE, Hendrik**; Habichtweg 10, 71397  
Leutenbach (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).

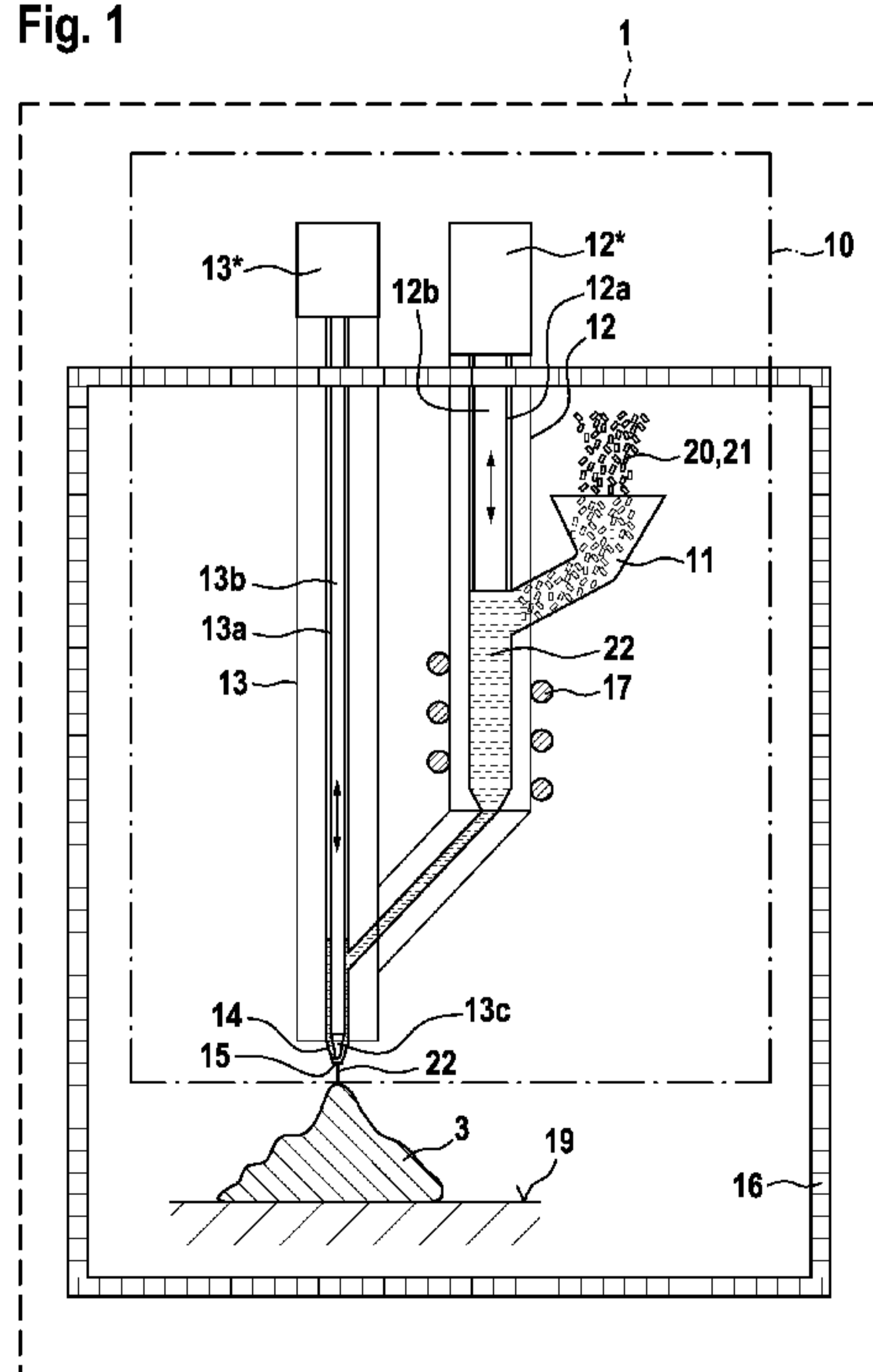
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) Title: PRINT HEAD FOR 3D PRINTER WITH AGILE PRESSURE EXERTION ON THE RAW MATERIAL

(54) Bezeichnung: DRUCKKOPF FÜR 3D-DRUCKER MIT AGILER DRUCKAUSÜBUNG AUF DAS AUSGANGSMATERIAL

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a print head (10) for a 3D printer (1), comprising a feed (11) for a raw material (20) having variable viscosity and a nozzle (14) which tapers in the flow direction of a liquid phase (22) of the raw material (20) in order to output said liquid phase (22) through an outlet opening (15), wherein at least one pressure generator (12) is provided in order to raise the pressure of at least part of the liquid phase (22) to a base pressure, and wherein at least one pressure modulator (13) connected between the pressure generator (12) and the nozzle (14) is provided in order to modulate the pressure of at least part of the liquid phase (22) about the base pressure.

