



(10) **DE 10 2019 123 104 A1** 2021.03.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 123 104.3**
(22) Anmeldetag: **28.08.2019**
(43) Offenlegungstag: **04.03.2021**

(51) Int Cl.: **B29C 64/35 (2017.01)**
B33Y 40/00 (2020.01)

(71) Anmelder:
Kulzer GmbH, 63450 Hanau, DE

(72) Erfinder:
Ruppert, Klaus, Dr., 63477 Maintal, DE

(74) Vertreter:
**Schultheiss & Sterzel Patentanwälte PartG mbB,
60437 Frankfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2019 / 0 240 924 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Reinigen eines mit 3D-Druck hergestellten Objekts**

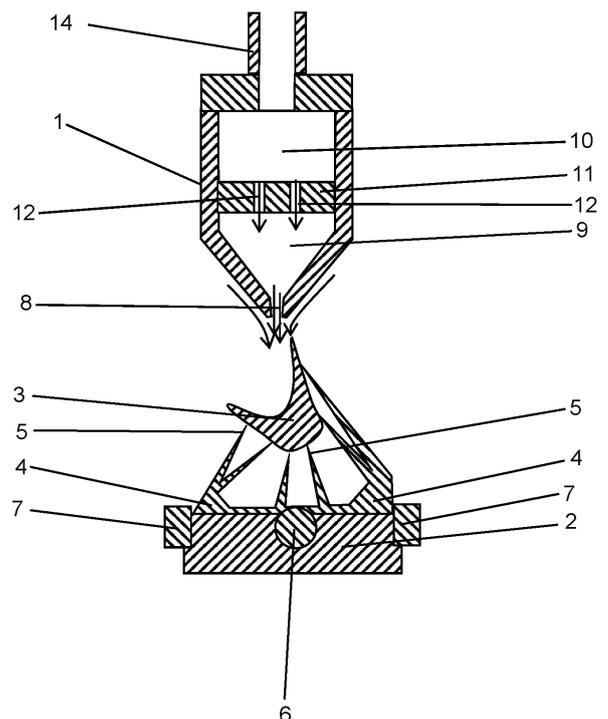
(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts (3), insbesondere eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten dentalen Formteils, das Verfahren aufweisend die Schritte:

A) Bereitstellen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts (3), wobei an der Oberfläche des Objekts (3) Reste eines Druckmediums anhaften, aus dem das Objekt (3) hergestellt wurde;

B) Erzeugen wenigstens eines Gasstroms mit zumindest einer Düse (1), wobei ein unter Druck stehendes Gas durch eine schlitzförmige Öffnung (8) der zumindest einen Düse (1) gedrückt wird;

C) Entfernen von an dem Objekt (3) anhaftenden Resten des Druckmediums mit dem wenigstens einen Gasstrom.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung hierzu und ein 3D-Drucksystem mit einer solchen Vorrichtung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Reinigen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts. Die Erfindung betrifft auch ein 3D-Drucksystem mit einer solchen Vorrichtung.

[0002] Neben handwerklichen Techniken gewinnen digitale Fertigungsmethoden auch im Dentalbereich immer mehr an Bedeutung. Zahnersatz und andere dentale Formteile, wie zum Beispiel Kronen, Brücken und 3-dimensionale Modelle des Mundraums eines Patienten, werden seit einigen Jahren mittels CAD/CAM-Technologien subtraktiv in Fräsverfahren hergestellt (CAM - Computer-Aided Manufacturing, Deutsch: rechnerunterstützte Fertigung, CAD - Computer-Aided Design, Deutsch: rechnerunterstützte Konstruktion).

[0003] Ein CAD/CAM-Verfahren zur Herstellung einer Dentalprothese ist aus der WO 91/07141 A1 bekannt, wobei bei diesem Verfahren eine Prothesenbasis auf der Basis eines Abdrucks aus einem Kunststoffblock gefräst wird.

[0004] Ferner gewinnen generative CAM-Verfahren wie Stereolithographie und DLP (Digital light processing) für Dentalprodukte auf Polymerbasis wie zum Beispiel Provisorien, Prothesen, KFO-Apparaturen (Kiefer-Orthopädie-Apparaturen), Aufbisschienen, Bohrschablonen oder Dentalmodellen immer mehr an Bedeutung.

[0005] Stereolithographie wird derzeit eingesetzt, um Prototypen oder Bauteile aus Kunststoff herzustellen. Stereolithographie (SLA) ist ein technisches Prinzip des Rapid Prototyping oder des Rapid-Manufacturing, bei dem ein Werkstück durch im Raum sich verfestigende Punkte schichtweise aufgebaut wird. Die Fertigung eines Objekts oder mehrerer Objekte gleichzeitig erfolgt üblicherweise vollautomatisch aus am Computer erstellten CAD-Daten. Das Prinzip wurde bereits 1984 durch den US-Physiker Chuck Hull entwickelt und mit der Patentanmeldung US 4 575 330 A zum Patent angemeldet. Bei 3D-Druckverfahren, die auf Stereolithographie basieren, wird ein Objekt durch Lichtpolymerisation eines flüssigen unpolymerisierten Kunststoffs erzeugt. Solche stereolithographischen 3D-Drucker sind beispielsweise aus der US 2017/291 356 A1 und der EP 3 174 693 B1 bekannt.

[0006] Im 3D Workflow (SLA-, DLP-Verfahren) müssen nach dem 3D-Druck und vor dem Nachhärten (Postcuring) die Bauteiloberflächen von unpolymerisiertem Harz (dem Druckmedium) gereinigt werden. Die sorgfältige Reinigung der Bauteile ist insbesondere für die Maßhaltigkeit enorm wichtig, da durch anhaftende Harz-Reste, welche nicht entfernt und da-

durch im nachfolgenden Nachhärtungs-Schritt verfestigt werden, die Bauteilgeometrie verfälscht wird.

[0007] Zum Reinigen der gedruckten Objekte kommt hierbei typischerweise Isopropanol zur Anwendung.

[0008] Es gibt Verfahren, wie beispielsweise die aus der DE 10 2009 056 752 A1 oder der WO 2013 124 452 A1 bekannten Verfahren, bei denen eine dentale Teil- beziehungsweise Totalprothese digital aufgestellt und über CAD/CAM-Verfahren produziert wird. Aus dem Patent DE 103 04 757 B4 ist ein Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz bekannt, bei dem eine virtuelle Aufstellung der Zähne in ein virtuelles Modell erfolgt und die Herstellung einer Prothesenbasis auf der Basis des virtuellen Modells erfolgt.

[0009] Nach dem Erzeugen der Objekte mit Stereolithographie müssen diese von flüssigen Kunststoffresten an deren Oberfläche befreit werden. Aktuell werden die Objekte in einer Endreinigung oder Nachreinigung im Ultraschallbad mit einer Reinigungsflüssigkeit wie Isopropanol gereinigt, um die Reste des nicht ausgehärteten unpolymerisierten Kunststoffs zu entfernen. Dies ist aufwendig, da die gedruckten Objekte hierfür einzeln in die Hand genommen werden müssen.

[0010] Die US 2009/0283119 A1 offenbart eine Art Waschmaschine zum Reinigen von 3D-gedruckten Teilen in einem Gitterkörbchen mit Hilfe einer Reinigungsflüssigkeit. Die WO 2019/023120 A1 offenbart ein mit 3D-Druck hergestelltes Zahnersatzteil das nach dem Druck mit einer Zentrifuge gereinigt wird. Die nicht vorveröffentlichte DE 10 2018 119 027 A1 schlägt eine Zentrifuge zum Abtrennen der flüssigen Bestandteile von dem Werkstück vor, bei dem ein Gebläse zur Unterstützung eingesetzt werden kann.

[0011] Die Verwendung von Isopropanol als Reinigungsflüssigkeit ist mit verschiedenen Nachteilen verbunden. Zum einen kann es bei der Verwendung von Isopropanol zu einer Bildung von entzündlichen oder auch explosiven Gemischen kommen. Zum anderen kann es bei zu langem Einwirken auf das Objekt zu einem Eindringen des Reinigungsmittels in die Oberfläche des Objekts kommen, wodurch sich die Werkstoff-Eigenschaften verändern. Des Weiteren muss gebrauchtes Isopropanol, welches mit Harz kontaminiert ist, nach der Reinigung aufwändig entsorgt werden.

[0012] Neben dem Isopropanol gibt es seit kurzer Zeit auch Reiniger auf wässriger Basis und hochsiedende Glyme-Verbindungen. Glyme-Verbindungen sind Ethylen-Glykol-Ketten, die als Lösungsmittel zum Reinigen verwendet werden. Hierdurch entfällt zwar das Entzündungsrisiko, die beiden anderen Nachteile bleiben jedoch bestehen.

[0013] Die Aufgabe der Erfindung besteht also darin, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden. Insbesondere soll bei der Reinigung der gedruckten und mit anhaftendem Harz kontaminierten Objekte die Verwendung von Chemikalien und Lösungsmitteln vermieden werden. Des Weiteren soll ein Verfahren bereitgestellt werden, mit dem Objekte durch Stereolithographie oder DLP in Serie bei geringem Arbeitsaufwand gefertigt werden können.

[0014] Das Verfahren soll möglichst vollständig automatisiert ablaufen können. Dabei sollen qualitativ hochwertige und saubere Objekte, insbesondere dentale Formteile, als Endprodukt vorliegen. Insbesondere soll die Reinigung der Objekte vereinfacht werden und automatisiert erfolgen können.

[0015] Die Aufgaben der Erfindung werden gelöst durch ein Verfahren zum Reinigen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts, insbesondere eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten dentalen Formteils, das Verfahren aufweisend die Schritte:

- A) Bereitstellen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts, wobei an der Oberfläche des Objekts Reste eines Druckmediums anhaften, aus dem das Objekt hergestellt wurde;
- B) Erzeugen wenigstens eines Gasstroms mit zumindest einer Düse, wobei ein unter Druck stehendes Gas durch eine schlitzförmige Öffnung der zumindest einen Düse gedrückt wird;
- C) Entfernen von an dem Objekt anhaftenden Resten des Druckmediums mit dem wenigstens einen Gasstrom.

