

# PATENTSCHRIFT 140 117

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

|      |                     |      |          |                                |              |
|------|---------------------|------|----------|--------------------------------|--------------|
| (11) | 140 117             | (44) | 13.02.80 | Int. Cl. <sup>3</sup><br>3(51) | B 23 K 26/00 |
| (21) | WP B 23 K / 210 137 | (22) | 27.12.78 |                                |              |

(71) VEB Kombinat Feinmechanische Werke Halle, DD

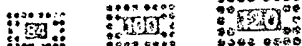
(72) Pöhler, Manfred, Dr.rer.nat. Dipl.-Phys.; Staupendahl,  
Gisbert, Dr.rer.nat. Dipl.-Phys.; Echtermeyer, Fritz,  
pl.-Ing., DD

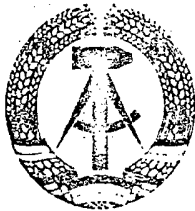
(73) siehe (72)

(74) Klaus Echtermeyer, 402 Halle, Saatweg 23

(54) Anordnung zur Präzisionsmaterialbearbeitung mittels  
Laserstrahlen

(57) Die Erfindung findet Anwendung in der Präzisionsmaterialbearbeitung verschiedenster Werkstoffe und Arbeitsverfahren, wie Schneiden, Schweißen und Gravieren in vorgegebenen numerisch gesteuerten Bahnen und Konturen. Ziel der Erfindung ist die Steigerung der Arbeitsproduktivität bei gleichzeitig reproduzierbar hoher Bearbeitungsqualität. Die Aufgabe der Erfindung, einen Genauigkeitsgrad von hundertstel Millimetern bei einer hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit, wird dadurch erreicht, indem jeweils paarweise Verstärker 4, 5, Regler 6, 7, Spannungen 9, 10, Meßwerke 11, 12, Steller 17, 18 durch eine Meßwertspannungseinrichtung 3, eine Grenzwerteinstellung 19 und mehreren Umlenkmeßkörpern 36 miteinander korrespondierend und über eine numerische Steuerung 14 regelbar auf die X- und Y-Antriebe 15, 16 der Präzisionsführungseinrichtung einwirken. - Fig.1 -





# PATENTSCHRIFT 140 117

## Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11) 140 117 (44) 13.02.80 Int. Cl.<sup>3</sup> 3(51) B 23 K 26/00  
(21) WP B 23 K / 210 137 (22) 27.12.78

Zur PS Nr. 140 117...

ist eine Zeitschrift erschienen.

(Teilweise aufgehoben gem. § 6 Abs. 1 d. Änd. Ges. z. Pat. Ges.)

- 
- (71) VEB Kombinat Feinmechanische Werke Halle, DD  
(72) Pöhler, Manfred, Dr.rer.nat. Dipl.-Phys.; Staupendahl,  
Gisbert, Dr.rer.nat. Dipl.-Phys.; Echtermeyer, Fritz,  
pl.-Ing., DD  
(73) siehe (72)  
(74) Klaus Echtermeyer, 402 Halle, Saatweg 23
- 

- (54) Anordnung zur Präzisionsmaterialbearbeitung mittels  
Laserstrahlen
- 

(57) Die Erfindung findet Anwendung in der Präzisionsmaterialbearbeitung verschiedenster Werkstoffe und Arbeitsverfahren, wie Schneiden, Schweißen und Gravieren in vorgegebenen numerisch gesteuerten Bahnen und Konturen. Ziel der Erfindung ist die Steigerung der Arbeitsproduktivität bei gleichzeitig reproduzierbar hoher Bearbeitungsqualität. Die Aufgabe der Erfindung, einen Genauigkeitsgrad von hundertstel Millimetern bei einer hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit, wird dadurch erreicht, indem jeweils paarweise Verstärker 4, 5, Regler 6, 7, Spannungen 9, 10, Meßwerke 11, 12, Steller 17, 18 durch eine Meßwertspannungseinrichtung 3, eine Grenzwerteinstellung 19 und mehreren Umlenkmeßkörpern 36 miteinander korrespondierend und über eine numerische Steuerung 14 regelbar auf die X- und Y-Antriebe 15, 16 der Präzisionsführungseinrichtung einwirken. - Fig.1 -



Anmelder:  
VEB Feinmechanische Werke Halle,  
402 Halle/S., Rudolf-Breitscheid-Str.

