

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

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
4. Juni 2015 (04.06.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/078430 AI

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
B29C 67/00 (2006.01) *B28B 7/46* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/DE20 14/000602
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
26. November 2014 (26. 11.2014)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2013 019 716.3
27. November 2013 (27. 11.2013) DE
- (71) **Anmelder:** VOXELJET AG [DE/DE]; Paul-Lenz-Strasse
1, 86316 Friedberg (DE).
- (72) **Erfinder:** EDERER, Ingo; Feuerhausstr. 2, 82269
Geltendorf (DE). GÜNTHER, Daniel; Aberlestr. 13,
81371 München (DE).
- (74) **Anwalt:** HELBIG, Christian; WAGNER + HELBIG
Patentanwälte, Pfarrstr. 14, 80538 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

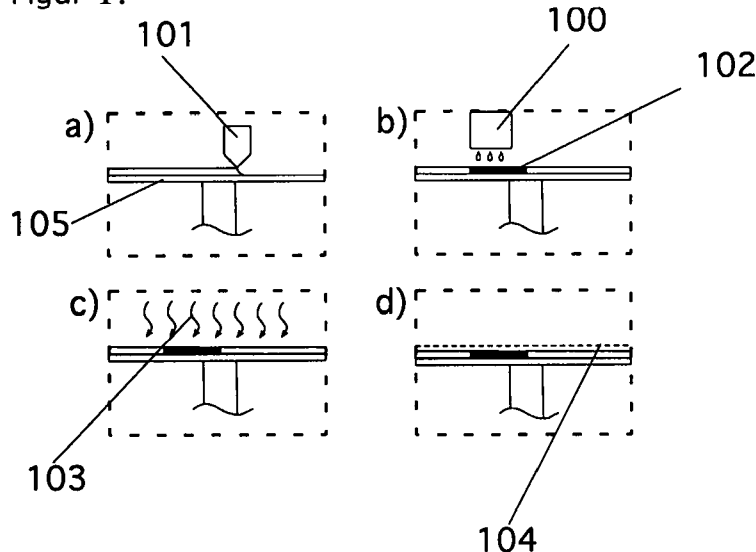
Veröffentlicht:

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

(54) **Title:** 3D PRINTING METHOD USING SLIP

(54) **Bezeichnung :** 3D-DRUCKVERF ÄHREN MIT SCHLICHER

Figur 1:



(57) **Abstract:** The invention relates to a 3D printing method, a device, and shaped products produced according to said method.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein 3D-Druckverfahren, eine Vorrichtung Formteile hergestellt mit diesem Verfahren.



3D-DRUCKVERFAHREN MIT SCHLICHER

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von dreidimensionalen Modellen mittels sinterfähigem Material sowie eine Vorrichtung zum Durchführen dieses Verfahrens und damit hergestellte Formteile.

Verfahren zum Herstellen von dreidimensionalen Formkörpern (Formteile, Modelle, Bauteile) sind aus dem Stand der Technik bekannt. Derartige Verfahren werden auch als „Rapid Prototyping“ oder „3D-Druck“ bezeichnet.

Derartige Verfahren sind beispielsweise „Selective Laser Sintern“ (SLS), Stereolithographie, „Solid Ground Curing“ (SGC), „Fused Deposition Molding“ (FDM) oder 3D-Binderdruckverfahren.

In allen Verfahren wird ein Formkörper auf einer Bauebene oder in einem Bauraum auf der Grundlage von CAD Daten schichtweise aufgebaut.

Spezielle Ausgestaltungen der oben genannten Verfahren sind z.B. zu finden in der WO2012/164078. Hier wird ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen oder keramischen Formkörpers beschrieben, in dem eine Suspension aus metallischem oder keramischem Material eingesetzt wird. Diese Druckschrift offenbart das erfindungsgemäße Verfahren nicht und legt dieses auch nicht nahe.

Die EP 1 648 686 BI beschreibt ein Verfahren zum selektiven Sintern von Teilchenmaterial unter Verwendung eines Strahlungsabsorbierenden Materials. Diese Druckschrift offenbart das erfindungsgemäße Verfahren nicht und legt dieses auch nicht nahe.

Die bekannten Verfahren des Standes der Technik weisen verschiedene Probleme und Nachteile auf.

Beispielsweise entsteht beim schichtweisen Sintern von losen Partikel-Schüttungen ein Volumenschwund, der desto höher ausfällt, je geringer die Dichte in der Partikelschüttung ist. Üblicherweise werden mit den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Auftragen von Partikelmaterialien in dünner Schicht auf ein Baufeld typische Dichten von weniger als 60% im Verhältnis zum Vollmaterial erreicht. D.h. wenn ein dichtes Bauteil entstehen soll, beträgt der Volumenschwund mehr als 40% und damit der lineare Schwund noch mehr als 16%. Ein derartiger Schwund, zumal wenn er schichtweise auftritt, kann zu Verzug im gewünschten Formteil führen, da untere Schichten evtl. bereits vollständig geschwunden sind und sich resultierende Kräfte auf die bereits verfestigten Strukturen ergeben. Ohne Stützstrukturen können sich die verfestigten Partikelbereiche im nicht gesinterten Partikelmaterial frei

BESTÄTIGUNGSKOPIE

bewegen und verformen. Ist der Verzug groß genug, dass Teile der gesinterten Oberfläche aus dem Baufeld ragen, kann es sein, dass die Beschichtunseinrichtung die gesinterten Bereiche beim erneuten Schichtauftrag mitreißt und kein weiterer geordneter Aufbau des Formteils stattfinden kann. Zudem können in den Bauteilen Ungenauigkeiten in der Abbildung im Vergleich zu den CAD-Daten entstehen, da es zu Verschiebungen in den einzelnen Partikelschichten beim Auftragen oder beim Verfahren der Bauebene kommen kann. Gewünscht ist auch eine hohe Packdichte in den hergestellten Formkörpern, die in bekannten Verfahren nicht immer gewährleistet ist.

