

(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
16. Februar 2012 (16.02.2012)

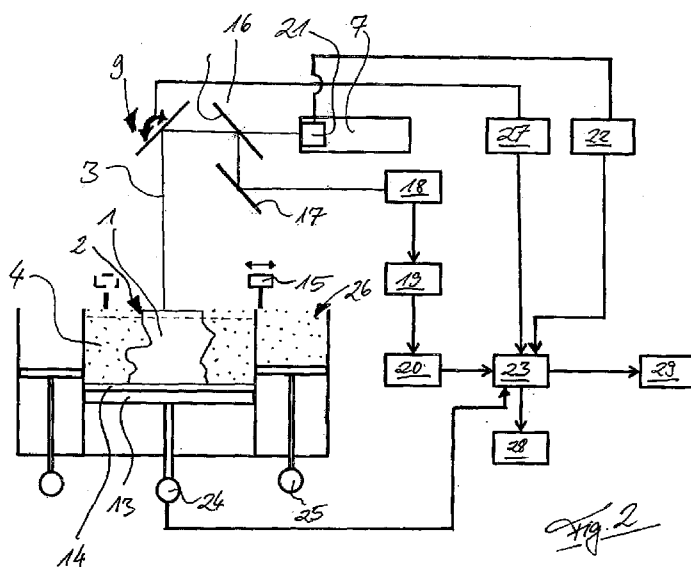
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/019577 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: B29C 67/00 (2006.01) [BE/BE]; Tweekleinewegenstraat 42, B-3001 Heverlee (BE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2011/001088 (74) **Anwalt: HAFNER & PARTNER;** Schleiermacherstr. 25, 90491 Nürnberg (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 19. Mai 2011 (19.05.2011) (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 20 2010 010 771.7 28. Juli 2010 (28.07.2010) DE
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CL SCHUTZRECHTSVERWALTUNGS GMBH** [DE/DE]; An der Zeil 2, 96215 Lichtenfels (DE). **KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN** [BE/BE]; Minderbroedersstraat 8A, bus 5105, 3000 Leuven (BE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **HERZOG, Frank** [DE/DE]; Rennleinsweg 24, 96215 Lichtenfels (DE). **BECHMANN, Florian** [DE/DE]; Lindenplatz 15, 96215 Lichtenfeld (DE). **BERUMEN, Sebastian** [DE/DE]; Rentweinsdorfer Strasse 15, 96179 Mürsbach (DE). **KRUTH, Jean, Pierre** [BE/BE]; Verbiestlaan (Ferdinand) 11, B-3001 Leuven (BE). **CRAEGHS, Tom** (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING A THREE-DIMENSIONAL COMPONENT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES DREIDIMENSIONALEN BAUTEILS



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a three-dimensional component (1) by means of a laser melting process, in which the component (1) is produced by consecutively solidifying individual layers made of building material (4) by melting the building material (4), wherein said building material can be solidified by the action of radiation, wherein the melting area (5) produced by a punctiform and/or linear energy input is detected by a sensor device (6, 11, 12, 18) and sensor values are derived therefrom in order to evaluate the component quality. The sensor values detected in order to evaluate the component quality are stored together with the coordinate values that locate the sensor values in the component (1) and are displayed by means of a visualization unit (29) in two- and/or multi-dimensional representation with respect to the detection location of the sensor values in the component.

(57) **Zusammenfassung:** Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/019577 A2



Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Bauteils (1) durch ein Laserschmelzverfahren, bei welchem das Bauteil (1) durch aufeinanderfolgendes Verfestigen einzelner Schichten aus durch Einwirkung einer Strahlung verfestigbarem Baumaterial (4) durch Aufschmelzen des Baumaterials (4) erfolgt, wobei der durch einen punkt- und/oder linienförmigen Energieeintrag erzeugte Schmelzbereich (5) durch eine Sensorvorrichtung (6, 11, 12, 18) erfasst wird und daraus Sensorwerte zur Evaluierung einer Bauteilqualität hergeleitet werden, wobei die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit den die Sensor-Werte im Bauteil (1) lokalisierenden Koordinatenwerten abgespeichert und mittels einer Visualisierungseinrichtung (29) in zwei- und/oder mehrdimensionalen Darstellung bezogen auf ihren Erfassungsort im Bauteil dargestellt werden.

- 1 -

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Bauteils durch
5 ein Laserschmelzverfahren, bei welchem das Bauteil durch aufeinanderfolgendes
Verfestigen einzelner Schichten aus durch Einwirkung einer Strahlung verfestigbarem
Baumaterial durch Aufschmelzen des Baumaterials erfolgt, mit den weiteren Merkmalen des
Oberbegriffes des Anspruches 1.

10 Darüber hinaus betrifft die Erfindung noch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses
Verfahrens sowie die Verwendung einer Visualisierungseinrichtung zur zwei- oder
mehrdimensionalen vorzugsweise 2D- oder 3D-Darstellung von Bauteilbereichen von
generativ durch Strahlungseinwirkung auf pulverartiges Baumaterial hergestellten Bauteilen
hinsichtlich ihrer Bauteilqualität.

