



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 006 886.3**

(22) Anmeldetag: **10.11.2020**

(43) Offenlegungstag: **12.05.2022**

(51) Int Cl.: **B29C 64/343 (2017.01)**

B29C 64/214 (2017.01)

B33Y 50/00 (2015.01)

B29C 64/386 (2017.01)

B22F 3/105 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Laempe Mössner Sinto GmbH, 39179 Barleben,
DE**

(74) Vertreter:

**Sperling, Fischer & Heyner Patentanwälte, 39108
Magdeburg, DE**

(72) Erfinder:

**Münzer, Janosch, 79364 Malterdingen, DE;
Wedemeyer, Frank, 79669 Zell im Wiesental, DE;
Wintgens, Rudolf, 79650 Schopfheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

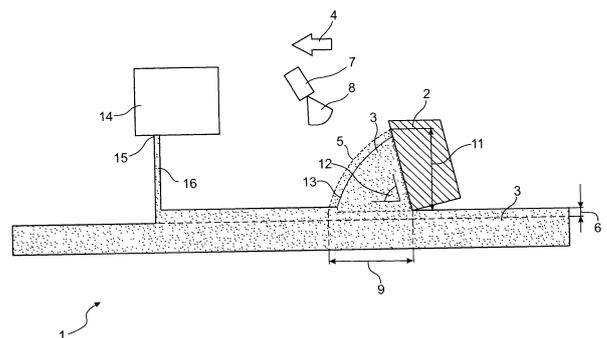
| | | |
|-----------|-------------------------|-----------|
| DE | 10 2015 015 353 | A1 |
| US | 2019 / 0 060 998 | A1 |
| US | 2019 / 0 193 150 | A1 |

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial in einem 3D-Drucker**

(57) Zusammenfassung: Der Erfindung, welche ein Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial (3) in einem 3D-Drucker betrifft, liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lösung anzugeben, womit das partikelförmige Baumaterial (3) gleichmäßiger aufgetragen wird. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass eine optische Überwachung des aufgetragenen partikelförmigen Baumaterials (3) in einem Arbeitsschritt eines Glättens des partikelförmigen Baumaterials (3) in einem Bereich einer Ansammlung (5) des partikelförmigen Baumaterials (3) erfolgt, dass eine Abbildung erzeugt und/oder mindestens eine Abmessung der Ansammlung (5) bestimmt wird, dass die Abbildung und/oder die mindestens eine Abmessung mit einer zugehörigen Referenzabbildung und/oder einem vorgegebenen Referenzwert verglichen wird und dass bei einer Abweichung der Abbildung von der Referenzabbildung und/oder der Abmessung von dem zugehörigen Referenzwert mindestens ein Auftragsparameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials (3) verändert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial in einem 3D-Drucker, bei welchem partikelförmiges Baumaterial auf ein Baufeld ausgetragen und geglättet wird.

[0002] Insbesondere soll das gleichmäßige Glätten des partikelförmigen Baumaterials auf einem Baufeld in einem 3D-Drucker überwacht und Unregelmäßigkeiten beim Glätten des aus einem Aufträger ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials erkannt werden. Für den Fall, dass derartige Unregelmäßigkeiten erkannt werden, so werden diese mittels geeigneter Maßnahmen automatisch verringert oder beseitigt. Hierfür werden entsprechende Parameter für das Austragen des partikelförmigen Baumaterials beeinflusst.

[0003] Bekannt ist es, zur Herstellung einzelner oder serienmäßiger Bauteile, Werkstücke oder Formen einen sogenannten 3D-Druck bzw. ein sogenanntes 3D-Druckverfahren einzusetzen. Bei derartigen Druckverfahren werden dreidimensionale Bauteile oder Werkstücke schichtweise aufgebaut hergestellt.

[0004] Der Aufbau erfolgt computergesteuert aus einem oder mehreren flüssigen oder festen Werkstoffen nach vorgegebenen Maßen und Formen. Vorgaben für die zu druckenden Bauteile oder Werkstücke können beispielsweise von sogenannten rechnerunterstützten Konstruktionssystemen (CAD engl. computer-aided design) bereitgestellt werden.

[0005] Beim Druck der 3D-Strukturen bzw. 3D-Bauteilen finden physikalische oder chemische Härtungsprozesse oder ein Schmelzprozess in einem partikelförmigen Baumaterial, welches auch als Formstoff bezeichnet wird, statt. Als Werkstoffe für derartige 3D-Druckverfahren werden Baumaterialien bzw. Formstoffe wie Kunststoffe, Kunstharze, Keramiken und Metalle eingesetzt.

[0006] Bei der Umsetzung von 3D-Druckverfahren sind verschiedene Fertigungsverfahrensabläufe bekannt.

[0007] Mehrere dieser Verfahrensabläufe umfassen jedoch die nachfolgend beispielhaft dargestellten Verfahrensschritte:

- Teil- oder vollflächiges Auftragen von partikelförmigem Baumaterial, auch als Partikelmaterial oder pulverförmiges Aufbaumaterial bezeichnet, auf ein sogenanntes Baufeld, um eine Schicht aus nichtverfestigtem Partikelmaterial zu bilden, wobei das Teil- oder vollflächige Auftragen von partikelförmigem Baumaterial das Austragen und das Glätten des partikelförmigen Baumaterials umfasst;

- Selektives Verfestigen der aufgetragenen Schicht aus nichtverfestigtem partikelförmigem Baumaterial in vorbestimmten Teilbereichen, beispielsweise durch ein selektives Verdichten, Aufdrucken oder Aufbringen von Behandlungsmitteln, wie beispielsweise einem Bindemittel oder Einsatz von Laser;

- Wiederholung der vorhergehenden Verfahrensschritte in einer weiteren Schichtebene zum schichtweisen Aufbau des Bauteils oder Werkstücks. Hierfür ist es vorgesehen, das Bauteil oder Werkstück, welches auf dem Baufeld schichtweise aufgebaut bzw. aufgedruckt wird, mit dem Baufeld jeweils um eine Schichtebene oder Schichtdicke abzusenken oder die 3D-Druckvorrichtung jeweils um eine Schichtebene oder Schichtdicke gegenüber dem Baufeld anzuheben, bevor eine neue Schicht teil- oder vollflächig aufgetragen wird;

- Nachfolgendes Entfernen von losem, nichtverfestigtem partikelförmigem Baumaterial, welches das gefertigte Bauteil oder Werkstück umgibt.

[0008] Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zum Erzeugen einer 3D-Struktur bzw. zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial auf ein Baufeld zur Erzeugung einer 3D-Struktur bekannt.

[0009] Aus der DE 10117875 C1 sind ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Auftragen von Fluiden sowie deren Verwendung bekannt.

[0010] Das Verfahren zum Auftragen von Fluiden bezieht sich insbesondere auf Partikelmaterial, welches auf einen zu beschichtenden Bereich aufgetragen wird, wobei vor einer Klinge, in Vorwärtsbewegungsrichtung der Klinge gesehen, das Fluid auf den zu beschichtenden Bereich aufgetragen wird und danach die Klinge über dem aufgetragenen Fluid verfahren wird.

[0011] Die Aufgabe besteht darin, eine Vorrichtung, ein Verfahren sowie eine Verwendung der Vorrichtung bereitzustellen, mit denen eine möglichst ebene Verteilung von fluidem Material auf einem zu beschichtenden Bereich erreicht werden kann.

[0012] Zur Lösung ist es vorgesehen, dass die Klinge eine Schwingung nach Art einer Drehbewegung ausführt. Durch die schwingende Drehbewegung der Klinge wird das auf den zu beschichtenden Bereich aufgetragene Fluid fluidisiert. Hierdurch kann nicht nur stark zur Agglomeration neigendes Partikelmaterial möglichst eben und glatt aufgetragen werden, sondern es ist darüber hinaus möglich, auch die Verdichtung des Fluids durch die Schwingung zu beeinflussen.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, dass das Auftragen des Fluids auf den zu beschichtenden Bereich im Überschuss erfolgt, so wird durch die ständige Bewegung der Klinge, die nach Art einer Drehbewegung oszilliert, das überschüssige Fluid, in Vorwärtsbewegungsrichtung der Klinge gesehen, vor der Klinge in einer aus Fluid bzw. Partikelmaterial durch die Vorwärtsbewegung der Klinge gebildeten Walze homogenisiert. Dadurch können etwaige Hohlräume zwischen einzelnen Partikelklumpen gefüllt werden und größere Klumpen Partikelmaterial werden durch die Walzenbewegung aufgebrochen.

