

(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  
10. Mai 2002 (10.05.2002)

PCT

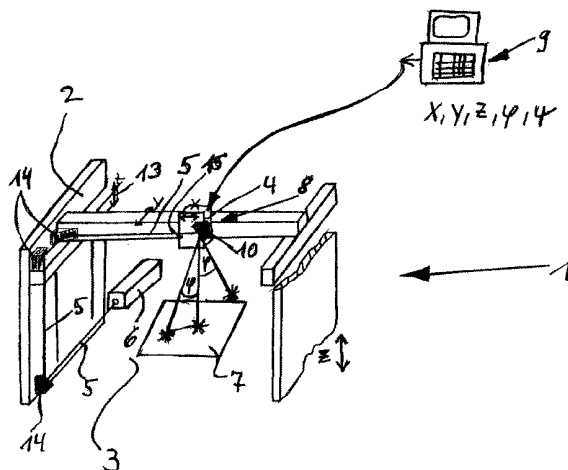
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/36331 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B29C 67/00** [DE/DE]; St. Veitstrasse 20, 96215 Lichtenfels (DE).  
**HERZOG, Kerstin** [DE/DE]; St. Veitstrasse 20, 96215 Lichtenfels (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04063
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
30. Oktober 2001 (30.10.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 53 742.1 30. Oktober 2000 (30.10.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONCEPT LASER GMBH** [DE/DE]; An der Zeil 8, 96215 Lichtenfels (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HERZOG, Frank**
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **DIETER, Hafner**; Schleiermacherstrasse 25, 90491 Nürnberg (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- Erklärung gemäß Regel 4.17:**  
— Erfindenerklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US
- Veröffentlicht:**  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR SINTERING, REMOVING MATERIAL AND/OR LABELING BY MEANS OF ELECTROMAGNETICALLY BUNDLED RADIATION AND METHOD FOR OPERATING THE DEVICE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM SINTERN, ABTRAGEN UND/ODER BESCHRIFTEN MITTELS ELEKTROMAGNETISCHER GEBÜNDELTER STRAHLUNG SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB DER VORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a device for sintering, removing material and/or labeling by means of electromagnetically bundled radiation, especially a laser sintering machine and/or a laser-surface processing machine, especially for carrying out stereolithographic methods. The device comprises a construction space (3) which is accommodated in a machine housing (2) and in which the following are provided: a scanner (4), into which the beam (5) of a sintering laser (6) is coupled; a vertically displaceable workpiece platform (7); and a material supply device comprising a coater for supplying sintering material in powder, paste or liquid form to the process area above the workpiece platform, from a supply container. Said scanner (4) is arranged on a scanner support (8) which can be displaced by a motor over the workpiece platform (7) in the manner of a cross-slide. Driving motor elements of the scanner support (8) are connected to a control computer (9) of the device (1) and are controlled by the same during the construction process in order to move the scanner (4) over the workpiece platform (7).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/36331 A2



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Vorrichtung zum Sintern, Abtragen und/oder Beschriften mittels elektromagnetischer gebündelter Strahlung, insbesondere Laser-Sintermaschine und/oder Laser-Oberflächenbearbeitungsmaschine, insbesondere zur Durchführung stereolithographischer Verfahren, mit einem in einem Maschinengehäuse (2) untergebrachten Bauraum (3), in welchem ein Scanner (4), in den der Strahl (5) eines Sinter-Lasers (6) eingekoppelt wird, eine höhenverfahrbare Werkstückplattform (7) sowie eine Materialzuführungseinrichtung mit einem zur Zuführung von pulverartigem, pastösem oder flüssigem Sinter-Material aus einem Vorratsbehälter in den Prozeßbereich über der Werkstückplattform dienendem Beschichter vorgesehen sind, wobei der Scanner (4) an einem über Werkstückplattform (7) nach Art eines Kreuzschlittens motorisch verfahrbaren Scanner-Träger (8) angeordnet ist, wobei motorische Antriebs Elemente des Scanner-Trägers (8) an einen Steuerungsrechner (9) der Vorrichtung (1) angeschlossen sind und von diesem während des Bauprozesses zur Bewegung des Scanners (4) über der Werkstückplattform (7) angesteuert werden.

## BESCHREIBUNG

### **Vorrichtung zum Sintern, Abtragen und/oder Beschriften mittels elektromagnetischer gebündelter Strahlung sowie Verfahren zum Betrieb der Vorrichtung**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Sintern, Abtragen und/oder Beschriften mittels elektromagnetischer gebündelter Strahlung, insbesondere eine Laser-Sintermaschine und/oder Laser-Oberflächenbearbeitungsmaschine, die zur Durchführung stereolithographischer Bauverfahren geeignet ist. Eine aus DE 198 46 478 bekannte Laser-Sintermaschine weist ein Maschinengehäuse auf, in dem ein Bauraum untergebracht ist. Im oberen Bereich des Bauraums befindet sich ein Scanner, in den der Strahl eines Sinter-Lasers eingekoppelt wird. Unter dem Scanner ist eine höhenverfahrbare Werkstückplattform angeordnet, in deren Bereich eine Materialzuführungseinrichtung mit einem zur Zuführung von pulverartigem, pastosem oder flüssigem Sintermaterial aus einem Vorratsbehälter in den Prozeßbereich über der Werkstückplattform dienenden Beschichter vorgesehen ist.

Durch den Scanner wird der Fokus des Laserstrahls so über die auf der Werkstückplattform befindliche Sintermaterialschicht geführt, daß sich das Sintermaterial erhitzt, aufschmilzt und dadurch verfestigt.

Die bekannte Laser-Sintermaschine ist insofern nachteilig, als mit ihr großvolumige Bauteile nur schwer hergestellt werden können. Wird nämlich durch die bekannte Scannereinrichtung der Laserstrahl zu relativ weit auseinander liegenden Randbereichen geführt, kommt es zwangsläufig zu Veränderungen des Fokus und damit der einfallenden Energiedichte, so daß eine ausreichende Homogenität und Stabilität des gesinterten Materials im Randbereich relativ großer Werkstücke nicht mehr gewährleistet ist. Außerdem führen relativ große Strahlabweichungen im Randbereich stereolithographisch hergestellter Werkstücke zu Ungenauigkeiten. Dementsprechend treten auch beim Beschriften und Abtragen der Randbereiche durch den schräg einfallenden Laserstrahl Probleme auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Sintern, Abragen und/oder Beschriften mittels elektromagnetischer gebündelter Strahlung mit den weiteren Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruches 1 derart auszubilden, daß mit ihr relativ großvolumige Bauteile hoher Präzision hergestellt, abgetragen und/oder beschriftet werden können. Diese

Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 - 12. Es ist darüber hinaus Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 anzugeben, das großvolumige, hochgenaue und stabile Werkstücke hervorbringt, abträgt und/oder beschriftet. Diese Aufgabe wird durch die Verfahrensansprüche 13 ff. ebenfalls gelöst.

