

(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

29. Dezember 2016 (29.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2016/206943 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/03 (2006.01) B23K 26/06 (2006.01)  
B23K 26/04 (2006.01) B23K 26/082 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/062577

(22) Internationales Anmeldedatum:

3. Juni 2016 (03.06.2016)

(25) Einreichungssprache:

Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache:

Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2015 109 984.5 22. Juni 2015 (22.06.2015) DE

(71) Anmelder: SCANLAB AG [DE/DE]; Siemensstrasse 2a, 82178 Puchheim (DE).

(72) Erfinder: SONNER, Christian; Siemensstrasse 2a, 82178 Puchheim (DE). RABE, Matthias; Siemensstrasse 2a, 82178 Puchheim (DE).

(74) Anwalt: BERGMAYER, Werner; Friedrich-Ebert-Strasse 84, 85055 Ingolstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: SCANNING HEAD WITH INTEGRATED BEAM POSITION SENSOR AND ADJUSTMENT ARRANGEMENT FOR AN OFF-LINE ADJUSTMENT

(54) Bezeichnung : SCANNERKOPF MIT INTEGRIERTEM STRAHLLAGESENSOR SOWIE JUSTAGEANORDNUNG ZUR OFFLINE-JUSTAGE

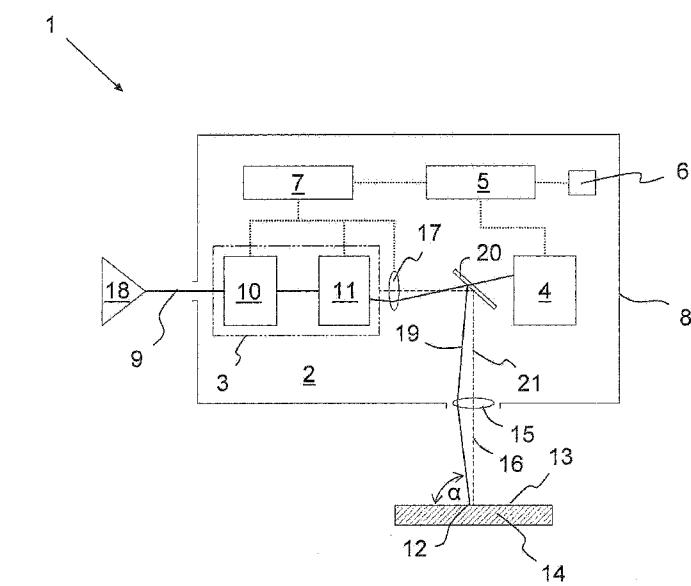


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to scanning head (2) for laser material processing, comprising a focusing optical unit (15) and a beam position system (3) for influencing the laser beam position, said beam position system being disposed upstream of the focusing optical unit (15) in the propagation direction of the laser beam (9), comprising at least two actuatable movable optical elements (10, 11) and rendering an angle of incidence ( $\alpha$ ) of the laser beam (9) on the processing surface (13) adjustable, and the process location (12) of the laser beam (9) displaceable in two dimensions on the processing surface (13). The scanning head (2) comprises a beam position sensor (4), which is disposed downstream of the beam position system (3) in the propagation direction of the laser beam (9) and by means of which at least four independent position parameters of the laser beam (9) and/or an actual position (19) of the laser beam (9) set thereby are ascertainable for off-line adjustment of the beam position system (3). Moreover, the invention relates to an adjustment arrangement in this respect and an adjustment method.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



---

Die Erfindung betrifft einen Scannerkopf (2) zur Lasermaterialbearbeitung mit einer Fokussieroptik (15) und einem Strahllagesystem (3) zum Beeinflussen der Laserstrahllage, das der Fokussieroptik (15) in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (9) vorgelagert ist, das zumindest zwei ansteuerbare bewegliche optische Elemente (10, 11) umfasst und mittels dem ein Auftreffwinkel (a) des Laserstrahls (9) auf der Bearbeitungsoberfläche (13) einstellbar ist und der Prozessort (12) des Laserstrahls (9) zweidimensional auf der Bearbeitungsoberfläche (13) verfahrbar ist. Der Scannerkopf (2) umfasst einen Strahllagesensor (4), der dem Strahllagesystem (3) in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (9) nachgelagert ist und mittels dem zur Offline-Justage des Strahllagesystems (3) zumindest vier unabhängige Lageparameter des Laserstrahls (9) und/oder eine durch diese festgelegte Ist-Lage (19) des Laserstrahls (9) erfassbar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine diesbezügliche Justageanordnung sowie Justageverfahren.

## Scannerkopf mit integriertem Strahllagesensor sowie Justageanordnung zur Offline-Justage

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Scannerkopf zur Lasermaterialbearbeitung mit einer Fokussieroptik und einem Strahllagesystem zum Beeinflussen der Laserstrahllage, das der Fokussieroptik in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls vorgelagert ist, das zumindest zwei ansteuerbare bewegliche optische Elemente umfasst und mittels dem ein Auftreffwinkel des Laserstrahls auf der Bearbeitungssoberfläche dynamisch einstellbar ist und der Prozessort des Laserstrahls zweidimensional dynamisch auf der Bearbeitungssoberfläche verfahrbar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Justageanordnung mit einem derartigen Scannerkopf sowie ein Justageverfahren zur Offline-Justage.

Vorstehend genannte Scannerköpfe werden zu unterschiedlichen Zwecken, insbesondere zum Markieren, Beschriften, zur abtragenden und/oder strukturierenden Bearbeitung, zum Schneiden, zum Bohren, zum Sintern oder zum Schweißen, eingesetzt. Für verschiedene Anwendungen der Lasermaterialbearbeitung ist es vorteilhaft, nicht nur die Position des Laserfokus auf einer beliebigen Bahn zu führen, sondern gleichzeitig den Auftreffwinkel der Laserstrahlachse auf dem Werkstück zu kontrollieren. Dadurch lassen sich beispielsweise Strukturen beliebiger Form in ein Werkstück einbringen, deren Kanten einen gewünschten Neigungswinkel zur Werkstückoberfläche aufweisen. Idealerweise sollte der Auftreffwinkel unabhängig von der Bahnführung einstellbar sein. Die unabhängige Einstellung beider Parameter sollte mit hoher Präzision und hoher Geschwindigkeit durchführbar sein, um entsprechend hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten bei der Lasermaterialbearbeitung zu erzielen.

Aus der DE 10 2013 222 834 A1 ist eine entsprechende Vorrichtung und ein Verfahren zur Führung eines Laserstrahls bekannt. Die Vorrichtung zur Füh-

nung des Laserstrahls zur Bearbeitung eines Werkstücks weist eine Spiegelanordnung mit beweglichen Spiegeln zur Erzeugung eines Anstellwinkels des Laserstrahls auf eine fokussierende Optik zur Einstellung eines lateralen Versatzes des Laserstrahls auf dem Werkstück und zur Erzeugung eines lateralen Versatzes des Laserstrahls auf der fokussierenden Optik zur Einstellung eines Auftreffwinkels des Laserstrahls auf dem Werkstück auf. Entlang der Ausbreitung eines Laserstrahls ist zwischen einer Laserquelle und der Spiegelanordnung ein erster Strahlteiler angeordnet. Dem ersten Strahlteiler ist ein erstes Sensorelement zugeordnet. Dieses erste Sensorelement dient zur Überwachung des Strahlprofils und der Strahlposition. Hierdurch kann die Strahllage ausschließlich in einem der Spiegelanordnung vorgelagerten Bereich erfasst werden. Nachteilig hierbei ist, dass eine Justage des Systems ausschließlich durch Komponenten erfolgen kann, die der Spiegelanordnung in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls vorgelagert sind. Hierbei handelt es sich in der Regel um Komponenten, die nicht Bestandteil des Scannerkopfes sind. Eine derartige Justage gestaltet sich sehr aufwändig, langwierig und teuer.

Ferner ist aus der DE 10 2004 053 298 A1 ein Scankopf als Teil einer Laser-, Bohr- und Schneideeinrichtung bekannt. Dieser weist eine in den Lichtweg des Lasers angeordnete Reihe folgender Komponenten auf: eine intensitätsregulierende Strahldämpfungseinheit in Verbindung mit einer parallelen Strahlversetzung regulierenden Taumeleinheit, ein den Strahlquerschnitt des Lasers vergrößerndes Strahl-Expander-Teleskop, einen den Focus des Laserstrahls führenden Scanblock und eine den Laserstrahl auf die Probe fokussierende Arbeitseinheit sowie optional in den Lichtweg einkoppelbare zusätzliche Prüf- und Kontrolleinheiten. Die Strahldämpfungseinheit enthält eine in dem Lichtweg angeordnete Folge aus einem Retarder, einem ersten Brewster-Fenster und einem zweiten Brewster-Fenster, wobei der Retarder und/oder mindestens eines der beiden Brewster-Fenster um die optische Achse drehbar ausgeführt sind. Die Taumeleinheit ist aus einer in den Lichtweg eingebrachte Anordnung aus zwei planparallelen Fenstern ausgebildet,

wobei die Drehachse des ersten planparallelen Fensters, die Drehachse des zweiten planparallelen Fensters und die Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls orthogonal zueinander sind. Der Retarder bzw. die planparallelen Fenster werden zweckmäßigerweise durch Galvanometereinheiten bewegt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, einen Scannerkopf, eine Justageanordnung sowie ein Justageverfahren bereitzustellen, mittels denen offline – d.h. vor dem eigentlichen Bearbeitungsprozess – sehr effizient und/oder genau eine Justage des Systems erfolgen kann ohne hierbei auf dem Scannerkopf in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls vorgelagerte Komponenten Einfluss nehmen zu müssen.

Die Aufgabe wird gelöst durch einen Scannerkopf, eine Justageanordnung sowie ein Justageverfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche.

