



(10) **AT 516377 A4 2016-05-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50090/2015  
(22) Anmeldetag: 05.02.2015  
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2016

(51) Int. Cl.: **B21D 5/00** (2006.01)  
**B21D 5/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
JP 2011083800 A  
WO 2006135961 A1  
DE 69204153 T2  
DE 4442381 A1  
DE 3943349 A1  
US 5067340 A  
EP 2614900 A1  
DE 10327388 A1

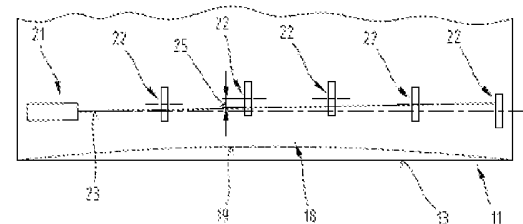
(71) Patentanmelder:  
TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO.  
KG.  
4061 PASCHING (AT)

(74) Vertreter:  
Anwälte Burger & Partner Rechtsanwalt GmbH  
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Biegevorrichtung mit Messeinrichtung**

(57) Die Erfindung betrifft Fertigungseinrichtung zur Umformung eines Werkstücks aus Blech mit einem Pressentisch und einem Pressbalken (11), der mittels einer Antriebsvorrichtung in einer senkrecht zu einer Längserstreckung des Pressbalkens (11) gerichteten Richtung relativ zu dem Pressentisch verstellbar ist, wobei die Antriebsvorrichtung zumindest drei Antriebseinheiten umfasst, die über die Längserstreckung des Pressbalkens (11) verteilt angeordnet sind. Die Fertigungseinrichtung umfasst eine Messeinrichtung (18) zur Messung der momentanen Position von einzelnen Punkten an dem Pressbalken (11) und eine Steuereinrichtung zur Anpassung einer Verformung des Pressbalkens (11), wobei die Messeinrichtung (18) einen Lasersender (21) zur Erzeugung eines in Längserstreckung des Pressbalkens (11) ausgerichteten Laserstrahls (23) umfasst.

**Fig.4**



## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft Fertigungseinrichtung zur Umformung eines Werkstücks aus Blech mit einem Pressentisch und einem Pressbalken (11), der mittels einer Antriebsvorrichtung in einer senkrecht zu einer Längserstreckung des Pressbalkens (11) gerichteten Richtung relativ zu dem Pressentisch verstellbar ist, wobei die Antriebsvorrichtung zumindest drei Antriebseinheiten umfasst, die über die Längserstreckung des Pressbalkens (11) verteilt angeordnet sind. Die Fertigungseinrichtung umfasst eine Messeinrichtung (18) zur Messung der momentanen Position von einzelnen Punkten an dem Pressbalken (11) und eine Steuereinrichtung zur Anpassung einer Verformung des Pressbalkens (11), wobei die Messeinrichtung (18) einen Lasersender (21) zur Erzeugung eines in Längserstreckung des Pressbalkens (11) ausgerichteten Laserstrahls (23) umfasst.

Fig. 4

Die Erfindung betrifft eine Fertigungseinrichtung, insbesondere eine Abkantpresse, und ein Verfahren zur Umformung von Werkteilen aus Blech entsprechend den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 17.

Beim Umformen von tafelförmigen Werkstücken bzw. Werkstücken mit relativ großen Abmessungen in Biegepressen bzw. Abkantpressen kommt es bei großen Biegelängen naturgemäß zu hohen Umformkräften. Die auf das umzuformende Werkstück einwirkenden Umformkräfte führen in Reaktion darauf aber auch zu einer Durchbiegung der die Biegewerkzeuge tragenden Pressenbalken des Pressentisches bzw. des beweglichen Pressstempels. Dies bedingt in weiterer Folge eine ungleichmäßige Ausbildung des Biegewinkels an dem zu verformenden Werkstück. Das heißt über den Längsverlauf der hergestellten Kante ist der Biegewinkel nicht an allen Stellen gleich. Um derartige Qualitätsminderungen der Werkstücke zu verhindern, wurden im Stand der Technik bereits unterschiedliche Maßnahmen vorgeschlagen, um eine Kompensation einer unter Last auftretenden Verformung des Tischbalkens als auch des beweglichen Pressbalkens zu erreichen. So ist beispielsweise bekannt, zur Bewegung des Pressbalkens über die Länge des Pressbalkens hinweg mehrere unabhängig voneinander steuerbare Antriebseinheiten vorzusehen. Die zu erwartende Verformung des Pressbalkens wird auf der Grundlage entsprechender Werkstückparameter berechnet und dieser Verformung durch unterschiedliche Kraftaufbringung an dem Pressbalken mit den unabhängig steuerbaren Antriebseinheiten entgegen gewirkt. Bekannt ist andererseits auch, den jeweiligen Verformungszustand des Pressbalkens, beispielsweise durch Dehnungsmessstreifen, zu bestimmen. Andererseits ist es möglich die aktuelle Umformkraft beispielsweise durch Messung des Hydraulikdrucks bzw. der Antriebsstromstärke der Antriebsmittel zu bestimmen um dadurch die aktuell auftre-

tende Durchbiegung des Pressbalkens zu errechnen. Nachteilig an den bekannten Methoden ist, dass es sich nur um eine indirekte Bestimmung der Durchbiegung der Pressbalken handelt. Die bekannten Maßnahmen kommen zumeist nicht ohne vorangehende Versuchsreihen aus, in denen die Abhängigkeit bzw. der Zusammenhang zwischen der Umformkraft und der resultierenden Pressbalkendurchbiegung festgestellt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Biegeverfahren bzw. eine Biegevorrichtung zu schaffen mit dem auch bei vergleichsweise großen Biegelängen eine Durchbiegung der Pressbalken mit einer höheren Zuverlässigkeit kompensiert werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch eine Fertigungseinrichtung, insbesondere eine Abkantpresse, zur Umformung eines Werkstücks aus Blech mit einem Pressentisch und einem dem Pressentisch gegenüberliegend und parallel dazu ausgerichteten Pressbalken. Der Pressbalken ist mittels einer Antriebsvorrichtung in einer senkrecht zu einer Längserstreckung des Pressbalkens gerichteten Richtung relativ zu dem Pressentisch verstellbar, wobei die Antriebsvorrichtung zumindest drei Antriebseinheiten umfasst, die über die Längserstreckung des Pressbalkens verteilt angeordnet sind. Dazu ist eine Messeinrichtung zur Messung der momentanen Position von einzelnen Punkten an dem Pressbalken und eine Steuereinrichtung zur Anpassung einer Verformung des Pressbalkens ausgebildet, wobei die Messeinrichtung einen Lasersender zur Erzeugung eines in Längserstreckung des Pressbalkens ausgerichteten Laserstrahls umfasst. Dies hat den Vorteil, dass durch den Laserstrahl eine hochpräzise Bezugslinie für die Messung der Durchbiegung bzw. der Überwachung der Geradheit des Pressbalkens zur Verfügung steht.

Vorteilhafterweise umfasst die Messeinrichtung mehrere Sensoranordnungen zur Detektion des Laserstrahls, wobei die Sensoranordnungen an dem Pressbalken befestigt sind.

Vorzugsweise umfassen die Sensoranordnungen jeweils einen ortsauflösenden Sensor zur Detektion des Laserstrahls. Dazu kann vorgesehen sein, dass die

Sensoranordnungen jeweils einen CCD-Sensor umfassen. Dies hat den Vorteil einer hohen Genauigkeit der Positionsmessung, da in der Messeinrichtung keine beweglichen Teile erforderlich bzw. vorhanden sind.

Vorteilhaft ist auch, dass die Sensoren seitlich bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls und senkrecht bezüglich der Bewegungsrichtung des Pressbalkens zu einander versetzt angeordnet sind. Weiters dass der Lasersender ein optisches Element zur Ausbildung mehrerer zueinander paralleler Laserstrahlen oder zur Ausbildung eines flächigen Laserlicht-Bands umfasst.