Es war deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren bereitzustellen, mit dem qualitativ hochwertige und abbildungsgenaue Formkörper herstellbar sind, weiterhin mit dem eine hohe Partikelpackung in einem Formkörper ermöglicht wird und somit eine sehr genaue Abbildung der CAD-Daten erreicht werden kann, oder zumindest die Nachteile der Verfahren des Standes der Technik vermindert oder vermieden werden können.

Kurze Zusammenfassung der Erfindung

In einem Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen von Formkörpern, wobei mit einer geeigneten Vorrichtung ein Partikelschlicker (Partikeldispersion, Schlicker, Dispersion) schichtweise auf eine Bauebene, die vorzugsweise als Bauplattform ausgestaltet ist, vorzugsweise bei einer vorbestimmten Temperatur aufgetragen wird, um eine Materialschicht aufzubauen und selektiv ein Bindermaterial aufgebracht wird, das ein energieabsorbierendes Material umfasst und zur selektiven Verfestigung ein Energieeintrag erfolgt.

In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

In noch einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung mit dem Verfahren hergestellte Formteile.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird im Folgenden näher beschreiben, wobei einzelne Begriffe im Folgenden näher erläutert werden.

„Sinterfähiges Material“ im Sinne der Erfindung ist jedes Material oder Materialgemisch (201, 202), das in partikulärer Form vorliegt und mittels Energieeintrag verfestigt werden kann. In einem ersten Verfahrensschritt kann zunächst ein Pulverkuchen hergestellt werden. Beispiele für „sinterfähiges Material“ sind feinkörnige, keramische, metallische oder kunststoff-basierte Materialien. Diese Materialien sind dem Fachmann auf dem Gebiet des 3D-Druckes bekannt und müssen somit hier nicht im Detail beschrieben werden. Insbesondere geeignet in der Erfindung sind Polyamide, die vorzugsweise als sehr feine Pulver verwendet werden.

„Schlicker“ oder „Materialdispersion“ im Sinne der Erfindung besteht aus einer Trägerflüssigkeit und partikulärem Material (z.B. sinterfähiges Material (201 oder 202)), wobei das Verhältnis von partikulärem Material und Trägerflüssigkeit je nach den Materialien und den Maschinenanforderungen individuell eingestellt werden kann. Hierbei haben die Partikelgröße, die Materialeigenschaften der partikulären Materialien, die verwendete Trägerflüssigkeit und die Art des Auftragsmittels einen Einfluss auf das Mischverhältnis. Das in dem „Schlicker“ enthaltene partikuläre Material kann ein einziges Material sein oder ein Gemisch aus unterschiedlichen Materialien. Vorzugsweise beinhaltet es oder besteht es aus einem zumindest teilweise schmelzbaren Material. Vorzugsweise ist es ein Metall, eine Keramik, ein Thermoplast, ein Kunststoff wie beispielsweise PMMA, der vorzugsweise sehr feinkörnig ist, oder ein Glaspulver oder eine Mischung aus mehreren der vorgenannten Materialien wie z.B. Glaspulver gemischt mit einem Polymer, wie beispielsweise PMMA. Materialgemische werden dann verwendet, wenn in einem ersten Schritt ein verfestigtes Formteil, (Grünkörper, Formteil) entstehen soll, der in einem weiteren Arbeitsschritt und vorzugsweis in einer anderen Vorrichtung einer weiteren Behandlung unterzogen wird, vorzugsweise hohen Temperaturen, um beispielsweise den Keramikanteil oder den Metallanteil in dem Grünkörper zu versintern. Der „Schlicker“ wird vorzugsweise vor dem Auftragen in einer geeigneten Vorrichtung gerührt oder Schwingungen unterzogen, dass er beim Auftragen als eine im Wesentlichen gleichmäßige Dispersion vorliegt. Die Materialschicht entsteht dann dadurch, dass die Trägerflüssigkeit zumindest teilweise abläuft oder/und abdampft.

Die „Trägerflüssigkeit“ (200) im Sinne der Erfindung ist jede mit dem jeweiligen partikulären Material kombinierbare Flüssigkeit, die das partikuläre Material dispergieren kann, ohne es aufzulösen. Vorzugsweise ist die „Trägerflüssigkeit“ Wasser oder ein organisches Lösungsmittel, vorzugsweise ein Alkohol.

„Materialschicht“ im Sinne der Erfindung ist die Schicht, die mit einem Auftragsmittel (auch als Recoater bezeichnet) schichtweise auf beispielsweise die Bauebene (vorzugsweise die Bauplatzform) bzw. die letzte vorhergehende Materialschicht aufgetragen wird und nach Entfernen oder Verdampfen eines Teils oder des wesentlichen Teils der Trägerflüssigkeit entsteht und die im weiteren selektiv verfestigt wird, um den herzustellenden Formkörper zu ergeben. Die Materialschicht wird in ihrer Schichtdicke mit geeigneten Mitteln individuell eingestellt. Die Schichtdicke der aufgetragenen Partikelschicht kann 1 - 500 μm betragen, vorzugsweise 100 μm , oder 200 μm .

„Bindermaterial“ im Sinne der Erfindung ist ein Material, das selektiv auf jede Partikelschicht aufgebracht wird und ein Energie-absorbierendes oder Strahlung-absorbierendes Material umfasst oder aus ihm besteht. Dabei kann erfindungsgemäß das Aufbringen des „Bindermaterials“ nach jedem

Partikelaufrag erfolgen oder in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen, beispielsweise nach jedem zweiten, dritten, vierten, fünften oder sechsten Partikelschichtauftrag. Das „Bindermaterial“ wird dabei mit geeigneten Mitteln wie einem Druckkopf (100) oder anderen geeigneten Auftragsmitteln in einer für das Verfahren geeigneten und vorteilhaften Menge gemäß des aktuellen Querschnittes des gewünschten Formkörpers aufdosiert. Im Zusammenspiel mit der Wärme- oder Energiequelle wird dabei geeignetes Energie-absorbierendes oder Strahlung-absorbierendes Material verwendet, das auch in Hinsicht auf das verwendete Partikelmaterial über die entsprechenden Eigenschaften verfügt.

