



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 219 866.9**

(22) Anmeldetag: **13.10.2015**

(43) Offenlegungstag: **13.04.2017**

(51) Int Cl.: **B22F 3/105 (2006.01)**

B29C 64/141 (2017.01)

(71) Anmelder:
**EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152
Krailling, DE**

(74) Vertreter:
**Prüfer & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwalt, 81479 München, DE**

(72) Erfinder:
**Paternoster, Stefan, 82346 Andechs, DE;
Grünberger, Stefan, 81739 München, DE; Kneisel,
Stefan, 81547 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

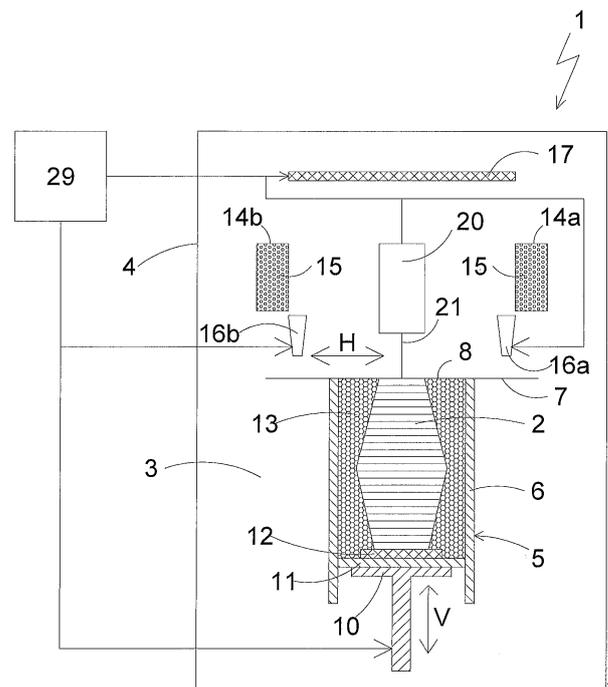
DE	10 2005 022 308	A1
US	5 993 554	A
EP	2 502 729	A1
WO	2015/ 091 485	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung (1) zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts (2) durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials (15) enthält einen in einer Beschichtungsrichtung (R) über ein Baufeld (8) bewegbaren Beschichter (16) mit zumindest einer ersten Beschichtungseinheit (16a) zum Aufbringen einer Schicht (31) des Aufbaumaterials (15) auf das Baufeld (8) und eine in der Beschichtungsrichtung (R) über das Baufeld (8) bewegbare Verfestigungsvorrichtung (20) mit zumindest einer ersten Verfestigungseinheit (20a) zum selektiven Verfestigen der aufgetragenen Schicht (31) des Aufbaumaterials (15) an Stellen, die einem Querschnitt des herzustellenden Objekts (2) entsprechen. Die Vorrichtung (1) ist ausgebildet und/oder gesteuert, die Schritte des Aufbringens und des selektiven Verfestigens zu wiederholen, bis das Objekt (2) fertiggestellt ist. Der Beschichter (16) enthält zumindest eine zweite Beschichtungseinheit (16b), die in der Beschichtungsrichtung (R) auf der anderen Seite der ersten Verfestigungseinheit (20a) angeordnet ist als die erste Beschichtungseinheit (16a). Zusätzlich oder alternativ enthält die Verfestigungsvorrichtung (20) zumindest eine zweite Verfestigungseinheit (20b), die in der Beschichtungsrichtung (R) auf der anderen Seite der ersten Beschichtungseinheit (16a) angeordnet ist als die erste Verfestigungseinheit (20a).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials.

[0002] Vorrichtungen und Verfahren dieser Art werden beispielsweise beim Rapid Prototyping, Rapid Tooling oder Additive Manufacturing verwendet. Ein Beispiel eines solchen Verfahrens ist unter dem Namen "Selektives Lasersintern oder Laserschmelzen" bekannt. Dabei wird wiederholt eine dünne Schicht eines pulverförmigen Aufbaumaterials aufgebracht und das Aufbaumaterial in jeder Schicht durch selektives Bestrahlen mit einem Laserstrahl selektiv verfestigt.

[0003] WO 2015/091485 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum selektiven Laserschmelzen, bei der ein aus einer VCSEL-Reihe (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) oder einer VECSEL-Reihe (Vertical External Cavity Surface Emitting Laser) gebildeter Zeilenbelichter über eine aufgetragene Pulverschicht verfährt und sie selektiv verfestigt.

[0004] In der zum Anmeldetag der vorliegenden Erfindung noch nicht veröffentlichten Patentanmeldung DE 10 2015 213 140 ist eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts beschrieben, bei der ein Beschichter und ein Belichter gemeinsam oder getrennt voneinander über ein zum Aufbau des Objekts bestimmtes Baufeld verfahren werden.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine alternative bzw. verbesserte Vorrichtung bzw. ein alternatives bzw. verbessertes Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines pulverförmigen Aufbaumaterials bereitzustellen.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder ein Verfahren gemäß Anspruch 11. Weiterbildungen der Erfindung sind jeweils in den Unteransprüchen angegeben. Dabei kann das Verfahren auch durch die untenstehenden bzw. in den Unteransprüchen ausgeführten Merkmale der Vorrichtung weitergebildet sein oder jeweils umgekehrt.

[0007] Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials. Sie enthält einen in einer Beschichtungsrichtung über ein Baufeld bewegbaren Beschichter mit zumindest einer ersten Beschichtungseinheit zum Aufbringen einer Schicht des Aufbaumaterials auf das Baufeld und eine in der Beschichtungsrichtung über das Baufeld bewegba-

re Verfestigungsvorrichtung mit zumindest einer ersten Verfestigungseinheit zum selektiven Verfestigen der aufgetragenen Schicht des Aufbaumaterials an Stellen, die einem Querschnitt des herzustellenden Objekts entsprechen. Die Vorrichtung ist ausgebildet und/oder gesteuert, die Schritte des Aufbringens und des selektiven Verfestigens zu wiederholen, bis das Objekt fertiggestellt ist. Der Beschichter enthält zumindest eine zweite Beschichtungseinheit, die in der Beschichtungsrichtung auf der anderen Seite der ersten Verfestigungseinheit angeordnet ist als die erste Beschichtungseinheit. Zusätzlich oder alternativ enthält die Verfestigungsvorrichtung zumindest eine zweite Verfestigungseinheit, die in der Beschichtungsrichtung auf der anderen Seite der ersten Beschichtungseinheit angeordnet ist als die erste Verfestigungseinheit. Mit einer solchen Vorrichtung kann beispielsweise die Herstellungszeit für das Objekt verglichen mit dem Fall, in dem nur eine Beschichtungseinheit auf einer Seite der Verfestigungsvorrichtung angeordnet ist, erheblich verkürzt und somit die Produktivität gesteigert werden. Die Beschichtungseinheit(en) und Verfestigungseinheit(en) können im Rahmen der Erfindung nämlich so miteinander in ihrer Bewegung koordiniert werden, dass Leerzeiten weitestgehend vermieden werden können.

[0008] Vorzugsweise enthält die Vorrichtung zwei oder mehr Beschichtungseinheiten und zwei oder mehr Verfestigungseinheiten, wobei die Beschichtungseinheiten und die Verfestigungseinheiten in der Beschichtungsrichtung abwechselnd angeordnet sind, wobei vorzugsweise die beiden in der Beschichtungsrichtung zuvorderst und zuletzt liegenden Einheiten entweder beide eine Beschichtungseinheit oder beide eine Verfestigungseinheit sind. Dadurch kann beispielsweise die Herstellungszeit für das Objekt weiter verkürzt und somit die Produktivität weiter gesteigert werden. Besonders bevorzugt (siehe auch die Ausführungen zur bevorzugten Anzahl der Beschichtungseinheiten im Vergleich zu der der Verfestigungseinheiten) ist es, dass die beiden in der Beschichtungsrichtung zuvorderst und zuletzt liegenden Einheiten jeweils Beschichtungseinheiten sind.

[0009] Vorzugsweise enthält die Vorrichtung zwei oder mehr Beschichtungseinheiten und zwei oder mehr Verfestigungseinheiten, wobei zwischen zwei Verfestigungseinheiten zumindest eine Beschichtungseinheit angeordnet ist, wobei vorzugsweise die beiden in der Beschichtungsrichtung zuvorderst und zuletzt liegenden Einheiten jeweils eine Beschichtungseinheit sind. Dadurch kann beispielsweise die Herstellungszeit für das Objekt auch bei einer Doppelbeschichtung verkürzt und somit die Produktivität gesteigert werden.