Vorzugsweise umfassen die Sensoranordnungen jeweils einen Zeilensensor nach dem Prinzip eines CCD-Sensors.

In einer Weiterbildung der Fertigungseinrichtung ist vorgesehen, dass die Sensoranordnungen jeweils ein optisches Element zur Ablenkung des Laserstrahls in eine bezüglich der Bewegungsrichtung des Pressbalkens parallele Richtung umfassen bzw. dass die Sensoranordnungen jeweils einen Spiegel aufweisen. Dies ist von Vorteil, da damit der Laserlicht-Strahlengang platzsparend mit einem engen bzw. kleinen Querschnitt ausgebildet werden kann.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Spiegel als Planspiegel ausgebildet ist und dieser bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls um  $45^\circ$  geneigt ausgerichtet ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Sensoranordnungen jeweils mit einem Strahlenteilerelement ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass nur ein Laserstrahl vorgesehen werden muss und der Querschnitt des Strahlengangs entsprechend klein gehalten werden kann.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform sind die Sensoren der Sensoranordnungen jeweils an einer mechanischen Führung befestigt. Dies hat ebenfalls den Vorteil, dass nur ein Laserstrahl vorgesehen werden muss, in dessen Verlauf die Sensoren abwechselnd hinein bewegt werden können.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform der Fertigungseinrichtung ist vorgesehen, dass die Messeinrichtung einen ortsauflösenden Sensor und mehrere Konvexspiegel oder Konkavspiegel zur Reflexion des Laserstrahls zu dem ortsauflösenden Sensor hin umfasst, wobei die Konvex- oder Konkavspiegel an dem Pressbalken befestigt sind. Dies erlaubt ebenfalls eine platzsparende Ausbildung der Messeinrichtung.

Vorteilhaft ist weiters, dass eine Steueranordnung angeordnet ist und die Steuereinrichtung zur Berechnung einer Positionsänderung am Ort des jeweiligen Sensors aus von dem Sensor übertragenen Messsignalen ausgebildet ist. Dies hat den Vorteil, dass damit in der Fertigungseinrichtung die Ausbildung eines Regelkreises möglich ist, durch den die Geradheit des Pressbalkens überwacht und aufrecht erhalten werden kann.

Gemäß einer Weiterbildung der Fertigungseinrichtung ist vorgesehen, dass der Lasersender an einem Führungselement befestigt ist, wobei das Führungselement an einem Teil des Maschinengestells geführt und gemeinsam mit dem Pressbalken verstellbar ist. Dies hat den Vorteil, da damit nicht nur die Geradheit des Pressbalkens als solchen sondern auch seine Parallelität gegenüber dem Pressentisch bzw. der Gesamtanordnung des Maschinengestells überwacht werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung wird eigenständig auch durch ein Verfahren zur Umformung eines Werkstücks aus Blech mit einer Fertigungseinrichtung, insbesondere einer Abkantpresse, mit einem Pressentisch und einem dem Pressentisch gegenüberliegend und parallel dazu ausgerichteten Pressbalken gelöst. Dabei ist der Pressbalken mittels einer Antriebsvorrichtung in einer senkrecht zur einer Längserstreckung des Pressbalkens gerichteten Richtung relativ zu dem Pressentisch verstellbar, wobei die Antriebsvorrichtung mit zumindest drei Antriebseinheiten ausgebildet wird und diese Antriebseinheiten über die Längserstreckung des Pressbalkens verteilt angeordnet werden. Weiters wird eine Messeinrichtung zur Messung der momentanen Position von einzelnen Punkten an dem Pressbalken angeordnet, wobei die Messeinrichtung mit einem Lasersender zur Erzeugung eines in Längserstreckung des Pressbalkens ausgerichteten Laserstrahls ausge-

bildet wird. Dies hat den Vorteil einer direkten Messung der Verformung des Pressbalkens relativ zu der durch den Lichtstrahl vorgegebenen Geraden.

Vorteilhaft ist auch, dass an mehreren Stellen des Pressbalkens eine Positionsänderung relativ zu dem Laserstrahl mit an den Stellen angeordneten ortsauflösenden Sensoren detektiert wird und weiters dass in einer Steuereinrichtung aus von den Sensoren übertragenen Messsignalen Werte der Positionsänderung berechnet werden.

Von Vorteil ist auch, dass in der Steuereinrichtung basierend auf den Werten der Positionsänderung durch die Antriebseinheiten zu erzeugende Kräfte zur Kompensation der von der Messeinrichtung gemessenen Positionsänderungen an dem Pressbalken berechnet werden und weiters dass der Verformungszustand des Pressbalkens durch Bestimmung der Positionsänderung fortlaufend, während des gesamten Bearbeitungsvorganges des Werkstücks gemessen wird. Dies hat den Vorteil, dass damit ein Regelkreis vorhanden ist, durch den der Pressbalken während des gesamten Belastungszustandes während des Bearbeitungsvorganges weitestgehend gerade gehalten werden kann.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

- Fig. 1 eine Abkantpresse für das Umformen eines tafelförmigen Werkstücks in Frontalansicht;
- Fig. 2 die Abkantpresse gemäß Fig. 1 in einem Belastungszustand;
- Fig. 3 einen Pressbalken der Abkantpresse gemäß Fig. 1 mit einer Messeinrichtung zur Messung des Verformungszustandes;
- Fig. 4 den Pressbalken mit der daran angeordneten Messeinrichtung gemäß Fig. 3;
- Fig. 5 die Messeinrichtung gemäß Fig. 3 in Draufsicht;

- Fig. 6 eine alternative Ausführungsvariante der Messeinrichtung der Abkantpresse in Draufsicht;
- Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel der Messeinrichtung der Abkantpresse mit Spiegel umfassenden Sensoranordnungen;
- Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel der Messeinrichtung mit Strahlenteiler umfassenden Sensoranordnungen;
- Fig. 9 ein Ausführungsbeispiel der Messeinrichtung mit gekrümmte Spiegel umfassenden Sensoranordnungen;
- Fig. 10 ein Ausführungsbeispiel der Messeinrichtung mit einem an einer Ständer-Seitenwange der Abkantpresse angeordneten Lasersender.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Die Fig. 1 zeigt eine Abkantpresse in Frontalansicht. Die Abkantpresse 1 dient als Fertigungseinrichtung für das Umformen eines tafelförmigen Werkstücks 2, beispielsweise zu einem Gehäuseteil oder einem Profiltteil.

Die Abkantpresse 1 umfasst als Maschinengestell 3 eine rahmenförmige Anordnung aus einer Bodenplatte 4, einer linken und einer rechten Ständer-Seitenwange 5, 6 und einem die beiden Ständer-Seitenwangen 5, 6 in ihrem oberen Endbereich stützenden Querverband 7. In einem unteren Endbereich des Maschinengestells 3 ist ein feststehender Pressentisch 8 angeordnet. Auf dem Pressentisch 8 befindet sich eine Matrize 9 als unteres Biegewerkzeug, wobei dieses an einer Stützfläche 10 des Pressentisches 8 befestigt ist. Über dem Pressentisch

8 ist dessen Stützfläche 10 gegenüberliegend ein verstellbarer Pressbalken 11 angeordnet. Dazu ist jeweils eine Führungsanordnung 12 mit einer der beiden Ständer-Seitenwangen 5, 6 verbunden. Der Pressbalken 11 trägt an einer dem Pressentisch 8 gegenüber stehenden Stützfläche 13 eine Patrize 14 als oberes Biegewerkzeug. Zum Verstellen des Pressbalkens 11 in vertikaler Richtung relativ zu dem Pressentisch 8 ist eine Antriebsanordnung vorgesehen, die gemäß diesem Ausführungsbeispiel vier Antriebseinheiten 15 umfasst. Die Antriebseinheiten 15 können beispielsweise durch Hydraulikzylinder oder Servomotoren mit Stellspindeln gebildet sein. Mit Hilfe der Antriebseinheiten 15 wird der Pressbalken 11 gegen den Pressentisch 8 bewegt, wodurch in der Folge das zwischen der Matrize 9 und der Patrize 14 liegende Werkstück 2 gebogen wird.

