



(10) **DE 10 2017 124 352 A1** 2019.04.18

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 124 352.6**

(22) Anmeldetag: **18.10.2017**

(43) Offenlegungstag: **18.04.2019**

(51) Int Cl.: **B29C 64/209 (2017.01)**

B29C 64/165 (2017.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

B29C 48/30 (2019.01)

B29C 48/285 (2019.01)

(71) Anmelder:

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE**

(74) Vertreter:

**Gramm, Lins & Partner Patent- und
Rechtsanwälte PartGmbB, 30173 Hannover, DE**

(72) Erfinder:

**Riemenschneider, Johannes, Dr., 38108
Braunschweig, DE; Kletz, Björn Timo, Dr.,
38106 Braunschweig, DE; Kalow, Steffen, 38118
Braunschweig, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

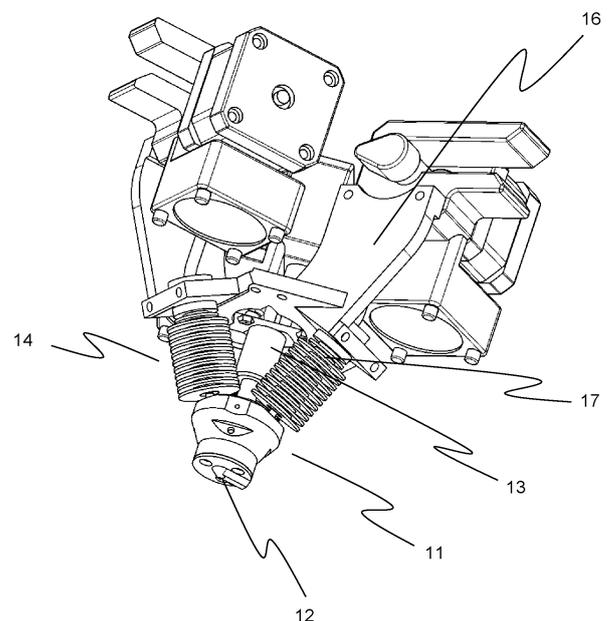
| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| US | 2014 / 0 291 886 | A1 |
| US | 2015 / 0 093 465 | A1 |
| US | 5 936 861 | A |

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Anlage, Druckkopf und Verfahren zum Herstellen von dreidimensionalen Strukturen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Anlage zum Herstellen von dreidimensionalen Strukturen, die zwei oder mehr unterschiedliche Werkstoffe aufweisen, mit einem 3D-Druckkopf, der eine erste Materialzuführung zum Zuführen eines quasiendlosen Fasermaterials und wenigstens eine zweite Materialzuführung zum Zuführen eines thermoplastischen Matrixmaterials hat, die in einer gemeinsamen Mischkammer des Druckkopfes münden, wobei die Mischkammer des 3D-Druckkopfes zum Temperieren des der Mischkammer zugeführten Matrixmaterials und zum Bilden einer Materialmischung aus dem Fasermaterial und dem Matrixmaterial ausgebildet ist, wobei die Mischkammer mit einem Auslass des 3D-Druckkopfes kommunizierend in Verbindung steht, der zum Ausgeben der gebildeten Materialmischung eingerichtet ist, um die dreidimensionale Struktur herzustellen, wobei die erste Materialzuführung einen Zuführkanal hat, der in der Mischkammer mündet und axial zu dem Auslass derart angeordnet ist, dass ein quasiendloses Fasermaterial von dem Zuführkanal der ersten Materialzuführung durch die Mischkammer und dem Auslass hindurchführbar ist, und wobei die Anlage eine Steuerungseinheit hat, die zum Steuern der Materialzuführung des quasiendlosen Fasermaterials und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials eingerichtet ist, wobei die wenigstens zweite Materialzuführung drei oder mehr Zuführkanäle aufweist, die um einen axialen Verlauf des Zuführkanals der ersten Materialzuführung herum angeordnet sind und in der Mischkammer münden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage zum Herstellen von dreidimensionalen Strukturen, die zwei oder mehr unterschiedliche Werkstoffe aufweisen. Die Erfindung betrifft ebenso einen 3D-Druckkopf hierzu sowie ein Verfahren zum Herstellen einer solchen dreidimensionalen Struktur mithilfe der erfindungsgemäßen Anlage.

[0002] Mithilfe von generativen Verfahren lassen sich unter Verwendung eines entsprechenden Werkstoffes Bauteile mit einer fast beliebigen Form herstellen. Der 3D-Druck mithilfe eines 3D-Druckers stellt dabei einen sehr bekannten Vertreter der generativen Fertigungsverfahren dar. Dabei wird mithilfe eines 3D-Druckers schichtweise ein schmelzbarer Werkstoff, beispielsweise ein thermoplastischer Kunststoff, gedruckt, wodurch sich am Ende des Verfahrens ein dreidimensionales Bauteil bzw. eine dreidimensionale Struktur ergibt.

[0003] Die Steifigkeit und Festigkeit eines auf dieser Basis hergestellten Bauteils hängt dabei signifikant von den entsprechenden Materialeigenschaften des verwendeten schmelzbaren Werkstoffes ab. Vor allem mit Blick auf den Leichtbau ist es dabei oftmals wünschenswert, dass die Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt werden, um eine hohe gewichtsspezifische Festigkeit und Steifigkeit zu erlangen. Allerdings weisen Faserverbundwerkstoffe anisotrope Werkstoffeigenschaften auf, so dass Festigkeit und Steifigkeit richtungsabhängig ist und somit abhängig ist von dem Faserverlauf. Daher werden oftmals mehrere Lagen Fasermaterial mit unterschiedlichen Faserorientierungen angeordnet, um so zumindest teilweise die homogenen Werkstoffeigenschaften von Metallen nachzubilden.

[0004] Eine solche, insbesondere bedarfsweise Integration von Fasermaterial in 3D-Druck hätte dabei den entscheidenden Vorteil, dass Bauteile und Strukturen hergestellt werden können, deren Lastpfade exakt an die Bedingungen angepasst sind, ohne dabei unnötigerweise Fasermaterial zu benötigen.

[0005] Aus Hauke Prüß, Thomas Vietor: Neue Gestaltungsfreiheiten durch 3D-gedruckte Faser-Kunststoff-Verbunde „Forum für Rapid Technologie“ Ausgabe 12/2015 ist ein 3D-Druckkopf bekannt, dem ein quasiendloses Fasermaterial zugeführt wird. Des Weiteren wird dem 3D-Druckkopf mithilfe zweier Zuführkanäle ein Kunststoffmaterial zugeführt, wobei Fasermaterial und Kunststoffmaterial in einer gemeinsamen Mischkammer münden, wodurch das hindurchführende Fasermaterial von dem Kunststoffmaterial benetzt und in dieser Form ausgegeben wird. Hierdurch lassen sich nahezu beliebige Strukturen mit integrierten Lastpfaden entwickeln.