(57) Zusammenfassung: Druckkopf (10) für einen 3D-Drucker (1), mit einer Zuführung (11) für ein in seiner Viskosität veränderliches Ausgangsmaterial (20) sowie einer sich in Fließrichtung einer flüssigen Phase (22) des Ausgangsmaterials (20) verjüngende Düse (14) zur Ausgabe dieser flüssigen Phase (22) durch eine Austrittsöffnung (15), wobei mindestens ein Druckerzeuger (12) vorgesehen ist, um den Druck mindestens eines Teils der flüssigen Phase (22) auf einen Basisdruck anzuheben, und wobei mindestens ein zwischen den Druckerzeuger (12) und die Düse (14) geschalteter Druckmodulator (13) vorgesehen ist, um den Druck mindestens eines Teils der flüssigen Phase (22) um den Basisdruck herum zu modulieren.

WO 2021/094355 A1

## 5 Beschreibung

## Titel:

Druckkopf für 3D-Drucker mit agiler Druckausübung auf das Ausgangsmaterial

10 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Druckkopf für 3D-Drucker zur selektiven lokalen Ausgabe der flüssigen Phase des Ausgangsmaterials.

## Stand der Technik

15 Ein 3D-Drucker für ein in seiner Viskosität veränderliches Material erhält eine feste Phase dieses Materials als Ausgangsmaterial, erzeugt daraus eine flüssige Phase und bringt diese flüssige Phase selektiv an den Stellen, die zu dem zu erzeugenden Objekt gehören, auf. Ein solcher 3D-Drucker umfasst einen Druckkopf, in dem das Ausgangsmaterial druckfertig aufbereitet wird. Weiterhin  
20 sind Mittel zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen dem Druckkopf und der Arbeitsfläche, auf der das Objekt entstehen soll, vorgesehen. Dabei können entweder nur der Druckkopf, nur die Arbeitsfläche oder aber sowohl der Druckkopf als auch die Arbeitsfläche bewegt werden.

25 Der Druckkopf hat einen ersten Betriebszustand, in dem flüssiges Material aus ihm austritt, und einen zweiten Betriebszustand, in dem kein flüssiges Material aus ihm austritt. Der zweite Betriebszustand wird beispielsweise dann eingenommen, wenn eine andere Position auf der Arbeitsfläche angefahren werden und auf dem Weg dorthin kein Material deponiert werden soll. Zwischen  
30 den beiden Betriebszuständen des Druckkopfes kann beispielsweise umgeschaltet werden, indem der Vortrieb des festen Ausgangsmaterials ein- bzw. ausgeschaltet wird.

Die DE 10 2016 222 306 A1 offenbart einen Druckkopf für einen 3D-Drucker, der ein granulartförmiges Ausgangsmaterial entgegennimmt und mit einem Kolben in die Zone fördert, in der das Ausgangsmaterial plastifiziert wird.

5 Offenbarung der Erfindung

10 Im Rahmen der Erfindung wurde ein Druckkopf für einen 3D-Drucker entwickelt. Dieser Druckkopf umfasst eine Zuführung für ein in seiner Viskosität veränderliches Ausgangsmaterial sowie eine sich in Fließrichtung einer flüssigen Phase des Ausgangsmaterials verjüngende Düse zur Ausgabe dieser flüssigen Phase durch eine Austrittsöffnung.

15 Das Ausgangsmaterial kann insbesondere beispielsweise durch eine am Druckkopf angebrachte Heizung in die flüssige Phase überführt werden. Auch wenn diese Phase physikalisch gesehen flüssig ist, ist sie typischerweise immer noch so viskos, dass sie nicht aus eigenem Antrieb durch die Austrittsöffnung der Düse hindurchtritt.

20 Daher ist mindestens ein Druckerzeuger vorgesehen, um den Druck mindestens eines Teils der flüssigen Phase auf einen Basisdruck anzuheben. Zusätzlich ist mindestens ein zwischen den Druckerzeuger und die Düse geschalteter Druckmodulator vorgesehen, um den Druck mindestens eines Teils der flüssigen Phase um den Basisdruck herum zu modellieren.

25 Der Druckerzeuger kann beispielsweise ein festes Betriebsmittels ein, das auf die flüssige Phase des Ausgangsmaterials einwirkt, wie etwa ein Kolben. Der Druckerzeuger kann jedoch auch beispielsweise eine Zuführung für Druckluft oder ein anderes gasförmiges Druckmittel umfassen. Bei einem 3D-Drucker, der das Ausgangsmaterial in Form eines Filaments zuführt, kann auch das noch  
30 feste Ende dieses Filaments nach der Art eines Kolbens auf die flüssige Phase des Ausgangsmaterials einwirken und insoweit ebenfalls als Druckerzeuger dienen.

35 Es wurde erkannt, dass es bei der Fertigung vieler Strukturen darauf ankommt, den Druck des Ausgangsmaterials schnell ändern zu können. Dieser Druck

entscheidet über den Massenstrom, der pro Zeiteinheit durch die Austrittsöffnung der Düse hindurchtritt. Dieser Massenstrom ist stets mit der Geschwindigkeit zu koordinieren, mit der sich der Druckkopf und das herzustellende Objekt relativ zueinander bewegen. Das bedeutet, dass der Druck des Ausgangsmaterials  
5 Änderungen der Geschwindigkeit nachzuführen ist, damit an jeder Stelle des herzustellenden Objekts exakt die vorgesehene Menge an Material aufgetragen wird. Die Geschwindigkeit ändert sich insbesondere an Punkten, an denen die Relativbewegung von Druckkopf und herzustellendem Objekt zueinander ihre Bewegungsrichtung entlang mindestens einer Achse stark ändert oder sogar  
10 umkehrt. Um beispielsweise eine rechteckige Ecke zu drucken, muss die Bewegung entlang des einen Schenkels dieser Ecke bis zum Stillstand abgebremst und dann entlang des anderen Schenkels dieser Ecke wieder beschleunigt werden.