[0016] Bevorzugt handelt es sich bei dem 3D-Druckverfahren um ein generatives 3D-Druckverfahren.

[0017] Durch das Drücken des unter Druck stehenden Gases durch die schlitzförmige Öffnung der zumindest einen Düse wird wenigstens ein flacher aber starker Gasstrom erzeugt. Dabei wird das Druckgas oder die Druckluft mittels einer speziellen Düsengeometrie zu einem Gasstrom oder Luftstrom mit extrem hoher Strömungsgeschwindigkeit auf lokal sehr begrenztem Raum geformt. Derartige Gasströmungen können auch als Luftmesser oder Luftklingen bezeichnet werden.

[0018] Das abgeblasene Druckmedium, beispielsweise der flüssige unpolymersierte Kunststoff, kann bevorzugt rückgeführt und (wenn notwendig nach einer Filterung beziehungsweise Reinigung) erneut zum Herstellen neuer Objekte mit 3D-Druckverfahren verwendet werden. Alternativ hierzu kann der abgeblasene unpolymersierte Kunststoff auch gesammelt und nach einfacher Polymerisation im Tageslicht als Restmüll entsorgt werden. Im Gegensatz hier-

zu müsste unpolymersierter Kunststoff kostenintensiv als Sondermüll entsorgt werden.

[0019] Des Weiteren kann ein Schritt D) Nachhärten des Objekts nach Schritt C) vorgesehen sein, wobei das erfindungsgemäße Verfahren dann zusätzlich ein Verfahren zum Nachbearbeiten des Objekts ist. Dabei kann wiederum bevorzugt vorgesehen sein, dass das Objekt beim Nachhärten um die Drehachse gedreht wird oder um wenigstens eine der Drehachsen gedreht wird, wobei besonders bevorzugt das Nachhärten durch Nachbelichten oder eine Wärmebehandlung oder durch Nachbelichten und eine Wärmebehandlung erfolgt.

[0020] Es kann vorgesehen sein, dass das Objekt gegen die zumindest eine Düse bewegt wird und/oder die zumindest eine Düse gegen das Objekt bewegt wird.

[0021] Hierdurch wird sichergestellt, dass die Oberfläche des Objekts sehr weitgehend und gründlich gereinigt werden kann. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn nur ein Gasstrom von einer Düse erzeugt wird.

[0022] Es kann vorgesehen sein, dass das Druckgas über eine Mischkammer zu der schlitzförmigen Öffnung der zumindest einen Düse geleitet wird. Wenn der primäre Gasstrom die zumindest eine geschlitzte Düse verlässt, bewegt er sich auf einer flachen Fläche, die ihn in einer geraden Linie ausrichtet. Das erzeugt eine gleichmäßige Luftschicht entlang der gesamten Länge der Gasströmung. Hierdurch kann der Energieverlust der Gasströmung reduziert werden und die von dem Gasstrom übertragbare Kraft erhöht werden, da das umgebende Gas mit dem primären Gasstrom mitgerissen wird. Der Gasstrom kann so als eine Schicht laminaren Gasstroms mit starker Aufprallkraft und minimalem Scherwind erzeugt werden, der zur Reinigung des Objekts von auch zähen Druckmedien besonders gut geeignet ist.

[0023] Es kann vorgesehen sein, dass in Schritt B) der wenigstens eine Gasstrom als ein zweidimensionaler Gasstromvorhang erzeugt wird.

[0024] Hierdurch kann die Oberfläche des Objekts vollständig vom wenigstens einen Gasstrom erfasst werden. Zudem lassen sich mit derartigen Gasstromvorhängen, die auch als Gasstromklingen bezeichnet werden können, große Strömungsgeschwindigkeiten und Volumenströme erzeugen und damit hohe Reinigungswirkungen erzielen. Hierdurch lassen sich selbst zähflüssige Harze als Druckmedium noch von dem Objekt entfernen.

[0025] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass zeitlich vor Schritt A) ein Schritt A1) erfolgt: A1) Erzeugen des Objekts nach Maßgabe eines virtuellen

3D-Modells des Objekts durch Aushärten eines flüssigen unpolymerisierten Kunststoffes als das Druckmedium mittels Stereolithographie mit Laserlicht oder mittels DLP, wobei vorzugsweise die Aushärtung des flüssigen unpolymerisierten Kunststoffes in Schritt A1) durch Licht und/oder UV-Licht erfolgt.

[0026] Bei derartigen stereolithographischen Verfahren kann der wenigstens eine Gasstrom aus der zumindest einen schlitzförmigen Düse besonders effektiv zur Reinigung von Resten des flüssigen unpolymerisierten Kunststoffes von der Oberfläche des Objekts genutzt werden. Die für Stereolithographie verwendeten flüssigen unpolymerisierten Kunststoffe sind teilweise sehr zäh, können aber mit zumindest einer schlitzförmigen Düsenöffnung dennoch kraftvoll entfernt werden.

[0027] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass das Druckmedium ein flüssiger und aushärtbarer unpolymerisierter Kunststoff ist oder einen flüssigen und aushärtbaren unpolymerisierten Kunststoff aufweist, wobei bevorzugt der flüssige und aushärtbare unpolymerisierte Kunststoff ein lichtpolymerisierbares Harz ist, besonders bevorzugt ein Acrylharz, Epoxidharz oder Vinylesterharz.

[0028] Diese flüssigen unpolymerisierten Kunststoffe sind mit dem wenigstens einen Gasstrom aus der zumindest einen schlitzförmigen Düse gut und effektiv zu entfernen. Die Strömungsgeschwindigkeit kann dabei auf die Art des aushärtbaren unpolymerisierten Kunststoffes abgestimmt werden. Für solche Druckmedien ist das Verfahren besser einsetzbar als beispielsweise für Metallpulver zum Laserschmelzen.

[0029] Ferner kann vorgesehen sein, dass zumindest 70% der an der Oberfläche des Objekts anhaftenden Reste des Druckmediums in Schritt C) entfernt werden, bevorzugt zumindest 85% der an der Oberfläche des Objekts anhaftenden Reste des Druckmediums in Schritt C) entfernt werden, besonders bevorzugt zumindest 95% der an der Oberfläche des Objekts anhaftenden Reste des Druckmediums in Schritt C) entfernt werden.

[0030] Hiermit wird klargestellt, dass eine nennenswerte Menge des Druckmediums beziehungsweise des flüssigen unpolymerisierten Kunststoffes von der Oberfläche des Objekts entfernt wird, aber nicht die gesamte Menge des an den Oberflächen des Objekts haftenden unpolymerisierten Kunststoffes entfernt werden muss. Zudem wird hierdurch sichergestellt, dass eine wirkungsvolle Reinigung des Objekts stattfindet.

[0031] Es kann auch vorgesehen sein, dass das Objekt keine geschlossenen Hohlräume aufweist. Solche Hohlräume sind konstruktiv nicht zu reinigen.

[0032] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass das Objekt ein dentales Formteil ist, wobei bevorzugt das Objekt eine Prothesenbasis, ein Modell einer Prothesenbasis, ein Prothesenzahn, ein Modell eines Prothesenzahns, eine Zahnkrone, ein Modell einer Zahnkrone, eine Füllung, ein Modell einer Füllung, ein Gebiss, ein Modell eines künstlichen Gebisses, ein Dentalmodell, ein Modell eines Mundraums zur Aufstellung von Zahnersatz, eine Aufbisschiene, eine Bohrschablone, ein individueller Abformlöffel, eine Zahnfleischmaske, eine Totalprothese, ein Modell einer Totalprothese, ein Try-In, eine KFO-Apparatur (Kieferorthopädische Apparatur), ein Inlay, ein Modell eines Inlays, ein Onlay, ein Modell eines Onlays, eine Brückenkonstruktion oder ein Modell einer Brückenkonstruktion ist.

[0033] Das Verfahren ist für dentale Formteile und deren Modelle besonders vorteilhaft einsetzbar. Bei dentalen Formteilen kommt es besonders darauf an, dass die Oberflächen die gleichen Materialeigenschaften haben wie das Innere des Materials. Dadurch ist es vorteilhaft, wenn die dentalen Formteile nicht mit einem Lösungsmittel oder einer anderen Flüssigkeit von dem Druckmedium befreit werden. Diese können nämlich die Oberfläche des dentalen Formteils angreifen und die zurückbleibenden Rückstände können bei einer Nachhärtung ebenfalls abweichende Materialeigenschaften aufweisen.

[0034] Eine Prothesenbasis ist der üblicherweise zahnfleischfarbene Teil einer dentalen Teilprothese oder Vollprothese, der auf der Mukosa im Mundraum eines Patienten aufgelegt werden kann und in den Prothesenzähne eingesetzt werden können. Die Prothesenbasis wird üblicherweise aus Kunststoff gefertigt.

[0035] Es kann auch vorgesehen sein, dass das Objekt in Schritt A) von einer Tragestruktur gehalten wird, wobei vorzugsweise das Objekt zusammen und einteilig mit der Tragestruktur mit dem 3D-Druckverfahren hergestellt wird.

[0036] Hierdurch kann der wenigstens eine Gasstrom die gesamte Oberfläche des Objekts gut erreichen und die Position und die Lage des Objekts relativ zum wenigstens einen Gasstrom kann auf einfache Weise kontrolliert verändert werden.

[0037] Dabei kann vorgesehen sein, dass die Tragestruktur über Sollbruchstellen mit dem Objekt verbunden ist oder wird.

[0038] Hiermit wird erreicht, dass das Objekt leicht von der Tragestruktur getrennt werden kann, beispielsweise durch den wenigstens einen Gasstrom selbst.

[0039] Ferner kann dabei vorgesehen sein, dass in Schritt C) oder nach Schritt C) das Objekt von der Tragestruktur mit Hilfe des wenigstens einen Gasstroms getrennt wird.