Die Einwirkung der Verformungskräfte auf das Werkstück 2 ist in Reaktion darauf begleitet von der Ausbildung eines inneren Spannungszustandes sowohl des Pressentisch 8, des Pressbalkens 11 als auch der Komponenten des Maschinengestells 3. Es kann daher zu einer mehr oder weniger großen Deformation der Teile des Maschinengestells 3 und insbesondere des Pressbalkens 11 als auch des Pressentisches 8 kommen. Für die Qualität der Bearbeitung des Werkstückes 2 ist dabei eine möglicherweise auftretende Verformung der Stützfläche 13 des Pressbalkens 11 und der Stützfläche 10 des Pressentisches 8 von Bedeutung. Um die Stützflächen 10, 13 des Pressentisches 8 und des Pressbalkens 11 während des Umformvorganges des Werkstücks 2 möglichst gerade als auch parallel zueinander zu halten, ist daher vorgesehen, die Antriebseinheiten 15 der Antriebsanordnung unabhängig voneinander anzusteuern. Vorzugsweise sind auch an dem Pressentisch 8 zwei Antriebseinheiten 16 angeordnet. Diese Antriebseinheiten 16 sind an der Bodenplatte 4 abgestützt und ist es so möglich, an zwei Stützstellen eine Kraft auf den Pressentisch 8 einwirken zu lassen. Damit soll auch bei dem Pressentisch 8 eine möglichst weitgehende Kompensation der Verformung seiner Stützfläche 10 erreicht werden.

Zur Steuerung des Betriebs der Abkantpresse 1, das heißt insbesondere der Ansteuerung der Antriebseinheiten 15, 16, umfasst diese eine Steuereinrichtung 17.

Neben dieser Steuereinrichtung 17 ist auch eine Messeinrichtung 18 zur Messung der Durchbiegung des Pressbalkens 11 vorgesehen.

Die Fig. 2 zeigt die Abkantpresse 1 während des Umbiegevorgangs des Werkstücks 2. In der dargestellten relativen Stellung des Pressbalkens 11 befindet sich die Patrize 14 in einer bereits teilweise in die Matrize 9 eingedrungenen Stellung und erscheint daher das Werkstück 2 in seinem vorderen, dem Betrachter zugewandten Bereich, nach oben stehend verbogen. An dem Pressbalken 11 ist auch in strichlierter Linie eine Biegelinie 19 dargestellt, wie sie in etwa einer Verformung der Stützfläche 13 des Pressbalkens 11 - bei Aufbringung gleich großer Kräfte durch die Antriebseinheiten 15 der Antriebsanordnung des Pressbalkens 11 - entspricht. In analoger Weise ist an dem Pressentisch 8 eine Biegelinie 20 des Pressentisches 8 eingezeichnet.

Die Abkantpresse 1 gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist dazu ausgebildet, dass mit Hilfe der Messeinrichtung 18 die Durchbiegung bzw. die Krümmung der Biegelinie 19 des Pressbalkens 11 gemessen wird und basierend auf dem Ausmaß der Durchbiegung der Biegelinie 19 die Antriebseinheiten 15 des Pressbalkens 11 derart unterschiedlich angesteuert werden, dass die gekrümmte Biegelinie 19 zu einer Geraden kompensiert bzw. rückgestellt wird.

Anhand der Fig. 3 bis 5 wird ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Abkantpresse 1 beschrieben. Die Fig. 3 zeigt dabei den Pressbalken 11 mit der Messeinrichtung 18 gemäß einer ersten Ausführungsvariante. Die Messeinrichtung 18 umfasst einen Lasersender 21 und fünf Sensoren 22. Der Lasersender ist derart angeordnet und ausgerichtet, dass er einen Laserstrahl 23 bzw. ein Laserstrahlenbündel erzeugen kann, das im Wesentlichen parallel zu einer Längserstreckung 24 des Pressbalkens 11 ausgerichtet ist. Die Sensoren 22 sind bezüglich der Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlen 23 seitlich zueinander versetzt angeordnet (Fig. 5) und kann so jeder der Sensoren 22 Licht von dem Lasersender 21 empfangen.

Die Fig. 5 zeigt eine Draufsicht von oben auf die Messeinrichtung 18 gemäß Fig. 3. Gemäß dieser Ausführung wird von dem Lasersender 21 auf jeden der fünf

Sensoren 22 jeweils ein Laserstrahl 23 gerichtet. Alternativ wäre es auch möglich einen einzelnen von dem Lasersender 21 erzeugten Laserstrahl 23 beispielsweise durch eine zylindrische Linse in ein flächiges Laserlichtband aufzufächern und dieses auf die Sensoren 22 zu richten. Gemäß einer anderen Alternative könnte der Laserstrahl 23 aber auch zeitlich rasch aufeinander folgend, zyklisch von einem Sensor 22 auf den nächsten Sensor 22 wechselnd gerichtet werden.

Die Fig. 4 zeigt eine Frontalansicht der an dem Pressbalken 11 angeordneten Messeinrichtung 18 gemäß Fig. 3. Der Zustand des Pressbalkens 11 und der Messeinrichtung 18 entspricht dabei der Belastungssituation bei Ausführung eines Biegevorganges. Dies ist angedeutet durch die Verformung der Stützfläche 13 zur Biegelinie 19. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel sind sowohl der Lasersender 21 als auch die Sensoren 22 mit dem Pressbalken 11 verbunden bzw. an diesem befestigt. Die Sensoren 22 erfahren somit durch die allgemeine Verformung des Pressbalkens 11 eine Positionsänderung 25 relativ zu dem Laserstrahl 23. Dadurch werden die Sensoren 22 einen gegenüber dem unbelasteten Zustand veränderten Auftreffpunkt des Laserstrahls 23 detektieren.

Die von den Sensoren 22 jeweils detektierte Positionsänderung 25 hat die Dimension einer Länge und sind zur Erfassung dieser Positionsänderungen 25 ortsauflösende Sensoren 22, beispielsweise nach der Art eines CCD-Sensors (Charge-Coupled Device), geeignet. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel mit seitlich versetzten Sensoren 22 (Fig. 5) sind vorzugsweise Zeilensensoren nach dem Prinzip eines CCD-Sensors als Sensoren 22 vorgesehen. Von der Messeinrichtung 18 erfasste Messsignale der einzelnen Sensoren 22 werden an die Steuereinrichtung 17 übertragen und kann in dieser eine Auswertung der Messung der Positionsänderungen 25 erfolgen. Basierend auf den Ergebnissen dieser Auswertung der Steuereinrichtung 17 kann die Abkantpresse 1 die Antriebseinheiten 15 der Antriebsanordnung des Pressbalkens 11 in der Weise individuell ansteuern, dass das Ausmaß der Positionsänderungen 25 an den Stellen der Sensoren 22 reduziert und schließlich zur Gänze kompensiert wird. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die Stützfläche 13 des Pressbalkens 11 weitestgehend in einen umdeformierten, geraden Zustand rückgeführt wird.