15 Beim Ändern des Drucks gibt es jedoch insbesondere bei Kunststoffen und anderen Polymeren als Ausgangsmaterialien Verzögerungen zwischen der Ansteuerung entsprechender Aktoren, wie beispielsweise eines auf das Ausgangsmaterial drückenden Kolbens, und der tatsächlichen Änderung des Drucks an der Austrittsöffnung der Düse. Ursache hierfür ist, dass die genannten  
20 Materialien in der flüssigen Phase kompressibel sind, so dass für ihre Verarbeitung hohe Kräfte benötigt werden. Weiterhin hat auch die Scherviskosität der flüssigen Phase des Ausgangsmaterials einen Einfluss auf die Kraftübertragung. Dadurch kommt es besonders an besagten Konturknicken, an denen sich die Geschwindigkeit bezüglich mindestens einer räumlichen Achse  
25 stark ändert, zu Abweichungen der aufgetragenen Materialmenge von der geplanten Menge. Diese Abweichung beeinflusst die Qualität und Genauigkeit des hergestellten Objekts.

30 Indem nun der in der Nähe der Austrittsöffnung wirksame Gesamtdruck durch die Kombination aus dem Druckerzeuger und dem Druckmodulator bereitgestellt wird, kann die beschriebene Verzögerung bei der Änderung des Drucks vorteilhaft minimiert werden.

35 Die Scherviskosität ist eine Viskosität, die durch Scherung des Ausgangsmaterials hervorgerufen wird. Beim Durchgang der flüssigen Phase

des Ausgangsmaterials durch eine Düse nimmt die Strömungsgeschwindigkeit stark zu, so dass es zu einer Scherung kommt. Die Scherung trägt Energie in das Ausgangsmaterial ein und erhöht dessen Temperatur, was wiederum die Viskosität beeinflusst. Diese Viskositätsänderung kann durch die Modulation des Drucks zumindest teilweise kompensiert werden.

Beispielsweise kann für den Druckerzeuger ein Aktor verwendet werden, der speziell dafür ausgelegt ist, mit einer mittleren Geschwindigkeit und konstant bewegt zu werden und dabei eine hohe Gesamtkraft auszuüben. Für den Druckmodulator kann hingegen beispielsweise ein Aktor verwendet werden, der speziell auf schnelle dynamische Bewegungen ausgelegt ist und dafür nur eine geringere Gesamtkraft auszuüben vermag. Somit können die Vorteile beider Typen von Aktoren miteinander kombiniert werden.

Weiterhin kann durch eine geeignete konstruktive Auslegung des Druckkopfes das Volumen an flüssigem Ausgangsmaterial, auf das der Druckmodulator wirkt, deutlich kleiner gehalten werden als das Volumen an flüssigem Ausgangsmaterial, auf das der Druckerzeuger wirkt. Es wurde erkannt, dass die Verzögerung zwischen der Druckausübung mit dem Druckerzeuger, bzw. mit dem Druckmodulator, einerseits und der Druckänderung an der Austrittsöffnung der Düse andererseits von der Strecke abhängt, die die in die flüssige Phase des Ausgangsmaterials eingeleitete Kraft innerhalb dieser flüssigen Phase zurücklegen muss. Je kleiner diese Strecke, desto geringer die Verzögerung. Die Strecke ist mit dem Schmelzevolumen zwischen dem Druckmodulator und der Austrittsöffnung gekoppelt. Das Schmelzevolumen lässt sich also durch die Strecke ausdrücken und umgekehrt.

Die Arbeitsteilung zwischen dem Druckerzeuger und dem Druckmodulator sorgt dafür, dass ein für die Zwecke einer schnellen Reaktion vermindertes Volumen, auf das der Druckmodulator wirkt, nicht den insgesamt erzielbaren Materialdurchsatz übermäßig beeinträchtigt. So kann beispielsweise das Volumen, auf das der Druckerzeuger wirkt, zugleich auch dazu vorgesehen sein, eine größere Menge an festem Ausgangsmaterial mit einer Heizung in die flüssige Phase umzuwandeln. Aus diesem Volumen kann sich der Druckmodulator dann immer wieder „bedienen“.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wirkt daher der Druckmodulator auf ein Teilvolumen der flüssigen Phase, das ein Volumen von höchstens  $1 \text{ cm}^3$  hat, und/oder das zwischen der Einleitung der Druckmodulation und der Austrittsöffnung eine Strecke von höchstens 5 cm ausfüllt. Die Strecke ist zwar an das Volumen gekoppelt, wirkt aber im Zusammenspiel mit dem Durchmesser des Bereichs, in dem sich die flüssige Phase des Ausgangsmaterials befindet, eigenständig, beispielsweise über die Scherviskosität.