„Energie-absorbierendes Material“ im Sinne der Erfindung oder „Strahlung-absorbierendes Material“ ist jegliches Material, das Energie oder Wärme aufnimmt und an das Umgebungsmaterial abgibt und so eine lokale Temperaturerhöhung bewirkt. Dadurch kann ein selektives Verfestigen erreicht werden.

Geeignete Materialien im Sinne der Erfindung sind beispielsweise IR-Absorber, insbesondere enthalten diese Russ oder/und Graphit.

„Auftragsvorrichtung“, „Auftragemittel“ oder „Schlickerauftragsvorrichtung“ oder „Dosierer“ (101) im Sinne der Erfindung ist jegliche Vorrichtung mit der der Schlicker gezielt und dosierbar auftragbar ist, um eine Materialschicht zu erzeugen, die eine definierte Schichtdicke aufweist. Die „Schlickerauftragsvorrichtung“ kann auch als Recoter bezeichnet werden und ist so konstruiert, dass eine einheitliche Materialschicht auf die Bauebene bzw. die in einem vorherigen Arbeitsschritt aufgebrauchte Materialschicht aufgetragen werden kann.

Unter „Druckvorrichtung“ im Sinne der Erfindung ist ein Mittel zu verstehen, das geeignet ist, das Bindermaterial in einem definierten Bereich auf der Materialschicht in vorbestimmter Menge (Volumen) und zeitlich definiert aufzutragen.

„Baubene“ oder „Bauplatzform“ (z.B. 105) im Sinne der Erfindung ist der Baubereich als Fläche, auf die der Schlicker aufgetragen wird und die Materialschicht entsteht. Der Baubereich entspricht in seiner Fläche im wesentlichen der Bauebene. Die „Baubene“ kann Teil eines Baubehälters zur Durchführung des Verfahrens im Batchverfahren sein bzw. ist in den Baubehälter einschiebbar und herausnehmbar und vorzugsweise höhenverstellbar. „Baubene“ in einem kontinuierlichen Verfahrensaufbau ist die Fläche, auf die der Schlicker horizontal oder vorzugsweise schräg, d.h. in einem Winkel kleiner 90° zu der horizontalen Bauebene aufgebracht wird.

„Energieeintrag“ im Sinne der Erfindung ist das Einbringen von Wärme- oder Strahlungsenergie während des Verfahrens. Insbesondere das Einbringen von Wärme- oder Strahlungsenergie in den Bauraum insgesamt oder lokal. „Lokal“ im Sinne der Erfindung bedeutet, dass eine Energiequelle wie ein IR-Strahler (401) oder gleichwirkende Vorrichtungen

(z.B. eine Kombination von 400 und 401) über der obersten Materialschicht verfahren werden oder sich darüber befindet und somit die Temperatur in der obersten Materialschicht, vorzugsweise in der obersten und darunter liegenden Materialschicht über die Umgebungstemperatur angehoben wird. Der Energieeintrag bewirkt, dass die Materialschichten, auf die ein Energie-absorbierendes Bindermaterial aufgebracht wurde, sich verbinden, vorzugsweise versintern, und so den dreidimensionalen Formkörper entsprechend den Computerdaten (CAD-Daten) bilden.

„Energiequelle“ im Sinne der Erfindung ist eine Vorrichtung, die Energie beispielsweise in Form von Wärmestrahlung (401) abgibt oder jede andere gleichwirkende Vorrichtung, die diesen Zweck erfüllt und in dem erfindungsgemäßen Verfahren somit einsetzbar ist.

Unter „Geordnetem Abkühlen“ im Sinne der Erfindung ist zu verstehen, dass der Formkörper in einer Art und Weise während des Verfahrensprozesses oder nach Abschluss des Materialschichtaufbaus in einem zeitlichen Rahmen abgekühlt wird, der auf die verwendeten Materialien so abgestimmt ist, damit das fertig gestellte Formteil bestmögliche Materialeigenschaften aufweist und hinsichtlich Materialschwund und Verzug sowie Formteilgenauigkeit bestmögliche Arbeitsergebnisse erzielt werden. Vorzugsweise wird das Formteil mit geeigneten Mitteln langsam über einen Zeitraum von einer oder mehreren Stunden abgekühlt, oder in einem Schritt schockgekühlt.

Bevorzugte Aspekte der Erfindung werden im Folgenden weiter erläutert.

In einem bevorzugten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Formteile in einer Vorrichtung, das die folgenden Schritte in einem gegebenenfalls temperierten Bauraum umfasst (siehe auch Figur 1):

- a. Herstellen einer Materialschicht durch Auftragen von Schlicker mit einem Auftragsmittel auf eine Bauebene (vorzugsweise Bauplattform), gegebenenfalls in einem Bauraum, in einer vorbestimmten Schichtdicke,
- b. Auftragen eines flüssigen Bindermaterials auf ausgewählte Bereiche der Materialschicht,
- c. Einbringen von Energie,
- d. Absenken der Bauebene um eine gewünschte Schichtdicke oder Anheben des Auftragsmittels und gegebenenfalls weiterer Vorrichtungsmittel um eine gewünschte Schichtdicke,
- e. Wiederholen der Schritte a.) - d.), wobei das Bindermaterial ein Energie-absorbierendes Material enthält oder daraus besteht,
- f. Lösen des die Formteile umgebenden Materials, um die Formteile zu gewinnen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch eine Vielzahl von Vorteilen und positiven Effekten aus. Beispielsweise kann durch die Verwendung eines Schlickers, insbesondere von partikulärem Material in

einer Dispersion, beim Auftragen und zum Erstellen einer Materialschicht vorteilhafter Weise eine gute und feste Packung der Materialschicht erreicht werden. Auch können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren überraschender Weise feinste Partikelmaterialien zum Einsatz kommen, die in anderen bekannten Verfahren des 3D-Drucks nicht verwendbar waren. Weiterhin kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in einer ersten Stufe des Verfahrens vorteilhafter Weise ein fester Pulverkuchen oder Partikelkuchen erzielt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren erreicht so eine sehr stabile Positionierung und Lagerung der Partikel in den aufgetragenen Schichten. Somit wird eine Partikelverschiebung verhindert, was sich positiv auf die Baugenauigkeit auswirkt.

In einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform des Verfahrens umfasst der Schlicker eine Trägerflüssigkeit (200) und partikuläres Material (201, 202). Das partikuläre Material ist vorzugsweise zumindest teilweise aufschmelzbar.

Vorzugsweise werden die Prozessbedingungen so gewählt, dass das Formteil durch zumindest teilweises selektives Aufschmelzen (203, 204) des Materials im Prozess entsteht.

Im Schlicker kann erfindungsgemäß jede mit den anderen Komponenten kompatible Trägerflüssigkeit (200) verwendet werden, vorzugsweise wird sie ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einem organischen Lösungsmittel, vorzugsweise einem Alkohol. Das partikuläre Material ist vorzugsweise ein sinterfähiges Material (202, 203), vorzugsweise ist es ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Thermoplast, einem Polykondensat, vorzugsweise ein Polyamid (PA), aus metallischen oder/und keramischen Partikeln oder einem Gemisch davon. Die Trägerflüssigkeit (200) ist so gewählt, dass sich das partikuläre Material (202,203) darin nicht löst.

Dem Fachmann sind Energie-absorbierende Materialien bekannt und er wird für das Verfahren und in Hinsicht auf die übrigen Komponenten hierzu kompatible Energie-absorbierende Materialien auswählen. Vorzugsweise enthält das Energie-absorbierende Material Graphit oder Russ.

Das Verfahren kann in üblichen 3D-Druckvorrichtungen durchgeführt werden, die vorzugsweise Modifikationen aufweisen wie einen Mischer (300) für den Schlicker. Der Schlicker wird mit üblichen und für dieses Material geeigneten Mitteln aufgebracht, wobei der Schlicker vorzugsweise mit einer Beschichtervorrichtung (101) aufgebracht wird.

Die Schichtdicke der Materialschicht kann mit verschiedenen Vorrichtungsmechanismen eingestellt werden. So kann beispielsweise die Beschichtungseinheit (101) und damit verbundene Mittel um die entsprechende Schichtdicke nach oben verfahren werden. Eine andere Möglichkeit ist das Absenken der Bauebene (105). Möglich ist auch, dass ein Baubehälter verwendet wird, in dem die Bauebene (105) verfahrbar

ist. Vorzugsweise wird die vorbestimmte Höhe der Materialschicht durch den Abstand der Beschichtervorrichtung (101) von der Bauebene eingestellt. Wird ein kontinuierliches Verfahren gefahren, beispielsweise indem die Materialschicht in einem Winkel zur Bauebene aufgetragen wird, ergibt sich die Schichtdicke durch den Vortrieb im Prozessbetrieb.

Der Bauraum oder die Umgebung des Beschichters (101) kann temperiert werden und auf eine für das Verfahren vorteilhafte Temperatur eingestellt und gehalten werden. Hierzu kann das Temperieren mit Mitteln außerhalb oder innerhalb des Bauraumes (400, 401) oder in der Umgebung des Schichtauftragsortes erfolgen, vorzugsweise wird die Bauebene beheizt oder mit IR (401) bestrahlt.

Entsprechend der verwendeten partikulären Materialien und der Trägerflüssigkeit wird die Temperatur ausgewählt und eingestellt. Vorzugsweise wird der Bauraum bzw. die Umgebungstemperatur auf eine Temperatur von 40 °C bis 200 °C, vorzugsweise auf 150 °C bis 190 °C, mehr bevorzugt auf 160 °C bis 170 °C, temperiert.

Um das Formteil nach dem selektiven Auftragen des Energieabsorbierenden Bindermaterials zu sintern oder zumindest teilweise zu verschmelzen (203, 204) wird der Energieeintrag nach jedem, jedem zweiten oder nach jedem dritten bis zwölften Materialschichtaufbauschritt erfolgen.

Zum Energieeintrag kann jedes geeignete Mittel verwendet werden. Vorzugsweise wird der Energieeintrag in Form von elektromagnetischer Energie (401), mittels Heizstrahler im IR-A oder/und IR-B-Bereich oder mittels IR-Strahler erfolgen.

Dabei werden die Verfahrensbedingungen so ausgewählt und eingestellt, dass die Temperatur in der Materialschicht, vorzugsweise in der letzten Materialschicht, auf 190 °C bis 210 °C, vorzugsweise auf 200 °C, gebracht wird.

Nachdem der Aufbau des Formteils (102) abgeschlossen ist, wird das Formteil eingebettet in dem partikulärem Material abgekühlt. Zuletzt wird das Formteil (102) von dem nicht verfestigten Material (502) getrennt, d.h. entpackt. Dabei wird so vorgegangen, dass das hergestellte Formteil nicht beschädigt wird. Vorzugsweise wird das Entpacken des Formteils in einem Flüssigkeitsbad, durch Zugabe oder Abspritzen (500, 501) des Materialblockes (502) mit einer wässrigen Flüssigkeit (501) oder mittels anderem geeigneten Vorgehen erfolgen. Die wässrige Flüssigkeit sollte dabei in ähnlicher Weise wie die Trägerflüssigkeit für die Herstellung des Schlickers so ausgewählt werden, dass sich das partikuläre Material darin nicht löst.