15

Stand der Technik

Aus WO 2007/147221 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beobachtung und zum
Kontrollieren eines selektiven Laserschmelzbauvorganges bekannt. Die dargestellte
Vorrichtung zur selektiven Laserpulververarbeitung umfasst eine Bauplattform mit einem
20 Pulverbett, ein Pulverbeschichtungssystem zum Auftragen einer Pulveroberfläche auf die
Bauplattform, einen Laser, dessen fokussierter Laserstrahl auf die Pulveroberfläche trifft und
innerhalb einer Schmelzzone ein Schmelzen des Pulvers verursacht. Der Laserstrahl wird
mit einer Scannervorrichtung über die Pulveroberfläche gelenkt. Darüber hinaus ist ein
Detektor zum Erfassen elektromagnetischer Strahlung vorgesehen, die von der
25 Pulveroberfläche abgegeben oder reflektiert wird und die mit einem optischen System
zusammenwirkt, das dem Laserstrahl folgt und zur Führung der Strahlung in Richtung des
Detektors geeignet ist.

Der Detektor der bekannten Vorrichtung ist derart ausgebildet, dass er die
30 elektromagnetische Strahlung erfassen kann, die von einem beweglichen
Beobachtungsbereich auf der Pulveroberfläche abgegeben oder reflektiert wird, wobei der
bewegliche Beobachtungsbereich größer ist wie der minimale Laserfleck des Laserstrahls.
Dadurch kann der Schmelzpool erfasst werden, der im Pulverbett erzeugt wird.

BESTÄTIGUNGSKOPIE

- 2 -

Über den Detektor kann die Größe der Schmelzzone, insbesondere die Länge und Breite und ein Längen zu Breite Verhältnis ermittelt werden. Darüber hinaus können aus dem elektromagnetischen Spektrum der vom Schmelzpool emittierten Strahlung spezifische Teile selektiert werden.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 sowie eine zugehörige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens derart weiterzubilden, dass die mit ihr erfassten Werte einfacher ausgewertet werden können. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit den die Sensorwerte im Bauteil lokalisierenden Koordinatenwerte abgespeichert und mittels einer Visualisierungseinrichtung in 2D oder 3D-Darstellung bezogen auf ihren Erfassungsort im Bauteil dargestellt werden.

10

Mit anderen Worten wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit den die Sensorwerte im Bauteil lokalisierten Koordinatenwerten abgespeichert und mittels einer Visualisierungseinrichtung in zwei- und/oder mehrdimensionalen Darstellungen bezogen auf ihren Erfassungsort im Bauteil dargestellt werden. Die Sensorvorrichtung kann vorzugsweise hinsichtlich der Abmessung, Form und/oder Temperatur der im Schmelzbereich detektierten Auswirkungen des punkt- und/oder linienförmigen Energieeintrags erfassen.

15

20

In einer bevorzugten Ausführungsform werden bei einer 2D-Darstellung Sensorwerte einer Bauteilebene dargestellt, die einer Schicht entsprechen, die von einer Neubeschichtung mit Baumaterial durch Strahlungseinwirkung verfestigt wird. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn bei einer 2D-Darstellung Sensorwerte einer frei wählbaren Bauteilschnittebene dargestellt werden, die winkelig (z.B. rechtwinklig oder einem Winkel unter 30°) zu einer durch Strahlungseinwirkung sukzessiv verfestigten Schicht verläuft. Insbesondere kann die Schnittebene sowohl in ihrem Winkel als auch in ihrer Lage innerhalb des fiktiven Bauraums auf dem Bildschirm der Visualisierungseinrichtung frei wählbar sein, ähnlich wie dies auch bei handelsüblichen 2D- /3D-CAD-Computerprogrammen üblich ist.

25

30

Ferner ist es vorteilhaft, wenn bei einer zwei- und/oder mehrdimensionalen Darstellung ausschließlich Sensorwerte visuell dargestellt und/oder hervorgehoben werden, die Bauteilbereiche repräsentieren, die gegenüber wenigstens einem einen festlegbaren

(vordefinierten) Sollverfestigungsgrad oder Solltemperaturwert oder Solldichtewert einen abweichenden, insbesondere reduzierten Verfestigungsgrad oder Temperaturwert oder Dichtewert zeigen. Ebenso ist es möglich, neben dem Verfestigungsgrad, dem Temperaturwert und dem Dichtewert auch einen Sollenergieeintrag und/oder
5 Sollschmelzpoolabmessungen für die Abweichungsdarstellung und/oder Hervorhebung zugrunde zu legen.

Die Hervorhebung in diese Bereiche kann beispielsweise durch eine gezielte Wahl unterschiedlicher Farben, Graustufen, Transparenzgrade und/oder hinsichtlich einer
10 Flächenstrukturierung (Schraffurart wie gepunktet, in unterschiedlichen Winkeln jeweils schräg liniert, etc.) erfolgen.

Ferner können die die Sensorwerte im Bauteil lokalisierenden Koordinatenwerte zumindest teilweise die zur Herstellung des Bauteils verwendeten Bauteilkoordinaten sein. Es ist
15 sowohl möglich, die Verortung bzw. die Lokalisierung oder Zuordnung der Sensorwerte zu einem Koordinatenwert sowohl mittels der Verwendung der Baukoordinatenwerte (der Informationen, die dem Bauprozess zugrunde liegen), als auch ausschließlich oder zusätzlich unter Verwendung von während des Bauprozesses mittels weiterer Sensoren detektierter Lokalisierungssensoren vorzunehmen.

20 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform erfolgt eine Koordinatenzuordnung der Sensorwerte über Belichtungs- oder Scannerdaten. Zusätzlich oder alternativ kann es auch vorteilhaft sein, wenn bei der flächigen Erfassung der gesamten Bauebene oder des den Bauteilquerschnitt umfassenden Ausschnittes die Koordinaten eines Strahlungs-
25 Energieeintrages der Bauteilebene erfasst und den Sensorwerten zugeordnet und die Lage der Bauteilebene (Z-Koordinate) gesondert erfasst wird.