In dem Begriff „Druckmodulator“ schwingt mit, dass der Druck der flüssigen Phase nicht immer nur über den Basisdruck erhöht werden muss, sondern auch unter den Basisdruck erniedrigt werden kann. Dies bringt zusätzliche Freiheit für die Wahl des Arbeitspunkts des Druckerzeugers. Beispielsweise kann dieser Arbeitspunkt so gewählt werden, dass bei diesem Druck ein mittlerer Mengenstrom an Ausgangsmaterial aus der Austrittsöffnung austritt. Der Druckmodulator kann diesen Mengenstrom dann erhöhen oder auch vermindern. Hierzu kann der Druckmodulator beispielsweise das Volumen, das für das zwischen dem Druckmodulator und der Austrittsöffnung eingeschlossene flüssige Ausgangsmaterial zur Verfügung steht, vergrößern.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist der Druckmodulator dazu ausgebildet, den Druck der flüssigen Phase an der Austrittsöffnung so weit zu verringern, dass der Austritt der flüssigen Phase aus der Austrittsöffnung unterbunden wird. Es ist beim Druckprozess vielfach erforderlich, den Druck an einer bestimmten Stelle zu unterbrechen und nach einer Relativbewegung zwischen dem Druckkopf und dem herzustellenden Objekt wieder fortzusetzen. Den Austritt von Ausgangsmaterial aus der Austrittsöffnung mit dem Druckmodulator zu unterbrechen ist für das Ausgangsmaterial schonender als das Verschließen der Austrittsöffnung mit einem Ventil.

Wird nämlich die Austrittsöffnung mit einem Ventil verschlossen, erhöht dieses Ventil bis zum Erreichen des völlig verschlossenen Zustands die Strömungsgeschwindigkeit der flüssigen Phase. Dadurch wird das Ausgangsmaterial Scherkräften ausgesetzt, die eine große Energiemenge in das Ausgangsmaterial eintragen und es somit erwärmen. Durch diese Erwärmung

kann das Ausgangsmaterial geschädigt werden. Weiterhin können die Scherkräfte das Ausgangsmaterial auch direkt mechanisch schädigen, etwa durch das Aufreißen von Polymerketten. Das durch diese Effekte veränderte Ausgangsmaterial ist geschwächt und hält buchstäblich nicht mehr, was es verspricht. Insbesondere wird die Viskosität vermindert, was die beschriebenen Schädigungseffekte wiederum verstärkt.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der Druckmodulator eine zylindrische Nadel, die in einem zur Düse führenden Modulatorkanal beweglich gelagert ist und eine sich zur Düse hin verjüngende Spitze aufweist. Die Position der Nadel innerhalb des Modulatorkanals entscheidet dann über das Volumen, das dem zwischen der Nadel und der Austrittsöffnung eingeschlossenen flüssigen Ausgangsmaterial zur Verfügung steht, und damit auch über den auf dieses Ausgangsmaterial wirkenden Druck.

Zu diesem Zweck kann die räumliche Anordnung des Druckerzeugers und seiner Verbindung zum Druckmodulator insbesondere so ausgestaltet sein, dass es Positionen der Nadel gibt, in denen die Nadel die Verbindung des Druckmodulators zum Druckerzeuger verschließt und zugleich flüssiges Ausgangsmaterial zwischen ihrer Spitze und der Austrittsöffnung der Düse einschließt. Auf das solchermaßen eingeschlossene Ausgangsmaterial wirkt nur noch eine Druckänderung durch Verschiebung der Nadel, während dieses Ausgangsmaterial zugleich jedem Einfluss durch den Druckerzeuger entzogen ist.

Für die Nadel, oder auch ein beliebiges anderes als Druckmodulator verwendetes Element, kommen verschiedene Antriebsarten in Betracht, die jeweils spezifische Vorteile haben. So hat beispielsweise ein Motor mit Spindeltrieb ein besonders gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Eine Stapelung (Stack) piezoelektrischer Elemente weist eine besonders schnelle Dynamik auf. Ein hydraulischer Zylinder kann eine maximale Kraft ausüben. Der Antrieb kann weiterhin mit beliebigen Mitteln, wie etwa einem Hebel, einem Schieber oder einem Getriebe, übersetzt sein. Hiermit können beispielsweise die Kräfte an der Nadel erhöht werden, oder es kann mit einem trägeren Aktor eine höhere Dynamik der Druckmodulation erzielt werden.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist die Spitze so dimensioniert, dass sie zumindest teilweise in die Düse einführbar ist. Wenn die Spitze auf diese Weise besonders weit in Richtung der Austrittsöffnung vordringt, kann das zwischen Spitze und Austrittsöffnung eingeschlossene Volumen besonders klein sein. Wie zuvor erläutert, wird dadurch die Verzögerung minimiert.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist die Spitze so dimensioniert, dass sie die Austrittsöffnung zumindest teilweise zu passieren vermag. Auf diese Weise kann die Spitze die Austrittsöffnung beispielsweise in Druckpausen verschließen oder beispielsweise auch reinigen, wenn sich dort erstarrtes Ausgangsmaterial und andere Feststoffe abgesetzt haben. Dies erhöht die Effizienz des 3D-Druckers.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung umfasst der Druckerzeuger einen zylindrischen Kolben, der in einem mit der flüssigen Phase füllbaren Hauptkanal beweglich gelagert ist. Dieser Hauptkanal kann dann beispielsweise auch verwendet werden, um festes Ausgangsmaterial in die flüssige Phase aufzuschmelzen. Wenn dieser Hauptkanal beispielsweise beheizt ist, kann in Granulatform zugegebenes festes Ausgangsmaterial durch die Kombination von Wärme aus der Heizung und Druck vom Kolben plastifiziert werden.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung beträgt das Verhältnis des Durchmessers der Nadel außerhalb des Bereichs der Spitze zum Durchmesser des Kolbens 1:3 oder kleiner, bevorzugt 1:4 oder kleiner. Die Kinematik des Kolbens und die Modulation des Drucks in der flüssigen Phase des Ausgangsmaterials lassen sich dann besonders gut aufeinander koordinieren. Bei den typischerweise in 3D-Druckern benötigten Kolbendurchmessern ist die zugehörige Nadel dann auch besonders einfach und kostengünstig in der erforderlichen Festigkeit herstellbar.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung wirken der Druckerzeuger und der Druckmodulator innerhalb einer beheizbaren Aufbaukammer für das