Das Bindermaterial wird mit dem Fachmann bekannten Vorrichtungsmitteln selektiv aufgebracht, vorzugsweise mittels einer

Druckvorrichtung (100), die vorzugsweise computergesteuerte Düsen aufweist.

Es können handelsübliche Schlicker verwendet werden oder die Schlicker individuell zusammengemischt werden. Vorteilhaft wird der Schlicker in einem Behälter vorgehalten, der eine Rührereinrichtung (300) oder einen Rüttler aufweist, damit der Schlicker eine gleichmäßige Dispersion ist und somit ein gleichmäßiger Materialauftrag gewährleistet wird. Vorzugsweise wird der Schlicker kurz vor dem Auftragen aus partikulärem Material und einer Trägerflüssigkeit zusammengemischt.

Nach dem Schlickerauftrag entsteht eine Materialschicht mit vorbestimmter Schichtdicke. Dies wird vorteilhafter Weise erreicht durch Entfernen, vorzugsweise Verdampfen, der Trägerflüssigkeit, vorzugsweise in weniger als 90 Sekunden pro Materialschicht, vorzugsweise 40 bis 90 Sekunden, vorzugsweise 60 bis 80 Sekunden.

Wie ausgeführt wurde können verschiedene partikuläre Materialien verwendet werden, die unterschiedliche Partikeldurchmesser aufweisen können. Vorzugsweise wird ein partikuläres Material mit einem mittleren Durchmesser von 1 bis $250\mu\text{m}$, vorzugsweise von 10 bis 150 pm, mehr bevorzugt von 30 bis $80\mu\text{m}$, verwendet.

Die Schichtdicke kann individuell eingestellt werden und auch während des Aufbauprozesses variiert werden. Vorzugsweise beträgt die Schichtdicke der Materialschicht 1 - 500pm, vorzugsweise 30 - 300 pm, mehr bevorzugt 50 - 150pm.

Das Bindermaterial wird je nach Schichtdicke und Materialzusammenstellung entsprechend und vorteilhaft dosiert. Vorzugsweise beträgt der Anteil des Bindermaterials weniger als 20 Vol.-%, vorzugsweise weniger als 10 Vol.-%, mehr bevorzugt weniger als 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt weniger als 2 Vol.-% bezogen auf das Gesamtvolumen des Formteils.

Vorzugsweise weist die Materialschicht nach dem Entfernen der Trägerflüssigkeit etwa 50 - 80 % der Festkörperdichte des partikulären Materials auf.

Nach dem Entpacken des Formteils kann das Formteil weiteren Behandlungsschritten unterzogen werden. Vorzugsweise sind die weiteren Verfahrensschritte ausgewählt aus einer Wärmebehandlung und Sintern.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mittels einem auswechselbaren Baubehälter im Batchverfahren oder in einem kontinuierlichen Verfahren durchgeführt wird. Die 3D-Druckvorrichtung wird entsprechende dem Fachmann bekannte Vorrichtungsmerkmale aufweisen.

Vorzugsweise wird das Auftragen des Schlickers horizontal erfolgen (siehe Figur 1) oder in einer bevorzugten Ausführungsform in einem Winkel

kleiner 90° zu der horizontalen Bauebene (Schrägdruckverfahren). Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders geeignet für ein Schrägdruckverfahren und vorzugsweise in Kombination mit kontinuierlicher Verfahrensführung, da ein Schrägdruckverfahren besondere Anforderungen an die Verschiebefestigkeit der Materialschichten hat. Diese speziellen Anforderungen werden in besonders vorteilhafter Weise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfüllt.

In einem weiteren Aspekt ist die Erfindung gerichtet auf eine Vorrichtung zum Herstellen von dreidimensionalen Formteilen mit einem wie oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren.

Gleichermaßen ist ein Aspekt der Erfindung Formteile (102) hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass Materialien Verwendung finden können sowie Formteile hergestellt werden können, die bisher so nicht produziert werden konnten. Insbesondere ist ein Vorteil bei der Verwendung von sehr feinen Partikelmaterialien, dass vorteilhafter Weise eine sehr dichte Packung der Schicht erreicht werden kann. Dies hat Vorteile in Bezug auf die Festigkeit des schon vor dem selektiven Verfestigungsschritt erhaltenen Baukörpers an sich bzw. des Grünkörpers an sich. Weiterhin wird dadurch der Schwund beim Sintern reduziert und somit die Formkörpergenauigkeit im Vergleich zu den CAD-Daten verbessert. Insbesondere wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein geringerer Schwund als bei bekannten Verfahren erreicht und in Folge werden Verzug und Verwerfungen im Bauteil deutlich verringert oder gänzlich vermieden und somit die Bauteilqualität merklich erhöht.

Zudem ist es von Vorteil, dass durch die sehr feinen verwendbaren Partikelmaterialien hohe räumliche Auflösungen erzielt werden können. Dies kann sowohl mit einer feineren Druckauflösung als auch mit einer geringeren Schichtstärke genutzt werden. Die so erzeugten Bauteile weisen gegenüber Vergleichsteilen des Standes der Technik höhere Oberflächengüten auf.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Bauebene temperiert, sodass dem Schlicker schnell die Trägerflüssigkeit entzogen wird und ein stabiler Körper (102) entsteht. Vorzugsweise wird dem aufgetragenen Schlicker durch zusätzliche Wärmeenergie weitere Trägerflüssigkeit (200) entzogen, wodurch der Pulverkuchen noch stabiler wird. Dies kann beispielsweise durch die Verwendung von IR-Bestrahlung (401) erreicht werden.

In einem zweiten Prozessschritt bewirkt die IR-Bestrahlung (401), dass die mit dem Bindermaterial bedruckten Bereiche verschmelzen bzw. versintern und einen Formkörper bilden, der leicht entpackt werden kann.