[0006] Der Nachteil dieses bekannten 3D-Druckkopfes liegt in der Tatsache, dass die Zuführung des Kunststoffmaterials in die Mischkammer durch zwei Zuführkanäle erfolgt, die diametral gegenüberliegen wobei das Fasermaterial für eine gute und vollständige Benetzung immer so durch die Mischkammer verlaufen muss, dass die eine Seite dem ersten Zuführkanal zugewandt ist, während die andere Seite dem zweiten Zuführkanal zugewandt ist. Bei einer Drehung des Fasermaterials um die eigene Achse um beispielsweise 90° würde dazu führen, dass das Matrixmaterial ggf. nicht mehr prozesssicher am Fasermaterial haftet.

[0007] Ein weiterer Nachteil dieses 3D-Druckkopfes mit diametral gegenüberliegenden Zuführkanälen liegt in der mangelnden Steuerbarkeit der Materialzuführung zum Zwecke einer entsprechenden Anpassung der Materialmischung an die vorgegebene herzustellende Struktur. Denn bei einem korrekten Durchführen des Fasermaterials durch den Druckkopf wird das Fasermaterial gleichmäßig von allen Seiten benetzt, was jedoch je nach Form und Geometrie der herzustellenden Struktur ggf. unerwünscht ist. Eine feingraduierte Steuerung des Verlaufes des Fasermaterials im Querschnitt zu der ausgegebenen Materialmischung aus Fasermaterial und Matrixmaterial ist demzufolge nicht möglich.

[0008] Aus der DE 20 2015 004 336 U1 ist des Weiteren eine Vorrichtung zum Auftragen eines Werkstoffes bekannt, der aus einer Mischung zweier einem Druckkopf zugeführten Materialien hergestellt wird. Das Drucken von Faser-Kunststoff-Verbunden ist mit diesem Kopf jedoch nicht möglich.

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen verbesserten 3D-Druckkopf sowie eine verbesserte Anlage und ein verbessertes Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Strukturen anzugeben, mit denen die Möglichkeit besteht, die aus der Mischung von Fasermaterial und Matrixmaterial gebildete Materialmischung an die herzustellende Form und Geometrie der dreidimensionalen Struktur sehr fein anzupassen und so die herzustellende Struktur zu optimieren.

[0010] Die Aufgabe wird mit der Anlage gemäß Anspruch 1, dem 3D-Druckkopf gemäß Anspruch 13 sowie dem Verfahren gemäß Anspruch 14 erfindungsgemäß gelöst.

[0011] Gemäß Anspruch 1 wird eine Anlage zum Herstellen von dreidimensionalen Strukturen vorgeschlagen, die zwei oder mehr unterschiedliche Werkstoffe aufweisen. Die Anlage hat einen 3D-Druckkopf, der eine erste Materialzuführung zum Zuführen eines quasiendlosen Fasermaterials und wenigstens eine zweite Materialzuführung zum Zuführen eines thermoplastischen Matrixmaterials hat. Sowohl die ers-

te Materialzuführung als auch die zweite Materialzuführung münden in einer gemeinsamen Mischkammer, in der dann das quasiendlose Fasermaterial mit dem Matrixmaterial benetzt und somit die Materialmischung gebildet wird. Die Mischkammer weist darüber hinaus einen Auslass auf, durch den das Materialgemisch von der Mischkammer aus dem 3D-Druckkopf herausgepresst und somit die dreidimensionale Struktur hergestellt werden kann.

[0012] Die Mischkammer ist dabei so ausgebildet, dass sie temperierbar (beheizbar) ist, um so das thermoplastische Matrixmaterial aufzuschmelzen und verformbar zu machen.

[0013] Die erste Materialzuführung hat dabei einen Zuführkanal, der in der Mischkammer mündet und axial zu dem Auslass so angeordnet ist, dass ein quasiendloses Fasermaterial von dem Zuführkanal der ersten Materialzuführung durch die Mischkammer und dem Auslass hindurchführbar ist, ohne hierbei insbesondere umgelenkt zu werden. Hierdurch wird insbesondere erreicht, dass das Fasermaterial während des Hindurchführens durch den 3D-Druckkopf durch entsprechende Kontaktstellen nicht beschädigt wird.

[0014] Des Weiteren weist die Anlage einer Steuerungseinheit auf, die zum Steuern der Materialzuführung des quasiendlosen Fasermaterials und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials eingerichtet ist, um so das Ausgeben der Materialmischung entsprechend beeinflussen und manipulieren zu können.

[0015] Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass die wenigstens zweite Materialzuführung drei oder mehr Zuführkanäle aufweist, die um einen axialen Verlauf des Zuführkanals der ersten Materialzuführung herum angeordnet sind und in der Mischkammer münden. Die Zuführkanäle sind dabei um den axialen Verlauf des Zuführkanals der ersten Materialzuführung, durch den das Fasermaterial in die Mischkammer geführt wird, äquidistant zueinander angeordnet, so dass immer zwei benachbarte Zuführkanäle der zweiten Materialzuführung den gleichen Abstand zueinander haben (innerhalb von Fertigungstoleranzen).

[0016] Hierdurch besteht nunmehr die Möglichkeit, das Matrixmaterial und die Benetzung des Fasermaterials in der Mischkammer zu variieren und zu optimieren, um so das Materialgemisch feingraduierter an die vorgegebenen Bedingungen bzw. die vorgegebene Geometrie der herzustellenden Struktur anpassen zu können.

[0017] Dabei haben die Erfinder erkannt, dass durch eine separate Materialzuführung des thermoplastischen Kunststoffes mithilfe von drei oder mehr Zu-

führkanälen die Benetzung des Fasermaterials verbessert werden kann, wobei durch eine Variation der Zuführgeschwindigkeit des thermoplastischen Matrixmaterials der einzelnen Zuführkanäle mithilfe der Steuerungseinheit die Lage und Position des Matrixmaterials innerhalb des Querschnitts der Materialmischung nahezu beliebig eingestellt werden kann. So lassen sich dreidimensionale Strukturen herstellen, die optimal an die vorgegebenen Einsatzbedingungen angepasst sind.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Zuführkanäle der zweiten Materialzuführung nicht axial zu dem Auslass angeordnet, sondern münden vielmehr in einen gewissen Winkel zu dem Auslass bzw. zu dem axialen Verlauf des Zuführkanals der ersten Materialzuführung, um so die Benetzung des Fasermaterials während des Hindurchführens zu optimieren.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist der 3D-Druckkopf für jeden Zuführkanal der zweiten Materialzuführung jeweils eine Vorschubeinheit auf, die das thermoplastische Matrixmaterial durch den jeweiligen Zuführkanal der zweiten Materialzuführung in die Mischkammer vorschieben bzw. drücken. Jeder Vorschubeinheit wird hierbei jeweils ein eigenes Material zugeführt, was beispielsweise von einer Materialbereitstellung erfolgen kann. Die an dem 3D-Druckkopf angeordnete Vorschubeinheit zieht nun das noch in der Regel feste Material aus der Materialbereitstellung und drückt es in den jeweiligen Zuführkanal, wo es aufgrund der Temperierung der Mischkammer erwärmt und dann in die Mischkammer gelangt.