herzustellende Objekt auf die flüssige Phase des Ausgangsmaterials und sind mechanisch an mindestens eine außerhalb der Aufbaukammer angeordnete Antriebsquelle angekoppelt. Die meisten kostengünstigen Antriebsquellen sind für einen Betrieb bei einer Temperatur von maximal 60 °C ausgelegt. Hingegen ist es von Vorteil, wenn das aus der Austrittsöffnung ausgegebene und an das herzustellende Objekt angelagerte flüssige Ausgangsmaterial nicht gleich auf Raumtemperatur abkühlt, sondern erst das hergestellte Objekt insgesamt abgekühlt wird. Dies verbessert die Haftung der gedruckten Schichten des Objekts aufeinander, und damit auch die mechanische Stabilität des Objekts insgesamt. Das Objekt verzieht sich mechanisch weniger und entspricht daher genauer seiner Spezifikation. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Objekt beispielsweise mechanisch mit anderen Bauteilen in eine Passung oder einen sonstigen mechanischen Eingriff zu bringen ist. Typischerweise werden in der Aufbaukammer Temperaturen im Bereich zwischen 60 °C und 100 °C eingestellt.

In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung weist mindestens ein Teil des Bereichs, in dem der Druckerzeuger den Druck des Ausgangsmaterials zu erhöhen vermag, eine Heizung zum Erzeugen einer flüssigen Phase des Ausgangsmaterials auf. Die Antriebsquelle für den Druckmodulator ist thermisch von dieser Heizung isoliert. Hierbei kann beispielsweise der beheizte Bereich des Druckerzeugers thermisch eingekapselt sein. Es kann aber auch beispielsweise die Antriebsquelle für den Druckmodulator thermisch eingekapselt und optional auch gekühlt sein.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren näher dargestellt.

Ausführungsbeispiele

Es zeigt:

Figur 1 Ausführungsbeispiel eines 3D-Druckers 1 mit einer Aufbaukammer 16 für das herzustellende Objekt 3;

Figur 2 Ausführungsbeispiel eines 3D-Druckers 1 mit einer Isolierung 18 zwischen beheiztem Druckerzeuger 12 und Aktor 13\* des Druckmodulators 13

5

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines 3D-Druckers 1 mit dem Druckkopf 10. Der 3D-Drucker 1 hat eine beheizbare Aufbaukammer 16 für das auf einer Aufbaufläche 19 herzustellende Objekt 3. Der Druckkopf 10 umfasst sowohl innerhalb als auch außerhalb der Aufbaukammer 16 angeordnete Komponenten.

10

Der Druckkopf 10 umfasst eine Zuführung 11 für das Ausgangsmaterial 20, das in diesem Ausführungsbeispiel in einer granulatformigen festen Phase 21 zugeführt wird. In einem mit einer Heizung 17 versehenen Druckerzeuger 12 wird die feste Phase 21 des Ausgangsmaterials 20 zu einer flüssigen Phase 22 plastifiziert. Der Druckerzeuger 12 umfasst einen Hauptkanal 12a, in dem ein Kolben 12b geführt ist, sowie eine Antriebsquelle 12\* für den Kolben 12b. Der Hauptkanal 12a und der Kolben 12b sind durch die Isolierung des Aufbauraums 16 hindurch zu der außerhalb des Aufbauraums 16 angeordneten Antriebsquelle 12\* geführt.

20

Der Druckerzeuger 12 hebt den Druck der flüssigen Phase 22 des Ausgangsmaterials 20 auf einen Basisdruck an. Der Druckkopf weist eine Düse 14 mit einer Austrittsöffnung 15 auf, durch die die flüssige Phase 22 aus dem Druckkopf in Richtung auf das herzustellende Objekt 3 auszutreten vermag.