Als Kern der Erfindung wird es zunächst angesehen, im Gegensatz zu dem bekannten Stand der Technik den Scanner nicht im oberen Bereich des Bauraumes zu montieren, sondern an einem über der Werkstückplattform nach Art eines Kreuzschlittens motorisch verfahrbaren Scanner-Träger zu befestigen, wobei die motorischen Antriebselemente des Scanner-Trägers an einen Steuerungsrechner der Vorrichtung angeschlossen ist und von diesem während des Bauprozesses zur Bewegung des Scanners über der Werkstückplattform angesteuert werden. Damit ist es möglich, den Scanner im wesentlichen zentral über die gerade zu belichtende Bauzone zu verfahren und aus dieser zentralen Position über der Bauzone den Laserstrahl mit nur kleinen Winkelabweichungen von der Senkrechten durch die Scannerspiegel auf die Bauschicht zu lenken. Durch diese Maßnahme werden Fokusveränderungen weitgehend vermieden und die Bauqualität dadurch verbessert. Außerdem ist es möglich, die Bauschicht in Zonen aufzuteilen, die durch den Scanner-Träger angefahren werden können. Innerhalb der Zonen wird im wesentlichen durch die Ansteuerung des Scanners die Schicht mit dem Laserstrahlfokus abgerastert.

Zusätzlich kann es vorteilhaft sein, wenn der Scanner-Träger über der Werkstückplattform höhenverfahrbar angeordnet ist. Dies ermöglicht zusätzliche Variationsmöglichkeiten betreffend die auf die Bauschicht auftreffende Energiedichte. Insbesondere besteht auch die Möglichkeit, bereits fertiggestellte Seitenbereiche noch einmal oberflächlich im Sinne einer Feinbearbeitung zu überarbeiten, d. h. z. B. Ungenauigkeiten abzutragen, Oberflächen durch weiteres Aufschmelzen zu verdichten und dergleichen, wobei beispielsweise durch den Scanner der Laserstrahl im wesentlichen horizontal abgelenkt wird, so daß er rechtwinklig auf eine sich vertikal erstreckende Bauteilseitenfläche fällt. Durch Auf- und Abbewegung mittels der Höhenverstellung des Werkstückträgers kann der Einfallswinkel des Laserstrahls auf der Oberfläche beibehalten und dennoch eine flächige Überarbeitung vorgenommen werden.

Die Ansprüche 3 - 8 betreffen Anordnungen des Lasers und insbesondere Merkmale betreffend die Strahlführung. Da abgesehen von der Verwendung eines Lichtleitelementes des An-

spruchs 7 der Laserstrahl mehrfach an oder innerhalb der Kreuzschlittenanordnung umgelenkt werden muß und in einem Sinterbauraum durch Verdampfen von Sintermaterialpartikeln Verschmutzungen auftreten können, ist es zweckdienlich, die Strahlführung des Laserstrahls möglichst verdeckt zu gestalten. Dies gilt insbesondere auch hinsichtlich der Spiegel oder  
5 prismenartigen Umlenkelemente.

Sowohl die motorischen Antriebselemente als auch die Scannerspiegel können gesondert angesteuert werden. Damit wird es – wie oben bereits erwähnt – möglich, beispielsweise unter Beibehaltung eines Strahleinfallswinkels auf die zu bearbeitende Schicht oder Oberfläche  
10 entweder nur mit dem Kreuzschlittenantrieb zu arbeiten oder den Kreuzschlittenantrieb stehen zu lassen und eine sehr schnelle Flächenabrasterung durch Bewegung der Scannerspiegel vorzunehmen. Selbstverständlich sind auch Kombinationen beider Bewegungen möglich, beispielsweise dadurch, daß zur Abrasterung einer Fläche der motorische Kreuzschlittenantrieb langsam über die Fläche gefahren wird und über die Scannerspiegelablenkung stochastisch  
15 einzelne Zonen der Fläche abgerastert werden.

Es ist auch möglich, mit der Kreuzschlittenanordnung übergeordnete Grobrasterpunkte anzufahren, den Scanner-Träger über diesen Grobrasterpunkten stehen zu lassen und dann im Sinne einer Feinrasterung Unterzonen abzurastern.

20 Mit besonderem Vorteil kann am Scannerträger bzw. am Scanner ein Abstandssensor angeordnet sein, mittels welchem gleichzeitig während der Bearbeitung des Bauteils eine Abstandsmessung durchführbar ist. Eventuell auftretende Fehler können somit gleich während der Bearbeitung behoben werden. Die Abstandsmessung kann mittels sichtbarem Licht oder  
25 auch im Infrarotbereich erfolgen.

Vorteilhafterweise kann der Abstandssensor in der z-Achse verfahrbar sein. Indem der Abstandssensor auf dem Scannerträger und damit auf dem Kreuzschlittenantrieb angeordnet ist, ist die Verfahrbarkeit in der z-Achse einfach durchführbar. Nach der Bearbeitung der Bauteile  
30 kann damit eine Abstandsmessung durchgeführt werden, wobei der Meßabstand zum Bauteil mittels Verfahrens auf der z-Achse verkürzt werden kann, was zu präziseren Meßergebnissen führt. Natürlich kann die Abstandsmessung auch nach der Bearbeitung der Bauteile erfolgen.

Einzelheiten betreffend vorteilhafte Betriebsverfahren ergeben sich aus den Ansprüchen  
35 15 - 25, wobei als ein Kernpunkt der Verfahren angesehen wird, daß eine Beaufschlagung der Bauschicht oder der zu überarbeitenden oder zu gravierenden Bauteiloberfläche der Einfalls-

winkel des Laserstrahls frei wählbar ist. Beim Bauprozeß kann mit im wesentlichen senkrechten Einfallswinkeln auf die Materialschicht gearbeitet werden, bei Überarbeitungsprozessen kann der Einfallswinkel des Laserstrahls beibehalten oder gezielt variiert werden, um eine Oberflächenbearbeitung beispielsweise auch in Hinterschneidungen, Aushöhlungen und dergleichen zu ermöglichen.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist es möglich, die Konturen der Bauschicht, d. h. den äußeren Rand, durch Bewegung der Antriebs Elemente der Kreuzschlittenanordnung abzufahren und abhängig von der Fahrgeschwindigkeit der Kreuzschlittenanordnung die Laserleistung und/oder die Energiedichte des Laserstrahls auf der Kontur zu steuern. Dies bedeutet, daß bei langsamen Verfahren die Laserleistung abgesenkt wird. Wenn die Kreuzschlittenanordnung schneller über die Konturlinien fährt, kann die Laserleistung und/oder die Energiedichte des Laserstrahls auf der Konturlinie hochgefahren werden. Ziel dieser Maßnahme ist eine möglichst konstante Beaufschlagung der Konturlinie mit Laserenergie unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit der Kreuzschlittenanordnung.