Vertreter:  
Pat.-Ing. Klaus Echtermeyer  
402 Halle/S., Saatweg 23

#### Titel der Erfindung

Anordnung zur Präzisionsmaterialbearbeitung mittels  
Laserstrahlen

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Präzisionsmaterialbearbeitung mittels Laserstrahlen verschiedenster Werkstoffe und Arbeitsverfahren, wie Schneiden, Schweißen und Gravieren in vorgegebenen numerisch gesteuerten Bahnen und Konturen.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In der Zeitschrift Laser und Elektro-Optik, Heft 1/1975, S. 18 wird bereits der Einsatz der Laserstrahlen zur Bearbeitung von verschiedenen Materialien beschrieben, bei der die Manipulation der Laserstrahlen auf den Ort der Materialbearbeitung erfolgt. Hierbei werden relative Bewegungen zwischen dem Laserstrahl und der zu bearbeitenden Werkstückebene ausgeführt. Der Nachteil dieser bekannten technischen Lösung besteht darin, daß bei der Präzisionsbearbeitung im Bereich von hundertstel Millimetern der Laser und die Laseroptik gemeinsam über das Werkstück bewegt werden muß und infolge der Massenträgheit dieser Aggregate nur verhältnismäßig geringe Bearbeitungsgeschwindigkeiten mit einem hohen Genauigkeitsgrad erzielt werden. Laser großer kontinuierlicher Ausgangsleistung weisen auch ein hohes Gewicht auf, wodurch

die Präzisionsmaterialbearbeitung erschwert wird. Diesen Nachteil wird in der DD-PS 127 550 dadurch begegnet, indem nur die leichte Laseroptik mit hoher Geschwindigkeit über die Werkstückebene bewegt wird. Hierbei wird zwischen dem Auskoppelfenster des Lasers und dem Laserstrahl auf zwei an der Führungsmaschine angeordnete Umlenkspiegel ein justierbares Reflexionsspiegelpaar angeordnet, dessen Krümmungsradien aufeinander abgestimmt sind. Die Spiegelgeometrie wird durch die Abstandsänderung der Spiegel des Reflexionsspiegelpaares beeinflusst. Bei dieser Laserschneideinrichtung ist eine Präzisionsbearbeitung hoher Reproduzierbarkeit nicht möglich, da beim Bearbeitungsvorgang infolge der Bewegungen permanent Dejustierungen der Laserstrahlrichtungen auftreten. Aus der DE-OS 2222668 sind Justiervorrichtungen von Laserspiegeln bekannt, die extern mit Mikrometerschrauben eingestellt werden, wobei 3 mm jeweils  $120^\circ$  versetzte Justierpunkte auf Konusmikrometerspindeln eine Justierung der Spiegel auf einer definierten Achse ermöglichen. Der Mangel dieser Anordnung besteht darin, daß neben der kostenintensiven Konstruktion eine ständige Nachjustierung an der axialen Mikrometerschraube der Spiegel insbesondere bei der Präzisionsmaterialbearbeitung erforderlich ist. Alle diese bekannten Vorrichtungen besitzen den Nachteil, daß die Meßergebnisse, infolge einer bisher unkontrollierbaren Reflexionsstrahlung vom Werkstück auf die Meßwerke, verfälscht werden und demzufolge kein exakter Ist-Wert-Soll-Wert-Vergleich angestellt werden kann.

d) Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer Anordnung zur Präzisionsmaterialbearbeitung mittels Laserstrahlen, die während des Betriebes sowohl eine Steigerung der Arbeitsproduktivität, als auch eine reproduzierbar hohe Bearbeitungsqualität garantiert.

e) Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur numerisch gesteuerten Präzisionsmaterialbearbeitung mittels Laserstrahlen und mit einer beweglichen Bearbeitungsoptik ausgestattet, derart zu konzipieren, daß eine hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit im hundertstel Millimeter-Genauigkeitsbereich erreicht wird.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird folgendermaßen gelöst: Über einer Bearbeitungsfläche ist eine Präzisionsführungseinrichtung, in der bekannten Bauart eines Querträgersupportes, fahrbar angeordnet. Die Präzisionsführungseinrichtung enthält einen X- und einen Y-Antrieb, die mit einer numerischen Steuerung verbunden sind, ein Meßwerk II mit einer Meßlochblende und einem darunter angeordneten Laserschneidkopf der etwa in 2 bis 3-facher Brennweite von der Laserschneidoptik entfernt ist. Das Meßwerk II ist durch eine  $U_1$ -Spannung mit einer Meßwertspannungseinrichtung verbunden. Außerhalb der Präzisionsführungseinrichtung befindet sich die Laserstrahlungsquelle mit ihrem teleskopischen System, ein Meßwerk I, das aus einem Umlenkmeßkörper und aus einem Meßkegel besteht, ein Steller I, ein automatisch verstellbarer Justierspiegel und ein Steller II. Am Meßwerk I ist über eine  $U_2$ -Spannung die Meßwertspannungseinrichtung angeschlossen, die wiederum über einen Verstärker I, einen Regler I mit einer Grenzwerteinstellung und dem Steller II korrespondiert. Am Regler I ist über eine externe Führungsspannung ein Verstärker II mit dem Regler II verbunden, der auch mit dem Verstärker I sowie mit dem Steller I in Verbindung steht. Der Umlenkmeßkörper ist an seiner ebenen Reflexionsfläche hochreflektierend vergütet. Gegenüber der ebenen Reflexionsfläche ist unter einem Keilwinkel von  $5^\circ$  bis  $17^\circ$  eine gewölbte optisch abbildende Fläche angeordnet. Beim Betrieb der Anlage wird die Laserstrahlungsquelle, die mit dem teleskopischen System korrespondiert, exakt in Richtung der

ersten Koordinate der Präzisionsführungseinrichtung gelenkt. Einer der Spiegel des teleskopischen Systemes ist ebenfalls zusätzlich als Umlenkmeßkörper ausgebildet. Der hochreflektierende Teil der Laserstrahlung des Umlenkmeßkörpers reflektiert den Laserstrahl über den Umlenkspiegel, durch die Meßlochblende zum Meßwerk II in den Laserschneidkopf. Der transmittierende Anteil der Laserstrahlung gelangt als Meßsignal in den Meßkegel und wird hier als  $U_1$ -Spannung sowie als  $U_2$ -Spannung zur Meßwertspannungseinrichtung geführt. Das Meßsignal dient der Messung der Laserstrahlungsleistung während der Materialbearbeitung und wird zusätzlich der Stabilisierung der Laserstrahlungsquelle verwendet. Ein Spiegel des teleskopischen Systemes ist an einer Justierhalterung befestigt, die in zwei senkrecht zueinander justierbaren Koordinaten über die steuerbaren Steller I und Steller II unabhängig voneinander schwenkbar angeordnet sind. Störungen bei der Übertragung des hochreflektierenden Teiles der Laserstrahlung, der Bewegung der Präzisionsführungseinrichtung der Leistungsschwankungen, der Strahlrichtungsänderungen und Netzspannungsschwankungen werden derart kompensiert, indem am Meßwerk I des Umlenkmeßkörpers und am Meßwerk II dezentrierende Strahlungsabschattungen an der Meßlochblende als Differenzwerte erfaßt werden und als Regelgrößen der dynamischen Nachjustage des automatischen Justierspiegels dienen.

f) Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand von Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Anordnung,

Fig. 2: eine Draufsicht des steuerbaren Stellers,

Fig. 3: eine Seitenansicht nach Fig. 2 mit Koordinatensteller,

Fig. 4: eine Seitenansicht nach Fig. 2,  
spiegelseitig

Fig. 5: einen Schnitt Fig. 2 des steuerbaren  
Stellers,

Fig. 6: einen Schnitt durch einen Umlenkmeßkörper.

