

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. März 2020 (26.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/057773 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

B29C 64/393 (2017.01) B33Y 50/02 (2015.01)  
B29C 64/35 (2017.01) B33Y 30/00 (2015.01)  
B29C 64/106 (2017.01) B33Y 10/00 (2015.01)  
B29C 64/209 (2017.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/000272

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. September 2019 (19.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
LU100933 20. September 2018 (20.09.2018) LU

(71) Anmelder: **BIGREP GMBH** [DE/DE]; Gneisenastraße 66, 10961 Berlin (DE).

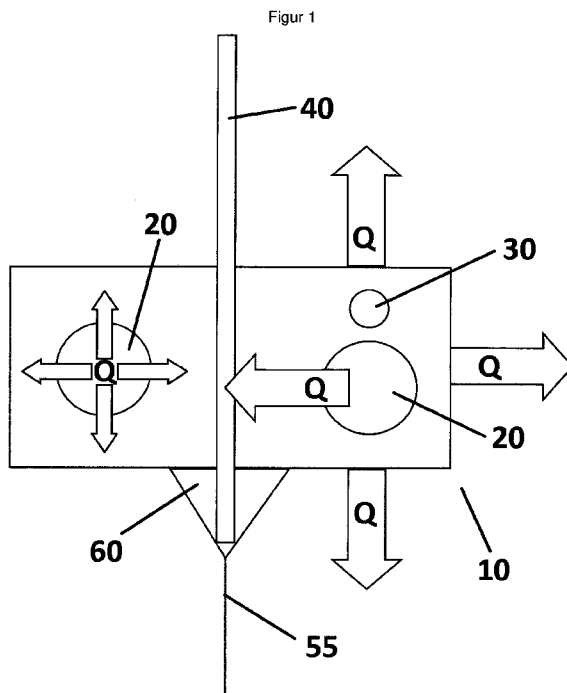
(72) Erfinder: **WORMS, Paul**; c/o BigRep GmbH, Gneisenastraße 66, 10961 Berlin (DE). **RUIVO, Diego**; c/o BigRep GmbH, Gneisenastraße 66, 10961 Berlin (DE).

(74) Anwalt: **LINDERMAYER, Ludwig**; ABP Burger Rechtsanwalts-gesellschaft mbH, Herzog-Wilhelm-Straße 17, 80331 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) Title: NOZZLE MELT ACCUMULATION DETECTION

(54) Bezeichnung: DÜSENSCHMELZEAKKUMULATIONSERKENNUNG



(57) Abstract: The present application concerns a method and a device for detecting material accumulation (55) in a material application machine. The present application comprises a method for detecting material accumulation (55) on a 3D-printing hot end (10) which comprises steps of sensing a temperature at a hot end (10). The method also comprises the step of sensing a heat output at the hot end (10). The step of calculating a ratio of the sensed temperature and the sensed heat output is also included. A step of comparing the calculated ratio with a limit value, and also a step of carrying out an action on the basis of the result of the comparison are similarly included. The device for detecting material accumulation in a material application machine comprises a hot end (10) with at least one heating device (20), a temperature sensor (30), a temperature control and a device for evaluating data of the heating device and the temperature sensor (30).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Anmeldung hat ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung von Materialakkumulation (55) in einer Materialauftragsmaschine zum Gegenstand. Die vorliegende Anmeldung umfasst ein Verfahren zur Erkennung von Materialakkumulation (55) an einem 3D-Druck-Hotend (10) die Schritte vom Erfassen einer Temperatur an einem Hotend (10). Weiterhin umfasst das Verfahren den Schritt des Erfassens einer Heizleistung an dem Hotend (10). Weiterhin wird der Schritt des Berechnens eines Verhältnisses der erfassten Temperatur und der erfassten Heizleistung umfasst. Ein Schritt des Vergleichens des berechneten Verhältnisses mit einem Grenzwert, sowie ein Schritt der Durchführung einer Handlung basierend auf dem Ergebnis des Vergleiches sind ebenso



WO 2020/057773 A1

NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,  
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

umfasst. Die Vorrichtung zur Erkennung von Materialakkumulation in einer Materialauftragsmaschine umfasst ein Hotend (10) mit zumindest einer Heizeinrichtung (20), einen Temperatursensor (30), eine Temperaturregelung und einer Einrichtung zum Auswerten von Daten der Heizeinrichtung und des Temperatursensors (30).

-1-

BeschreibungTITEL: DÜSENSCHMELZEAKKUMULATIONSERKENNUNG

5 [0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft Verfahren und Vorrichtungen zur Erkennung einer Materialakkumulation an einer Düse einer additiven Fertigungsmaschine bzw. einer Materialauftragsmaschine.

[0002] Bei additiven Materialauftragsverfahren bzw. 3D-Druckverfahren kann es auf Grund von Haftungsverlust dazu kommen, dass sich das in der Erstellung  
10 befindliche Werkstück von der Bauplattform löst und an der Düse bzw. dem sogenannten Hotend bzw. Druckkopf anhaftet. Dies kann weiterhin dazu führen, dass sich z.B. extrudierte Schmelze bzw. Auftragsmaterial bei Kunststoffdruck am Hotend akkumuliert und das Hotend, den Druckkopf oder sogar die additive Fertigungsmaschine beschädigen kann. Bisher gibt es keine Lösung oder Sensorik  
15 um diesen Effekt zu erkennen.

[0003] Ein Druckkopf einer additiven Fertigungsmaschine umfasst unter anderem ein Hotend. Das Hotend ist ein Heizblock in welchem beim 3D-Druckverfahren insb. beim FDM-Verfahren (Fused Depositioning Modelling) und FFF-Verfahren (Fused  
20 Filament Fabrication) ein Auftragsmaterial aus Kunststoff bzw. Kunststofffilament bzw. Kunststoffgranulat in seinen plastischen Temperaturbereich aufgeheizt wird, um es zu extrudieren und so ein Werkstück schichtweise herzustellen. Das Hotend umfasst unter anderem die Düse, aus welchem der erhitzte Kunststoff austritt.

[0004] Wenn der obengenannte Effekt des Haftungsverlusts des in der Erstellung befindlichen Werkstücks auftritt, kann das Werkstück an der Düse und/oder dem  
25 Hotend anhaften. Weiter extrudiertes Filament kann sich an dem Hotend angehafteten Werkstück sammeln und aufbauen. Da additive Fertigungsmaschinen üblicherweise zum Beispiel während der Nacht oder dem Wochenende arbeiten, kann die Ablösung des Werkstücks und der Akkumulierung längere Zeit nicht erkannt werden. Dadurch können nicht nur die Düse oder das Hotend beschädigt  
30 werden, sondern auch weitere Bauteile und schlimmstenfalls die additive

-2-

Fertigungsmaschine, weil die Akkumulierung zum Beispiel leicht ein Gewicht erreichen kann, für welches die Mechanik der additiven Fertigungsmaschine nicht ausgelegt ist. Problematisch ist auch, wenn sich die Akkumulation zwischen Extruder und Druckoberfläche bzw. Bauplattform befindet und größer wird. Durch diese Ausdehnung entstehen hohe Kräfte die sogar das Hotend nach oben drücken und/oder die gesamte Achse verbiegen können.