[0020] Die Vorschubeinheiten sind dabei an dem 3D-Druckkopf insbesondere lösbar angeordnet, was die Reinigung der Anlage insgesamt deutlich vereinfacht. Hierbei ist denkbar, dass die jeweilige Vorschubeinheit direkt auf einem der Zuführkanäle aufgeschraubt bzw. befestigt wird, wobei eine Vorschubeinheit hierbei zwischen dem Zuführkanal und der Vorschubeinheit Kühlrippen aufweisen kann, um ein zu frühes Aufschmelzen des noch festen thermoplastischen Matrixmaterials in der Vorschubeinheit zu verhindern.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist jede der Vorschubeinheiten mit der Steuerungseinrichtung verbunden, so dass jede der Vorschubeinheiten separat durch die Steuerungseinrichtung angesteuert werden kann. Jede der Vorschubeinheiten kann dabei individuell so angesteuert werden, dass eine entsprechende Vorschubgeschwindigkeit bzw. Materialzuführgeschwindigkeit für jede der Vorschubeinheiten separat und getrennt von den anderen eingestellt werden kann. Durch die unterschiedlichen Materialzuführgeschwindigkeiten der einzelnen Vorschubeinheiten kann so die Lage und

Position des Fasermaterials im Querschnitt der Materialmischung am Auslass variiert werden und so je nach gewünschter Lage und Position beeinflusst werden. So ist es beispielsweise denkbar, dass für eine oder ggf. mehrere Vorschubeinheiten der Vorschub gänzlich unterbrochen wird, so dass eine Materialzuführungsgeschwindigkeit von 0 eingestellt ist. Hierdurch wird das Fasermaterial sehr ungleichmäßig benetzt, was ggf. für den Aufbau der Struktur gewünscht ist.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist die Steuerungseinheit zum Einstellen und/oder Variieren der Materialzuführungsgeschwindigkeit des quasiendlosen Fasermaterials und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials eingerichtet. So ist es denkbar, dass beispielsweise die Materialzuführung des quasiendlosen Fasermaterials zeitweise unterbrochen wird, um so Bereiche ohne Fasermaterial zu drucken. Denkbar ist aber auch, dass unterschiedliche thermoplastische Matrixmaterialien verwendet werden, die bedarfsweise der Mischkammer zugeführt werden. Hierbei wird zunächst ein erstes thermoplastisches Matrixmaterial in die Mischkammer zugeführt, wobei bedarfsweise dann das Zuführen des ersten thermoplastischen Matrixmaterials unterbrochen und die Zuführung des zweiten thermoplastischen Matrixmaterials aufgenommen wird. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn der 3D-Druck mehr als drei Zuführkanäle der zweiten Materialzuführungseinrichtung aufweist.

[0023] Es ist darüber hinaus hierbei besonders vorteilhaft, wenn die Steuerungseinheit zum Einstellen und/oder Variieren der Materialzuführungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von einer Druckgeschwindigkeit und/oder einer Druckgeschwindigkeitsänderung beim Drucken der dreidimensionalen Struktur ausgebildet ist. So ist es denkbar, dass bei großflächigen Bauteilen zunächst mit einer hohen Druckgeschwindigkeit die Materialmischung ausgegeben wird, wodurch eine hohe Materialzuführungsgeschwindigkeit sowohl des quasiendlosen Fasermaterials als auch des thermoplastischen Matrixmaterials notwendig ist. Verlangsamt sich die Druckgeschwindigkeit, d.h. die relative Geschwindigkeit des 3D-Druckkopfes gegenüber der zu druckenden dreidimensionalen Struktur, so wird auch die Materialzuführungsgeschwindigkeit sowohl des quasiendlosen Fasermaterials als auch des thermoplastischen Matrixmaterials verringert, um so an die verringerte Druckgeschwindigkeit angepasst zu sein und so weniger Material der Materialmischung pro Zeit auszugeben. Diesbezüglich ist es ebenso vorteilhaft, wenn die Materialzuführungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Geometrie und/oder eines vorgegebenen Aufbaus der herzustellenden dreidimensionalen Struktur eingestellt und/oder variiert wird, um so eine an die gewünschten Bedingungen angepasste Materialmischung zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort und

Position der dreidimensionalen Struktur ausgeben zu können.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Anlage eine erste Materialbereitstellungseinrichtung auf, die zum Bereitstellen eines quasiendlosen Fasermaterials zu der ersten Materialzuführung des 3D-Druckkopfes ausgebildet ist, und eine zweite Materialbereitstellungseinrichtung hat, die zum Bereitstellen eines thermoplastischen Matrixmaterials zu der zweiten Materialzuführung des 3D-Druckkopfes ausgebildet ist. Die erste Materialzuführung hat einen Eingang, durch den das quasiendlose Fasermaterial in den Zuführkanal der ersten Materialzuführung zugeführt wird. Des Weiteren ist eine Druckquelle vorgesehen, die mit dem Eingang der ersten Materialzuführung derart zusammenwirkt, dass an dem Eingang der ersten Materialzuführung ein Überdruck erzeugbar ist, der ein Austreten des thermoplastischen Matrixmaterials am Eingang der ersten Materialzuführung verhindert.

[0025] Durch das Hineindrücken des thermoplastischen Matrixmaterials über die Zuführkanäle der zweiten Materialzuführung entsteht ein Druck in der Mischkammer, der gewünscht in Richtung des Auslasses gerichtet ist und systembedingt unerwünscht auch in Richtung der ersten Materialzuführung. Durch das Erzeugen des Überdruckes am Eingang der ersten Materialzuführung, wie oben erwähnt, kann dabei ein Aufsteigen des flüssigen thermoplastischen Matrixmaterials von der Mischkammer bis zum Eingang der ersten Materialzuführung verhindert werden, wodurch die Gefahr von Verunreinigungen des 3D-Druckkopfes und des Aushärtens des thermoplastischen Matrixmaterials im Zuführkanal der ersten Materialzuführung reduziert wird.

[0026] Bevorzugt weist die erste Materialbereitstellungseinrichtung dabei einen Druckbehälter auf, in dem das quasiendlose Fasermaterial gelagert ist. Darüber hinaus weist die erste Materialbereitstellungseinrichtung eine druckdichte Faserführung auf, die druckdicht an dem Druckbehälter einerseits und druckdicht an der ersten Materialzuführung des 3D-Druckkopfes andererseits angeschlossen ist und beispielsweise aus einem festen Rohr oder einem flexiblen Schlauch gebildet sein kann. Der Druckbehälter sowie die druckdichte Faserführung bilden dabei einen Innenbereich bzw. Innenraum, der durch den Druckbehälter und die druckdichte Faserführung von einem Außenbereich abgegrenzt ist. Dieser Innenbereich ist dabei so ausgebildet, dass er mittels der Druckquelle mit einem Druckmedium bedruckbar ist, so dass ein Innendruck im Inneren des Druckbehälters und der druckdichten Faserführung derart erzeugt werden kann, dass der Überdruck am Eingang der ersten Materialzuführung erzeugt und ein Austreten des thermoplastischen Matrixmaterials an der ersten Materialzuführung, d.h. an dem Eingang der

ersten Materialzuführung am 3D-Druckkopf, verhindert wird.