Dieser Formkörper kann dann in bevorzugten Ausführungsformen weiteren Verfahrensschritten unterzogen werden.

Im Sinne der Erfindung sind die einzelnen oder in Kombination beschriebenen Merkmale der Erfindung alle oder in jeder möglichen Kombination miteinander kombinierbar und einzeln auswählbar und ergeben so eine Vielzahl von bevorzugten Ausführungsformen. Merkmale, die einzeln dargestellt sind, sollen nicht als isolierte bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung verstanden werden, sondern sind im Sinne der Erfindung alle und in jeglicher Weise miteinander kombinierbar, soweit dem nicht die Ausführbarkeit entgegensteht.

Kurze Beschreibung der Figuren:

Fig. 1: Schema eines erfindungsgemäßen Verfahrensablaufes

Fig. 2: Illustration der Verdichtung der Partikelschüttung während eines erfindungsgemäßen Verfahrensablaufes

Fig. 3: Schema einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

Fig. 4: Vorrichtungen zur Einbringung von Energie im erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 5: Illustration des Auslösens eines Bauteils

Bezugszeichen:

100	Druckkopf
101	Schlickerauftragseinheit
102	Bauteil
103	Energie
104	Abgesenkte Schicht
105	Bauplatzform
200	Dispersionsmedium
201	Sinterfähige und nicht sinterfähige Partikel
202	Binderpartikel
203	Sinterbrücken
204	Klebebrücken
300	Rührer
301	Pumpe
400	Lüfter
401	Strahlungsquelle
402	Verfahrenseinheit
500	Spüldüse
501	Lösemittel strahl
502	Partikelmaterialkuchen

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Formteile in einer Vorrichtung, das die Schritte umfasst:

- a. Herstellen einer Materialschicht durch Auftragen von Schlicker mit einem Auftragsmittel auf eine Bauebene, gegebenenfalls in einem Bauraum, in einer vorbestimmten Schichtdicke,
- b. Auftragen eines flüssigen Bindermaterials auf ausgewählte Bereiche der Materialschicht,
- c. Einbringen von Energie,
- d. Absenken der Bauebene um eine gewünschte Schichtdicke oder Anheben des Auftragsmittels und gegebenenfalls weiterer Vorrichtungsmittel um eine gewünschte Schichtdicke,
- e. Wiederholen der Schritte a.) - d.),
wobei das Bindermaterial ein Energie-absorbierendes Material enthält oder daraus besteht,
- f. Lösen des die Formteile umgebenden Materials, um die Formteile zu gewinnen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schlicker eine Trägerflüssigkeit und partikuläres Material umfasst, wobei das partikuläre Material ein zumindest teilweise schmelzbares Material ist oder ein solches umfasst, vorzugsweise

wobei die Prozessbedingungen so gewählt werden, dass das Formteil durch zumindest teilweises selektives Aufschmelzen des schmelzbaren Materials im Schlicker im Prozess entsteht, vorzugsweise

wobei die Trägerflüssigkeit ausgewählt wird aus der Gruppe bestehend aus Wasser oder einem organischen Lösungsmittel, vorzugsweise einem Alkohol und wobei das partikuläre Material ein sinterfähiges Material ist, vorzugsweise ist es ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Thermoplast, einem Polykondensat, vorzugsweise ein Polyamid (PA), aus metallischen oder/und keramischen Partikeln oder einem Gemisch davon, vorzugsweise

wobei das Energie-absorbierende Material, Graphit oder Russ enthält, vorzugsweise

wobei das Auftragsmittel eine Beschichtervorrichtung ist, vorzugsweise

wobei die gewünschte Schichtdicke der Materialschicht während des Verfahrens konstant bleibt oder variieren kann oder bei jedem Schlickerauftrag neu gewählt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bauplatzform oder/und der Bauraum temperiert wird, und vorzugsweise das Temperieren mit Mitteln außerhalb oder innerhalb des Bauraumes erfolgt, vorzugsweise wird die Bauplatzform beheizt oder mit IR bestrahlt, vorzugsweise

wobei die Bauplatzform oder/und der Bauraum auf eine Temperatur von 40 °C bis 200 °C, vorzugsweise auf 150 °C bis 190 °C, mehr bevorzugt auf 160 °C bis 170 °C, temperiert wird, vorzugsweise

wobei der **Energieeintrag** nach jeaem, jeaem zweiten oer nach jeaem dritten bis zwölften Materialschichtaufbauschnitt erfolgt, vorzugsweise wobei der Energieeintrag in Form von elektromagnetischer Energie, mittels Heizstrahler im IR-A oder/und IR-B-Bereich erfolgt oder mittels IR-Strahler oder mittels Laser erfolgt, vorzugsweise wobei die Temperatur in der Materialschicht, vorzugsweise in der letzten Materialschicht, auf 190 °C bis 210 °C, vorzugsweise auf 200 °C, gebracht wird

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Entpacken des Formteils in einem Flüssigkeitsbad, durch Zugabe oder Abspritzen des Materialblockes mit einer wässrigen Flüssigkeit erfolgt oder/und

wobei das Bindermaterial mittels einer Druckvorrichtung aufgebracht wird oder/und

wobei der Schlicker kurz vor dem Auftragen aus partikulärem Material und einer Trägerflüssigkeit zusammengemischt wird oder/und

wobei die Materialschicht durch Entfernen, vorzugsweise Verdampfen, der Trägerflüssigkeit entsteht, vorzugsweise in weniger als 90 sek. pro Materialschicht, vorzugsweise 60 bis 80 Sekunden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das partikuläre Material einen mittleren Durchmesser aufweist von 1 bis 250µm, vorzugsweise von 10 bis 150 µm, mehr bevorzugt von 30 bis 80µm oder/und

wobei die Schichtdicke der Materialschicht 1 - 500µm, vorzugsweise 30 - 300 µm, mehr bevorzugt 50 - 150µm beträgt oder/und

wobei der Anteil des Bindermaterials weniger als 20 Vol.-%, vorzugsweise weniger als 10 Vol.-%, mehr bevorzugt weniger als 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt weniger als 2 Vol.-% beträgt oder/und

wobei die Partikelschicht nach dem Entfernen der Flüssigkeit etwa 50 - 80 % der Festkörperdichte des partikulären Materials aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die weiteren Verfahrensschritte ausgewählt sind aus einer Wärmebehandlung und Sintern.