[0005] Bisher werden gattungsgemäße Hotends gelegentlich mit Silikon bzw. Teflon verkleidet oder beschichtet, um so ein Anhaften eines abgelösten Werkstücks zu verhindern oder erschweren. Allerdings kann eine Akkumulierung dennoch auftreten, wenn sich das abgelöste Bauteil (mechanisch) am Hotend oder anderen Bauteilen des Druckkopfs wie Lüftern oder auch Spalten zwischen den Bauteilen des Druckkopfs verfängt oder anhafet. Wenn dies geschieht können auch bei den verkleideten bzw. beschichteten Hotends die oben genannten Schäden auftreten.

[0006] Der Kunststoff kann dem Hotend durch beliebige Vorrichtungen zugeführt werden, wie zum Beispiel Filamentextruder oder Schneckenextruder bzw. Granulatruder.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Anmeldung ist es daher ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, mit welcher die obengenannten Nachteile verhindert werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der beigefügten unabhängigen Ansprüche gelöst, wobei zweckmäßige Ausführungsformen durch die Merkmale der Unteransprüche beschrieben sind.

[0009] Die unten beschriebenen Verfahren basieren auf der Erkenntnis und dem Effekt, dass eine Materialakkumulation am Hotend eine isolierende Wirkung hat. Dies bedeutet, dass das Hotend weniger Heizleistung benötigt, um das Auftragsmaterial in seinen plastischen Temperaturbereich aufzuheizen bzw. eine bestimmte Temperatur zu halten.

[0010] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Anmeldung umfasst ein Verfahren Erkennung von Materialakkumulation an einem 3D-Druck-Hotend die Schritte vom Erfassen einer Temperatur an einem Hotend. Weiterhin umfasst das Verfahren den Schritt des Erfassens einer Heizleistung an dem Hotend. Weiterhin wird der Schritt des Berechnens eines Verhältnisses der erfassten Temperatur und der erfassten Heizleistung umfasst. Ein Schritt des Vergleichens des berechneten Verhältnisses mit einem Grenzwert, sowie ein Schritt der Durchführung einer Handlung basierend auf dem Ergebnis des Vergleiches sind ebenso umfasst.

[0011] Vorteilhafterweise wird durch das Berechnen des Verhältnisses der erfassten Temperatur und der erfassten Heizleistung zueinander, eine Temperaturabhängigkeit vermieden.

[0012] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung kann ein Gradient des Verhältnisses von erfasster Temperatur und erfasster Heizleistung bestimmt werden und die Handlung basierend auf diesem Gradienten durchgeführt werden.

[0013] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Anmeldung umfasst ein Verfahren Erkennung von Materialakkumulation an einem 3D-Druck-Hotend die Schritte vom Erfassen einer Heizleistung an einem Hotend. Weiter wird der erfasste Heizwert mit einem Grenzwert verglichen. Schließlich wird eine Handlung basierend auf dem Ergebnis des Vergleichs durchgeführt.

[0014] Der Grenzwert für den Heizwert kann zum Beispiel für jedes Hotend und Düse d.h. jede Konfiguration empirisch ermittelt werden damit das Verfahren zuverlässig arbeiten kann. Ebenso kann der Grenzwert für den Heizwert rechnerisch ermittelt werden. Bei der Ermittlung kann eine Bauraumtemperatur ebenso berücksichtigt werden, da zum Beispiel bei einer Heizung des Bauraums weniger Heizleistung benötigt wird. Ebenfalls kann der Einfluss einer Lüftung des Bauraums und/oder Hotends berücksichtigt werden. Wenn zum Beispiel eine Lüftung des Bauraums und/oder Hotends eingeschaltet ist, wird mehr Heizleistung benötigt, als bei ausgeschalteter Lüftung. Ebenfalls hat eine beheizte Bauplattform

Einfluss auf die Heizleistung. Wenn das Hotend zum Beispiel nahe an der heißen Bauplattform befindlich ist bzw. drückt, wird weniger Heizleistung benötigt.

[0015] Die oben genannten Grenzwerte können weiterhin zumindest eines sein von: einstellbar, während eines Druckvorganges einstellbar (z.B. bei Materialwechsel) Die Grenzwerte für das jeweilige Material und Konfiguration (verschiedene Hotends, verschiedene Düsen, Bauraumtemperatur, Temperatur der Bauplattform, Betriebszustand der Lüftung) in der Steuerung hinterlegt werden. Sobald das Material gewechselt wird, oder der die Konfiguration geändert wird, wird automatisch der Grenzwert geändert.

10 [0016] Vorteilhafterweise wird durch das Erfassen des Heizwertes und das Vergleichen des Heizwertes mit dem Grenzwert eine einfach zu implementierende Erkennung einer Materialakkumulation ermöglicht.

15 [0017] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung kann die Handlung zumindest eines sein von: Ausgabe einer Benachrichtigung, Abbrechen eines Druckvorgangs, Pausieren eines Druckvorgangs, Verfahren des Hotends in der Vertikalen bezüglich der Bauplattform bzw. dem in Druck befindlichen Werkstück, Anfahren einer Reinigungsstation mit dem Hotend, Reinigen des Hotends durch eine Reinigungseinrichtung.

20 [0018] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung kann der Schritt des Vergleichens erst beim Erreichen einer bestimmten Heizleistung oder Temperatur durchgeführt werden. Dies kann von Vorteil sein, da sowohl in der Aufheizphase vor dem Druck, als auch in der Abkühlphase nach dem Druck bzw. der Erstellung eines Werkstücks der Schritt des Vergleichens eine Störung oder Materialakkumulation fehl-detektieren könnte.

25 [0019] Der Schritt des Vergleichens kann wahlweise auch durch den ersten Befehl zur Materialextrusion im Programmcode gestartet und durch den letzten Befehl zur Materialextrusion beendet werden. Mit anderen Worten kann der Schritt des Vergleichens mit oder nach dem Beginn eines Materialauftrags erfolgen und/oder der Schritt des Vergleichens kann mit oder nach dem Ende des Materialauftrags

beendet werden. Ebenso ist für die Durchführung des Schritts des Vergleichens eine Kombination aus dem Erreichen einer bestimmten Heizleistung oder Temperatur und dem Befehl zur Materialextrusion möglich.