Visualisierungseinrichtungen werden heute in Verbindung mit der Röntgen- und Computertomogramm-Technologie verwendet und dienen in der Regel dazu, Sensorwerte
30 darzustellen, die aufgrund der genannten Verfahren in einem vorhandenen, d.h. fertig vorliegenden Körper messtechnisch erfasst werden.

Die Erfindung setzt erstmalig ein Visualisierungsverfahren und eine zugehörige Visualisierungsvorrichtung (Software) in Verbindung mit einem generativen

- 4 -

Herstellungsverfahren ein und wird dazu verwendet, beim Bauvorgang im Schmelzpool erfasste Werte griffiger darzustellen, um unmittelbar nach Fertigstellung und/oder noch während des Bauvorganges einer Bedienungsperson einer derartigen Laserschmelzanlage Anschluss darüber zu geben, ob die verfestigten Bauteilschichten den an das Bauteil gestellten Anforderungen hinsichtlich Aufschmelzung, Temperaturverlauf, Werkstückfestigkeit etc. zu genügen. Sollte ein generativ hergestelltes Bauteil sich nicht als fest genug erweisen und irgendwann später Anlass zur Beanstandung durch einen Benutzer geben, dann können z.B. archivierte bauhistorische Visualisierungsinformationen dazu herangezogen werden, um sehr schnell zu überprüfen, ob z.B. eine Bruchstelle des Werkzeuges entsprechend den Bauvorschriften tatsächlich hergestellt wurde oder ob es Abweichungen nach oben oder unten (z.B. von Toleranzbereichen) gab. Insbesondere dann, wenn innerhalb des Bauteils filigrane Strukturen vorliegen, kann überprüft werden, ob dort der Aufschmelzungsgrad, der Temperaturverlauf nach Wärmesenken, die Bauteildichte und dergleichen so eingestellt waren, dass Bruch vermieden werden sollen. Für zukünftige Bauvorhaben können dann derartige Erkenntnisse dazu herangezogen werden, um Werkstückbruch und/oder Materialversagen zu vermeiden.

Wenn im Anspruch 1 von einer zwei- oder mehrdimensionalen Darstellung gesprochen wird, so bedeutet dies, dass entweder ein zweidimensionales Bild der visualisierten Sensorwerte dargestellt wird, wobei die Sensorwerte in einer Schnittebene, z.B. einer Bauteilebene liegen oder einer Ebene, die winkelig zur Bauebene verläuft oder bei einer 3D-Darstellung das Bauteil gleichsam transparent dargestellt wird und Abgleichungen der Bauteilqualität – basierend auf den ermittelten Sensorwerten und den dazu korrelierten Koordinatenwerten, z.B. Baukoordinatenwerten dargestellt wird.

In Weiterbildung des Verfahrens ist es möglich, bei einer 2D- oder 3D-Darstellung ausschließlich Sensorwerte visuell herauszufiltern, die Bauteilbereiche repräsentieren, die gegenüber einem festlegbaren Sollverfestigungsgrad einen abweichenden, insbesondere reduzierten Verfestigungsgrad haben. Gleiches gilt natürlich auch für Darstellungen beispielsweise der Schmelztemperatur, der Dichte und dergleichen.

Dabei kann ein optimierter Wert in einer ersten Farbe, Graustufe und/oder Flächenstrukturierung dargestellt werden und bezogen auf diesen optimierten Wert nach unten oder oben abweichende Werte farblich, hinsichtlich des Grauwertes bzw. hinsichtlich

der Flächenstruktur (z.B. der Schraffurart) unterschiedlich dargestellt werden. Dies ermöglicht es einem Betrachter eines solchen 2D- oder 3D-Bildes sofort Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob der Bauvorgang optimal abgelaufen ist oder das Bauteil unter Umständen Schwächen aufweist.

5

Die die Sensorwerte im Bauteil lokalisierenden Koordinatenwerte können die zur Herstellung des Bauteils verwendeten Baukoordinatenwerte sein. Dies sind die Werte, die dazu herangezogen werden, um den Laserstrahl über die Pulveroberfläche zu leiten sowie Werte, die eine Z-Koordinate hinsichtlich der Schichtnummer repräsentieren. Es ist aber auch
10 möglich, die die Sensorwerte im Bauteil lokalisierenden Koordinatenwerte bei der Erfassung der Sensorwerte neu zu gewinnen, d.h. mit einem geeigneten Abtastverfahren die gerade zur Verfestigung anstehende Bauteiloberfläche abzutasten und Werte abzuspeichern, die einen Verfestigungsort (Ort der Energieeintragung in das Pulverbett) in der Schicht entsprechen. Dies kann dadurch geschehen, dass entweder eine flächige Erfassung der
15 gesamten Bauebene erfolgt oder eben nur ein interessierender Ausschnitt der Bauebene erfasst wird, der den Bauteilbereich enthält.

