



(10) **DE 10 2005 014 483 B4** 2019.06.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 014 483.7**
(22) Anmeldetag: **30.03.2005**
(43) Offenlegungstag: **05.10.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.06.2019**

(51) Int Cl.: **B22F 3/105** (2006.01)
C04B 35/64 (2006.01)
B29C 64/153 (2017.01)
B29C 64/264 (2017.01)
B33Y 30/00 (2015.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Realizer GmbH, 33178 Borchen, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

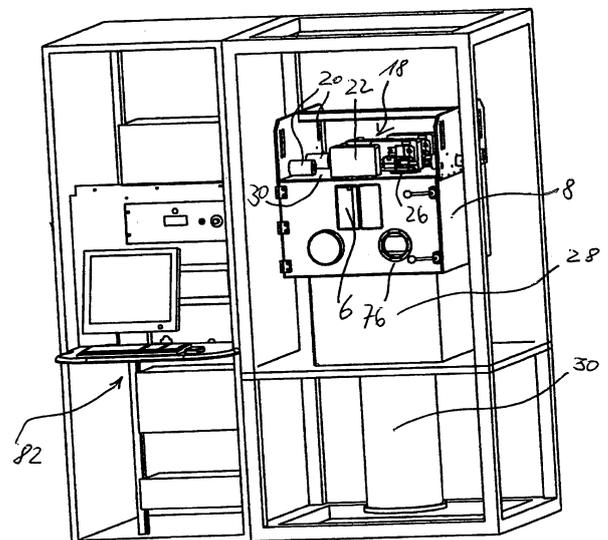
(74) Vertreter:
**Weickmann & Weickmann Patent- und
Rechtsanwälte PartmbB, 81679 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 36 907	A1
DE	299 07 262	U1
WO	2004/ 014 636	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem Werkstoff**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem oder/und keramischem Werkstoff, mit einer Trägeranordnung (14) zur Bereitstellung eines Baufeldes (B) für den Schichtaufbau, einer Bestrahlungseinrichtung (18) zur Bestrahlung der jeweils zuletzt auf der Trägeranordnung (14) präparierten Werkstoffpulverschicht in einem dieser Schicht zugeordneten Querschnittsbereich des betreffenden Gegenstandes oder ggf. der betreffenden Gegenstände durch Laserstrahlung, die das Werkstoffpulver in diesem Querschnittsbereich durch Erhitzen zum Verschmelzen oder ggf. zum Versintern bringt, wobei die Bestrahlungseinrichtung (18) eine steuerbare Zieleinrichtung (22) für die Laserstrahlung zur ortsselektiven Bestrahlung des Baufeldes (B) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestrahlungseinrichtung (18) mehrere steuerbare Subsysteme mit jeweils wenigstens einer Laserstrahlungsquelle (20) und jeweils einer Zieleinrichtung (22) für die Laserstrahlungsquelle (20) aufweist, so dass die Vorrichtung mehrere Laserstrahlungsquellen (20) aufweist, und wobei die jeweiligen Subsysteme der Bestrahlungseinrichtung (18) jeweiligen Abschnitten (I-IV) des Baufeldes (B) auf der Trägeranordnung (14) zuzuordnen sind, so dass mehrere Subsysteme zur simultanen Bestrahlung des Werkstoffpulvers in den Baufeldabschnitten (I-IV) einsetzbar sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem oder/und keramischem Werkstoff, mit einer Trägeranordnung zur Bereitstellung eines Baufeldes für den Schichtaufbau, einer Bestrahlungseinrichtung zur Bestrahlung der jeweils zuletzt auf der Trägeranordnung präparierten Werkstoffpulverschicht innerhalb des Baufeldes in einem dieser Schicht zugeordneten Querschnittsbereich des betreffenden Gegenstandes oder ggf. der betreffenden Gegenstände mit Laserstrahlung, die das Werkstoffpulver in diesem Querschnittsbereich durch Erhitzen zum Verschmelzen oder ggf. zum Versintern bringt, wobei die Bestrahlungseinrichtung eine steuerbare Zieleinrichtung für die Laserstrahlung zur ortsselektiven Bestrahlung des Baufeldes aufweist.

[0002] Zum Stand der Technik derartiger Vorrichtungen kann z.B. auf die DE 199 05 067 A1, die DE 102 36 907 A1, die DE 102 08 150 A1, die DE 101 12 591 A1 oder die DE 196 49 865 A1 verwiesen werden.

[0003] Die Druckschrift DE 299 07 262 U1 offenbart eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1, bei der die Trägeranordnung ein Positionsraster aufweist, mittels dessen mehrere Bauplattformen, die dazu ausgebildet sind, jeweils ein herzustellendes Objekt zu tragen, an vorgegebenen Positionen auf der Trägeranordnung positionierbar sind.

[0004] Die Druckschrift WO 2004/014 636 A1 offenbart eine Vorrichtung, in der mittels einer einzigen Laserstrahlquelle mehrere Objekte in unterschiedlichen Prozesskammern herstellbar sind. Hierzu wird der Laserstrahl der Laserstrahlquelle mittels schalt- oder regelbarer optischer Elemente den verschiedenen Prozesskammern zugeführt, um die kostenintensive Laserstrahlquelle effektiver nutzen zu können.