5 [0020] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung kann der Schritt des Vergleichens mit einem Mittelwert von Temperatur und/oder Heizleistung durchgeführt werden. Der Mittelwert kann über einen definierten Zeitraum bzw. ein definiertes Zeitintervall ermittelt werden. Es kann von Vorteil sein einen Mittelwert für den Vergleich zu verwenden, da somit ein konstanterer Vergleich entsteht und Peaks bzw. Spitzen, welche möglicherweise die Handlung  
10 auslösen, dadurch gemindert werden.

[0021] Das Zeitintervall für den Mittelwert stellt gewissermaßen eine Filterfunktion für den Mittelwert bzw. das Signal des Mittelwerts dar. Das Zeitintervall sollte nicht zu kurz sein, weil dann das Signal verrauscht wird. Das Zeitintervall sollte auch nicht zu lang sein, damit eine Akkumulation schnell erkannt wird (vorzugsweise innerhalb  
15 von max. 30 min) und damit nicht zu viel Rechenleistung in der Steuerung benötigt wird. Bevorzugt wird ein Zeitintervall von 1 bis 5 Minuten verwendet. Besonders bevorzugt ein Intervall von 3 Minuten. Es soll weiterhin verstanden werden, dass jeder Einzelwert von 0 bis 30 Minuten in 30 Sekunden Schritten hier als explizit offenbart gilt, jedoch der Kürze wegen nicht aufgeführt wird.

20 [0022] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung kann eine Vorrichtung zur Erkennung von einer Materialakkumulation in einem 3D-Drucker ein Hotend oder Druckkopf mit zumindest einem Sensor umfassen. Der Sensor überwacht das Hotend, sodass eine Materialakkumulation detektiert werden kann.

[0023] Dazu kann der Sensor beispielsweise ein Näherungssensor im Bereich der  
25 Düse angeordnet sein, aus welcher das Kunststoffmaterial extrudiert wird. Wenn sich eine Materialakkumulation aufbaut, kann der Sensor die Materialakkumulation detektieren und ein Signal an die Steuerung schicken, um zumindest eine der oben genannten Handlungen auszulösen.

[0024] Der Sensor kann beispielsweise auch eine Lichtschranke sein, welche zumindest einen Teil des Hotends überwacht. Wenn sich eine Materialakkumulation aufbaut, wird ab einer gewissen Größe der Materialakkumulation der Sensor die Materialakkumulation detektieren und ein Signal an die Steuerung schicken, um  
5 zumindest eine der oben genannten Handlungen auszulösen.

[0025] Die Sensoren müssen am Hotend bzw. Druckkopf so angeordnet werden, dass diese durch das im Druck befindliche Werkstück nicht beeinflusst werden können, um Fehldetektionen zu vermeiden.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Anmeldung kann eine  
10 Vorrichtung zur Erkennung von Materialakkumulation in einem 3D-Drucker mit einem Kamerasystem umfassen, welches ein Hotend überwacht. Durch die visuelle Überwachung und entsprechende Bildbearbeitung kann eine Materialakkumulation erkannt und ein Signal an die Steuerung geschickt werden, um zumindest eine der oben genannten Handlungen auszulösen.

[0027] Eine Materialauftragsmaschine kann weiterhin eine der obigen  
15 Vorrichtungen zur Erkennung von einer Materialakkumulation umfassen und weiterhin ein Hotend mit einer Reinigungseinrichtung und/oder die Materialauftragsmaschine kann eine Reinigungsstation umfassen. Die Reinigungseinrichtung kann am Hotend angeordnet sein und im Falle einer  
20 Erkennung einer Materialakkumulation aktiviert werden und z.B. durch einen Wischer oder ein Messer die Materialakkumulation entfernen. Die Reinigungsstation kann durch den Druckkopf bzw. das Hotend angefahren werden und den Druckkopf reinigen und die Materialakkumulation entfernen.

[0028] Die oben genannten Merkmale können beliebig untereinander kombiniert  
25 werden. Insbesondere können die Vorrichtungsmerkmale in die Verfahren übernommen werden und umgekehrt.

[0029] Weitere Vorteile und Eigenschaften der Offenbarung ergeben sich aus der folgenden, rein illustrativen und in keiner Weise beschränkenden Beschreibung

einer bevorzugten Ausführungsform der Offenbarung, unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren; darin zeigt:

[0030] Figur 1 eine schematische Ansicht eines 3D-Druck-Hotends.

[0031] Figur 2 eine schematische Ansicht eines Hotends mit Akkumulation.

5 [0032] Figur 3 eine Diagramm-Ansicht eines Verhältnisses von Temperatur und Heizwert.

[0033] Figur 4 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform.

[0034] Figur 5 ein Ablaufdiagramm einer weiteren Ausführungsform.

[0035] Unter anfänglicher Bezugnahme auf Figur 1 wird eine schematische  
10 Darstellung eines Hotends 10 für eine additive Fertigungsmaschine bzw. einen 3D-Drucker gegeben. Das Hotend 10 umfasst zumindest eine Heizung 20 (in der gegebenen Darstellung zwei Heizungen 20), zumindest einen Temperatursensor 30 und eine Düse 60. Filament 40 wird dem Hotend 10 in der Darstellung der Figuren 1 und 2 von oben zugeführt. Das Filament 40 wird im Hotend 10 durch die von den  
15 Heizungen 20 bereitgestellte Wärmeenergie bzw. dem Wärmestrom  $\dot{Q}$  (Pfeile Q) in seinen jeweiligen plastischen Bereich aufgeheizt und durch die Düse 60 als Auftragsmaterial 55 aus dem Hotend 10 ausgetragen. Die Pfeile Q geben an, dass sich der von den Heizungen 20 erzeugte Wärmestrom in alle Richtungen verteilt / strömt und nicht nur an das Filament 40 abgegeben wird. Vereinfacht ausgerückt  
20 heizt das Hotend 10 ebenfalls seine Umgebung.

[0036] Der Temperatursensor 30 ist mit einer Regelungseinheit (nicht gezeigt) des Hotends 10 verbunden, welche auch die Heizungen 20 regelt. Damit kann eine Temperaturregelung am Hotend 10 erreicht werden. Die Regelung erfasst außerdem eine Heizleistung der zumindest einen Heizung. Dies geschieht durch  
25 eine Leistungsmessung eines Heizwiderstands der Heizungen. Alternativ erfasst die Regelung über den Temperatursensor 30 die Temperatur und sendet entsprechende Heizsignale an die Heizungen 20. Diese Heizsignale können ausgelesen bzw. erfasst und damit die Heizleistung bestimmt werden.

-8-

[0037] Figur 2 zeigt das Hotend 10 der Figur 1, jedoch in den Fall, dass sich eine Materialakkumulation 55 gebildet hat. Filament 40, welches durch den über die Heizungen 20 zugeführten Wärmestrom in seinen plastischen Bereich gebracht worden ist, hat sich in Figur 2 an der Düse 60 gesammelt und die Materialakkumulation 55 gebildet. Diese Materialakkumulation 55 verstopft die Düse 60 und verhindert, dass das Auftragsmaterial 50 vom Hotend 10 weggefördert werden kann.