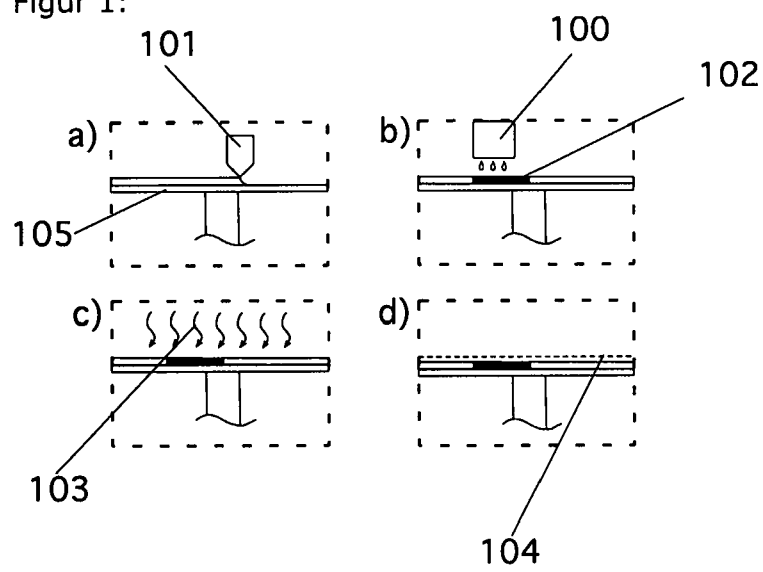
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren in einem auswechselbaren Baubehälter im Batchverfahren oder in einem kontinuierlichen Verfahren durchgeführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Auftragen des Schlickers horizontal erfolgt oder in einem Winkel kleiner 90° zu der horizontalen Bauplattform.

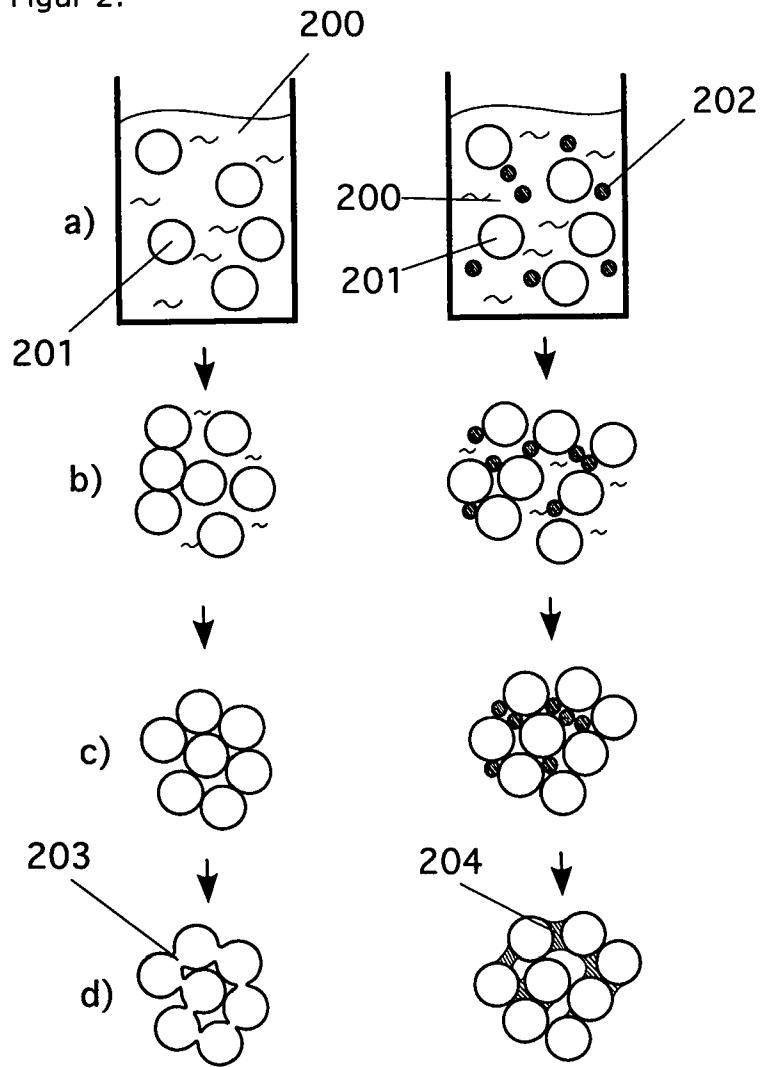
9. Vorrichtung zum Herstellen von dreidimensionalen Formteilen mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

10. Formteil hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8.

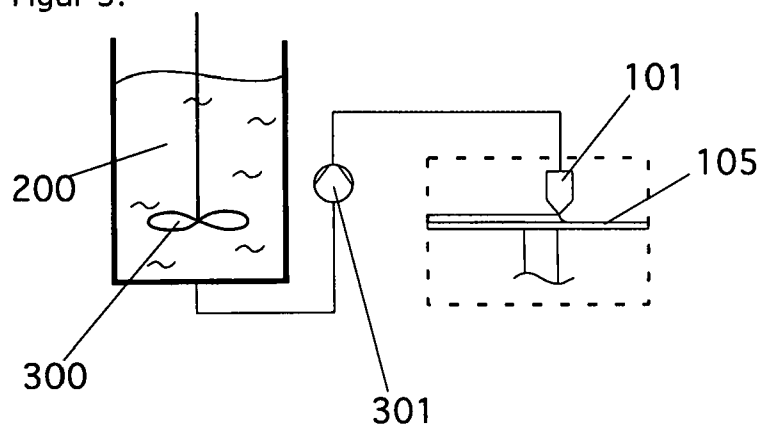
Figur 1:



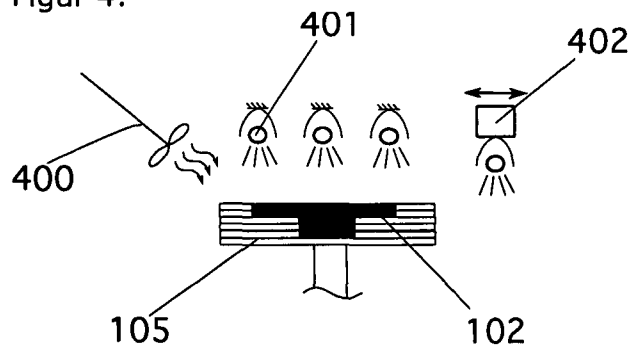
Figur 2:

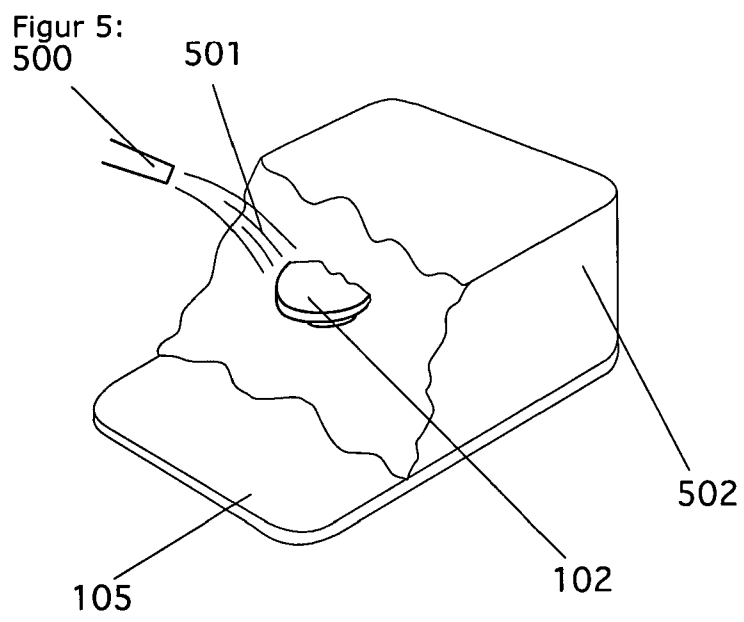


Figur 3:



Figur 4:





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2014/000602

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29C67/00 B28B7/46
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national Classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (Classification System followed by Classification Symbols)
B29C B28B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal , WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	EP 0 431 924 A2 (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY [US]) 12 June 1991 (1991-06-12) column 5, line 34 - column 5, line 54 column 10, line 31 - line 41 Claims	1-10
X	----- WO 2012/164078 A2 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE]; GUENSTER JENS [DE]; GOMES CYNTHIA) 6 December 2012 (2012-12-06) cited in the application Claims 1-6 page 7, line 10 - line 12 page 11, line 12 - line 30 -----	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 24 April 2015	Date of mailing of the international search report 06/05/2015
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Whelan, Natalie
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/DE2014/000602
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0431924	A2	12-06-1991	CA 2031562 AI 09-06 -1991
			DE 69025147 DI 14-03 -1996
			DE 69025147 T2 05-09 -1996
			EP 0431924 A2 12-06 -1991
			JP 2729110 B2 18-03 -1998
			JP H06218712 A 09-08 -1994
			US 5204055 A 20-04 -1993
			US 5340656 A 23-08 -1994
			US 5807437 A 15-09 -1998
			US 6036777 A 14-03 -2000
WO 2012164078	A2	06-12-2012	CN 103702811 A 02-04 -2014
			EP 2714354 A2 09-04 -2014
			JP 2014522331 A 04-09 -2014
			KR 20140048895 A 24-04 -2014
			US 2014227123 AI 14-08 -2014
			WO 2012164078 A2 06-12 -2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/000602

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B29C67/00 B28B7/46

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B29C B28B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal , WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 431 924 A2 (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY [US]) 12. Juni 1991 (1991-06-12) Spalte 5, Zeile 34 - Spalte 5, Zeile 54 Spalte 10, Zeile 31 - Zeile 41 Ansprüche	1-10
X	wo 2012/164078 A2 (BAM BUNDESANSTALT MATFORSCHUNG [DE] ; GUENSTER JENS [DE] ; GOMES CYNTHIA) 6. Dezember 2012 (2012-12-06) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1-6 Seite 7, Zeile 10 - Zeile 12 Seite 11, Zeile 12 - Zeile 30	1-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
24. April 2015	06/05/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Whelan, Natalie
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2014/000602

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0431924	A2	12-06-1991	CA 2031562 AI 09-06 -1991
			DE 69025147 DI 14-03 -1996
			DE 69025147 T2 05-09 -1996
			EP 0431924 A2 12-06 -1991
			JP 2729110 B2 18-03 -1998
			JP H06218712 A 09-08 -1994
			US 5204055 A 20-04 -1993
			US 5340656 A 23-08 -1994
			US 5807437 A 15-09 -1998
			US 6036777 A 14-03 -2000

WO 2012164078	A2	06-12-2012	CN 103702811 A 02-04 -2014
			EP 2714354 A2 09-04 -2014
			JP 2014522331 A 04-09 -2014
			KR 20140048895 A 24-04 -2014
			US 2014227123 AI 14-08 -2014
			WO 2012164078 A2 06-12 -2012