[0005] Unter den Begriffen selektives Laserschmelzen, selektives Pulverschmelzen, selektives Lasersintern u. dgl., sind in jüngerer Zeit leistungsfähige Methoden zur Herstellung von Gegenständen auch komplizierterer Geometrie bekannt geworden, wobei diese häufig unter dem Begriff „Rapid Prototyping“ oder „Rapid Tooling“ oder „Rapid Manufacturing“ zusammengefassten Methoden im Wesentlichen auf folgendem Prinzip basieren:

[0006] Der herzustellende Gegenstand wird nach Maßgabe von CAD-Daten bzw. von davon abgeleiteten geometrischen Beschreibungsdaten schichtweise aus einem feinkörnigen, pulverigen Rohmaterial aufgebaut, indem das Rohmaterial entsprechend einem der jeweiligen Schicht zugeordneten Quer-

schnittsmuster des Gegenstandes durch ortsselektives Bestrahlen verfestigt bzw. verschmolzen wird. Das Bestrahlen erfolgt mittels Laserstrahlung, wobei die Steuerung einer den Laserstrahl ablenkenden Strahlableitvorrichtung mittels einer Steuereinrichtung auf der Basis geometrischer Beschreibungsdaten des herzustellenden Gegenstandes erfolgt. Die Steuerinformationen werden üblicherweise von einem Mikrocomputer nach Maßgabe eines entsprechenden Programms aus CAD-Daten abgeleitet und bereitgestellt.

[0007] Der Laserstrahl zeichnet auf der zuletzt präparierten Rohmaterialschicht das dieser Schicht zugeordnete Querschnittsmuster des Gegenstandes, um das Rohmaterial dem Querschnittsmuster entsprechend selektiv zu verschmelzen. Nach einem solchen Bestrahlungsschritt erfolgt dann üblicherweise die Präparation der nächsten Werkstoffpulverschicht auf der zuletzt durch Bestrahlen selektiv und bereichsweise verschmolzenen Schicht. Nach Ausbildung einer an ihrer Oberfläche hinreichend glatten Werkstoffpulverschicht erfolgt dann wieder ein Bestrahlungsschritt in der vorstehend erläuterten Weise. Der Gegenstand entsteht somit Schicht für Schicht, wobei die aufeinander folgend hergestellten Querschnittsschichten des Gegenstandes so miteinander verschmolzen sind, dass sie aneinander haften.

[0008] Die jeweilige Einstellung des Schichtniveaus relativ zur Strahlungsquelle bzw. zur Strahlableitvorrichtung erfolgt normalerweise durch entsprechendes Absenken einer Plattform, welche einen Träger bildet, auf der der Gegenstand schichtweise aufgebaut wird.

[0009] Beim selektiven Laserschmelzen erfolgt das Bestrahlen des eingesetzten Werkstoffpulvers üblicherweise unter Schutzgasatmosphäre, z.B. Argon-Atmosphäre, insbesondere um Oxidationseffekte zu unterdrücken.

[0010] Das selektive Laserschmelzen wurde bisher überwiegend zur Herstellung von filigranen oder kompliziert geformten Kleinteilen in der Einzelfertigung eingesetzt. Dies liegt daran, dass das Baufeld auf dem Träger für den Schichtenaufbau auf eine relativ kleine Baufeldfläche begrenzt war, insbesondere weil die Strahlableitvorrichtungen lediglich eine eng begrenzte Fläche mit der geforderten Strahlqualität selektiv bestrahlen können und im Übrigen der Bauprozess bei größeren Teilen oft so lange dauert, dass andere Herstellungsverfahren wirtschaftlich günstiger sind.

[0011] Des Weiteren würde die Herstellung größerer Gegenstände mit dem Verfahren des selektiven Laserschmelzens auch die Handhabung entsprechend großer Mengen an Werkstoffpulver erfordern, wo-

durch die Trägerplattform mit sehr großem Gewicht belastet würde. Die Feinabstufung bei den vertikalen Bewegungen der Trägerplattform zur Einstellung des korrekten Arbeitsabstandes zwischen der Schichtenoberfläche und der Strahlableitrichtung wird mit zunehmendem Gewicht des Werkstoffpulvers auf der Trägerplattform schwieriger.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, welche im Vergleich mit den bisherigen Vorrichtungen dieser Art die Herstellung größerer Gegenstände oder ggf. einer größeren Anzahl von Gegenständen in einem Bauprozess ermöglicht.

[0013] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass die Bestrahlungseinrichtung mehrere steuerbare Subsysteme mit jeweils wenigstens einer Laserstrahlungsquelle und jeweils einer Zieleinrichtung für die Laserstrahlungsquelle aufweist und dass die jeweiligen Subsysteme der Bestrahlungseinrichtung jeweiligen Abschnitten des Baufeldes auf der Trägeranordnung zuzuordnen sind, so dass mehrere Subsysteme zur simultanen Bestrahlung des Werkstoffpulvers in den Baufeldabschnitten einsetzbar sind.

[0014] Die Vorrichtung erfasst somit mehrere Laserstrahlungsquellen, deren Strahlen gesteuert über die ihnen zugeordneten Bereiche des Baufeldes lenkbar sind, um das dort schichtweise präparierte Pulver ortsselektiv an den vorbestimmten Stellen umzuschmelzen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung bietet eine Vielfalt an Nutzungsmöglichkeiten. So können z.B. alle Subsysteme simultan eingesetzt werden, um einen großen Gegenstand durch schichtweises Umschmelzen von Pulver herzustellen, wobei jedes Subsystem in dem ihm zugewiesenen Baufeldabschnitt zum Einsatz kommt. Vorzugsweise können die Laserstrahlen über die Randbereiche der ihnen zugewiesenen Baufeldabschnitte hinaus um ein geringes Maß in benachbarte Baufeldabschnitte gelenkt werden, um ein homogenes Verschmelzen auch an den Baufeldabschnittsgrenzen zu gewährleisten. Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Vorrichtung ist das Herstellen einer großen Anzahl kleinerer Teile durch den simultanen Einsatz mehrerer Subsysteme zum Umschmelzen bzw. Versintern des Pulvers. Die Steuerung der Komponenten der Vorrichtung, insbesondere der Bestrahlungs-Subsysteme erfolgt unter Kontrolle von Steuerrechnern nach Maßgabe der geometrischen Daten der herzustellenden Gegenstände und auf der Basis eines betreffenden Steuerprogramms.