Vorgeschlagen wird ein Scannerkopf zur Lasermaterialbearbeitung mit einer Fokussieroptik und einem Strahllagesystem. Mittels der Fokussieroptik ist ein Laserstrahl in einem Prozessort, insbesondere auf einer Bearbeitungsoberfläche eines Werkstücks oder in der Nähe dieses Prozessorts, fokussierbar. Mit dem Strahllagesystem kann die Laserstrahllage auf der Bearbeitungsoberfläche des Werkstücks beeinflusst werden. Die Laserstrahllage ist durch vier, insbesondere voneinander unabhängige, geometrische Parameter definiert. **Diese** umfassen z.B. eine x- und eine y-Koordinate zur Definition eines Durchtrittspunkts durch eine Ebene und eine, beispielsweise durch einen ersten und/oder zweiten Raumwinkel definierte, Ausbreitungsrichtung im Raum. Das Strahllagesystem ist der Fokussieroptik in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls vorgelagert. Des Weiteren umfasst das Strahllagesystem zumindest zwei, insbesondere mittels einer Steuereinheit, ansteuerbare bewegliche optische Elemente. Das Strahllagesystem ist derart ausgebildet, dass mittels diesem ein Auftreffwinkel des Laserstrahls auf der Bearbeitungsoberfläche einstellbar ist. Dies kann beispielsweise durch eine parallele Verschie-

bung des Laserstrahls lotrecht zur optischen Achse der Fokussieroptik erfolgen. Des Weiteren ist das Strahllagesystem derart ausgebildet, dass mittels diesem der Prozessort des Laserstrahls zweidimensional, insbesondere in einer x-y-Ebene, auf der Bearbeitungsoberfläche verfahrbar ist. Dies kann beispielsweise durch eine Ablenkung (Anstellung) des Laserstrahls relativ zur optischen Achse der Fokussieroptik erfolgen.

Der Scannerkopf umfasst einen Strahllagesensor. Der Strahllagesensor ist dem Strahllagesystem in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls nachgelagert. Des Weiteren ist der Strahllagesensor derart ausgebildet, dass mittels diesem, insbesondere zur Offline-Justage des Strahllagesystems, zumindest vier voneinander unabhängige, insbesondere zumindest ein rotatorischer und/oder translatorischer, Lageparameter des Laserstrahls erfassbar sind. Zusätzlich oder alternativ ist der Strahllagesensor derart ausgebildet, dass mittels diesem, insbesondere mittelbar und/oder unmittelbar, eine Ist-Lage des Laserstrahls erfassbar ist. Die Ist-Lage ist durch die zumindest vier von einander unabhängigen Lageparameter festgelegt. Der Strahllagesensor ist hierbei vorzugsweise derart angeordnet und/oder ausgebildet, dass mittels diesem im Gehäuseinneren des Scannerkopfes und/oder in einem dem Strahllagesystem nachgelagerten Bereich die zumindest vier unabhängigen Lageparameter und/oder die, insbesondere durch diese festgelegte, Ist-Lage des Laserstrahls erfassbar sind. Die Ist-Lage wird demnach insbesondere mittelbar anhand der zumindest vier voneinander unabhängigen Lageparameter erfasst.

Die sensorische Erfassung erfolgt mittels des Strahllagesensors insbesondere in Bezug zur Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls und/oder in Bezug zu dessen Strahlengang im Bereich zwischen dem Strahllagesystem und der Fokussieroptik. Dadurch, dass die Ist-Lage des Laserstrahls erst in einem dem Strahllagesystem nachgelagerten Bereich erfasst wird, kann vorteilhafte Weise eine Korrektur eines extern bedingten Fehlers, der insbesondere von einer dem Scannerkopf vorgelagerten Komponente verursacht wird, vom

Strahllagesystem selbst vorgenommen werden. Es ist somit nicht notwendig auf die externe Komponente Einfluss zu nehmen. Vielmehr wird der externe Fehler durch den Scannerkopf selbst kompensiert. Des Weiteren kann mit dem vorstehend beschriebenen Scannerkopf eine Offline-Justage des Systems durch eine entsprechende Nachjustage des Strahllagesystems sehr schnell und kostengünstig durchgeführt werden. Ferner zeichnet sich eine derartige Offline-Justage mittels des Strahllagesystems durch eine sehr hohe Genauigkeit aus.

Vorteilhaft ist es, wenn der Strahllagesensor derart ausgebildet ist, dass dieser translatorische Lageparameter, d.h. insbesondere 2D-Lageorte, und/oder rotatorische Lageparameter, d.h. 2D-Lagewinkel, erfassen kann. Die translatorischen Lageparameter werden hierbei insbesondere in einer x-y-Ebene als x-Koordinate und/oder als y-Koordinate erfasst und geben den theoretischen Durchstoßpunkt des Laserstrahls durch die x-y-Ebene wieder. Die x-y-Ebene, in der die Lageparameter erfasst werden, ist somit vorteilhafterweise schräg, insbesondere lotrecht, zum Strahlengang ausgerichtet. Zusätzlich oder alternativ ist es ferner vorteilhaft, wenn der Strahllagesensor in einer x-z-Ebene einen ersten Neigungswinkel und/oder in einer y-z-Ebene einen zweiten Neigungswinkel des Laserstrahls erfassen kann. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn der Strahllagesensor zumindest zwei Sensoren, insbesondere 2D-Sensoren, umfasst. So können beispielsweise mittels zwei 2D-Sensoren, die im Strahlengang im Bezug zum Strahlenverlauf des Laserstrahls zueinander in Strahlrichtung beabstandet angeordnet sind, in zwei Ebenen jeweils zwei translatorische Lageparameter ermittelt werden. Anhand der beiden Durchstoßpunkte der jeweiligen Sensorebene und dem vorbekannten Abstand zwischen den beiden Sensorebenen kann nun die exakte Ist-Lage des Laserstrahls bestimmt bzw. erfasst werden. Zur Ermittlung eines rotatorischen Lageparameters kann beispielsweise vor einem 2D-Sensor des Strahllagesensors eine Sensorlinse angeordnet sein, die eine definierte Ablenkung des Laserstrahls in Abhängigkeit des Auftreffwinkels hervorruft und/oder so

einen rotatorischen Lageparameter mit einem ortssensitiven Sensor messbar macht.

Der Strahllagesensor kann auch mehrere, insbesondere zwei, drei oder vier Sensoreinheiten umfassen, die dazu ausgelegt sind, an verschiedenen Stellen im Strahlengang einen oder mehrere Lageparameter zu ermitteln, wobei aus der Kombination dieser Messergebnisse vier unabhängige Lageparameter bestimmbar sind. Diese Sensoreinheiten können dabei auch baulich getrennt ausgebildet sein. Zum Beispiel können vier Spaltdioden verwendet werden, um an mehreren Stellen in einem Bereich des Strahlgangs beispielsweise insgesamt vier 1D-Informationen über die Strahllage zu ermitteln, die zusammen mit der bekannten Geometrie des Sensoraufbaus und der Abstände zu einer gemessenen Strahllage verrechnet werden können.

Des Weiteren sind Quadrantendioden, Kameraelemente, so genannte PSD („position sensitive devices“) oder Wellenfrontsensoren mögliche Sensoren mit denen eine geometrische Information zur Strahllage, wie Ort oder Ausbreitungsrichtung, ermittelt werden können und aus denen somit ein Strahllagesensor aufgebaut sein kann.

Der Strahllagesensor kann fest im Scannerkopf integriert sein. Alternativ kann dieser aber auch so eingebaut sein, dass er vom Scannerkopf entfernt und/oder nur zum Zweck der Justage des Scannerkopfs mit diesem lösbar verbunden werden kann.

Um den Laserstrahl sensorisch erfassen zu können, wird dieser, in einem dem Strahllagesystem nachgelagerten Bereich ausgekoppelt. Die Lage des Strahls nach der Auskopplung steht in einer definierten und festen Beziehung zur Lage des Strahls am Ort der Auskopplung, so dass die gemessene Lage im Inneren des Sensors eindeutig die Lage am Ort der Auskopplung repräsentiert. Hierfür ist dem Strahllagesensor in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls vorteilhafterweise ein Strahlteiler, insbesondere ein halbtransparenter

Spiegel, vorgelagert. Der Strahlteiler kann in den Strahlengang ein- und ausschwenkbar sein. Demnach ist es vorstellbar, dass der Strahlteiler vor dem eigentlichen Bearbeitungsprozess, d.h. offline, zur Justage eingeschwenkt und während des eigentlichen Bearbeitungsprozesses, d.h. online, wieder ausgeschwenkt wird.

Vorteilhaft ist es, wenn der Strahlagesensor die Ist-Lage des Laserstrahls im Bereich zwischen dem Strahlagesystem und der Fokussieroptik sensorisch erfassen kann. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn der Strahlteiler im Strahlengang im Bereich zwischen dem Strahlagesystem und der Fokussieroptik angeordnet ist.

Um den Laserstrahl zur sensorischen Erfassung aus dem Bearbeitungsstrahlengang entkoppeln zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Strahlagesensor und der Strahlteiler derart zueinander angeordnet sind, dass das vom Strahlteiler durchgelassene Laserlicht auf den Strahlagesensor und/oder das vom Strahlteiler reflektierte Laserlicht auf die Fokussieroptik leitbar ist.

Zur Analyse der sensorisch erfassten Daten ist es vorteilhaft, wenn der Scannerkopf eine integrierte Recheneinheit umfasst. Die Recheneinheit ist hierbei im Gehäuseinneren des Scannerkopfes angeordnet. Vorzugsweise ist mit dieser integrierten Recheneinheit der Strahlagesensor und/oder eine Steuereinheit des Strahlagesystems, die vorzugsweise ebenfalls im Scannerkopf integriert ist, verbunden. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um eine kabelbasierte Verbindung der vorstehend genannten Komponenten.

