



(10) **DE 10 2019 007 595 A1** 2021.05.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 007 595.1**

(22) Anmeldetag: **01.11.2019**

(43) Offenlegungstag: **06.05.2021**

(51) Int Cl.: **C04B 35/622** (2006.01)

**B22F 3/105** (2006.01)

**B33Y 70/00** (2020.01)

(71) Anmelder:  
**voxeljet AG, 86316 Friedberg, DE**

(72) Erfinder:  
**Gnüchtel, Ingo, 86637 Villenbach, DE; Mögele,  
Florian, 86459 Gessertshausen, DE**

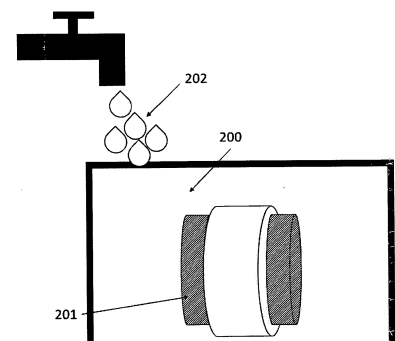
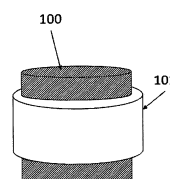
(74) Vertreter:  
**Wagner + Helbig Patentanwälte, 80538 München,  
DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **3D-DRUCKVERFAHREN UND DAMIT HERGESTELLTES FORMTEIL UNTER VERWENDUNG VON LIGNINSULFAT**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Materialsystem für den 3D-Druck, auf ein 3D-Druckverfahren unter Verwendung einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten davon oder modifizierten Ligninen, auf lösliche Formteile, die mittels pulverbasiertem Schichtbauverfahrens hergestellt werden und die Verwendung der Formteile.

Laminieren



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Materialsystem für den 3D-Druck, auf ein 3D-Druckverfahren unter Verwendung einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten davon, auf lösliche Formteile, die mittels pulverbasiertem Schichtbauverfahren hergestellt werden und die Verwendung der Formteile.

**[0002]** In der europäischen Patentschrift EP 0 431 924 B1 wird ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte aus Computerdaten beschrieben. Dabei wird ein Partikelmaterial in einer dünnen Schicht auf eine Plattform aufgetragen und dieses selektiv mittels eines Druckkopfes mit einer Flüssigkeit bedruckt. Im mit der Flüssigkeit bedruckten Bereich verbinden sich die Partikel und der Bereich verfestigt unter dem Einfluss der Flüssigkeit und gegebenenfalls eines zusätzlichen Härters. Anschließend wird die Plattform um eine Schichtdicke in einem Bauzylinder abgesenkt und mit einer neuen Schicht Partikelmaterial versehen, die ebenfalls, wie oben beschrieben, bedruckt wird. Diese Schritte werden wiederholt, bis eine gewisse, erwünschte Höhe des Objektes erreicht ist. Aus den bedruckten und verfestigten Bereichen entsteht so ein dreidimensionales Objekt.

**[0003]** Mit diesem Verfahren lassen sich verschiedene Partikelmaterialien, dazu zählen - nicht erschöpfend - natürliche biologische Rohstoffe, polymere Kunststoffe, Metalle, Keramiken und Sande, verarbeiten.

**[0004]** Sandpartikel bspw. können mit Bindersystemen durch das pulverbasierte 3D-Drucken verarbeitet werden. Hierzu zählt unter anderem die Kaltharzbindung, die im Gießereiwesen wie auch im 3D-Druck zur Anwendung kommt.

**[0005]** Auch anorganische Bindemittel kommen auf diesem Gebiet zur Anwendung. Diese sind im Gießereiwesen die umweltfreundliche Alternative zum Kaltharzbinder.

**[0006]** Diese Werkstoffe eignen sich besonders für den Metallguss, bei dem üblicherweise hohe Temperaturen herrschen und wobei das organische Bindemittel zu einem großen Teil verbrennt und die Form vorschwächt. Im nachfolgenden Schritt werden nach Erkalten der Schmelze die Formreste mechanisch entfernt. Bei anorganisch gebundenen Gussformen müssen hohe Energien aufgewendet werden, um zu verhindern, dass während des Gusses keine Schwächung der Form auftritt.

**[0007]** Für den Kaltguss mit Kunstharzen oder hydraulisch abbindenden Systemen wie Beton wird keine der bisher genannten Formen geschwächt. Die

Oberfläche der Sandformen muss vor dem Kaltguss beschichtet und versiegelt werden und ein Trennmittel aufgetragen werden, um die Trennung der Grenzflächen nach Aushärtung des Gusswerkstoffes zu erleichtern.

**[0008]** Während Außenformen noch von der Gussform entfernt werden können, ist es nachteilig nicht möglich, innere Strukturen des Abgusses mit Einlegekernen herzustellen, da eine mechanische Entfernung des Einlegekernes praktisch nicht möglich ist, ohne die endgültige Form zu beschädigen.

**[0009]** Ähnlich nachteilig verhält es sich bei der Anwendung der gedruckten Sandformen als Laminierwerkzeug. Einfache Oberflächenstrukturen lassen sich einfach auf beschichteten Oberflächen herstellen, jedoch für Hinterschnitte oder Überhänge ist das nicht möglich. Während es bei bestimmten Geometrien noch möglich ist, die Form mechanisch zu zerstören und so das Laminat freizulegen, ist dies bei beinahe geschlossenen Strukturen unmöglich. Das Laminat wird dadurch beschädigt werden.

**[0010]** So sind bisher keine oder nur ungenügend befriedigende Verfahren bekannt, die es ermöglichen komplizierte Laminierformteile herzustellen. Allerdings stehen sowohl für Laminierformteile als auch für Kaltgussformen mit komplizierter Geometrie, wie bspw. Hinterschnitte, keine zufriedenstellenden Verfahren und Materialsystem für den 3D-Druck zur Verfügung.

**[0011]** Es war deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen oder zumindest wesentlich zu verringern.

**[0012]** Es war eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Materialsystem und/oder ein 3D-Druckverfahren bereit zu stellen, das die Nachteile des Standes der Technik vermindert oder ganz vermeidet.

**[0013]** Es war eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Materialsystem und/oder ein 3D-Druckverfahren bereit zu stellen, das es erlaubt in einfacher und kostengünstiger Weise komplizierte Geometrien und laminierte Teile herstellen zu können.

### Kurze Zusammenfassung der Erfindung

**[0014]** Die Erfindung betrifft in einem Aspekt ein Materialsystem, das ein Partikelmaterial oder ein Gemisch und eine Druckflüssigkeit umfasst.

**[0015]** Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt ein Verfahren zum Herstellen von Formteilen, die als Laminierform oder Kaltgussform verwendbar sind und die ggf. durch Auswaschen mit einer wässrigen

gen Lösung oder Flüssigkeit einfach entfernt werden kann.

#### Figurenliste

**Fig. 1:** Darstellung eines einfachen gedruckten Formkörpers als Laminierform für ein Laminat.

**Fig. 2:** Auswaschen des Laminats unter Zerstörung des gedruckten Teils

**Fig. 3:** entkerntes Laminat

**Fig. 4:** fertiges Laminat

**Fig. 5:** Verfahrensablauf beim Kaltguss mit anschließendem Auswaschen der Form

#### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

**[0016]** Eine Lösung für das der Erfindung zugrunde liegende Problem im Kaltguss als auch bei der Herstellung von Laminaten stellt ein Materialsystem und/oder ein Verfahren zur Herstellung von 3D gedruckten Formkörpern dar, wobei ein Lignin oder Derivate davon in der Druckflüssigkeit enthalten sind, die vorzugsweise mit Hilfe eines Lösemittels wie Wasser unter Destruktion entformt werden können.