[0015] Bei den Zieleinrichtungen für die Strahlungsquellen handelt es sich vorzugsweise um Scanner- vorrichtungen. Denkbar im Rahmen der Erfindung sind diesbezüglich aber auch steuerbare Mikrospiegelarrays oder dgl. zur Lenkung des Laserstrahls.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, bei der das ausnutzbare Baufeld eine Fläche von etwa 0,25 m² aufweist, kommen vier Bestrahlungs-Subsysteme zum Einsatz, deren jedes einem jeweiligen Quadranten des Baufeldes zugeordnet werden kann.

[0017] Nicht ausgeschlossen ist auch eine Einsatzmöglichkeit, gemäß welcher wenigstens zwei Subsysteme in einem Baufeldabschnitt gemeinsam einsetzbar sind, so dass ihre Strahlauftreffpunkte zur Erzielung einer größeren Energiedichte einander zumindest teilweise überlappen, oder einander eng benachbart über die vorbestimmten Stellen des Baufeldes geführt werden, um eine gemeinsame breitere Schmelzspur zu erzeugen.

[0018] Da während des Bauprozesses eines größeren Gegenstandes sich eine entsprechend größere Menge an Werkstoffpulver auf der Trägerplattform ansammelt, ist es wichtig, für die Vertikalbewegung der Trägerplattform einen präzise einstellbaren und dennoch sehr starken Hubantrieb vorzusehen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hat die Trägerplattform für den Schichtenaufbau einen hydraulischen Hubantrieb, wobei es sich vorzugsweise um ein hydraulisches Kolben-Zylinder-Aggregat handelt, welches für entsprechend große Hubkräfte ausgelegt und in verschiedenen Hubstellungen präzise einstellbar ist.

[0019] Die Vorrichtung nach der Erfindung umfasst ein Gehäuse, welches einen Prozessraum für die schichtweise Herstellung eines oder mehrerer Gegenstände begrenzt, und eine Einrichtung zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer Schutzgasatmosphäre, insbesondere Argon-Schutzgasatmosphäre in dem Prozessraum. Vorzugsweise ist das Werkstoffpulver unter Aufrechterhaltung der Schutzgasatmosphäre bedarfsweise in den Prozessraum einbringbar und aus dem Prozessraum ausbringbar. Für die Pulverhandhabung können z.B. fahrbare externe Pulvervorratssilos verschiedener Größen bereitgehalten werden, die vollständig geschlossen und mit Schutzgas gespült sind, so dass das darin aufbewahrte Pulver nicht der Luft bzw. dem Luftsauerstoff ausgesetzt ist. Beim Bauprozess kann das Werkstoffpulver mittels einer Vakuumpförderpumpe, die direkt über dem Prozessraum angeordnet sein kann, aus einem Vorratssilo in den Prozessraum geleitet und dort mit einer Schichtenpräparationseinrichtung über dem Baufeld verteilt werden. Das Pulver kann beim Transport in den Prozessraum schon vorgesiebt werden, um Teilchen größerer Körnung oder zusammenhängende Cluster von Pulverteilchen auszufiltern. Das Pulverhandhabungssystem kann völlig geschlossen und unter Ausschluss von Sauerstoff betrieben werden. Nach Fertigstellung des Bauprozesses kann das Pulver aus dem Prozessraum in einen Pulvervorratsbehälter zurückgesaugt werden. Eine Wiederverwen-

zung des Pulvers ggf. nach Durchlaufen eines in den Kreislauf einbezogenen Reinigungsprozesses bzw. Siebprozesses ist grundsätzlich möglich.

[0020] Vorzugsweise ist an dem Prozessraum wenigstens eine Schleusenkammer vorgesehen, welche mittels Schutzgas spülbar und bedarfsweise zum Prozessraum hin oder nach außen zu öffnen und zu schließen ist. Eine solche Schleuse ermöglicht z.B. die Entnahme kleinerer oder mittelgroßer Gegenstände aus dem Prozessraum ohne Aufgabe der Schutzgasatmosphäre in dem Prozessraum.

[0021] Wie an sich bekannt, kann eine Einrichtung zur Präparierung einer jeweiligen Werkstoffpulverschicht auf der zuletzt bestrahlten Werkstoffpulverschicht vorgesehen sein, die einen im Abstand der gewünschten Pulverschichtdicke über der zuletzt bestrahlten Schicht hinweg bewegbaren Glättungsschieber zur Einebnung einer jeweiligen Menge an Werkstoffpulver über der zuletzt bestrahlten Schicht aufweist. Der Glättungsschieber kann dazu eingerichtet sein, einen Vorrat an Werkstoffpulvern mitzuführen und davon Werkstoffpulver zur Schichtenpräparation abzugeben.