[0038] Figur 3 zeigt ein Diagramm eines Verhältnisses von Temperatur des Hotends 10 erfasst durch den Temperatursensor 30 zur Heizleistung der Heizungen 20. Auf der Abszissenachse ist die Druckdauer  $t$  in Minuten angetragen und an der Ordinatenachse das Verhältnis von Temperatur zur Heizleistung am Hotend 10. Figur 3 dient lediglich zur Veranschaulichung des Effekts. Im linken Teil des Diagramms der Figur 3, vor dem mit B bezeichneten Anstieg stellt sich das Verhältnis knapp unterhalb des Werts 1 ein. Ein Anhaftungsversuch und damit ein Anstieg des Verhältnisses wird mit A gekennzeichnet. Nach der mit A bezeichneten Spitze im Verhältnis geht der Wert wieder auf knapp unter 1 zurück. Beim Anstieg B (gemittelte Gerade) bildet sich dann über einen Zeitraum von ca. 30min (mit  $\Delta t$  bezeichnet) eine Materialakkumulation am Hotend. Durch die Isolierwirkung der Materialakkumulation (weiter unten detaillierter beschrieben) steigt das Verhältnis um ca. das Doppelte auf einen Wert von knapp unter 2. Danach steigt das Verhältnis zwar stetig, aber moderater an. Dieser Bereich ist mit der gemittelten Geraden C in Figur 3 bezeichnet.

[0039] Der Anstieg bzw. Gradient ist in B steiler, weil im Bereich der Geraden C das Hotend bereits komplett durch eine Materialakkumulation eingehüllt ist. Damit wird in diesem Zustand die Materialakkumulation langsam größer und die Isolationswirkung der Materialakkumulation nimmt langsamer zu als im Bereich des Gradienten B. Der Volumenstrom bzw. Massenstrom des Auftragsmaterials 50 durch die Düse 60 ist im Wesentlichen identisch zwischen B und C. Durch den höheren Gegendruck im Bereich C ist der Volumenstrom bzw. Massenstrom etwas geringer, als in den Bereich A und B. Der Unterschied ist, dass das Hotend teilweise

eingehüllt ist (B) und vollständig eingehüllt ist (C) und daher der Gradient bzw. die Gerade im Bereich C flacher verläuft.

[0040] In Figur 4 ist ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. In einem Schritt S1 wird die Temperatur des Hotends erfasst. Dies kann über vorzugsweise über einen im Hotend vorhandenen Temperatursensor erfolgen, der herkömmlicherweise zur Temperaturregelung des Hotends verwendet wird.

[0041] In einem Schritt S1a wird ein Vergleich durchgeführt, ob die im Schritt 1 erfasste Temperatur größer oder gleich ein Schwellenwert ist. Dieser Schwellenwert ist frei wählbar oder programmierbar. Der Schwellenwert dient dazu in der Aufheiz- oder Abkühlphase des Hotends die nach dem Schritt S1a folgenden Schritte nicht auszuführen, da diese Aufheiz- oder Abkühlphasen für die Erkennung einer Materialakkumulation von geringerer Relevanz sind.

[0042] Wenn die im Schritt S1 erfasste Temperatur kleiner ist, als der Schwellenwert, erfolgt ein Rücksprung auf Schritt S1. Wenn die im Schritt 1 erfasste Temperatur größer oder gleich dem Schwellenwert ist, erfolgt der nachfolgende Schritt S2.

[0043] In Schritt S2 wird die Heizleistung am Hotend erfasst. Dabei werden vorzugsweise bereits aus der Temperaturregelung des Hotends vorhandene Daten verwendet. Es können beispielsweise die Heizsignale verwendet werden, die zur Regelung der Heizpatronen bzw. Heizung gesendet werden.

[0044] Im nachfolgenden Schritt S3 wird ein Verhältnis der in Schritt S1 erfassten Temperatur mit der in Schritt S2 erfassten Heizleistung berechnet. Bevorzugt ist dies das eine Verhältnis von Temperatur zu Heizleistung. Eine weitere durchführbare Möglichkeit ist das Verhältnis von Heizleistung zu Temperatur. Hier jedoch kann nachteilig sein, dass dadurch ein Signal entsteht, welches nach unten ausschlägt.

[0045] Im nachfolgenden Schritt S4 wird das in Schritt S3 berechnete Verhältnis mit einem frei wählbaren oder frei programmierbaren Grenzwert verglichen. Die

Grenzwerte sind beliebige Zahlenwerte. Die Heizwerte können bei einer 8-Bit Auflösung zwischen 0-255 liegen. Die Zahlenwerte für die Grenzwerte können auf z.B. mit einer Nachkommastelle verwendet werden.

[0046] Wenn das in Schritt S3 berechnete Verhältnis kleiner als der Grenzwert ist, so folgt als nächstes der Schritt S1 und das Verfahren beginnt erneut. Wenn das in Schritt S3 berechnete Verhältnis gleich dem oder größer als der Grenzwert ist, so folgt als nächstes der Schritt S5.

[0047] In Schritt S5 wird zumindest eine Handlung durchgeführt von Ausgabe einer Benachrichtigung, Abbrechen des Druckvorgangs, Pausieren des Druckvorgangs, Verfahren des Hotends in der Vertikalen bezüglich einer Bauplattform oder dem Werkstück, Anfahren einer Reinigungsstation mit dem Hotend, Reinigen des Hotends durch eine Reinigungseinrichtung.

[0048] In Figur 5 ist ein Ablaufdiagramm eines weiteren Verfahrens nach einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. In einem Schritt S1 wird die Heizleistung am Hotend erfasst. Dabei werden vorzugsweise bereits aus der Temperaturregelung des Hotends vorhandene Daten verwendet. Dies können wie oben genannt beispielsweise die Heizsignale sein.

[0049] In einem Schritt S1a wird ein Vergleich durchgeführt, ob die im Schritt 1 erfasste Heizleistung größer oder gleich ein Schwellenwert ist. Dieser Schwellenwert ist frei wählbar oder programmierbar. Der Schwellenwert dient dazu in der Aufheiz- oder Abkühlphase des Hotends die nach dem Schritt S1a folgenden Schritte nicht auszuführen, da diese Aufheiz- oder Abkühlphasen für die Erkennung einer Materialakkumulation von geringerer Relevanz sind.

[0050] Wenn die im Schritt S1 erfasste Heizleistung kleiner ist, als der Schwellenwert, erfolgt ein Rücksprung auf Schritt S1. Wenn die im Schritt 1 erfasste Heizleistung größer oder gleich dem Schwellenwert ist, erfolgt der nachfolgende Schritt S2.

[0051] Im nachfolgenden Schritt S2 wird die in Schritt S1 erfasste Heizleistung mit einem frei wählbaren und/oder frei programmierbaren Grenzwert verglichen.