Im Rahmen der Erfindung ist auch vorgesehen, die Sensorwerte nicht unmittelbar im Moment des Energieeintrages zu erfassen, sondern zusätzlich oder alternativ zeitlich
20 versetzt danach. Wird z.B. die Temperatur im Schmelzpool zu einem Zeitpunkt T_0 (beim Energieeintrag) und dann zeitlich danach, z.B. 0,5 Sekunden, 1 Sekunde, 1,5 Sekunden oder dergleichen erfasst, dann lassen sich aus derartigen zu visualisierenden Sensorwerten Aufschlüsse über den Wärmefluss im Bauteil beim Bauvorgang gewinnen, um z.B. bei sehr
filigranen Bauteilinnenbereichen Überhitzungserscheinungen zu vermeiden. Derartige
25 zeitlich versetzte Erfassungsverfahren werden z.B. in der Mikroskopie als Sampling Microscope –Verfahren angesprochen.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst neben den üblichen Komponenten einer Laserschmelzanlage mit einer Sensorvorrichtung gemäß
30 WO 2007/147221 A1 zusätzlich eine Speichereinrichtung, in welche die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit die Sensorwerte im Bauteil lokalisierenden Koordinaten abgespeichert werden und eine mit der Speichereinrichtung verbundene Visualisierungseinrichtung, durch welche die abgespeicherten Sensorwerte in

- 6 -

z.B. farblicher oder grau abgestufter 2D- oder 3D-Darstellung bezogen auf ihren Erfassungswert im Bauteil dargestellt werden können.

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in den Zeichnungsfiguren näher
5 erläutert. Diese zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines koaxialen Überwachungsprozesssystems unter Verwendung zweier Vektoren gemäß dem Stand der Technik;

10 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer typischen selektiven Laserprozessmaschine mit erfindungsgemäßen Mitteln zur Erfassung und Auswertung der Sensorwerte;

Fig. 3 ein Flussdiagramm, das wesentliche Prozessabläufe eines bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt.

15

In Zeichnungsfigur 1 ist eine Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik dargestellt, wobei diese Vorrichtung ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Bauteils 1 durch ein Laserschmelzverfahren umfasst. Das Bauteil 1 wird durch aufeinanderfolgendes Verfestigen
20 einzelner Schichten 2 (als Strichlinie angedeutet) aus durch Einwirkung einer Strahlung 3 verfestigbaren Baumaterials 4 durch Aufschmelzen des Baumaterials 4 erreicht. Der durch einen punkt- oder linienförmigen Energieeintrag erzeugte Schmelzbereich 5 wird durch eine Sensorvorrichtung 6 (z.B. Kamera 11 und Fotodiode 12) hinsichtlich seiner Abmessung, Form und/oder Temperatur erfasst und die daraus resultierenden Sensorwerte zur
25 Evaluierung einer Bauteilqualität hergeleitet.

In der dargestellten Ausführung des Standes der Technik gemäß Fig. 1 wird die Strahlung 3 durch eine Laserquelle 7 (Laser) erzeugt. Anschließend über einen halbreflektierenden Spiegel 8 umgelenkt und über einen Scanner 9 mit vorzugsweise einer Fokussierlinse gezielt
30 auf die zu verfestigende Schicht 2 des Baumaterials 4 gelenkt. Die am Schmelzbereich 5 erzeugte Strahlung geht diesen Weg in entgegengesetzter Richtung und durchdringt den halbreflektierenden Spiegel 8 geradlinig, so dass diese auf einen Strahlenteiler 10 gelangt und dort einmal umgelenkt zu einem ersten Detektor, vorzugsweise einer Kamera 11 und

- 7 -

den Strahlenteiler 6 geradlinig durchdringend zu einem zweiten Detektor, beispielsweise eine Fotodiode 12 geführt wird.

In Zeichnungsfigur 2 ist nun die Erweiterung des aus dem Stand der Technik bekannten Systems dargestellt. Das im Baubereich auf einen höhenverlagerbaren Träger 13 unter Verwendung einer Basisplatte 14 auf diese aufgebaute Bauteil 1 wird schichtweise (vgl. Schicht 2) im Pulverbett des pulverförmigen Baumaterials 4 aufgebaut. Eine Beschichtereinrichtung 15 transportiert das Baumaterial 4 aus einer Dosierkammer 26 in den Baubereich.

Ausgehend von einem Laser 7 wird die Strahlung 3 nach geradlinigem Durchdringen eines einseitig durchdringbaren Spiegel 16 über den Scanner 9 auf das Bauteil 1 gerichtet. Die vom Bauteil reflektierte Strahlung wird über den Scanner 9 und den in dieser Richtung total reflektierenden Spiegel 16 auf einen weiteren Umlenkspiegel 17 und schließlich zu einem Detektor einer Sensorvorrichtung 6, 11, 12, 18 gelenkt. Dieser Detektor gibt ein Signal an einen Prozessor 19, vorzugsweise einem Mikroprozessor weiter, dessen Output zu einem Speicher 20 gelangt.

Der Laser 7 ist vorzugsweise mit einer Strahlmanipulationseinrichtung 21 versehen, die beispielsweise nach Art einer Modenblende, einem Gitterfilter oder anderer optischer Elemente ausgebildet ist. Diese Strahlmanipulationseinrichtung 21 wird über einen Controller 22 angesteuert, dessen Steuerdaten ebenso wie die im Speicher 20 bevorrateten Prozessordaten des Prozessors 19 in einer Datenverknüpfungs- und/oder Datenzuordnungseinheit 23 zusammenlaufen. Ebenfalls können an der Datenverknüpfungs-/Datenzuordnungseinheit 23 Steuerdaten des Scanners 9 und/oder Steuerdaten bezüglich der Höhenverlagerung des Trägers 13 vorzugsweise über seinen Stellmotor 24 gesammelt und einander zugeordnet werden. Selbstverständlich können auch Steuerdaten des Beschichters der Beschichtereinrichtung 15 und/oder des Zuführmechanismus an Baumaterial zu einer entsprechenden Bauteilschicht 2 (dies wäre beispielsweise mit den Steuerdaten des Stellmotors 25 der Dosierkammer 26 realisierbar), der Datenverknüpfungs-/Datenzuordnungseinheit 23 zugeführt werden. Zwischen dem Scanner 9 und der Datenverknüpfungs-/Datenzuordnungseinheit 23 kann auch ein Steuermodul 27 des Scanners angeordnet sein. Die in der Datenverknüpfungs-/Datenzuordnungseinheit 23 gesammelten, einander zugeordneten Daten (z.B. Datentupel) können dann in einer