[0027] Durch das Bedrucken des Innenbereiches wird somit bis zum Eingang der ersten Materialzuführung ein Innendruck mithilfe der Druckquelle aufgebaut, der das Austreten des thermoplastischen Matrixmaterials aus der ersten Materialzuführung verhindern soll.

[0028] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist die Steuerungseinheit zum Ansteuern der Druckquelle so ausgebildet, dass der erzeugte Überdruck am Eingang der ersten Materialzuführung variiert.

[0029] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform hierzu ist die Steuerungseinheit zum Ansteuern der Druckquelle derart eingerichtet, dass der erzeugte Überdruck in Abhängigkeit von einer Druckgeschwindigkeit des Druckkopfes und/oder in Abhängigkeit von einer Materialzuführungsgeschwindigkeit des quasiendlosen Fasermaterials und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials eingestellt wird. Denn mit zunehmender Druckgeschwindigkeit bzw. zunehmender Materialzuführungsgeschwindigkeit steigt auch der in der Mischkammer erzeugte Druck, wodurch die Gefahr erhöht wird, dass thermoplastisches Matrixmaterial am Einlass der ersten Materialzuführung austritt. Dies wird durch ein Anpassen des Überdruckes, bspw. durch ein Erhöhen des Innendruckes bei erhöhter Druckgeschwindigkeit bzw. erhöhter Materialzuführungsgeschwindigkeit ausgeglichen.

[0030] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform hierzu weist die erste Materialzuführung am 3D-Druckkopf ein Sensorsystem auf, das zum Detektieren einer Füllhöhe des thermoplastischen Matrixmaterials in der ersten Materialzuführung ausgebildet ist, wobei die Steuerungseinheit zum Ansteuern der Druckquelle derart eingerichtet ist, dass der erzeugte Überdruck in Abhängigkeit von der detektierten Füllhöhe eingestellt wird. Je höher dabei der Füllstand innerhalb der ersten Materialzuführung ist, was über das Sensorsystem detektierbar ist, desto größer wird der Überdruck durch die Steuerungseinheit eingestellt.

[0031] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist die Anlage, insbesondere die Druckquelle der Anlage, zum Temperieren des zum Erzeugen des Überdruckes verwendeten Druckmediums ausgebildet, um so ein Erstarren bzw. Festwerden des flüssigen thermoplastischen Kunststoffes ein Aufsteigen in der ersten Materialzuführung zu verhindern. Denn je höher der geschmolzene thermoplastische Kunststoff in der ersten Materialzuführung aufsteigt, desto weiter weg entfernt er sich von der temperierten Mischkammer, was dazu führen kann, dass er soweit abkühlt, dass er wieder verfestigt. Durch ein Temperie-

ren des Druckmediums kann einem solchen Verfestigen entgegengewirkt werden.

[0032] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist der 3D-Druckkopf als Endeffektor an einem Bewegungsautomaten angeordnet und somit frei im Raum bewegbar. Denkbar ist aber auch, dass der 3D-Druckkopf an einer Portalanlage angeordnet ist oder fest vorgesehen ist, wobei sich dann zumindest der Ablegetisch unter dem 3D-Druckkopf bewegt.

[0033] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist der 3D-Druckkopf eine Kopfspitze auf, die lösbar an dem 3D-Druckkopf angeordnet und innerhalb dessen der Auslass, in den die Mischkammer zum Ausgeben des Materialgemisches mündet, vorgesehen ist. Der Auslass weist bevorzugt einen Durchmesser auf, der geringer ist als der Durchmesser der Zuführkanäle der ersten und/oder zweiten Materialzuführung, so dass durch die lösbare Kopfspitze ein Zugriff auf die Zuführkanäle der ersten und/oder zweiten Materialzuführung möglich wird, um diese bspw. zu reinigen oder Verstopfungen zu entfernen.

[0034] Die Aufgabe wird im Übrigen auch mit einem 3D-Druckkopf wie vorstehend beschreiben gelöst, wobei ein solcher 3D-Druckkopf dann drei oder mehr Zuführkanäle bei der zweiten Materialzuführung aufweist, die alle in der gemeinsamen Mischkammer münden.

[0035] Die Aufgabe wird im Übrigen auch mit dem Verfahren zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur gelöst, wobei zunächst eine Anlage zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur wie vorstehend beschreiben bereitgestellt wird. Dem 3D-Druckkopf der Anlage wird nun sowohl ein quasiendloses Fasermaterial als auch ein thermoplastisches Matrixmaterial zugeführt und in der gemeinsamen Mischkammer zur Bildung einer Materialmischung gemischt und anschließend die Materialmischung dann zur Herstellung der dreidimensionalen Struktur gedruckt.

[0036] In einer vorteilhaften Ausführungsform hierzu ist es dabei denkbar, dass die Materialzuführungsgeschwindigkeit bei der Materialzuführung des quasiendlosen Fasermaterials und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials während des Druckens variiert wird, was auch bedeuten kann, dass die Materialzuführungsgeschwindigkeit auf 0 herabgesetzt und somit die Materialzuführung unterbrochen wird.

[0037] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 - Perspektivische Darstellung eines 3D-Druckkopfes;

Fig. 2 - Schnittdarstellung des 3D-Druckkopfes

Fig. 3 - schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anlage.

[0038] **Fig. 1** zeigt in einer perspektivischen Darstellung den Druckkopf **10**, der dazu ausgebildet und vorgesehen ist, an einem nicht dargestellten Bewegungsautomaten angeordnet zu werden. Im unteren Bereich befindet sich ein Mischkopf **11**, der einen Auslass **12** aufweist, aus dem schließlich die Materialmischung aus Fasermaterial und thermoplastischem Matrixmaterial zum Drucken der dreidimensionalen Struktur ausgegeben wird.

[0039] Innerhalb des Mischkopfes **11** befindet sich dabei die nicht dargestellte Mischkammer, in der sowohl die erste Materialzuführung **13** des Fasermaterials als auch die zweite Materialzuführung **14** für das thermoplastische Matrixmaterial münden.

[0040] Die erste Materialzuführung **13** weist einen Zuführkanal auf, der axial zu dem Auslass **12** vorgesehen ist, so dass das Fasermaterial durch die erste Materialzuführung **13** in den Mischkopf **11** und dann aus dem Auslass **12** herausgeführt werden kann.

[0041] Die zweite Materialzuführung **14** weist im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** drei Zuführkanäle **15** (siehe **Fig. 2**) auf, die ebenfalls an dem Mischkopf **11** angeordnet und somit ebenfalls in den innerhalb des Mischkopfes **11** vorgesehenen Mischkammern **20** (siehe **Fig. 2**) münden. Die Zuführkanäle **15** sind dabei um den axialen Verlauf des Zuführkanals der ersten Materialzuführung **13** unter einem gewissen Winkel angeordnet.