Alternativ dazu ist es ebenso auch vorteilhaft, wenn der Scannerkopf eine externe Schnittstelle umfasst, über die eine externe Recheneinheit mit dem Strahlagesensor und/oder der Steuereinheit verbindbar oder verbunden ist. Hierdurch können die Herstellungskosten des Scannerkopfes reduziert werden, da für mehrere Scannerköpfe lediglich eine einzige Recheneinheit not-

wendig wäre, die über die entsprechende externe Schnittstelle mit dem Strahllagesensor und/oder der Steuereinheit verbunden werden kann.

Vorteilhaft ist es, wenn der Scannerkopf eine Justageanordnung zur Offline-Justage des Laserstrahls umfasst oder zumindest als Teil einer derartigen Justageanordnung ausgebildet ist. Die Justageanordnung umfasst hierbei vorteilhafterweise den Strahllagesensor zum Erfassen der Ist-Lage, die Recheneinheit zum Ermitteln eines Korrekturwertes, die Steuereinheit zum Einstellen des Korrekturwertes und/oder das Strahllagesystem zum Einstellen der vom Korrekturwert abhängigen neuen Laserstrahllage. Wenn der Scannerkopf eine interne Recheneinheit aufweist, ist die Justageanordnung somit vollständig im Scannerkopf integriert. Bei externer Recheneinheit bildet der Scannerkopf einen Teil der Justageanordnung. Mittels der Justageanordnung kann somit vorteilhafterweise bei der Installation des Scannerkopfes oder aber auch um, z.B. temperaturbedingte, Driftfehler zu beheben, vor jedem Bearbeitungsprozess oder in vorbestimmten Zeitintervallen justiert werden, ohne auf im Strahlengang des Laserstrahls vorgelagerte externe Komponenten, wie beispielsweise die Laserstrahlquelle, Einfluss nehmen zu müssen.

Vorteilhaft ist es, wenn der Scannerkopf oder die ggf. externe Recheneinheit einen Speicher aufweist, in dem die Soll-Lage des Laserstrahls abgespeichert ist. Der Speicher kann hierbei ein separates Bauteil sein, das mit der Recheneinheit verbunden ist oder aber auch direkt in die Recheneinheit integriert sein. Die Soll-Lage kann ferner mittelbar durch die zumindest vier unabhängigen Soll-Lageparameter abgespeichert sein. Die Soll-Lage des Laserstrahls wird vorzugsweise werkseitig, insbesondere individuell für den jeweiligen Scannerkopf, ermittelt und in dem Speicher des Scannerkopfes hinterlegt.

Vorteilhaft ist es, wenn die Recheneinheit derart ausgebildet ist, dass mittels dieser über einen Ist-/Soll-Lage-Abgleich zumindest ein Korrekturwert für das Strahllagesystem berechenbar ist. Hierfür ist es vorteilhaft, wenn die Re-

cheneinheit ein iteratives Annäherungsverfahren oder ein stochastisches Suchverfahren benutzt bzw. implementiert hat. Der Korrekturwert ist vorzugsweise mehrdimensional ausgebildet. Dies bedeutet, dass der Korrekturwert das Delta zwischen Soll-Lage und Ist-Lage in mehreren Verstelldimensionen des Strahllagesystems wiedergibt. Der Korrekturwert umfasst demnach für zumindest zwei optische Elemente des Strahllagesystems jeweils zumindest einen Nachjustagewert. Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die Recheneinheit den Korrekturwert automatisch an die Steuereinheit übermittelt.

Vorteilhaft ist es, wenn der Scannerkopf derart ausgebildet ist, dass der Bearbeitungsprozess, insbesondere ausschließlich, bei deaktiviertem Strahllagesensor ausführbar ist. Der Materialbearbeitungsprozess kann somit ablaufen, ohne dass der Strahllagesensor aktiviert ist.

Die Recheneinheit und die Steuereinheit können als separate Bauteile ausgebildet sein. Alternativ ist es aber auch ebenso vorteilhaft, wenn die Recheneinheit und die Steuereinheit zusammen als im Scannerkopf integrierte Rechen-/Steuereinheit ausgebildet sind.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfasst das Strahllagesystem mindestens vier drehbare Spiegel. Diese drehbaren Spiegel sind vorzugsweise jeweils nur um eine einzige jeweilige Drehachse drehbar ausgebildet. Die Drehachsen der Spiegel sind zumindest teilweise zueinander verschieden, d.h. unterschiedlich zueinander im Raum orientiert. Über die Steuereinheit können diese vorteilhafterweise angesteuert werden. Wenn die Spiegel jeweils nur um eine einzige Achse drehbar gelagert sind, kann die Strahllage sehr schnell verändert werden.

Vorteilhaft ist es, wenn das Strahllagesystem eine Parallelversatzeinheit zum Einstellen des zumindest einen Auftreffwinkels umfasst. Zusätzlich oder alternativ ist es ferner vorteilhaft, wenn das Strahllagesystem eine Ablenkein-

heit zum zweidimensionalen Verfahren des Laserstrahls umfasst. Vorzugsweise ist die Parallelversatzeinheit in Strahlausbreitungsrichtung der Ablenkseinheit vorgelagert. Um eine sehr schnelle Verstellung der Laserstrahllage bewirken zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Parallelversatzeinheit und/oder die Ablenkeinheit jeweils zwei um eine einzige Drehachse drehbar gelagerte Spiegel umfasst. Hierbei kann vorzugsweise mittels jedem der Spiegel ein Lageparameter eingestellt werden. Vorzugsweise hängen Stellparameter und Lageparameter im Bearbeitungsbereich über eine Koordinatentransformation zusammen, die in einem Werkkalibrierprozess festgelegt ist. Mittels der Parallelversatzeinheit kann der Laserstrahl auf einer Verschiebeachse, die lotrecht zur optischen Achse der Fokussieroptik ausgerichtet ist, verschoben werden. Durch diese Parallelverschiebung kann der Auftreffwinkel des Laserstrahls auf der Bearbeitungsoberfläche verändert werden.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn der Scannerkopf eine, insbesondere dem Strahllagesensor vorgelagerte, Fokus-Einstelleinheit aufweist. Mittels dieser Fokus-Einstelleinheit ist die Fokuslage des Laserstrahls in einer z-Richtung veränderbar. Hierfür umfasst die Fokus-Einstelleinheit vorzugsweise eine strahlaufweitende Teleskopeinheit mit mindestens einer entlang der optischen Achse verschiebbaren Linse.

Alternativ ist es ebenso vorteilhaft, wenn die Fokussieroptik zum Verändern der Fokuslage des Laserstrahls in z-Richtung entlang ihrer optischen Achse axial verschiebbar ist. Die Fokus-Einstelleinheit ist ferner vorzugsweise mit der Steuereinheit verbunden, so dass diese entsprechend angesteuert werden kann.

Vorgeschlagen wird ferner eine Justageanordnung zur Offline-Justage eines Scannerkopfs. Die Justageanordnung umfasst einen Scannerkopf zur Lasermaterialbearbeitung. Der Scannerkopf umfasst eine Fokussieroptik, mittels der ein Laserstrahl in einem Prozessort auf einer Bearbeitungsoberfläche eines Werkstücks fokussierbar ist. Des Weiteren weist der Scannerkopf ein

Strahllagesystem zum Beeinflussen der Laserstrahllage auf. Das Strahllagesystem ist der Fokussieroptik in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls vorgelagert. Des Weiteren umfasst das Strahllagesystem zumindest zwei ansteuerbare und/oder bewegliche optische Elemente. Mittels des Strahllagesystems ist durch eine parallele Verschiebung des Laserstrahls lotrecht zur optischen Achse der Fokussieroptik ein Auftreffwinkel des Laserstrahls auf der Bearbeitungsoberfläche einstellbar. Zusätzlich oder alternativ ist mittels des Strahllagesystems der Prozessort des Laserstrahls zweidimensional auf der Bearbeitungsoberfläche verfahrbar. Neben dem Scannerkopf umfasst die Justageanordnung ferner eine Recheneinheit. Die Recheneinheit ist insbesondere als externe Recheneinheit ausgebildet und/oder über eine externe Schnittstelle des Scannerkopfes mit einem Strahllagesensor und/oder einer Steuereinheit des Scannerkopfes verbunden. Der Scannerkopf ist gemäß der vorangegangenen Beschreibung ausgebildet, wobei die genannten Merkmale einzeln oder in beliebiger Kombination vorhanden sein können. Mit der Justageanordnung kann eine sehr schnelle und qualitativ hochwertige Offline-Justage des Scannerkopfs erfolgen. Vorteilhafterweise muss hierbei auf keine in Richtung des Strahlverlaufs dem Scannerkopf vorgelagerte externe Einheit, wie beispielsweise die Laserstrahlquelle, Einfluss genommen werden. Stattdessen werden sämtliche Daten im Scannerkopf ermittelt und auch mittels diesem, insbesondere mittels des Strahllagesystems einstellt und/oder eingeregelt. Der Scannerkopf bzw. die Justageanordnung ist somit ein autarkes System, das unabhängig von kundenseitigen Rahmenbedingungen montiert und einjustiert werden kann.