Mit Anspruch 27 wird eine besonders vorteilhafte Maßnahme bei der Bestrahlung von Randbereichen von Bauteilen gelehrt, wobei Grundlage der Überlegung ist, daß die Kreuzschlittenanordnung mit einer relativ hohen Masse behaftet ist. Sollen nun die Ecken von Randbereichen, insbesondere von Konturen eines Werkstückes mit dem Laserstrahl abgefahren werden, so würde dies bedeuten, daß die Kreuzschlittenanordnung exakt in die Ecken geführt werden muß und dort beispielsweise recht- oder spitzwinklig umgelenkt werden muß – abhängig von der Eckkontur des Bauteils. Dabei treten hohe negative und positive Beschleunigungen auf, wenn man die Bestrahlung durch die Bewegung der Kreuzschlittenanordnung alleine vollziehen will.

Die Lehre des Anspruches 27 zielt nun darauf ab, daß die Bewegung der Kreuzschlittenanordnung gerundet innerhalb der Ecken erfolgt, d. h. die Ecke durch einen Radius abgekürzt wird, so daß der Scannerkopf, der fest auf der Kreuzschlittenanordnung befestigt ist, eine kontinuierliche, d. h. stetige Kurvenbewegung durchführen kann. Der Fokus des Laserstrahls wird durch gesonderte synchronisierte Nachführung der Scannerspiegel in die Ecken der Randbereiche geführt. Die Scannerspiegel haben eine weit geringere Masse als der gesamte Scannerkopf, weswegen dies ohne mechanische Belastung mit hoher Baugeschwindigkeit durchführbar ist.

Ein anderer Ansatz ergibt sich aus Anspruch 28. Dieser Anspruch lehrt, die Ecken von Randbereichen mit reduzierter Geschwindigkeit der Kreuzschlittenanordnung anzufahren und eine geschwindigkeitsabhängige Leistungs- oder Energiedichtesteuerung des Lasers auf der bestrahlenden Oberfläche vorzunehmen. Diese Maßnahme hat einen konstanten Energieeintrag  
5 in die Konturlinien des Bauteils zum Ziel.

Gemäß Anspruch 30 ist vorgesehen, mehrere Bauräume in einem Maschinengehäuse vorzusehen, wobei der eine nach eines Kreuzschlittens motorisch verfahrbare Scannerträger zwischen den Bauräumen verfahrbar ist, d. h. zwischen den Bauräumen hin- und herpendelt. Es  
10 können nicht nur zwei Bauräume nebeneinander in einem Maschinengehäuse vorgesehen sein, sondern z. B. in einer einem Quadrat angenäherten Anordnung vier Bauräume, die in beliebiger Reihenfolge abgefahren werden können, um parallel vier Bauteile im wesentlichen gleichzeitig in einer Maschine aufzubauen oder auf sonstige Weise zu bearbeiten, wie dies im Oberbegriff des Anspruches 1 vorgesehen ist. Dabei kann z. B. wie folgt vorgegangen werden:  
15

- Bauraum 1: belichten
- Bauraum 2: beschichten
- Bauraum 3: Abkühlphase einer gerade belichteten Schicht
- 20 - Bauraum 4: Abkühlphase einer gerade abgetragenen Schicht

Selbstverständlich sind auch andere Vorgehensweisen möglich, beispielsweise daß in zwei nebeneinanderliegenden Bauräumen belichtet und in zwei anderen Bauräumen beschichtet wird.

25 Gemäß Anspruch 34 kann vorgesehen sein, dem Scannerträger eine Mehrfachfunktion zuzuordnen, nämlich ihn mit einem mechanischen oder elektromechanischen Universaltaster zu versehen, dessen Tastkopf geeignet ist, Bauteile zum Laserabtragen einzurichten oder vorgefertigte Bauteile in einem Bauraum so genau auszurichten, daß ein Aufbau auf vorhandenen  
30 Flächen durch ein Beschichtungsverfahren folgen kann.

Die Absaugung von Metaldämpfen, Rauch und Metallspritzern ist einerseits mit einer Verbesserung der Baustruktur verbunden, zum anderen führen Rauche in einer Baukammer auch immer zu einer Reduzierung der effektiven Laserleistung auf der Baufläche. Werden die Rauche gezielt, d. h. am Ort des Entstehens abgesaugt, kann neben einer Strukturverbesserung des  
35 Bauteils auch eine Erhöhung der Baugeschwindigkeit erzielt werden.

Anspruch 36 sieht eine gezielt Bedüsung der aufzuschmelzenden Metallpulver oder auch der abzutragenden Flächen mit Inertgas vor, das über die Absaugeinrichtung in unmittelbarer Nähe des Laserfokus abgesaugt werden kann.

5   Anspruch 37 sieht vor, am Scannerträger bzw. am Scanner einen Abstandssensor anzuordnen, mit welchem eine Abstandsmessung bereits während der Bearbeitung der Bauteile erfolgen kann. Ebenso ist es gemäß Anspruch 38 möglich, daß die Abstandsmessung erst oder zusätzlich nach der Bearbeitung der Bauteile erfolgt.

10   Die Erfindung ist anhand vorteilhafter Ausführungsbeispiele in den Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen

Fig. 1   eine erste Ausführungsform der Strahlführung der Vorrichtung,

15   Fig. 2   eine modifizierte Ausführungsform der Strahlführung mit flexiblem Lichtleitelement,

Fig. 3   eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung mit verfahrbarer Laserlichtquelle,

Fig. 4   eine Ausführungsform mit verdeckter Strahlführung,

20   Fig. 5   eine schematische Darstellung eines Abrasterprozesses einer Bauschicht unter Einsatz sowohl des Kreuzschlittenantriebes als auch des Scanners,

Fig. 6   eine schematische Darstellung der Strahlführung und Bewegung der apparativen  
25   Komponenten bei einer Oberflächenbearbeitung.

Fig. 7   eine schematische Darstellung der Führung des Scanners und des Laserfokus bei der Konturbestrahlung von Eckbereichen eines Bauteils.

30   Zunächst wird auf Zeichnungsfigur 1 Bezug genommen. Die dort schematisch dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung 1 weist ein durch Wandungen angedeutetes Maschinengehäuse 2 auf, in dem ein Bauraum 3 untergebracht ist. Im oberen Bereich des Bauraums 3 ist ein Scanner 4 angeordnet, in den der Strahl 5 eines Sinter-Lasers 6 eingekoppelt wird. Im unteren Bereich des Bauraums 3 sind eine höhenverfahrbare Werkstückplattform 7 sowie eine nicht  
35   näher dargestellte Materialzuführungseinrichtung vorgesehen, mit der pulverartiges oder auch pastoses oder flüssiges Sintermaterial aus einem nicht dargestellten Vorratsbehälter in den Prozeßbereich über der Werkstückplattform 7 transportiert werden kann.