-11-

[0052] Wenn die in Schritt S1 erfasste Heizleistung größer als der Grenzwert ist, so folgt als nächstes der Schritt S1 und das Verfahren beginnt erneut. Wenn die in Schritt S1 erfasste Heizleistung gleich dem oder kleiner als der Grenzwert ist, so folgt als nächstes der Schritt S3. Im Vergleich zum Verfahren von Figur 4 stellt der Grenzwert eine Art Mindestheizleistung dar, da durch eine Materialakkumulation der oben genannte Isoliereffekt auftritt und damit die benötigte Heizleistung geringer wird.

[0053] In Schritt S5 wird zumindest eine Handlung durchgeführt von Ausgabe einer Benachrichtigung, Abbrechen des Druckvorgangs, Pausieren des Druckvorgangs, Verfahren des Hotends in der Vertikalen bezüglich einer Bauplattform oder dem Werkstück, Anfahren einer Reinigungsstation mit dem Hotend, Reinigen des Hotends durch eine Reinigungseinrichtung.

15

20

-12-

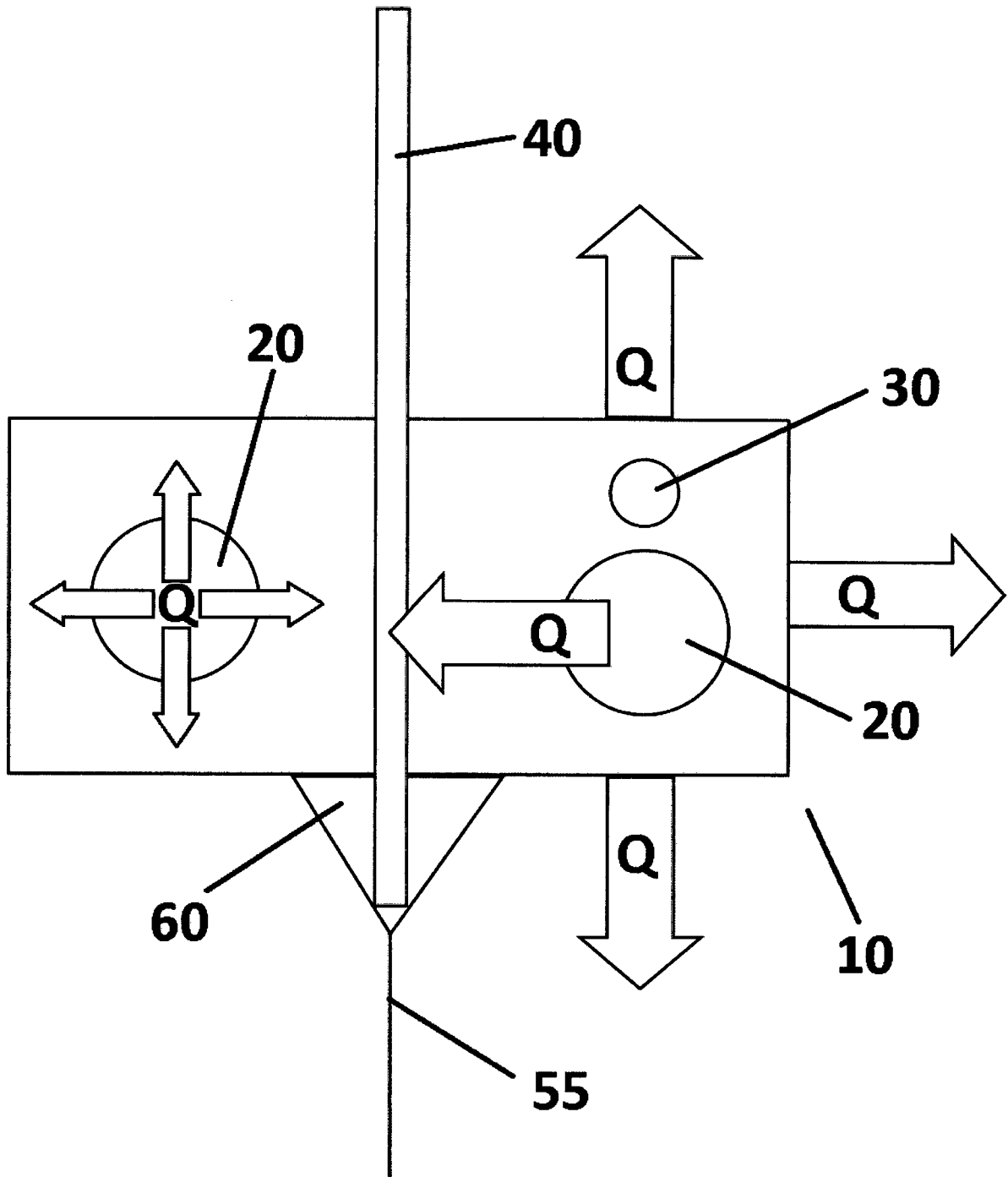
Ansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Materialakkumulation an einem 3D-Druck-Hotend, umfassend die Schritte:
  - 5 Erfassen einer Temperatur an dem Hotend;
  - Erfassen einer Heizleistung an dem Hotend;
  - Berechnen eines Verhältnisses von Temperatur und Heizleistung;
  - Vergleichen des berechneten Verhältnisses mit einem Grenzwert;
  - 10 Durchführen einer Handlung basierend auf dem Vergleich.
2. Verfahren zur Erkennung von Materialakkumulation an einem 3D-Druck-Hotend, umfassend die Schritte:
  - Erfassen einer Heizleistung an dem Hotend;
  - Vergleichen der Heizleistung mit einem Grenzwert;
  - 15 Durchführen einer Handlung basierend auf dem Vergleich.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem ein Gradient des Verhältnisses bestimmt wird und die Handlung basierend auf dem Gradienten durchgeführt wird.  
20
4. Verfahren nach Anspruch 2, bei welchem ein Gradient der Heizleistung bestimmt wird und die Handlung basierend auf dem Gradienten durchgeführt wird.
- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei welchem die Handlung mindestens eines sein kann von:
  - Wiederholen der vorherigen Verfahrensschritte;
  - Ausgabe einer Benachrichtigung;
  - Abbrechen eines Druckvorgangs;
  - 30 Pausieren eines Druckvorgangs;
  - Verfahren des Hotends in der Vertikalen;
  - Anfahren einer Reinigungsstation mit dem Hotend;