[0042] Jedem der drei Zuführkanäle **15** ist dabei eine Vorschubeinheit **16** zugeordnet, die ausgebildet sind, ein zunächst festes thermoplastisches Matrixmaterial in ihren jeweils zugeordneten Zuführkanal **15** der zweiten Materialzuführung **14** zu drücken, wobei das thermoplastische Matrixmaterial im Bereich des Mischkopfes **11** temperiert und dadurch aufgeschmolzen wird. Dabei ist ggf. vorgesehen, dass die Vorschubeinheit **16** mit Kühlrippen **17** in Verbindung steht, so dass das thermoplastische Matrixmaterial tatsächlich auch erst im Bereich des Mischkopfes **11** eine Temperatur erreicht, in der es aufgeschmolzen wird.

[0043] Durch die Anordnung von drei Zuführkanälen (oder ggf. mehr) und jeweils separaten Vorschubeinheiten, die mithilfe einer Steuerungseinheit separat angesteuert werden können, kann die Materialzuführung sehr fein graduiert eingestellt werden, wodurch die Lage und Position des Fasermaterials innerhalb

des ummantelnden Matrixmaterials definiert einstellbar ist.

[0044] So ist es beispielsweise denkbar, dass die Materialzuführung des Fasermaterials grundsätzlich gestoppt wird, wodurch ausschließlich das thermoplastische Matrixmaterial am Auslass **12** ausgegeben wird. Denkbar ist aber auch, dass bei einigen der Zuführkanäle und der diesem Zuführkanal **15** zugeordneten Vorschubeinheit **16** eine Ansteuerung so erfolgt, dass die Materialzuführungsgeschwindigkeit herabgesetzt wird, wodurch weniger thermoplastisches Matrixmaterial in diesem Bereich in die Mischkammer gelangt. Aufgrund eines hierdurch entstehenden Druckgradienten innerhalb der Mischkammer verändert sich die Lage und Position des Fasermaterials in Bezug auf das ummantelnde Matrixmaterial, wodurch die Materialmischung exakt an die vorgegebenen Bedingungen der herzustellenden dreidimensionalen Struktur angepasst werden kann.

[0045] **Fig. 2** zeigt eine Schnittdarstellung durch den 3D-Druckkopf, sowie er aus **Fig. 1** bekannt ist. Dabei ist eine Mischkammer **21** vorgesehen, in der die Zuführkanäle **15** der zweiten Materialzuführung **14** münden. Darüber hinaus mündet ein Zuführkanal **19** der ersten Materialzuführung **13** ebenfalls in der Mischkammer **21**, so dass dort das Fasermaterial mit dem Matrixmaterial gemischt werden kann. Die Mischkammer **21** mündet dann in einem Auslass **12**, aus dem dann das Materialgemisch ausgegeben wird.

[0046] Der Auslass **12** befindet sich dabei in einer Kopfspitze **18**, die lösbar an dem Druckkopf **10** angeordnet ist, um so nach dem Entfernen der Kopfspitze **18** einen Zugriff auf die Mischkammer **21** und die Zuführkanäle **15** der zweiten Materialzuführung **14** und dem Zuführkanal **19** der ersten Materialzuführung zu erhalten. Auf diese Art und Weise kann der 3D-Druckkopf einfach und prozesssicher gereinigt werden.

[0047] Denn in der Regel hat der Auslass **12** einen kleineren Durchmesser, als die Zuführkanäle **15** der zweiten Materialzuführung oder der Zuführkanal **19** der ersten Materialzuführung, so dass ein Reinigen ohne Entfernen der Kopfspitze **18** nur sehr schwierig möglich ist.

[0048] Die Zuführkanäle **15** der zweiten Materialzuführung **13** für das thermoplastische Matrixmaterial sind vorzugsweise gerade ausgeführt und weisen keine Krümmung innerhalb des Kopfes auf. Darüber hinaus ist die Mischkammer so in dem Mischkopf **11** angeordnet, dass die Mischkammer **21** direkt nach dem Entfernen der Kopfspitze **18** zugänglich ist. Die Zuführkanäle **15** der zweiten Materialzuführung **13** münden dann so in die Mischkammer **21**, dass nach dem Entfernen der Kopfspitze **18** in jeden Zuführkanal ein Stange einschiebbar ist, um so die Zuführkanäle entsprechend reinigen zu können. Vorzugswei-

se ist die Stange dabei vollständig in den jeweiligen Zuführkanal einschiebbar.

[0049] Fig. 3 zeigt in einer schematischen Darstellung die erfindungsgemäße Anlage 100, die zunächst in einer vereinfachten Darstellung den Druckkopf 10, wie aus Fig. 1 bekannt, aufweist. Für eine bessere Darstellung ist der Druckkopf 10 hier nur exemplarisch angedeutet und weist insgesamt drei Zuführkanäle für thermoplastisches Matrixmaterial sowie eine zentrale Zuführung von Fasermaterial auf.

[0050] Die Anlage 100 weist des Weiteren eine Steuerungseinheit 20 auf, die zunächst mit dem Druckkopf 10 signaltechnisch in Verbindung steht, um so beispielsweise durch Ansteuerung der Vorschubeinheiten (nicht dargestellt in Fig. 2) die Vorschubgeschwindigkeit und somit die Materialzuführungsgeschwindigkeit einstellen zu können.

[0051] Des Weiteren weist die Anlage 100 eine erste Materialbereitstellungseinrichtung 30 auf, die ein Fasermaterial 31 speichert. Das Fasermaterial 31 ist dabei innerhalb eines Druckbehälters 32 der ersten Materialbereitstellungseinrichtung 30 angeordnet, wobei an dem Druckbehälter 32 eine Faserzuführung 33 angeordnet ist, die einerseits mit dem Druckbehälter 32 und andererseits mit der zentralen Zuführung für Fasermaterial am Druckkopf 10 druckdicht angeordnet ist. Das Fasermaterial 31 kann nun von der ersten Materialbereitstellungseinrichtung 30 in dem Druckbehälter 32 durch die Faserführung 33 bis zum Druckkopf 10 transportiert werden.

[0052] Des Weiteren ist eine nur schematisch ange deutete zweite Materialbereitstellungseinrichtung 40 vorgesehen, um dem Druckkopf 10 das thermoplastische Matrixmaterial 41 in fester Form zuzuführen.

[0053] Die Steuerungseinheit 20 steht dabei mit der ersten Materialbereitstellungseinrichtung 30 signaltechnisch in Verbindung, um so ggf. die Materialzuführung stoppen zu können. Denkbar ist aber auch, dass an dem Druckkopf 10 eine Vorschubeinheit für das Fasermaterial vorgesehen ist, welche dann durch Ansteuerung durch die Steuerungseinheit 20 entsprechend so gesteuert werden kann, dass die Materialzuführung des Materials 31 gestoppt wird.

[0054] Des Weiteren weist der Druckbehälter 32 einen Anschluss für eine Druckquelle 34 auf, mit der der Innenbereich des Druckbehälters 32 und der Faserzuführung 33 mit einem Druckmedium bedruckt werden kann. Hierdurch kann verhindert werden, dass thermoplastisches Matrixmaterial am Druckkopf 10 in der zentralen Zuführung für das Fasermaterial aufsteigt und an dem Druckkopf gegenüber dem Auslass entweicht, da aufgrund des Überdrucks im Druckbehälter 32 in der Faserzuführung 33 dem

Druck innerhalb des Mischkopfes entgegengewirkt wird.