25

Ausgehend von dem Basisdruck wird der Druck der flüssigen Phase 22 durch den zwischen dem Druckerzeuger 12 und die Düse 14 geschalteten Druckmodulator 13 moduliert. Dieser Druckmodulator 13 umfasst einen Modulatorkanal 13a, in dem eine Nadel 13b mit einer sich zur Düse 14 hin verjüngenden Spitze 13c geführt ist. Dabei kann die Nadel 13b insbesondere eine Portion der flüssigen Phase 22 zwischen sich und der Austrittsöffnung 15 einschließen. Wie in Figur 1 angedeutet, kann diese Portion dabei insbesondere einer weiteren Beeinflussung durch den Druck aus dem Druckerzeuger 12 entzogen sein. Der Druckmodulator 13 kann den Druck der besagten Portion also erhöhen, aber auch erniedrigen, um beispielsweise die Ausgabe von flüssigem Ausgangsmaterial 22 temporär zu unterbrechen. Dadurch kann

35

insbesondere beispielsweise vermieden werden, dass bei lateralen  
Verfahrbewegungen zwischen Druckkopf 10 und herzustellendem Objekt 3  
Fäden aus unerwünschterweise aus der Austrittsöffnung 15 austretendem  
flüssigem Ausgangsmaterial 22 gezogen werden.

5

Der Kanal 13a und die Nadel 13b sind durch die Isolierung des Aufbauraums 16  
hindurch zu der außerhalb des Aufbauraums 16 angeordneten Antriebsquelle 13\*  
geführt. Jenseits dieser Isolierung fällt die Temperatur der Nadel 13b schnell ab.  
Sollte also ein Teil der flüssigen Phase 22 des Ausgangsmaterials 20 durch eine  
ungenauere Passung in einen Zwischenraum zwischen der Nadel 13b und dem  
Modulatorkanal 13a eindringen, wird dieses Material sehr schnell so viskos, dass  
es nicht in die Antriebsquelle 13\* eindringen kann.

10

Figur 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines 3D-Druckers 1 mit dem  
Druckkopf 10. Im Unterschied zu Figur 1 gibt es in diesem Ausführungsbeispiel  
keinen thermisch isolierten Aufbauraum 16. Stattdessen befindet sich die  
Aufbauplatte 19 für das herzustellende Objekt 3 auf Raumtemperatur. Analog zu  
Figur 1 ist der mit der flüssigen Phase 22 des Ausgangsmaterials 20 füllbare  
Anteil des Druckerzeugers 12 mit einer Heizung 17 beheizbar. Die Antriebsquelle  
13\* des Druckmodulators 13 wird nun durch eine thermische Isolierung 18 vor  
der von der Heizung 17 abgegebenen Wärme geschützt.