Der Scanner 4 ist im oberen Bereich des Bauraums 3 beweglich an einem über der Werkstückplattform 7 motorisch verfahrbaren Scanner-Träger 8 angeordnet, wobei der Scanner-Träger 8 nach Art eines Kreuzschlittens 15 ausgebildet ist. Motorische Antriebselemente des Scanner-Trägers 8 sind an einen Steuerungsrechner 9 angeschlossen, der für den gesamten Prozeßablauf zuständig ist. Dieser Steuerungsrechner 9 steuert während des Bauprozesses sowohl die Bewegung des Scanners 4 über der Werkstückplattform 7 als auch die Bewegung des Scannerspiegels 10 im Gehäuse des Scanners 4. Neben einer möglichen Verschiebung des Scanners 4 entlang der x-Achse 11 und der y-Achse 12 ist auch eine Verschiebung des Scanners 4 entlang der z-Achse 13 möglich, wodurch der Scanner 4 über der Werkstückplattform 7 oder auch in daneben liegenden Bereichen höhenverfahrbar ist.

Die Einstrahlung des Strahls 5 des Sinter-Lasers 6 in den Bereich des Scanner-Trägers 8 erfolgt parallel zu den Achsen 11, 12 und 13 der Aufhängung des Scanner-Trägers 8 und über 90°-Ablenkspiegel 14 zum optischen Eingang des Scanners 4. Bei dem in Zeichnungsfigur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Sinter-Laser 6 am Maschinengestell bzw. dem Maschinengehäuse 2 befestigt. Es sind aber auch alternative Sinter-Laser-Anordnungen möglich, beispielsweise kann der Sinter-Laser 6 gemäß Fig. 3 an einem verfahrbaren Element der Kreuzschlittenanordnung 15, nämlich einem Querschlitten befestigt sein. Genauso gut ist es gemäß Fig. 2 möglich, daß der Ausgang des Sinter-Lasers 6 über ein flexibles Lichtleitelement 16 mit dem Scanner 4 verbunden ist.

Die Kreuzschlittenanordnung 15 des Scanner-Trägers 8 umfaßt rohr- oder stangenartige Trägerelemente, der Laserstrahl 5 ist zumindest abschnittsweise innerhalb dieser Trägerelemente geführt. Auch Umlenkelemente wie beispielsweise die 90°-Ablenkspiegel 14 befinden sich bei dem in Zeichnungsfigur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel innerhalb der Trägerelemente.

Die Zeichnungsfiguren 5 und 6 dienen zur Erläuterung eines beispielhaften Betriebsverfahrens der Vorrichtung 1.

In Zeichnungsfigur 5 ist in Draufsicht auf die Werkstückplattform 7 eine Sintermaterialschicht dargestellt, die aus dem Vorratsbehälter über die Materialzuführungseinrichtung aufgetragen ist. Um diese Schicht zu verfestigen, wird elektromagnetische Strahlung in Form der Laserstrahlung auf die Schicht fokussiert, wodurch diese ganz oder teilweise aufgeschmolzen wird. Dabei wird verfahrensgemäß so vorgegangen, daß die Bauschicht durch den Prozeß-

rechner in eine Mehrzahl von Quadranten aufgeteilt wird, beim Ausführungsbeispiel sechs Quadranten. Zunächst wird das Zentrum I des ersten Quadranten angefahren und der Scanner über dem Zentrum I des ersten Quadranten fixiert. Dann wird der Scannerspiegel so angesteuert, daß beispielsweise in vier Unterquadranten die Bauzonen 1, 2, 3, 4, 5 usw. der Reihe nach  
5 abgescannt werden. Dadurch werden thermische Überbelastungen der Bauschicht vermieden. Es ist natürlich auch möglich, willkürlich in stochastischer Verteilung Kleinflächen 16, 17 und 18 anzufahren. Genauso gut kann vor Fertigstellung eines ersten Quadranten I auch ein anderer Quadrant, beispielsweise der Quadrant II ganz oder teilweise angefahren und aufgeschmolzen werden, falls dies aufgrund der Struktur des Werkstückes, thermischer Belastungen  
10 und dergleichen erforderlich und zweckdienlich erscheint. In vorteilhafter Weise werden dabei jedenfalls große Winkelabweichungen des Laserstrahls von der Senkrechten vermieden, die dann auftreten würden, wenn ein unbeweglicher Scannerkopf beispielsweise über dem Zentrum Z der Bauschicht angeordnet wäre.

15 Fig. 6 zeigt in anschaulicher Weise, wie die Achsenverschiebbarkeit des Scanner-Trägers 8 dazu verwendet werden kann, die Oberflächen 20 eines bereits fertiggestellten Werkstückes 21 zu überarbeiten.

In Position a kann der Scanner-Träger 8 beispielsweise auf einer Bewegungsbahn 22 geführt  
20 werden, die parallel zu der bearbeitenden Oberfläche 20 verläuft. Der Ablenkwinkel  $\psi$  des Strahls 5 des Lasers von der Senkrechten 23 kann dabei konstant gehalten werden, so daß der Auftreffwinkel des Strahls 5 des Lasers auf der Oberfläche 20 immer rechtwinklig ist.

In Position b des Scanner-Trägers 8 ist es möglich, den Scanner-Träger 8 ebenfalls entweder  
25 parallel zu der zu bearbeitenden Oberfläche 20 zu bewegen oder auch durch Bewegung des Scannerspiegels 10 mit relativ kleinwinkligen Abweichungen des Strahls 5 von der Senkrechten 23 die Oberfläche 20 zu überarbeiten.

In Position c ist der Scanner-Träger 8 in eine abgesenkte Stellung gebracht und eröffnet damit  
30 die Möglichkeit, auch Hinterschneidungen 24 auszuleuchten, die ansonsten unter Umständen nicht erreichbar wären.

Gleiches gilt für Position d. In Position e beispielsweise kann der Strahl 5 des Lasers horizontal eingestellt bleiben, wobei sich der Scannerspiegel 10 nicht bewegt, durch Verfahren  
35 des Scanner-Trägers 8 parallel zu der Oberfläche 20, die der Position e gegenüberliegt, kann

diese bearbeitet werden, wobei ebenfalls definierte Energiedichteverhältnisse vorherrschen, da der Strahl 5 des Lasers immer senkrecht auf die Oberfläche 20 trifft.

5 In den Positionen f, die im unteren Bereich der Fig. 6 dargestellt sind, ist es sogar möglich, den Scanner-Träger 8 einer gekrümmten Bewegungsbahn folgen zu lassen, die im wesentlichen parallel zu einer gekrümmten, zu überarbeitenden Werkstückoberfläche 20 angeordnet ist. Der Scanner 4 ist dann in der Lage, durch sukzessives Verstellen der Scannerspiegel 10 den Laserstrahl 5 immer senkrecht auf die Oberfläche 20 zu werfen, um die angestrebte Überarbeitungspräzision zu gewährleisten.