**[0017]** In einem Aspekt wird eine Lösung bereitgestellt durch ein Materialsystem geeignet für ein 3D-Druckverfahren oder 3D-Druckverfahrenmaterialsystem umfassend oder bestehend aus einem Partikelmaterial und einer Druckflüssigkeit, wobei das Partikelmaterial ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus anorganische Partikelmaterialien wie Quarzsand, Olivinsand, Kerphalit, Cerabeads, Keramik, Metallpulver oder andere organische Partikelmaterialien wie Holzpulver, Stärkepulver oder Cellulose-Pulver, vorzugsweise ist das Partikelmaterial unbehandelt, wobei die Druckflüssigkeit umfasst oder besteht aus einer Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einer wässrigen Lösung und einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten davon, vorzugsweise Ligninsulfonat.

**[0018]** Ein erfindungsgemäßes Materialsystem bietet unter anderem den Vorteil, dass es kostengünstig ist, da entweder kostengünstige unlösliche Materialien zum Einsatz kommen können oder/und das unlösliche Partikelmaterial im Wesentlichen wiederverwendet werden kann. Dies ist insbesondere bei teuren Partikelmaterialien von Vorteil. Weiterhin ist Lignin ein nachwachsender Rohstoff, der leicht verfügbar und auch kostengünstig ist.

**[0019]** Weiterhin ist die Druckflüssigkeit einfach in der Handhabung, umweltverträglich und schont den Druckkopf und seine Komponenten, die einen erheblichen Kostenfaktor in 3D-Druckmaschinen und ihren Verfahren darstellen.

**[0020]** In einem erfindungsgemäßen Materialsystem kann die Druckflüssigkeit zusätzlich eine Komponente beinhalten oder umfassen, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus wasserlöslichen Kunststoffen wie Polyvinylpyrrolidon, Polyethylenglykol, Polyvinylalkohol oder Polyacrylsäure oder anderen bekannten wasserlöslichen Komponenten, die mit den anderen Materialkomponenten kompatibel sind.

**[0021]** In einem erfindungsgemäßen Materialsystem nach werden die einzelnen Komponenten in ihrem Verhältnis zueinander so eingestellt, dass ein 3D-Druckverfahren vorteilhaft durchgeführt werden kann und zu den gewünschten Eigenschaften der hergestellten Formteile führt.

**[0022]** In einem Aspekt des erfindungsgemäßen Materialsystems wird die Druckflüssigkeit gleichermaßen auf die anderen Materialkomponenten eingestellt und angepasst, wobei die Druckflüssigkeit bestehen kann aus oder umfassen kann polare organische oder/und anorganische Flüssigkeiten, vorzugsweise Wasser und/oder Alkohole.

**[0023]** In einem weiteren Aspekt ist das erfindungsgemäße Materialsystem dadurch gekennzeichnet, dass die Druckflüssigkeit besteht aus oder umfasst polare organische oder/und anorganische Flüssigkeiten, vorzugsweise Wasser und/oder Alkohole.

**[0024]** Vorzugsweise kann das Materialsystem dadurch gekennzeichnet sein, dass es zusätzlich ein lösliches Stärkehydrolysat enthält, z. B. Maltodextrin, Glucose, wobei vorzugsweise das Dextroseäquivalent des Stärkehydrolysats zwischen 1 und 50, bevorzugt zwischen 3 und 35, besonders bevorzugt zwischen 3 und 20 liegt.

**[0025]** In einem weiteren Aspekt können die Komponenten des Materialsystems unterschiedlich in ihrem Verhältnis zueinander eingestellt werden. Der Lignin-Anteil in einer Druckflüssigkeit nach der Offenbarung kann sein zwischen 10 - 35% (immer bezogen auf die gesamte Mischung), vorzugsweise 10 - 25%, mehr bevorzugt 15 - 20%; ein Stärkehydrolysat kann einzeln oder in einem Gemisch von mehreren Komponenten in einem Anteil von zwischen 10 - 35% (immer bezogen auf die gesamte Mischung), vorzugsweise 10 - 25%, mehr bevorzugt 15 - 20% vorliegen; Dispergieradditive oder/und Tenside können von zwischen 0 - 3% (immer bezogen auf die gesamte Mischung), vorzugsweise 0.1 - 1% enthalten sein.

**[0026]** In einem erfindungsgemäßen Materialsystem kann der Alkoholanteil zwischen 0.5% - 15%, bevorzugt 2%-10%, besonders bevorzugt 5%-8% betragen und/oder wobei die Alkohole einfache Alkohole, Di-ole oder Polyole oder Mischungen der genannten umfassen.

**[0027]** In einem erfindungsgemäßen Materialsystem wird die Druckflüssigkeit in Hinblick auf ihre Viskosität in geeigneter Weise mit geeigneten dem Fachmann bekannten Substanzen oder Flüssigkeiten eingestellt. Die Viskosität kann dabei zwischen 2 mPas - 20 mPas, bevorzugt zwischen 8 mPas - 15 mPas und besonders bevorzugt zwischen 10 mPas - 14 mPas aufweisen.

**[0028]** In einem erfindungsgemäßen Materialsystem kann die Druckflüssigkeit weiterhin Tenside, wie Natriumdodecylsulfat oder Natriumlaurethsulfat umfassen und eine Oberflächenspannung von 20 mN/m - 50 mN/m, bevorzugt 25 mN/m - 40 mN/m und besonders bevorzugt von 28 mN/m - 35 mN/m aufweisen, oder/und Entschäumer aus bspw. der Gruppe der Siloxane oder/und Färbemittel umfassen.

**[0029]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein 3D-Druckverfahren zum Herstellen eines Formkörpers umfassend die Schritte Auftragen eines Partikelmaterialgemisches auf einer Bauebene, selektives Aufbringen einer Druckflüssigkeit, wobei die Druckflüssigkeit umfasst oder besteht aus einer Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einer wässrigen Lösung und einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten davon, vorzugsweise Ligninsulfonat, zum zumindest teilweisen selektiven Verfestigen, gegebenenfalls Temperieren des Baufeldes oder Energieeintrag in das aufgebrachte Partikelmaterialgemisch, vorzugsweise Temperieren auf 30 °C bis 60 °C, mehr bevorzugt 40 °C bis 50 °C, und die Druckflüssigkeit, wiederholen dieser Schritte bis das gewünschte Formteil erhalten wurde.

**[0030]** Vorteilhaft ist, dass mit diesem Verfahren Formteile in guter Qualität hergestellt werden können und diese in unterschiedlichen Anwendungen und Verwendungen Einsatz finden können.

**[0031]** Insbesondere ist ein Vorteil, dass die so hergestellten Formteile (auch Form oder Gussform) als Laminierformen dienen können oder für alle Zwecke, bei denen die Form am Ende des Prozesses für den Sie verwendet werden wieder entfernt werden sollen. Dies ist einfach mittels Wasserzufuhr möglich, wodurch die Form ausgeschwemmt wird und so das mit der Form hergestellte Produkt schonend von der Form befreit werden kann.

**[0032]** In einem erfindungsgemäßen 3D-Druckverfahren kann das erhaltene Formteil von dem nicht verfestigten Partikelmaterialgemisch getrennt werden und das Formteil vorzugsweise einem weiteren Wärmebehandlungsschritt unterzogen werden.

**[0033]** Wie in allen üblichen 3D-Druckverfahren, z.B. Inkjet-Verfahren, wird das Partikelmaterialgemisch mittels Recoater aufgetragen und ggf. das Partikel-

materialgemisch vor dem Aufbringen zusammengesetzt.

**[0034]** Wie in allen üblichen 3D-Druckverfahren, z.B. Inkjet-Verfahren, wird die Druckflüssigkeit mit einem Druckkopf selektiv aufgetragen.

**[0035]** In einem erfindungsgemäßen 3D-Druckverfahren kann das Formteil nach Abschluss des Druckverfahrens 4 h - 24 h, vorzugsweise 8 h - 15 h, besonders bevorzugt 10 h - 11 h, bei Umgebungsbedingungen in dem Pulverbett belassen werden.