[0014] Ein Nachteil dieses bekannten Standes der Technik besteht darin, dass bei einem Austragen des partikelförmigen Baumaterials auf ein Baufeld die Menge des zur Ausbildung einer Schicht benötigten partikelförmigen Baumaterials unzureichend geregelt wird. Dies führt zu unterschiedlich großen Mengen des partikelförmigen Baumaterials vor einem Mittel zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials und somit beispielsweise zu unterschiedlichen Druckverhältnissen auf die unter der aktuell aufzutragenden Schicht liegenden Schichten. Derart kommt es zu Störungen im gleichmäßigen Aufbau der Schichten und zu einer Verschlechterung der Qualität der zu erzeugenden 3D-Struktur.

[0015] Somit besteht ein Bedarf nach einer Verbesserung des bekannten Stands der Technik und somit an einem verbesserten Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial in einem 3D-Drucker.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial in einem 3D-Drucker anzugeben, womit das partikelförmige Baumaterial gleichmäßiger aufgetragen wird, wobei das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials sowohl das Austragen des partikelförmigen Baumaterials auf die Oberfläche eines Baufelds als auch das Glätten des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials auf dem Baufeld umfasst.

[0017] Das Verfahren soll sowohl eine Gleichmäßigkeit bezüglich der Höhe der aufgetragenen Schicht des partikelförmigen Baumaterials als auch die Gleichmäßigkeit der Dichte innerhalb der Schicht des aufgetragenen partikelförmigen Baumaterials verbessern. Derart wird allgemein eine bessere Qualität der aufgetragenen Schicht des partikelförmigen Baumaterials erreicht.

[0018] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 der selbstständigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0019] Vorgesehen ist der Einsatz eines optischen Regelsystems bei einem Auftragen einer Schicht

des partikelförmigen Baumaterials in einem 3D-Drucker gemäß dem vorliegenden Verfahren.

[0020] Hierfür ist es vorgesehen, dass eine optische Überwachung des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials bei einem Arbeitsschritt eines Glättens des partikelförmigen Baumaterials erfolgt. Diese optische Überwachung erfolgt vorzugsweise in einem Bereich vor einem Mittel zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials.

[0021] Ein derartiges Mittel zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials kann beispielsweise eine Abziehklinge, eine Schwingklinge, ein Messer, ein Rakel oder vergleichbare Mittel eines 3D-Druckers sein, mittels welcher das ausgetragene partikelförmige Baumaterial geglättet wird.

[0022] Diese oder die mit diesen Mitteln vergleichbaren Mittel haben die Aufgabe, das auf das Baufeld ausgetragene beziehungsweise ausgeschüttete partikelförmige Baumaterial in einer gleichmäßigen Stärke beziehungsweise Dicke der aktuell aufzutragenden Schicht anzuordnen.

[0023] Zu diesem Zweck bewegen sich die oben beschriebenen Mittel in einem konstanten Abstand zum Baufeld und horizontal über das Baufeld. Bei dieser horizontalen Bewegung über das Baufeld entsteht vor dem jeweiligen Mittel eine Ansammlung des zu viel ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials in einer sogenannten Ansammlung. Diese Ansammlung entsteht, in Bewegungsrichtung des Mittels über dem Baufeld gesehen, vor dem entsprechenden Mittel.

[0024] Nachdem das Mittel seine horizontale Bewegung über das Baufeld beendet hat, wird das partikelförmige Baumaterial in einer gleichmäßigen Schicht aufgetragen, welche an allen Stellen eine vorgegebene Höhe beziehungsweise Schichtstärke aufweist.

[0025] Eine derartige Höhe beziehungsweise Schichtstärke des partikelförmigen Baumaterials kann einen Wert aufweisen, welcher zwischen dem 0,5-fachen und dem 6-fachen des mittleren Partikeldurchmessers des partikelförmigen Baumaterials liegt. Um eine Höhe beziehungsweise Schichtstärke vom 0,5-fachen des mittleren Partikeldurchmessers des partikelförmigen Baumaterials zu erreichen, muss das partikelförmige Baumaterial auf das Baufeld ausgetragen und verdichtet werden.

[0026] Der mittlere Partikeldurchmesser des partikelförmigen Baumaterials liegt beispielsweise bei einem Wert von etwa 0,14 mm. Als partikelförmiges Baumaterial wird allgemein eine Ansammlung einzelner Teilchen eines Stoffs oder eines Stoffgemischs verstanden, wobei jedes Teilchen eine drei-

dimensionale Erstreckung aufweist. Da diese Teilchen überwiegend als runde, ovale oder auch längliche Teilchen aufgefasst werden können, ist es möglich, einen durchschnittlichen Durchmesser für ein derartiges Teilchen anzugeben, welcher meist im Bereich zwischen 0,1 mm bis 0,4 mm liegt. Ein derartiges partikelförmiges Baumaterial weist fluide Eigenschaften auf.

[0027] Die vor dem jeweiligen Mittel zum Glätten entstehende Ansammlung des zu viel ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials kann beispielsweise in ihrer Höhe und Menge variieren. Mit der Änderung der Menge des partikelförmigen Baumaterials in der Ansammlung ändert sich beispielsweise auch der Druck auf darunterliegende Schichten, welche ebenfalls partikelförmiges Baumaterial enthalten können oder welche bereits selektiv verdichtete Bereiche zur Ausbildung der 3D-Struktur aufweisen. Dieser sich ändernde Druck auf die darunterliegende Schicht oder mehrere darunterliegende Schichten kann zu einer Beeinflussung einer oder mehrerer darunterliegender Schichten führen.

[0028] Bei einer derartigen Beeinflussung kann sich die Dichte des partikelförmigen Baumaterials der darunterliegenden Schichten verändern, was zu einem Absinken des partikelförmigen Baumaterials zumindest stellenweise führen kann. Durch ein derartiges stellenweises Absinken beziehungsweise unterschiedliche Höhen in der aktuell aufgetragenen Schicht des partikelförmigen Baumaterials kommt es zu Abweichungen beziehungsweise Ungenauigkeiten bei der Erzeugung der 3D-Struktur, welche die Qualität der zu erzeugenden 3D-Struktur negativ beeinflussen und verhindert werden sollen.

[0029] Vorgesehen ist es, dass die optische Überwachung des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials in einem Arbeitsschritt eines Glättens des partikelförmigen Baumaterials derart erfolgt, dass beispielsweise mittels einer oder mehrerer Kameras die Ansammlung des partikelförmigen Baumaterials aus mindestens einer Richtung beziehungsweise Perspektive erfasst wird.

[0030] Allgemein kann man sagen, dass durch ein geeignetes Mittel zur optischen Überwachung des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials in einem Arbeitsschritt eines Glättens des partikelförmigen Baumaterials eine Abbildung der Ansammlung erzeugt wird, wobei ein derartiges Mittel beispielsweise mindestens eine Kamera, einen Laser, eine Kombination aus Projektor und/oder Laser und/oder Kamera oder eine vergleichbare Bildaufnahmeeinrichtung ist.

[0031] In einer Alternative ist es vorgesehen, dass eine Abbildung eines Teilbereichs der Ansammlung erzeugt wird. Zur verfahrensgemäßen optischen

Überwachung des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials ist es in einer Alternative ausreichend, nur von einem Teil beziehungsweise einem Teilbereich der Ansammlung eine Abbildung zu erzeugen und verfahrensgemäß zu verarbeiten.

[0032] Eine derartige Abbildung der Ansammlung kann beispielsweise eine Seitenansicht oder eine Frontalansicht der Ansammlung zeigen. Alternativ kann auch eine perspektivische Ansicht beziehungsweise Perspektivansicht der Ansammlung als Abbildung erzeugt werden.

[0033] Zum Einsatz kommen kann auch eine 3D-Aufnahmevorrichtung, bestehend aus mehreren Kameras oder 3D-Kameras, beispielsweise unter Nutzung einer Streifenlichtprojektion.

[0034] Die Auflösung und Aufnahmezeit der verwendeten Kamera muss entsprechend hoch sein, um bei jeder Geschwindigkeit, mit welcher sich beispielsweise ein Mittel zum Glätten über das Baufeld bewegt, eine hinreichend genaue Abbildung zu erzeugen. Hierbei wird unter hinreichend genau eine Abbildung der Ansammlung verstanden, welche sich gemäß dem vorliegenden Verfahren weiterverarbeiten lässt, also beispielsweise für einen Bildvergleich oder eine Bestimmung von Abmessungen der Ansammlung, wie beispielsweise eine Höhe und/oder eine Breite der Ansammlung, geeignet ist.