[0040] Dadurch wird vermieden, dass das Objekt in einem separaten Schritt von der Tragestruktur getrennt werden muss und somit das Verfahren vereinfacht.

[0041] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass die Tragestruktur eine Vielzahl von Spitzen aufweist, wobei das Objekt über die Spitzen mit der Tragestruktur verbunden ist oder auf den Spitzen der Tragestruktur aufliegt.

[0042] Hierdurch wird die zu reinigende Oberfläche des Objekts nur punktuell verdeckt und das Druckmedium kann so gut von der gesamten Oberfläche des Objekts entfernt werden. Dadurch bleibt die Oberfläche des Objekts für den wenigstens einen Gasstrom zugänglich. Zudem kann das Objekt so leichter und mit geringerer Auswirkung auf die Oberfläche des Objekts von der Tragestruktur getrennt werden.

[0043] Auch kann vorgesehen sein, dass die Tragestruktur ein gewickeltes und/oder gefaltetes Kunststoffgitter ist.

[0044] Derartige Kunststoffgitter sind gut zur Halterung des Objekts geeignet, da die sich in ihrer Form an die Form des Objekts anpassen, den Gasstrom nur wenig behindern und ein Abfließen des Druckmediums nicht behindern.

[0045] Bevorzugte erfindungsgemäße Verfahren können vorsehen, dass beim Erzeugen des wenigstens einen Gasstroms Luft oder Gas aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnung der zumindest einen Düse laminar mit dem wenigstens einen Gasstrom mitgerissen wird und in Schritt C) zum Entfernen von an dem Objekt anhaftenden Resten des Druckmediums verwendet wird.

[0046] Hierdurch wird ein kraftvoller Volumenstrom beziehungsweise Luftstrom erzeugt, der gut zum Reinigen der Oberfläche des Objekts geeignet ist.

[0047] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass das unter Druck stehende Gas komprimierte Luft ist und der wenigstens eine Gasstrom wenigstens ein Luftstrom ist.

[0048] Luft ist einfach und kostengünstig verfügbar. Über handelsübliche Kompressoren kann so sehr einfach und kostengünstig das unter Druck stehende Gas auch in großen Mengen bereitgestellt werden.

[0049] Ferner kann vorgesehen sein, dass bei dem Verfahren kein Isopropanol zur Reinigung des Ob-

jekts verwendet wird, bevorzugt kein Isopropanol, keine Glykolverbindungen, keine Alkohole und keine Glyme-Verbindungen zur Reinigung des Objekts verwendet werden, besonders bevorzugt keine Flüssigkeiten zur Reinigung des Objekts verwendet werden.

[0050] Hierdurch wird verhindert, dass die Oberfläche des Objekts von dem Isopropanol oder den anderen Reinigungsflüssigkeiten verändert beziehungsweise beeinträchtigt wird und dadurch die Oberflächeneigenschaften des Objekts verändert beziehungsweise beeinträchtigt werden.

[0051] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben werden auch gelöst durch eine Vorrichtung zum Reinigen eines durch 3D-Druck hergestellten Objekts, die Vorrichtung aufweisend zumindest eine Düse, die mit einer Druckgasquelle verbunden oder verbindbar ist, wobei die zumindest eine Düse eine schlitzförmige Öffnung aufweist, durch die ein unter Druck stehendes Gas aus der Druckgasquelle leitbar ist, und eine Objekthalterung zur Halterung eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts, wobei die Objekthalterung im Wirkbereich eines mit der Druckgasquelle und der schlitzförmigen Öffnung der zumindest einen Düse erzeugbaren wenigstens einen Gasstroms angeordnet ist.

[0052] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass die zumindest eine Düse und die Objekthalterung relativ zueinander bewegbar sind.

[0053] Bevorzugt sind die zumindest eine Düse und die Objekthalterung gegeneinander rotatorisch und vorzugsweise auch translatorisch bewegbar. Hierdurch kann das Objekt auf der Objekthalterung in dem wenigstens einen Gasstrom gedreht werden, so dass der wenigstens eine Gasstrom von verschiedenen Seiten auf das Objekt einwirken kann. Durch die translatorische Beweglichkeit kann das Objekt auf der Objekthalterung linear in dem wenigstens einen Gasstrom bewegt werden, so dass auch größere Bereiche und Oberflächen des Objekts von dem wenigstens einen Gasstrom gereinigt werden können.

[0054] Dabei kann vorgesehen sein, dass die zumindest eine Düse und die Objekthalterung derart relativ zueinander bewegbar sind, dass ein auf der Objekthalterung gehaltenes Objekt passender Größe allseitig von dem wenigstens einen Gasstrom aus der schlitzförmigen Öffnung der zumindest einen Düse zu treffen ist.

[0055] Hierdurch wird sichergestellt, dass die gesamte Oberfläche des Objekts von dem wenigstens einen Gasstrom erreicht und damit gereinigt werden kann.

[0056] Ferner kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung einen Motor aufweist, mit dem die zumindest

eine Düse und die Objekthalterung relativ zueinander bewegbar sind.

[0057] Hiermit kann der Reinigungsprozess automatisiert werden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Reinigung reproduzierbar abläuft und vollständig ist, beziehungsweise den gegebenen Anforderungen genügt.

[0058] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung eine Steuerung aufweist, mit der die Bewegung der zumindest einen Düse und der Objekthalterung relativ zueinander steuerbar ist, wobei vorzugsweise der Gasstrom der zumindest einen Düse mit der Steuerung steuerbar ist.

[0059] Hiermit wird der Reinigungsprozess zusätzlich automatisiert. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Reinigung reproduzierbar abläuft und vollständig ist, beziehungsweise den gegebenen Anforderungen genügt.

[0060] Gemäß einer Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung ein Auffangbecken zum Auffangen und Sammeln eines Druckmediums aufweist, aus dem das Objekt erzeugt wurde.

[0061] Dadurch wird eine Verunreinigung der Umgebung der Vorrichtung mit dem Druckmedium verhindert. Zudem kann das Druckmedium so recycelt und für weitere 3D-Druckvorgänge verwendet werden.

[0062] Das Druckmedium ist vorzugsweise ein Harz oder ein flüssiger unpolymersierter Kunststoff.

[0063] Auch kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung zum Umsetzen eines oben geschilderten Verfahrens geeignet ist und vorzugsweise auch vorgesehen ist.

[0064] Hierdurch ergeben sich die für das Verfahren geschilderten Vorteile für die erfindungsgemäße Vorrichtung.

[0065] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Vorrichtung eine Tragestruktur aufweist, die mit der Objekthalterung verbunden oder verbindbar ist, wobei die Tragestruktur eine Vielzahl von Spitzen aufweist, wobei das Objekt über die Spitzen mit der Tragestruktur verbunden ist oder verbindbar ist oder auf den Spitzen der Tragestruktur aufliegt oder auflegbar ist.

[0066] Hierdurch kann der wenigstens einen Gasstrom die Oberfläche des Objekts gut erreichen und die Position und die Lage des Objekts relativ zum wenigstens einen Gasstrom kontrolliert verändert werden.

[0067] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben werden auch gelöst durch ein

3D-Drucksystem zur Herstellung eines Objekts mittels Stereolithographie, das 3D-Drucksystem aufweisend eine Druckvorrichtung zum ortsabhängigen und schichtweisen Aushärten eines flüssigen unpolymersierten Kunststoffes, und solche eine Vorrichtung.

[0068] Hiermit wird ein 3D-Drucksystem zur Verfügung gestellt, mit dem fertige und gereinigte Objekte erzeugt werden können, die nicht mit einer Reinigungsflüssigkeit behandelt werden müssen.

[0069] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Druckvorrichtung zum ortsabhängigen und schichtweisen Aushärten eines flüssigen unpolymersierten Kunststoffes auf der Objekthalterung vorgesehen und geeignet ist. Hierdurch kann das Objekt auf der gleichen Objekthalterung gedruckt werden, auf der es auch anschließend mit dem wenigstens einen Gasstrom gereinigt werden kann.

[0070] Es kann vorgesehen sein, dass das 3D-Drucksystem eine Steuerung aufweist, insbesondere einen Computer mit einem Computerprogramm, wobei die Steuerung zur Steuerung der Druckvorrichtung und zur Steuerung eines erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet und vorgesehen ist.

[0071] Hiermit werden die zum Verfahren geschilderten Vorteile für das 3D-Drucksystem erreicht. Zudem ergibt sich ein besonderer kombinatorischer Effekt dadurch, dass eine Steuerung zur Steuerung des Druckvorgangs ohnehin vorhanden sein muss und diese zudem zur Umsetzung des Verfahrens genutzt werden kann. Die Steuerung kann dabei vorzugsweise die Dauer und/oder den Volumenstrom des wenigstens einen Gasstroms steuern. Besonders bevorzugt kann die Steuerung auch die Bewegung des Objekts gegen die zumindest eine Düse steuern.

[0072] Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass es durch die Verwendung zumindest einer schlitzförmigen Düsenöffnung gelingt, wenigstens einen Gasstrom zu erzeugen, mit dem auch zähflüssige Druckmedien, wie Harze, zuverlässig und weitgehend vollständig von der Oberfläche eines frisch mit einem 3D-Druckverfahren gedruckten Objekts zu entfernen sind. Dadurch gelingt es überraschend, die 3D-gedruckten Objekte so weitgehend zu reinigen, dass eine weitere Reinigung mit Lösungsmitteln wie Isopropanol oder Glyme-Verbindungen oder anderen Chemikalien nicht mehr notwendig ist. Durch die Wahl einer geeigneten Tragestruktur, die nur geringe Kontaktflächen zwischen der Tragestruktur und dem Objekt erfordert beziehungsweise aufweist, kann die Oberfläche des Objekts effektiv gereinigt und die Reste des Druckmediums entfernt werden. Gleichzeitig kann das Objekt mit dem gleichen Gasstrom oder den gleichen Gasströmen auch von der Tragestruktur getrennt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsge-

mäße Vorrichtung ermöglichen ein chemikalienfreies Entfernen von anhaftenden Harzresten von 3D-gedruckten (SLA und DLP) Objektoberflächen.