Die Messung des Verformungszustands des Pressbalkens 11 wird mit Hilfe der Messeinrichtung 18 vorzugsweise fortlaufend, während des gesamten Bearbeitungs- bzw. Umformvorganges des Werkstückes 2 durchgeführt. In dem in gleicher Weise unter Berücksichtigung der Messergebnisse der Messeinrichtung 18 eine individuelle Ansteuerung der Antriebseinheiten 15 der Antriebsanordnung des Pressbalkens 11 durchgeführt wird, ist in der Abkantpresse 1 insgesamt ein Regelkreis ausgebildet, durch den in der Folge während des gesamten Bearbeitungsvorganges ein weitestgehend gerade ausgerichteter Zustand des Pressbalkens 11 zumindest an dessen Stützfläche 13 aufrecht erhalten werden kann.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass auch der Pressentisch 8 in analoger Weise mit einer Messeinrichtung 26 zur Messung des momentanen Verformungszustandes des Pressentisches 8 ausgestattet ist. Mit Hilfe dieser Messeinrichtung 26 kann somit auch der Verformungszustand des Pressentisches 8 und insbesondere die Geradheit der Stützfläche 10 des Pressentisches 8 vermessen und überwacht werden. Dazu kann wiederum nach Auswertung der Messsignale der Messeinrichtung 26 des Pressentisches 8 eine entsprechende Ansteuerung der Antriebseinheiten 16 durch die Steuereinrichtung 17 vorgenommen werden.

In der Fig. 6 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform der Abkantpresse 1 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 bis 5 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 bis 5 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

Die Fig. 6 zeigt eine alternative Ausführungsvariante der Messeinrichtung 18 der Abkantpresse 1 in Draufsicht, das heißt mit einer Blickrichtung parallel zur Bewegungsrichtung des Pressbalkens 11. Bei dieser Form der Messeinrichtung 18 ist vorgesehen, dass durch den Lasersender 21 nur ein einzelner Laserstrahl 23 ausgesendet wird, der als Referenz zur Messung des Verformungszustands des Pressbalkens 11 dient. Zur Messung der Positionsänderungen 25 (Fig. 4) werden die Sensoren 22 abwechselnd aufeinanderfolgend in seitlicher Richtung 30 in den Bereich des Laser 23 bewegt. Die Sensoren 22 können dazu beispielsweise an

einer Geradführung oder an einem um eine Achse schwenkbaren Träger angeordnet sein. Es kann damit eine Positionsänderung 25 erfasst werden, die senkrecht bezüglich der seitlichen Richtung 30 gerichtet ist. Das heißt, die Richtung der Positionsänderung 25 entspricht in Fig. 6 der Blickrichtung des Betrachters auf die Zeichnungsebene.

Die Fig. 7 zeigt ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel der Messeinrichtung 18 der Abkantpresse 1 mit fünf Sensoranordnungen 27. Gemäß dieser Ausführungsvariante umfassen die Sensoranordnungen 27 neben einem Sensor 22 jeweils auch einen Spiegel 28. Diese Spiegel 28 sind vorzugsweise als Planspiegel ausgebildet und in einem Winkel von  $45^\circ$  relativ zu der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 23 an dem Pressbalken 11 angeordnet. Somit wird der Laserstrahl 23 durch die Reflexion an dem Spiegel 28 in eine bezüglich der Bewegungsrichtung des Pressbalkens (11) parallele Richtung umgelenkt. In analoger Weise wie in Fig. 5 für die Sensoren 22 dargestellt, sind die Spiegel 28 bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 23 seitlich versetzt angeordnet. Die Spiegel 28 der Sensoranordnungen 27 bewirken eine Umlenkung der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls 23 um  $90^\circ$  und kann die Positionsänderung durch die Verformung des Pressbalkens 11 als Positionsänderung 25 wiederum als gegenüber dem unbelasteten Zustand veränderter Auftreffpunkt des Laserstrahls 23 auf dem Sensor 22 detektiert werden.

Die Fig. 8 zeigt eine weitere alternative Ausführungsvariante der Messeinrichtung 18 der Abkantpresse 1. Neben dem Lasersender 21 zur Erzeugung des Laserstrahls 23 sind die Sensoranordnungen 27 nun durch jeweils einen Sensor 22 und ein Strahlenteilerelement 29 gebildet. Gemäß der Darstellung in Fig. 8 sind bei dieser Ausführungsvariante durch Prismen gebildete Strahlenteiler-Würfel vorgesehen. Bei geeigneter Wahl der Strahlenteilerelemente 29 ist es möglich, die Sensoren direkt hintereinander im Verlauf eines einzigen Laserstrahls 23 anzuordnen, wobei an jedem der beiden Strahlenteilerelemente 29 nur ein Bruchteil der Lichtintensität ausgekoppelt wird. Die Positionsänderung 25 kann wiederum durch das Maß der Versetzung des Auftreffpunktes des Laserstrahls 23 auf dem Sensor 22 detektiert werden.

Die Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Messeinrichtung 18 der Abkantpresse 1 mit Positionsdetektiervorrichtungen, die Konkavspiegel 31 umfassen. Die Positionsänderung 25 aufgrund der Durchbiegung des Pressbalkens 11 an dem die Konkavspiegel 31 angeordnet sind, führt nun durch Veränderung des Auftreffpunkts auf den Spiegeln 31 zu einer Ablenkung der Laser-Lichtstrahls 23 in einem jeweils unterschiedlichen Ablenkwinkel 32. Die Messeinrichtung 18 umfasst in dieser Ausführungsform einen einzigen im Bereich des Lasersenders 21 angeordneten Sensor 22, auf den hin der von dem Konkavspiegel 31 reflektierte Laserstrahl 23 zurückgeworfen wird. Durch den Sensor 22 wird der Auftreffpunkt des Laserstrahls 23 als Mittenabstand 33 erfasst. Ausgehend von diesem Mittenabstand 33, der durch den Sensor 22 erfasst wird, kann gemeinsam mit einem Scheitelabstand 34 des Konkavspiegels 31 in der Steuereinrichtung 17 die Positionsänderung 25 berechnet werden. Alternativ zu den beschriebenen Konkavspiegeln 31 können auch anders gekrümmte Spiegel, wie Konvexspiegel, verwendet werden.

Die Fig. 10 zeigt eine weitere alternative Ausführungsform der Messeinrichtung 18 der Abkantpresse 1. Bei dieser Ausführungsform der Messeinrichtung 18 ist der Lasersender 21 separat von dem Pressbalken 11 an einem Führungselement 35 befestigt. Dieses Führungselement 35 wird gemeinsam mit dem Pressbalken 11 in vertikaler Richtung auf und ab bewegt. Das Führungselement 35 ist dazu aber an der Ständer-Seitenwange 5 geführt. Dadurch kann erreicht werden, dass der Lasersender 21 unbeeinflusst von dem Verformungszustand des Pressbalkens 11 in jeder Phase seiner Auf- bzw. Abbewegung gleichbleibend parallel mitgeführt wird. Dies ermöglicht es, aus der Messung der unterschiedlichen Positionsänderungen 25 an den entsprechenden Stellen der Sensoranordnung 27 des Pressbalkens 11 sowohl seinen Verformungszustand bzw. die Geradheit zu vermessen und damit zu kontrollieren, als auch die Parallelität des Pressbalkens 11 bzw. seiner Stützfläche 13 im Verhältnis zu dem Pressentisch 8 bzw. dessen Stützfläche 10 zu messen bzw. zu überwachen.