[0035] Die Kamera kann, je nach Befestigungsposition, mit einem Weitwinkelobjektiv ausgestattet sein beziehungsweise eine geeignete Perspektive bereitstellen, um möglichst den kompletten Bereich der Ansammlung vor dem Mittel zum Glätten aufzuzeichnen beziehungsweise abzubilden.

[0036] Vorgesehen ist es auch, eine geeignete Software zu verwenden, mit deren Hilfe die Aufnahmen beziehungsweise Abbildungen normalisiert werden können oder eine Nachbearbeitung bezüglich des Kontrastes oder einer Filterung ermöglicht wird. In jedem Fall ist es das Ziel, eine für nachfolgende Verfahrensschritte ausreichende Qualität der Abbildungen der Ansammlung sicherzustellen.

[0037] Vorgesehen ist es auch, dass beispielsweise auf der Grundlage der bei der optischen Überwachung erzeugten Abbildungen, wie einzelnen Bildern oder einem Video aus einer oder mehreren Ansichten der Ansammlung, geometrische Abmessungen der Ansammlung des partikelförmigen Baumaterials bestimmt werden.

[0038] Hierbei können beispielsweise Grundabmessungen der Ansammlung oder Informationen über die Außenkontur der Ansammlung bestimmt werden.

[0039] Zu den Grundabmessungen der Ansammlung gehören Abmessungen wie beispielsweise eine Länge, eine Breite oder eine Höhe der Ansammlung, insbesondere in einer Seitenansicht auf die Ansammlung.

[0040] Bezüglich der Außenkontur der Ansammlung könne Radien oder Winkel der Ansammlung bestimmt werden, welche beispielsweise die ansteigenden Außenkonturen der Ansammlung beschreiben.

[0041] Neben derartigen Abmessungen, welche die Seitenansicht beschreiben, können Abmessungen entlang der Ansammlung, also in ihrer Längserstreckung erfasst werden. Hier können beispielsweise Höhen der Ansammlung an verschiedenen Stellen der Längserstreckung der Ansammlung ermittelt werden. Dies kann beispielsweise eine aktuelle Höhe an einer bestimmten Stelle sein. Außerdem kann eine maximale und/oder minimale Höhe der Ansammlung ermittelt werden. Zusätzlich kann auch eine durchschnittliche Höhe ermittelt werden.

[0042] Da sich die Partikel des partikelförmigen Baumaterials in der Ansammlung bei der Bewegung der oben beschriebenen Mittel zum Glätten über das Baufeld ständig bewegen, kommt es zu dynamischen Veränderungen der Höhe der Ansammlung. Außerdem ist die Höhe der Ansammlung in ihrer Längserstreckung unterschiedlich und verändert sich dynamisch.

[0043] Vorgesehen ist es, die Längserstreckung der Ansammlung in Teilbereiche beziehungsweise Abschnitte zu unterteilen und innerhalb dieser Teilbereiche eine maximale und/oder eine minimale Höhe und/oder eine durchschnittliche Höhe der Ansammlung zu bestimmen. Hierbei bilden alle Teilbereiche in ihrer Summe beziehungsweise ihrer Aneinanderreihung die gesamte Länge der Ansammlung in ihrer Längserstreckung ab.

[0044] Vorgesehen ist es auch, einen Vergleich einer bestimmten Abmessung mit einem vorgegebenen Wert beziehungsweise Referenzwert für diese Abmessung durchzuführen. Wird bei diesem Vergleich eine Abweichung zwischen der Abmessung und dem vorgegebenen Wert beziehungsweise Referenzwert für diese Abmessung bestimmt, welche über einer vorgegebenen Toleranzgrenze liegt, so wird mindestens ein Parameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials (Substratauftragsparameter), welcher nachfolgend als Auftragsparameter bezeichnet wird, verändert.

[0045] In einer Alternative zu einem Vergleich einer bestimmten Abmessung mit einem vorgegebenen Wert beziehungsweise Referenzwert für diese Abmessung oder zusätzlich zu diesem Vergleich ist

es möglich, die erzeugte Abbildung mit einer zugehörigen Referenzabbildung zu vergleichen. Werden bei einem derartigen Vergleich wie einem Bildvergleich Abweichungen festgestellt, welche über einer vorgegebenen Toleranzgrenze liegen, so wird mindestens ein Parameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials, also ein Auftragsparameter, verändert. Ziel ist es, dass die aktuell erzeugten Abbildungen mit den Referenzabbildungen in Übereinstimmung gebracht werden.

[0046] Wird beispielsweise bei einem Vergleich einer Abmessung mit ihrem Referenzwert festgestellt, dass die Höhe der Ansammlung unter den vorgegebenen Referenzwert für die Höhe der Ansammlung absinkt, so wird beispielsweise ein Auftragsparameter, der die auszutragende Menge des partikelförmigen Baumaterials pro Zeiteinheit oder pro Fläche bestimmt, erhöht. Somit wird eine größere Menge des partikelförmigen Baumaterials aus einem Aufträger ausgeschüttet beziehungsweise ausgetragen. Infolgedessen ist es zu erwarten, dass die Höhe der Ansammlung vor dem Mittel zum Glätten wieder zunimmt, da die Höhe in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Menge des zu viel ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials steht.

[0047] Vorgesehen ist es, dass bei einem Einsatz eines sogenannten Fluidisierers zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials die Auftragsparameter der auszutragenden Menge des partikelförmigen Baumaterials pro Zeiteinheit oder pro Fläche dadurch beeinflusst werden, dass eine unterschiedliche Anzahl von sogenannten porösen Gasaustrittsmitteln im Fluidisierer mittels eines unter Druck stehenden Gases angesteuert beziehungsweise beaufschlagt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung dieser Auftragsparameter besteht darin, den Druck des Gases zu verändern. Eine weitere Alternative besteht darin, die Veränderung des Gasdrucks in ihrem Zeitverlauf periodisch durchzuführen, wobei dies beispielsweise mit einer einstellbaren Frequenz erfolgen kann.

[0048] Vorgesehen ist es auch, dass mehrere Auftragsparameter zeitgleich beeinflusst werden, infolge des Ergebnisses einer oder mehrerer ermittelter Abweichungen zwischen einer oder mehreren Abmessungen und ihren entsprechend vorgegebenen Werten.

[0049] So ist es beispielsweise möglich, sowohl den Auftragsparameter einer Bewegungsgeschwindigkeit der Arbeitsmittel des 3D-Druckers über der Oberfläche des Baufeldes zu verändern und gleichzeitig die Menge des aus einem Aufträger ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials zu erhöhen.

[0050] Zu diesen Arbeitsmitteln des 3D-Druckers gehören insbesondere ein Aufträger für das partikel-

förmige Baumaterial wie auch die Mittel zum Glätten des ausgetragenen Baumaterials wie eine Abziehklinge, eine Schwingklinge, ein Messer oder ein Rakel.

[0051] Durch die Unterteilung der optischen Überwachung der Ansammlung in Teilbereichen ist es möglich, die Auftragsparameter für jeden Teilbereich entsprechend der Abweichungen der Abmessungen von den vorgegebenen Werten in diesem Teilbereich zu verändern. Die setzt voraus, dass die Mittel zum Austragen und/oder die Mittel zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials entsprechend unterteilt oder entsprechend mehrfach angeordnet sind. Eine derartige mehrfache Anordnung dieser Mittel kann derart erfolgen, dass die Mittel in einer Reihe nebeneinander oder in mindestens zwei Reihen und versetzt zueinander angeordnet sind. Einem Fachmann ist klar, dass es mittels einer derartigen Anordnung der Mittel immer möglich sein muss, das partikelförmige Baumaterial in einer Schicht gleichmäßig und in allen benötigten Bereichen auf dem Baufeld aufzutragen.