Vorgeschlagen wird ferner ein Justageverfahren zur Offline-Justage eines Scannerkopfs und/oder einer Justageanordnung. Der Scannerkopf und/oder die Justageanordnung sind gemäß der vorangegangenen Beschreibung ausgebildet, wobei die genannten Merkmale einzeln oder in beliebiger Kombination vorhanden sein können. Bei dem Justageverfahren wird offline, d.h. vor dem eigentlichen Bearbeitungsprozess, eine Ist-Lage des Laserstrahls erfasst. Diese Ist-Lage des Laserstrahls wird mittels eines Strahllagesensors,

der zumindest vier unabhängige Lageparameter des Laserstrahls erfassen kann, erfasst bzw. ermittelt. Die Datenerfassung bzw. die Erfassung der Ist-Lage des Laserstrahls erfolgt des Weiteren in Bezug zur Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls in einem – einem Strahllagesystem des Scannerkopfes nachgelagerten – Bereich. Vorteilhafterweise können somit neben extern verursachten Änderungen der Laserstrahllage auch durch das Strahllagesystem hervorgerufene Änderungen der Laserstrahllage vom Strahllagesensor sensiert werden. Nach dem Erfassen der Ist-Lage des Laserstrahls mittels des Strahllagesensors gleicht eine Recheneinheit die erfasste Ist-Lage des Laserstrahls mit einer, insbesondere in einem Speicher, abgespeicherten Soll-Lage ab. Insbesondere wenn die Ist-Lage von der abgespeicherten Soll-Lage abweicht, berechnet die Recheneinheit einen Korrekturwert für das Strahllagesystem. Anschließend justiert eine Steuereinheit das Strahllagesystem unter Berücksichtigung des Korrekturwertes nach. Das vorstehend beschriebene Justageverfahren kann einmalig oder aber auch mehrmalig durchgeführt werden, wobei das Justageverfahren im letzteren Fall einen Regelkreis darstellen würde.

Vorteilhaft ist es, wenn die Soll-Lage des Laserstrahls werkseitig, insbesondere im Rahmen eines Werkkalibrierprozesses, ermittelt wird. Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn diese individuell für jeden hergestellten Scannerkopf ermittelte Soll-Lage des Laserstrahls in einem Speicher hinterlegt wird.

Insbesondere kann als Soll-Lage des Laserstrahls die Strahllage ermittelt und gespeichert werden, bei der der Werkkalibrierprozess des Scannerkopfes durchgeführt wurde. Bei der Inbetriebnahme kann so die Strahllage wiederhergestellt werden, für die die Kalibrierparameter ermittelt wurden. Dies ist vorteilhaft, da bei der werkseitigen Kalibrierung und bei der kundenseitigen Inbetriebnahme nicht dieselbe Strahllage am Eingang des Scannerkopfes vorliegen muss. Außerdem ist auch keine bestimmte (absolute, zentrierte, gerade,...) Strahllage weder in der werkseitigen Kalibriervorrichtung noch in

der Kundenanlage erforderlich, um nach der Inbetriebnahme einen sehr gut justierten und kalibrierten Zustand zu erreichen.

Bei dem Werkkalibrierprozess können beispielsweise Parameter der Koordinatentransformationen ermittelt werden, mit denen im Betrieb des Scannerkopfs (online) aus vorgegebenen Koordinaten für die Strahllage und Fokusposition im Bearbeitungsfeld die entsprechenden Stellwerte für die beweglichen optischen Elemente des Strahlagesystems und der Stellwert für das Fokus-Einstell-System berechnet wird.

Der im Justageverfahren ermittelte Korrekturwert kann ein Offset-Wert sein, der nach der Koordinatentransformation zu den Stellwerten addiert wird. Insbesondere kann der Korrekturwert vier Winkelkorrekturwerten entsprechen, die zu den vier Winkelstellwerten von vier drehbaren optischen Elementen des Strahlagesystems addiert werden.

Neben der erfindungsgemäßen Vermessung der Strahllage mit dem Strahlagesensor und der Korrektur der Strahllage durch die Stellfreiheitsgrade des Strahlagesystems kann der Scannerkopf außerdem derart ausgebildet sein, dass mittels diesem eine Vermessung des räumlichen Strahlprofils und/oder der Divergenz des Strahls durch eine oder mehrere weitere geeignete Sensoreinheiten oder einen entsprechend ausgebildeten Strahlagesensor – der aufgrund geeigneter technischer Ausführung vorzugsweise neben der Strahlage zusätzliche Messgrößen zur Beschaffenheit des Laserstrahls ermitteln kann – erfolgen kann. Solche Messgrößen können außerdem Intensität, Polarisationszustand oder spektrale Eigenschaften des Lasers umfassen. Diese zusätzlichen Messdaten in Bezug auf die Strahleigenschaften können optional zusätzlich in Verbindung mit dem vorstehend beschriebenen Justageverfahren benutzt werden. Neben dem bestimmten Korrekturwert für die Strahlage können also auch weitere Informationen zur Korrektur anderer Abweichungen als der Strahlage in der Recheneinheit zur Berechnung der Stellparameter der bewegten Elemente des Scannerkopfes herangezogen werden.

Beispielsweise kann eine durch eine geeignete Messung festgestellte Abweichung der Divergenz des Strahls von einer Soll-Divergenz in der Rechnereinheit im Rahmen der Berechnung der Stellparameter der Fokus-Einstelleinheit und der Strahllageeinheit kompensiert werden. So kann sichergestellt sein, dass der Fokus auch bei einer abweichenden Strahldivergenz auf der gewünschten Bearbeitungsbahn geführt wird und dabei gleichzeitig auch der vorgegebene Anstellwinkel des Strahls eingehalten wird. In diesem beispielhaften Fall kann der erfindungsgemäße Korrekturwert der Strahllage in der Rechnereinheit auch in einem weiterführenden Korrekturverfahren miteinberechnet werden und beispielsweise zusammen oder mit anderen Korrekturwerten verrechnet an die Steuereinheit übermittelt werden.

Weitere Vorteile der Erfindung sind in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigt:

- Figur 1** eine schematische Darstellung einer Justageanordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, bei dem alle Komponenten der Justageanordnung in einem Scannerkopf integriert sind,
- Figur 2** eine schematische Darstellung einer Justageanordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, bei dem eine Recheneinheit über eine externe Schnittstelle mit den im Scannerkopf integrierten Komponenten verbunden ist,
- Figur 3** eine schematische Darstellung eines Strahllagesensors gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,
- Figur 4** eine schematische Darstellung eines Strahllagesensors gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

**Figur 5** eine schematische Darstellung eines Strahllagesystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel und

**Figur 6** eine schematische Darstellung eines Strahllagesystems gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Figur 1 zeigt eine Justageanordnung 1 in schematischer Darstellung, mit der ein Strahllagesystem 3 eines Scannerkopfs 2 zur Lasermaterialbearbeitung justiert werden kann. Die Justageanordnung 1 umfasst neben dem Strahllagesystem 3 einen Strahllagesensor 4, eine Recheneinheit 5, einen Speicher 6 und/oder eine Steuereinheit 7. Gemäß dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Justageanordnung 1 vollständig im Scannerkopf 2 integriert. Sie befinden sich somit im Inneren eines Scannergehäuses 8.

Mittels des Strahllagesystems 3 kann die Lage des Laserstrahls 9 beeinflusst werden. Hierfür umfasst das Strahllagesystem 3 zumindest zwei durch die Steuereinheit 7 ansteuerbare optische Elemente, die in den Figuren nicht weiter im Detail dargestellt sind. Bei diesen optischen Elementen handelt es sich vorzugsweise um drehbar gelagerte Spiegel, die mittels eines Aktuators angesteuert werden können.

Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst das Strahllagesystem 3 eine Ablenkeinheit 11. Die Ablenkeinheit 11 ist hierbei derart ausgebildet, dass mittels dieser ein Prozessort 12, in dem der Laserstrahl 9 auf eine Bearbeitungsoberfläche 13 eines Werkstücks 14 trifft, zweidimensional, d.h. in x- und y-Richtung, auf der Bearbeitungsoberfläche 13 verfahren werden kann. Hierfür umfasst die Ablenkeinheit 11 vorzugsweise zwei Spiegel, die jeweils nur um eine einzige Drehachse drehbar gelagert sind. Hierdurch kann das Verfahren des Prozessorts 12 auf der Bearbeitungsoberfläche 13 in x-Richtung über den ersten Spiegel und in y-Richtung über den zweiten Spiegel erzeugt werden.

Des Weiteren umfasst das Strahllagesystem 3 eine Parallelversatzeinheit 10. In Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 9 ist die Parallelversatzeinheit 10 der Ablenkeinheit 11 vorzugsweise vorgelagert. Mittels der Parallelversatz- einheit 10 kann ein Auf treffwinkel des Laserstrahls 9 auf der Bearbeitungs- oberfläche 13 eingestellt werden. Dies erfolgt über eine parallele Verschie- bung des Laserstrahls 9 lotrecht zu einer optischen Achse 16 einer Fokus- sieroptik 15. Die Fokussieroptik 15 ist demnach dem Strahllagesystem 3, insbesondere der Parallelversatzeinheit 10, in Ausbreitungsrichtung des La- serstrahls 9 nachgelagert. Mittels der Fokussieroptik 15 kann der Laserstrahl 9 in dem Prozessort 12 auf der Bearbeitungs oberfläche 13 des Werkstücks 14 fokussiert werden.

Zur Ausbildung dieser Parallelverschiebung des Laserstrahls 9 umfasst die Parallelversatzeinheit 10 zumindest zwei drehbare Spiegel. Mittels dieser Spiegel kann jeweils ein Neigungswinkel  $\alpha$  des Laserstrahls 9 eingestellt werden. Demnach kann beispielsweise mittels eines ersten beweglichen Spiegels in einer x-z-Ebene ein erster Neigungswinkel und mittels des zweiten beweglichen Spiegels in einer y-z-Ebene ein zweiter Neigungswinkel ein- gestellt werden. Alternativ kann die parallele Verschiebung des Laserstrahls 9 aber auch über zwei hintereinandergeschaltete bewegliche, insbesondere drehbare bzw. verkippbare, optische Platten erfolgen.