10

In Fig. 7 ist der Eckbereich 30 eines Werkstückes mit einer Werkstückoberfläche 31 zu sehen. Die Konturlinie 32 des Eckbereiches 30 soll nun von einem Laserstrahl nochmals abgefahren werden, um die Bauteilgenauigkeit zu erhöhen. In den geraden Bereichen 33 der Konturlinie folgt der Scanner 4 parallel der Konturlinie entlang der gestrichelten Linie 34, bevor er die Ecke 35 der Bauteiloberfläche 31 erreicht, biegt er auf eine abkürzende, gebogene Linie 36 ab, so daß der Scanner 4 zusammen mit dem Elementen der Kreuzschlittenanordnung eine stetige Bewegung durchführen kann. Der Radius der gebogenen Linie 36 kann in Kenntnis der baulichen Gegebenheiten der Elemente der Kreuzschlittenanordnung gewählt und optimiert werden.

20

Ein Abstandssensor 37 ist am Scannerträger 8 angeordnet (siehe Fig. 1), mit welchem eine Abstandsmessung sowohl während der Bearbeitung des Werkstückes als auch nach der Bearbeitung des Werkstückes durchgeführt werden kann. Indem der Abstandsmesser 37 auf dem Scannerträger 8 angeordnet ist, ist dieser ebenfalls durch den Kreuzschlittenantrieb in seiner z-Achse verfahrbar. Damit ist es möglich, daß nach der Bearbeitung der Bauteile die Abstandsmessung mit einem geringeren Meßabstand durchgeführt werden kann, was zu genaueren Meßergebnissen führt.

25

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Vorrichtung zum Sintern, Abtragen und/oder Beschriften mittels elektromagnetischer gebündelter Strahlung, insbesondere Laser-Sintermaschine und/oder Laser-Oberflächenbearbeitungsmaschine, insbesondere zur Durchführung stereolitographischer Verfahren, mit einem in einem Maschinengehäuse (2) untergebrachten Bauraum (3), in welchem ein Scanner (4), in den der Strahl (5) eines Sinter-Lasers (6) eingekoppelt wird, eine höhenverfahrbare Werkstückplattform (7) sowie eine Materialzuführungseinrichtung mit einem zur Zuführung von pulverartigem, pastosem oder flüssigem Sinter-Material aus einem Vorratsbehälter in den Prozeßbereich über der Werkstückplattform dienendem Beschichter vorgesehen sind

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- der Scanner (4) an einem über der Werkstückplattform (7) nach Art eines Kreuzschlittens motorisch verfahrbaren Scanner-Träger (8) angeordnet ist, wobei motorische Antriebselemente des Scanner-Trägers (8) an einen Steuerungsrechner (9) der Vorrichtung (1) angeschlossen sind und von diesem während des Bauprozesses zur Bewegung des Scanners (4) über der Werkstückplattform (7) angesteuert werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- der Scanner-Träger (8) über der Werkstückplattform (7) höhenverfahrbar angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- die Einstrahlung des Strahls (5) des Sinter-Lasers (6) in den Bereich des Scanner-Trägers (8) parallel zu den Achsen (11-13) der Aufhängung des Scanner-Trägers (8) er-

folgt und über 90°-Ablenkspiegel (14) zum optischen Eingang des Scanners (4) geführt wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Sinter-Laser (6) ortsfest an einem mit einer Kreuzschlittenanordnung (15) der Aufhängung verbundenen Maschinengestell befestigt ist.

10

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

15 der Sinter-Laser (6) parallel zu einer Achse (12) der Kreuzschlittenanordnung (15) verfahrbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5,

20

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Sinter-Laser (6) an einem verfahrbaren Element der Kreuzschlittenanordnung (15) befestigt ist.

- 25 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

30 der Sinter-Laser (6) über ein flexibles Lichtleitelement (16) mit dem Scanner (4) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Kreuzschlittenanordnung (15) des Scanner-Trägers (8) rohr- oder stangenartige Trägerelemente umfaßt und der Laserstrahl (5) zumindest abschnittsweise innerhalb der Trägerelemente geführt und/oder umgelenkt ist.

5

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

10

der Steuerungsrechner (9) der Vorrichtung (1) zur gesonderten Ansteuerung der motorischen Antriebselemente der Kreuzschlittenanordnung (15) und der Scannerspiegel (10) ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15

**dadurch gekennzeichnet, daß**

mindestens zwei Laserlichtquellen unterschiedlicher Energie derart angeordnet sind, daß ihre Strahlen (5) durch den mindestens einen Scanner (4) auf die Werkstückoberfläche oder die zu sinternde Materialschicht geführt werden.

20

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

25

an dem Scanner-Träger (8) zwei Scanner (4, 4') angeordnet sind, wobei jedem Scanner (4, 4') eine Laserlichtquelle zugeordnet ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die neben dem Sinter-Laser (6) vorhandene weitere Laserlichtquelle mit einer im wesentlichen starren optischen Umlenkvorrichtung zusammenwirkt, die am Scanner-

Träger (8) befestigt ist und den in sie einfallenden Strahl (5) senkrecht nach unten ablenkt.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

5

**dadurch gekennzeichnet, daß**

am Scanner-Träger (8) bzw. am Scanner (4) ein Abstandssensor (37) angeordnet ist.

- 10 14. Vorrichtung nach Anspruch 13,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Abstandssensor (37) in der z-Achse verfahrbar ist.

15

15. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

20 im Randbereich großvolumiger Werkstücke liegende Bauzonen beim Bauprozess derart vom Scanner-Träger angefahren werden, daß der Scanner den Laserstrahl beim Bauprozess bezogen auf die Senkrechtachse nur mit relativ kleinen Winkeln ablenkt.

16. Verfahren nach Anspruch 15,

25

**dadurch gekennzeichnet, daß**

durch den Steuerungsrechner jede zu sinternde Werkstückschicht in Bauzonen aufgeteilt wird und der Scanner beim Belichtungsprozess durch die Kreuzschlittenanordnung über die jeweilige Bauzone gefahren wird und die innerhalb der Bauzone erforderliche Strahlablenkung durch Bewegung des Scannerspiegels erfolgt.

30

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 16,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

5 die sequentielle Bestrahlung der Bauzonen mit elektromagnetischer Strahlung (Laserlicht) derart erfolgt, daß die Vielzahl der Bauzonen in stochastischer Abfolge nacheinander angefahren werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 - 17,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

10

die Randbereiche der einzelnen Bauzonen sich überlagern.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 - 17,

15

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Randbereiche der einzelnen Bauzonen gesondert mit Laserlicht beaufschlagt werden.

20 20. Verfahren nach Anspruch 19,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

25 die gesonderte Beaufschlagung der Randbereiche mit Laserlicht durch Bewegung der Kreuzschlittenanordnung bei Stillstand der Scannerspiegel, insbesondere mit senkrecht auf die zu sinternde Materialschicht einfallendem Laserstrahl erfolgt.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 - 20,

30

**dadurch gekennzeichnet, daß**

Werkstückoberflächen oder innerhalb des Werkstückes verlaufende Kanal- oder Innenraumoberflächen mit im wesentlichen senkrecht auf die Bauschicht oder Oberfläche auftreffendem Laserlicht nachbestrahlt werden.