[0055] Dabei ist es denkbar, dass die Druckwelle 34 durch die Steuerungseinheit 20 gesteuert wird, so dass beispielsweise der Innendruck variabel eingestellt werden kann. Die Einstellung des Innendruckes kann dabei beispielsweise in Abhängigkeit einer Druckgeschwindigkeit oder einer Materialzuführungsgeschwindigkeit erfolgen, wodurch sich innerhalb des Druckkopfes entsprechend auch die Druckverhältnisse ändern. Denkbar ist des Weiteren, dass die Steuerungseinrichtung 20 zum Temperieren des Druckmediums, mit dem der Innendruck aufgebaut werden soll, ausgebildet ist, um so ein Aushärten des thermoplastischen Matrixmaterials im Bereich der Faserzuführung für das Fasermaterial 31 entgegengewirkt wird.

Bezugszeichenliste

| | |
|----|--|
| 10 | - Druckkopf |
| 11 | - Mischkopf |
| 12 | - Auslass |
| 13 | - erste Materialzuführung |
| 14 | - zweite Materialzuführung |
| 15 | - Zuführkanäle der zweiten Materialzuführung |
| 16 | - Vorschubeinheiten |
| 17 | - Kühlrippen |
| 18 | - Kopfspitze |
| 19 | - Zuführkanäle der ersten Materialzuführung |
| 20 | - Steuerungseinheit |
| 21 | - Mischkammer |
| 30 | - erste Materialbereitstellungseinrichtung |
| 31 | - Fasermaterial |
| 32 | - Druckbehälter |
| 33 | - Faserzuführung |
| 34 | - Druckquelle |
| 40 | - zweite Materialbereitstellungseinrichtung |
| 41 | - thermoplastisches Matrixmaterial |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 202015004336 U1 [0008]

Patentansprüche

1. Anlage zum Herstellen von dreidimensionalen Strukturen, die zwei oder mehr unterschiedliche Werkstoffe aufweisen, mit einem 3D-Druckkopf (10), der eine erste Materialzuführung (13) zum Zuführen eines quasiendlosen Fasermaterials (31) und wenigstens eine zweite Materialzuführung (14) zum Zuführen eines thermoplastischen Matrixmaterials (41) hat, die in einer gemeinsamen Mischkammer (21) des Druckkopfes (10) münden, wobei die Mischkammer (21) des 3D-Druckkopfes (10) zum Temperieren des der Mischkammer (21) zugeführten Matrixmaterials (41) und zum Bilden einer Materialmischung aus dem Fasermaterial (31) und dem Matrixmaterial (41) ausgebildet ist, wobei die Mischkammer (21) mit einem Auslass (12) des 3D-Druckkopfes (10) kommunizierend in Verbindung steht, der zum Ausgeben der gebildeten Materialmischung eingerichtet ist, um die dreidimensionale Struktur herzustellen, wobei die erste Materialzuführung (13) einen Zuführkanal (19) hat, der in der Mischkammer (21) mündet und axial zu dem Auslass (12) derart angeordnet ist, dass ein quasiendloses Fasermaterial (31) von dem Zuführkanal (19) der ersten Materialzuführung (13) durch die Mischkammer (21) und dem Auslass (12) hindurchführbar ist, und wobei die Anlage eine Steuerungseinheit (20) hat, die zum Steuern der Materialzuführung des quasiendlosen Fasermaterials (31) und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials (41) eingerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens zweite Materialzuführung (14) drei oder mehr Zuführkanäle (15) aufweist, die um einen axialen Verlauf des Zuführkanals (19) der ersten Materialzuführung (13) herum angeordnet sind und in der Mischkammer (21) münden.

2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuführkanäle der zweiten Materialzuführung (15) nicht axial zu dem Auslass (12) angeordnet sind.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der 3D-Druckkopf (10) für jeden Zuführkanal der zweiten Materialzuführung (15) jeweils eine Vorschubeinheit (16) hat, die das thermoplastische Matrixmaterial (41) durch den jeweiligen Zuführkanal der zweiten Materialzuführung (15) in die Mischkammer (21) drücken.

4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorschubeinheiten (16) lösbar am dem Druckkopf (10) angeordnet sind.

5. Anlage nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Vorschubeinheit (16) getrennt von den jeweils anderen mittels der Steuerungseinheit (20) ansteuerbar ist, wobei die Steuerungseinheit (20) zum Einstellen und/oder Variieren der Materialzuführungsgeschwindigkeit des thermoplastischen

Matrixmaterials (41) durch entsprechende Ansteuerung der Vorschubeinheiten (16) eingerichtet ist, um die Vorschubgeschwindigkeit der Vorschubeinheiten (16) separat einzustellen.

6. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerungseinheit (20) zum Einstellen und/oder Variieren der Materialzuführungsgeschwindigkeit des quasiendlosen Fasermaterials (31) und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials (41) eingerichtet ist.

7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerungseinheit (20) zum Einstellen und/oder Variieren der Materialzuführungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von einer Druckgeschwindigkeit und/oder einer Druckgeschwindigkeitsänderung und/oder in Abhängigkeit von einer vorgegebenen Geometrie und/oder eines vorgegebenen Aufbaus der herzustellenden dreidimensionalen Struktur eingerichtet ist.

8. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlage eine erste Materialbereitstellungseinrichtung (30) hat, die zum Bereitstellen eines quasiendlosen Fasermaterials (31) zu der ersten Materialzuführung (13) des 3D-Druckkopfes (10) ausgebildet ist, und eine zweite Materialbereitstellungseinrichtung (40) hat, die zum Bereitstellen eines thermoplastischen Matrixmaterials (41) zu der zweiten Materialzuführung (14) des 3D-Druckkopfes (10) ausgebildet ist, wobei die erste Materialzuführung (13) einen Eingang aufweist, durch den das quasiendlose Fasermaterial (31) in den Zuführkanal (19) der ersten Materialzuführung (13) zugeführt wird, und wobei eine Druckquelle (34) vorgesehen ist, die mit dem Eingang der ersten Materialzuführung (13) zum Erzeugen eines Überdruckes am Eingang der ersten Materialzuführung (13) derart zusammenwirkt, dass ein Austreten des thermoplastischen Matrixmaterials (41) am Eingang der ersten Materialzuführung (13) verhindert wird.

9. Anlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Materialbereitstellungseinrichtung (30) einen Druckbehälter (32) zum Lagern des quasiendlosen Fasermaterials (31) hat und eine druckdichte Faserführung (33) hat, die druckdicht an dem Druckbehälter (32) einerseits und druckdicht an der ersten Materialzuführung (13) des 3D-Druckkopfes (10) andererseits angeschlossen ist, so dass das quasiendlose Fasermaterial (31) von dem Druckbehälter (32) durch die druckdichte Faserführung (33) bis zu der ersten Materialzuführung (13) des 3D-Druckkopfes (10) hindurchführbar ist, wobei die Druckquelle (34) zum Erzeugen eines Innendruckes im Inneren des Druckbehälters und der druckdichten Faserführung (33) derart ausgebildet ist, dass der Überdruck am Eingang der ersten Materialzuführung (13) erzeugt und ein Austreten des thermoplastischen

tischen Matrixmaterials (41) an der ersten Materialzuführung (13) verhindert wird.