[0022] Insbesondere beim Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung für die Herstellung von großen Gegenständen ist es zweckmäßig, dass der Prozessraum an seiner Oberseite geöffnet werden kann, so dass ein Lastenkrane die schweren Gegenstände aus dem Prozessraum heben kann. Gemäß einer anderen Variante kann der Prozessraum mit einer seitlichen Tür versehen sein, welche einen seitlichen Zugang mittels eines Gabelstaplers oder dgl. zum Prozessraum ermöglicht, um einen schweren Gegenstand aus dem Prozessraum heraus zu transportieren.

[0023] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine grob schematische Darstellung einer Vorrichtung der eingangs genannten Art und dient zur Erläuterung des Verfahrens des selektiven Laserschmelzens.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung nach der Erfindung in einer perspektivischen Darstellung.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf die Vorrichtung gemäß **Fig. 2**.

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung des Baufeldes auf einer Trägerplattform der Vorrichtung aus den **Fig. 2** und **Fig. 3**.

Fig. 5 zeigt in einer teils gebrochenen Darstellung einen Teil der Vorrichtung aus den **Fig. 2** und **Fig. 3** in einer perspektivischen Darstellung,

wobei der untere Bereiche des geöffneten Prozessraums erkennbar ist.

Fig. 6 zeigt für eine Vorrichtung nach der Erfindung ein Schutzgas- und Pulverkreislaufsystem.

[0024] Die Erläuterungsskizze gemäß **Fig. 1** zeigt eine Momentaufnahme bei der Herstellung eines Gegenstandes **2** durch schichtweises Aufbauen aus einem Pulver **4**, z.B. Stahlpulver mit einer Körnung von z.B. 10 µm - 60 µm. Der Aufbau des Gegenstandes **2** erfolgt in einem Prozessraum **6**, welcher von dem Prozessraumgehäuse **8** begrenzt ist. In dem Prozessraum **6** herrscht Schutzgasatmosphäre, vorzugsweise Argon-Atmosphäre, wobei der Pfeil **10** in **Fig. 1** die Schutzgaszuleitung - und der Pfeil **12** die Schutzgasableitung andeutet. Das schichtweise Aufbauen des Gegenstandes **2** erfolgt auf einer Trägerplattform **14**, welche mittels einer Vertikaltriebseinheit vertikal bewegbar und in verschiedenen Vertikalstellungen positionierbar ist. Ein Glättungsschieber **16** dient zur Präparierung und Einebnung einer neuen Pulverschicht auf der jeweils zuletzt bestrahlten Pulverschicht, wobei der Glättungsschieber **16** in einem vertikalen Abstand entsprechend der gewünschten Pulverschichtdicke zu der zuletzt bestrahlten Schicht horizontal über die Trägerplattform **14** hinweg bewegt wird. Nach der Präparierung einer solchen Pulverschicht kommt dann die Bestrahlungseinrichtung **18** aus Laser **20** und Strahlableiteneinheit **22** zum Einsatz, um das Pulver an den vorbestimmten Stellen entsprechend dem der Pulverschicht zugeordneten Querschnitt des herzustellenden Gegenstandes durch Bestrahlen umzuschmelzen. Im Beispielsfall wird der Laserstrahl **24** durch eine f-Theta-Linse **26** hindurch in den Prozessraum **6** eingebracht, wobei die Linse **26** auch als Fenster des Gehäuses **8** dient.

[0025] Nach Fertigstellung des aktuellen Bestrahlungsvorganges wird die Trägerplattform **14** um das Maß der gewünschten Pulverschichtdicke abgesenkt, woraufhin dann der Glättungsschieber **16** eine neue Pulvermenge über der Bauplattform **14** verteilt, um die nächste zu bestrahlende Schicht herzustellen. Die vorstehend geschilderten Vorgänge des Bestrahleins und Schichtenpräparierens werden abwechselnd weiterhin durchgeführt, bis der Gegenstand **2** fertiggestellt ist.

[0026] **Fig. 1** zeigt eine konventionelle Variante einer gattungsgemäßen Vorrichtung mit nur einem System aus Laser **20** und Strahlableitungseinheit **22**. Mit einem solchen Einzelsystem lässt sich normalerweise nur ein relativ kleines Baufeld **B** auf der Trägerplattform **14** zur Herstellung eines Gegenstandes nutzen. Hier schafft die Erfindung Abhilfe.

[0027] **Fig. 2** zeigt eine Vorrichtung nach der Erfindung mit einem Prozessraumgehäuse **8**, einem Trä-

gerplattformschachtgehäuse **28**, einer hydraulischen Hubeinrichtung **30** für die Trägerplattform und eine Bestrahlungseinrichtung **18** mit mehreren Subsystemen aus Laserstrahlungsquellen **20** und Scannereinrichtungen **22**. Die Bestrahlungseinrichtung **18** befindet sich auf der oberen Wand **30** des Prozessraumgehäuses **8**. Wie aus **Fig. 3** besser zu ersehen ist, umfasst die Bestrahlungseinrichtung **18** vier Subsysteme mit jeweils einer Laserstrahlungsquelle **20** und einer Scannereinrichtung **22**. Die Laserstrahlungsquellen sind in den **Fig. 2** und **Fig. 3** durch Kopplerschnittstellen **20** für von außen zugeführte Lichtleitfasern betreffender Faser-Laser repräsentiert. Es können z.B. Faser-Laser mit jeweils 100 Watt Ausgangsleistung zum Einsatz kommen. Die Bestrahlungseinrichtung **18** ist auf einer gemeinsamen optischen Bank aufgebaut und kann insgesamt mittels einer hoch präzisen Lineareinheit innerhalb der Maschine verschoben werden, um für die Herausnahme eines Bauteils aus dem Prozessraum den nötigen Platz zu schaffen.