[0010] Es ist weiterhin bevorzugt, dass die Anzahl der Beschichtungseinheiten größer ist, besonders bevorzugt um die Zahl 1 größer ist, als die Anzahl

der Verfestigungseinheiten. Damit übersteigt also die Anzahl an Beschichtungseinheiten die der Verfestigungseinheiten, was insbesondere finanzielle Einsparungseffekte mit sich bringt: Verfestigungseinheiten sind derzeit in der Regel teurer in der Beschaffung, da komplizierter in ihren Funktionen, als Beschichtungseinheiten. Hinzu kommt, dass auch der Gesamtbetrieb durch diese Maßnahme vereinfacht werden kann: Jede Verfestigungseinheit muss in der Regel aktiv betrieben werden, d. h. insbesondere angesteuert werden können. Dies bedeutet, dass jeder Verfestigungseinheit Signalverbindungen zugeordnet sind. Dagegen ist eine aktive Steuerung von Beschichtungseinheiten in deren Betrieb nicht zwangsläufig nötig, so dass durch eine höhere Anzahl von Beschichtungseinheiten als Verfestigungseinheiten auch prozesstechnisch eine Vereinfachung realisierbar ist.

[0011] Vorzugsweise ist der Beschichter und/oder die Verfestigungsvorrichtung dazu ausgebildet, sowohl bei einer Bewegung in der Beschichtungsrichtung als auch bei einer Bewegung in einer der Beschichtungsrichtung entgegengesetzten Richtung eine Schicht des Aufbaumaterials auf das Baufeld aufzubringen bzw. die aufgebrachte Schicht des Aufbaumaterials zu verfestigen. Dadurch kann beispielsweise ein Betrieb der Vorrichtung in zwei Richtungen, nämlich der Beschichtungsrichtung und ihrer entgegengesetzten Richtung erfolgen.

[0012] Vorzugsweise sind die erste Beschichtungseinheit und/oder eventuelle weitere Beschichtungseinheiten sowie die erste Verfestigungseinheit und/oder eventuelle weitere Verfestigungseinheiten höhenverstellbar, insbesondere in ihrer Höhe steuerbar, in der Vorrichtung angebracht. Dadurch können beispielsweise während des Betriebs alle eben genannten Einheiten jeweils auf eine für den momentanen Betrieb der Vorrichtung geeignete Höhe eingestellt bzw. gesteuert werden.

[0013] Vorzugsweise ist die Verfestigungsvorrichtung ein Belichter und die erste Verfestigungseinheit und eventuelle weitere Verfestigungseinheiten sind Belichtungseinheiten, die zum Aussenden einer zum Verfestigen des Aufbaumaterials geeigneten Strahlung geeignet sind. Dadurch kann beispielsweise das Verfestigen des Aufbaumaterials mittels Strahlung durchgeführt werden.

[0014] Vorzugsweise sind die erste Belichtungseinheit und eventuelle weitere Belichtungseinheiten als Zeilenbelichter, insbesondere als VCSEL-basierte bzw. als VECSEL-basierte Zeilenbelichter ausgebildet. Dadurch kann beispielsweise ein besonders effizientes Verfestigen des Aufbaumaterials mittels Strahlung durchgeführt werden. Insbesondere wird in diesem Zusammenhang auf die Offenbarung der eingangs genannten WO 2015/091485 A1 verwiesen,

deren Inhalt vollumfänglich als Teil der Offenbarung der vorliegenden Erfindung angesehen wird.

[0015] Vorzugsweise enthält die Vorrichtung weiter einen höhenverstellbaren Träger, der zum Halten der aufgetragenen Pulverschichten bestimmt ist. Dadurch kann beispielsweise die Schichtdicke der aufgetragenen Pulverschicht durch Absenken des Trägers eingestellt werden.

[0016] Vorzugsweise enthält die Vorrichtung weiter eine Strahlungsheizung zum Erwärmen der aufgetragenen Pulverschicht vor ihrer Verfestigung. Dadurch kann beispielsweise die aufgetragene Pulverschicht vor ihrer Verfestigung vorgeheizt werden.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials. Es enthält die folgenden Schritte: Aufbringen einer Schicht des Aufbaumaterials mittels eines in einer Beschichtungsrichtung über ein Baufeld fahrenden Beschichters mit zumindest einer ersten Beschichtungseinheit, selektives Verfestigen der aufgetragenen Schicht des Aufbaumaterials an Stellen, die einem Querschnitt des herzustellenen Objekts entsprechen, mittels einer über das Baufeld fahrenden Verfestigungsvorrichtung mit zumindest einer ersten Verfestigungseinheit und Wiederholen der Schritte des Aufbringens und des selektiven Verfestigens, bis das Objekt fertiggestellt ist. Dabei enthält der Beschichter zumindest eine zweite Beschichtungseinheit, die in der Beschichtungsrichtung auf der anderen Seite der ersten Verfestigungseinheit angeordnet ist als die erste Beschichtungseinheit. Zusätzlich oder alternativ enthält die Verfestigungsvorrichtung zumindest eine zweite Verfestigungseinheit, die in der Beschichtungsrichtung auf der anderen Seite der ersten Beschichtungseinheit angeordnet ist als die erste Verfestigungseinheit. Mit einem solchen Verfahren kann beispielsweise die Herstellungszeit für das Objekt verglichen mit dem Fall, in dem nur eine Beschichtungseinheit auf einer Seite des Belichters angeordnet ist, erheblich verkürzt und somit die Produktivität gesteigert werden.

[0018] Vorzugsweise werden jede Beschichtungseinheit und jede Verfestigungseinheit einmal in einer ersten Richtung über das Baufeld bewegt und anschließend jede Beschichtungseinheit und jede Verfestigungseinheit in umgekehrter Reihenfolge einmal in einer der ersten Richtung entgegengesetzten Richtung über das Baufeld bewegt. Dadurch kann beispielsweise ein Betrieb der Vorrichtung in zwei Richtungen (also in der Beschichtungsrichtung und deren entgegengesetzten Richtung) erfolgen.

[0019] Vorzugsweise wird jede Beschichtungseinheit und/oder jede Verfestigungseinheit um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schicht-

dicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehende Beschichtungseinheit. In diesem Zusammenhang ist es besonders bevorzugt, dass mindestens ein Teil (vorzugsweise alle) der (insbesondere) Beschichtungseinheiten bzw. Verfestigungseinheiten wie oben erwähnt höhenverstellbar in der Vorrichtung angebracht ist. Dadurch kann beispielsweise ein Aufbringen und Verfestigen von mehreren Schichten während eines Durchgangs, d. h. im Verlaufe einer Bewegung aller Beschichtungseinheiten und Verfestigungseinheiten in einer Bewegungsrichtung bzw. in der Bewegungsrichtung und der ihr entgegengesetzten Bewegungsrichtung, erfolgen.

[0020] Vorzugsweise werden zumindest eine Beschichtungseinheit und zumindest eine Verfestigungseinheit so über das Baufeld bewegt, dass zeitgleich an verschiedenen Orten des Baufelds ein Beschichtungsvorgang und ein Verfestigungsvorgang stattfinden. Dadurch kann beispielsweise die Herstellungszeit für das Objekt weiter verkürzt und somit die Produktivität weiter gesteigert werden.

[0021] Vorzugsweise ist jede Verfestigungseinheit eine Belichtungseinheit, die eine Strahlung aussendet, die zum Verfestigen des Aufbaumaterials geeignet ist, und eine Fokusebene der ausgesendeten Strahlung ist bei jeder Belichtungseinheit um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt als diejenige der in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehenden Belichtungseinheit. Dadurch kann beispielsweise das Verfestigen des Aufbaumaterials mittels Strahlung durchgeführt werden, und das Einstellen der Fokusebene kann ein höhenverstellbares Anbringen der Belichtungseinheiten überflüssig machen bzw. ergänzen.

[0022] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen.

[0023] Fig. 1 ist eine schematische, teilweise im Schnitt dargestellte Ansicht einer Vorrichtung zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0024] Fig. 2a bis f sind schematische Darstellungen eines Ablaufs eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mit der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung.

[0025] Fig. 3a und b sind schematische Darstellungen eines Ablaufs eines alternativen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum

schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mit der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung.

[0026] Fig. 4a bis d sind schematische Draufsichten auf verschiedene Abwandlungen der Anordnungen von Beschichtungseinheiten und Belichtungseinheiten.

[0027] Im Folgenden wird mit Bezug auf Fig. 1 eine Vorrichtung 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung ist eine Lasersinter- oder Laserschmelzvorrichtung 1. Zum Aufbauen eines Objekts 2 enthält sie eine Prozesskammer 3 mit einer Kammerwandung 4.