**[0036]** Dem erfindungsgemäßen 3D-Druckverfahren können weitere Arbeitsschritte nachgeschaltet sein. Beispielsweise wird in einem zusätzlichen Schritt das Formteil einer Wärmebehandlung unterzogen, vorzugsweise wird das Formteil 1 h - 7 h, bevorzugt 4 h - 6 h, bei 30 °C - 160 °C, vorzugsweise bei 50 °C - 140 °C, gelagert.

**[0037]** Dem erfindungsmäßigen 3D-Druckverfahren kann zur Erhöhung der Entpackfestigkeit Luft durch das bedruckte und nichtbedruckte Bauvolumen durchgesaugt werden. Dabei wird vorzugsweise 0,5 h - 8 h nach Beendigung der Formherstellung (Jobende) mit dem Durchsaugen begonnen, bevorzugt 1 h - 5 h, besonders bevorzugt 1 h - 3 h nach Abschluss des Bauvorgangs. Die Durchgesaugte Luft kann eine von der Raumtemperatur veränderte Temperatur aufweisen, wobei vorzugsweise die durchgesaugte Luft eine Temperatur von 10 °C - 80 °C, bevorzugt 15 °C - 60 °C, besonders bevorzugt 20 °C - 40 °C aufweist. Vorzugsweise wird 0,5 h - 3 h, besonders bevorzugt 1 h - 2 h durchgesaugt. Ein nachgeschalteter Wärmeprozess der Bauteile im Ofen kann weiterhin erfolgen, um die Festigkeit weiter zu steigern. Vorzugsweise wird das Formteil 1 h - 7 h, bevorzugt 4 h - 6 h, bei 30 °C - 160 °C, vorzugsweise bei 50 °C - 140 °C, gelagert. Die Nachbehandlung kann zusätzlich oder als Ersatz für die Wärmebehandlung im Ofen auch mit Mikrowellenstrahlung erfolgen, wobei die Behandlung über einen Zeitraum von 2 min. - 30 min, bevorzugt 2 min - 15 min., besonders bevorzugt 2 min. - 10 min erfolgt.

**[0038]** Eine andere Möglichkeit eines Folgeschrittes in einem erfindungsgemäßen 3D-Druckverfahren ist es die Oberfläche des Formteils weiter zu beschichten oder zu versiegeln, wobei hier alle dem Fachmann bekannten Verfahren und Materialien für derartige Formteile zur Anwendung kommen können.

**[0039]** Die mit dem erfindungsgemäßen 3D-Druckverfahren hergestellten Formteile können in vielfältigen Anwendungen eingesetzt werden. Beispielsweise in Laminierverfahren zur Herstellung von Rohren oder Schläuchen für die Luft- und Raumfahrt oder ähnlichem.

**[0040]** Die Materialeigenschaften der mit dem erfindungsgemäßen 3D-Verfahren hergestellten Formteile sind vorteilhaft und können durch geeignete Folgeschritte des Verfahrens in bestimmten Materialeigenschaften weiter beeinflusst werden. Z.B. kann die Festigkeit einerseits durch die Menge an wasserlöslicher Komponente in der Druckflüssigkeit und der auf das Partikelmaterial applizierten Druckflüssigkeitsmenge beeinflusst werden, andererseits kann die Festigkeit durch Belassen des Formteils im Pulverbett oder einer nachfolgenden Wärmebehandlung, sowie das Durchsaugen von Luft eingestellt werden. Ein Formteil, das noch 4 h - 24 h, vorzugsweise 8 h - 15 h, besonders bevorzugt 10 h - 11 h, bei Umgebungsbedingungen im Pulverbett belassen wird kann Festigkeiten von 80 N/cm<sup>2</sup> - 150 N/cm<sup>2</sup> in Druckrichtung aufweisen. Durch das Durchsaugen von Luft wird die Festigkeit bereits nach kürzerer Zeit erreicht. Nach einer Wärmebehandlung für 1 h - 7 h, bevorzugt 4 h - 6 h, bei 30 °C - 160 °C, vorzugsweise bei 50 °C - 140 °C, Festigkeiten von mehr als 200 N/cm<sup>2</sup> aufweisen.

**[0041]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung die Verwendung eines erfindungsgemäß hergestellten Formteils bzw. nach einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Formteils für den Kaltguss von Kunstharzen oder hydraulisch abbindenden Systemen oder als Laminierform.

**[0042]** Weitere Aspekte der Erfindung werden im Folgenden beschrieben.

**[0043]** Vor dem eigentlichen erfindungsgemäßen 3D-Druckprozess muss das inerte Partikelmaterial wie die bereits im pulverbettbasierten 3D-Druck bekannter Weise verwendeten Sande wie Quarzsand, Olivinsand, Kerphalit oder Cerabeads aber auch unlösliche Kunststoffe nicht mit weiteren löslichen organischen Stoffen vermischt werden.

**[0044]** Der Vorteil der genannten Partikelmaterialien ist, dass keine Änderungen an der bestehenden Beschichtertechnologie notwendig sind und Standard 3D-Drucker verwendet werden können, die in der Lage sind, Partikelmaterial im Furanharz-, Phenolharz- und Anorganikverfahren zu verarbeiten.

**[0045]** Im Falle von Mischungen von Partikelmaterialien liegen die Partikelgrößen bevorzugt zwischen 90 µm und 250 µm, wobei auch feinere Pulver geeignet sind. Dadurch wird einer Entmischung während des Transports des Partikelmaterials weitestgehend vorgebeugt.

**[0046]** Gemischte Pulver werden üblicherweise schon dem Prozess vorgeschaltet in einem diskontinuierlichen Mischer homogenisiert.

**[0047]** Die flüssige zweite Komponente, d.h. eine Druckflüssigkeit, wird über einen Druckkopf eingetragen, der meanderförmig über die beschichtete erste Komponente geführt wird, selektiv gemäß den Daten des jeweiligen Schichtbildes mit einem vorher definierten Eintrag bezogen auf das Gewicht des Partikelmaterials.

**[0048]** Die Druckflüssigkeit (die flüssige Komponente) besteht zu einem Großteil aus einem Lösungsmittel (Lösemittel), das das lösliche Material auf das Partikelmaterial überträgt. Bevorzugt ist das Lösemittel Wasser.

**[0049]** Damit Wasser druckstabil verarbeitet werden kann, wird einerseits die Oberflächenspannung von etwa 72 mN/m auf bevorzugt unter 40 mN/m, besonders bevorzugt zwischen 30 mN/m und 35 mN/m durch Zugabe eines Tensids abgesenkt. Hierfür werden nur geringe Mengen zugesetzt, da hohe Mengen die Schaumbildung fördern und es zu Düsenausfällen während dem Drucken kommen kann. Aus diesem Grund werden nur Mengen bis zu 1% eines Tensids wie Natriumdodecylsulfat, Zuckertenside, Surfynol® 440, Surfynol® 465 oder Carbowet® 104 in die Druckflüssigkeit zugegeben.

**[0050]** Das Auftreten von Schaum wird durch die Zugabe von Entschäumern bspw. aus der Gruppe der Siloxane wie TEGO® Foamex 1488 verringert und üblicherweise bis zu 0.5% der Druckflüssigkeit zugegeben.

**[0051]** Die Viskosität der Druckflüssigkeit wird durch Zugabe von leicht wasserlöslichen Alkoholen in einen Bereich von 4 mPas - 20 mPas eingestellt. Bevorzugt werden mehrwertige Alkohole wie Glykol, Propylenglykol, Polyethylenglykol, Polyvinylalkohol oder lösliche Zuckerarten verwendet, die bis zu 20% enthalten sind. Besonders bevorzugt ist eine Zugabemenge von 15% - 20% Maltodextrin, wobei eine Viskosität von 11 mPas - 15 mPas resultiert.

**[0052]** Weiterhin kann die dunkle, braune Färbung der Druckflüssigkeit durch Zugabe von geeigneten Farbstoffen in seiner Färbung angepasst werden. Üblicherweise werden geringe Mengen eines leicht löslichen Farbstoffes wie Basacide®, Orasole® oder Polymerfarbstoffe wie Milliken Red 17 verwendet. Übliche Zugabemengen liegen im Bereich zwischen 0.1% - 0.5%, bevorzugt 0.2% - 0.3%.