[0028] In **Fig. 3** sind vier f-Theta-Linsen **26** als Fenster- und Fokussiereinheiten in der oberen Wand **30** des Prozessraumgehäuses **8** vorgesehen. Jede f-Theta-Linse **26** ist einem jeweiligen Bestrahlungssystem mit Laserstrahlungsquelle **20** und Zieleinrichtung **22** zugeordnet. Vorzugsweise sind die Linsen **26** auswechselbar an der Wand **30** montiert.

[0029] **Fig. 4** zeigt in einer Skizze eine mögliche Baufeldaufteilung auf der Trägerplattform **14**. Das Baufeld **B** ist in vier Quadranten **I - IV** aufgeteilt, wobei je ein Bestrahlungssystem mit Laserstrahlungsquelle **20** und Zieleinrichtung **22** (**Fig. 3**) einem Quadranten des Baufeldes zugeordnet werden kann, um in diesem Quadranten die zuletzt auf der Bauplattform **14** präparierte Pulverschicht zu bestrahlen. Durch simultanen Einsatz aller vier Bestrahlungssysteme kann somit ein sich über alle vier Baufeldabschnitte **I - IV** erstreckender Gegenstand hergestellt werden. Damit an den Baufeldabschnittsgrenzen kontinuierliche Übergänge beim Bestrahlen erzeugt werden können, ist der von den einzelnen Bestrahlungssystemen erreichbare Bereich des Baufeldes jeweils etwas größer als der jeweilige Quadrant **I - IV** gemäß **Fig. 4**.

[0030] **Fig. 5** zeigt die Oberseite der Trägerplattform **14**, wobei die Trägerplattform in ihrem Schacht **29** relativ weit angehoben ist, so dass mit der Präparierung einer ersten Pulverschicht begonnen werden kann. Hierzu wird im Beispielsfall ein kombinierter Pulverspender/Glättungsschieber **16** über die Trägerplattform **14** hinwegbewegt, wobei der Glättungsschieber **16** dabei an seiner Unterseite Pulver abgibt, welches er auf der Trägerplattform **14** glättstreichet. Danach kann dann die Bestrahlungseinrichtung zum Einsatz kommen, um Pulver dieser zuletzt präparierten Schicht zu verschmelzen.

[0031] Auch bei der Vorrichtung nach der Erfindung erfolgt die Schichtenpräparation und die Schichtenbestrahlung vorzugsweise in einander abwechselnden Schritten.

[0032] Das Absenken und Positionieren der Trägerplattform **14** erfolgt mittels der hydraulischen Hubeinrichtung **30**, deren Positioniergenauigkeit im Beispielsfall bei $\pm 2 \mu\text{m}$ liegt. In die Bauplattform **14** kann z.B. ein Heizsystem integriert sein, das zum Vorheizen des Pulvers dient.

[0033] Nicht dargestellt ist ein Pulverzuführungssystem, welches ein Vorratssilo umfasst, das z.B. 1000 kg Stahlpulver enthalten kann und z.B. neben dem Maschinengehäuse der Vorrichtung steht. Ein Vakuumpförderersystem dient dazu, das Pulver aus dem Vorratssilo in die Beschichtungseinheit **16** im Prozessraum zu fördern. Das Vorratssilo ist in einem Rollwagen eingebaut und dient auch als allgemeines Pulvertransportbehältnis.

[0034] **Fig. 6** zeigt für eine spezielle Variante der Erfindung ein Schutzgassystem mit integrierter Pulverabsaugung. In den Prozessraum **6** ragt ein Absaugschlauch **50** hinein, der an einer Pumpe **52** angeschlossen ist. Zwischen der Pumpe **52** und dem Prozessraum **6** sind in der Absaugleitung **50** eine Pulverfalle **54** und ein Pulverfilter **56** vorgesehen. An der Druckseite der Pumpe **52** ist ein Schutzgasschlauch **58** für die Schutzgaszuführung zum Prozessraum **6** angeschlossen. Bei **60** ist der Schutzgaszuführungsschlauch **58** an dem Prozessraum **6** angeschlossen. Während des normalen Bauprozesses dient der Umwälzkreislauf **50, 52, 54, 56, 58** zur Spülung des Prozessraumes **6** mit dem Schutzgas (vorzugsweise Argon). Bei **62** ist ein Ventil zum Entlüften des Schutzgaskreislaufs angedeutet. Bei **64** ist eine Schutzgasquelle gezeigt, welche über das Ventil **66** an die Schutzgasleitung **58** angeschlossen ist.

[0035] Der Abzweig **68** an der Leitung **58** mit den Ventilen **70, 72** dient zum Spülen einer Schleuse **74** mit Schutzgas. Die Schleuse **74** kann zum Einbringen und Ausbringen von Gegenständen in das Prozessraumgehäuse **6** bzw. aus dem Gehäuse **6** unter Aufrechterhaltung der Schutzgasatmosphäre im Prozessraum **6** genutzt werden.

[0036] Die Öffnung **76** in der Fronttür des Prozessraumgehäuses **8** stellt eine Handschuhöffnung dar, welche normalerweise von einem Handschuh abgedichtet ist, der von einer Bedienungsperson benutzt werden kann, um auf den Prozessraum **6** und ggf. vom Prozessraum **6** auf die Schleuse **74** zuzugreifen.