[0028] In der Prozesskammer 3 ist ein nach oben offener Behälter 5 mit einer Behälterwandung 6 angeordnet. Durch die obere Öffnung des Behälters 5 ist eine Arbeitsebene 7 definiert, wobei der innerhalb der Öffnung liegende Bereich der Arbeitsebene 7, der zum Aufbau des Objekts 2 verwendet werden kann, als Baufeld 8 bezeichnet wird.

[0029] In dem Behälter 5 ist ein in einer vertikalen Richtung V bewegbarer Träger 10 angeordnet, an dem eine Grundplatte 11 angebracht ist, die den Behälter 5 nach unten abschließt und damit dessen Boden bildet. Die Grundplatte 11 kann eine getrennt von dem Träger 10 gebildete Platte sein, die an dem Träger 10 befestigt ist, oder sie kann integral mit dem Träger 10 gebildet sein. Je nach verwendetem Pulver und Prozess kann auf der Grundplatte 11 noch eine Bauplattform 12 angebracht sein, auf der das Objekt 2 aufgebaut wird. Das Objekt 2 kann aber auch auf der Grundplatte 11 selber aufgebaut werden, die dann als Bauplattform dient. In Fig. 1 ist das in dem Behälter 5 auf der Bauplattform 12 zu bildende Objekt 2 unterhalb der Arbeitsebene 7 in einem Zwischenzustand dargestellt mit mehreren verfestigten Schichten, umgeben von unverfestigt gebliebenem Aufbaumaterial 13.

[0030] Die Lasersintervorrichtung 1 enthält weiter zwei Vorratsbehälter 14a, 14b für ein durch elektromagnetische Strahlung verfestigbares pulverförmiges Aufbaumaterial 15 und einen Beschichter 16, der zwei in einer horizontalen Richtung H über das Baufeld bewegbare Beschichtungseinheiten 16a, 16b enthält, zum Aufbringen des Aufbaumaterials 15 auf das Baufeld 8. In der Prozesskammer ist ferner eine Strahlungsheizung 17 angeordnet, die zum Beheizen des auf das Baufeld 8 aufgebrachten Aufbaumaterials 15 dient. Die Strahlungsheizung 17 ist beispielsweise als Infrarotstrahler gebildet.

[0031] Die Lasersintervorrichtung 1 enthält ferner einen ebenfalls in der horizontalen Richtung H über das Baufeld bewegbaren Belichter 20, der eine Laserstrahlung 21 erzeugt, die auf die Arbeitsebene

7 fokussiert wird. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform enthält der Belichter **20** eine einzige Belichtungseinheit. Diese Belichtungseinheit **20** ist vorzugsweise als Zeilenbelichter ausgebildet, der in der Lage ist, selektiv eine sich quer zu seiner Bewegungsrichtung erstreckende Linie zu belichten, die sich über den gesamten zu belichtenden Bereich erstreckt.

[0032] Weiter enthält die Lasersintervorrichtung **1** eine Steuereinheit **29**, über die die einzelnen Bestandteile der Vorrichtung **1** in koordinierter Weise zum Durchführen des Bauprozesses gesteuert werden. Die Steuereinheit kann eine CPU enthalten, deren Betrieb durch ein Computerprogramm (Software) gesteuert wird. Das Computerprogramm kann getrennt von der Vorrichtung auf einem Speichermedium gespeichert sein, von dem aus es in die Vorrichtung, insbesondere in die Steuereinheit **29** geladen werden kann.

[0033] Fig. 2a bis f zeigen Schritte eines Verfahrens zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mittels der Vorrichtung **1**.

[0034] In einem durch vorangegangene Prozessschritte aufgebauten Pulverbett **30** ist der verfestigte Teil des herzustellenden Objekts **2** von unverfestigt gebliebenem Pulver **13** umgeben. Vor dem in Fig. 2a gezeigten Schritt sind die Beschichtungseinheiten **16a** und **16b** und der Belichter **20** links des Baufelds **8** angeordnet.

[0035] Zum weiteren schichtweisen Aufbauen des Objekts **2** wird zunächst der Träger **10** um eine Höhe abgesenkt, die der gewünschten Schichtdicke entspricht. Dann wird wie in Fig. 2a gezeigt auf die zuvor aufgebrauchte und selektiv verfestigte Pulverschicht **30** mittels einer Bewegung der ersten Beschichtungseinheit **16a** in einer ersten Beschichtungsrichtung R1 pulverförmiges Aufbaumaterial **15** in Form einer ersten weiteren Pulverschicht **31** aufgebracht. Das Aufbringen erfolgt zumindest über den gesamten Querschnitt des herzustellenden Objekts **2**, vorzugsweise über das gesamte Baufeld **8**, also den Bereich der Arbeitsebene **7**, der durch eine Vertikalbewegung des Trägers abgesenkt werden kann. Während und nach dem Aufbringen der ersten weiteren Pulverschicht **31** wird das aufgebrauchte Pulver durch die Strahlungsheizung **17** vorgeheizt.

[0036] Anschließend fährt der Belichter **20** wie in Fig. 2b gezeigt in einer ersten Belichtungsrichtung, die vorzugsweise gleich der ersten Beschichtungsrichtung R1 ist, über das Baufeld und belichtet selektiv die erste weitere Pulverschicht **31**. Dabei ist die Menge der durch die Laserstrahlung **21** eingebrachten Energie so eingestellt, dass an den dem Querschnitt des herzustellenden Objekts **2** entsprechenden

den Stellen eine vollständige Verfestigung des pulverförmigen Aufbaumaterials **15** erfolgt.

[0037] Anschließend führt die zweite Beschichtungseinheit **16b** wie in Fig. 2b gezeigt eine Leerfahrt in der ersten Beschichtungsrichtung R1 durch, d. h. sie verfährt über das Baufeld **8**, ohne Aufbaumaterial **15** aufzutragen.

[0038] Danach werden die oben beschriebenen Schritte in umgekehrter Richtung wiederholt.

[0039] Zunächst wird der Träger **10** um eine Höhe abgesenkt, die der gewünschten Schichtdicke entspricht. Dann wird wie in Fig. 2d gezeigt auf die zuvor aufgebrauchte und selektiv verfestigte Pulverschicht **31** mittels einer Bewegung der zweiten Beschichtungseinheit **16b** in einer zweiten Beschichtungsrichtung R2, die der ersten Beschichtungsrichtung R1 entgegengesetzt ist, pulverförmiges Aufbaumaterial **15** in Form einer zweiten weiteren Pulverschicht **32** aufgebracht.

[0040] Dabei bedeutet entgegengesetzt nicht unbedingt einen Winkel von 180° in einer Draufsicht auf die Arbeitsebene, sondern nur, dass die zweite Beschichtungsrichtung R2 eine Komponente hat, die in die Gegenrichtung der ersten Beschichtungsrichtung R1 zeigt. Vorzugsweise liegt der Winkel zwischen der ersten und der zweiten Beschichtungsrichtung zwischen 15 und 210 Grad, in weiter bevorzugter Weise beträgt er 180° .

[0041] Auch das Aufbringen der zweiten weiteren Pulverschicht **32** erfolgt zumindest über den gesamten Querschnitt des herzustellenden Objekts **2**, vorzugsweise über das gesamte Baufeld **8**. Während und nach dem Aufbringen der zweiten weiteren Pulverschicht **32** wird das aufgebrauchte Pulver durch die Strahlungsheizung **17** vorgeheizt.

[0042] Anschließend fährt der Belichter **20** wie in Fig. 2e gezeigt in einer zweiten Belichtungsrichtung, die vorzugsweise gleich der zweiten Beschichtungsrichtung R2 ist, über das Baufeld und belichtet selektiv die zweite weitere Pulverschicht **32**. Wieder ist die Menge der durch die Laserstrahlung **21** eingebrachten Energie so eingestellt, dass an den dem Querschnitt des herzustellenden Objekts **2** entsprechenden Stellen eine vollständige Verfestigung des pulverförmigen Aufbaumaterials **15** erfolgt.

[0043] Anschließend führt die erste Beschichtungseinheit wie in Fig. 2f gezeigt eine Leerfahrt in der ersten Beschichtungsrichtung R1 über das Baufeld **8** durch.

[0044] Damit ist der Ausgangszustand wieder erreicht, und die in Fig. 2a bis f gezeigten Schritte werden solange wiederholt, bis das Objekt **2** fertiggestellt

ist und der Prozesskammer **3** entnommen und von unverfestigt gebliebenem Aufbaumaterial **13** befreit werden kann. Während des Herstellvorgangs nehmen die Beschichtungseinheiten **16a** und **16b** wiederholt pulverförmiges Aufbaumaterial **15** aus den Vorratsbehältern **14a**, **14b** auf.