Ein bekannter Querträgersupport ist als Präzisionsführungseinrichtung 38 über einer Bearbeitungsfläche 13 fahrbar angeordnet. Die Präzisionsführungseinrichtung 38 enthält einen X-Antrieb 16 sowie einen Y-Antrieb 15, die mit einer numerischen Steuerung 14 gekoppelt sind, ein Meßwerk II 12 mit einer Meßlochblende 21 und einen darunter angeordneten Laserschneidkopf, der etwa in zwei- bis dreifacher Brennweite von der Laserschneidoptik entfernt ist. Das Meßwerk II 12 ist durch eine  $U_1$ -Spannung 9 mit einer Meßwertspannungseinrichtung 3 verbunden. Außerhalb der Präzisionsführungseinrichtung 38 befindet sich die Laserstrahlungsquelle 1 mit ihrem teleskopischen System 2, ein Meßwerk I 11 mit einem Umlenkmeßkörper 36, das einen Meßkegel 28 besitzt, ein Steller I 17, ein automatisch verstellbarer Justierspiegel 22 und ein Steller II 18. Am Meßwerk I 11 ist über eine  $U_2$ -Spannung 10 die Meßwertspannungseinrichtung 3 angeschlossen, die wiederum über einen Verstärker I 4, einen Regler I 6 mit einer Grenzwerteinstellung 19 und dem Steller II 18 korrespondiert. Am Regler I 6 ist über eine externe Führungsspannung 8 ein Verstärker II 5 mit dem Regler II 7 verbunden, der auch mit dem Verstärker I 4 sowie mit dem Steller I 17 in Verbindung steht. Der an einer Systemhalterung 35 schwenkbar befestigte Umlenkmeßkörper 36 mit Kühlung 33 ist an seiner ebenen Reflexionsfläche 41 hochreflektierend vergütet. Gegenüber der ebenen Reflexionsfläche 41 ist unter einem Keilwinkel 42 von  $5^\circ$  bis  $17^\circ$  eine gewölbte optisch abbildende Fläche 40 angeordnet.

Beim Betrieb der Anlage wird die Laserstrahlungsquelle 1, die mit dem teleskopischen System 2 korrespondiert, exakt in Richtung der ersten Koordinate der Präzisionsführungseinrichtung 38 gelenkt. Einer der Spiegel des teleskopischen Systemes 2 ist ebenfalls zusätzlich als Umlenkmeßkörper 36 ausgebildet. Der hochreflektierende Teil der Laserstrahlung 25 des Umlenkmeßkörpers 36 reflektiert den Laserstrahl 27 über den Umlenkspiegel 20, durch die Meßlochblende 21 zum Meßwerk II 12 in den Laserschneidkopf. Der transmittierende Anteil der Laserstrahlung 26 gelangt als Meßsignal 29 in den Meßkegel 28 und wird hier als  $U_1$ -Spannung 9 sowie als  $U_2$ -Spannung 10 zur Meßwertspannungseinrichtung 3 geführt. Das Meßsignal 29 dient der Messung der Laserstrahlungsleistung während der Materialbearbeitung und wird zusätzlich zur Stabilisierung der Laserstrahlungsquelle 1 verwendet. Ein Spiegel des teleskopischen Systemes 2 ist an einer Justierhalterung 39 befestigt, die in zwei senkrecht zueinander justierbaren Koordinaten 30 über die steuerbaren Steller I 17 und Steller II 18 durch eine Einstellschraube 34, eine Regelsignaleingabe 31 und einen steuerbaren Steller 24 unabhängig voneinander schwenkbar angeordnet sind. Störungen bei der Übertragung des hochreflektierenden Teiles der Laserstrahlung 25, der Bewegung der Präzisionsführungseinrichtung 38, der Leistungsschwankungen, der Strahlrichtungsänderungen sowie Netzspannungsschwankungen werden derart kompensiert, indem am Meßwerk I des Umlenkmeßkörpers 11 und am Meßwerk II 12, dezentrierende Strahlungsabschattungen an der Meßlochblende 21 als Differenzwerte erfaßt werden und als Regelgrößen der dynamischen Nachjustierung des automatischen Justierspiegels 22 dienen. Für den Einsatz der Spektralanalyse wird während der Bearbeitung der Umlenkmeßkörper 36 um  $180^\circ$  gedreht. Damit erhält der Meßkegel 28 unverfälschte Werte