[0073] Danach oder mit einem nachfolgenden Nachhärtungsschritt ist das Objekt dann für die weitere Verwendung einsatzbereit. Die Reinigung sollte dabei vor der Nachhärtung erfolgen, damit nicht anhaftende Reste des Druckmediums, aus dem das Objekt gefertigt wurde, mit aushärten und damit die gewünschte Form des Objekts verfälschen beziehungsweise beeinträchtigen.

[0074] Der Anwender arbeitet weniger mit dem Druckmedium, wie beispielsweise dem flüssigen Kunstharz oder dem flüssigen unpolymerisierten Kunststoff und kommt dadurch weniger mit diesen Substanzen in körperlichen Kontakt. Dadurch wird weniger persönliche Schutzausrüstung benötigt. Auch das Einatmen von Dämpfen des flüssigen unpolymerisierten Kunststoffs wird durch das Verfahren vermieden, wenn die Anlage verschlossen ist und/oder einen Filter hat. Eine Schutzbrille wird zum Beispiel nicht mehr zwingend benötigt, wenn das Objekt in einer geschlossenen Vorrichtung abgeblasen wird. Auch die Prozesssicherheit wird erhöht, da manuelle Fehler beim manuellen Reinigen des Objekts mit Druckluft ausgeschlossen werden können.

[0075] Das hier beschriebene 3D-Drucksystem umfasst eine automatisierte Reinigungsanlage und eignet sich auch für eine vollautomatisierte Prozesskette zum Reinigen und gegebenenfalls auch zum Nachhärtens des Objekts.

[0076] Das zu reinigende Objekt beziehungsweise das zu reinigende dentale Formteil hat vorzugsweise zunächst eine Tragestruktur, mit dem das Objekt im Luftstrom gehalten und bewegt werden kann. Um die Oberfläche des Objekts möglichst vollständig zu reinigen, sollte die Kontaktfläche der Tragestruktur zum Objekt so klein wie möglich sein. Hier bieten sich zum Beispiel mehrere kleine Metall- oder Kunststoff-Spitzen an, welche auf Druck das Objekt verklemmen.

[0077] Damit die komplette Oberfläche des Objekts gereinigt werden kann, kann vorgesehen sein, dass eine Relativbewegung zwischen der Düse und dem Objekt ermöglicht wird. Dabei kann entweder das Objekt um eine oder vorteilhafterweise um mehrere Achsen an der Düse vorbei rotieren oder das Objekt kann unter mehreren Gasströmen mehrerer Düsen mit zueinander nicht parallelen Längsachsen angeordnet werden.

[0078] Der mit der zumindest einen schlitzförmigen Düsenöffnung erzeugte Gasstrom hat hierbei eine sehr hohe Strömungsgeschwindigkeit und ist auf das Objekt gerichtet. Die abgeblasenen Reste des Druckmediums beziehungsweise die abgeblasenen Harz-

reste können auf der gegenüberliegenden Seite in einem Trichter aufgefangen werden und der Schwerkraft folgend nach unten in ein Auffanggefäß laufen.

[0079] Im Vorfeld kann das Objekt so konstruiert werden, dass keine nahezu geschlossenen Hohlräume vorhanden sind beziehungsweise diese mit Ablauf- und Belüftungsöffnungen versehen werden.

[0080] Die zumindest eine Düse mit der schlitzförmigen Öffnung bietet eine effizientere Art der Reinigung des Objekts. Sie stellt über die gesamte Länge der schlitzförmigen Öffnung einen einheitlichen Vorhang laminarer Gasströmung mit hoher Druckkraft bereit. Hierdurch wird auch eine Verringerung der Geräuschemission erreicht. Mit den schlitzförmigen Düsenöffnung wird ein hohes Verstärkungsverhältnis (Gasmitführung zu Druckgas) erzeugt.

[0081] Neben der Reinigung der gedruckten Objekte von anhaftenden Resten des Druckmediums kann die erfindungsgemäße Technologie in einem zweiten Prozessschritt auch zur Entfernung der Tragestruktur verwendet werden, sofern diese sehr filigran gestaltet sind und nur eine kleine Kontaktfläche zum Objekt haben.

[0082] Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von fünf schematisch dargestellten Figuren erläutert, ohne jedoch dabei die Erfindung zu beschränken. Dabei zeigt:

Fig. 1: eine schematische Querschnittsansicht einer ersten Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2: eine schematische perspektivische Ansicht einer zweiten alternativen Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3: eine schematische Querschnittsansicht einer dritten alternativen Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4: eine schematische perspektivische Ansicht einer Tragestruktur zur Halterung eines Objekts während des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 5: den Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen eines Objekts mit Stereolithographie und zum Reinigen des Objekts von Resten des Druckmediums.

[0083] Fig. 1 zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer ersten erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung kann zusätzlich zu den gezeigten Bauteilen eine stereolithographische Druckvorrichtung (nicht gezeigt) aufweisen.

[0084] Die Vorrichtung kann eine Düse **1** zum Erzeugen eines laminaren ebenen Gasstroms, insbesondere Luftstroms, aufweisen. Die Strömung des Gasstroms und der umgebenden Luft ist in **Fig. 1** mit Pfeilen gekennzeichnet. In einem Bereich eines mit der Düse **1** erzeugten Gasstroms kann auf einer Objekthalterung **2** ein Objekt **3** in Form eines dentalen Bauteils zur Herstellung einer Dentalprothese, wie eine Prothesenbasis angeordnet sein. Das Objekt **3** kann mit einem 3D-Druckverfahren auf die Objekthalterung **2** mit einem Stereolithographieverfahren aufgedruckt worden sein. Zwischen der Objekthalterung **2** und dem Objekt **3** kann eine Tragestruktur **4** mit mehreren Spitzen **5** angeordnet sein. Die Tragestruktur **4** ist in **Fig. 1** nur schematisch dargestellt und kann beispielsweise ein mehrfach gewickeltes und gefaltetes Kunststoffgitter sein, wie es in **Fig. 4** dargestellt ist. Das Objekt **3** kann mit den Spitzen **5** der Tragestruktur **4** verbunden sein und von den Spitzen **5** der Tragestruktur **4** gehalten werden. Die Spitzen **5** decken nur einen kleinen Teil der Oberfläche des Objekts **3** ab, so dass der Gasstrom bis auf die Kontaktpunkte der Spitzen **5** zu dem Objekt **3** alle Bereiche der Oberfläche des Objekts **3** erreichen kann.

[0085] Bevorzugt kann die Tragestruktur **4** zusammen mit dem Objekt **3** mit einem Stereolithographieverfahren direkt auf die Objekthalterung **2** gedruckt werden. Alternativ kann auch das Objekt **3** auf die Spitzen **5** der Tragestruktur **4** gedruckt werden oder das Objekt **3** kann auf die Tragestruktur **4**, insbesondere auf eine Tragestruktur, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, aufgesteckt werden.

[0086] Die Objekthalterung **2** kann gedreht werden. Hierzu können an der Objekthalterung **2** eine erste Drehachse **6** und eine zweite Drehachse **7** angeordnet sein, um die die Objekthalterung **2** zusammen mit der Tragestruktur **4** und damit das Objekt **3** in dem Gasstrom der Düse **1** um die Drehachsen **6**, **7** gedreht werden kann. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Objekthalterung **2** mit dem Objekt **3** darauf in zwei oder in drei Raumrichtungen linear bewegt werden kann. Durch diese Translationen und die Rotationen um die zwei Drehachsen **6**, **7** können alle Bereiche der Oberfläche des Objekts **3** mit dem Gasstrom aus der Düse **1** erreicht werden.

[0087] Die Düse **1** weist eine schlitzförmige Öffnung **8** auf. Die schlitzförmige Öffnung **8** ist zur Ausbildung eines Gasstromvorhangs geeignet, wie er durch die Pfeile angedeutet ist. Dabei kann nicht nur das Gas aus dem Inneren der Düse **1** in der schmalen schlitzförmigen Öffnung **8** selbst beschleunigt werden, sondern es kann auch Luft aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnung **8** mitgerissen werden und zur Ausbildung des wandförmigen Gasstroms verwendet werden.

[0088] Im Inneren der Düse **1** kann eine Mischkammer **9** und eine Vorkammer **10** vorgesehen sein, die durch eine Wandung **11** im Inneren der Düse **1** begrenzt sind und die über mehrere Durchgänge **12** in der Wandung **11** miteinander verbunden sind. Die Durchgänge **12** können einen größeren freien Querschnitt aufweisen als die schlitzförmige Öffnung **8** der Düse **1**, so dass sich in der Mischkammer **9** ein Staudruck aufbauen kann. Das Druckgas kann aus einer Druckgasquelle (nicht gezeigt), wie beispielsweise ein Kompressor, über eine Druckgasleitung **14** in die Vorkammer **10** in die Düse **1** eingespeist werden. Von dort kann es durch die Durchgänge **12** in die Mischkammer **9** einströmen, wo sich ein Druck aufbaut. Mit diesem Druck kann das Gas aus der Mischkammer **9** durch die schlitzförmige Öffnung **8** gedrückt werden. Dabei kann Luft aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnung **8** mitgerissen werden, so dass sich eine starke laminare Strömung als Gasstrom bildet. Dieser Gasstrom kann zum Reinigen des Objekts **3** von an dem Objekt **3** anhaftenden Resten des Druckmediums (nicht gezeigt) verwendet werden. Die Reste des Druckmediums werden abblasen und von dem Objekt **3** entfernt. Anschließend kann das Objekt **3** nachgehärtet werden. Daran anschließend kann die Tragestruktur **4** mit dem Gasstrom von dem Objekt **3** getrennt werden. Die Spitzen **5** können dabei als Sollbruchstellen wirken. Da bei dem Reinigen mit dem Gasstrom keine Lösungsmittel verwendet werden müssen, werden die noch nicht vollständig ausgehärteten Bereiche der Oberfläche des Objekts **3** nicht angelöst oder auf andere Weise chemisch verändert. Hierdurch können homogene Materialeigenschaften in dem Objekt **3** sichergestellt werden.