[0045] Da die Beschichtungseinheiten **16a**, **16b** jeweils für das Auftragen einer Pulverschicht bzw. eine Leerfahrt unterschiedliche Höheneinstellungen benötigen, sind sie höhenverstellbar, insbesondere in ihrer Höhe steuerbar, in der Vorrichtung **1** angebracht.

[0046] Gegenüber dem bekannten Stand der Technik ist die Vorrichtung **1** der vorliegenden Ausführungsform dadurch gekennzeichnet, dass auf beiden Seiten des Belichters **20** je eine Beschichtungseinheit **16a**, **16b** angeordnet ist. Dadurch wird ein Betrieb der Vorrichtung ermöglicht, wie er oben mit Bezug auf **Fig. 2a** bis **f** beschrieben ist. Durch diesen Betrieb kann die Herstellungszeit für das Objekt verglichen mit dem Fall, in dem nur eine Beschichtungseinheit auf einer Seite des Belichters angeordnet ist, erheblich verkürzt und somit die Produktivität der Vorrichtung gesteigert werden.

[0047] In einer Abwandlung des oben beschriebenen Verfahrens können auch die Funktionen Beschichtungsfahrt und Leerfahrt vertauscht sein. Nach dem oben beschriebenen Ablauf führt die Beschichtungseinheit **16a** zunächst gemäß **Fig. 2f** (des vorangegangenen Zyklus) eine Leerfahrt in der Richtung **R2** durch, kehrt dann um und führt gemäß **Fig. 2a** (des folgenden Zyklus) eine Beschichtungsfahrt in der Richtung **R1** durch. Ebenso führt die Beschichtungseinheit **16b** zunächst gemäß **Fig. 2c** eine Leerfahrt in der Richtung **R1** durch, kehrt dann um und führt gemäß **Fig. 2d** eine Beschichtungsfahrt in der Richtung **R2** durch. Stattdessen kann eine der Beschichtungseinheiten oder beide vor ihrer Umkehr eine Beschichtungsfahrt und nach ihrer Umkehr eine Leerfahrt durchführen. Als zusätzlicher Effekt kann dadurch die für den Aufheizvorgang nutzbare Heizzeit kann verlängert werden.

[0048] In einer weiteren Abwandlung kann auch eine der Beschichtungseinheiten oder beide sowohl vor als auch nach ihrer Umkehr eine Beschichtungsfahrt durchführen, bei der jeweils eine Pulverteilschicht mit einer verringerten Dicke aufgetragen wird, wobei durch die Summe der Dicken der beiden Pulverteilschicht die gewünschte Gesamtdicke der Pulverschicht ergibt. Bei einer solchen Doppelbeschichtung (Aufbringen einer zu verfestigenden Pulverschicht in Form von zwei hintereinander aufgebracht Pulverteilschichten) ergeben sich, wie weiter unten mit Bezug auf **4d** beschrieben, vor allem bei der Verwendung von Altpulver Vorteile wie z. B. eine Qualitätsverbesserung der hergestellten Produkte.

[0049] **Fig. 3a** und **b** zeigen Schritte eines alternativen Verfahrens zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mittels der Vorrichtung **1**. Dieses alternative Verfahren unterscheidet sich von dem in **Fig. 2a** bis **f** gezeigten Verfahren darin, dass der Belichter **20** und die Beschichtungseinheiten **16a**, **16b** gemeinsam über das Baufeld verfahren werden anstatt getrennt voneinander. Alle anderen Merkmale des oben beschriebenen Verfahrens können auch auf das alternative Verfahren übertragen werden.

[0050] **Fig. 3a** zeigt einen Verfahrensschritt, bei dem die in **Fig. 2a** bis **c** gezeigten Verfahrensschritte miteinander kombiniert werden. Die erste Beschichtungseinheit **16a** verfährt in der ersten Beschichtungsrichtung **R1** über das Baufeld **8** und trägt die erste weitere Pulverschicht **31** auf, die dann durch die Strahlungsheizung **17** vorgeheizt wird. Noch während die erste Beschichtungseinheit **16a** über das Baufeld verfährt, fährt im Abstand dahinter bereits der Belichter **21** ebenfalls in der ersten Beschichtungsrichtung **R1** über den bereits fertig aufgetragenen Bereich der ersten weitere Pulverschicht **31** und verfestigt diesen selektiv. Im Abstand hinter dem Belichter führt die zweite Beschichtungseinheit **16b** eine Leerfahrt in der ersten Beschichtungsrichtung **R1** durch.

[0051] **Fig. 3b** zeigt eine Wiederholung des in **Fig. 3a** gezeigten Verfahrensschritts in umgekehrter Richtung und stellt eine Kombination der in **Fig. 2d** bis **f** gezeigten Verfahrensschritte dar. Die zweite Beschichtungseinheit **16b** trägt in der zweiten Beschichtungsrichtung **R2** die zweite weitere Pulverschicht **32** auf, die dann durch die Strahlungsheizung **17** vorgeheizt wird. Im Abstand dahinter fährt der Belichter **21** ebenfalls in der zweiten Beschichtungsrichtung **R2** über den bereits fertig aufgetragenen Bereich der zweiten weitere Pulverschicht **32** und verfestigt diesen selektiv. Im Abstand hinter dem Belichter führt die erste Beschichtungseinheit **16a** eine Leerfahrt in der zweiten Beschichtungsrichtung **R2** durch.

[0052] Damit ist der Ausgangszustand wieder erreicht, und die in **Fig. 3a** und **b** gezeigten Schritte werden solange wiederholt, bis das Objekt **2** fertiggestellt ist und der Prozesskammer **3** entnommen und von unverfestigt gebliebenem Aufbaumaterial **13** befreit werden kann.

[0053] Weil bei diesem alternativen Verfahren nicht gewartet wird, bis eine Einheit über das Baufeld gefahren ist, bevor die nächste Einheit ihre Fahrt beginnt, finden zeitgleich an verschiedenen Orten des Baufelds ein Beschichtungsvorgang und ein Verfestigungsvorgang statt. Dadurch kann die Herstellungszeit für das Objekt weiter verkürzt und die Produktivität weiter gesteigert werden.

[0054] Auch hier kann wie bei der Abwandlung des mit Bezug auf **Fig. 2** beschriebenen Verfahrens eine

der Beschichtungseinheiten oder beide vor ihrer Umkehr eine Beschichtungsfahrt und nach ihrer Umkehr eine Leerfahrt durchführen oder sowohl vor als auch nach ihrer Umkehr eine Beschichtungsfahrt für eine Pulverteilschicht verringerter Dicke durchführen.

[0055] Fig. 4a bis d zeigen verschiedene Abwandlungen der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung. Diese Abwandlungen unterscheiden sich untereinander in der Anzahl und Anordnung der Beschichtungseinheiten und Belichtungseinheiten.

[0056] Fig. 4a zeigt schematisch die in Fig. 1 gezeigte Anordnung in einer Draufsicht. Der Belichter **20** enthält eine einzige Belichtungseinheit, während der Beschichter **16** zwei Beschichtungseinheiten **16a**, **16b** enthält, die in der Beschichtungsrichtung R beidseitig des Belichters, also vor und hinter dem Belichter angeordnet sind. Die Beschichtungseinheiten sind in ihrer Anordnung sozusagen an dem Belichter "gespiegelt".

[0057] Fig. 4b zeigt eine umgekehrte Anordnung. Statt wie in Fig. 4a die Beschichtungseinheit zu verdoppeln und an dem Belichter zu spiegeln, ist hier die Belichtungseinheit verdoppelt und an dem Beschichter gespiegelt. Der Beschichter **16** enthält also in diesem Fall eine einzige Beschichtungseinheit, während der Belichter **20** zwei Belichtungseinheiten **20a**, **20b** enthält, die in der Beschichtungsrichtung R beidseitig des Beschichters, also vor und hinter dem Beschichter angeordnet sind.

[0058] Der Betrieb einer Vorrichtung mit dieser Anordnung verläuft analog zu dem in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Betrieb der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung. Dabei führt beispielsweise jeweils die vorlaufende Belichtungseinheit eine Leerfahrt durch, die Beschichtungseinheit trägt die neue Pulverschicht auf, und die jeweils nachlaufende Belichtungseinheit führt die Verfestigung der neu aufgetragenen Pulverschicht durch.