10. Anlage nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerungseinheit (20) zum Ansteuern der Druckquelle (34) derart eingerichtet ist, dass der erzeugte Überdruck variiert.

11. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerungseinheit (20) zum Ansteuern der Druckquelle (34) derart eingerichtet ist, dass der erzeugte Überdruck in Abhängigkeit von einer Druckgeschwindigkeit des Druckkopfes (10) und/oder in Abhängigkeit von einer Materialzuführungsgeschwindigkeit des quasiendlosen Fasermaterials (31) und/oder des thermoplastischen Matrixmaterials (41) eingestellt wird.

12. Anlage einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Materialzuführung (13) ein Sensorsystem hat, das zum Detektieren einer Füllhöhe des thermoplastischen Matrixmaterials (41) in der erste Materialzuführung (13) ausgebildet ist, wobei die Steuerungseinheit (20) zum Ansteuern der Druckquelle (34) derart eingerichtet ist, dass der erzeugte Überdruck in Abhängigkeit von der detektierten Füllhöhe eingestellt wird.

13. Anlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlage zum Temperieren des zum Erzeugen des Überdruckes verwendeten Druckmediums ausgebildet ist.

14. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlage einen Bewegungsautomaten aufweist, an dem als Endeffektor der 3D-Druckkopf (10) angeordnet ist.

15. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der 3D-Druckkopf (10) eine Kopfspitze (18) aufweist, die lösbar an dem 3D-Druckkopf (10) angeordnet ist und in der der Auslass (12) vorgesehen ist.

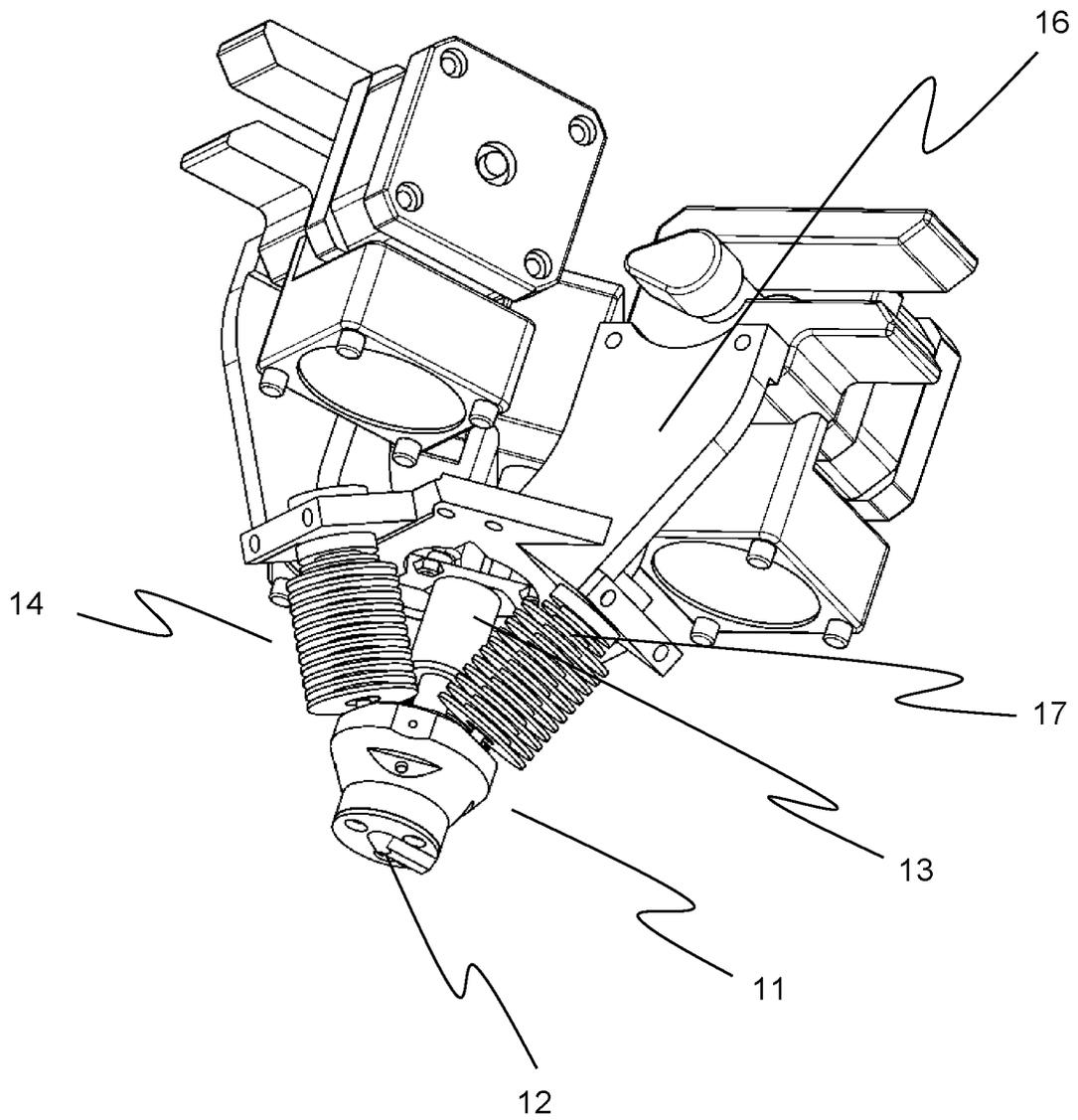
16. 3D-Druckkopf (10) zum Herstellen dreidimensionaler Strukturen mit den Merkmalen nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

17. Verfahren zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur, die zwei oder mehr unterschiedliche Werkstoffe aufweist, mit Bereitstellen einer Anlage zum Herstellen einer dreidimensionalen Struktur nach einem der Ansprüche 1 bis 15, Zuführen von quasiendlosem Fasermaterial (31) und thermoplastischen Matrixmaterial (41) zu dem 3D-Druckkopf (10) der Anlage und Drucken der Materialmischung aus dem Fasermaterial (31) und dem Matrixmaterial (41) zur Herstellung der dreidimensionalen Struktur.