[0089] **Fig. 2** zeigt eine perspektivische Ansicht einer zweiten erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung kann zusätzlich zu den gezeigten Bauteilen eine stereolithographische Druckvorrichtung (nicht gezeigt) aufweisen.

[0090] Die Vorrichtung kann eine Düse **21** zum Erzeugen eines laminaren ebenen Gasstroms, insbesondere Luftstroms, aufweisen. In dem Bereich des mit der Düse **21** erzeugten Gasstroms kann auf einer Objekthalterung **22** ein Objekt **23** in Form eines dentalen Bauteils zur Herstellung einer Dentalprothese, wie eine Prothesenbasis angeordnet sein. Das Objekt **23** kann mit einem 3D-Druckverfahren auf die Objekthalterung **22** mit einem Stereolithographieverfahren aufgedruckt worden sein. Zwischen der Objekthalterung **22** und dem Objekt **23** kann eine gitterförmige Tragestruktur **24** mit mehreren Spitzen **25** angeordnet sein. Die Tragestruktur **24** ist in **Fig. 2** nur schematisch dargestellt und kann beispielsweise ein mehrfach gewickeltes und gefaltetes Kunststoffgitter sein, wie es in **Fig. 4** dargestellt ist. Das Objekt **23** kann mit den Spitzen **25** der gitterförmigen Tra-

gestruktur **24** verbunden sein und von den Spitzen **25** der gitterförmigen Tragestruktur **24** gehalten werden. Die Spitzen **25** decken nur einen kleinen Teil der Oberfläche des Objekts **23** ab, so dass der Gasstrom bis auf die Kontaktpunkte der Spitzen **25** zu dem Objekt **23** alle Bereiche der Oberfläche des Objekts **23** erreichen kann.

[0091] Bevorzugt kann das Objekt **23** auf die Spitzen **25** der gitterförmigen Tragestruktur **24** gedruckt werden. Alternativ kann auch die gitterförmige Tragestruktur **24** zusammen mit dem Objekt **23** mit einem Stereolithographieverfahren direkt auf die Objekthalterung **22** gedruckt werden oder das Objekt **23** kann auf die Tragestruktur **24**, insbesondere auf eine Tragestruktur, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, aufgesteckt werden.

[0092] Die Objekthalterung **22** und/oder die Düse **21** können gedreht werden. Hierzu können an der Objekthalterung **22** und/oder der Düse **21** Drehachsen (nicht gezeigt) angeordnet sein, um die die Objekthalterung **22** zusammen mit der Tragestruktur **24** und damit das Objekt **23** gegen den Gasstrom der Düse **21** drehen zu können. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Objekthalterung **22** mit dem Objekt **23** darauf relativ zur Düse **21** in zwei oder in drei Raumrichtungen linear bewegt werden kann oder umgekehrt. Durch diese Translationen und die Rotationen können alle Bereiche der Oberfläche des Objekts **23** mit dem Gasstrom aus der Düse **21** erreicht werden.

[0093] Die Düse **21** weist eine schlitzförmige Öffnung **28** auf. Die schlitzförmige Öffnung **28** ist zur Ausbildung eines Gasstromvorhangs geeignet. Dabei kann nicht nur das Gas aus dem Inneren der Düse **21** in der schmalen schlitzförmigen Öffnung **28** selbst beschleunigt werden, sondern es kann auch Luft aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnung **28** mitgerissen werden und zur Ausbildung des wandförmigen Gasstroms verwendet werden.

[0094] Im Inneren der Düse **21** kann eine Mischkammer (in **Fig. 2** nicht zu sehen) vorgesehen sein. In der Mischkammer kann sich ein Staudruck aufbauen. Das Druckgas kann aus einer Druckgasquelle (nicht gezeigt), wie beispielsweise ein Kompressor, über eine Druckgasleitung **34** in die Düse **21** eingespeist werden. In der Mischkammer kann sich ein Druck aufbauen, mit dem das Gas durch die schlitzförmige Öffnung **28** gedrückt wird. Dabei kann Luft aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnung **28** mitgerissen werden, so dass sich eine starke laminare Strömung als Gasstrom bildet. Dieser Gasstrom kann zum Reinigen des Objekts **23** von an dem Objekt **23** anhaftenden Resten des Druckmediums (nicht gezeigt) verwendet werden. Die Reste des Druckmediums werden abgeblasen und von dem Objekt **23** entfernt. Anschließend kann das Objekt **23** nachgehärtet werden. Daran anschließend kann die Tragestruktur

24 mit dem Gasstrom von dem Objekt **23** getrennt werden. Die Spitzen **25** können dabei als Sollbruchstellen wirken. Da bei dem Reinigen mit dem Gasstrom keine Lösungsmittel verwendet werden müssen, werden die noch nicht vollständig ausgehärteten Bereiche der Oberfläche des Objekts **23** nicht angelöst oder auf andere Weise chemisch verändert. Hierdurch können homogene Materialeigenschaften in dem Objekt **23** sichergestellt werden.

[0095] **Fig. 3** zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer dritten erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Vorrichtung kann zusätzlich zu den gezeigten Bauteilen eine stereolithographische Druckvorrichtung (nicht gezeigt) aufweisen.

[0096] Die Vorrichtung kann fünf Düsen **41** zum Erzeugen mehrerer laminarer ebener Gasströme, insbesondere Luftströme, aufweisen. Die Gasströme können unterschiedliche Strömungsrichtungen aufweisen. In den mit den Düsen **41** erzeugten Gasströmen kann auf einer Objekthalterung **42** ein Objekt **43** in Form eines dentalen Bauteils zur Herstellung einer Dentalprothese, wie eine Prothesenbasis angeordnet sein. Das Objekt **43** kann mit einem 3D-Druckverfahren auf die Objekthalterung **42** mit einem Stereolithographieverfahren aufgedruckt worden sein. Zwischen der Objekthalterung **42** und dem Objekt **43** kann eine Tragestruktur **44** mit mehreren Spitzen **45** angeordnet sein. Die Tragestruktur **44** ist in **Fig. 3** nur schematisch dargestellt und kann beispielsweise ein mehrfach gewickeltes und gefaltetes Kunststoffgitter sein, wie es in **Fig. 4** dargestellt ist. Das Objekt **43** kann mit den Spitzen **45** der Tragestruktur **44** verbunden sein und von den Spitzen **45** der Tragestruktur **44** gehalten werden. Die Spitzen **45** decken nur einen kleinen Teil der Oberfläche des Objekts **43** ab, so dass die Gasströme bis auf die Kontaktpunkte der Spitzen **45** zu dem Objekt **43** alle Bereiche der Oberfläche des Objekts **43** erreichen kann.

[0097] Bevorzugt kann die Tragestruktur **44** zusammen mit dem Objekt **43** mit einem Stereolithographieverfahren direkt auf die Objekthalterung **42** gedruckt werden. Alternativ kann auch das Objekt **43** auf die Spitzen **45** der Tragestruktur **44** gedruckt werden oder das Objekt **43** kann auf die Tragestruktur **44**, insbesondere auf eine Tragestruktur, wie sie in **Fig. 4** gezeigt ist, aufgesteckt werden.

[0098] Die Objekthalterung **42** kann in den Gasströmen bewegt werden, damit die Gasströme alle Bereiche der Oberfläche des Objekts **43** gut erreichen können. Da hier mehrere Gasströme erzeugt werden muss das Objekt **43** aber auch nicht oder nicht sehr weit bewegt (gedreht und/oder linear verschoben) werden können.

[0099] Die Düsen **41** weisen jeweils eine schlitzförmige Öffnung **48** auf. Die schlitzförmigen Öffnungen **48** der Düsen **41** sind zur Ausbildung von Gasstromvorhängen geeignet. Dabei kann nicht nur das Gas aus dem Inneren der Düsen **41** in der schmalen schlitzförmigen Öffnung **48** selbst beschleunigt werden, sondern es kann auch Luft aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnungen **48** mitgerissen werden und zur Ausbildung von wandförmigen Gasströmen verwendet werden.

[0100] Im Inneren der Düsen **41** können je eine Mischkammer **49** und je eine Vorkammer **50** vorgesehen sein, die durch je eine Wandung **51** im Inneren der Düsen **41** begrenzt sind und die über jeweils mehrere Durchgänge **52** in der jeweiligen Wandung **51** miteinander verbunden sind. Die Durchgänge **52** können einen größeren freien Querschnitt als die schlitzförmigen Öffnungen **48** der Düsen **41** aufweisen, so dass sich in den Mischkammern **49** ein Staudruck aufbauen kann. Das Druckgas kann aus einer Druckgasquelle (nicht gezeigt), wie beispielsweise ein Kompressor, über Druckgasleitungen **54** in die Vorkammern **50** in die Düse **41** eingespeist werden. Von dort kann es durch die Durchgänge **52** in die Mischkammern **49** einströmen, wo sich ein Druck aufbaut. Mit diesem Druck kann das Gas aus den Mischkammern **49** durch die schlitzförmigen Öffnungen **48** gedrückt werden. Dabei kann Luft aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnungen **48** mitgerissen werden, so dass sich starke laminare Strömungen als Gasströme bilden. Diese Gasströme können zum Reinigen des Objekts **43** von an dem Objekt **43** anhaftenden Resten des Druckmediums (nicht gezeigt) verwendet werden. Die Reste des Druckmediums werden aus unterschiedlichen Richtungen abgeblasen und von dem Objekt **43** entfernt. Die Düsen **41** können dabei alternierend oder auch paarweise oder alle gleichzeitig betrieben werden. Anschließend kann das Objekt **43** nachgehärtet werden. Daran anschließend kann die Tragestruktur **44** mit den Gasströmen von dem Objekt **43** getrennt werden. Die Spitzen **45** können dabei als Sollbruchstellen wirken. Da bei dem Reinigen mit den Gasströmen keine Lösungsmittel verwendet werden müssen, werden die noch nicht vollständig ausgehärteten Bereiche der Oberfläche des Objekts **43** nicht angelöst oder auf andere Weise chemisch verändert. Hierdurch können homogene Materialeigenschaften in dem Objekt **43** sichergestellt werden.