[0059] Ähnlich wie bei der Abwandlung der mit Bezug auf Fig. 2 und Fig. 3 beschriebenen Verfahren kann eine der Belichtungseinheiten oder beide vor ihrer Umkehr eine Belichtungsfahrt und nach ihrer Umkehr eine Leerfahrt durchführen oder sowohl vor als auch nach ihrer Umkehr eine Belichtungsfahrt mit verringerter Energie, wobei in den beiden Teilbelichtungen eingebrachte Gesamtenergie zum Verfestigen des Aufbaumaterials ausreicht.

[0060] Auch mit dieser Anordnung kann also die Herstellungszeit für das Objekt verkürzt und die Produktivität gesteigert werden. Aufgrund der höheren Kosten einer Belichtungseinheit gegenüber einer Beschichtungseinheit wird jedoch vorzugsweise wie in Fig. 4a gezeigt die Beschichtungseinheit verdoppelt und gespiegelt.

[0061] Fig. 4c zeigt eine Anordnung, bei sowohl der Beschichter **16** mehr als eine Beschichtungseinheit enthält als auch der Belichter **20** mehr als eine Belichtungseinheit enthält. Die Beschichtungseinheiten **16a–16e** und die Belichtungseinheiten **20a–20d** sind in der Beschichtungsrichtung abwechselnd angeordnet, so dass jede Beschichtungseinheit (außer den zuvorderst bzw. zuletzt angeordneten) von zwei Belichtungseinheiten und jede Belichtungseinheit von zwei Beschichtungseinheiten (außer den zuvorderst bzw. zuletzt angeordneten) umgeben ist. Vorzugsweise ist die Gesamtzahl der Einheiten ungerade, so dass die beiden in der Beschichtungsrichtung B zuvorderst und zuletzt liegenden Einheiten entweder beide eine Beschichtungseinheit oder beide eine Belichtungseinheit sind. In Fig. 4c ist der Fall gezeigt, bei dem diese beiden Einheiten beide eine Beschichtungseinheit **16a**, **16e** sind, was aufgrund der höheren Kosten einer Belichtungseinheit die bevorzugte Anordnung ist.

[0062] Der Betrieb einer Vorrichtung mit dieser Anordnung verläuft analog zu dem in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Betrieb der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung. Zu Beginn sind alle Beschichtungs- und Belichtungs-vorrichtungen in der Figur links des Baufelds **8** angeordnet. Zunächst fährt die erste Beschichtungseinheit **16a** in der Beschichtungsrichtung R über das Baufeld **8** und trägt eine Pulverschicht auf, die dann durch die Strahlungsheizung **17** vorgeheizt wird und durch die erste Belichtungseinheit **20a** verfestigt wird. Es folgen die zweite Beschichtungseinheit **16b** und die zweite Belichtungseinheit **20b** und so weiter, bis die letzte Beschichtungseinheit **16e** ihre Leerfahrt über das Baufeld **8** beendet hat. Anschließend wird der Betrieb in der entgegengesetzten Richtung mit umgekehrter Reihenfolge wiederholt. Dabei trägt die jetzt vorderste Beschichtungseinheit **16e** eine Pulverschicht auf, durch die Belichtungseinheit **20d** verfestigt wird und so weiter, bis die jetzt hinten liegende Beschichtungseinheit **16a** ihre Leerfahrt über das Baufeld **8** beendet hat.

[0063] Auch hierbei können die einzelnen Einheiten wie in Fig. 2 gezeigt getrennt oder wie in Fig. 3 gezeigt gemeinsam über das Baufeld verfahren werden. Bei getrenntem Verfahren kann vor dem Aufbringen jeder neuen Pulverschicht der Träger **10** um die gewünschte Schichtdicke abgesenkt werden. Das ist beim gemeinsamen Fahren der Einheiten über das Baufeld jedoch nicht möglich. Für diesen Fall sind die Beschichtungseinheiten **16a–16e** und die Belichtungseinheiten **20a–20d** höhenverstellbar, insbesondere in ihrer Höhe steuerbar, in der Vorrichtung **1** angebracht. Beim Verfahren über das Baufeld **8** ist dann jede Beschichtungseinheit um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt ist als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehende Beschichtungseinheit.

[0064] In ähnlicher Weise ist jede Belichtungseinheit um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehende Belichtungseinheit. Alternativ oder ergänzend zu einer Höhenverstellung der Belichtungseinheit kann bei ihnen auch eine Fokusebene der ausgesendeten Strahlung bei jeder Belichtungseinheit um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt sein als diejenige der in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehenden Belichtungseinheit.

[0065] Bei einer Vorrichtung, bei der aufeinanderfolgende Schichten in unterschiedlicher Richtung aufgetragen werden, muss zwischen dem Aufbringen der beiden Schichten sowohl der Beschichter als auch der Belichter in den Stillstand abgebremst werden, die Richtung des Antriebs umgekehrt werden und dann wieder auf die erforderliche Arbeitgeschwindigkeit beschleunigt werden. Das stelle eine Nebenzeit dar, die nicht zum produktiven Betrieb der Vorrichtung genutzt werden kann.

[0066] Durch die abwechselnde Anordnung mehrerer Beschichtungs- und Belichtungseinheiten hintereinander können mehrere Schichten aufgebracht und verfestigt werden, bevor ein solcher Umkehrvorgang erforderlich ist. Dadurch fällt die für das Umkehren erforderliche Zeit weniger ins Gewicht, als wenn es nach jedem Aufbringen und Verfestigen einer Schicht erforderlich ist. Dadurch kann die Herstellungszeit für das Objekt weiter verkürzt und die Produktivität weiter gesteigert werden.

[0067] Auch hier kann wie bei der Abwandlung des mit Bezug auf **Fig. 2** beschriebenen Verfahrens eine der Beschichtungseinheiten oder beide vor ihrer Umkehr eine Beschichtungsfahrt und nach ihrer Umkehr eine Leerfahrt durchführen oder sowohl vor als auch nach ihrer Umkehr eine Beschichtungsfahrt für eine Pulverteilschicht verringerter Dicke durchführen.

[0068] **Fig. 4d** zeigt eine ähnliche Anordnung wie **Fig. 4c**, nur dass hier zwischen jeder Belichtungseinheit **20a–20c** zwei Beschichtungseinheiten **16b–16e** angeordnet sind. Wieder ist die vorzugsweise Anordnung gezeigt, bei der die beiden in der Beschichtungsrichtung B zuvorderst und zuletzt liegenden Einheiten beide eine Beschichtungseinheit **16a, 16f** sind.

[0069] Der Betrieb einer Vorrichtung mit dieser Anordnung verläuft analog zu dem Betrieb der in **Fig. 4c** gezeigten Vorrichtung. Allerdings besteht hierbei jede zu verfestigende Pulverschicht aus zwei hintereinander aufgetragenen Pulverteilschichten, die dann gemeinsam belichtet und somit verfestigt werden. Dabei wird die jeweils erste Pulverteilschicht durch die Strahlungsheizung beheizt, bevor die jeweils

zweite Pulverteilschicht aufgebracht wird. Diese wird ihrerseits durch die Strahlungsheizung beheizt, bevor die erste und zweite Pulverteilschicht gemeinsam belichtet und dadurch selektiv verfestigt werden.

[0070] Das Aufbringen einer zu verfestigenden Pulverschicht in Form von zwei hintereinander aufgetragenen Pulverteilschichten (Doppelbeschichtung) geschieht dadurch, dass jeweils zwei Beschichtungseinheiten über das Baufeld verfahren, bevor die nächste Belichtungseinheit über das Baufeld verfahren wird. Die jeweils hinten liegende Beschichtungseinheit führt bei dieser Anordnung keine Leerfahrt durch, sondern bringt bei ihrem ersten Verfahren über das Baufeld die erste Pulverteilschicht auf und bei ihrem zweiten Verfahren in der entgegengesetzten Richtung die zweite Pulverteilschicht. Somit kann eine Doppelbeschichtung auch bereits mit der in **Fig. 4a** gezeigten Anordnung verwirklicht werden.

[0071] Auch hierbei können die einzelnen Einheiten wie in **Fig. 2** gezeigt getrennt oder wie in **Fig. 3** gezeigt gemeinsam über das Baufeld verfahren werden, und die Beschichtungseinheiten **16a–16f** und die Belichtungseinheiten **20a–20c** sind höhenverstellbar, insbesondere in ihrer Höhe steuerbar, in der Vorrichtung **1** angebracht, bzw. die Fokusebene der ausgesendeten Strahlung der Belichtungseinheiten **20a–20c** ist einstellbar. In diesem Fall ist jede Beschichtungseinheit beim Verfahren über das Baufeld **8** vorzugsweise um die einer Schichtdicke einer Pulverteilschicht entsprechende Höhe höher eingestellt als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehende Beschichtungseinheit, und jede Belichtungseinheit (bzw. ihre Fokusebene) ist vorzugsweise um die einer Schichtdicke einer aus zwei Pulverteilschichten gebildeten Pulvergesamtschicht entsprechende Höhe höher eingestellt als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehende Belichtungseinheit.