**[0053]** Nach Bedrucken der Schicht wird die Bauplattform relativ zur Druckeinheit um eine Schichtstärke bewegt und neues Pulvermaterial aufgebracht.

**[0054]** Dabei kann eine Infrarotlampe, die sich an der Recoaterachse befindet und/oder eine separate Achse besitzt und/oder an der Druckkopfachse montiert ist, die bedruckte und/oder die frisch aufgelegte

Schicht durch eine oder mehrere Überfahrten erwärmen. Die erhöhte Temperatur unterstützt die Flüssigkeitsmenge durch Verdampfen wieder zu reduzieren. Durch den Heizschritt wird neben der Erhöhung der Festigkeit der Bauteile vorteilhafter Weise auch eine höhere Konturschärfe erzeugt, da die Diffusion des Binders durch die genannten Vorgänge reduziert wird.

**[0055]** Die Oberflächentemperatur liegt während dem Prozess zwischen 30 °C und 60 °C, bevorzugt bei 40 °C - 50 °C.

**[0056]** Nach Beendigung des Bauprozesses werden noch 3 mm - 30 mm, bevorzugt 10 mm Leerschichten aufgelegt, um die zuletzt gebauten Bauteile völlig in loses Material einzubetten.

**[0057]** Nach einer Wartezeit von 4 h - 24 h, bevorzugt 8 h - 12 h, besonders bevorzugt 10 h - 11 h kann das Bauteils bspw. mittels eines Saugers vom losen Material befreit werden. Das ungebundene Pulver kann nach einer Kontrollsiebung wieder dem Prozess zugeführt werden.

**[0058]** Die Bauteile werden abschließend mit Druckluft vom restlichen noch anhaftenden Material befreit. Die Festigkeiten sind mit 80 N/cm<sup>2</sup> - 150 N/cm<sup>2</sup> eher schwach jedoch fest genug, um sie zerstörungs- und verformungsfrei zu handhaben.

**[0059]** Durch Ofennachbehandlung bei vorzugsweise 100 °C - 140 °C für 3 h - 5 h kann ein Festigkeitszuwachs generiert werden, wobei die endgültigen Festigkeiten von >200 N/cm<sup>2</sup> erreicht werden.

**[0060]** Da die 3D gedruckten Formkörper eine poröse Oberfläche aufweisen, ist es vor der Verwendung als Guss- oder Laminierform meist vorteilhaft, die Oberfläche des gedruckten Bauteils zu behandeln. Dabei wird die Porosität an der Grenzfläche soweit verringert, dass im weiteren Anwendungsschritt die Oberfläche des gedruckten Werkstoffes nicht mehr penetriert und der Abguss oder das Laminat vom gedruckten Bauteil abgegrenzt werden kann. Die gebaute Form wird zusammengesetzt oder auch in konventionell hergestellte Außenformen eingelegt und mit einem Harz wie bspw. Epoxid, Polyurethan- oder Polyesterharz ausgegossen. Des Weiteren können auch Silikone oder hydraulisch abbindende Materialsysteme verwendet werden. Außerdem lassen sich Lamine basierend auf Glas- oder Kohlefaser anhand der Bauteiloberflächen herstellen.

**[0061]** Nach Aushärten der Materialsysteme erfolgt die Entformung indem Lösemittel bevorzugt Wasser in Kontakt mit der Form gebracht wird. Die kann bspw. durch Tauchen oder Übergießen erfolgen. Die lösliche Komponente löst sich nun rasch auf, wobei

der Zusammenhalt des unlöslichen Pulvers aufgehoben wird.

**[0062]** Die unlösliche Komponente wird ebenfalls herausgespült, kann gesammelt werden, wieder mit löslichem Material gemischt und dem Prozess wieder zugeführt werden. Um das gebaute Teil auszulösen genügt ein ausreichend großer Spalt, aus dem das unlösliche Material zusammen mit dem Lösemittel herausfließen kann.

**[0063]** Im Folgenden werden einige Begriffe der Erfindung näher erläutert.

**[0064]** Im Sinne der Erfindung sind „3D-Druckverfahren“ alle aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, die den Aufbau von Bauteilen als dreidimensionale Formen ermöglichen, und mit den beschriebenen Verfahrenskomponenten und Vorrichtungen kompatibel sind.

**[0065]** „Selektive Druckflüssigkeitsauftrag“ kann im Sinne der Erfindung nach jedem Partikelmaterial - oder Partikelmaterialgemischauftrag erfolgen oder je nach den Erfordernissen des Formkörpers und zur Optimierung der Formkörperherstellung auch unregelmäßig erfolgen, d.h. nicht linear und parallel nach jedem Partikelmaterialauftrag. „Selektiver Druckflüssigkeitsauftrag,“ kann somit individuell und im Verlauf der Formkörperherstellung eingestellt werden.

**[0066]** „Binder“ im Sinne der Erfindung sind Materialien, die mittels Anlösen durch eine Lösung oder ein Lösemittel, z.B. eine wässrige Lösung, dazu führen, dass feste und unlösliche Partikel, z.B. Sande, in einem Partikelmaterial aneinanderkleben und ein relative Festigkeit zwischen den Partikeln erzeugen.

**[0067]** „Formkörper“ oder „Bauteil“ oder „Form“ oder „3D-Formteil“ im Sinne der Erfindung sind alles mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens (3D-Druckverfahrens) hergestellte dreidimensionale Objekte, die eine Formfestigkeit aufweisen.

**[0068]** Als „Partikelmaterialien“ oder „unlösliche Partikelmaterialien“ können alle für den Pulver-basierten 3D Druck (z.B Inkjet-Verfahren) bekannten Materialien verwendet werden, insbesondere Sande, Keramikpulver, Metallpulver, Kunststoffe, Holzpartikel, Faserwerkstoffe, Cellulosen oder/und Laktosepulver. Das Partikelmaterial ist vorzugsweise ein trocken frei fließendes Pulver. Es kann aber auch ein kohäsives schnittfestes Pulver verwendet werden.

**[0069]** Unter „Partikelmaterial“ oder „Partikelmaterialgemisch“ im Sinne der Erfindung wird ein Materialgemisch aus zwei oder unterschiedlichen Materialien, z.B. einem wasserlöslichen und einem wasserunlöslichen Partikelmaterial verstanden, wobei die ein-

zelen Materialien in der vorliegenden Offenbarung weiter beschrieben sind.

**[0070]** Ein „Materialsystem“ im Sinne der Erfindung besteht aus verschiedenen Komponenten, die in Ihrem Zusammenwirken den schichtweisen Aufbau von Formteilen erlauben; diese verschiedenen Komponenten können zusammen oder nacheinander in Schichten aufgebracht und aufgetragen werden. Dabei können einzelne Komponenten wie Binderkomponenten in einer oder beiden Materialkomponenten vorhanden sein und diese haben dann einen Einfluss auf z.B. die Festigkeit des hergestellten Formteils.

**[0071]** Eine „Druckflüssigkeit“ im Sinne der Erfindung dient dazu, selektiv auf das aufgebrachte Partikelmaterialgemisch aufgebracht zu werden und selektiv die Bildung eines Formkörpers zu erreichen. Die Druckflüssigkeit kann dabei Bindermaterialien enthalten, diese Bindermaterialien können im Wesentlichen ausschließlich im Partikelmaterialgemisch vorliegen, im Wesentlichen ausschließlich in der Druckflüssigkeit vorliegen oder in beiden Komponenten vorliegen. Eine „Druckflüssigkeit“ im Sinne der Erfindung umfasst oder besteht aus einer Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einer wässrigen Lösung und einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten oder modifizierte Lignine davon, vorzugsweise Ligninsulfonat.

**[0072]** „Bauraum“ ist der geometrische Ort in dem die Partikelmaterialschüttung während des Bauprozesses durch wiederholtes Beschichten mit Partikelmaterial wächst. Im Allgemeinen wird der Bauraum durch einen Boden, die Bauplatzform, durch Wände und eine offene Deckfläche, die Bauebene, begrenzt.