15

20

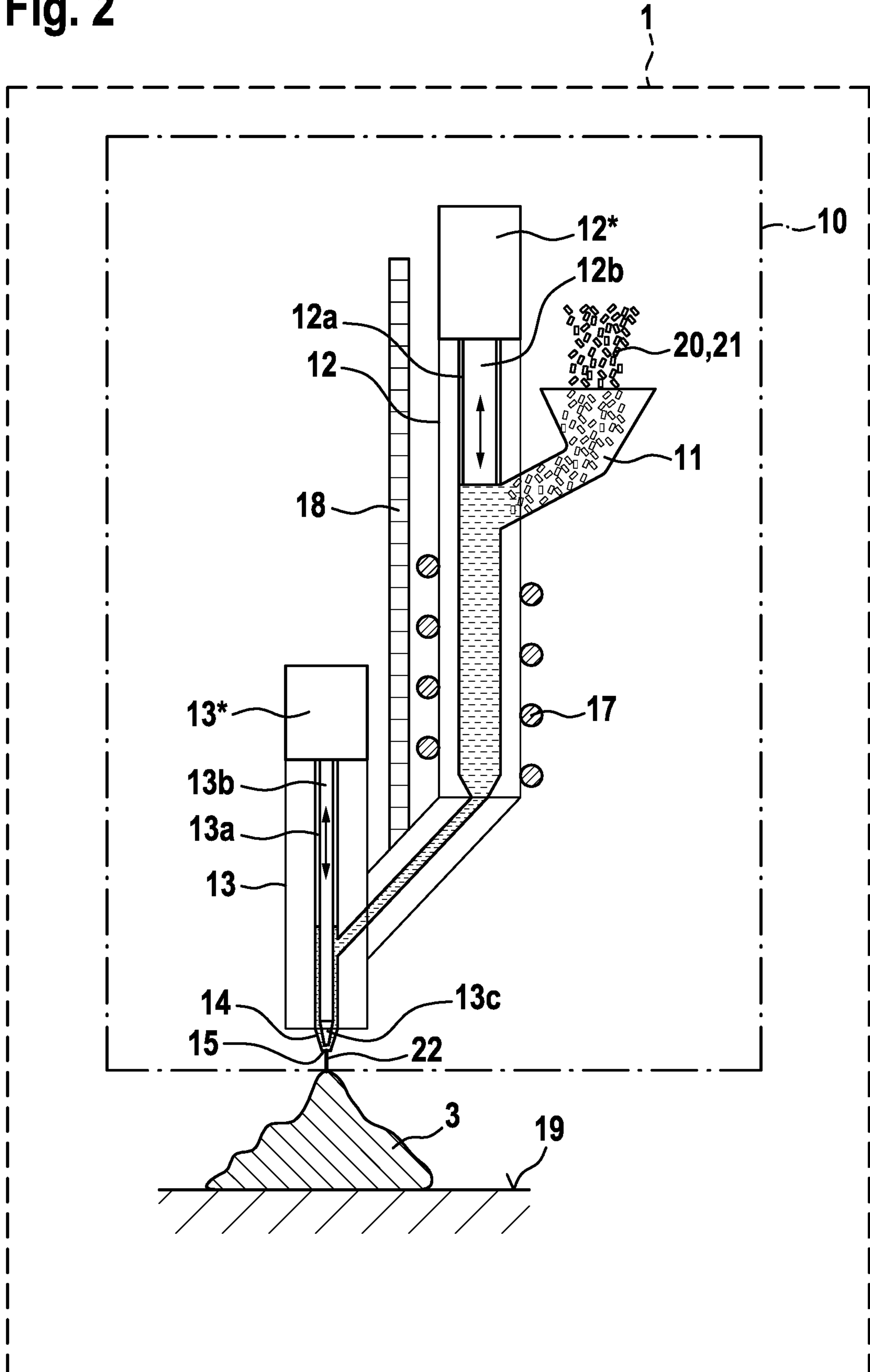
## 5 Ansprüche

1. Druckkopf (10) für einen 3D-Drucker (1), mit einer Zuführung (11) für ein in seiner Viskosität veränderliches Ausgangsmaterial (20) sowie einer sich in Fließrichtung einer flüssigen Phase (22) des Ausgangsmaterials (20) verjüngende Düse (14) zur Ausgabe dieser flüssigen Phase (22) durch eine Austrittsöffnung (15), wobei mindestens ein Druckerzeuger (12) vorgesehen ist, um den Druck mindestens eines Teils der flüssigen Phase (22) auf einen Basisdruck anzuheben, und wobei mindestens ein zwischen den Druckerzeuger (12) und die Düse (14) geschalteter Druckmodulator (13) vorgesehen ist, um den Druck mindestens eines Teils der flüssigen Phase (22) um den Basisdruck herum zu modulieren.
2. Druckkopf (10) nach Anspruch 1, wobei der Druckmodulator (13) auf ein Teilvolumen der flüssigen Phase (22) wirkt, das ein Volumen von höchstens 1 cm<sup>3</sup> hat, und/oder das zwischen der Einleitung der Druckmodulation und der Austrittsöffnung (15) eine Strecke von höchstens 5 cm ausfüllt.
3. Druckkopf (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei der Druckmodulator eine zylindrische Nadel (13b) umfasst, die in einem zur Düse (14) führenden Modulatorkanal (13a) beweglich gelagert ist und eine sich zur Düse (14) hin verjüngende Spitze (13c) aufweist.
4. Druckkopf (10) nach Anspruch 3, wobei die Spitze (13c) so dimensioniert ist, dass sie zumindest teilweise in die Düse (14) einführbar ist.
5. Druckkopf (10) nach Anspruch 4, wobei die Spitze (13c) so dimensioniert ist, dass sie die Austrittsöffnung (15) zumindest teilweise zu passieren vermag.

6. Druckkopf (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Druckerzeuger (12) einen zylindrischen Kolben (12b) umfasst, der in einem mit der flüssigen Phase (22) füllbaren Hauptkanal (12a) beweglich gelagert ist.
- 5 7. Druckkopf (10) nach Anspruch 3 und 6 sowie optional einem der Ansprüche 4 bis 5, wobei das Verhältnis des Durchmessers der Nadel (13b) außerhalb des Bereichs der Spitze (13c) zum Durchmesser des Kolbens (12b) 1:3 oder kleiner, bevorzugt 1:4 oder kleiner, beträgt.
- 10 8. Druckkopf (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Druckerzeuger (12) und der Druckmodulator (13) innerhalb einer beheizbaren Aufbaukammer (16) des 3D-Druckers (1) für das herzustellende Objekt (3) auf die flüssige Phase (22) wirken und mechanisch an mindestens eine außerhalb der Aufbaukammer (16) angeordnete Antriebsquelle (12\*, 13\*) gekoppelt sind.
- 15 9. Druckkopf (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei mindestens ein Teil des Bereichs, in dem der Druckerzeuger (12) den Druck des Ausgangsmaterials (20) zu erhöhen vermag, eine Heizung (17) zum Erzeugen einer flüssigen Phase (22) des Ausgangsmaterials (20) aufweist und die
- 20 Antriebsquelle (13\*) für den Druckmodulator (13) thermisch von dieser Heizung (17) isoliert ist (18).
- 25 10. Druckkopf (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Druckmodulator (13) dazu ausgebildet ist, den Druck der flüssigen Phase (22) an der Austrittsöffnung (15) so weit zu verringern, dass der Austritt der flüssigen Phase (22) aus der Austrittsöffnung (15) unterbunden wird.