[0072] Die Doppelbeschichtung hat vor allem Vorteile bei der Verwendung von Altpulver, das bereits beim früheren Herstellen eines Objekts verwendet worden war und als unverfestigtes Aufbaumaterial übrig geblieben ist. Ab einem bestimmten Anteil von Altpulver an dem Aufbaumaterial kann die Qualität der hergestellten Objekte sinken. Durch das getrennte Beheizen der einzelnen Pulverteilschichten bei der Doppelbeschichtung kann eine homogenere Temperaturteilung erzielt werden, was zu einer Qualitätsverbesserung der hergestellten Produkte führt bzw. bei gleichbleibender Produktqualität einen höheren Anteil von Altpulver und damit eine wirtschaftlichere Produktion ermöglicht.

[0073] Durch die in **Fig. 4d** gezeigte Anordnung kann auch bei einer Doppelbeschichtung die Herstellungszeit für das Objekt verkürzt und die Produktivität gesteigert werden.

[0074] Anstelle von zwei können auch mehr Beschichtungseinheiten zwischen einer Belichtungseinheit angeordnet sein, wobei das Aufbringen einer zu verfestigende Pulverschicht in Form von mehr als zwei hintereinander aufgebrauchten Pulverteilschichten geschieht.

[0075] Merkmale dieser Anordnungen können, soweit möglich, beliebig miteinander kombiniert werden. So ist z. B. eine Anordnung möglich, in der zwischen zwei Belichtungseinheiten teilweise nur eine Beschichtungseinheit angeordnet ist und teilweise zwei oder mehr.

[0076] Auch wenn die vorliegende Erfindung anhand einer Lasersinter- bzw. Laserschmelzvorrichtung beschrieben wurde, ist sie nicht auf das Lasersintern oder Laserschmelzen eingeschränkt. Sie kann auf beliebige Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials durch selektives Einbringen von Energie angewendet werden.

[0077] Der Belichter kann beispielsweise einen oder mehrere Gas- oder Festkörperlaser oder jede andere Art von Laser wie z. B. Laserdioden, insbesondere VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) oder VECSEL (Vertical External Cavity Surface Emitting Laser) umfassen. Allgemein kann als Belichter jede Einrichtung verwendet werden, mit der Energie als Wellen- oder Teilchenstrahlung selektiv auf eine Schicht des Aufbaumaterials aufgebracht werden kann. Anstelle eines Lasers können beispielsweise eine andere Lichtquelle, ein Elektronenstrahl oder jede andere Energie- bzw. Strahlenquelle verwendet werden, die geeignet ist, das Aufbaumaterial zu verfestigen.

[0078] Anstelle des Einbringens von Energie kann das selektive Verfestigen des aufgetragenen Aufbaumaterials auch durch 3D-Drucken erfolgen, beispielsweise durch Aufbringen eines Klebers. Allgemein bezieht sich die Erfindung auf das Herstellen eines Objekts mittels schichtweisen Auftragens und selektiven Verfestigens eines Aufbaumaterials unabhängig von der Art und Weise, in der das Aufbaumaterial verfestigt wird.

[0079] Es können verschiedene Arten von Aufbaumaterialien verwendet werden, insbesondere Pulver wie z. B. Metallpulver, Kunststoffpulver, Keramikpulver, Sand, gefüllte oder gemischte Pulver.

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 2015/091485 A1 [0003, 0014]
- DE 102015213140 [0004]

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts (2) durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials (15), enthaltend:

einen in einer Beschichtungsrichtung (R) über ein Baufeld (8) bewegbaren Beschichter (16) mit zumindest einer ersten Beschichtungseinheit (16a) zum Aufbringen einer Schicht (31) des Aufbaumaterials (15) auf das Baufeld (8) und

eine in der Beschichtungsrichtung (R) über das Baufeld (8) bewegbare Verfestigungsvorrichtung (20) mit zumindest einer ersten Verfestigungseinheit (20a) zum selektiven Verfestigen der aufgetragenen Schicht (31) des Aufbaumaterials (15) an Stellen, die einem Querschnitt des herzustellenden Objekts (2) entsprechen,

wobei die Vorrichtung (1) ausgebildet und/oder gesteuert ist, die Schritte des Aufbringens und des selektiven Verfestigens zu wiederholen, bis das Objekt (2) fertiggestellt ist,

wobei der Beschichter (16) zumindest eine zweite Beschichtungseinheit (16b) enthält, die in der Beschichtungsrichtung (R) auf der anderen Seite der ersten Verfestigungseinheit (20a) angeordnet ist als die erste Beschichtungseinheit (16a), und/oder

die Verfestigungsvorrichtung (20) zumindest eine zweite Verfestigungseinheit (20b) enthält, die in der Beschichtungsrichtung (R) auf der anderen Seite der ersten Beschichtungseinheit (16a) angeordnet ist als die erste Verfestigungseinheit (20a).

2. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 1, die zwei oder mehr Beschichtungseinheiten (16a–16e) und zwei oder mehr Verfestigungseinheiten (20a–20d) enthält, wobei die Beschichtungseinheiten (16a–16e) und die Verfestigungseinheiten (20a–20d) in der Beschichtungsrichtung (R) abwechselnd angeordnet sind, wobei vorzugsweise die beiden in der Beschichtungsrichtung (R) zuvorderst und zuletzt angeordneten Einheiten entweder beide eine Beschichtungseinheit oder beide eine Verfestigungseinheit sind.

3. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 1, die zwei oder mehr Beschichtungseinheiten (16a–16f) und zwei oder mehr Verfestigungseinheiten (20a–20c) enthält, wobei in der Beschichtungsrichtung (R) zwischen zwei Verfestigungseinheiten (20a–20c) zumindest eine Beschichtungseinheit (16b–16e) angeordnet ist, wobei vorzugsweise die beiden in der Beschichtungsrichtung zuvorderst und zuletzt angeordneten Einheiten jeweils eine Beschichtungseinheit (16a, 16f) sind.

4. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Anzahl der Beschichtungseinheiten (16a–16e) größer ist, bevorzugt um die Zahl 1 größer ist, als die Anzahl der Verfestigungseinheiten (20a–20d).

5. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Beschichter (16) dazu ausgebildet ist, sowohl bei einer Bewegung in der Beschichtungsrichtung (R1) als auch bei einer Bewegung in einer der Beschichtungsrichtung (R1) entgegengesetzten Richtung (R2) eine Schicht (31, 32) des Aufbaumaterials (15) auf das Baufeld (8) aufzubringen.

6. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei

die Verfestigungsvorrichtung (20) dazu ausgebildet ist, sowohl bei einer Bewegung in der Beschichtungsrichtung (R1) als auch bei einer Bewegung in einer der Beschichtungsrichtung (R1) entgegengesetzten Richtung (R2) die aufgetragene Schicht (31, 32) des Aufbaumaterials (15) zu verfestigen und/oder wobei die erste Beschichtungseinheit (16a) und/oder eventuelle weitere Beschichtungseinheiten (16b–16f) höhenverstellbar, insbesondere in ihrer Höhe steuerbar, in der Vorrichtung (1) angebracht sind und/oder wobei

die erste Verfestigungseinheit (20a) und/oder eventuelle weitere Verfestigungseinheiten (20b–20d) höhenverstellbar, insbesondere in ihrer Höhe steuerbar, in der Vorrichtung (1) angebracht sind.

7. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Verfestigungsvorrichtung (20) ein Belichter ist und die erste Verfestigungseinheit (20a) und eventuelle weitere Verfestigungseinheiten (20b–20d) Belichtungseinheiten sind, die zum Aussenden einer zum Verfestigen des Aufbaumaterials geeigneten Strahlung (21) geeignet sind.

8. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 7, wobei die erste Belichtungseinheit (20a) und eventuelle weitere Belichtungseinheiten (20b–20d) als Zeilenbelichter, insbesondere als VCSEL-basierte oder als VECSEL-basierte Zeilenbelichter, ausgebildet ist oder sind.

9. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, die weiter einen höhenverstellbaren Träger (10, 11) enthält, der zum Halten der aufgetragenen Pulverschichten bestimmt ist.

10. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, die weiter eine Strahlungsheizung (17) zum Erwärmen der aufgetragenen Pulverschicht (31, 32) vor ihrer Verfestigung enthält.

11. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts (2) durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials (15) mit den Schritten:

Aufbringen einer Schicht (31) des Aufbaumaterials (15) auf ein Baufeld (8) mittels eines in einer Beschichtungsrichtung (R) über das Baufeld (8) fahrenden Beschichters (16) mit zumindest einer ersten Beschichtungseinheit (16a),

selektives Verfestigen der aufgetragenen Schicht (**31**) des Aufbaumaterials (**15**) an Stellen, die einem Querschnitt des herzustellenden Objekts (**2**) entsprechen, mittels einer in der Beschichtungsrichtung (R) über das Baufeld (**8**) fahrenden Verfestigungsvorrichtung (**20**) mit zumindest einer ersten Verfestigungseinheit (**20a**) und

Wiederholen der Schritte des Aufbringens und des selektiven Verfestigens, bis das Objekt (**2**) fertiggestellt ist,

wobei der Beschichter (**16**) zumindest eine zweite Beschichtungseinheit (**16b**) enthält, die in der Beschichtungsrichtung (R) auf der anderen Seite der ersten Verfestigungseinheit (**20a**) angeordnet ist als die erste Beschichtungseinheit (**16a**), und/oder

die Verfestigungsvorrichtung (**20**) zumindest eine zweite Verfestigungseinheit (**20b**) enthält, die in der Beschichtungsrichtung (R) auf der anderen Seite der ersten Beschichtungseinheit (**16a**) angeordnet ist als die erste Verfestigungseinheit (**20b**).

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei jede Beschichtungseinheit (**16a–16f**) und jede Verfestigungseinheit (**20a–20d**) einmal in einer ersten Richtung (R1) über das Baufeld (**8**) bewegt werden und anschließend jede Beschichtungseinheit (**16a–16f**) und jede Verfestigungseinheit (**20a–20d**) in umgekehrter Reihenfolge einmal in einer der ersten Richtung (R1) entgegengesetzten Richtung (R2) über das Baufeld (**8**) bewegt werden.

13. Verfahren gemäß Anspruch 11 oder 12, wobei jede Beschichtungseinheit (**16a–16f**) um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt wird als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung (R1, R2) vorausgehende Beschichtungseinheit und/oder

jede Verfestigungseinheit (**20a–20d**) um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt wird als die in der jeweiligen Bewegungsrichtung (R1, R2) vorausgehende Verfestigungseinheit.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei zumindest eine Beschichtungseinheit (**16a–16f**) und zumindest eine Verfestigungseinheit (**20a–20d**) so über das Baufeld (**8**) bewegt werden, dass zeitgleich an verschiedenen Orten des Baufelds (**8**) ein Beschichtungsvorgang und ein Verfestigungsvorgang stattfinden.

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei

jede Verfestigungseinheit (**20a–20d**) eine Belichtungseinheit ist, die eine Strahlung (**21**) aussendet, die zum Verfestigen des Aufbaumaterials (**15**) geeignet ist, und

eine Fokusebene der ausgesendeten Strahlung bei jeder Belichtungseinheit (**20a–20d**) um eine vordefinierte Höhe, vorzugsweise um die einer Schichtdicke des Aufbaumaterials entsprechende Höhe, höher eingestellt ist als diejenige der in der jeweiligen Bewegungsrichtung vorausgehenden Belichtungseinheit.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

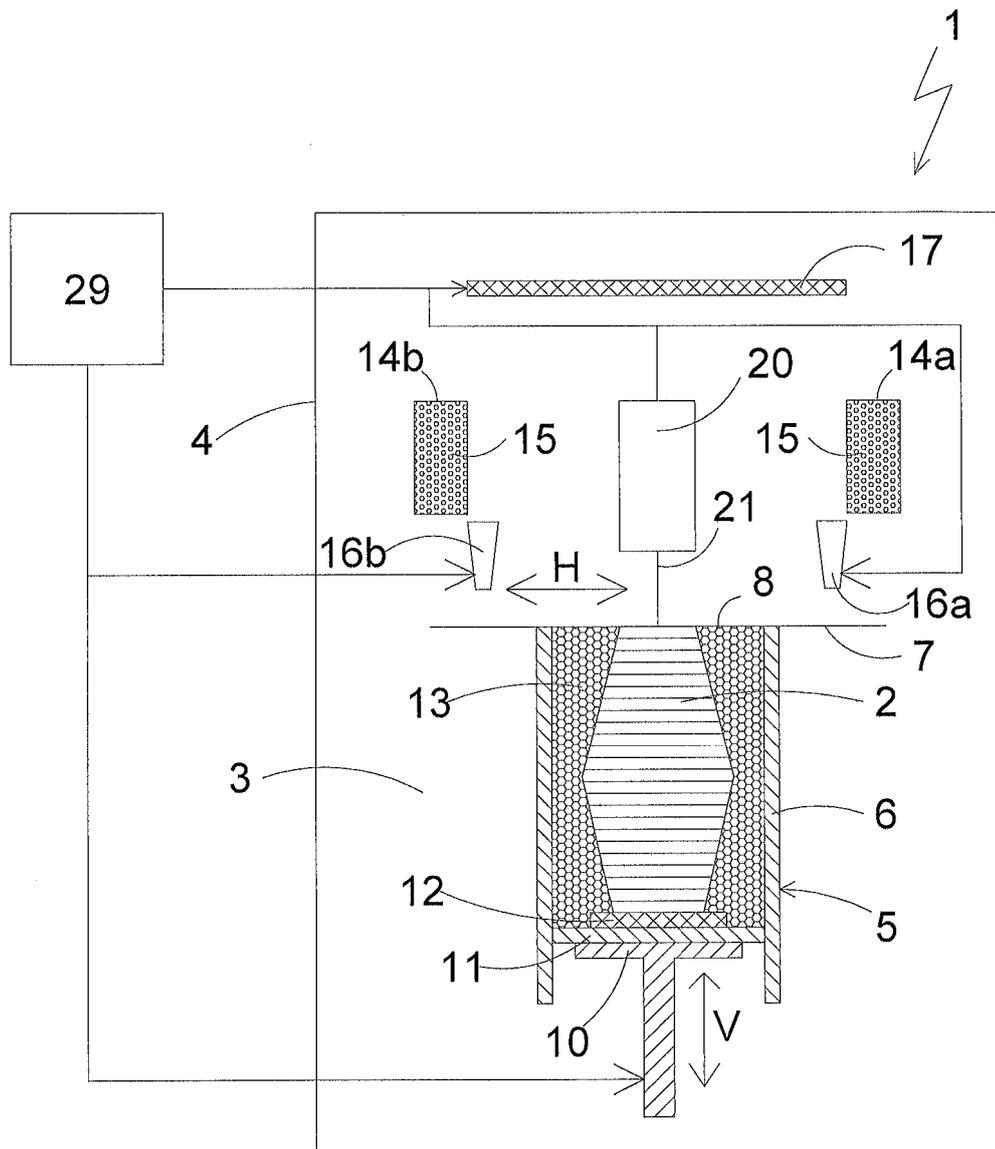
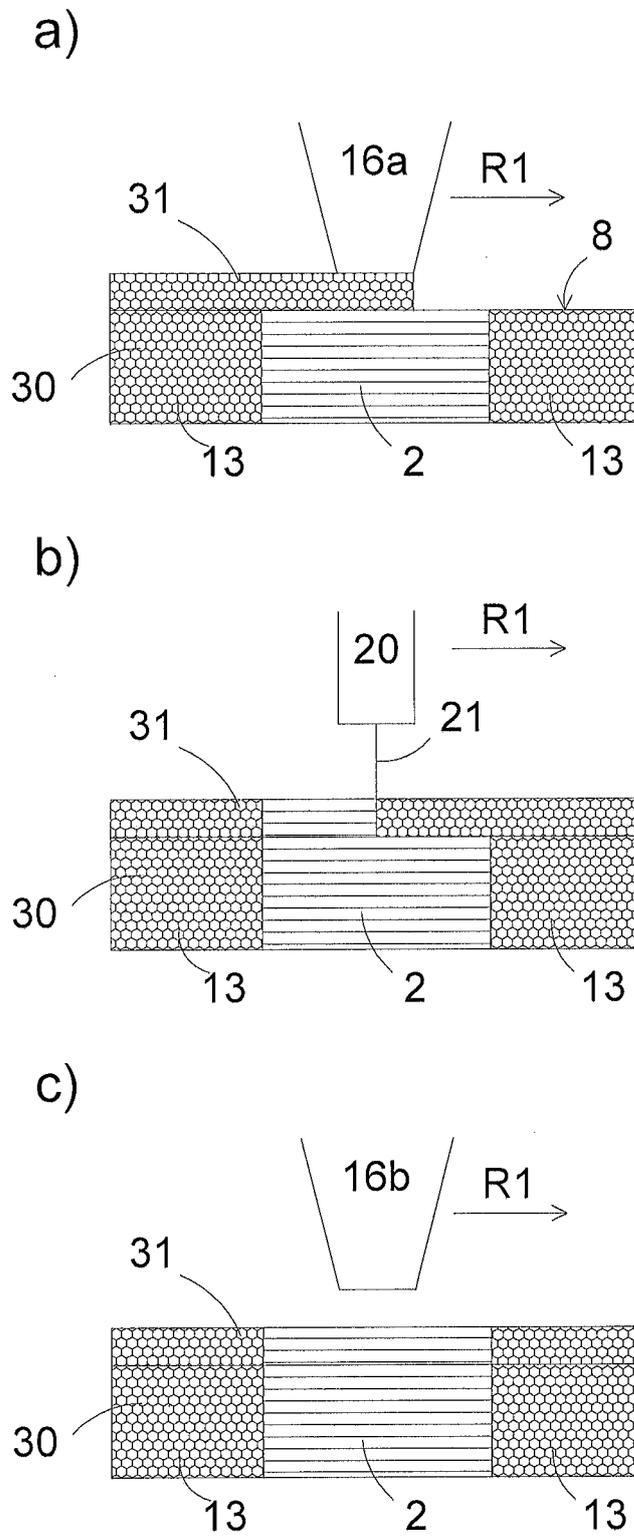
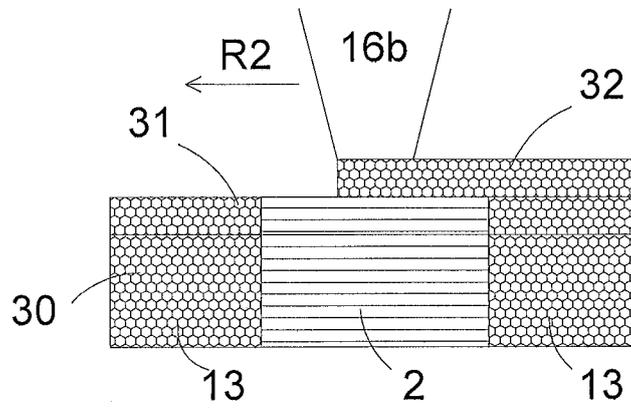