Der in Figur 1 dargestellte Scannerkopf 2 zur Lasermaterialbearbeitung um- fasst des Weiteren eine Fokus-Einstelleinheit 17. Mittels dieser kann der La- serstrahl 9 in einer z-Richtung verändert werden. Hierfür ist beispielsweise eine Linse der Fokus-Einstelleinheit 17 axial in Ausbreitungsrichtung des La- serstrahls verschiebbar. Die Fokus-Einstelleinheit 17 ist gemäß dem vorlie- genden Ausführungsbeispiel zwischen dem Strahllagesystem 3 und der Fo- kussieroptik 15 angeordnet. In einem hier nicht dargestellten alternativen Ausführungsbeispiel könnte die Fokus-Einstelleneinheit 17 aber auch durch die Fokussieroptik 15 ausgebildet sein. In diesem Fall wäre die Fokussierop-

tik 15 zum Verändern der Fokuslage des Laserstrahls 9 in z-Richtung gegenüber ihrer optischen Achse 16 axial verschiebbar.

Wie bereits vorstehend erwähnt, weist der Scannerkopf 2 eine Steuereinheit 7 auf. Diese ist gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel im Scannerkopf 2 integriert. Die Steuereinheit 7 ist gemäß Figur 1 mit dem Strahllagesystem 3, nämlich insbesondere mit der Parallelversatzeinheit 10 und der Ablenkeinheit 11 verbunden. Über die Steuereinheit 7 können die in den Figuren nicht weiter im Detail dargestellten beweglichen optischen Elemente, insbesondere Spiegel, angesteuert werden. Infolgedessen kann mittels der Parallelversatzeinheit 10 der Auftreffwinkel und mittels der Ablenkeinheit 11 die Position des Prozessortes 12 in der x-y-Ebene eingestellt werden. Zusätzlich ist die Steuereinheit 7 mit der Fokus-Einstelleinheit 17 elektrisch verbunden, so dass mittels dieser die Fokuslage in z-Richtung einstellbar ist.

Ein Problem bei der kundenseitigen Inbetriebnahme des Scannerkopfs 2 besteht darin, dass der von einer Laserquelle 18 erzeugte Laserstrahl 9 dejustiert in den Scannerkopf 2 eintritt. Dieser Justagefehler setzt sich somit selbst bei werkseitig ordnungsgemäß kalibriertem Strahllagesystem 3 in Strahlausbreitungsrichtung über sämtliche Komponenten des Scannerkopfs 2, d.h. über die Parallelversatzeinheit 10 und die Ablenkeinheit 11, fort. Um diesen vor dem Strahllagesystem 3 eingekoppelten Justagefehler zu korrigieren, umfasst der Scannerkopf 2 gemäß dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels zumindest Teile der Justageanordnung 1, wobei die Justageanordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel vollständig im Scannerkopf 2 integriert ist.

Der Strahllagesensor 4 bildet hierbei eine Komponente der Justageanordnung. Mit dem Strahllagesensor 4 kann eine Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 im Bereich des Strahlgangs zwischen dem Strahllagesystem 3 und der Fokussieroptik 15 erfasst werden. Hierfür ist der Strahllagesensor 4 dem Strahllagesystem 3 in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 9 nachgelagert. Des

Weiteren ist der Strahllagesensor 4 der Fokussieroptik 15 in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 9 vorgelagert. Der Strahllagesensor 4 ist demnach derart im Scannerkopf 2 integriert, dass dieser die Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 im Bereich des Strahlgangs zwischen dem Strahllagesystem 3 und der Fokussieroptik 15 erfassen kann.

Hierfür ist zwischen dem Strahllagesystem 3 und der Fokussieroptik 15 ein Strahlteiler 20 angeordnet. Vorzugsweise ist der Strahlteiler 20 als halbtransparenter Spiegel ausgebildet. Mittels des Strahlteilers 20 kann der Laserstrahl 9, ohne dass seine Ist-Lage 19 verändert wird, aus dem zur Fokussieroptik 15 führenden Strahlengang ausgekoppelt werden. Der ausgekoppelte Teil des Laserstrahls 9 kann nun mittels des Strahllagesensors 4 erfasst werden. Gemäß Figur 1 ist der Strahllagesensor 4 und der Strahlteiler 20 derart zueinander angeordnet, dass das vom Strahlteiler durchgelassene Laserlicht auf den Strahllagesensor 4 und das vom Strahlteiler 20 reflektierte Laserlicht auf die Fokussieroptik 15 geleitet wird.

Die Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 ist durch zumindest vier voneinander unabhängige Lageparameter des Laserstrahls 9 festgelegt. Durch die Erfassung dieser zumindest vier voneinander unabhängigen Lageparameter sensiert der Strahllagesensor 4 somit mittelbar die Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 im Bereich zwischen dem Strahllagesystem 3 und der Fokussieroptik 15. Bei den Lageparametern zur Bestimmung der Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 kann es sich um translatorische und/oder rotatorische Lageparameter handeln.

Gemäß Figur 1 ist der Strahllagesensor 4 mit der vorliegend im Scannerkopf 2 integrierten Recheneinheit 5 verbunden. Über diese Verbindung können die Lageparameter bzw. die durch diese festgelegte Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 an die Recheneinheit 5 übermittelt werden.

Die Justageanordnung 1 umfasst des Weiteren den Speicher 6, in dem eine Soll-Lage 21 des Laserstrahls 9 abgespeichert ist. Bei der Soll-Lage 21 handelt es sich um diejenige Lage des Laserstrahls 9, die dieser im Bereich zwischen dem Strahlagesystem 3 und der Fokussieroptik 15 aufweisen soll. In einem Justageverfahren wird nun dieses Soll-Lage 21 eingestellt und/oder eingeregelt. Die Soll-Lage 21 des Laserstrahls 9 bzw. die zumindest vier die Soll-Lage 21 bestimmenden Lageparameter wurden hierfür vor Auslieferung des Scannerkopfes 2 werkseitig ermittelt. Bei diesem werkseitigen Kalibrierprozess können somit Fertigungstoleranzen des Strahlagesystems 3 und/oder der Fokus-Einstelleinheit 17 berücksichtigt werden. Die werkseitig ermittelte Soll-Lage 21 des Laserstrahls 9 ist im Speicher 6 hinterlegt. Der Speicher 6 kann eine separate Einheit oder aber auch in der Recheneinheit 5 integriert sein.

Die Recheneinheit 5 vergleicht die mittels des Strahlagesensors 4 erfasste Ist-Lage 19 mit der werkseitig ermittelten und/oder im Speicher 6 hinterlegten Soll-Lage 21 des Laserstrahls 9. Sofern ein dem Strahlagesystem 3 vorgelagerte Justagefehler vorliegt, kann die Recheneinheit 5 eine Abweichung der Ist-Lage 19 von der gewünschten Soll-Lage 21 feststellen. In diesem Fall berechnet die Recheneinheit 5 einen Korrekturwert. Dieser Korrekturwert bestimmt eine vorzunehmende Neujustage des Strahlagesystems 3, insbesondere der Parallelversatzeinheit 10 und/oder der Ablenkeinheit 11. Zur Berechnung des Korrekturwertes benutzt die Recheneinheit 5 ein iteratives Annäherungsverfahren und/oder ein stochastisches Suchverfahren. Die Recheneinheit 5 ist mit der Steuereinheit 7 verbunden. Hierdurch kann der von der Recheneinheit 5 ermittelte Korrekturwert an die Steuereinheit 7 übermittelt werden. Mittels des Korrekturwertes erfolgt nun über die Steuereinheit 7 eine Nachjustage des Strahlagesystems 3, insbesondere zumindest eines optischen Elementes der Parallelversatzeinheit 10 und/oder der Ablenkeinheit 11.

Vorteilhafterweise kann somit durch die entsprechende Nachjustage des Strahllagesystems 3 der dieser vorgelagerte Justagefehler korrigiert werden, so dass die Ist-Lage 19 nach Ausführung des Justageverfahrens der Soll-Lage 21 entspricht. Optional kann das vorstehend beschriebene Justageverfahren auch als Regelkreis ausgebildet sein, wobei die Ist-Lage 19 des mittels des Korrekturwertes nachjustierten Laserstrahls 9 erneut mittels des Strahllagesensors 4 sensorische erfasst wird und von der Recheneinheit 5 im Rahmen eines weiteren Ist-/Soll-Lage-Abgleichs überprüft wird. Dieser Prozess kann so lang durchgeführt werden, bis die Ist-Lage 19 innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegt.

Das vorstehende Justageverfahren erfolgt nicht online – d.h. nicht während des Bearbeitungsprozesses – sondern offline – d.h. vor Beginn des eigentlichen Bearbeitungsprozesses. Die Offline-Justage erfolgt demnach beispielsweise bei der kundenseitigen Installation des Scannerkopfes und/oder innerhalb vorbestimmter Zeitintervalle, um temperaturbedingte oder verschleißbedingte Dejustagen korrigieren zu können.

Figur 2 zeigt die Justageanordnung 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Hierin werden für Merkmale, die im Vergleich zum in Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel in ihrer Ausgestaltung und/oder Wirkweise identisch und/oder zumindest vergleichbar sind, gleiche Bezeichnungen verwendet. Sofern diese nicht nochmals detailliert erläutert werden, entspricht deren Ausgestaltung und/oder Wirkweise denen der bereits vorstehend beschriebenen Merkmalen.

Die in Figur 2 dargestellte Justageanordnung 1 umfasst, wie auch das in Figur 1 dargestellte Ausführungsbeispiel, einen Strahllagesensor 4 zum Erfassen der Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9, eine Recheneinheit 5 zum Durchführen eines Ist-/Sollwert-Abgleichs und/oder zum Berechnen eines Korrekturwertes, eine Steuereinheit 7 zum Nachjustieren des Strahllagesystems 3 un-

ter Berücksichtigung des zumindest einen Korrekturwertes und das Strahllagesystem 3 zum Beeinflussen der Laserstrahllage.