[0052] Vorgesehen ist es ebenfalls, die Ansammlung in ihrer Längserstreckung bezüglich ihres dynamischen Verhaltens zu analysieren. Das partikelförmige Baumaterial ist während des Arbeitsschritts des Glättens des partikelförmigen Baumaterials vor dem Mittel zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials in einer Bewegung beziehungsweise Fließbewegung. Hierbei ändern sich die Grundabmessungen der Ansammlung und/oder die Außenkontur der Ansammlung fortwährend. Diese dynamischen Veränderungen werden beispielsweise in ihrem zeitlichen Verlauf, beispielsweise mittels einer Videoaufzeichnung beziehungsweise einer Bilderfolge beziehungsweise eines Bildstreams, erfasst. Eine Auswertung dieser zeitlich veränderlichen Abmessungen, wie beispielsweise einer Höhe der Ansammlung, liefert Informationen über den Bereich der Höhenänderung, also ein Minimum und ein Maximum der Abmessung der Höhe. Darüber hinaus kann eine derartige Höhenänderung in ihrem zeitlichen Verlauf analysiert werden. Derart kann beispielsweise festgestellt werden, dass die Höhenänderung beispielsweise zwischen ihrem Minimum und ihrem Maximum periodisch erfolgt. Aus dieser zeitlichen Änderung kann beispielsweise eine mittlere Frequenz bestimmt werden, mit welcher sich der Vorgang der Höhenänderung wiederholt. Durch in Versuchsreihen bestimmten Bezugsfrequenzen können mittels eines Frequenzvergleichs zwischen der Frequenz der Höhenänderung und den bestimmten Bezugsfrequenzen Aussagen über die Beeinflussung der Qualität der aufgetragenen Schicht des partikelförmigen Baumaterials in Abhängigkeit der Frequenz der Höhenänderung getroffen werden.

[0053] Beispielsweise in Testläufen bestimmte Werte über derartige Höhenänderungen sowie die zugehörigen Bezugsfrequenzen können mit der zu erreichenden Qualität der zu erzeugenden Schicht des partikelförmigen Baumaterials in einem Zusammenhang stehen. Somit ist es möglich, bei bestimmten Höhenänderungen oder Frequenzen derartiger Höhenänderungen Auftragsparameter derart zu beeinflussen, dass die Höhenänderung geringer wird oder sich die Frequenz der Höhenänderung verändert, um derart die Qualität der aktuellen Schicht des aufzutragenden partikelförmigen Baumaterials zu verbessern.

[0054] Als veränderbarer Auftragsparameter kann beispielsweise ein Winkel beziehungsweise Anstellwinkel des Mittels zum Glätten beziehungsweise der Klinge genannt werden. Weiterhin ist es möglich, die Menge beziehungsweise Austragsmenge des partikelförmigen Baumaterials pro Zeiteinheit und/oder pro Fläche zu verändern. Außerdem kann eine derartige Veränderung der Austragsmenge pro Zeiteinheit und/oder pro Fläche in ihrem zeitlichen Verlauf verändert werden, wobei diese Veränderung mit einer bestimmten oder veränderlichen Frequenz erfolgen kann. Vorgesehen ist es beispielsweise, mittels einer zeitlichen Veränderung der Austragsmenge des partikelförmigen Baumaterials der zeitlichen Höhenänderung der Ansammlung entgegenzuwirken und deren zeitliche Höhenänderung zumindest zu verringern oder zu beseitigen.

[0055] Somit kann die Partikelbewegung des partikelförmigen Baumaterials beziehungsweise die Kinematik gezielt verändert werden, um Störungen der Qualität beim Auftragen des partikelförmigen Baumaterials zu verhindern. Diese Beeinflussung der Partikelbewegung des partikelförmigen Baumaterials kann sowohl für die gesamte Ansammlung wie auch für deren Teilbereiche verschieden erfolgen, wenn die optische Überwachung bereits in diesen Teilbereichen getrennt erfolgt.

[0056] Des Weiteren kann bei einem Einsatz entsprechend schneller Sensorik zur optischen Überwachung des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials beziehungsweise zur Bilderfassung die Dynamik der Ansammlung weiter analysiert werden.

[0057] Die Ansammlung des partikelförmigen Materials kann sich vergleichbar mit einer Wasserwelle verhalten. So wie bei einer Wasserwelle kann es zu einer Zunahme der Höhe der Ansammlung kommen. Ein derartiger Wasserberg kann instabil werden, wobei dieser Vorgang des Überwindens der Oberflächenspannung am Wellenkamm zum sogenannten Brechen der Welle führt. Dieser Vorgang des Brechens der Welle ist auf die Ansammlung übertragbar. Kommt es zu einem derartigen Brechen der Welle der Ansammlung wird partikelförmiges Material aus

der Ansammlung beziehungsweise dem Wellenberg herausgeschleudert. Da es hierbei zu einer Verschlechterung der Qualität der aufgetragenen Schicht des partikelförmigen Baumaterials beziehungsweise einer darunterliegenden Schicht kommt, gilt es, diesen Vorgang des Brechens rechtzeitig zu erkennen und zu verhindern. Zum Verhindern können Auftragsparameter wie der Anstellwinkel des Mittels zum Glätten oder die pro Zeiteinheit ausgetragene Menge des partikelförmigen Baumaterials verändert beziehungsweise verringert werden.

[0058] Weiterhin kann auch ein Entstehen mehrerer Ansammlungen bei einem Arbeitsschritt eines Glättens des partikelförmigen Baumaterials detektiert werden. Auch in diesem Fall erfolgt eine Beeinflussung der Qualität der aufgetragenen Schicht des partikelförmigen Baumaterials beziehungsweise einer darunterliegenden Schicht.

[0059] Auch in diesem Fall werden Auftragsparameter wie der Anstellwinkel des Mittels zum Glätten oder die pro Zeiteinheit ausgetragene Menge des partikelförmigen Baumaterials verändert, um ein qualitativ hohes Auftragen der Schicht des partikelförmigen Baumaterials sicherzustellen.

[0060] Die zuvor erläuterten Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sind nach sorgfältigem Studium der nachfolgenden ausführlichen Beschreibung der hier bevorzugten, nicht einschränkenden Beispielausgestaltungen der Erfindung mit den zugehörigen Zeichnungen besser zu verstehen und zu bewerten, welche zeigt:

Fig. 1: eine virtuelle Darstellung einer Seitenansicht einer Ansammlung des partikelförmigen Baumaterials auf einem Baufeld in einem 3D-Drucker,

Fig. 2: eine virtuelle Darstellung einer perspektivischen Ansicht einer Ansammlung des partikelförmigen Baumaterials auf einem Baufeld in einem 3D-Drucker,

Fig. 3: eine Anordnung zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials sowie ein Mittel zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials über einem Baufeld und

Fig. 4: eine beispielhafte Anordnung zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials in einem 3D-Drucker.

[0061] In der **Fig. 1** ist eine virtuelle Darstellung einer Seitenansicht einer Ansammlung 5 des partikelförmigen Baumaterials 3 auf einem Baufeld 1 in einem 3D-Drucker gezeigt.

[0062] Über einem nur teilweise dargestellten Baufeld 1 eines 3D-Druckers ist ein Mittel zum Glätten 2 des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials 3

dargestellt. Ein Austragen des partikelförmigen Baumaterials 3 ist in der **Fig. 1** nicht gezeigt.

[0063] Dieses Mittel 2 zum Glätten des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials 3 ist beispielhaft als eine Klinge dargestellt und wird über das Baufeld 1 in die mittels des Pfeils 4 dargestellte Bewegungsrichtung bewegt.

[0064] Vor dem Mittel 2 zum Glätten des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials 3 bildet sich eine Ansammlung 5 des partikelförmigen Baumaterials 3 aus. Dieser Bereich der Ansammlung 5 ist in der **Fig. 1** mittels einer Strich-Strich-Linie umrandet dargestellt.

[0065] Wird das Mittel 2 zum Glätten des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials 3 über das Baufeld 1 bewegt, wird eine Schicht des partikelförmigen Baumaterials 3 mit einer Schichtdicke 6 aufgetragen.

[0066] Beispielhaft ist in der **Fig. 1** ein Mittel 7 zur optischen Überwachung der Ansammlung 5 dargestellt. Ein derartiges Mittel 7 zur optischen Überwachung der Ansammlung 5 kann beispielsweise eine Kamera sein, welche derart angeordnet und mit seinem Aufnahmebereich 8 derart ausgerichtet ist, dass es eine Seitenansicht der Ansammlung 5 erzeugt. Eine derartige Seitenansicht der Ansammlung 5 ist in der **Fig. 1** gezeigt.

[0067] In einer Alternative kann das Mittel 7 derart angeordnet und ausgerichtet sein, dass es eine Frontalansicht der Ansammlung 5 erzeugt. Eine derartige Frontalansicht der Ansammlung 5 kann mit der in der **Fig. 1** gezeigten Position und Ausrichtung des Mittels 7 erzeugt werden.