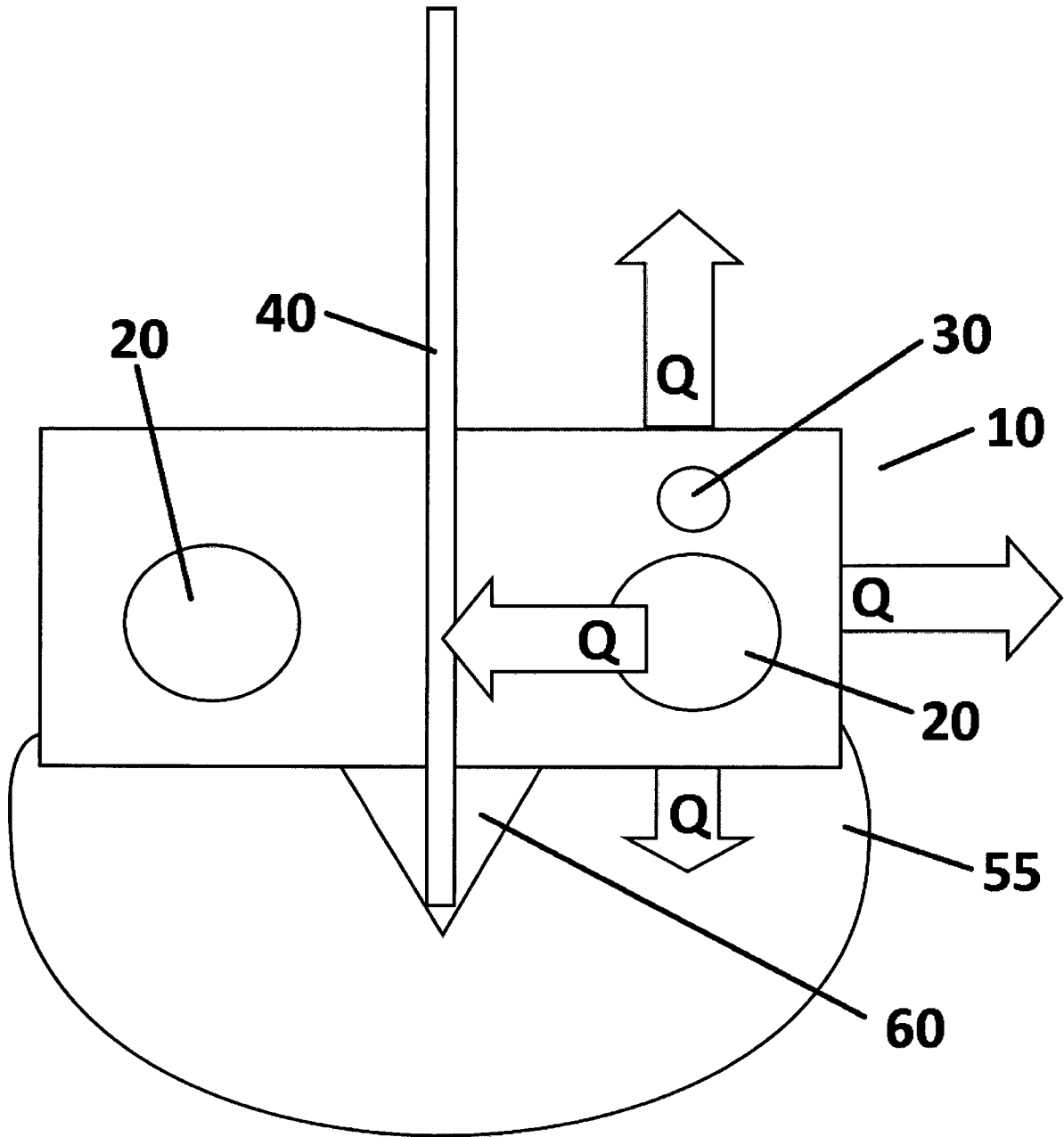
Reinigen des Hotends durch eine Reinigungseinrichtung.

- 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welchem der Schritt des Vergleichens erst nach Erreichen einer festgelegten Temperatur oder Heizleistung durchgeführt wird.
- 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei welchem der Schritt des Vergleichens mit oder nach dem Beginn eines Materialauftrags erfolgt und/oder der Schritt des Vergleichens mit oder nach dem Ende des Materialauftrags beendet wird.
- 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welchem der Schritt des Vergleichens mit einem Mittelwert durchgeführt wird, der über einen definierten Zeitraum ermittelt wurde.
- 20
9. Vorrichtung zur Erkennung von Materialakkumulation in einer Materialauftragsmaschine, umfassend ein Hotend mit zumindest einer Heizeinrichtung, einem Temperatursensor, einer Temperaturregelung und einer Einrichtung zum Auswerten von Daten der Heizeinrichtung und des Temperatursensors.
- 25
10. Vorrichtung zur Erkennung von Materialakkumulation in einer Materialauftragsmaschine, umfassend ein Hotend mit zumindest einem Sensor, wobei der Sensor zumindest teilweise das Hotend überwacht.
- 30
11. Materialauftragsmaschine, umfassend ein Hotend und ein Kamerasystem, wobei das Kamerasystem das Hotend überwacht.
12. Materialauftragsmaschine nach einem der Ansprüche 10 oder 11 oder mit der Vorrichtung nach Anspruch 9, welche weiterhin eine Reinigungseinrichtung am Hotend umfasst und/oder die Materialauftragsmaschine eine Reinigungsstation umfasst.