22. Verfahren nach Anspruch 21,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

5 bei der Nachbestrahlung eine Verdichtung und/oder Glättung der Oberflächen erfolgt.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 - 22,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

10

durch den senkrecht auftreffenden und damit genau definierten Laserstrahlfokus eine  
Feinbearbeitung der Oberflächen des Werkstückes erfolgt.

24. Verfahren nach Anspruch 23,

15

**dadurch gekennzeichnet, daß**

bei der Feinbearbeitung ausschließlich die Antriebselemente der Kreuzschlittenanord-  
nung angetrieben werden und der Auftreffwinkel des Laserstrahls auf die Bauschicht  
20 unverändert beibehalten wird.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 - 24,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

25

der Fokus des aus dem mindestens einen Scanner und/oder der optischen Ablenkvor-  
richtung austretenden Laserstrahls zur gezielten Veränderung der auf die Bauschicht  
und/oder Oberfläche auftreffenden Energiedichte während des Bau- oder Bearbeitungs-  
vorganges verstellt wird, wozu motorisch über dem Prozeßrechner verstellbare Fokussie-  
30 rungs-elemente vorgesehen sind.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 – 25,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

5 die Konturen der Bauschicht durch Bewegung der Antriebselemente der Kreuzschlittenanordnung abgefahren werden, wobei abhängig von der Fahrgeschwindigkeit der Kreuzschlittenanordnung die Laserleistung und/oder die Energiedichte des Laserstrahls auf der Kontur gesteuert wird.

27. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 19 oder 20,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

10

bei Bestrahlung von Ecken der Randbereiche die Bewegung der Kreuzschlittenanordnung gerundet innerhalb der Ecken erfolgt, so daß der Scanner eine kontinuierliche Kurven-Bewegung durchführen kann und der Fokus des Laserstrahles durch gesonderte, synchronisierte Nachführung der Scannerspiegel in die Ecken der Randbereiche geführt wird.

15

28. Verfahren nach Anspruch 20,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

20

Ecken von Randbereichen mit reduzierter Geschwindigkeit der Kreuzschlittenanordnung angefahren werden und eine geschwindigkeitsabhängige Leistungssteuerung und/oder Energiedichtesteuerung des Lasers auf der zu bestrahlenden Oberfläche erfolgt.

25

29. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

**gekennzeichnet durch**

30

synchron gesteuerte Bewegung der Kreuzschlittenanordnung und der Scannerspiegel bei Belichtung von Bauteilkonturen und Bauteilflächen.

30. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

**gekennzeichnet durch**

5 Vorsehen mehrerer Bauräume in einem Maschinengehäuse, wobei der nach Art eines Kreuzschlittens motorisch verfahrbare Scannerträger zwischen den Bauräumen verfahrbar ist.

31. Verfahren nach Anspruch 30,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

10

die Materialzuführungseinrichtung ebenfalls motorisch über die mehreren Bauräume verfahrbar ist.

32. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 30 oder 31,

15

**dadurch gekennzeichnet, daß**

eine Mehrzahl von Materialzuführungseinrichtungen vorgesehen ist, wobei jeweils eine Materialzuführungseinrichtung einem Bauraum zugeordnet ist.

20

33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 30 - 32,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

25

das Beschichten einer Bauoberfläche in einem Bauraum gleichzeitig mit dem Belichten durch den Laser in einem anderen Bauraum erfolgt.

34. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

30

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Scannerträger einen mechanischen oder elektromechanischen Universaltaster trägt, dessen Tastkopf zur hochpräzisen Einrichtung von Bauteilen beim Laserabtragen und/oder für die Einrichtung von vorgefertigten Bauteilen in einem Bauraum dient.

35. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

**gekennzeichnet durch**

5       Absaugen von Metaldämpfen, Rauch und Metallspritzern während des Laserbetriebes durch ein insbesondere ringartiges Absaugelement am Scannerträger, wobei der Absaugbereich in unmittelbarer Umgebung des Laserfokus auf der Bauteiloberfläche nachgeführt wird.

10     36. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

**gekennzeichnet durch**

15       Bedüsen der aufzuschmelzenden Metallpulver mit Inertgas, das über eine Bedüsungseinrichtung am Scannerträger in unmittelbarer Nähe des Laserfokus zugeführt und über die Absaugeinrichtung in unmittelbarer Umgebung des Laserfokus abgesaugt wird.

37. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

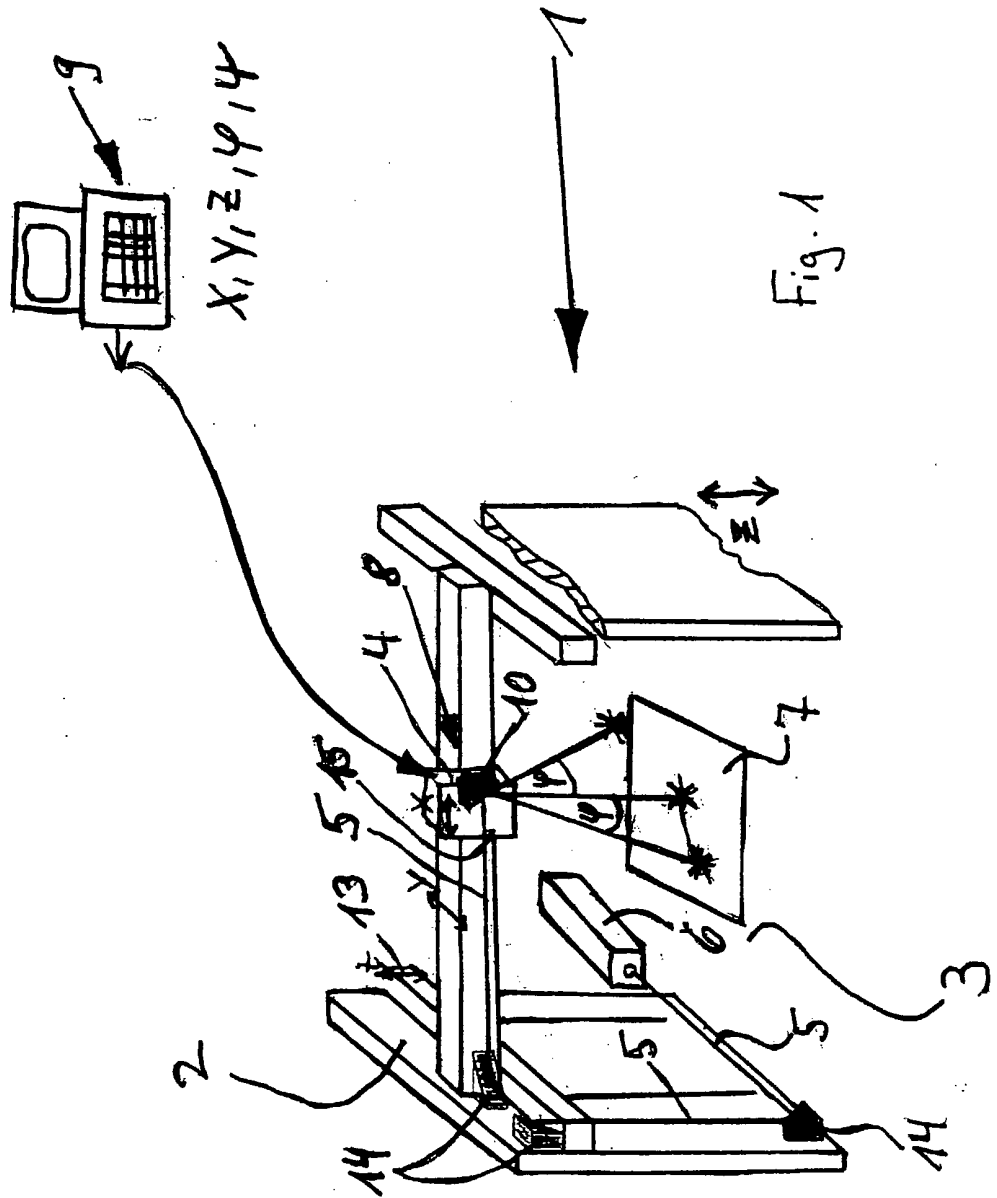
20       **dadurch gekennzeichnet, daß**