[0068] In einer weiteren Alternative kann das Mittel 7 derart angeordnet und ausgerichtet sein, dass es eine Perspektivansicht entlang der Ansammlung 5 teilweise oder vollständig erzeugt.

[0069] Sowohl bei der Erzeugung der Frontalansicht der Ansammlung 5 als auch bei der Erzeugung der Perspektivansicht entlang der Ansammlung 5 können mehrere Mittel 4 angeordnet werden, deren Teilbilder zu einer Gesamtdarstellung zusammengefügt werden. Ein derartiges Zusammenfügen der Teilbilder kann beispielsweise mittels einer geeigneten Software aus dem Stand der Technik erfolgen.

[0070] Eine oder mehrere Aufnahmen wie Bilder oder Videos werden mittels einer geeigneten Bildauswertungssoftware derart analysiert, dass Abmessungen der Ansammlung 5 bestimmt werden. Zu diesen Abmessungen der Ansammlung 5 gehört beispielsweise die Breite 9, eine Länge 10 und eine Höhe 11. Die in der **Fig. 1** nicht gezeigte Länge 10

der Ansammlung erstreckt sich sozusagen in die Tiefe der Darstellung der **Fig. 1**.

[0071] Zu diesen Abmessungen der Ansammlung 5 gehört auch ein Winkel 12 und ein Radius 13. Der Winkel 12 ist beispielsweise der Winkel, welcher sich zwischen der Oberfläche des Baufelds 1 und der Neigung des Mittels 2 zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials 3 ergibt, wie in der **Fig. 1** dargestellt. Dieser Winkel 12 entspricht auch einem sogenannten Anstellwinkel des Mittels 4.

[0072] Der Radius 13 bildet sich beispielsweise auf der Vorderseite der Ansammlung 5 aus, betrachtet in der in **Fig. 1** dargestellten Bewegungsrichtung 4.

[0073] Gemäß dem vorliegenden Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterials 3 in einem 3D-Drucker ist es vorgesehen, dass mindestens eine Abmessung 9,10,11,12,13 der Ansammlung 5 bestimmt wird. Weiterhin ist es vorgesehen, dass diese bestimmte Abmessung 9,10,11,12,13 der Ansammlung 5 mit einem vorgegebenen Wert verglichen wird. Derartige vorgegebene Werte für die Abmessungen 9,10,11,12,13 können Erfahrungswerte sein. Diese vorgegebenen Werte können auch in Versuchsreihen experimentell bestimmt und für das vorliegende Verfahren entsprechend abgespeichert werden. In jedem Fall ist eine Abhängigkeit der zu erzielenden Qualität beim Auftragen einer Schicht des partikelförmigen Baumaterials 3 in Abhängigkeit dieser Abmessungen 9,10,11,12,13 bekannt.

[0074] Weiterhin vorgesehen ist es, dass mindestens eine dieser Abmessungen 9, 10, 11, 12, 13 mit ihrem zugehörigen vorgegebenen Wert verglichen wird und dass bei einer Abweichung der Abmessung von dem vorgegebenen Wert mindestens ein Auftragsparameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials 3 verändert wird.

[0075] So kann beispielsweise für den Fall, dass die Höhe 11 einen maximal zulässigen Wert überschreitet, die Qualität der aufzutragenden Schicht durch den durch die Ansammlung 5 entstehenden zunehmenden Druck auf darunterliegende Schichten vermindert werden. Ein unzulässig hoher Druck führt beispielsweise zum Absacken einzelner Bereiche in einer oder mehreren Schichten des aufgetragenen partikelförmigen Baumaterials 3. Alternativ kann der unzulässig hohe Druck die Dichte von Teilbereichen einer oder mehrerer darunterliegender Schichten beeinflussen. Neben einer Beeinflussung des partikelförmigen Baumaterials 3 kann es auch zu einer Beeinflussung von bereits verfestigten Bereichen, welche die 3D-Struktur ausbilden sollen, kommen. Eine derartige Beeinflussung führt beispielsweise durch ein Komprimieren oder Verschieben eines derartigen bereits verfestigten Bereichs zu Abwei-

chungen in der Maßgenauigkeit der zu erzeugenden 3D-Struktur.

[0076] Zur Vermeidung derartiger Beeinflussungen auf die zu erzeugende 3D-Struktur und zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Qualität beim Auftragen des partikelförmigen Baumaterials 3 wird durch das vorliegende Verfahren beim Erkennen einer Abweichung einer Abmessung von einem vorgegebenen Wert mindestens ein Auftragsparameter derart geändert, dass die Abmessung wieder dem vorgegebenen Wert entspricht.

[0077] Hierbei können auch zwei oder mehr Abmessungen mit ihren zugehörigen vorgegebenen abgespeicherten Werten verglichen werden. Darüber hinaus können bei Feststellen mindestens einer Abweichung mindestens einer Abmessung von ihrem zugehörigen Wert auch zwei oder mehr Auftragsparameter derart verändert werden, dass die Abweichung verringert oder beseitigt wird.

[0078] In der **Fig. 2** ist eine virtuelle Darstellung einer perspektivischen Ansicht einer Ansammlung 5 des partikelförmigen Baumaterials 3 auf einem Bau- feld 1 in einem 3D-Drucker dargestellt.

[0079] Zur besseren Verdeutlichung zeigt die **Fig. 2** die aus partikelförmigem Baumaterial 3 bestehende Ansammlung 5 über dem Bau- feld 1 in einer Perspektivdarstellung. Die Ansammlung 5 ist vor dem Mittel 2 zum Glätten dargestellt, betrachtet in der mittels Pfeil dargestellten Bewegungsrichtung 4 des Mittels 2.

[0080] Eine derartige Perspektivdarstellung kann beispielsweise mittels eines in der **Fig. 2** nicht dargestellten Mittels 7 zur optischen Überwachung, wie beispielsweise einer Kamera, erzeugt werden.

[0081] Aus einer derartigen von der Kamera 4 erzeugten Aufnahme werden die Abmessungen der Ansammlung 5 wie eine Breite 9 und/oder eine Länge 10 und/oder eine Höhe 11 bestimmt. Weiterhin können auch ein Winkel 12 und ein Radius 13 bestimmt werden.

[0082] In der **Fig. 3** ist eine Anordnung 14 zum Aus- tragen des partikelförmigen Baumaterials 3 sowie ein Mittel 2 zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials 3 über einem Bau- feld 1 dargestellt.

[0083] Eine derartige Anordnung 14 zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials 3 kann beispielsweise ein sogenannter Austräger, welcher teilweise auch als Aufträger bezeichnet wird, sein, während das dargestellte Mittel 2 zum Glätten des partikelförmigen Baumaterials 3 beispielsweise eine Klinge ist.

[0084] Der Austräger 14 weist einen Vorratsbehälter auf, in welchem das auszutragende partikelförmige

Baumaterial 3 bevorratet wird. Am unteren Ende des Austrägers 14 kann ein Auslass 15 zum Auslassen des partikelförmigen Baumaterials 3 angeordnet sein. Um zu verhindern, dass partikelförmiges Baumaterial 3 aus dem Austräger 14 unkontrolliert austritt, weist der Austräger 14 ein entsprechendes Verschlussmittel auf, welches in der **Fig. 3** nicht dargestellt ist. Dieses Verschlussmittel ist derart ausgebildet, dass es eine Öffnung im unteren Bereich des Austrägers 14 öffnen und verschließen kann.

[0085] Für den Fall, dass partikelförmiges Baumaterial 3 aus dem Austräger 14 ausgelassen und auf das Baufeld 1 ausgetragen werden soll, wird das Verschlussmittel geöffnet. Das partikelförmige Baumaterial 3 wird ausgetragen und gelangt in Form des Austrags 16 auf die Oberfläche des Baufelds 1. Dieser Vorrang des Austragens von partikelförmigen Baumaterial 3 ist in der **Fig. 3** dargestellt. Mit der Veränderung eines Auftragsparameters wird die Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials 3 beeinflusst und gesteuert. Hierbei kann ein Auftragsparameter die Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials 3 pro Zeiteinheit verändern, während ein anderer Auftragsparameter die Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials pro Fläche verändert.

[0086] Wird beispielsweise die Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials 3 pro Zeiteinheit und die Geschwindigkeit der Bewegung des Austrägers 14 in der Bewegungsrichtung 4 über dem Baufeld 1 entsprechend gesteuert, erfolgt der Austrag des partikelförmigen Baumaterials 3 auf die Oberfläche des Baufelds 1 sehr gleichmäßig und somit in hoher Qualität.