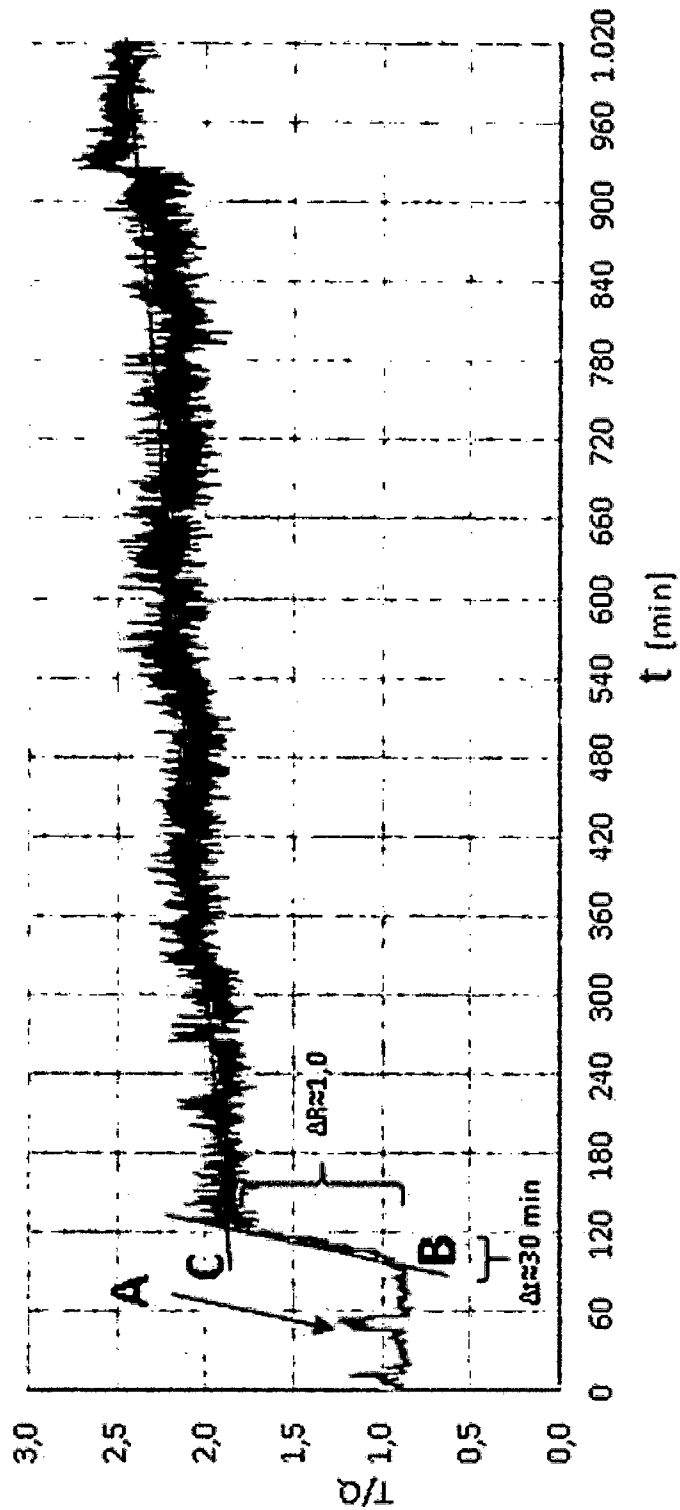
Figur 1



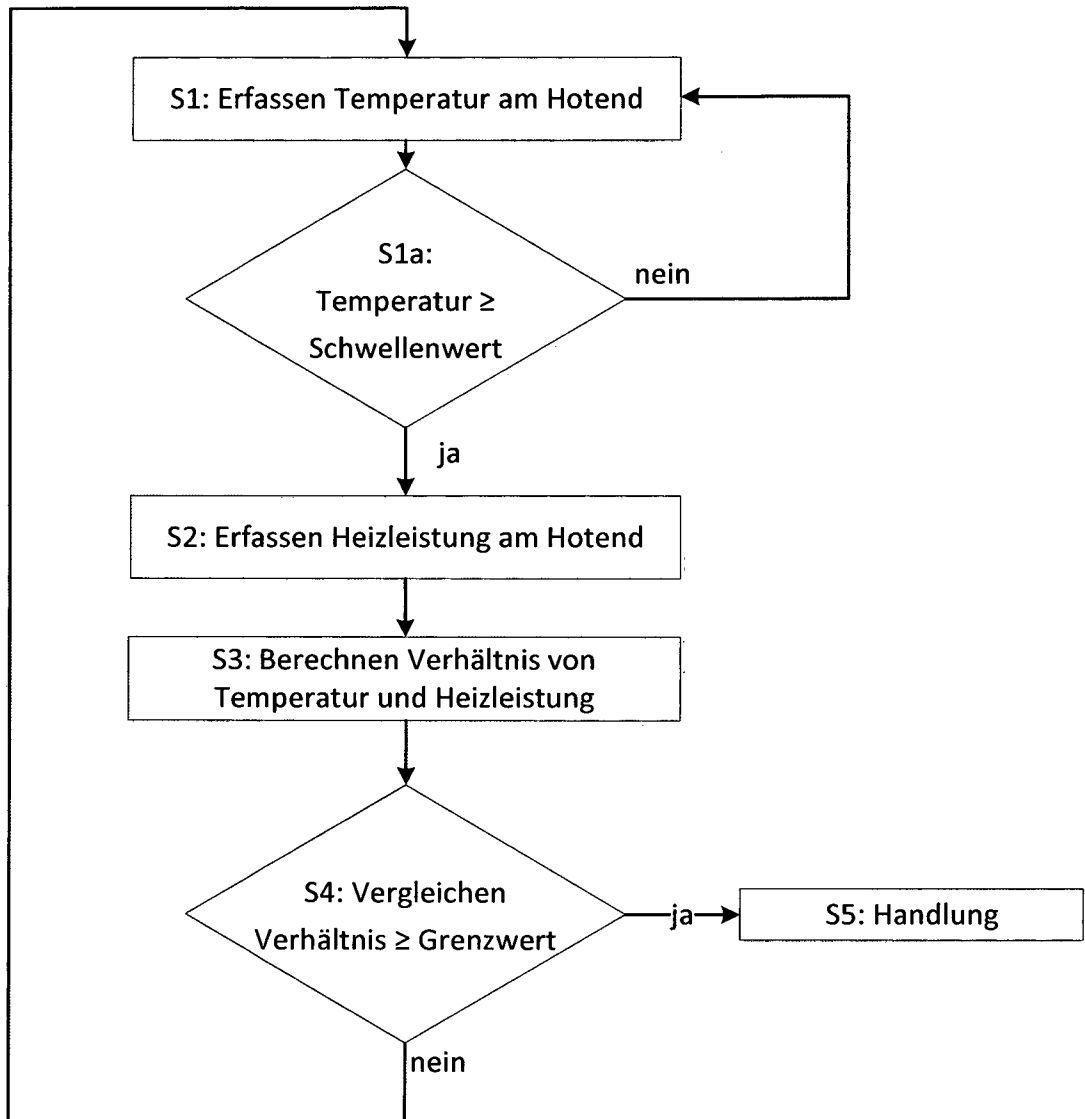
Figur 2



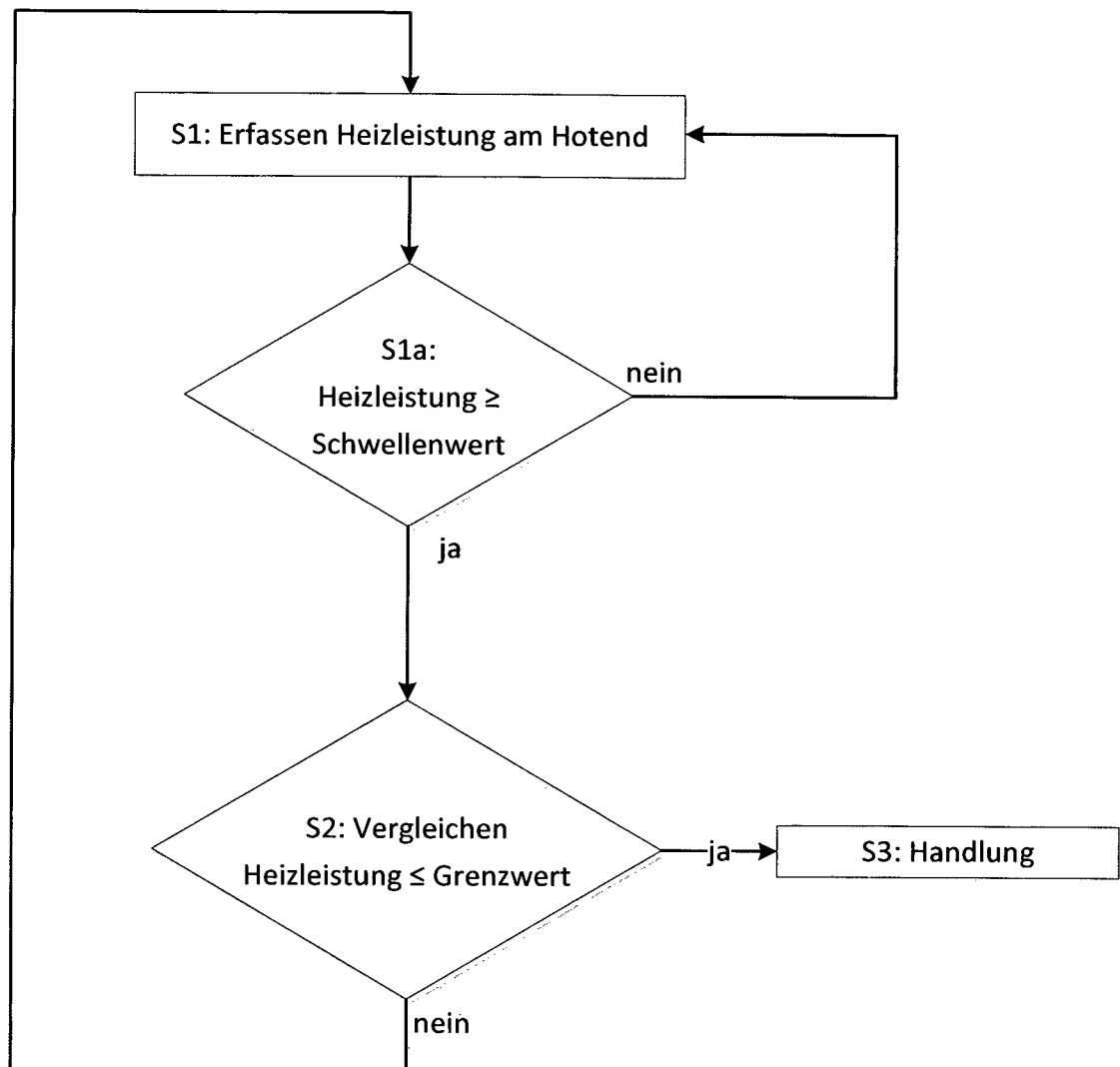
Figur 3



Figur 4



Figur 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/000272**

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>  |  |  |
|---|--|--|
| <i>B29C 64/393</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/35</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/106</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/209</i> (2017.01)i; <i>B33Y 50/02</i> (2015.01)i; <i>B33Y 30/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i   |  |  |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC   |  |  |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>   |  |  |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>B29C; B33Y   |  |  |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched   |  |  |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)<br>EPO-Internal  |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>   |  |  |
| Category*   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                 | Relevant to claim No.  |
| X<br>A  | WO 2017106978 A1 (HAGENBUCH PATRICK [CH]) 29 June 2017 (2017-06-29)<br>page 14, lines 13-24<br>page 9, lines 17-30 | 9-12<br>1-8  |
| A   | US 5303141 A (BATCHELDER JOHN S [US] ET AL) 12 April 1994 (1994-04-12)<br>column 5, lines 11-17                    | 1-12   |
| A   | US 2010021580 A1 (SWANSON WILLIAM J [US] ET AL) 28 January 2010 (2010-01-28)<br>paragraph [0037]                   | 1-12   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.  |  |  |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p> |  |  |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>07 January 2020</b>   |  | Date of mailing of the international search report<br><b>20 January 2020</b> |
| Name and mailing address of the ISA/EP<br><b>European Patent Office<br/>p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk<br/>Netherlands</b><br>Telephone No. (+31-70)340-2040<br>Facsimile No. (+31-70)340-3016   |  | Authorized officer<br><b>Van Wallene, Allard</b><br><br>Telephone No.        |

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

International application No.

**PCT/EP2019/000272**

| Patent document cited in search report |            |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |            |    | Publication date (day/month/year) |
|--|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|
| WO                                     | 2017106978 | A1 | 29 June 2017                      | NONE                    |            |    |                                   |
| US                                     | 5303141    | A  | 12 April 1994                     | JP                      | 2597778    | B2 | 09 April 1997                     |
|  |            |    |                                   | JP                      | H05345359  | A  | 27 December 1993                  |
|  |            |    |                                   | US                      | 5303141    | A  | 12 April 1994                     |