[0101] Fig. 4 zeigt eine dreidimensionale gewickelte und gefaltete Gitterstruktur in einer schematischen Darstellung, wobei die dreidimensionale gewickelte und gefaltete Gitterstruktur als Tragestruktur zur punktuellen Halterung eines Objekts während der Reinigung mit einem flachen Gasstrom geeignet und vorgesehen ist. Die Gitterstruktur kann aus einem transparenten Kunststoff bestehen. Die Gitterstruktur wird vorzugsweise zusammen mit dem Objekt (nicht

gezeigt) erzeugt. Dabei kann sich die Gitterstruktur verformen, so dass das Objekt an mehreren Stellen punktuell von der Gitterstruktur gestützt wird. Aufgrund der filigranen Gitterstruktur kann ein Gasstrom zwischen den Gitteröffnungen der Gitterstruktur hindurchströmen und so alle Bereiche der Oberfläche des zu reinigenden Objekts erreicht werden. Bevorzugt weist die Gitterstruktur eine das Druckmedium abweisende Oberfläche auf, damit das Druckmedium möglichst schlecht an der Gitterstruktur anhaftet.

[0102] Im Folgenden wird ein beispielhaftes Verfahren anhand der mit den Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenen Vorrichtungen erläutert. Der Ablauf des beispielhaften Verfahrens ist in Fig. 5 dargestellt.

[0103] In einem ersten Arbeitsschritt **100** kann ein virtuelles dreidimensionales Modell des zu druckenden Objekts **3, 23**, wie ein Dentalformteil, eine Prothesenbasis oder ein Modell einer Mundraumsituation eines Patienten, mit CAD in einem Rechenmodul berechnet werden.

[0104] Danach kann in einem nächsten Arbeitsschritt **101** optional ein virtuelles dreidimensionales Modell der Tragestruktur **4, 24** mit CAD in dem Rechenmodul berechnet werden. Die beiden virtuellen dreidimensionalen Modelle des Objekts **3, 23** und der Tragestruktur **4, 24** können rechnerisch zusammengefügt werden.

[0105] In dem auf den Arbeitsschritt **101** folgenden Arbeitsschritt **102** kann das Objekt **3, 23** gegebenenfalls zusammen mit der Tragestruktur **4, 24** schichtweise mittels Stereolithographie (als CAM-Verfahren) aus einem lichthärtbaren unpolymerisierten Kunststoff als Druckmedium auf der Objekthalterung **2, 22** ausgedruckt werden, wobei die Form des Objekts **3, 23** dem virtuellen 3D-Modell des Objekts **3, 23** gemäß der CAD-Berechnung in Arbeitsschritt **100** entspricht und die Form der Tragestruktur **4, 24** dem virtuellen 3D-Modell der Tragestruktur **4, 24** gemäß der CAD-Berechnung in Arbeitsschritt **101** entspricht. Der eigentliche Ausdruck erfolgt mit bekannten Stereolithographie-Verfahren.

[0106] Nachdem das Objekt **3, 23** gegebenenfalls zusammen mit der Tragestruktur **4, 24** ausgedruckt wurde, kann es mit der Objekthalterung **2, 22** aus der Druckvorrichtung entnommen und im Wirkbereich der Düse **1, 21** befestigt werden. In einem nun erfolgenden Arbeitsschritt **103** wird das Objekt **3, 23** von einem Gasstrom der Düse **1, 21** angeblasen und dabei Reste des Druckmediums von der Oberfläche des Objekts **3, 23** entfernt. Dabei wird in einem Schritt **104** die Objekthalterung **2, 22** und damit das Objekt **3, 23** in dem Gasstrom bewegt, um die gesamte Oberfläche des Objekts **3, 23** reinigen zu können. Dabei werden flüssige Reste des flüssigen unpolymerisierten Kunststoffs von der Oberfläche des gedruck-

ten Objekts 3, 23 abgeblasen und in einem Gehäuse (nicht gezeigt) aufgefangen.	103	Arbeitsschritt: Reinigen des Objekts mit einem Gasstrom
[0107] Im einem nachfolgenden Arbeitsschritt 105 , der optional erfolgt, wenn es notwendig ist, wird das Objekt 3, 23 mit Licht und/oder Wärme (beispielsweise zwischen 35 °C und 90 °C) nachgehärtet.	104	Arbeitsschritt: Bewegen des Objekts in dem Gasstrom
	105	Arbeitsschritt: Nachhärten des Objekts
[0108] In einem ebenfalls optionalen Arbeitsschritt 106 kann die Tragestruktur 4, 24 von dem Objekt 3, 23 mit Hilfe des Gasstroms getrennt werden. Alternativ kann das Objekt 3, 23 auch auf anderem Weg von der Tragestruktur 4, 24 getrennt werden.	106	Arbeitsschritt: Trennen des Objekts von der Tragestruktur mit dem Gasstrom
	107	Arbeitsschritt: Entgraten des Objekts
[0109] In einem letzten Arbeitsschritt 107 kann das Objekt 3, 23 optional entgratet und endbearbeitet werden. Das Objekt 3, 23 ist dann fertig und kann beispielsweise zum Aufbau eines Zahnersatzes oder zum Anpassen von Zahnersatzteilen verwendet werden.		
[0110] Die in der voranstehenden Beschreibung, sowie den Ansprüchen, Figuren und Ausführungsbeispielen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln, als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.		

Bezugszeichenliste

1,21,41	Düse
2, 22, 42	Objekthalterung
3, 23, 43	Objekt
4, 24, 44	Tragestruktur
5, 25, 45	Spitze
6	Drehachse
7	Drehachse
8, 28, 48	Schlitzförmige Öffnung
9, 49	Mischkammer
10, 50	Vorkammer
11,51	Wandung
12, 52	Durchgang
14, 34, 54	Druckgasleitung
100	Arbeitsschritt: Berechnung eines 3D-Modells eines zu erzeugenden Objekts
101	Arbeitsschritt: Berechnung eines 3D-Modells einer zu erzeugenden Tragestruktur
102	Arbeitsschritt: Ausdrucken des Objekts und der Tragestruktur mit Stereolithographie

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- WO 9107141 A1 [0003]
- US 4575330 A [0005]
- US 2017291356 A1 [0005]
- EP 3174693 B1 [0005]
- DE 102009056752 A1 [0008]
- WO 2013124452 A1 [0008]
- DE 10304757 B4 [0008]
- US 2009/0283119 A1 [0010]
- WO 2019/023120 A1 [0010]
- DE 102018119027 A1 [0010]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts (3, 23, 43), insbesondere eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten dentalen Formteils, das Verfahren aufweisend die Schritte:

A) Bereitstellen eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts (3, 23, 43), wobei an der Oberfläche des Objekts (3, 23, 43) Reste eines Druckmediums anhaften, aus dem das Objekt (3, 23, 43) hergestellt wurde;

B) Erzeugen wenigstens eines Gasstroms mit zumindest einer Düse (1, 21, 41), wobei ein unter Druck stehendes Gas durch eine schlitzförmige Öffnung (8, 28, 48) der zumindest einen Düse (1, 21, 41) gedrückt wird;

C) Entfernen von an dem Objekt (3, 23, 43) anhaftenden Resten des Druckmediums mit dem wenigstens einen Gasstrom.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt B) der wenigstens eine Gasstrom als ein zweidimensionaler Gasstromvorhang erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zeitlich vor Schritt A) ein Schritt A1) erfolgt:

A1) Erzeugen des Objekts (3, 23, 43) nach Maßgabe eines virtuellen 3D-Modells des Objekts (3, 23, 43) durch Aushärten eines flüssigen unpolymerisierten Kunststoffes als das Druckmedium mittels Stereolithographie mit Laserlicht oder mittels DLP, wobei vorzugsweise die Aushärtung des flüssigen unpolymerisierten Kunststoffes in Schritt A1) durch sichtbares Licht und/oder UV-Licht erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Druckmedium ein flüssiger und aushärtbarer unpolymerisierter Kunststoff ist oder einen flüssigen und aushärtbaren unpolymerisierten Kunststoff aufweist, wobei bevorzugt der flüssige und aushärtbare unpolymerisierte Kunststoff ein lichtpolymerisierbares Harz ist, besonders bevorzugt ein Acrylharz, Epoxidharz oder Vinylesterharz.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest 70% der an der Oberfläche des Objekts (3, 23, 43) anhaftenden Reste des Druckmediums in Schritt C) entfernt werden, bevorzugt zumindest 85% der an der Oberfläche des Objekts (3, 23, 43) anhaftenden Reste des Druckmediums in Schritt C) entfernt werden, besonders bevorzugt zumindest 95% der an der Oberfläche des Objekts (3, 23, 43) anhaftenden Reste des Druckmediums in Schritt C) entfernt werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (3, 23, 43) ein dentales Formteil ist, wobei bevorzugt das Objekt (3, 23, 43) eine Prothesenbasis, ein Modell einer Prothesenbasis, ein Prothesenzahn, ein Modell eines Prothesenzahns, eine Zahnkrone, ein Modell einer Zahnkrone, eine Füllung, ein Modell einer Füllung, ein Gebiss, ein Modell eines künstliches Gebisses, ein Dentalmodell, ein Modell eines Mundraums zur Aufstellung von Zahnersatz, eine Aufbisschiene, eine Bohrschablone, ein individueller Abformlöffel, eine Zahnfleischmaske, eine Totalprothese, ein Modell einer Totalprothese, ein Try-In, eine KFO-Apparatur, ein Inlay, ein Modell eines Inlays, ein Onlay, ein Modell eines Onlays, eine Brückenkonstruktion oder ein Modell einer Brückenkonstruktion ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objekt (3, 23, 43) in Schritt A) von einer Tragestruktur (4, 24, 44) gehalten wird, wobei vorzugsweise das Objekt (3, 23, 43) zusammen und einteilig mit der Tragestruktur (4, 24, 44) mit dem 3D-Druckverfahren hergestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tragestruktur (4, 24, 44) über Sollbruchstellen mit dem Objekt (3, 23, 43) verbunden ist oder wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt C) oder nach Schritt C) das Objekt (3, 23, 43) von der Tragestruktur (4, 24, 44) mit Hilfe des wenigstens einen Gasstroms getrennt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tragestruktur (4, 24, 44) eine Vielzahl von Spitzen (5, 25, 45) aufweist, wobei das Objekt (3, 23, 43) über die Spitzen (5, 25, 45) mit der Tragestruktur (4, 24, 44) verbunden ist oder auf den Spitzen (5, 25, 45) der Tragestruktur (4, 24, 44) aufliegt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tragestruktur (4, 24, 44) ein gewickeltes und/oder gefaltetes Kunststoffgitter ist.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Erzeugen des wenigstens einen Gasstroms Luft oder Gas aus der Umgebung der schlitzförmigen Öffnung (8, 28, 48) der zumindest einen Düse (1, 21, 41) laminar mit dem wenigstens einen Gasstrom mitgerissen wird und in Schritt C) zum Entfernen von an dem Objekt (3, 23, 43) anhaftenden Resten des Druckmediums verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das unter Druck stehende Gas komprimierte Luft ist und der wenigstens eine Gasstrom wenigstens ein Luftstrom ist.