[0087] Wie in der **Fig. 3** zu erkennen ist, wird mehr partikelförmiges Baumaterial 3 ausgetragen als zum Erreichen der Schichtdicke 6 notwendig wäre. Da das Mittel 2 zum Glätten ebenfalls in der Bewegungsrichtung 4 über das Baufeld 1 bewegt wird, entsteht durch das zu viel ausgetragene partikelförmige Baumaterial 3 die Ansammlung 5. Wie bereits beschrieben wurde, werden mittels der Kamera 7, welche mit ihrem Aufnahmebereich 8 auf die Ansammlung 5 ausgerichtet ist, die Ansammlung 5 optisch überwacht und entsprechende Abbildungen durch die Aufnahme von Bildern oder Videoaufnahmen erstellt.

[0088] Mittels dieser Bilder oder Videoaufnahmen wird unter Verwendung einer geeigneten Bildverarbeitungssoftware beispielsweise die Abmessung der Höhe 11 und die Abmessung der Breite 9 bestimmt. Beide Abmessungen stehen in einem Zusammenhang mit der Menge des partikelförmigen Baumaterials 3 in der Ansammlung 5. Es ist allgemein davon auszugehen, dass eine Zunahme der Werte für die Höhe 11 und die Breite 9 eine Zunahme

der Menge des partikelförmigen Baumaterials 3 in der Ansammlung 5 aufzeigen.

[0089] Wird bei einem Vergleich der aktuell ermittelten Abmessungen, also die Werte für die Höhe 11 und die Breite 9, festgestellt, dass diese von den zugehörigen vorgegebenen Werten abweichen, so erfolgt eine Veränderung von Auftragsparametern. Diese Auftragsparameter sind beispielsweise die Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials 3 pro Zeiteinheit sowie die Geschwindigkeit der Arbeitsmittel des 3D-Druckers in der Bewegungsrichtung 4. Hier werden als Arbeitsmittel der Austräger 14 sowie das Mittel 2 zum Glätten, also beispielsweise eine Klinge, verstanden.

[0090] Für den Fall, dass ein oder mehrere Werte für die Höhe 11 oder die Breite 9 oder beide größer als die zugehörigen vorgegebenen Werte werden, kann beispielsweise die Geschwindigkeit in der Bewegungsrichtung 4 vergrößert werden, solange bis die Abmessungen wieder den vorgegebenen Werten entsprechen, wobei üblicherweise ein Toleranzbereich festgelegt wird.

[0091] Alternativ kann für den Fall, dass ein oder mehrere Werte für die Höhe 11 oder die Breite 9 oder beide größer als die zugehörigen vorgegebenen Werte werden, die Größe des Spalts 18 verringert werden, so dass weniger partikelförmiges Baumaterial 3 ausgetragen wird.

[0092] Die Klinge 2 ist in der **Fig. 3** in einem Winkel beziehungsweise Anstellwinkel angeordnet ist, welcher dem Winkel 12 entspricht. Ein weitere Auftragsparameter, welcher verfahrensgemäß beeinflusst werden kann, ist der Winkel beziehungsweise Anstellwinkel der Klinge 2. In einer Alternative kann auch die Form der Klinge 2 verändert werden, was in der **Fig. 3** nicht dargestellt ist. Für diesen Fall würde das Mittel 2 zum Glätten über mehrere verschiedene Klingen 2 verfügen, welche automatisiert bewegt werden können.

[0093] Die verfahrensgemäßen Veränderungen der beschriebenen Auftragsparameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials 3 können auch in Teilbereichen unterschiedlich erfolgen. Dies setzt natürlich voraus, dass beispielsweise mehrere Anordnungen 14 zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials 3 im 3D-Drucker und/oder dass mehrere Mittel 2 zum Glätten im 3D-Drucker angeordnet sind.

[0094] Die **Fig. 4** zeigt eine Anordnung 14 zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials 3 in einem 3D-Drucker, welche über dem Baufeld 1 in der mit dem Pfeil 4 gezeigten Richtung horizontal bewegt werden kann. Dargestellt ist die Anordnung 14, welche auch als sogenannter Fluidisierer bezeichnet

wird, in einer Momentaufnahme, in welcher partikelförmiges Baumaterial 3 durch den Auslass 15 austritt und als Austrag 16 zur Oberfläche des Baufelds 1 gelangt, um dort eine neue Schicht des partikelförmigen Baumaterials 3 mit einer Schichtdicke 6 auszubilden. Das hierzu notwendige Mittel 2 ist in der **Fig. 4** nicht dargestellt.

[0095] Die Anordnung 14, welche nachfolgend kurz als Austräger 14 bezeichnet wird, weist zur Bevorratung des partikelförmigen Baumaterials 3 einen trichterförmigen Vorratsbehälter 17 auf. Dieser trichterförmige Vorratsbehälter 17 ist längsersteckt ausgebildet, wobei seine Länge ein Vielfaches seiner Breite aufweist.

[0096] Der Vorratsbehälter 17 weist eine Öffnung beziehungsweise einen Auslass 15 auf. Im unteren Bereich des trichterförmigen Vorratsbehälters 17 sind zwei Sperrmittel 18 angeordnet, durch welche der Auslass 15 ausgebildet wird. In der Darstellung der **Fig. 4** wird durch das linke Sperrmittel 18 an seiner oberen Seite ein Belüftungsspalt 19 ausgebildet.

[0097] Durch eine derartige Anordnung der Sperrmittel 18 wird es verhindert, dass partikelförmiges Baumaterial 3 ungewollt auf das Baufeld 1 gelangt, da sich am Auslass 15 ein den Weg verschließender Sperrkegel aus dem partikelförmigen Baumaterial 3 ausbildet.

[0098] Ein Auftragen des partikelförmigen Baumaterials 3 auf das Baufeld 1 wird dadurch erreicht, dass das partikelförmige Baumaterial 3 im Bereich des Auslasses 15 fluidisiert wird. Zu diesem Zweck ist es vorgesehen, mindestens ein poröses Gasaustrittsmittel 20 in diesem Bereich anzuordnen. In der **Fig. 4** sind zwei poröse Gasaustrittsmittel 20 an den Seitenwänden des Vorratsbehälters 17 angeordnet. Diese beiden porösen Gasaustrittsmittel 20 weisen je einen Gasanschluss 21 auf, welcher jeweils mit einer nicht dargestellten externen Einheit verbunden ist, welche ein in seinem Gasdruck steuerbares Gas erzeugt.

[0099] Jedes poröse Gasaustrittsmittel 20 weist auf seiner dem partikelförmigen Baumaterial 3 zugewandten Seite ein gasdurchlässiges poröses Material auf.

[0100] Das von der externen Einheit in seinem Gasdruck steuerbare Gas tritt aus dem porösen Gasaustrittsmittel 20 durch das gasdurchlässige poröse Material in Richtung des partikelförmigen Baumaterials 3 gleichmäßig verteilt aus und durchströmt das partikelförmige Baumaterial 3. Dieses ausströmende Gas ist in der **Fig. 4** mittels mehrerer kleiner Pfeile an den porösen Gasaustrittsmitteln 20 dargestellt. Durch dieses austretende Gas wird das partikelförmige Baumaterial 3 fluidisiert, wodurch das partikel-

förmige Baumaterial 2 über den Auslass 15 ausgelassen, den Austrag 16 bildend, zum Baufeld 1 gelangt.

[0101] Zum Fluidisieren des partikelförmigen Baumaterials 3 wird nur ein poröses Gasaustrittsmittel 20 benötigt. Strömt das Gas aber über zwei poröse Gasaustrittsmittel 20 von zwei Seiten in das partikelförmige Baumaterial 3, wird der Effekt des Fluidisierens des partikelförmigen Baumaterials 3 verbessert und eine größere Menge des partikelförmigen Baumaterials 3 ausgelassen.

[0102] Zur Steuerung der Menge des auszulassenden partikelförmigen Baumaterials 3 wird der Druck des Gases, welches in die porösen Gasaustrittsmittel 20 eingespeist wird, verändert. So kann beispielsweise mittels eines größeren Gasdrucks die Fluidisierung des partikelförmigen Baumaterials 3 verstärkt bzw. verbessert werden, infolgedessen mehr fluidisiertes partikelförmiges Baumaterial 3 durch den Auslass 15 austreten kann und die Größe der nicht dargestellten Ansammlung 5 zunimmt.

[0103] Alternativ kann mittels eines kleineren Gasdrucks die Fluidisierung des partikelförmigen Baumaterials 3 vermindert bzw. verschlechtert werden, infolgedessen weniger partikelförmiges Baumaterial 3 ausgelassen wird.