des Reflexionsanteiles des hochreflektierenden Teiles der Laserstrahlung 25 vom zu untersuchenden Werkstoff, wodurch Spektralanalysen auch an großflächigen Werkstoffen durchgeführt werden können. Die erfindungsgemäße Anordnung garantiert, infolge einer leichten, schnell arbeitenden und massearmen, automatisch justierbaren Regelung der Richtung der Laserstrahlen 27, eine Steigerung der Arbeitsproduktivität und einem Genauigkeitsgrad bei der Präzisionsmaterialbearbeitung im Bereich von hundertstel Millimetern.

## Erfindungsanspruch:

1. Anordnung zur Präzisionsmaterialbearbeitung mittels Laserstrahlen und einer numerischen Steuerung der Koordinaten einer Präzisionsführungseinrichtung, wobei die Laserstrahlungsquelle mit ihrem teleskopischen System außerhalb der Bearbeitungsfläche angeordnet ist und der hochreflektierende Teil der Laserstrahlung von der Laserstrahlungsquelle über Umlenkspiegel in den Laserschneidkopf geleitet wird, g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h , daß ein Meßwerk I (11), ein Steller I (17), ein automatisch verstellbarer Justierspiegel (22) und ein Steller II (18) im Bereich der Laserstrahlungsquelle (1) angeordnet sind und mit einem Meßwerk II (12), das eine Meßlochblende (21) enthält, und an der Präzisionsführungseinrichtung (38) arretiert ist, miteinander verknüpft über eine  $U_1$ -Spannung (9), eine Meßwertspannungseinrichtung (3) einen Verstärker I (4), einen Regler I (6), einer Grenzwerteinstellung (19) angeordnet sind, wobei am Regler I (6) über eine externe Führungsspannung (8) ein Verstärker II (5) mit einem Regler II (7) verbunden ist, der auch mit dem Verstärker I (4) sowie mit dem Steller I (17) korrespondiert, daß gegenüber einer ebenen Reflexionsfläche (41) eines Umlenkmeßkörpers (36) unter einem Keilwinkel (42) von  $5^\circ$  bis  $17^\circ$  eine gewölbte optisch abbildende Fläche (40) angeordnet ist, die Umlenkmeßkörper (36) sowohl im Meßwerk I (11), als auch im Meßwerk II (12) verstellbar befestigt sind und daß am automatisch verstellbaren Justierspiegel (22) eine Justierhalterung (39) mit den zwei senkrecht zueinander justierbaren Koordinaten (30), dem Steller I (17) und dem Steller II (18), mit einer Regelsignaleingabe (31) sowie mittels steuerbaren Steller (24) schwenkbar verbunden sind.