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei dem Verfahren kein Isopropanol zur Reinigung des Objekts (3, 23, 43) verwendet wird, bevorzugt kein Isopropanol, keine Alkohole, keine Glykolverbindungen und keine Glyme-Verbindungen zur Reinigung des Objekts (3, 23, 43) verwendet wird, besonders bevorzugt keine Flüssigkeiten zur Reinigung des Objekts (3, 23, 43) verwendet wird.

15. Vorrichtung zum Reinigen eines durch 3D-Druck hergestellten Objekts (3, 23, 43), die Vorrichtung aufweisend
zumindest eine Düse (1, 21, 41), die mit einer Druckgasquelle verbunden oder verbindbar ist, wobei die zumindest eine Düse (1, 21, 41) eine schlitzförmige Öffnung (8, 28, 48) aufweist, durch die ein unter Druck stehendes Gas aus der Druckgasquelle leitbar ist, und
eine Objekthalterung (2, 22, 42) zur Halterung eines mit einem 3D-Druckverfahren hergestellten Objekts (3, 23, 43), wobei die Objekthalterung (2, 22, 42) im Wirkungsbereich eines mit der Druckgasquelle und der schlitzförmigen Öffnung (8, 28, 48) der zumindest einen Düse (1, 21, 41) erzeugbaren wenigstens einen Gasstroms angeordnet ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15 **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Düse (1, 21, 41) und die Objekthalterung (2, 22, 42) derart relativ zueinander bewegbar sind, dass ein auf der Objekthalterung (2, 22, 42) gehaltenes Objekt (3, 23, 43) passender Größe allseitig von dem wenigstens einen Gasstrom aus der schlitzförmigen Öffnung (8, 28, 48) der zumindest einen Düse (1, 21, 41) zu treffen ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Motor aufweist, mit dem die zumindest eine Düse (1, 21, 41) und die Objekthalterung (2, 22, 42) relativ zueinander bewegbar sind.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Steuerung aufweist, mit der die Bewegung der zumindest einen Düse (1, 21, 41) und der Objekthalterung (2, 22, 42) relativ zueinander steuerbar ist, wobei vorzugsweise der Gasstrom der zumindest einen Düse (1, 21, 41) mit der Steuerung steuerbar ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung ein Auffangbecken zum Auffangen und Sammeln ei-

nes Druckmediums aufweist, aus dem das Objekt (3, 23, 43) erzeugt wurde.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung zum Umsetzen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 geeignet ist.

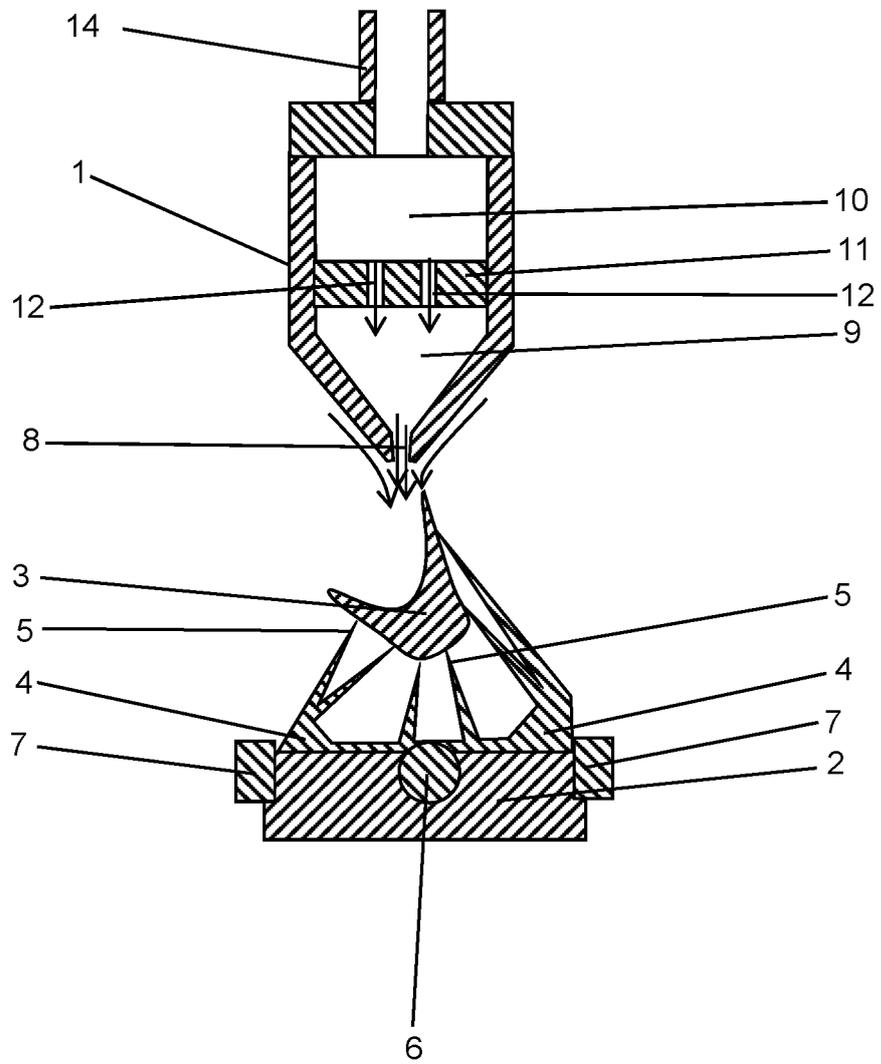
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine Tragestruktur (4, 24, 44) aufweist, die mit der Objekthalterung verbunden oder verbindbar ist, wobei die Tragestruktur (4, 24, 44) eine Vielzahl von Spitzen (5, 25, 45) aufweist, wobei das Objekt (3, 23, 43) über die Spitzen (5, 25, 45) mit der Tragestruktur (4, 24, 44) verbunden ist oder verbindbar ist oder auf den Spitzen (5, 25, 45) der Tragestruktur (4, 24, 44) aufliegt oder auflegbar ist.

22. 3D-Drucksystem zur Herstellung eines Objekts (3, 23, 43) mittels Stereolithographie, das 3D-Drucksystem aufweisend
eine Druckvorrichtung zum ortsabhängigen und schichtweisen Aushärten eines flüssigen unpolymersierten Kunststoffes, und
eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21.

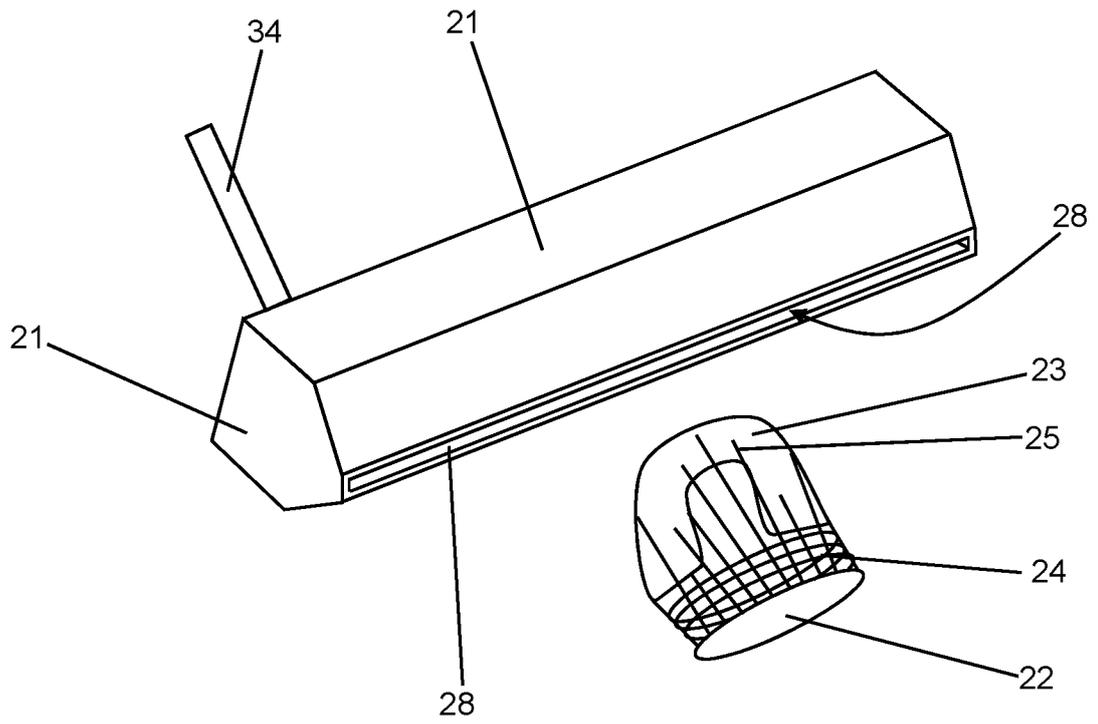
23. 3D-Drucksystem nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass das 3D-Drucksystem eine Steuerung aufweist, insbesondere einen Computer mit einem Computerprogramm, wobei die Steuerung zur Steuerung der Druckvorrichtung und zur Steuerung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 geeignet und vorgesehen ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