[0104] Eine Steuerung einer Abmessung der Ansammlung 5 kann also mittels einer Steuerung des Gasdrucks oder die Anzahl der genutzten porösen Gasaustrittsmittel 20 durch das vorliegende Verfahren erfolgen. Somit kann der verfahrensgemäße Auftragsparameter der Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials 3 pro Zeiteinheit oder der verfahrensgemäße Auftragsparameter der Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials 3 pro Fläche durch die Anzahl der genutzten porösen Gasaustrittsmittel 20 gesteuert beziehungsweise geregelt werden. Eine weitere Möglichkeit der Steuerung beziehungsweise Regelung dieser Auftragsparameter ist der für die porösen Gasaustrittsmittel 20 genutzte Gasdruck.

[0105] Bei einer speziellen Variante kann der Gasdruck beispielsweise pulsierend erzeugt werden, wodurch eine Verbesserung der Fluidisierung möglich ist und wobei sich auch die Menge des ausgelassenen partikelförmigen Baumaterials 3 in einem zeitlichen Verlauf verändern lässt.

Bezugszeichenliste

| | |
|---|------------------------------|
| 1 | Baufeld |
| 2 | Mittel zum Glätten / Klinge |
| 3 | partikelförmiges Baumaterial |
| 4 | Pfeil / Bewegungsrichtung |

- 5 Ansammlung
- 6 Schichtdicke
- 7 Mittel zur optischen Überwachung / Kamera
- 8 Aufnahmebereich
- 9 Breite
- 10 Länge
- 11 Höhe
- 12 Winkel / Anstellwinkel
- 13 Radius
- 14 Anordnung zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials / Austräger / Fluidisierer
- 15 Auslass für partikelförmiges Baumaterial
- 16 ausgetragenes partikelförmiges Baumaterial / Austrag
- 17 Vorratsbehälter
- 18 Sperrmittel
- 19 Belüftungsspalt
- 20 poröses Gasaustrittsmittel
- 21 Gasanschluss

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 10117875 C1 [0009]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Auftragen von partikelförmigem Baumaterial (3) in einem 3D-Drucker, bei welchem partikelförmiges Baumaterial (3) auf ein Baufeld (1) ausgetragen und geglättet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine optische Überwachung des ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials (3) in einem Arbeitsschritt eines Glättens des partikelförmigen Baumaterials (3) in einem Bereich einer Ansammlung (5) des partikelförmigen Baumaterials (3) erfolgt, dass eine Abbildung erzeugt und/oder mindestens eine Abmessung der Ansammlung (5) bestimmt wird, dass die Abbildung und/oder die mindestens eine Abmessung mit einer zugehörigen Referenzabbildung und/oder einem vorgegebenen Referenzwert verglichen wird und dass bei einer Abweichung der Abbildung von der Referenzabbildung und/oder der Abmessung von dem zugehörigen Referenzwert mindestens ein Auftragsparameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials (3) verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansammlung (5) des partikelförmigen Baumaterials (3) vor einem Mittel (2) zum Glätten des aus einem Vorratsbehälter (15) einer Anordnung (14) zum Austragen des partikelförmigen Baumaterials (3) auf das Baufeld (1) ausgetragenen partikelförmigen Baumaterials (3), in einer Bewegungsrichtung (4) dieses Mittels (2) gesehen, entsteht.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Überwachung der Ansammlung (5) aus mindestens einer Richtung auf die Ansammlung (5) erfolgt, wobei eine Abbildung der Ansammlung (5) oder eines Teilbereichs der Ansammlung (5) in einer Seitenansicht und/oder einer Frontalansicht und/oder einer Perspektivansicht erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus der erzeugten Abbildung der Ansammlung (5) mindestens eine Abmessung bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass Abmessungen der Ansammlung (5) eine Breite (9), eine Länge (10) eine Höhe (11), ein Winkel (12) oder ein Radius (13) sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass Auftragsparameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials (3) eine Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials (3) pro Zeiteinheit, eine Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials pro Fläche, eine Bewegungsgeschwindigkeit von

Arbeitsmitteln des 3D-Druckers über einer Oberfläche des Baufelds (1), ein Anstellwinkel des Mittels (2) zum Glättens oder eine Änderung der Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials (3) in einem zeitlichen Verlauf sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Änderung der Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials (3) in einem zeitlichen Verlauf mit einer festgelegten Frequenz erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Überwachung des aufzutragenden partikelförmigen Baumaterials (3) in dem Bereich der Ansammlung (5) des partikelförmigen Baumaterials (3) in Teilbereiche unterteilt erfolgt, wobei sich die Teilbereiche in einer Längserstreckung der Ansammlung (5) erstrecken und in ihrer Summe den gesamten Bereich der Ansammlung (5) abdecken.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auftragsparameter für das Auftragen des partikelförmigen Baumaterials (3) in den Teilbereichen unterschiedlich verändert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auftragsparameter Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials (3) pro Zeiteinheit und Menge des auszutragenden partikelförmigen Baumaterials pro Fläche mittels eines Fluidisierers (14) dadurch gesteuert werden, dass eine Anzahl von im Fluidisierer (14) genutzten porösen Gasaustrittsmitteln (20) und/oder dass ein Druck des Gases, mit welchem die porösen Gasaustrittsmitteln (20) beaufschlagt werden, verändert werden.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