Zwar ist bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 1 und 2 die Anordnung von vier Antriebseinheiten 15 für den Pressbalken 11 und von zwei Antriebseinheiten 16 für den Pressentisch 8 vorgesehen, dies ist jedoch keine

notwendige Bedingung für die beschriebene Erfindung. Es können also auch mehr oder weniger als vier Antriebseinheiten 15 bzw. mehr oder weniger als zwei Antriebseinheiten 16 für den Pressentisch 8 vorgesehen sein. Ebenso ist die Anordnung von fünf Sensoren bzw. von fünf Sensoranordnungen 27 keine Einschränkung für die Ausgestaltung der Messeinrichtung 18 bzw. 26. Es können also auch weniger als fünf solcher Sensoranordnungen 27 ausreichend sein. Es ist jedoch von Vorteil, wenn mehr als fünf Sensoren 22 bzw. Sensoranordnungen 27 vorgesehen sind, da damit der Belastungs- bzw. Verformungszustand des Pressbalkens 11 bzw. des Pressentisch 8 entsprechend genauer vermessen werden kann.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten der Fertigungseinrichtung bzw. der Abkantpresse, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1, 2, 3, 4, 5; 6; 7; 8; 9 und 10 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Fertigungseinrichtung diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

**Bezugszeichenliste**

1	Abkantpresse	31	Konkavspiegel
2	Werkstück	32	Winkel
3	Maschinengestell	33	Mittenabstand
4	Bodenplatte	34	Scheitelabstand
5	Ständer-Seitenwange	35	Führungselement
6	Ständer-Seitenwange		
7	Querverband		
8	Pressentisch		
9	Matrize		
10	Stützfläche		
11	Pressbalken		
12	Führungsanordnung		
13	Stützfläche		
14	Patrize		
15	Antriebseinheit		
16	Antriebseinheit		
17	Steuereinrichtung		
18	Messeinrichtung		
19	Biegelinie		
20	Biegelinie		
21	Lasersender		
22	Sensor		
23	Laserstrahl		
24	Längserstreckung		
25	Positionsänderung		
26	Messeinrichtung		
27	Sensoranordnung		
28	Spiegel		
29	Strahlenteilerelement		
30	Richtung		

## Patentansprüche

1. Fertigungseinrichtung, insbesondere Abkantpresse (1), zur Umformung eines Werkstücks (2) aus Blech
  - mit einem Pressentisch (8) und einem dem Pressentisch (8) gegenüberliegend und parallel dazu ausgerichteten Pressbalken (11),
  - der mittels einer Antriebsvorrichtung in einer senkrecht zu einer Längserstreckung (24) des Pressbalkens (11) gerichteten Richtung relativ zu dem Pressentisch (8) verstellbar ist,
  - wobei die Antriebsvorrichtung zumindest drei Antriebseinheiten (15, 16) umfasst, die über die Längserstreckung (24) des Pressbalkens (11) verteilt angeordnet sind,
  - und mit einer Messeinrichtung (18) zur Messung der momentanen Position von einzelnen Punkten an dem Pressbalken (11)
  - und mit einer Steuereinrichtung (17) zur Anpassung einer Verformung des Pressbalkens (11),  
dadurch gekennzeichnet, dass
    - die Messeinrichtung (18) einen Lasersender (21) zur Erzeugung eines in Längserstreckung (24) des Pressbalkens (11) ausgerichteten Laserstrahls (23) umfasst.
  
2. Fertigungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (18) mehrere Sensoranordnungen (27) zur Detektion des Laserstrahls (23) umfasst, wobei die Sensoranordnungen (27) an dem Pressbalken (11) befestigt sind.
  
3. Fertigungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnungen (27) jeweils einen ortsauflösenden Sensor (22) zur Detektion des Laserstrahls (23) umfassen.

4. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnungen (27) jeweils einen CCD-Sensor umfassen.
5. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren (22) seitlich bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (23) und senkrecht bezüglich der Bewegungsrichtung des Pressbalkens (11) zueinander versetzt angeordnet sind.
6. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnungen (27) jeweils einen Zeilensensoren nach dem Prinzip eines CCD-Sensors umfassen.
7. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lasersender (21) ein optisches Element zur Ausbildung mehrerer zueinander paralleler Laserstrahlen (23) oder zur Ausbildung eines flächigen Laserlicht-Bands umfasst.
8. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnungen (27) jeweils ein optisches Element zur Ablenkung des Laserstrahls (23) in eine bezüglich der Bewegungsrichtung des Pressbalkens (11) parallele Richtung umfassen.
9. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnungen (27) jeweils einen Spiegel (28) umfassen.
10. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (28) als Planspiegel ausgebildet ist, der bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls (23) um 45° geneigt ausgerichtet ist.

11. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoranordnungen (27) jeweils ein Strahlenteilerelement (29) umfassen.
12. Fertigungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (22) der Sensoranordnungen (27) jeweils an einer mechanischen Führung befestigt ist.
13. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (18) einen ortsauflösenden Sensor (22) und mehrere Konvexspiegel (31) oder Konkavspiegel zur Reflexion des Laserstrahls (23) zu dem ortsauflösenden Sensor (22) hin umfasst, wobei die Konvexspiegel (31) oder die Konkavspiegel an dem Pressbalken (11) befestigt sind.
14. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung (17) angeordnet ist und die Steuereinrichtung (17) zur Berechnung einer Positionsänderung (25) am Ort des Sensors (22) aus von dem Sensor (22) übertragenen Mess-Signalen ausgebildet ist.
15. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (17) zur Berechnung von durch die Antriebseinheiten (15, 16) zu erzeugenden Kräften und einer diesen Kräften entsprechenden Ansteuerung der Antriebseinheiten (15, 16) zur Kompensation der von der Messeinrichtung (18) gemessenen Positionsänderungen (25) an dem Pressbalken (11) ausgebildet ist.
16. Fertigungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lasersender (21) an einem Führungselement

(35) befestigt ist, wobei das Führungselement (35) an einem Teil des Maschinengestells (3) geführt und gemeinsam mit dem Pressbalken (11) verstellbar ist.

17. Verfahren zur Umformung eines Werkstücks (2) aus Blech mit einer Fertigungseinrichtung, insbesondere einer Abkantpresse (1), mit einem Pressentisch (8) und einem dem Pressentisch (8) gegenüberliegend und parallel dazu ausgerichteten Pressbalken (11), der mittels einer Antriebsvorrichtung in einer senkrecht zu einer Längserstreckung (24) des Pressbalkens (11) gerichteten Richtung relativ zu dem Pressentisch (8) verstellbar ist, wobei die Antriebsvorrichtung mit zumindest drei Antriebseinheiten (15, 16) ausgebildet wird und diese Antriebseinheiten (15, 16) über die Längserstreckung (24) des Pressbalkens (11) verteilt angeordnet werden, und wobei eine Messeinrichtung (18) zur Messung der momentanen Position von einzelnen Punkten an dem Pressbalken (11) angeordnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtung (18) mit einem Lasersender (21) zur Erzeugung eines in Längserstreckung (24) des Pressbalkens (11) ausgerichteten Laserstrahls (23) ausgebildet wird.