[0037] Der Absaugschlauch **50** kann auch genutzt werden, um z.B. nach Beendigung des Bauprozesses das überschüssige Pulver aus dem Prozessraum **6** abzusaugen. Das Pulver wird dann an der Pulver-

falle **54** abgeschieden und über eine Filter- und Siebeinrichtung **55** einem Auffangbehälter **57** zugeführt. Auch dies erfolgt unter Schutzgasatmosphäre. Die Pulverrückgewinnung kann somit unter weitgehendem Ausschluss von Sauerstoff erfolgen.

[0038] Mit **80** ist in **Fig. 6** ein Pulvervorratsbehälter gezeigt, welcher Pulver für den laufenden Bauprozess in dem Prozessraum **6** bereitstellen kann.

[0039] Das Baufeld B gemäß **Fig. 4** kann durchaus eine Größe von 500 mm x 500 mm haben. Auch kann der Hubbereich der Trägerplattform **14** z.B. 500 mm betragen. Daraus ergibt sich ein Bauraumvolumen, welches die Herstellung vergleichsweise großer Gegenstände ermöglicht.

[0040] Andererseits ist es auch möglich, eine Vielzahl kleinerer Gegenstände simultan mit der Vorrichtung nach der Erfindung herzustellen, so dass insoweit von einer SLM-Vorrichtung mit hohem Durchsatz gesprochen werden kann, wobei SLM für Selective Laser Melting steht.

[0041] In **Fig. 2** ist das Steuerrechnersystem **82** der Vorrichtung nach der Erfindung erkennbar. Das Steuerrechnersystem **82** dient zur Ansteuerung des hydraulischen Steuersystems des hydraulischen Zylinders **30**, zur Steuerung der Bestrahlungseinrichtung **18**, zur Steuerung von Beschichtungseinrichtungen und ggf. weiterer Komponenten der Vorrichtung.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen durch schichtweises Aufbauen aus pulverförmigem, insbesondere metallischem oder/und keramischem Werkstoff, mit einer Trägeranordnung (14) zur Bereitstellung eines Baufeldes (B) für den Schichtaufbau, einer Bestrahlungseinrichtung (18) zur Bestrahlung der jeweils zuletzt auf der Trägeranordnung (14) präparierten Werkstoffpulverschicht in einem dieser Schicht zugeordneten Querschnittsbereich des betreffenden Gegenstandes oder ggf. der betreffenden Gegenstände mit Laserstrahlung, die das Werkstoffpulver in diesem Querschnittsbereich durch Erhitzen zum Verschmelzen oder ggf. zum Versintern bringt, wobei die Bestrahlungseinrichtung (18) eine steuerbare Zieleinrichtung (22) für die Laserstrahlung zur ortsselektiven Bestrahlung des Baufeldes (B) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bestrahlungseinrichtung (18) mehrere steuerbare Subsysteme mit jeweils wenigstens einer Laserstrahlungsquelle (20) und jeweils einer Zieleinrichtung (22) für die Laserstrahlungsquelle (20) aufweist, so dass die Vorrichtung mehrere Laserstrahlungsquellen (20) aufweist, und wobei die jeweiligen Subsysteme der Bestrahlungseinrichtung (18) jeweiligen Abschnitten (I-IV) des Baufeldes (B) auf der Trägeranordnung (14) zuzuordnen sind, so dass mehrere Subsysteme

zur simultanen Bestrahlung des Werkstoffpulvers in den Baufeldabschnitten (I-IV) einsetzbar sind.

2. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Zieleinrichtung (22) eine Scannervorrichtung zur gesteuerten Ablenkung des ihr zugeführten Laserstrahls umfasst.

3. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass vier Bestrahlungs-Subsysteme vorgesehen sind, deren jedes einem jeweiligen Quadranten (I-IV) des Baufeldes (B) zuzuordnen ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das ausnutzbare Baufeld (B) eine Fläche von mindestens 0,09 Quadratmetern, vorzugsweise von mindestens 0,20 Quadratmetern aufweist.

5. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trägeranordnung eine vertikal bewegbare Trägerplattform (14) und einen hydraulischen Stellantrieb (30) für die Hubpositionierung der Trägerplattform (14) aufweist.

6. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein Gehäuse (8), welches einen Prozessraum (6) für die schichtweise Herstellung eines oder mehrerer Gegenstände begrenzt, und eine Einrichtung (52, 54, 56, 58, 60) zur Herstellung und Aufrechterhaltung einer Schutzgasatmosphäre, insbesondere Argon-Schutzgasatmosphäre in dem Prozessraum (6).

7. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Werkstoffpulver unter Aufrechterhaltung der Schutzgasatmosphäre bedarfsweise in den Prozessraum (6) einbringbar ist.

8. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an dem Prozessraum (6) wenigstens eine Schleusenkammer (74) vorgesehen ist, welche mittels Schutzgas spülbar und bedarfsweise zum Prozessraum (6) hin oder nach außen zu öffnen und zu schließen ist.

9. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine Einrichtung (16) zur Präparierung einer jeweiligen Werkstoffpulverschicht auf der zuletzt bestrahlten Werkstoffpulverschicht aufweist, wobei diese Schichtenpräparationseinrichtung einen im Abstand der gewünschten Pulverschichtdicke über der zuletzt bestrahlten Schicht hinweg be-

wegbaren Glättungsschieber zur Einebnung einer jeweiligen Menge an Werkstoffpulver über der zuletzt bestrahlten Schicht aufweist.