Im Gegensatz zum in Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel ist jedoch die Recheneinheit 5 als externe Recheneinheit ausgebildet. Um diese mit dem Scannerkopf 2, insbesondere mit dessen Strahllagesensor 4 und/oder Steuereinheit 7, zu koppeln, weist der Scannerkopf 2 eine externe Schnittstelle 22 auf. Hierbei kann es sich um eine kabelgebundene und/oder kabellose Schnittstelle handeln. Der Speicher 6 mit seinen die Soll-Lage des Laserstrahls 9 bestimmenden Daten ist vorzugsweise, wie in Figur 2 dargestellt, im Scannerkopf 2 integriert. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die werkseitig ermittelte Soll-Lage 21 dem jeweils werkseitig überprüften Scannerkopf 2 individuell zugeordnet ist. Alternativ ist es aber auch ebenso denkbar, dass der Speicher 6 mit der hinterlegten Soll-Lage 21 in der externen Rechnereinheit 5 integriert ist.

In den Figuren 3 und 4 sind zwei alternative Ausführungsformen des Strahllagesensors 4 dargestellt. Wie bereits vorstehend erwähnt, ist der Strahllagesensor 4 derart ausgebildet, dass mittels diesem zumindest vier Lageparameter des Laserstrahls 9 erfasst werden können. Der Strahllagesensor 4 kann somit auch als 4D-Sensor bezeichnet werden. Über die zumindest vier Lageparameter ist die Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9 bestimmt. Der Strahllagesensor 4 erfasst somit mittelbar über die vier Lageparameter die Ist-Lage 19 des Laserstrahls 9. Die Lageparameter können hierbei translatorische und/oder rotatorische Lageparameter sein.

Bei dem in Figur 3 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel werden mittels eines ersten zweidimensionalen Sensors 23 zwei translatorisch Lageparameter ermittelt. Diese können in Bezug auf ein Strahllagesensor-Koordinatensystem eine x-Koordinate und eine y-Koordinate sein. Um auch die Winkelstellung des Laserstrahls 9 im Raum bestimmen zu können, weist der Strahllagesensor 4 einen zweiten zweidimensionalen Sensor 24 auf. Mit-

tels diesem werden zwei rotatorische Lageparameter ermittelt. Hierfür ist dem zweiten Sensor 24 in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 9 eine Sensorlinse 25 vorgeschaltet. Durch diese erfolgt eine definierte Ablenkung des Laserstrahls, wodurch eine Winkelmessung ermöglicht wird. Um den in den Strahllagesensor 4 eintretenden Laserstrahl 9 auf beide Sensoren 23, 24 leiten zu können, ist diesen ein Sensorstrahlteiler 26 vorgelagert.

Alternativ kann die Ist-Lage 19 gemäß dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel mittels zweier zum Sensorstrahlteiler 26 in zueinander unterschiedliche Abständen 27, 28 angeordneten Sensoren 23, 24 ermittelt werden. Hierbei wird mittels des ersten Sensors 23 eine erste x-Koordinate und erste y-Koordinate erfasst und mittels des zweiten Sensors 24 eine zweite x-Koordinate sowie zweite y-Koordinate. Anhand der bekannten Abstände 27, 28 kann somit in Bezug zu einer Referenzebene die x-Koordinate, y-Koordinate sowie der Auftreffwinkel des Laserstrahls relativ zu dieser Bezugsebene berechnet werden.

Die Sensoren 23, 24 können in beiden Ausführungsbeispielen beispielsweise bildgebende Sensoren, insbesondere Kamera-Chips, sein. Ebenso sind positionsempfindliche Mehrflächendioden (Quadrantendioden) und/oder Wellenfrontsensoren denkbar.

Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Strahllagesystems 3 bei dem die Strahllage mittels vier drehbarer Einachs-Spiegel 29a, 29b, 29c, 29d eingestellt werden kann. Jeder dieser Einachs-Spiegel 29a, 29b, 29c, 29d ist nur um eine einzige Drehachse drehbar. Da die Drehachsen zueinander nicht alle parallel sind und die Spiegel an unterschiedlichen Orten angeordnet sind, sind durch die vier Stellfreiheitsgrade der Drehachsen vier Stellfreiheitsgrade für die Strahllage bereitgestellt. Dieses Ausführungsbeispiel des Strahllagesystems 3 ist außerdem ein Beispiel für ein Strahllagesystem 3, das nicht aus zwei separaten Teilsystemen, d.h. aus einer separaten Parallelversatzeinheit 10 und einer separaten Ablenkeinheit 11, aufgebaut ist,

sondern die Funktionen der Parallelverschiebung und der Verkippung des Strahls in einem einzigen System integriert sind.

Figur 6 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel des Strahllagesystems 3, bei dem die Strahllage mittels zwei um jeweils zwei Drehachsen kippbaren Doppelachs-Spiegeln 30a, 30b eingestellt werden kann. Durch die zwei mal zwei Freiheitsgrade der Spiegelverkippung sind vier Stellfreiheitsgrade für die Strahllage bereitgestellt. Dieses Ausführungsbeispiel des Strahllagesystems 3 ist ein weiteres Beispiel für ein Strahllagesystem, das nicht aus zwei Teilsystemen aufgebaut ist, sondern die Funktionen der Parallelverschiebung und der Verkippung des Strahls in einer einzigen Spiegeleinheit integriert bereitstellt.

Bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen ist ein Antrieb der Spiegel über Galvanometerantriebe besonders vorteilhaft, um eine sehr dynamische und gleichzeitig sehr exakte Einstellung der Strahllage zu ermöglichen. Die Galvanometerantriebe im Strahllagesystem 3 werden im Online-Betrieb vorzugsweise in einer closed loop Positionsregelung betrieben, die unabhängig vom Strahllagesensor 4 ausgeführt ist. Sie beruht demnach auf einer vom Strahllagesensor 4 unabhängigen Positionsmessung in den Galvanometerantrieben.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Abwandlungen im Rahmen der Patentansprüche sind ebenso möglich wie eine Kombination der Merkmale, auch wenn diese in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellt und beschrieben sind.

Bezugszeichenliste

- 1 Justageanordnung
- 2 Scannerkopf
- 3 Strahlagesystem
- 4 Strahlagesensor
- 5 Recheneinheit
- 6 Speicher
- 7 Steuereinheit
- 8 Scannergehäuse
- 9 Laserstrahl
- 10 Parallelversatzeinheit
- 11 Ablenkeinheit
- 12 Prozessort
- 13 Bearbeitungsüberfläche
- 14 Werkstück
- 15 Fokussieroptik
- 16 optische Achse
- 17 Fokus-Einstelleinheit
- 18 Laserquelle
- 19 Ist-Lage
- 20 Strahlteiler
- 21 Soll-Lage
- 22 externe Schnittstelle
- 23 erster Sensor
- 24 zweiter Sensor
- 25 Sensorlinse
- 26 Sensorstrahlteiler
- 27 erster Abstand
- 28 zweiter Abstand
- 29 Einachs-Spiegel
- 30 Doppelachs-Spiegel

## Patentansprüche

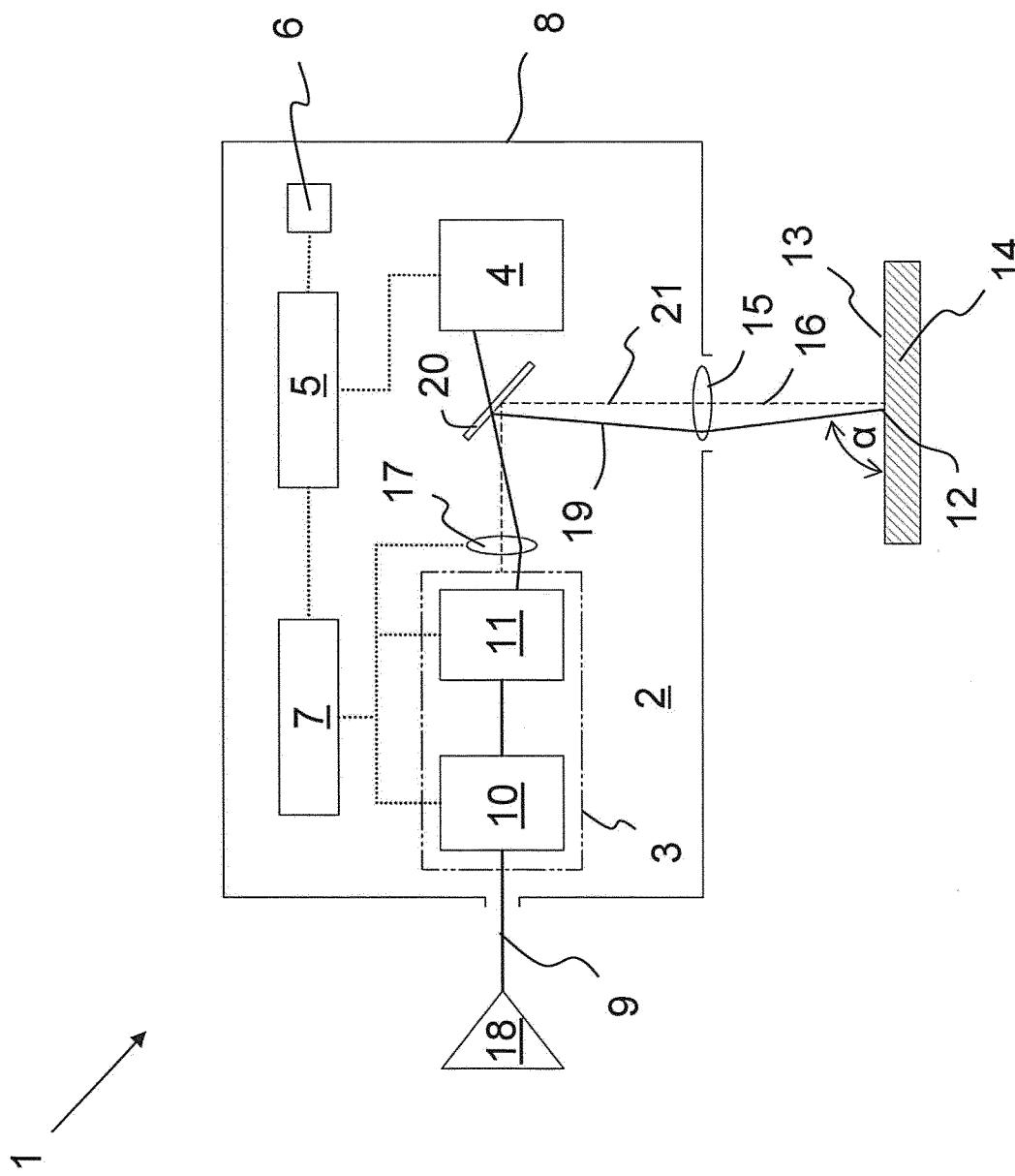
1. Scannerkopf (2) zur Lasermaterialbearbeitung mit einer Fokussieroptik (15) und einem Strahlagesystem (3) zum Beeinflussen der Laserstrahllage, das der Fokussieroptik (15) in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (9) vorgelagert ist, das zumindest zwei ansteuerbare bewegliche optische Elemente umfasst und mittels dem ein Auftreffwinkel des Laserstrahls (9) auf der Bearbeitungsoberfläche (13) einstellbar ist und der Prozessort (12) des Laserstrahls (9) zweidimensional auf der Bearbeitungsoberfläche (13) verfahrbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Scannerkopf (2) einen Strahlagesensor (4) umfasst, der dem Strahlagesystem (3) in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (9) nachgelagert ist und mittels dem zumindest vier unabhängige Lageparameter des Laserstrahls (9) und/oder eine durch diese festgelegte Ist-Lage (19) des Laserstrahls (9) erfassbar ist.
2. Scannerkopf nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass dem Strahlagesensor (4) in Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (9) ein Strahlteiler (20), insbesondere ein halbtransparenter Spiegel, vorgelagert ist.
3. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlteiler (20) im Strahlengang im Bereich zwischen dem Strahlagesystem (3) und der Fokussieroptik (15) angeordnet ist.

4. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahllagesensor (4) und der Strahlteiler (20) derart zueinander angeordnet sind, dass das vom Strahlteiler (20) durchgelassene Laserlicht auf den Strahllagesensor (4) und/oder das vom Strahlteiler (20) reflektierte Laserlicht auf die Fokussieroptik (15) leitbar ist.
5. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Scannerkopf (2) zur Offline-Justage des Laserstrahls (9) eine integrierte Recheneinheit (5) umfasst, mit der der Strahllagesensor (4) und/oder eine Steuereinheit (7) des Strahllagesystems (3) verbunden ist, oder eine externe Schnittstelle (22) umfasst, über die eine externe Recheneinheit (5) mit dem Strahllagesensor (4) und/oder der Steuereinheit (7) verbindbar ist.
6. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahllagesensor (4), die integrierte Recheneinheit (5), die Steuereinheit (7) und/oder das Strahllagesystem (3) eine Scannerkopf integrierte Justageanordnung zur Offline-Justage des Scannerkopfs bilden.
7. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Speicher (6), insbesondere der Recheneinheit (5), eine Soll-Lage (21) des Laserstrahls (9) abgespeichert ist.
8. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (5) derart ausgebildet ist, dass mittels dieser über einen Ist-/Soll-Lage-Abgleich ein, insbesondere mehrdimensionaler, Korrekturwert für das Strahllagesys-

tem (3) berechenbar ist und/oder dieser Korrekturwert an die Steuer-einheit (7) übermittelbar ist.

9. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit (5) und die Steuer-einheit (7) zusammen als im Scannerkopf (2) integrierte Rechen-/Steuereinheit ausgebildet sind.
10. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlagesystem (3) mindestens vier drehbare optische Elemente, insbesondere Spiegel, umfasst, von denen zumindest einer mittels eines Galvanometerantriebs bewegbar ist.
11. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlagesystem (3) eine Parallel-versatzeinheit (10) zum Einstellen des zumindest einen Auftreffwinkels und eine Ablenkeinheit (11) zum zweidimensionalen Verfahren des Laser-strahls (9) umfasst.
12. Scannerkopf nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Scannerkopf (2) eine, insbesonde-re dem Strahlagesensor (4) vorgelagerte, Fokus-Einstelleinheit (17) aufweist, mittels der die Fokuslage des Laserstrahls (9) in einer z-Richtung veränderbar ist, oder dass die Fokussieroptik (15) zum Verändern der Fokuslage des La-serstrahls (9) in z-Richtung gegenüber ihrer optischen Achse axial verschiebbar ist.

13. Justageanordnung (1) zur Offline-Justage eines Scannerkopfs (2) umfassend  
einen Scannerkopf (2) zur Lasermaterialbearbeitung und  
eine, insbesondere externe, Recheneinheit (5), die vorzugsweise über  
eine externe Schnittstelle (22) des Scannerkopfes (2) mit einem  
Strahllagesensor (4) und/oder einer Steuereinheit (7) des Scannerkopfes (2) verbunden ist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Scannerkopf (2) nach einem oder mehreren der vorherigen  
Ansprüche ausgebildet ist.
14. Justageverfahren zur Offline-Justage eines nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche ausgebildeten Scannerkopfes (2)  
und/oder einer Justageanordnung (1),  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in Bezug zur Ausbreitungsrichtung eines Laserstrahls (9) in einem einem Strahllagesystem (3) des Scannerkopfes (2) nachgelagerten Bereich mittels eines Strahllagesensors (4), der zumindest vier unabhängige Lageparameter des Laserstrahls (9) erfasst, eine Ist-Lage (19) des Laserstrahls (9) erfasst wird,  
eine Recheneinheit (5) die erfasste Ist-Lage (19) des Laserstrahls (9) mit einer abgespeicherten Soll-Lage (22) abgleicht und einen Korrekturwert berechnet und  
eine Steuereinheit (7) das Strahllagesystem (3) anhand des Korrekturwertes nachjustiert.
15. Justageverfahren nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Soll-Lage (22) des Laserstrahls (9) werkseitig im Rahmen eines Werkkalibrierprozesses des Scannerkopfs ermittelt und in einem Speicher (6) hinterlegt wird.



二

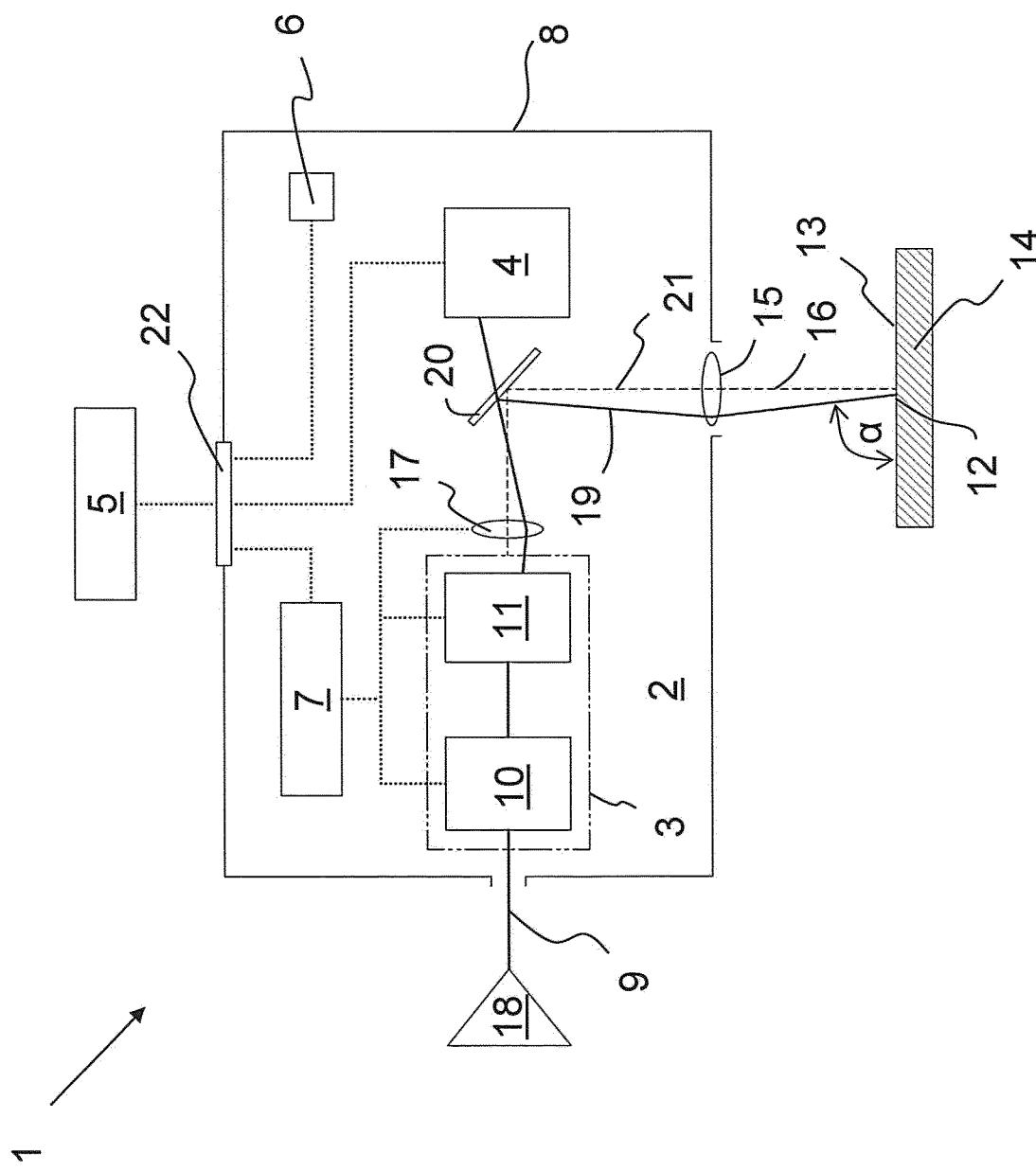
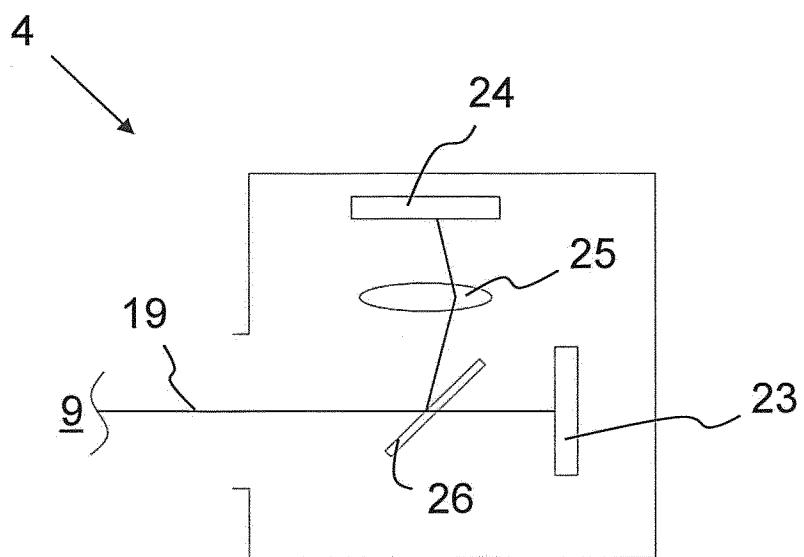
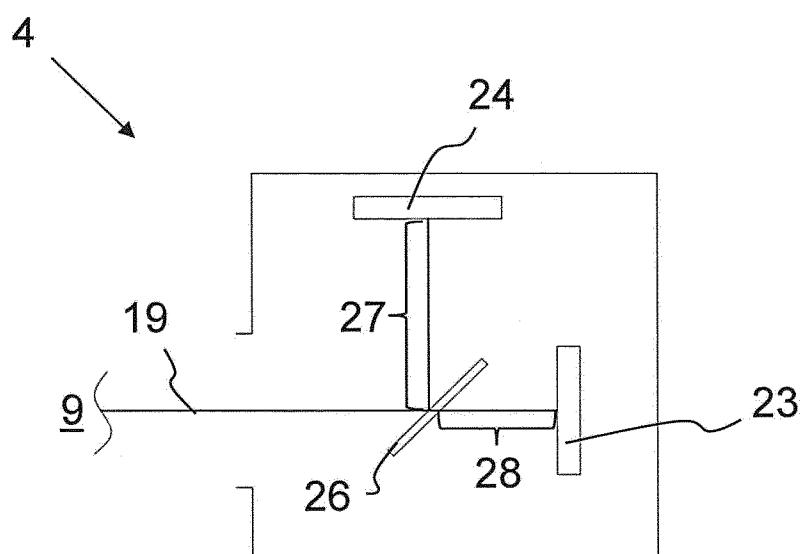