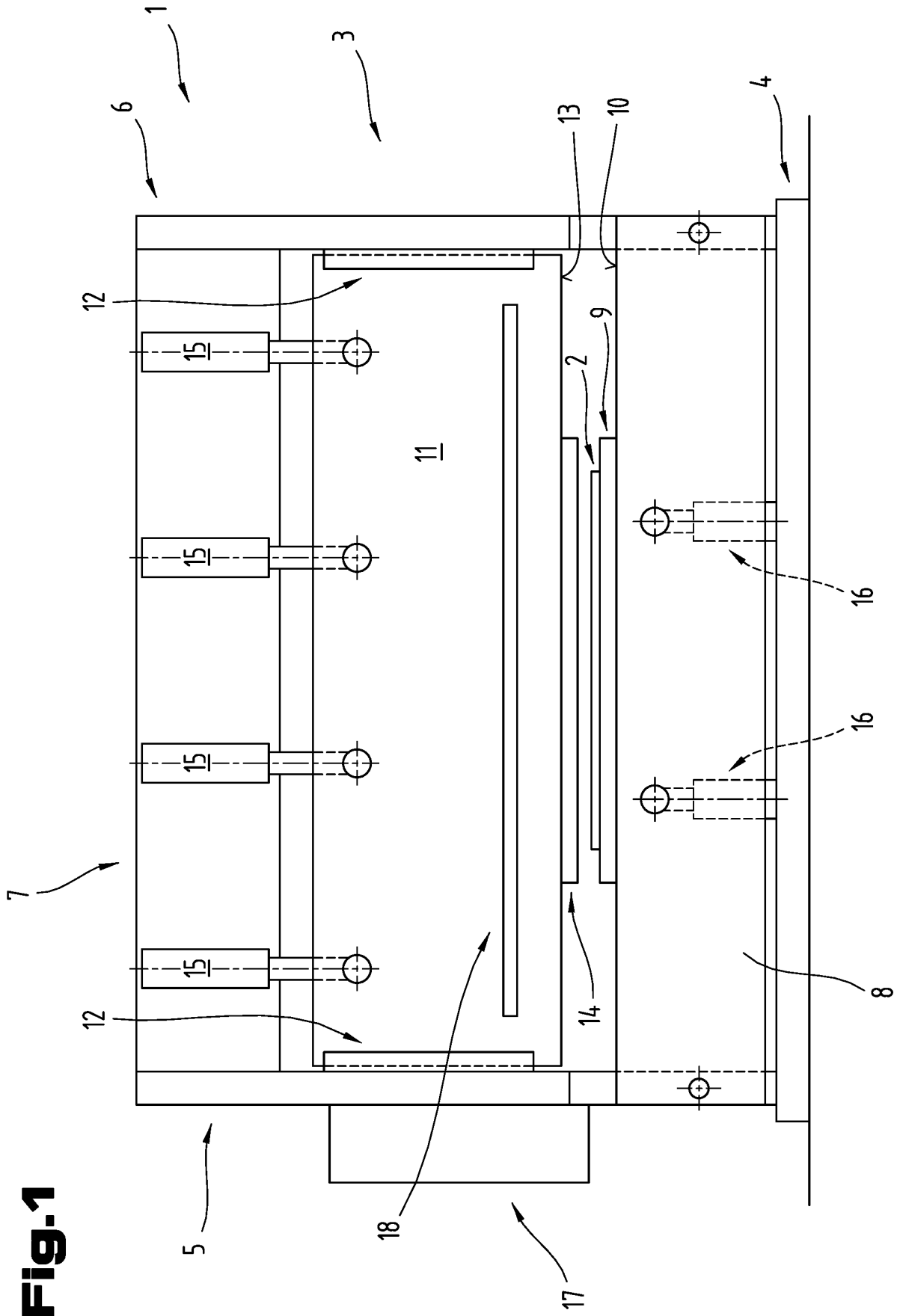
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass an mehreren Stellen des Pressbalkens (11) eine Positionsänderung (25) relativ zu dem Laserstrahl (23) mit an den Stellen angeordneten, ortsauflösenden Sensoren (22) detektiert wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Steuereinrichtung (17) aus von den Sensoren (22) übertragenen Mess-Signalen Werte der Positionsänderung (25) berechnet werden.

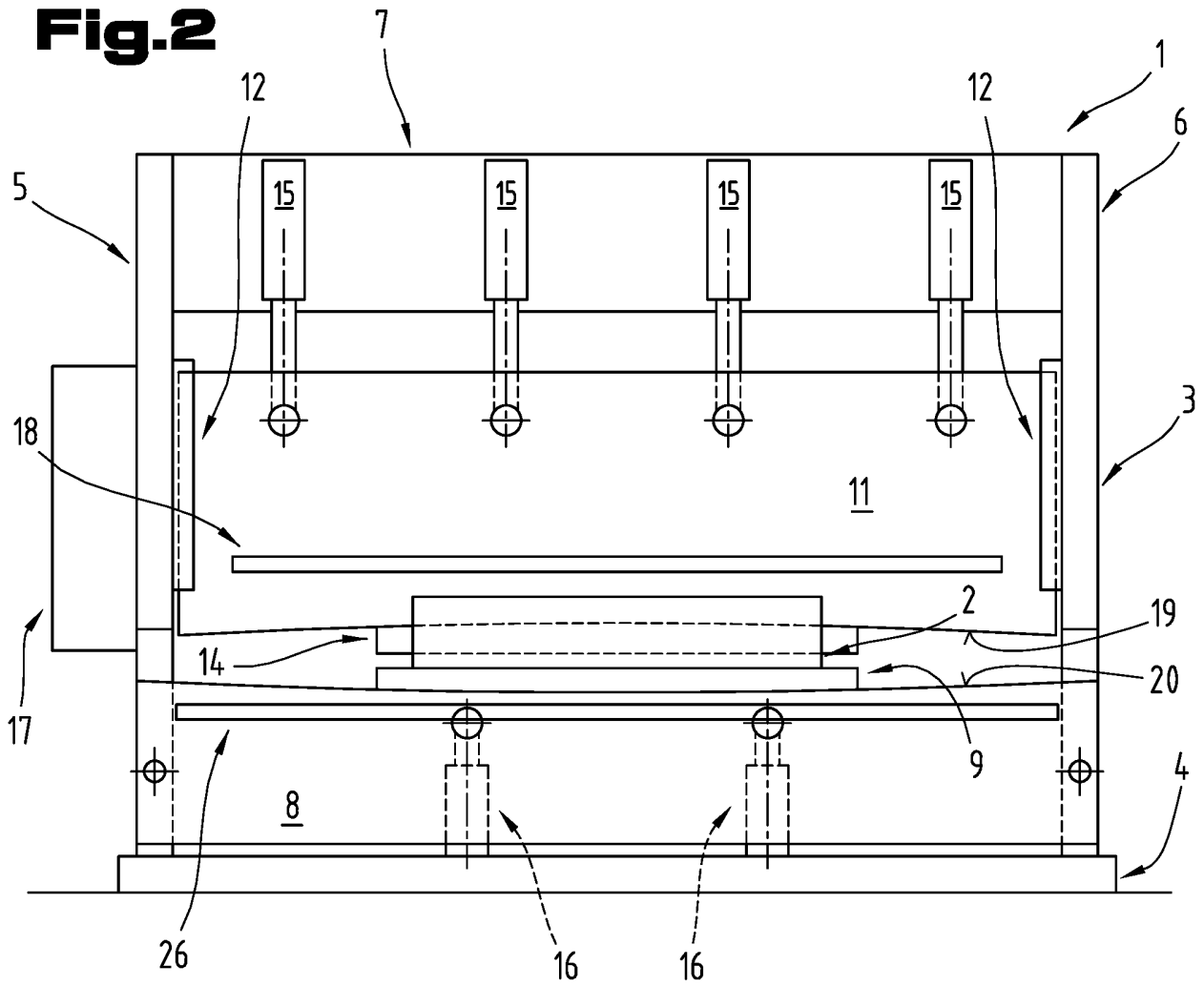
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass in der Steuereinrichtung (17) basierend auf den Werten der Positionsänderung (25) durch die Antriebseinheiten (15, 16) zu erzeugende Kräfte zur Kompensation der von der Messeinrichtung (18) gemessenen Positionsänderungen (25) an dem Pressbalken (11) berechnet werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Verformungszustand des Pressbalkens (11) durch Bestimmung der Positionsänderungen (25) fortlaufend, während des gesamten Bearbeitungsvorganges des Werkstückes (2) gemessen wird.