|  |            |    |                                   | US                      | 5402351    | A  | 28 March 1995                     |
| US                                     | 2010021580 | A1 | 28 January 2010                   | US                      | 2010021580 | A1 | 28 January 2010                   |
|  |            |    |                                   | WO                      | 2010011645 | A2 | 28 January 2010                   |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/000272

| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>INV. B29C64/393 B29C64/35 B29C64/106 B29C64/209 B33Y50/02<br>B33Y30/00 B33Y10/00<br>ADD.<br>Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC   |  |  |
|---|--|--|
| <b>B. RECHERCHIERTER GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )<br>B29C B33Y<br>Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen<br>Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>EPO-Internal  |  |  |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>  |  |  |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile           | Betr. Anspruch Nr.   |
| X   | WO 2017/106978 A1 (HAGENBUCH PATRICK [CH])<br>29. Juni 2017 (2017-06-29)                                     | 9-12   |
| A   | Seite 14, Zeilen 13-24<br>Seite 9, Zeilen 17-30  | 1-8  |
| A   | -----<br>US 5 303 141 A (BATCHELDER JOHN S [US] ET AL) 12. April 1994 (1994-04-12)<br>Spalte 5, Zeilen 11-17 | 1-12   |
| A   | -----<br>US 2010/021580 A1 (SWANSON WILLIAM J [US] ET AL) 28. Januar 2010 (2010-01-28)<br>Absatz [0037]      | 1-12   |
| <input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie   |  |  |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist |  | "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br>7. Januar 2020   |  | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts<br>20/01/2020  |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |  | Bevollmächtigter Bediensteter<br>Van Wallene, Allard   |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/000272

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 2017106978                                      | A1                            | 29-06-2017                        | KEINE                         |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 5303141   | A                             | 12-04-1994                        | JP 2597778 B2 09-04-1997      |
|  |                               |                                   | JP H05345359 A 27-12-1993     |
|  |                               |                                   | US 5303141 A 12-04-1994       |
|  |                               |                                   | US 5402351 A 28-03-1995       |
| -----  |                               |                                   |                               |
| US 2010021580                                      | A1                            | 28-01-2010                        | US 2010021580 A1 28-01-2010   |
|  |                               |                                   | WO 2010011645 A2 28-01-2010   |
| -----  |                               |                                   |                               |