2. Anordnung nach Punkt 1, gekennzeichnet  
dadurch, daß der Umlenkmeßkörper (36) an einer  
um  $180^{\circ}$  schwenkbaren Systemhalterung (35) angeordnet  
ist

-----  
Hierzu 3 Seiten Zeichnungen  
-----

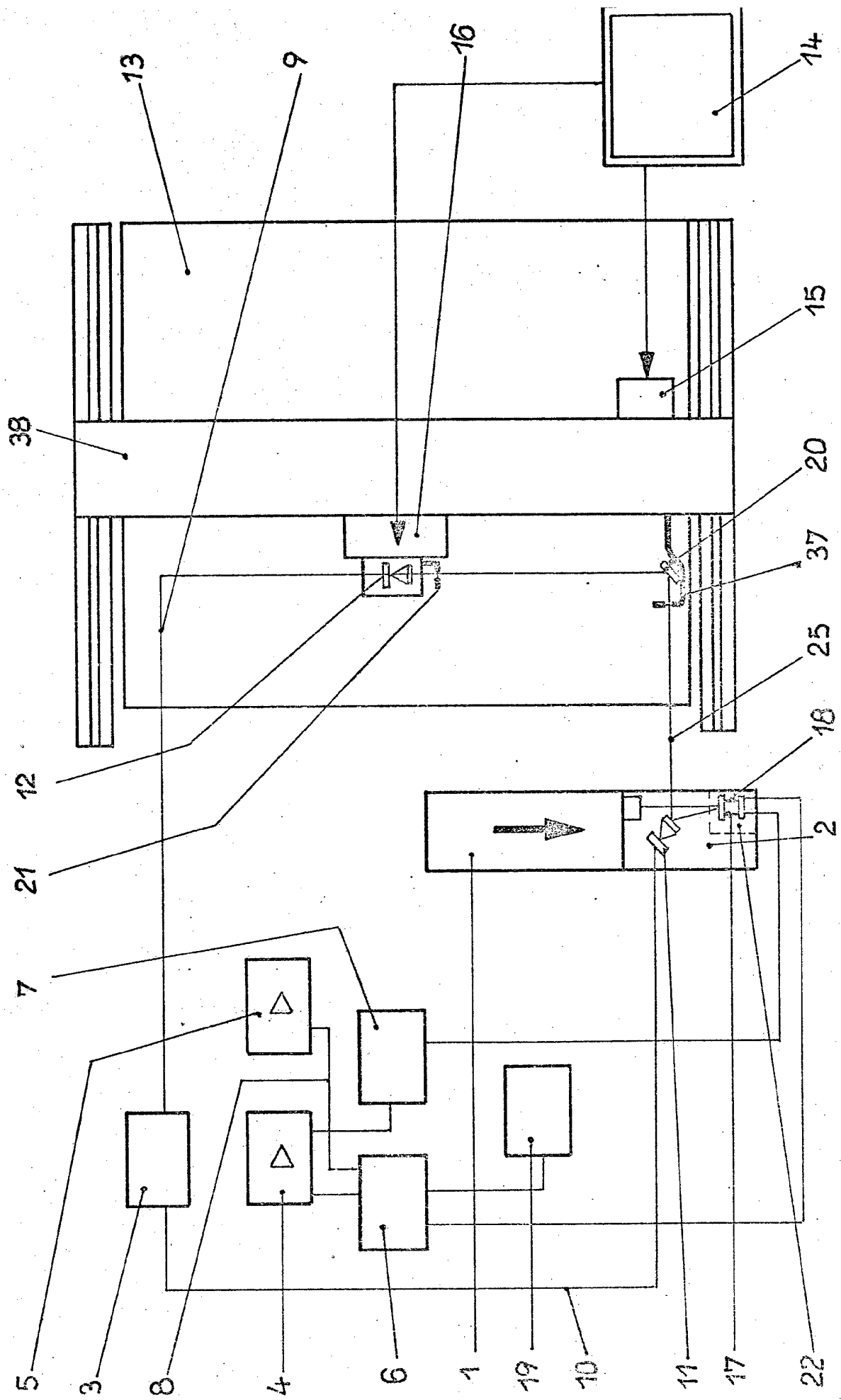


Fig 1