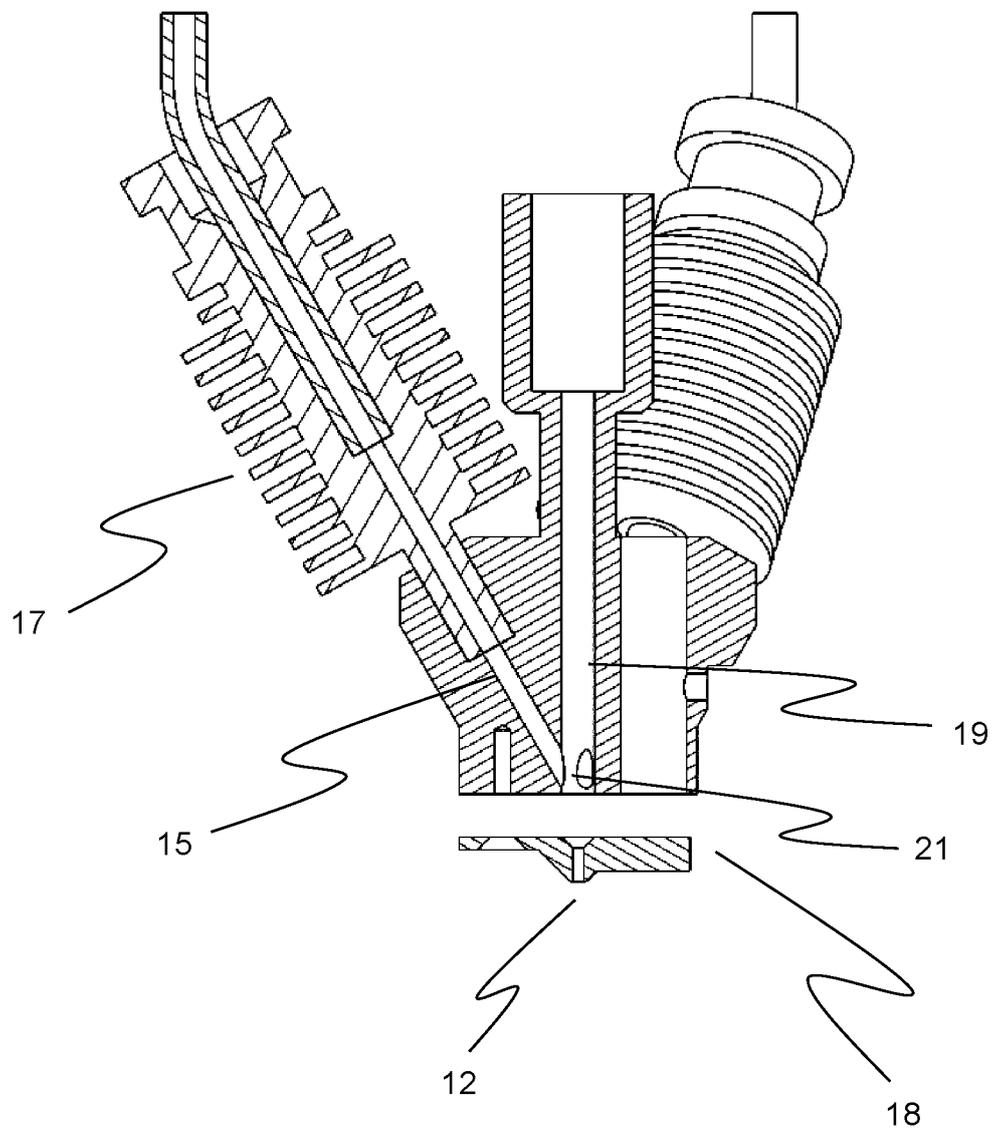
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Materialzuführungsgeschwindigkeit bei der Materialzuführung des quasiendlosen Fasermaterials (31) und/oder thermoplastischen Matrixmaterials (41) während des Druckens variiert wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

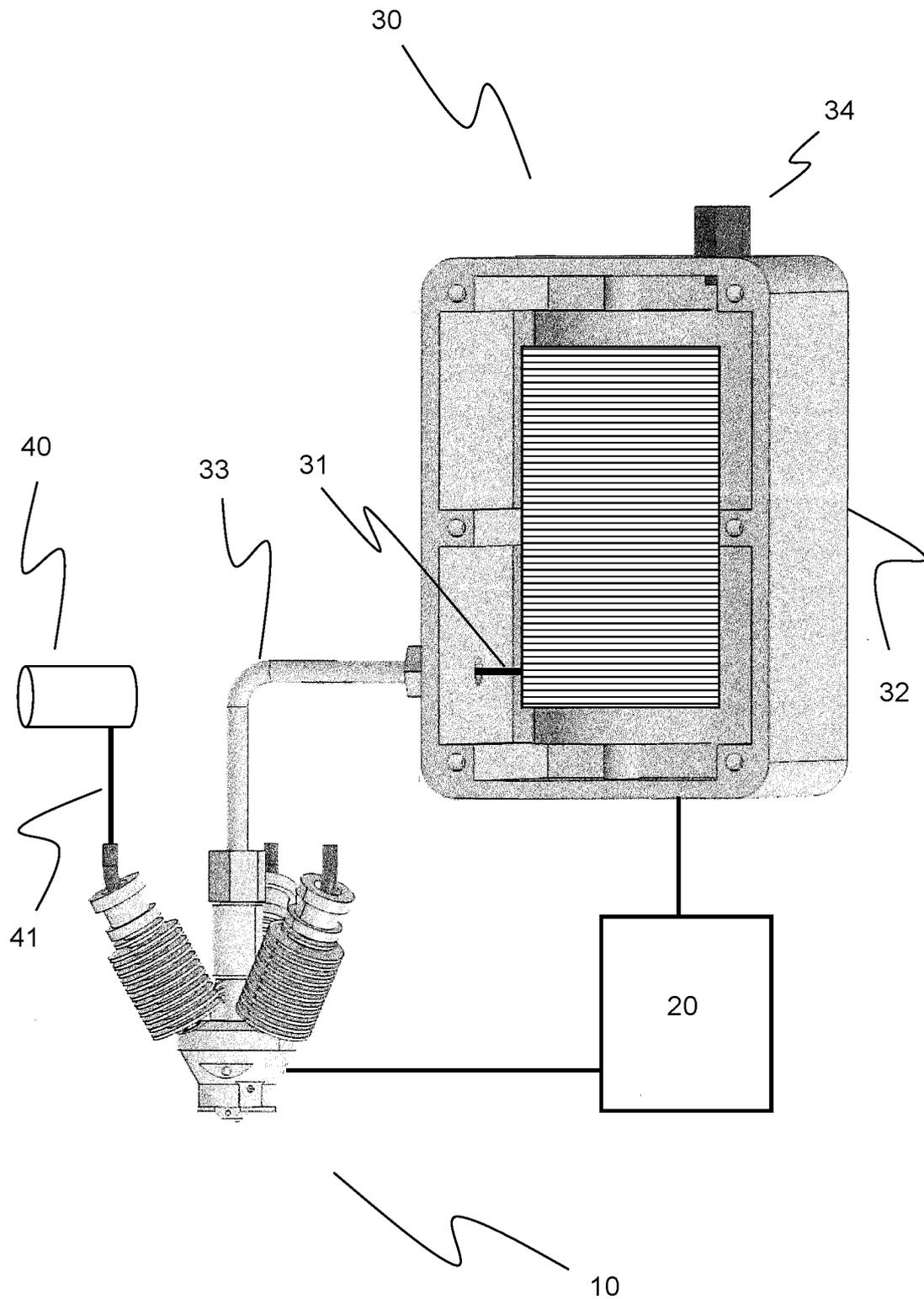


Figur 1



Figur 2

100



Figur 3