am Scanner-Träger (8) bzw. am Scanner (4) eine Abstandssensor (37) angeordnet ist, mit welchem eine Abstandsmessung während der Bearbeitung der Bauteile erfolgt.

25     38. Verfahren zum Betrieb einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

30       am Scanner-Träger (8) bzw. am Scanner (4) ein Abstandssensor (37) angeordnet ist, mit welchem eine Abstandsmessung nach der Bearbeitung der Bauteile erfolgt.



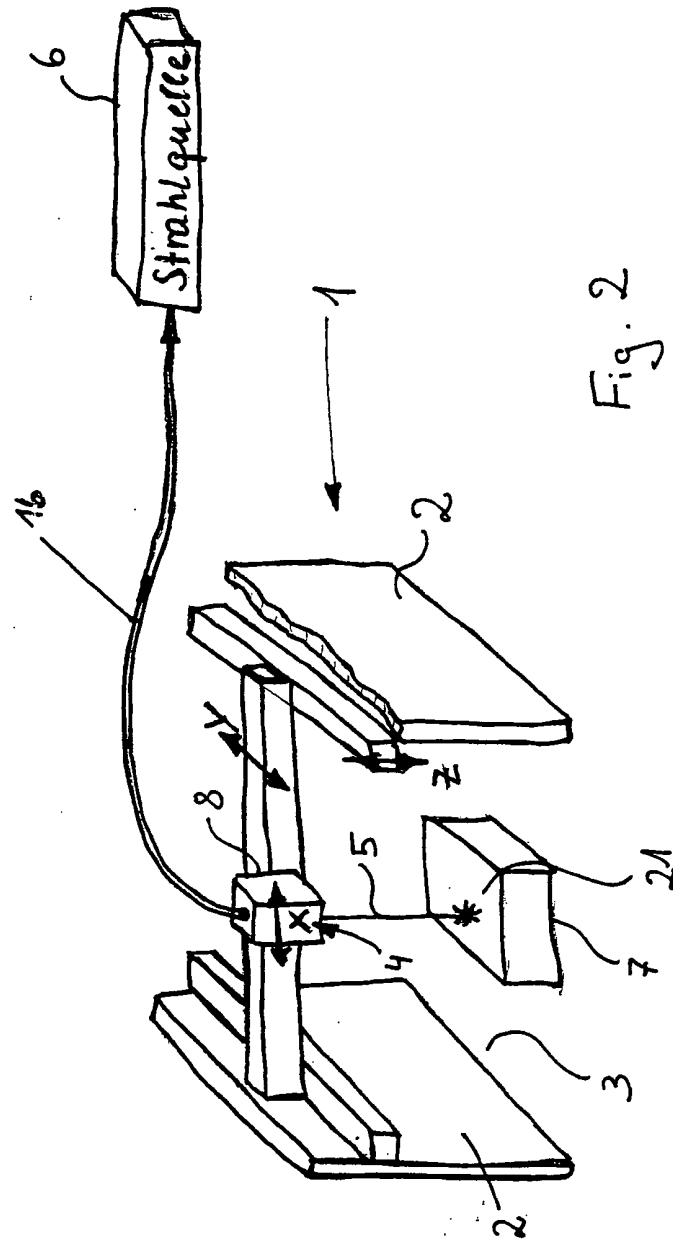
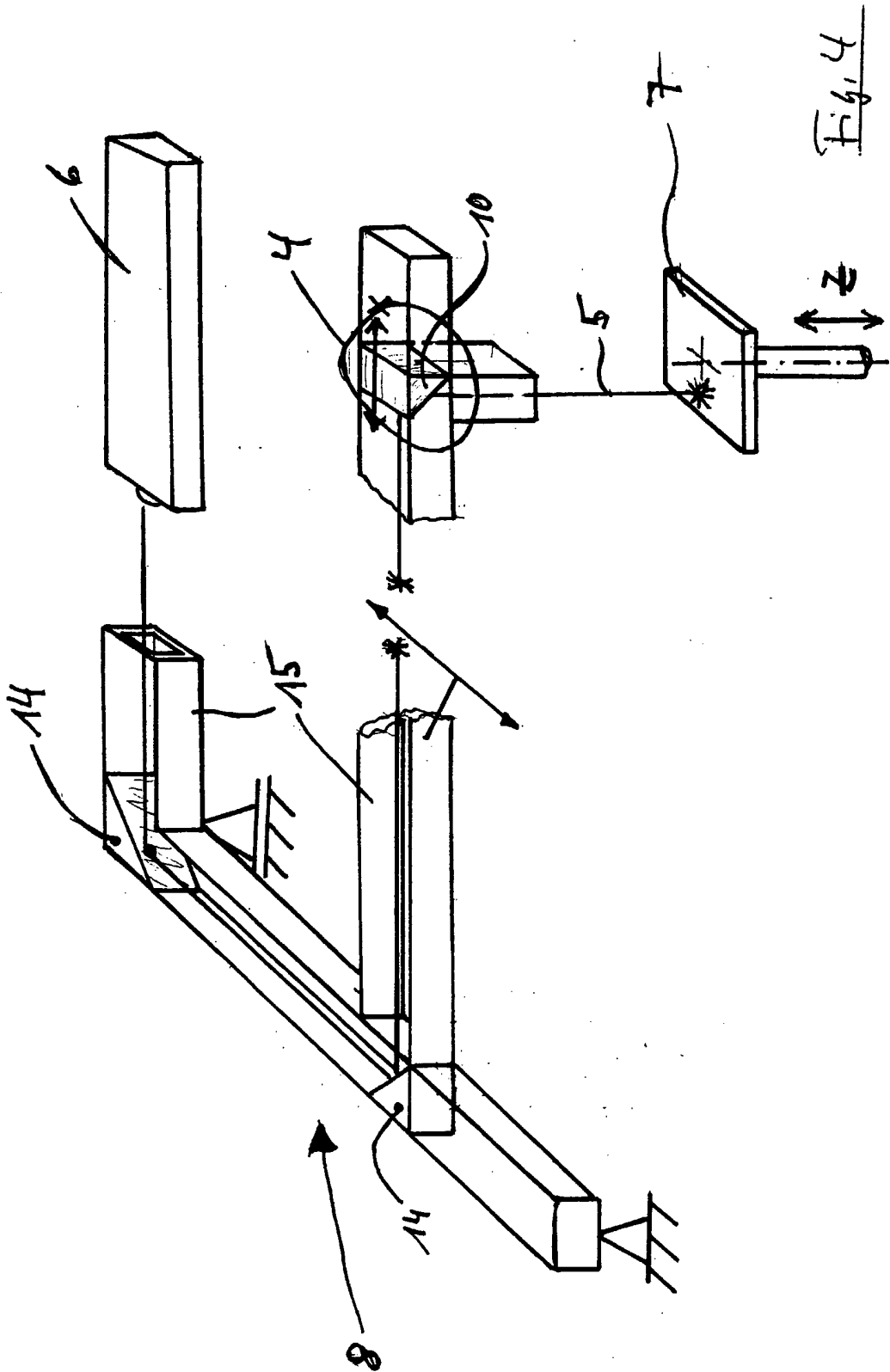