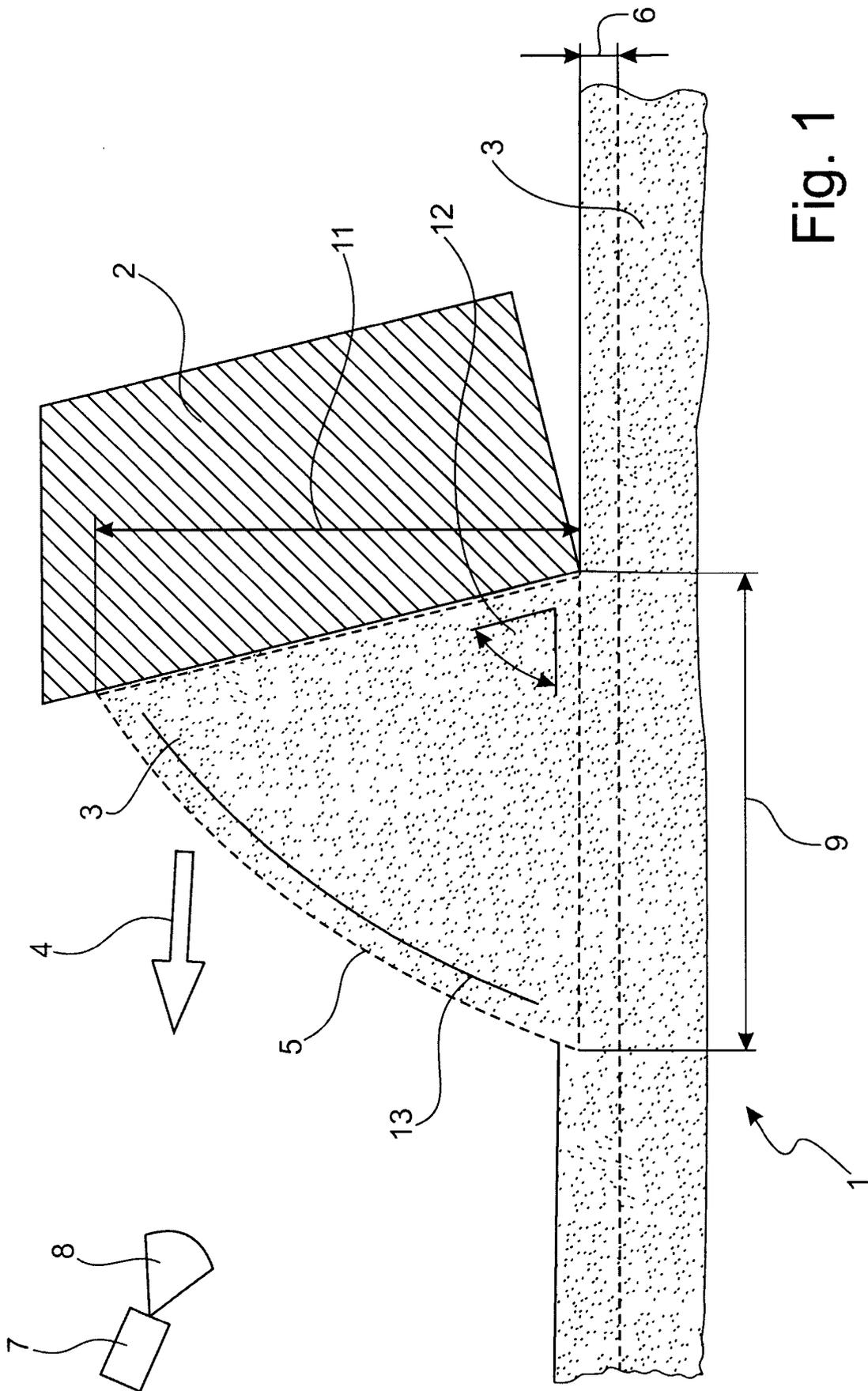


Fig. 1

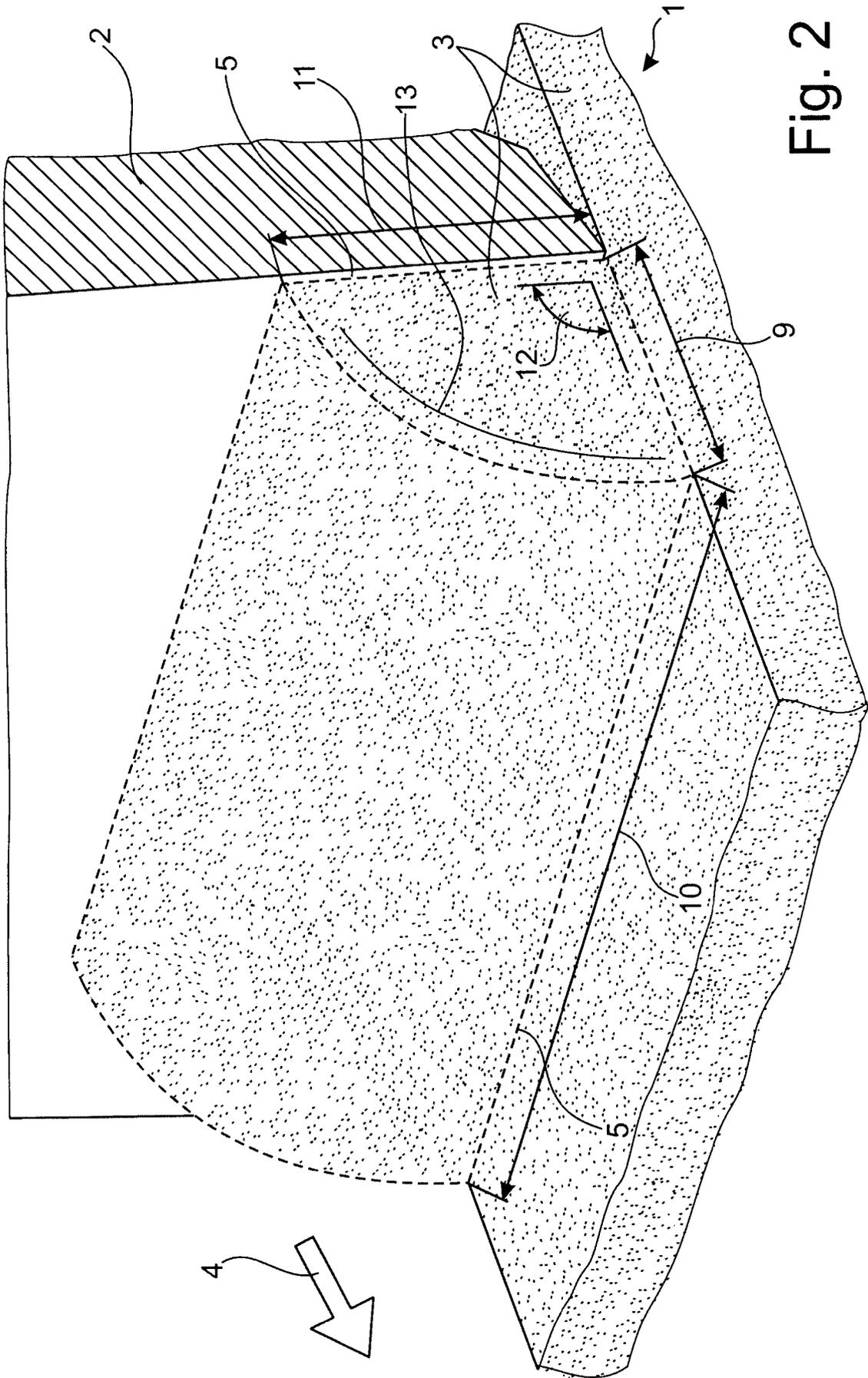


Fig. 2

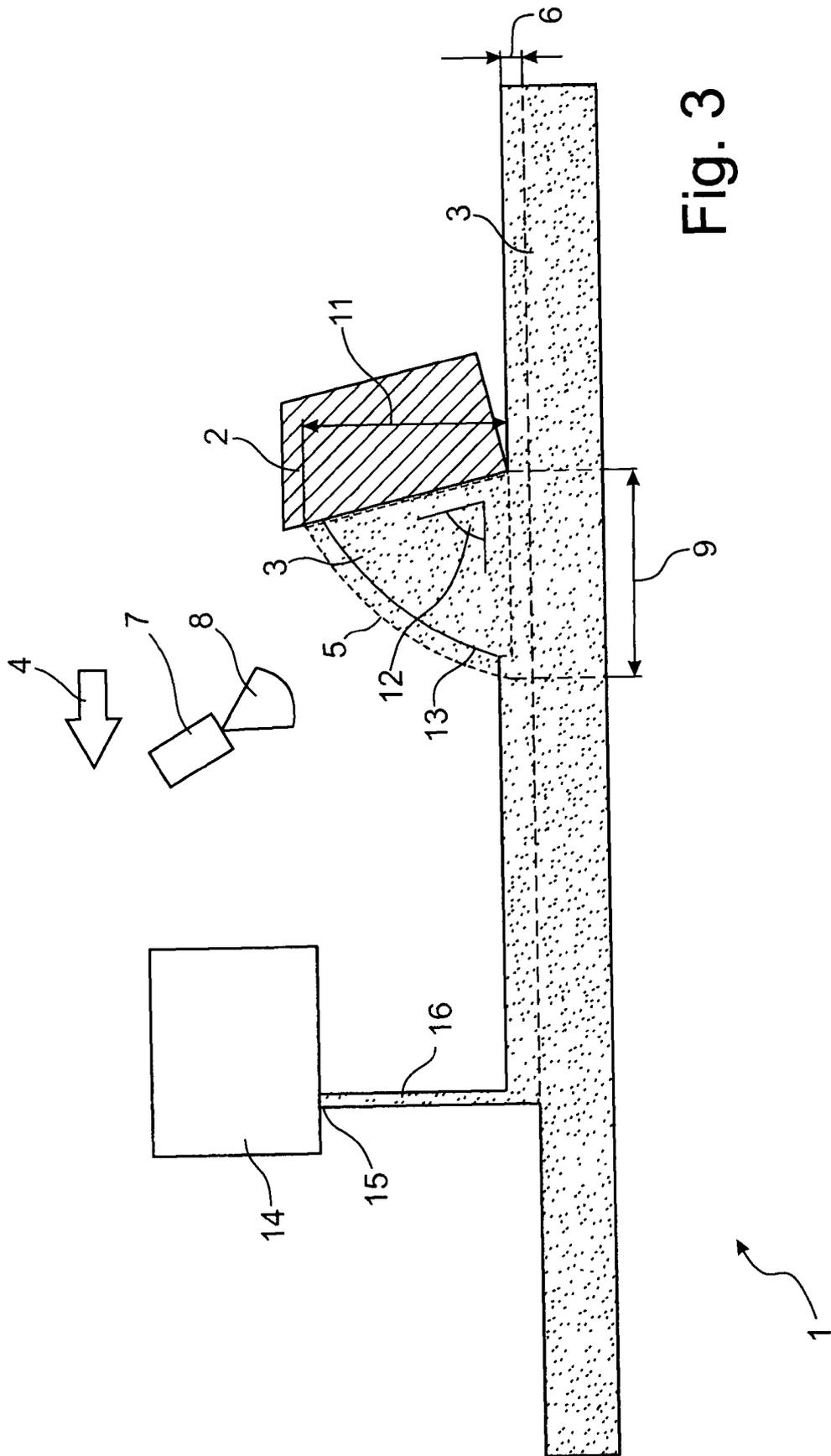


Fig. 3