**[0073]** „Gusswerkstoff“ ist im Sinne dieser Erfinder jeder vergießbare Werkstoff, insbesondere solche bei deren Verarbeitung keine Temperaturen auftreten, die eine Kaltharzbindung schwächen könnten und somit ein Entformen begünstigen.

**[0074]** Die „Porosität“ ist im Sinne der Erfindung eine Labyrinthstruktur von Hohlräumen, die zwischen den im 3D-Druckprozess verbundenen Partikeln entsteht.

**[0075]** Die „Versiegelung“ wirkt an der geometrischen Grenze zwischen gedruckter Form und dem zu füllenden Hohlraum. Sie verschließt oberflächlich die Poren des porösen Formkörpers.

**[0076]** Unter „Kaltgussverfahren“ sind insbesondere Gießverfahren zu verstehen, bei denen vor, während und nach dem Guss die Temperatur der Gussform und des Kernes die Zersetzung- oder Erweichungstemperatur des Formmaterials nicht erreicht. Dabei wird die Festigkeit der Form durch den Guss nicht beeinflusst. Gegensätzlich dazu wären Metallgussver-

fahren, bei denen die Form im Allgemeinen durch die heiße Gussmasse langsam zerstört wird.

**[0077]** Mit dem Begriff „Behandelte Oberfläche“ wird eine Oberfläche der Gussform bezeichnet, die nach dem Drucken und Reinigen der Form in einem vorzugsweise eigenen Schritt behandelt wird. Diese Behandlung ist häufig ein Auftragen eines Stoffes auf die Oberfläche und damit auch in die oberflächennahen Bereiche der Form oder des Kerns. Für das Auftragen kommen dabei alle erdenklichen verschiedene Verfahren in Betracht.

**[0078]** Es ist insbesondere für komplexere Formen in wirtschaftlicher Hinsicht wünschenswert, Gussformen für den Kaltguss und Laminierformen über 3D-gedruckte Formen zu realisieren.

**[0079]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Form bereitzustellen, insbesondere zur Verwendung in Kaltguss- und Laminierverfahren, die mittels eines pulverbasierten Schichtbauverfahrens hergestellt ist, wobei die endgültige Form ggf. eine behandelte Oberfläche aufweist und durch ein Lösemittel geschwächt und entformt werden kann.

**[0080]** Die behandelte Oberfläche kann dabei beispielsweise verhindern, dass vergießbare Materialsysteme oder flüssige Bindemittel in den Formkörper auf Grund des hydrostatischen Druckes oder kapillarer Effekte eindringt.

**[0081]** Im Folgenden werden weitere Ausführungsformen oder/und Aspekte der Erfindung dargestellt.

**[0082]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Erfindung ein Materialsystem aus einem Gemisch eines Partikelmaterials, wobei mindestens eine Pulverkomponente in einer zweiten flüssigen Komponente löslich ist.

**[0083]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine erste Materialkomponente, die aus mindestens einem unlöslichen anorganischen und/oder organischem Partikelmaterial und aus einem löslichen bevorzugt wasserlöslichen Polymer mit ähnlicher Korngrößenverteilung besteht.

**[0084]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine zweite Materialkomponente, die größtenteils aus einem Lösemittel und Additiven zur Einstellung der Viskosität und Oberflächenspannung besteht.

**[0085]** Des Weiteren betrifft die Erfindung die Herstellung von wasserlöslichen Formen mittels pulverbettbasiertem 3D Druck im Schichtbauverfahren und mit einer flüssigen Komponente, die selektiv in das Partikelmaterial eingebracht wird.

**[0086]** Durch die löslichen Eigenschaften einer Komponente des Partikelmaterials kann ein daraus mittels 3D Druck hergestellter Formkörper durch Einwirkung eines Lösemittels, bevorzugt Wasser, wieder unter milden Bedingungen zerstört werden.

**[0087]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Verwendung der Form nach der Erfindung zur Herstellung von kalt gegossenen Gussteilen als verlorene Gussform oder Laminat.

**[0088]** Insbesondere können die Gussformen nach der Erfindung zur Herstellung von Betongussteilen und/oder kaltgegossenen Polymerbauteilen verwendet werden.

**[0089]** Vorzugsweise wird für das Schichtbauverfahren ein Pulverbett-basiertes 3D-Druckverfahren eingesetzt.

**[0090]** Wird die Oberfläche ggf. zusätzlich mit einem hydrophoben Material versiegelt, kann das Eindringen des Gussmaterials in die Poren der Gussform gut eingeschränkt werden.

**[0091]** Weiterhin ist es möglich die Porosität der Oberfläche durch eine Schlichte und/oder Dispersion zu verändern, insbesondere eine zirkonoxid-, aluminiumoxid-, calciumoxid-, titanoxid-, kreide- oder kiesel säure-basierte Schlichte und/oder eine kunststoff-, cellulose-, zucker-, mehl- und/oder salzbasierte Lösung.

**[0092]** Darüberhinaus kann die Porosität der Oberfläche durch ein Fett, Öl, Wachs und/oder warmwasserlösliche Stoffe verändert bzw. versiegelt werden.

#### Ausführungsbeispiele

**[0093]** A. Eine beispielhafte Vorrichtung zum Erzeugen eines Formteils gemäß der vorliegenden Erfindung weist einen Pulverbeschichter auf. Mit diesem wird Partikelmaterial auf eine Bauplattform aufgebracht und geglättet. Das aufgebrachte Partikelmaterial kann aus verschiedensten unlöslichen Materialien bestehen, erfindungsgemäß bevorzugt und auf Grund der geringen Kosten ist allerdings Sand, der mit einem wasserlöslichen Polymer vermischt wird. Die Höhe der Pulverschichten wird durch die Bauplattform bestimmt. Sie wird nach dem Aufbringen einer Schicht abgesenkt. Beim nächsten Beschichtungsvorgang wird das entstandene Volumen verfüllt und der Überstand glattgestrichen. Das Ergebnis ist eine im Wesentlichen oder sogar nahezu perfekt parallele und glatte Schicht definierter Höhe.

**[0094]** Nach einem Beschichtungs- und gegebenenfalls Aufwärmprozess wird die Schicht mittels eines Tintenstrahl Druckkopfes mit einer Flüssigkeit, die das lösliche Polymer auf das Partikelmaterial überträgt.

Das Druckbild entspricht dem Schnitt durch das Bauteil in der aktuellen Bauhöhe der Vorrichtung. Die Flüssigkeit trifft auf das Partikelmaterial und diffundiert langsam hinein.

**[0095]** Das lösliche Bindemittel verbindet die umliegenden losen unlöslichen Partikel physikalisch miteinander. Dabei ist die Bindung zunächst nur von geringer Festigkeit.

**[0096]** Im nächsten Schritt wird die Bauplattform um eine Schichtstärke abgesenkt und die Schicht außerdem zusätzlich mittels Wärme aufgeheizt. Die Schritte Schichtbilden, Bedrucken/Belichten, Erwärmen und Absenken werden nun solange wiederholt bis das gewünschte Bauteil vollständig erstellt ist.

**[0097]** Das Bauteil liegt jetzt vollständig im Pulverkuchen vor. Im letzten Schritt wird das Bauteil vom losen Partikelmaterial befreit. Zusätzlich kann eine Reinigung von losem Pulvermaterial mittels Druckluft folgen.

**[0098]** B. Das gebundene Bauvolumen umgeben von ungebundenen kann durch Durchsaugen von Luft schneller getrocknet werden.

**[0099]** C. Das erzeugte Bauteil kann anschließend noch im Ofen getrocknet werden, um die Festigkeit weiter zu steigern. Nach Behandlung der Oberfläche, kann das Bauteil für den Kaltguss oder als Laminierform verwendet werden.