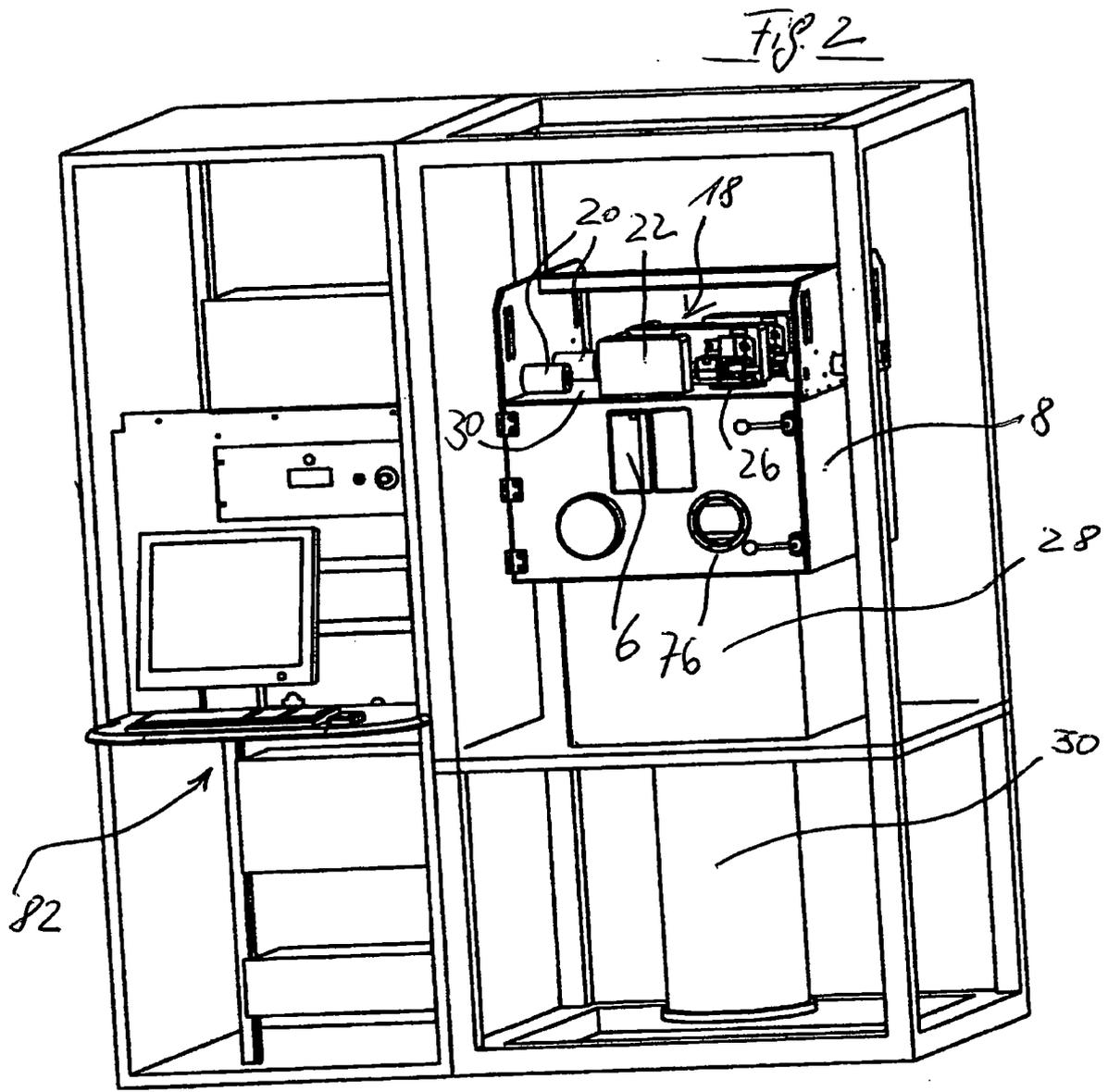
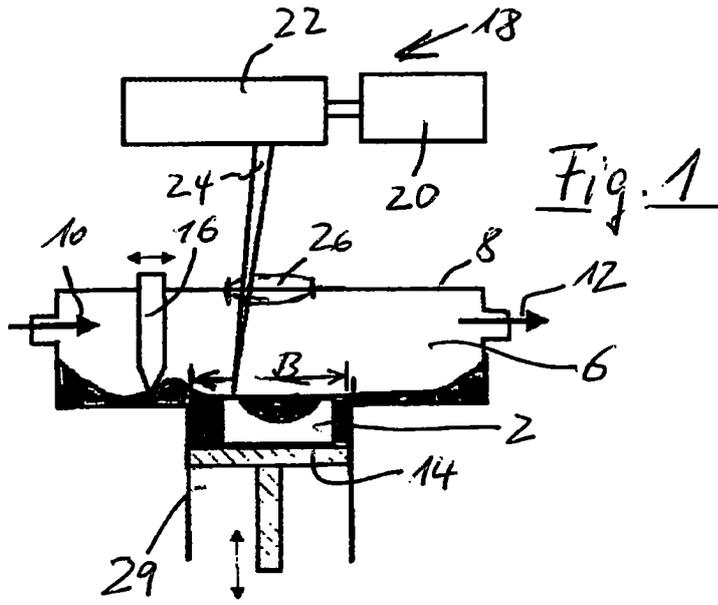
10. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glättungsschieber (16) dazu eingerichtet ist, einen Vorrat an Werkstoffpulver mitzuführen und davon Werkstoffpulver zur Schichtenpräparation abzugeben.

11. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Glättungsschieber (16) in seinem unteren Randbereich aus Teflon oder/und Silikon gebildet ist.