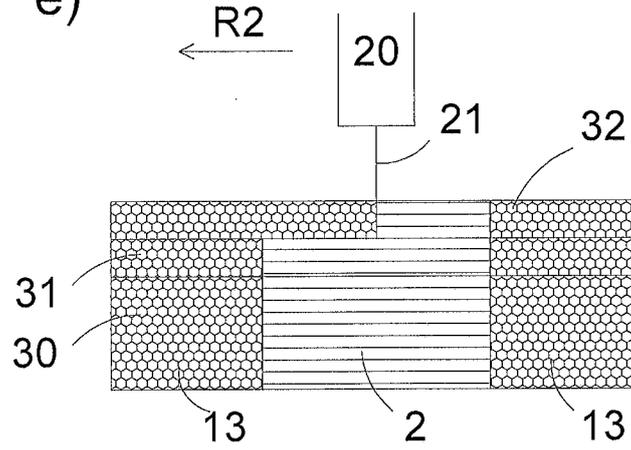
Fig. 2



d)



e)



f)

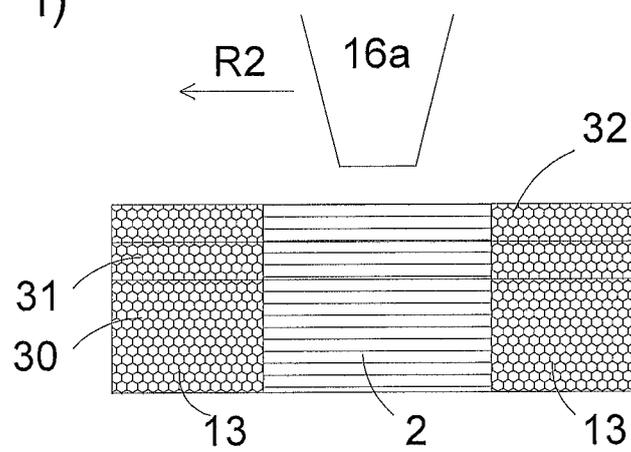


Fig. 3

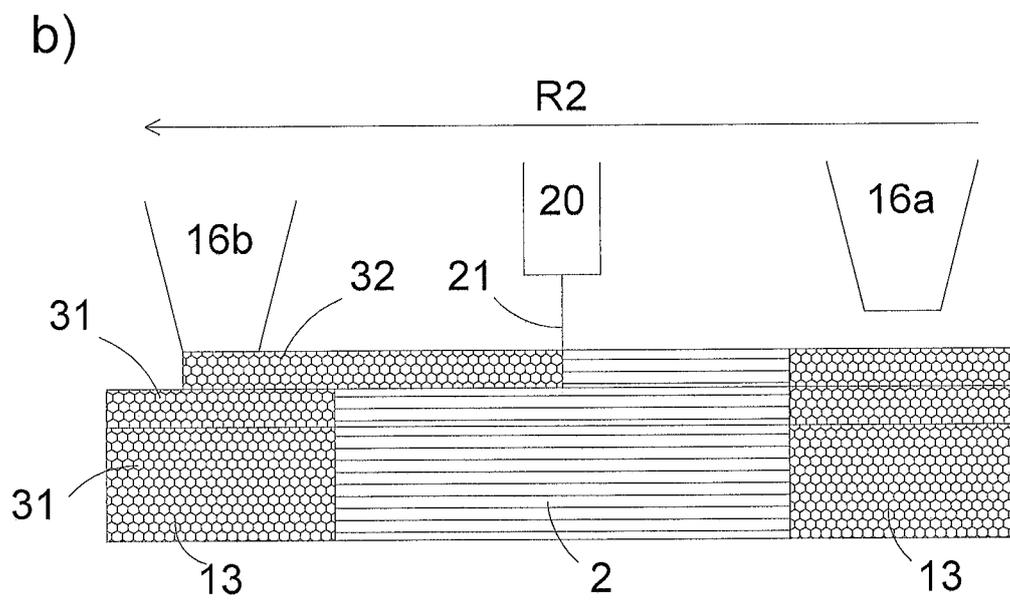
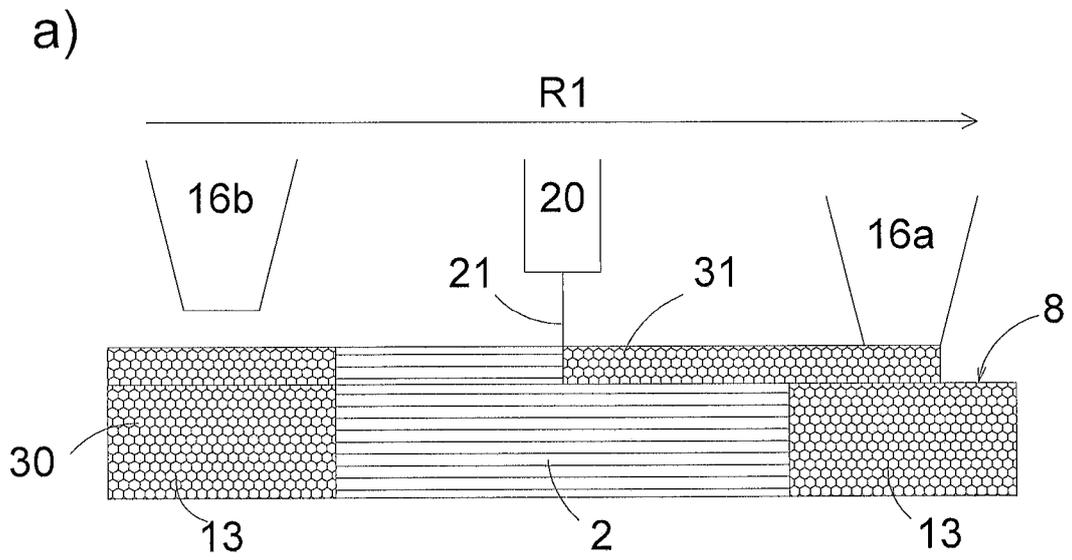


Fig. 4