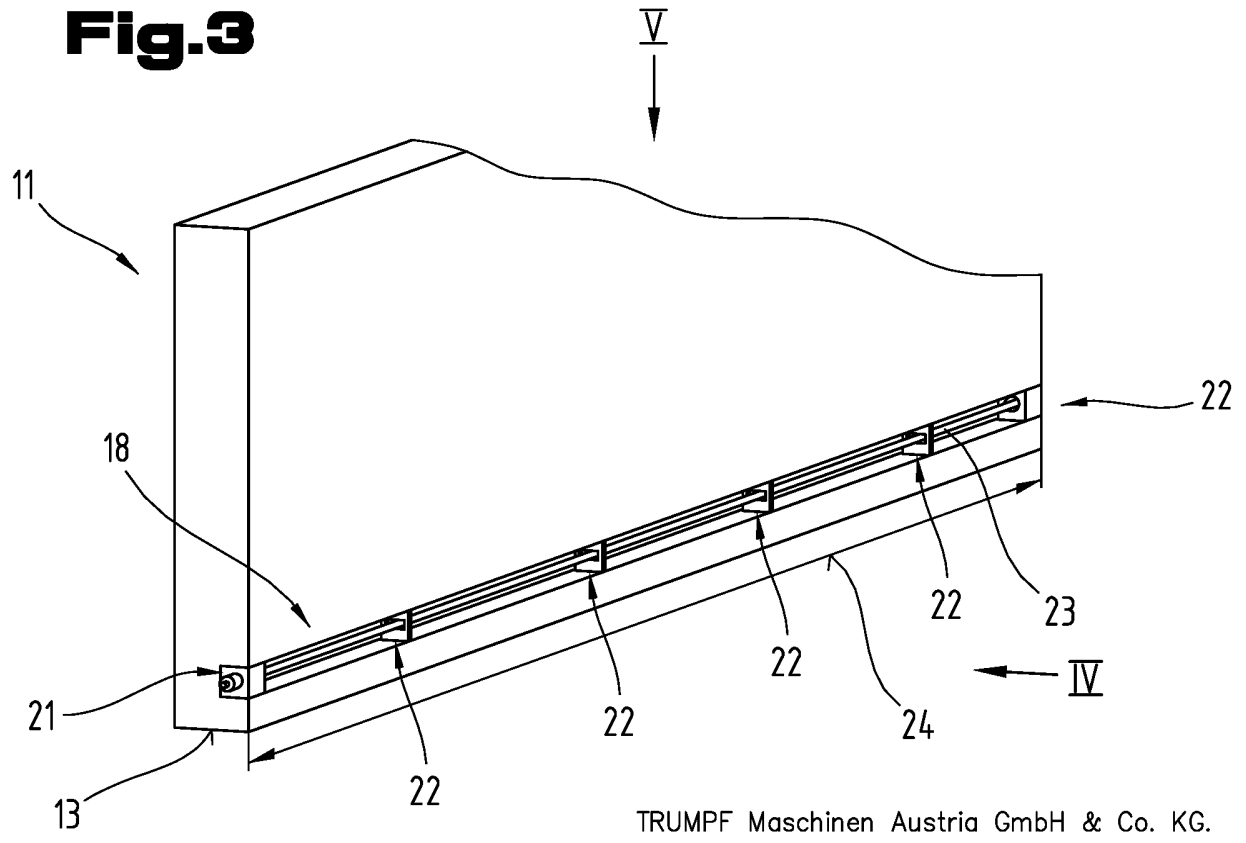
**Fig.1**



**Fig.2**

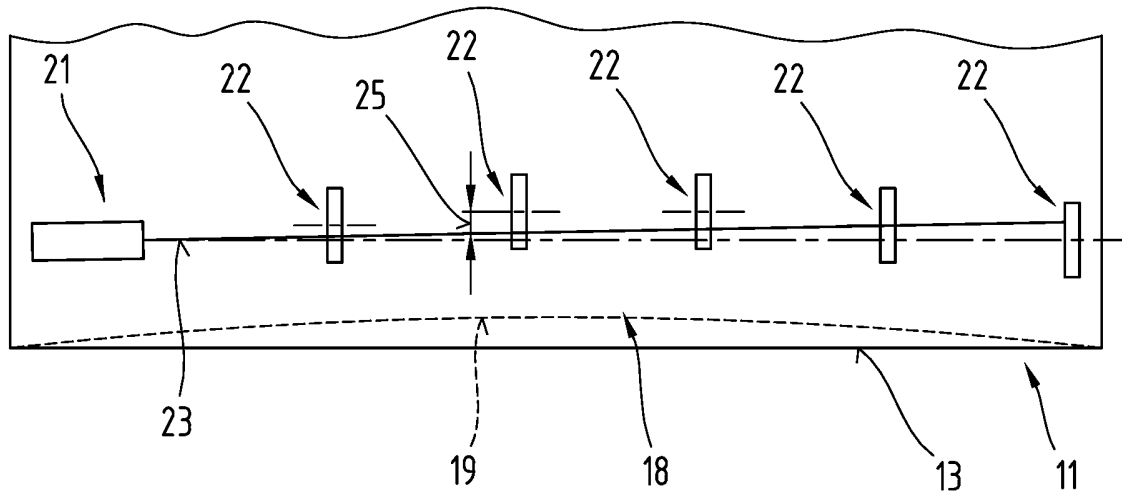


**Fig.3**

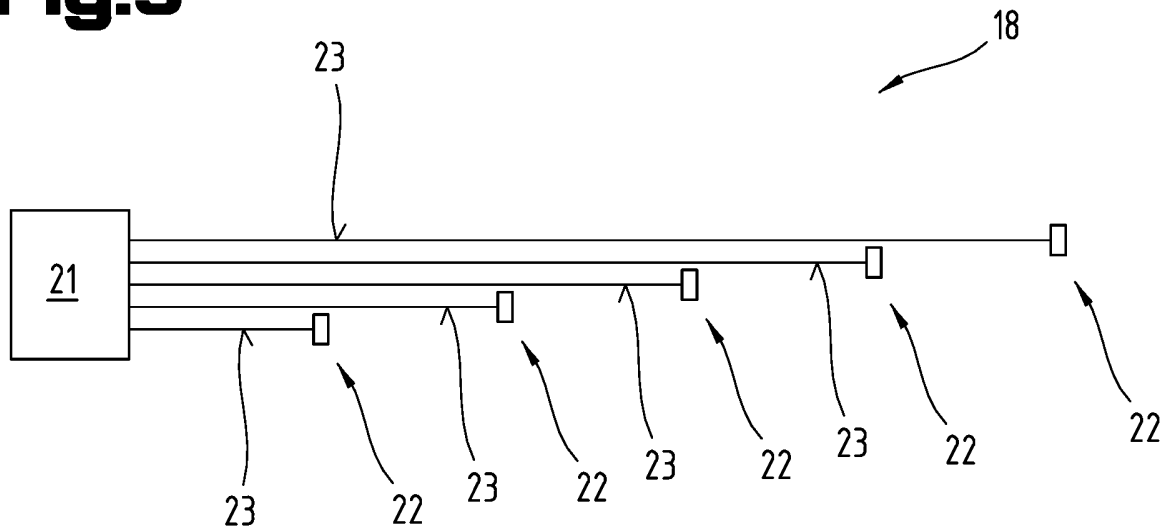


TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.