12. Vorrichtung zur Herstellung von Gegenständen nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Heizeinrichtung zum Heizen des Werkstoffpulvers in dem Prozessraum vorgesehen ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



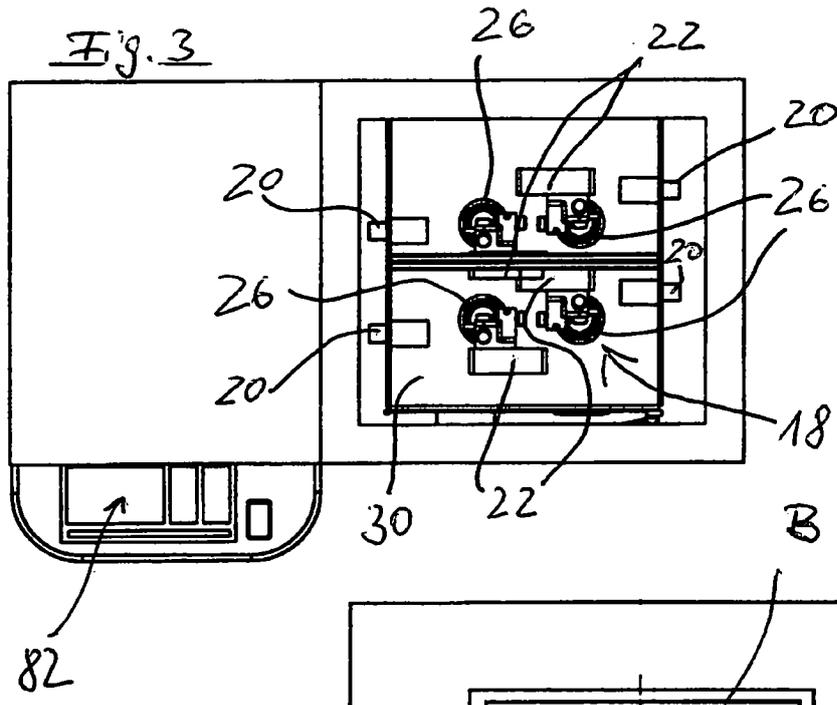


Fig. 4

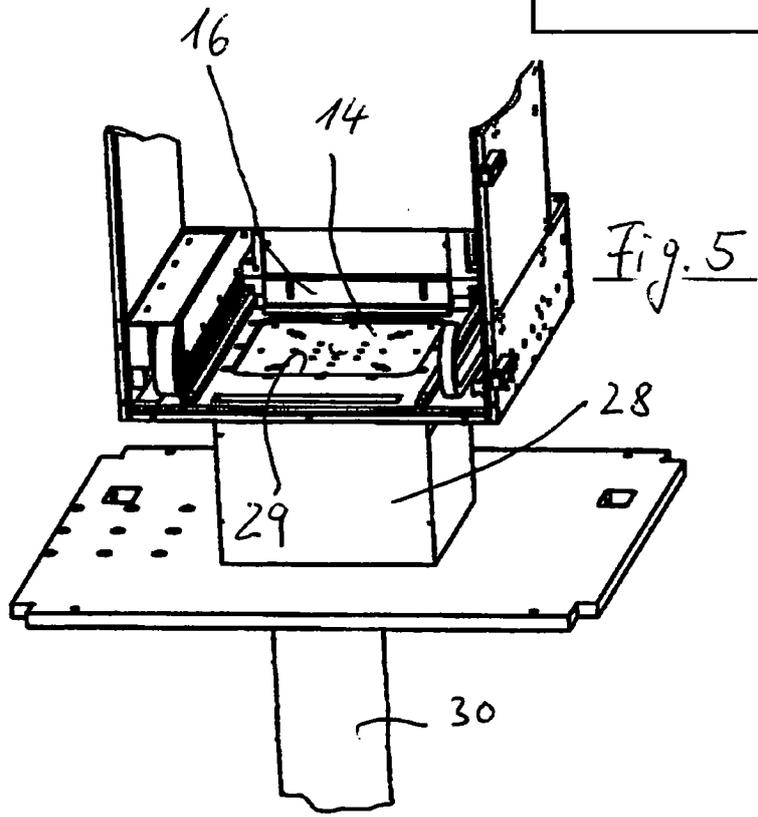
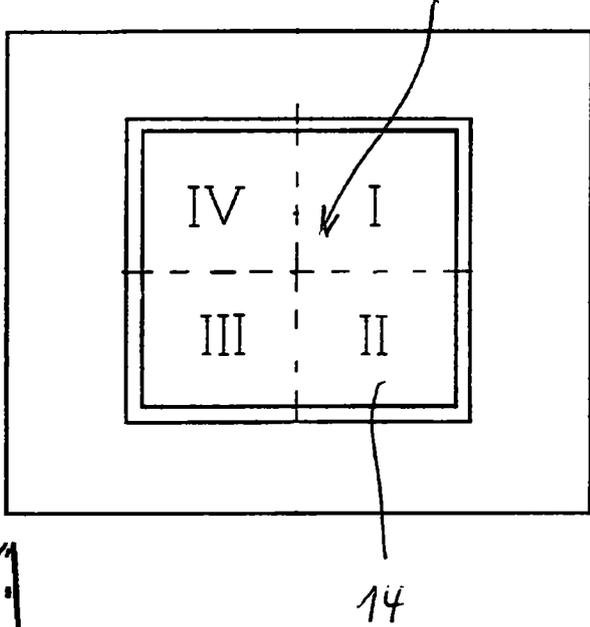


Fig. 6