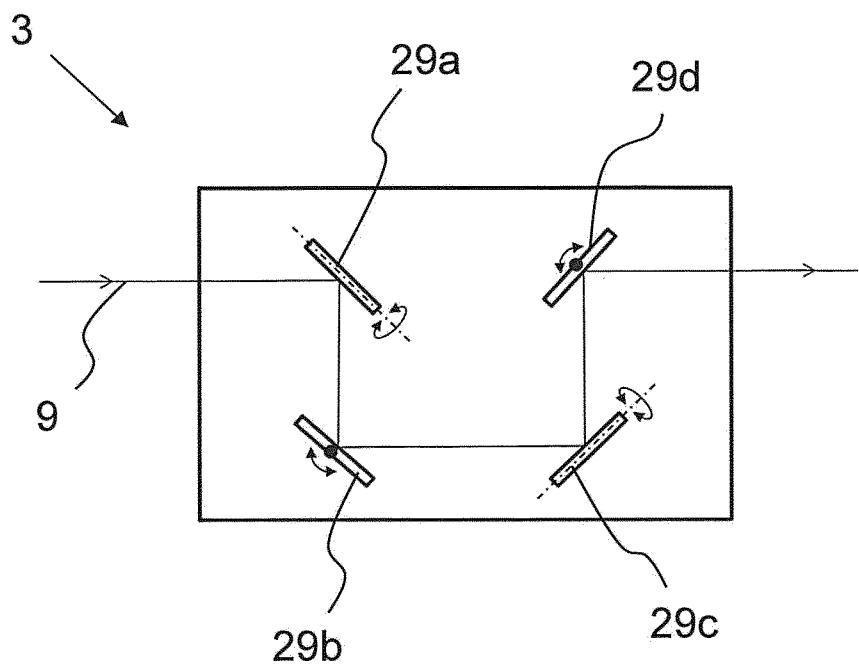
Fig. 2



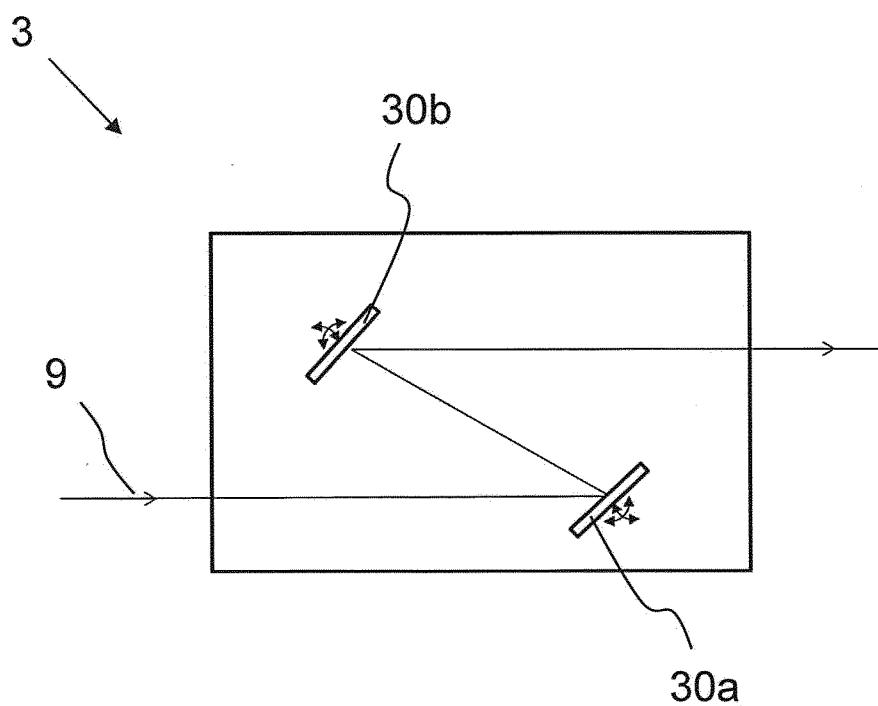
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/062577

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER			
INV.	B23K26/03	B23K26/04	B23K26/06
ADD.			

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

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
B23K

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

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

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/222143 A1 (P. V. MITCHELL) 4 December 2003 (2003-12-04)	1-4, 10, 11, 13, 14
Y	paragraphs [0017] - [0020]; figures -----	5-9, 12, 15
Y	DE 10 2010 005896 A1 (DAIMLER AG) 14 October 2010 (2010-10-14)	5-9
A	paragraphs [0021] - [0022], [0068]; claims; figures -----	15
Y	JP H10 137962 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26 May 1998 (1998-05-26) abstract; figures -----	12
Y	DE 103 35 501 A1 (KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH) 26 February 2004 (2004-02-26) paragraphs [0016], [0028]; figures -----	15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
31 August 2016	12/09/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Jeggy, Thierry

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2016/062577

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 2003222143	A1 04-12-2003	AU 2003243387	A1 19-12-2003		
		US 2003222143	A1 04-12-2003		
		WO 03102860	A1 11-12-2003		
DE 102010005896	A1 14-10-2010	NONE			
JP H10137962	A 26-05-1998	NONE			
DE 10335501	A1 26-02-2004	NONE			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/062577

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. B23K26/03 B23K26/04 B23K26/06 B23K26/082 ADD.				
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC				
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) <b>B23K</b>				
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen				
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) <b>EPO-Internal, WPI Data</b>				
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>				
Kategorie* Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile		Betr. Anspruch Nr.		
X  Y  Y  A  Y  Y	US 2003/222143 A1 (P. V. MITCHELL) 4. Dezember 2003 (2003-12-04) Absätze [0017] - [0020]; Abbildungen ----- DE 10 2010 005896 A1 (DAIMLER AG) 14. Oktober 2010 (2010-10-14) Absätze [0021] - [0022], [0068]; Ansprüche; Abbildungen ----- JP H10 137962 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26. Mai 1998 (1998-05-26) Zusammenfassung; Abbildungen ----- DE 103 35 501 A1 (KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH) 26. Februar 2004 (2004-02-26) Absätze [0016], [0028]; Abbildungen -----	1-4, 10, 11, 13, 14 5-9, 12, 15  5-9  15  12  15		
	<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie			
	* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist			
	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist			
	Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <b>31. August 2016</b>		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  <b>12/09/2016</b>	
	Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Jeggy, Thierry</b>	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/062577

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 2003222143 A1	04-12-2003	AU 2003243387 A1	19-12-2003		
		US 2003222143 A1	04-12-2003		
		WO 03102860 A1	11-12-2003		
DE 102010005896 A1	14-10-2010	KEINE			
JP H10137962 A	26-05-1998	KEINE			
DE 10335501 A1	26-02-2004	KEINE			