- 8 -

weiteren Datenverarbeitungsanlage 28 weiterverarbeitet und/oder über ein Darstellungselement 29 visualisiert werden. Statt einer Datenverarbeitungsanlage 28 kann auch eine Schnittstelle für einen Datenspeicher vorgesehen sein. Als Darstellungselement kann sowohl ein Bildschirm, ein Beamer oder ein Holograph verwendet werden.

5

Schließlich werden die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit den die Sensorwerte im Bauteil 1 lokalisierenden Koordinatenwerten abgespeichert und mittels der Visualisierungseinrichtung 29 in zwei- und/oder mehrdimensionalen Darstellungen bezogen auf ihren Erfassungsort im Bauteil 1 dargestellt.

10

In Zeichnungsfigur 3 ist beispielhaft ein vorteilhafter Prozessablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Die Prozesssteuerung wirkt auf den Laser 7 und/oder den Scanner 9 ein und regelt über den Laservektor [n] die Eigenschaften des Laserstrahls 3. Ausgehend vom Scanner 9 wird das Baumaterial 4 belichtet, wodurch sich eine Schmelze bzw. der Schmelzbereich 5 bildet. Aus dem Schmelzbereich 5 erfolgt eine Emission an Strahlung, die durch die Sensorvorrichtung 6, 11, 12, 18 detektiert wird. Das Ergebnis dieser Detektion führt zu einer Auswertung (z.B. nach Art der Länge, Breite, Fläche etc.), die zu einer Zwischenspeicherung der Auswertung führt. Diese zwischengespeicherte Auswertung wird einem so genannten Mapping unterzogen. Diesem Mapping liegen vorzugsweise definierbare / veränderbare Mappingparameter (Kontrast, Farbe, Detektorwahl, Schwellwertbereiche, etc.) zugrunde. Nach dem Mapping wird dieses über die Visualisierungseinrichtung 29 dargestellt und/oder gespeichert. Hierbei ist es von Vorteil, wenn der Speicherung und/oder der Darstellung auch die Mappingparameter zugrunde liegen, d.h. auch die Mappingparameter gespeichert werden bzw. von der Visualisierungsvorrichtung 29 mit angezeigt werden.

15
20
25

BEZUGSZEICHENLISTE

5	1	Bauteil
	2	Schicht
	3	Strahlung
	4	Baumaterial
	5	Schmelzbereich
10	6	Sensorvorrichtung
	7	Laser
	8	halbreflektierender Spiegel
	9	Scanner
	10	Strahlenteiler
15	11	Kamera
	12	Fotodiode
	13	Träger
	14	Basisplatte
	15	Beschichtereinrichtung
20	16	Spiegel
	17	Spiegel
	18	Sensorvorrichtung
	19	Prozessor
	20	Speicher
25	21	Strahlmanipulationseinrichtung
	22	Controller v. 21
	23	Datenverknüpfungs-/Datenzuordnungseinheit
	24	Stellmotor v. 13
	25	Stellmotor v. 26
30	26	Dosierkammer
	27	Steuermodul
	28	Datenverarbeitungsanlage
	29	Visualisierungseinrichtung
35		

SCHUTZANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Bauteils (1) durch ein Laserschmelzverfahren, bei welchem das Bauteil (1) durch aufeinanderfolgendes Verfestigen einzelner Schichten aus durch Einwirkung einer Strahlung verfestigbarem Baumaterial (4) durch Aufschmelzen des Baumaterials (4) erfolgt, wobei der durch einen punkt- und/oder linienförmigen Energieeintrag erzeugte Schmelzbereich (5) durch eine Sensorvorrichtung (6, 11, 12, 18) erfasst wird und daraus Sensorwerte zur Evaluierung einer Bauteilqualität hergeleitet werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit den die Sensor-Werte im Bauteil (1) lokalisierenden Koordinatenwerten abgespeichert und mittels einer Visualisierungseinrichtung (29) in zwei- und/oder mehrdimensionalen Darstellung bezogen auf ihren Erfassungsort im Bauteil dargestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

bei einer 2D-Darstellung Sensorwerte einer Bauteilebene dargestellt werden, die einer Schicht (2) entsprechen, die vor einer Neubeschichtung mit Baumaterial (4) durch Strahlungseinwirkung verfestigt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 11 -

bei einer 2D-Darstellung Sensorwerte einer frei wählbaren Bauteilschnittebene dargestellt werden, die winkelig zu einer durch Strahlungseinwirkung sukzessiv verfestigten Schicht verläuft.

5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 – 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

10

bei einer zwei- und/oder mehrdimensionalen Darstellung ausschließlich Sensorwerte visuell dargestellt und/oder hervorgehoben werden, die Bauteilbereiche repräsentieren, die gegenüber wenigstens einem festlegbaren Sollverfestigungsgrad oder – temperaturwert oder -dichtewert einen abweichenden, insbesondere reduzierten Verfestigungsgrad, Temperaturwert oder Dichtewert oder gegenüber einem Soll-Energieeintrag oder Soll-Schmelzepoolabmessungen Abweichungen zeigen.