Fig. 2







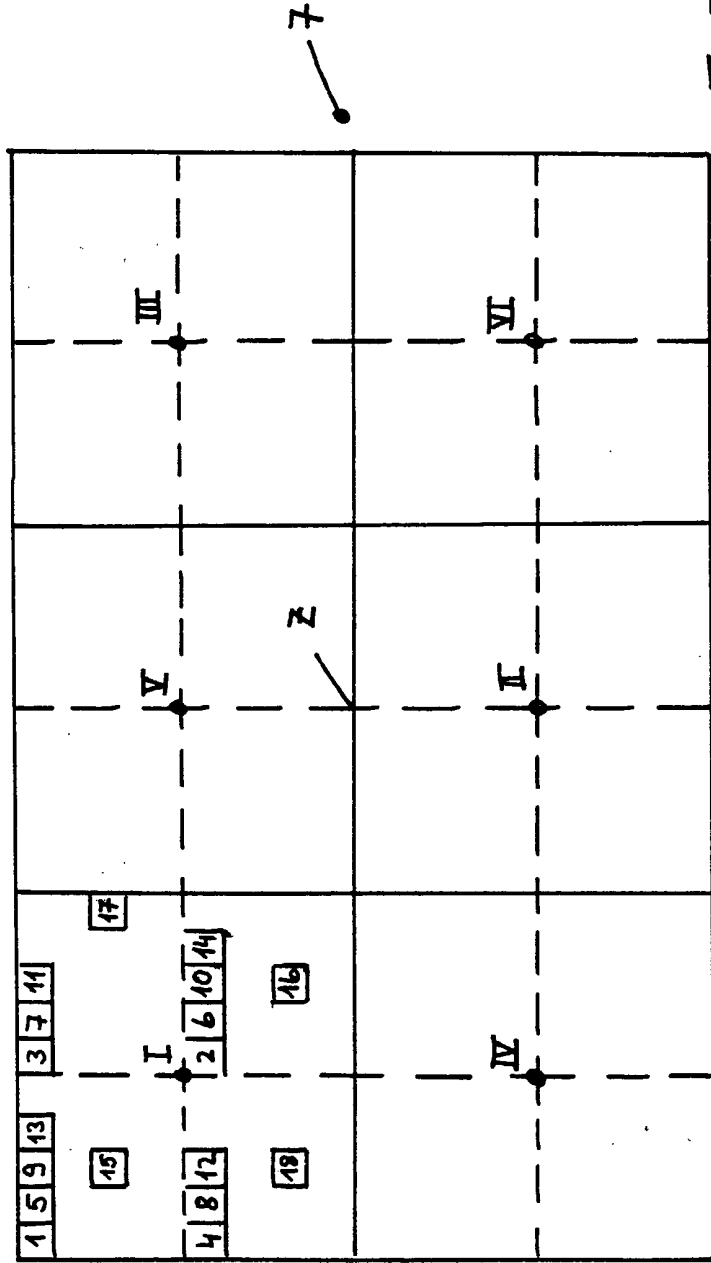


Fig. 5



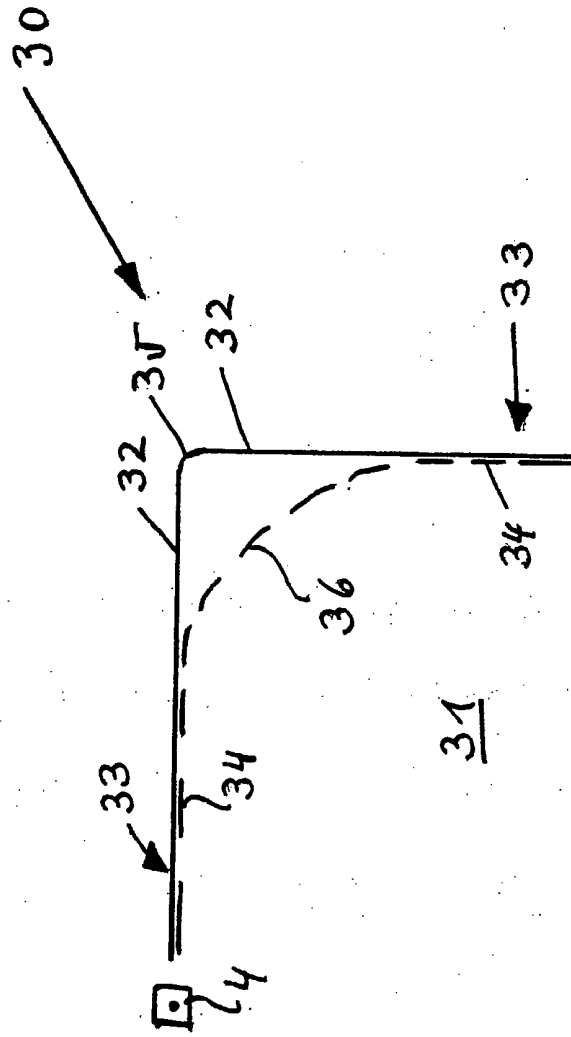


Fig. 7