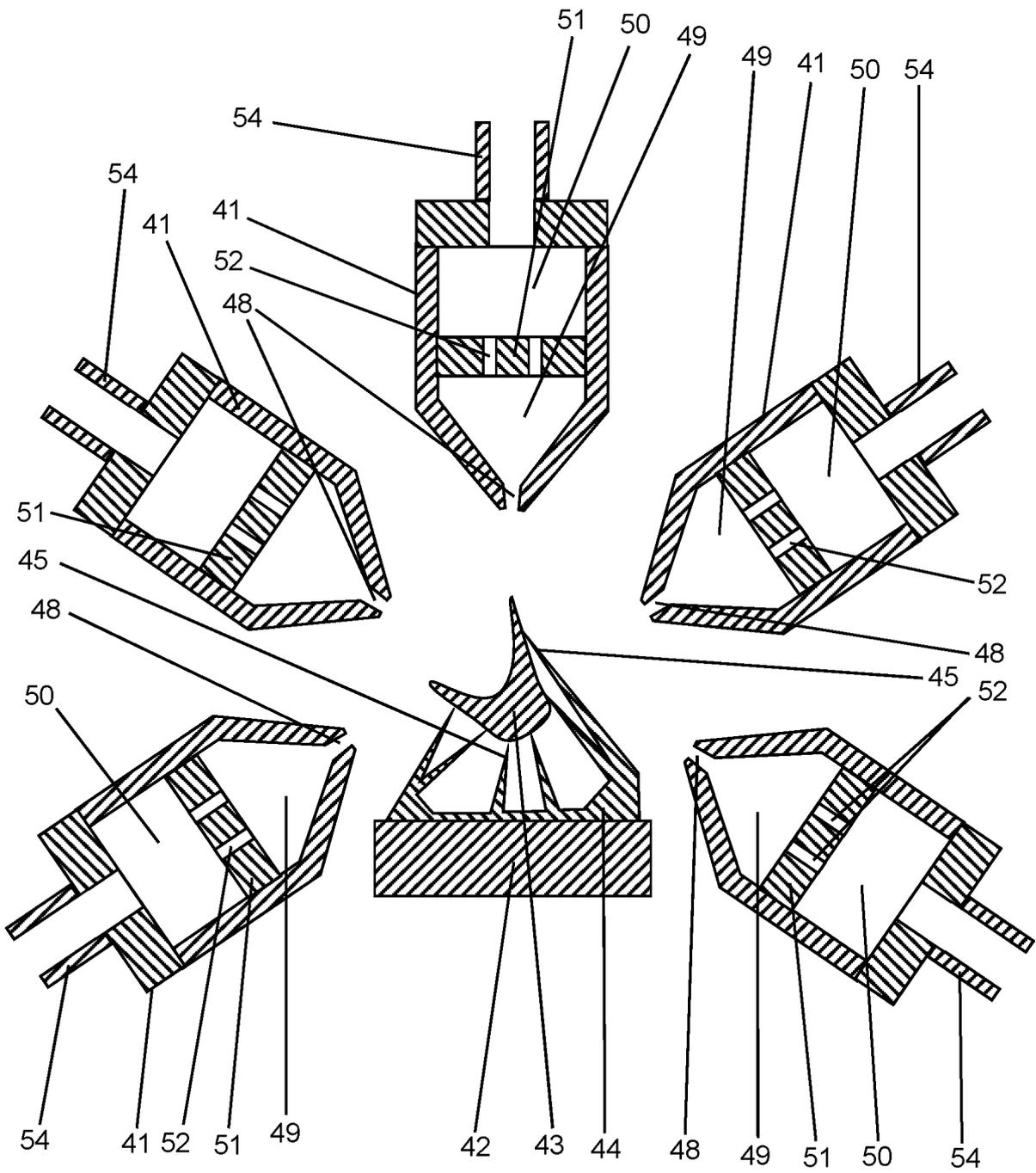
Anhängende Zeichnungen



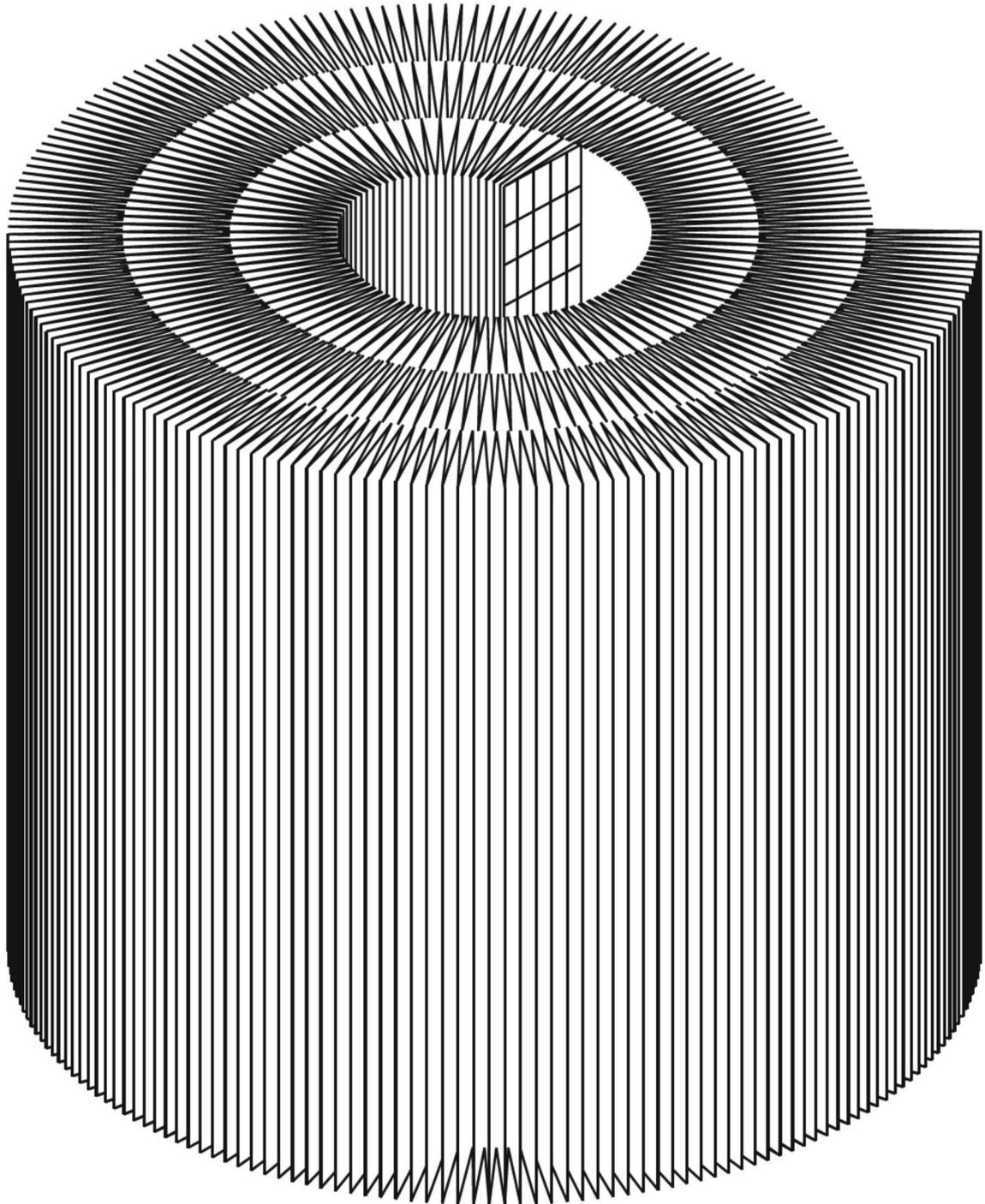
Figur 1



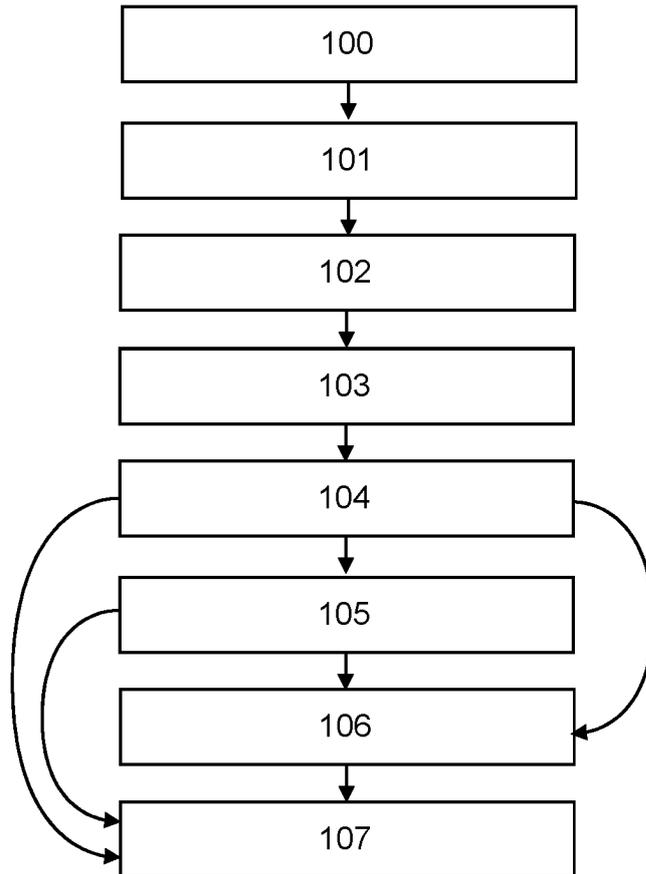
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5