15

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

20

dadurch gekennzeichnet, dass

zur Darstellung der Sensorwerte ein einem optimierten Wert bezogen auf das Baumaterial repräsentierender Sensor-Wert in einer ersten Farbe, ersten Graustufe, ersten Transparenzgrad und/oder ersten Flächenstruktur dargestellt wird und bezogen auf diesen optimierten Wert nach unten oder oben abweichende Werte farblich, hinsichtlich eines Grauwertes, hinsichtlich eines Transparenzgrades und/oder hinsichtlich einer Flächenstruktur unterschiedlich dargestellt werden.

25

- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

- 12 -

die die Sensor-Werte im Bauteil (1) lokalisierenden Koordinatenwerte zumindest teilweise die zur Herstellung des Bauteils verwendeten Baukoordinatenwerte sind.

5 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

10 die die Sensor-Werte im Bauteil (1) lokalisierenden Koordinatenwerte zumindest teilweise bei der Erfassung der Sensor-Werte neu gewonnen werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

15 **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Gewinnung der die Sensor-Werte im Bauteil (1) lokalisierenden Koordinatenwerte durch eine flächige Erfassung entweder der gesamten Bauebene oder eines den Bauteilbereich umfassenden Ausschnittes der Bauebene erfolgt.

20

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

25

eine Koordinatenzuordnung der Sensorwerte über Belichtungs- oder Scannerdaten erfolgt.

30 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Erfassung zumindest eines Teils der Sensor-Werte bezogen auf den Zeitpunkt des Energieeintrages zeitlich verzögert erfolgt und die durch Visualisierung dargestellten Werte einen zeitlichen Verlauf des thermischen Verhaltens des Schmelzbereiches zeigen (Sampling-Verfahren).

5

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

10

bezogen auf den Energieeintrag an ein und derselben Stelle der Bauteilebene eine Mehrzahl von Sensorwerten mit unterschiedlichen zeitlichen Abstand vom Energieeintrag ermittelt werden.

15

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 – 11, nämlich Laserschmelzvorrichtung, in welcher ein Bauteil (1) durch aufeinanderfolgendes Verfestigen einzelner Schichten (2) aus verfestigbarem Baumaterial (4) durch Einwirkung einer Strahlung (3), insbesondere Laserstrahlung durch Aufschmelzen des Baumaterials (4) hergestellt wird, wobei der durch einen punkt- und/oder linienförmigen Energieeintrag erzeugte Schmelzbereich (5) durch eine Sensorvorrichtung (6, 11, 12, 18) hinsichtlich seiner Abmessung, Form und/oder Temperatur erfassbar ist und daraus Sensorwerte zur Evaluierung einer Bauteilqualität herleitbar sind,

20

gekennzeichnet durch

- eine Speichereinrichtung, in welcher die zur Evaluierung der Bauteilqualität erfassten Sensorwerte zusammen mit den Sensor-Werten im Bauteil (1) lokalisierenden Koordinatenwerten abspeicherbar sind und
- eine Visualisierungseinrichtung (29), die mit dem Speicher verbunden ist und durch welche die abgespeicherten Sensorwerte in einer zwei- oder mehrdimensionalen farblichen Darstellung bezogen auf ihren Erfassungsort im Bauteil (1) darstellbar sind.

25

30

13. Verfahren nach Anspruch 12,

5 **dadurch gekennzeichnet, dass**

die visualisierten Sensorwerte den Grad der Aufschmelzung des Baumaterials (4) bei dessen Verfestigung zeigen.