**[0100]** D. Je nach Anwendungszweck und erforderlicher Oberflächenqualität werden unterschiedliche mittlere Korngrößen von unlöslichem Partikelmaterial und löslichem Polymer verwendet. Für hohe Oberflächenqualitäten werden bspw. Sande und lösliches Polymer mit einem mittleren Korndurchmesser von 60  $\mu\text{m}$  - 90  $\mu\text{m}$  verwendet, wobei die Schichthöhe mit 150  $\mu\text{m}$  sehr fein gewählt werden kann. Größere Partikel mit bspw. einem  $d_{50}$  = 140  $\mu\text{m}$  - 250  $\mu\text{m}$  lassen nur 250  $\mu\text{m}$  - 400  $\mu\text{m}$  Schichthöhen zu. Dadurch werden gröbere Oberflächen erhalten. Die Aufbaugeschwindigkeit wird auch von der Feinheit des Partikelmaterials beeinflusst.

**[0101]** Nachfolgend sind jeweils zwei Beispiele für ein Partikelmaterial mit löslicher Komponente und einem flüssigem Material sowie exemplarisch die Eigenschaften von resultierenden Bauteilen dargestellt.

**[0102]** E. Beispielhafte Partikelmaterialien:

Beispiel 1:

Partikelmaterial bestehend aus Sand mit einer mittleren Korngröße von 150  $\mu\text{m}$  (95%) und einem Sand mit einem  $d_{50}$  von 190  $\mu\text{m}$  (5%) wird in einem Nautamischer für 1 h gemischt und anschließend gesiebt (250  $\mu\text{m}$  Maschenweite).



Beispiel 2:

Partikelmaterial bestehend aus Weichholzfasern (80%, bspw. Lignocel®) und Stärkepolver (20%) werden in einem Nautamischer für 1 h gemischt und anschließend gesiebt (250 µm Maschenweite).

Beispielhafte Druckflüssigkeiten

Zusammensetzung einer beispielhaften Druckflüssigkeit (flüssige Komponente)

**[0103]** Zu dest. Wasser (52%) wird unter Rühren bei 300 rpm mit einem Flügelmischer portionsweise Ligninsulfonat (25%) hinzugegeben und so lange gerührt, bis der Feststoff vollständig gelöst ist. Anschließend werden ebenfalls portionsweise Maltodextrin (12%) und Glucose (10%) zugegeben gefolgt von Surfynol (0.8%) und zuletzt Zetasperse 179 (0.2%). Nach einer Rührzeit von einer weiteren Stunde bei 600 rpm wird das Gemisch filtriert (Maschenweite <1 µm) (die Mengenangaben beziehen sich auf 100% der gesamten Mischung).

Ein beispielhafter Druckprozess

**[0104]** Die Bauplattform wird vor dem eigentlichen Druck mit einer Schicht aus Gießereisand mit einer mittleren Körnung von 140 µm belegt und mit Hilfe von IR-Strahlung auf eine Oberflächentemperatur von 90 °C erwärmt. Im Anschluss erfolgt der schichtweise Druckprozess, wobei Druckflüssigkeit gemäß den Baudaten mit einem Eintrag von 15% bezogen auf die Masse des Partikelmaterials über den Druckkopf eingebracht wird.

Ein beispielhafter Post-Processing Schritt (optional)

**[0105]** Nach Abschluss des Druckjobs wird an die Box für 1 h Unterdruck angelegt, wobei Umgebungsluft durch den Pulverkuchen gezogen wird und die Bauteile getrocknet werden. Die Teile weisen nach dem Auspacken und finishen eine 3-Punkt-Biegefestigkeit von 210 N/cm<sup>2</sup> und eine Restfeuchte von 0.3% auf. Bei einer maximalen rel. Luftfeuchtigkeit von 60% können die Teile ohne Verformung gelagert werden.

**[0106]** Weitere Ausführungen zu den Figuren beschreiben verschiedene Aspekte der Erfindung:

**Fig. 1** zeigt die Verwendung des hergestellten wasserlöslichen Kerns (**100**) als Laminierform mit bereits umgebenden Laminat (**101**). Nach Aushärten des Harzes wird die Form in ein Wasserbecken (**200**) gegeben und unterstützend mit einem Wasserstrahl (**202**) herausgewaschen. Die **Fig. 2** zeigt die sich auflösende Form (**300**). Die unlösliche Komponente des Partikelmaterials (**301**) sammelt sich am Boden des Wasserbeckens. Nach vollständigem Auflösen der lösli-

chen Komponente bleibt das Laminat (**400**) zurück und kann unter einem Wasserstrahl (**401**) noch vollständig gereinigt werden (**Fig. 3**). **Fig. 4** zeigt das gereinigte und getrocknete Laminat. **Fig. 5** zeigt die Anwendung im Kaltguss. Zunächst wird die wasserlösliche Form (**602**) in einer Form (**601**) eingelegt. Das zu vergießende Material bspw. ein Epoxidharz oder Beton (**600**) wird in die Form eingegossen. Nach erfolgter Aushärtung des Gussmaterials nach üblicherweise 24 h wird wieder mittels eines Tauchbeckens und/oder Wasserstrahls (**604**) der Kern unter milden Bedingungen entformt. Das zurückbleibende unlösliche Material kann nach Trocknung und Zumischung des löslichen Anteils wieder dem Druckprozess zugeführt werden. Damit erreicht der Prozess eine hohe Wirtschaftlichkeit, was vor allem beim Verwenden von Sondersanden einen großen Vorteil bringt.

#### Bezugszeichenliste

<b>100</b>	wasserlöslicher Kern
<b>101</b>	Laminat um wasserlöslichen Kern herum
<b>200</b>	Wasserbad
<b>201</b>	wasserlöslicher Kern mit Laminat
<b>202</b>	Wasser
<b>300</b>	Kern löst sich auf
<b>301</b>	unlösliches Partikelmaterial
<b>302</b>	Wasser
<b>400</b>	entkerntes Laminat
<b>401</b>	Wasser
<b>500</b>	fertiges Laminat
<b>600</b>	Beton
<b>601</b>	Schalung
<b>602</b>	wasserlöslicher Kern
<b>603</b>	Auswaschen mit Wasser
<b>604</b>	Wasser
<b>605</b>	entkerntes Betonbauteil

**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**

- EP 0431924 B1 [0002]

## Patentansprüche

1. Materialsystem geeignet für ein 3D-Druckverfahren oder 3D-Druckverfahrenmaterialsystem umfassend oder bestehend aus einem Partikelmaterial und einer Druckflüssigkeit, wobei das Partikelmaterial ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus anorganische Partikelmaterialien wie Quarzsand, Olivinsand, Kerphalit, Cerabeads, Keramik, Metallpulver oder andere organische Partikelmaterialien wie Holzpulver, Stärkepulver oder Cellulose-Pulver, vorzugsweise ist das Partikelmaterial unbehandelt, wobei die Druckflüssigkeit umfasst oder besteht aus einer Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einer wässrigen Lösung und einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten davon, vorzugsweise Ligninsulfonat.

2. Materialsystem nach Anspruch 1, wobei die Druckflüssigkeit besteht aus oder umfasst polare organische oder/und anorganische Flüssigkeiten, vorzugsweise Wasser und/oder Alkohole, vorzugsweise wobei das Materialsystem zusätzlich ein lösliches Stärkehydrolysat enthält, z. B. Maltodextrin, Glucose, wobei vorzugsweise das Dextroseäquivalent des Stärkehydrolyсата zwischen 1 und 50, bevorzugt zwischen 3 und 35, besonders bevorzugt zwischen 3 und 20 liegt, vorzugsweise wobei der Alkoholanteil zwischen 0.5% - 15%, bevorzugt 2% - 10%, besonders bevorzugt 5% - 8% beträgt und/oder wobei die Alkohole einfache Alkohole, Diöle oder Polyöle oder Mischungen der genannten umfassen oder/und wobei die Druckflüssigkeit eine Viskosität von 2 mPas - 20 mPas, bevorzugt 5 mPas - 15 mPas und besonders bevorzugt zwischen 10 mPas - 14 mPas aufweist.

3. Materialsystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Druckflüssigkeit weiterhin Tenside, wie bspw. Natriumdodecylsulfat oder Surfynol 465 umfasst und die Oberflächenspannung von 20 mN/m - 50 mN/m, bevorzugt 25 mN/m - 40 mN/m und besonders bevorzugt von 28 mN/m - 35 mN/m aufweist, oder/und Entschäumer aus bspw. der Gruppe der Siloxane umfasst oder/und Färbemittel umfasst oder/und wobei die Druckflüssigkeit weitere Rheologie- und Dispergieradditive enthält, die die Benetzung der eingesetzten Komponenten verbessern, beispielhaft Zetasperse® 170, Zetasperse® 179, Carbowet® GA221, Surfynol AD01, sowie Korrosionsinhibitoren.

4. 3D-Druckverfahren zum Herstellen eines Formkörpers umfassend die Schritte Auftragen eines Partikelmaterialgemisches auf einer Bauebene, selektives Aufbringen einer Druckflüssigkeit, wobei die Druckflüssigkeit umfasst oder besteht aus einer Flüssigkeit ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einer wässrigen Lösung und einer Lignin-haltigen Komponente oder Derivaten davon, vorzugsweise Ligninsulfonat, zum zumindest teilweisen selek-

tiven Verfestigen, gegebenenfalls Temperieren des Baufeldes oder Energieeintrag in das aufgebrachte Partikelmaterialgemisch, vorzugsweise Temperieren auf 30 °C bis 60 °C, mehr bevorzugt 40 °C bis 50 °C, und die Druckflüssigkeit, wiederholen dieser Schritte bis das gewünschte Formteil erhalten wurde.

5. 3D-Druckverfahren nach Anspruch 4, wobei das erhaltene Formteil von dem nicht verfestigten Partikelmaterialgemisch getrennt wird und das Formteil vorzugsweise einem weiteren Wärmebehandlungsschritt und/oder einer Behandlung mit Mikrowellenstrahlung unterzogen wird.

6. 3D-Druckverfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei das Partikelmaterialgemisch mittels Recoater aufgetragen wird oder/und wobei die Druckflüssigkeit mit einem Druckkopf selektiv aufgetragen wird oder/und wobei das Formteil nach Abschluss des Druckverfahrens 4 h - 24 h, vorzugsweise 8 h - 15h, besonders bevorzugt 10 h - 11 h, bei Umgebungsbedingungen in einem Pulverbett belassen wird.

7. 3D-Druckverfahren nach einem der Ansprüche 4-6, wobei das Formteil durch ein Durchsaugen eines Gases oder Gasgemisches, vorzugsweise von Umgebungsluft, durch die Gesamtheit von nicht bedruckten und bedruckten Bereichen nach Abschluss des Druckprozesses getrocknet und/oder gehärtet wird, wobei vorzugsweise das Durchsaugen 0 h - 24 h, bevorzugt 0 h - 12 h, besonders bevorzugt direkt nach dem Druckende erfolgt, vorzugsweise erfolgt ein Durchsaugen für 0,5 bis 2 Stunden, vorzugsweise für 1 Stunde, und vorzugsweise das Formteil eine Festigkeiten von 150 N/cm<sup>2</sup> bis 200 N/cm<sup>2</sup> aufweist oder/und wobei in einem zusätzlichen Schritt das Formteil einer Wärmebehandlung unterzogen wird, vorzugsweise wird das Formteil 0.5 h - 7 h, bevorzugt 1 h - 6 h, bei 30 °C - 160 °C, vorzugsweise bei 50 °C - 140 °C, gelagert, wobei vorzugsweise die Wärmebehandlung vor und/oder während und/oder nach dem Druckvorgang mittels IR-Lampe unterstützend erfolgt oder wobei in einem zusätzlichen Schritt das Formteil einer Behandlung mit Mikrowellenstrahlung unterzogen wird, wobei die Behandlung über einen Zeitraum von 2 min. - 30 min., bevorzugt 2 min. - 15 min., besonders bevorzugt 2 min. - 10 min erfolgt.

8. 3D-Druckverfahren nach einem der Ansprüche 4-7, wobei die Oberfläche des Formteils weiter beschichtet oder versiegelt wird.

9. 3D-Druckverfahren nach einem der Ansprüche 4-8, wobei ein Materialsystem nach einem der Ansprüche 1-3 verwendet wird.

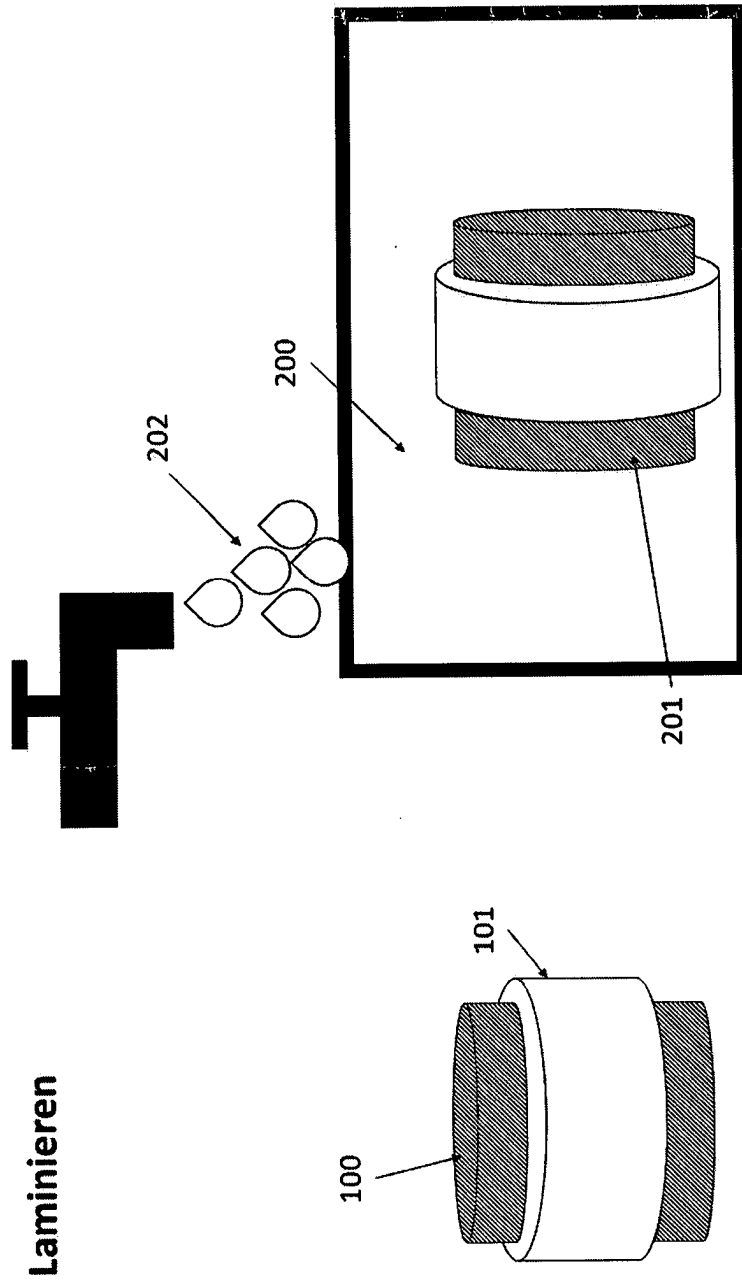
10. Verwendung eines Materialsystems gemäß einem der Ansprüche 1-3 in einem 3D-Druckverfahren, oder

Formteil hergestellt mittels 3D-Druckverfahren nach einem der Ansprüche 4-9, wobei das Formteil nach 4 h - 24 h, vorzugsweise 8 h - 15 h, besonders bevorzugt 10 h - 11 h, bei Umgebungsbedingungen im Pulverbett belassen wird, Festigkeiten von  $80 \text{ N/cm}^2$  -  $150 \text{ N/cm}^2$  in Druckrichtung aufweist und nach einer Wärmebehandlung für 1 h - 7 h, bevorzugt 4 h - 6 h, bei  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ , vorzugsweise bei  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ , Festigkeiten von mehr als  $200 \text{ N/cm}^2$ , vorzugsweise von 180 bis  $250 \text{ N/cm}^2$ , mehr bevorzugt von  $240 \text{ N/cm}^2$  aufweist oder