Fig. 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2020/081724**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B29C 64/209</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/106</i> (2017.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B29C; B33Y		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102016222525 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17 May 2018 (2018-05-17) paragraph [0003] - paragraph [0004] paragraph [0012] - paragraph [0014] figure 1 paragraph [0023]	1-10
X	DE 102015218375 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30 March 2017 (2017-03-30) paragraph [0010] paragraph [0019] paragraph [0031] figure 1 paragraph [0022]	1-7
A	EP 3326790 A1 (JSR CORP [JP]) 30 May 2018 (2018-05-30) paragraph [0072] paragraph [0003] paragraph [0032] - paragraph [0033] figure 1	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>15 February 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>23 February 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Utrata, Wendelin</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2020/081724**

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 10201503 B1 (LI XIAOLING [US] ET AL) 12 February 2019 (2019-02-12) figure 5A column 17, line 48 - column 18, line 26	1-10
A	TAIK-MIN LEE ET AL. "Drop-on-Demand Solder Droplet Jetting System for Fabricating Microstructure" <i>IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS PACKAGING MANUFACTURING, IEEE, PISCATAWAY, NY, US</i> , Vol. 31, No. 3, 01 July 2008 (2008-07-01), pages 202-210 DOI: 10.1109/TEPM.2008.926285 ISSN: 1521-334X, XP011229699 figure 1	1-10
A	DE 102016222315 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17 May 2018 (2018-05-17) figure 2 paragraph [0004] - paragraph [0007]	1-10

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

International application No.

**PCT/EP2020/081724**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102016222525	A1	17 May 2018	NONE	
DE	102015218375	A1	30 March 2017	DE 102015218375 A1	30 March 2017
				WO 2017050592 A1	30 March 2017
EP	3326790	A1	30 May 2018	EP 3326790 A1	30 May 2018
				JP WO2017038984 A1	12 July 2018
				US 2019022934 A1	24 January 2019
				WO 2017038984 A1	09 March 2017
US	10201503	B1	12 February 2019	AU 2019206921 A1	23 July 2020
				CA 3088046 A1	18 July 2019
				CN 108582765 A	28 September 2018
				CN 111587175 A	25 August 2020
				CN 209320300 U	30 August 2019
				EP 3737550 A1	18 November 2020
				KR 20200103095 A	01 September 2020
				SG 11202006243Y A	29 July 2020
				US 10201503 B1	12 February 2019
				US 2019209482 A1	11 July 2019
				US 2020338009 A1	29 October 2020
				WO 2019137333 A1	18 July 2019
DE	102016222315	A1	17 May 2018	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29C64/209 B29C64/106 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		
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	DE 10 2016 222525 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. Mai 2018 (2018-05-17) Absatz [0003] - Absatz [0004] Absatz [0012] - Absatz [0014] Abbildung 1 Absatz [0023]	1-10
X	DE 10 2015 218375 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30. März 2017 (2017-03-30) Absatz [0010] Absatz [0019] Absatz [0031] Abbildung 1 Absatz [0022]	1-7
<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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
15. Februar 2021		23/02/2021
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  Utrata, Wendelin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 326 790 A1 (JSR CORP [JP]) 30. Mai 2018 (2018-05-30) Absatz [0072] Absatz [0003] Absatz [0032] - Absatz [0033] Abbildung 1 -----	1-10
A	US 10 201 503 B1 (LI XIAOLING [US] ET AL) 12. Februar 2019 (2019-02-12) Abbildung 5A Spalte 17, Zeile 48 - Spalte 18, Zeile 26 -----	1-10
A	TAIK-MIN LEE ET AL: "Drop-on-Demand Solder Droplet Jetting System for Fabricating Microstructure", IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRONICS PACKAGING MANUFACTURING, IEEE, PISCATAWAY, NY, US, Bd. 31, Nr. 3, 1. Juli 2008 (2008-07-01), Seiten 202-210, XP011229699, ISSN: 1521-334X, DOI: 10.1109/TEPM.2008.926285 Abbildung 1 -----	1-10
A	DE 10 2016 222315 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. Mai 2018 (2018-05-17) Abbildung 2 Absatz [0004] - Absatz [0007] -----	1-10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/081724

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102016222525 A1	17-05-2018	KEINE	
-----			
DE 102015218375 A1	30-03-2017	DE 102015218375 A1	30-03-2017
		WO 2017050592 A1	30-03-2017
-----			
EP 3326790 A1	30-05-2018	EP 3326790 A1	30-05-2018
		JP W02017038984 A1	12-07-2018
		US 2019022934 A1	24-01-2019
		WO 2017038984 A1	09-03-2017
-----			
US 10201503 B1	12-02-2019	AU 2019206921 A1	23-07-2020
		CA 3088046 A1	18-07-2019
		CN 108582765 A	28-09-2018
		CN 111587175 A	25-08-2020
		CN 209320300 U	30-08-2019
		EP 3737550 A1	18-11-2020
		KR 20200103095 A	01-09-2020
		SG 11202006243Y A	29-07-2020
		US 10201503 B1	12-02-2019
		US 2019209482 A1	11-07-2019
		US 2020338009 A1	29-10-2020
		WO 2019137333 A1	18-07-2019
-----			
DE 102016222315 A1	17-05-2018	KEINE	
-----			