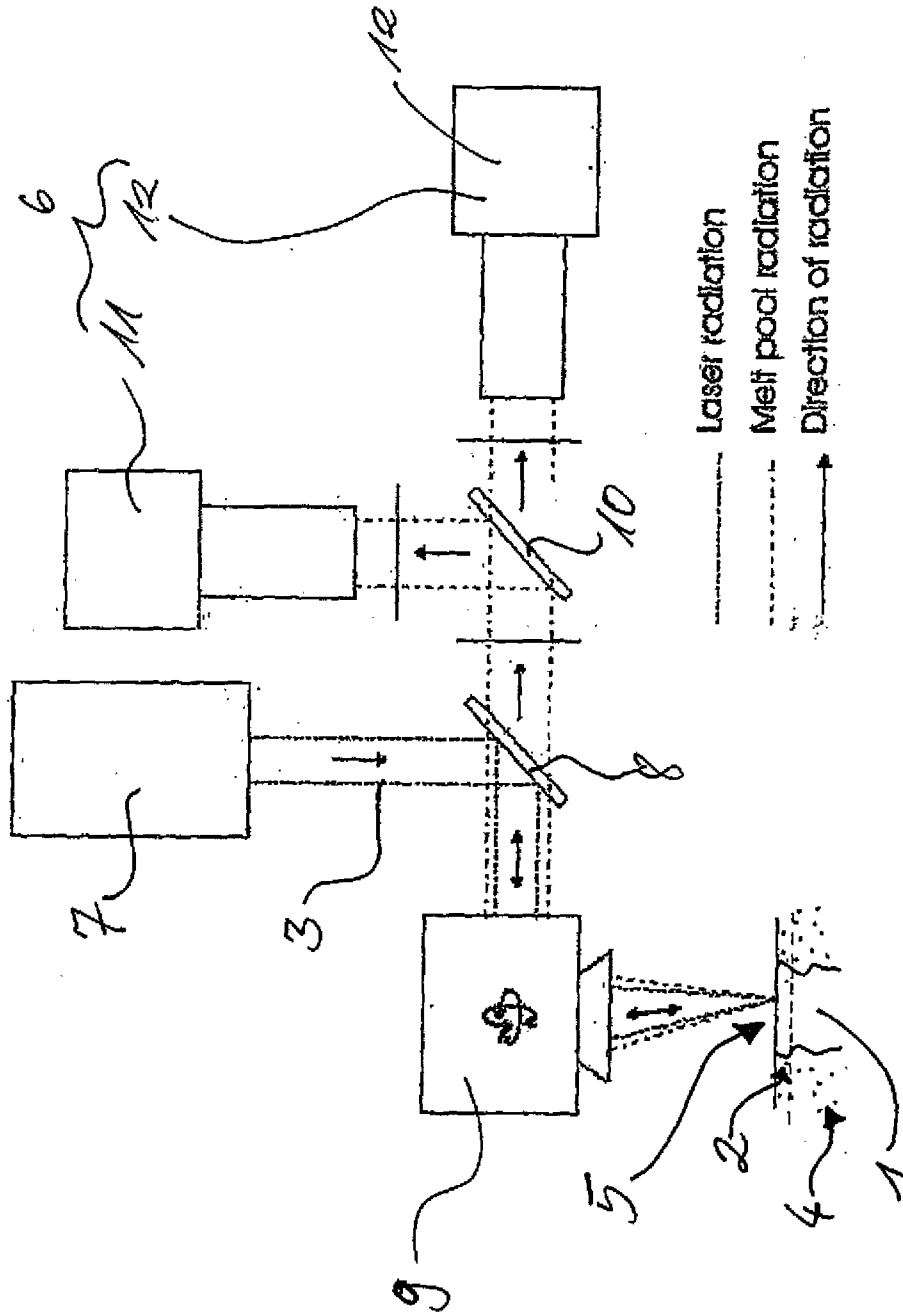
10 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

dadurch gekennzeichnet, dass

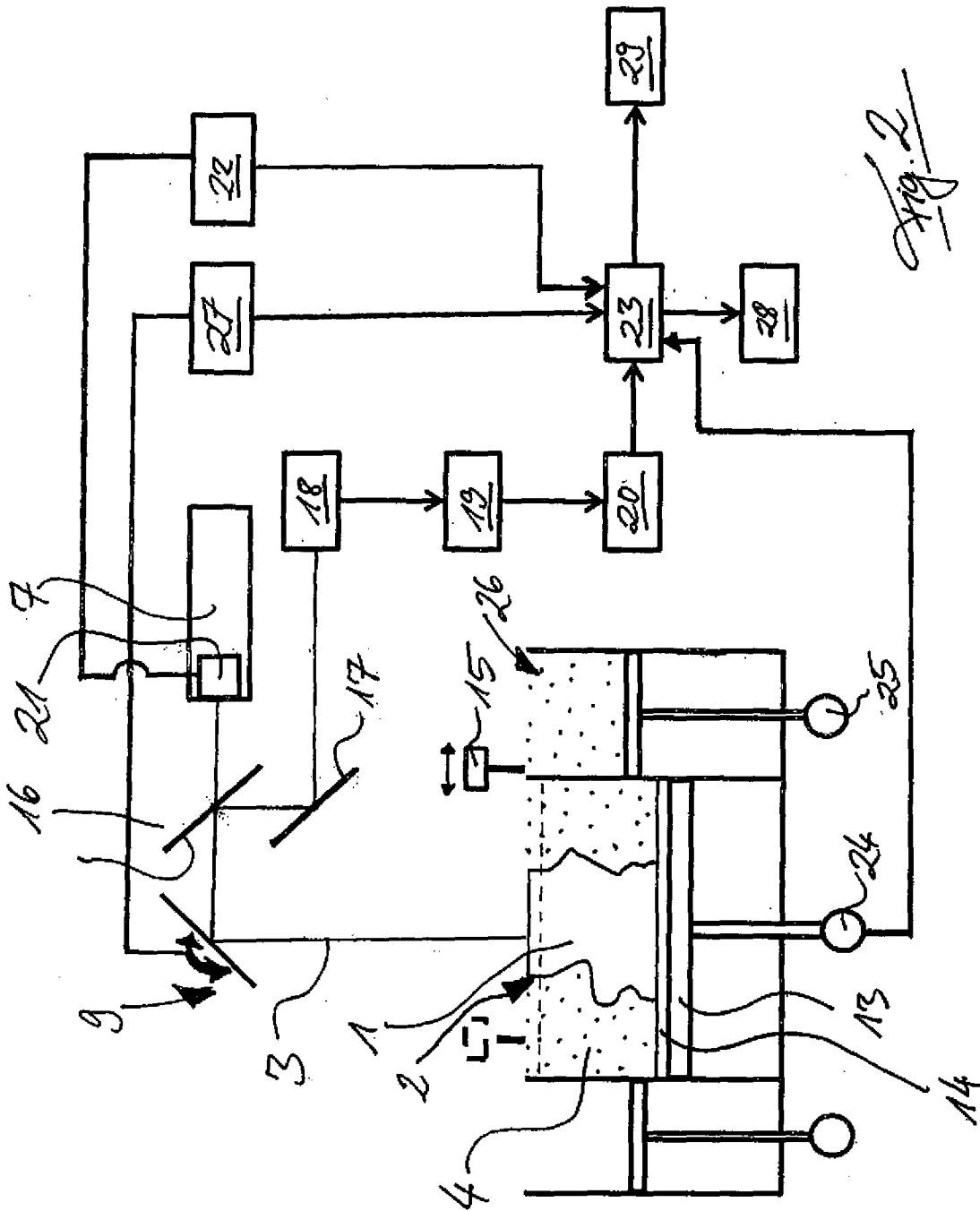
15 die visualisierten Sensorwerte die Temperatur oder einen Temperaturverlauf im Schmelzpool des Baumaterials (4) bei dessen Verfestigung zeigen.