Verwendung eines Formteils hergestellt gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 4-9 für den Kaltguss von Kunstharzen oder hydraulisch abbindenden Systemen oder als Laminierform.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1

4 / E

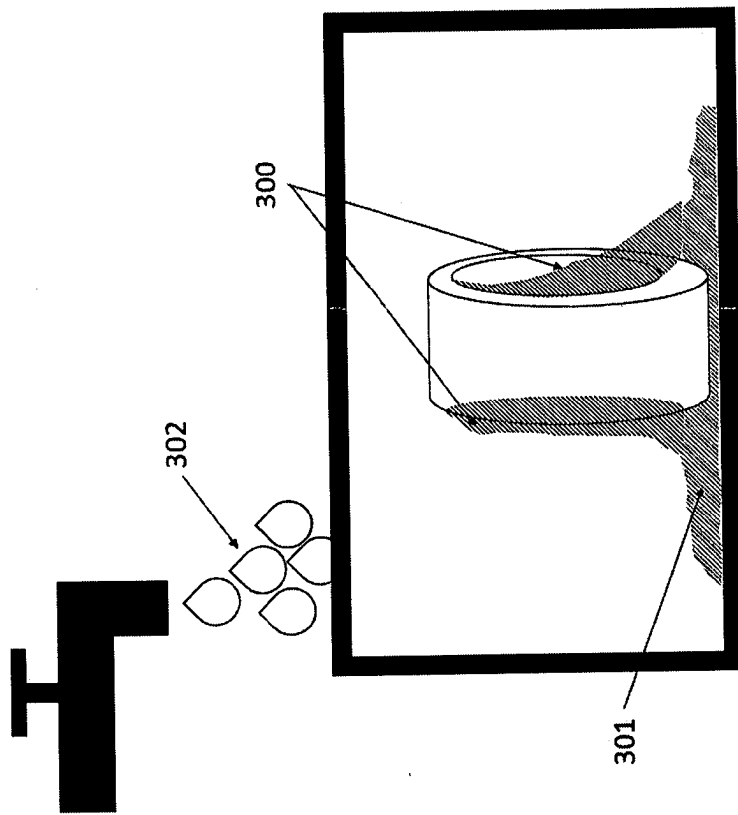
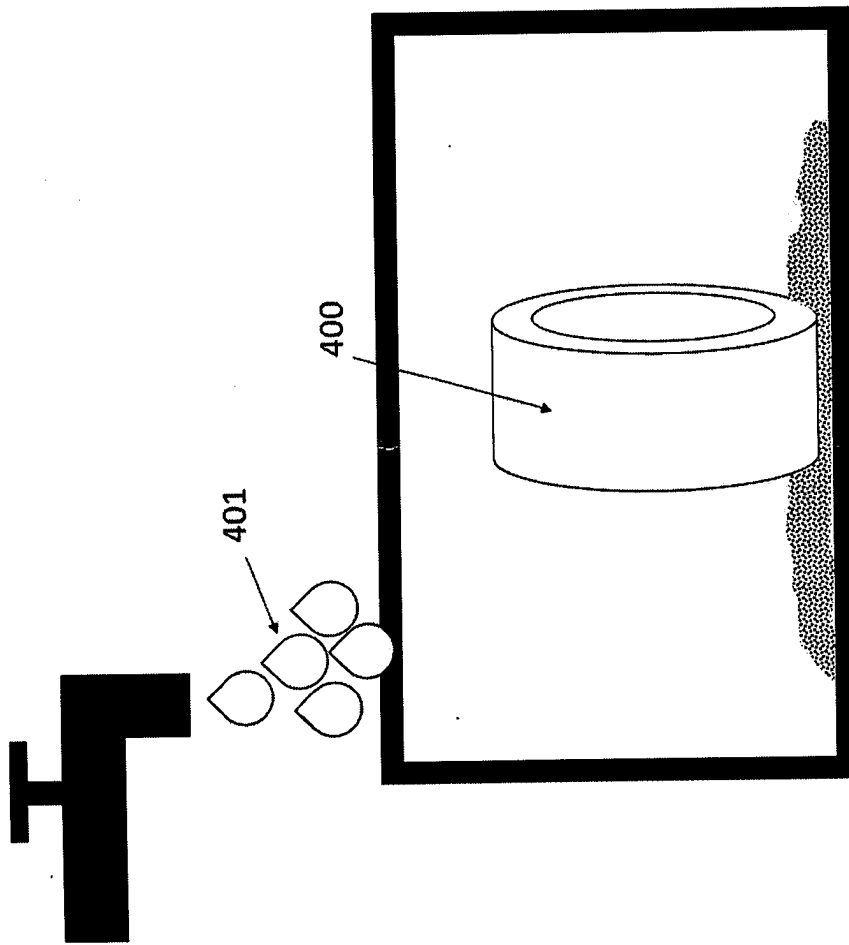
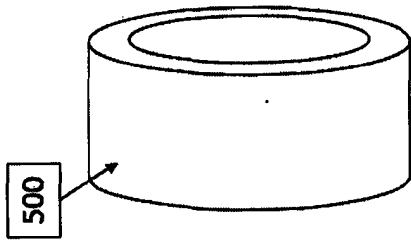


Figure 2

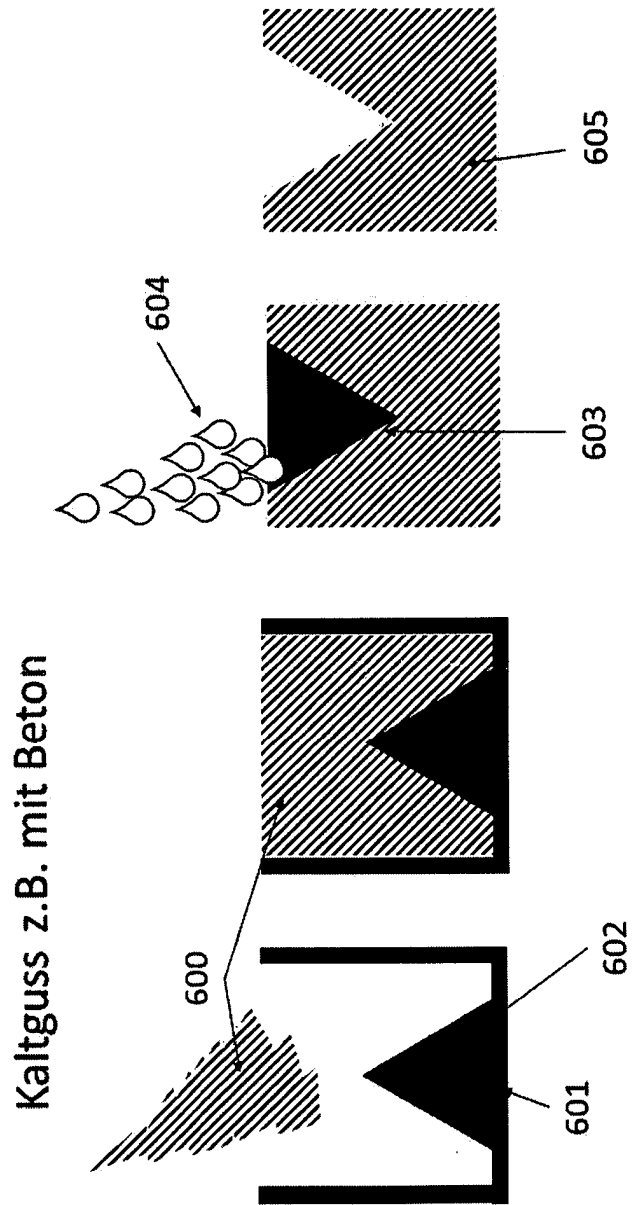


Figur 3



Figur 4





Figur 5