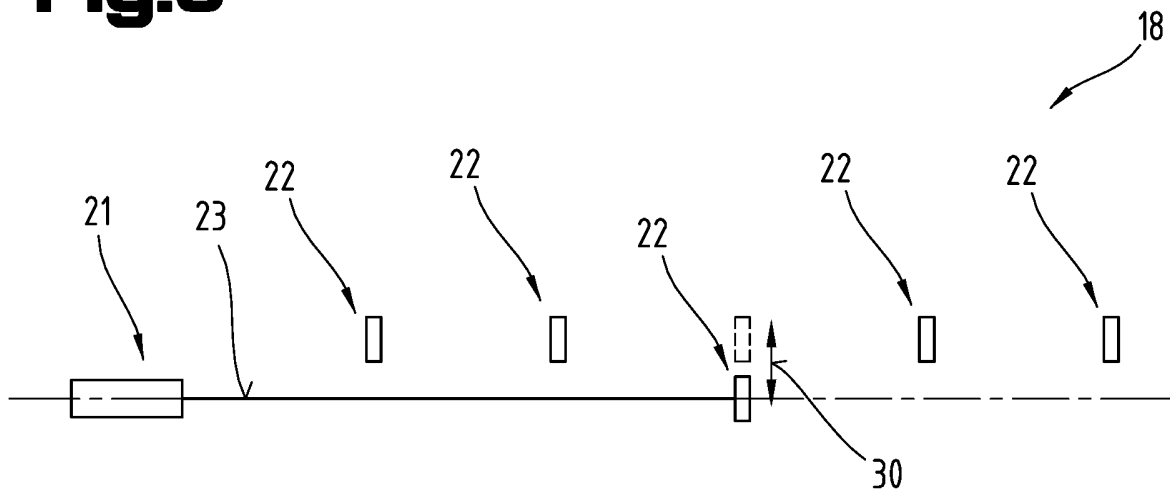
**Fig.4**



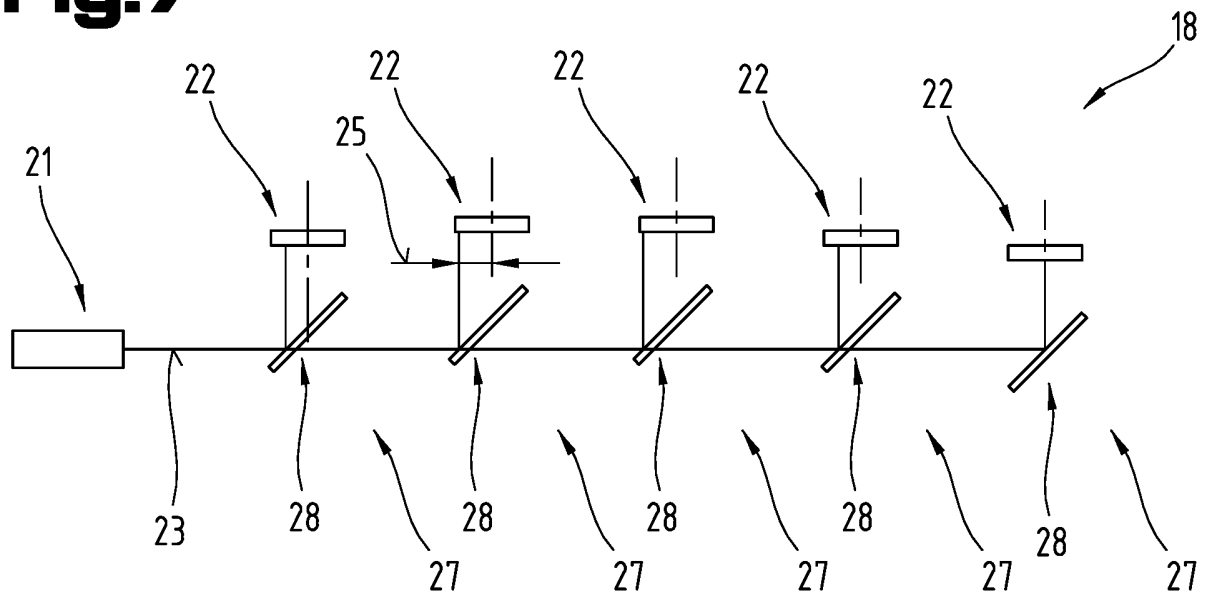
**Fig.5**



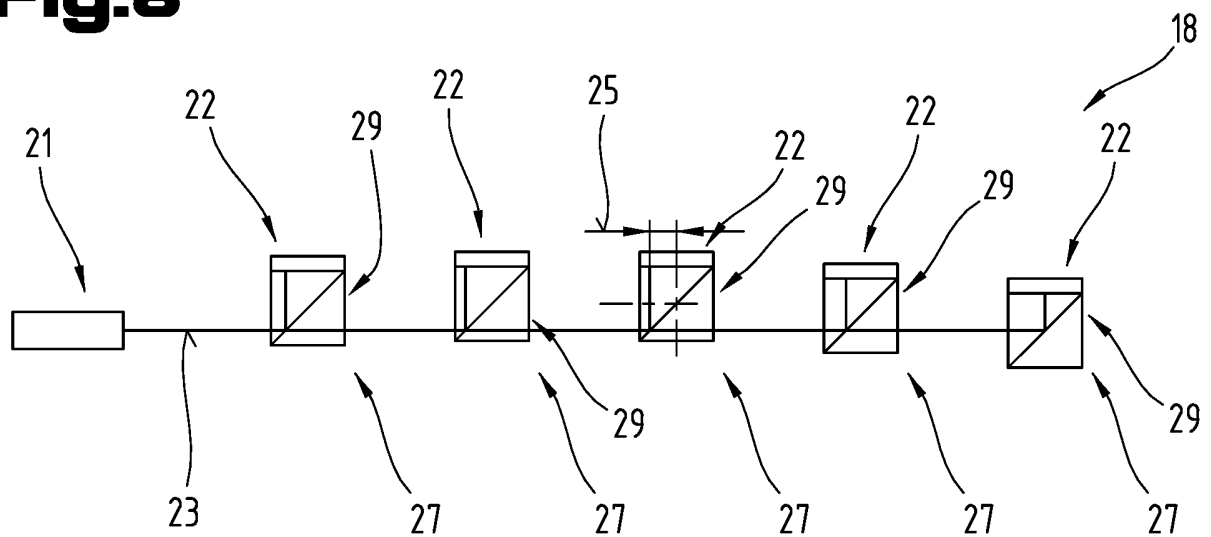
**Fig.6**



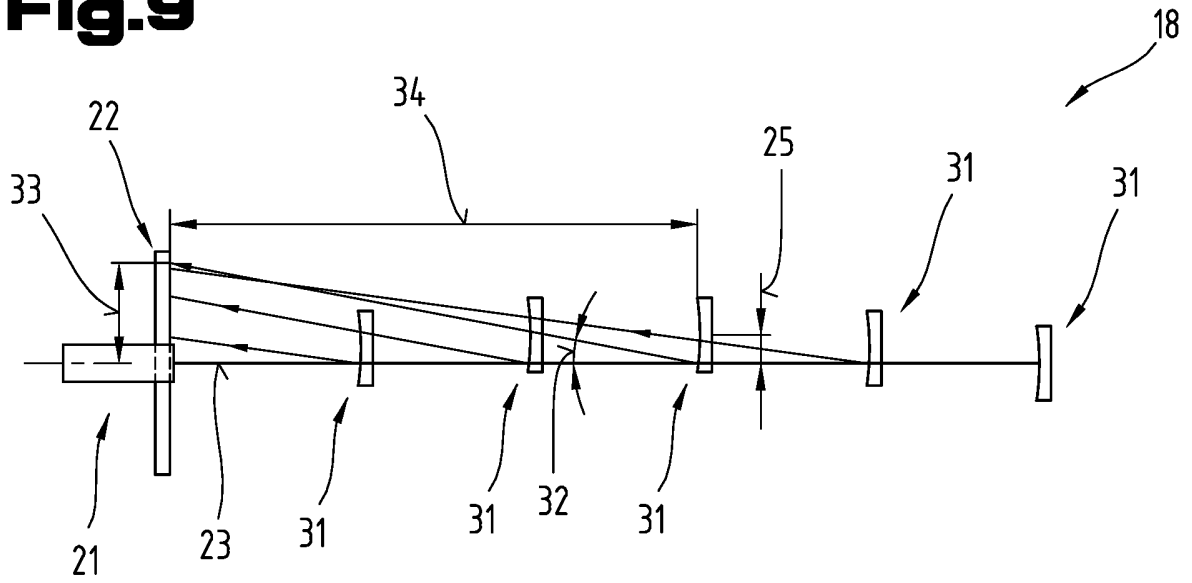
**Fig.7**



**Fig.8**



**Fig.9**



**Fig.10**