15. Verwendung einer Visualisierungseinrichtung zur zwei- oder mehrdimensionalen Darstellung von Bauteilbereichen von generativ durch Strahlungseinwirkung auf
20 pulverartiges Baumaterial (4) hergestellten Bauteilen (1), insbesondere Bauteilinnenbereichen hinsichtlich ihrer Bauteilqualität, die aus einem Schmelzpool des Baumaterials beim Energieeintrag oder zeitnah nach dem Energieeintrag charakterisierenden Sensorwerten bei der strahlungsinduzierten Verfestigung des Pulvermaterials ermittelt wird, wobei den Sensorwerten Bauteilkoordinaten zugeordnet
25 werden, die dem generativen Bauvorgang zugrundegelegt werden oder während des generativen Bauvorganges Bauteil-Schichtbezogen ermittelt werden und wobei Abweichungen der Bauteilqualität von einem vorgebbaren Sollwert durch Farbunterschiede, Grauabstufungen, Transparenzgrad und/oder Flächenstrukturunterschiede dargestellt werden.

Stand der Technik



F. B. K.



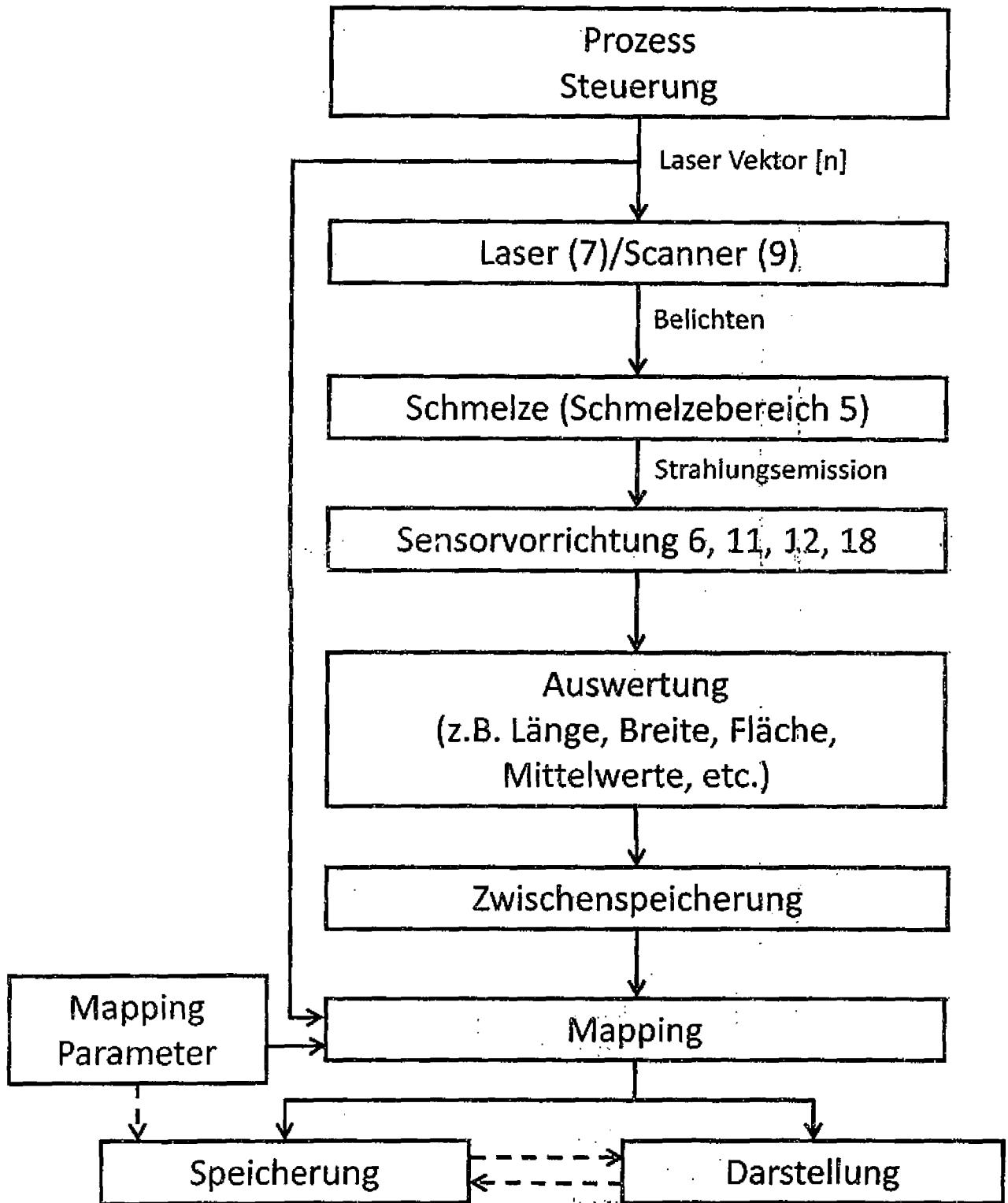


Fig. 3