



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2004 013 136 U1 2005.08.25**

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2004 013 136.6**

(22) Anmeldetag: **20.08.2004**

(47) Eintragungstag: **21.07.2005**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **25.08.2005**

(51) Int Cl.7: **G02B 6/32**

(66) Innere Priorität:

20 2004 003 973.7 11.03.2004

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**KUKA Schweissanlagen GmbH, 86165 Augsburg,
 DE**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

Ernicke & Ernicke, 86153 Augsburg

(56) Recherchenergebnisse nach § 7 Abs. 2 GebrMG:

DE 197 09 561 C2

DE 101 08 873 B4

DE 198 40 926 A1

DE 195 11 393 A1

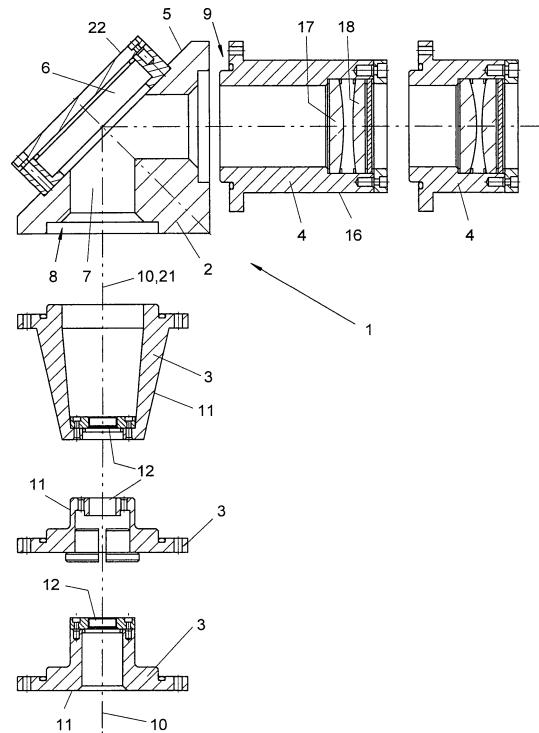
DE 39 41 608 A1

US 53 96 506 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Modulare Lichtwellenoptik**

(57) Hauptanspruch: Lichtwellenoptik, insbesondere Laseroptik, mit einer Fokussieroptik (18) und einem Lichtleiteranschluss (12) für einen Lichtwellenleiter (13) zur Verbindung mit einer externen Strahlquelle (40), insbesondere einer Laserquelle, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtwellenoptik (1) modular ausgebildet ist und zumindest einen Grundträger (2) mit dem Lichtleiteranschluss (12) und mit einem wechselbaren Optikmodul (4,26,27,28,32,33,34) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Lichtwellenoptik, insbesondere eine Laseroptik, mit den Merkmalen im Oberbegriff des Hauptanspruchs.

[0002] In der Praxis sind gattungsgemäße Laseroptiken mit fester Brennweite bekannt, die einteilig ausgebildet sind und eine Fokussieroptik sowie einen Lichtleiteranschluss zur Verbindung mit einer externen Laserquelle aufweisen. Gegebenenfalls ist auch eine Kollimationsoptik vorhanden. Die bekannte Lichtwellenoptik lässt sich nicht verändern und muss komplett ausgetauscht werden, wenn eine andere Brennweite benötigt wird.

[0003] Die DE 197 09 561 C2 befasst sich mit einer Anlage zur Bearbeitung von Chip- und/oder Magnetstreifenkarten, wobei eine Laserbeschriftungsstation zum Einsatz kommt. Letztere hat ein Planfeldobjektiv zur Fokussierung der Laserstrahlung sowie eine Einkoppelvorrichtung zum Anschluss eines Lichtwellenleiters und ein Ablenkspiegelpaar. Diese Komponenten sind an einem Gehäuse mittels Flanschplatten befestigt.

[0004] Die DE 101 08 873 B4 offenbart ein opto-elektronisches Modul mit einem optischen Stecker und einem darin angeordneten Lichtwellenleiter. In dem opto-elektronischen Modul ist ein Laserchip angeordnet, der einen Laserstrahl emittiert, welcher über den optischen Stecker in den Lichtwellenleiter einkoppelt.

[0005] Eine Laserquelle mit einem modularen Aufbau aus mehreren diodengepumpten Faserlasern ist in der DE 198 40 926 A1 zu finden. An die Laserquelle ist eine Fokussieroptik direkt angebaut, wodurch eine Laserkanone gebildet wird. Die Laseroptik kann als Vario-Fokussieroptik mit relativ zueinander axial verschiebbaren Linsen ausgebildet sein.

[0006] Aus der DE 195 11 393 A1 ist ein Gerät zur Substratbehandlung, insbesondere zum Perforieren von Papier bekannt, wobei ein über eine Sammellinse eingekoppelter Laserstrahl von einem Drehspiegel zu mehreren nebeneinander liegenden Linsensystemen abgelenkt wird. Diese Linsensysteme bestehen jeweils aus einem Kollimatorlinse, einem Umlenkspiegel und einer nachgeordneten optischen Anordnung, die ein Linsensystem und ein System aus diffraktiven optischen Elementen (DOE) aufweist. Das diffraktive optische Element erzeugt mehrere Brennpunkte in der Papierebene und lässt sich drehen, so dass in der Papierbahn eine Anzahl mehrerer paralleler Lochreihen gebildet wird. Zudem kann ein Ringfokus erzeugt werden. Durch eine Drehbewegung des Schwenkspiegels und die selektive Beaufschlagung unterschiedlicher Linsensysteme lassen sich mehrere Lochreihen in der Papierbahn erzeugen.

Die genannten Linsensysteme sind untereinander gleichartig ausgebildet und haben gleiche Brennweiten.

[0007] In der DE 39 41 608 A1 ist eine Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken mit Laserstrahlen, insbesondere ein Schneid- oder Schweißkopf angesprochen. Hierbei können am Schweißkopf unterschiedliche Schneid- oder Schweißdüsen angebracht werden. Im Schweißkopf befindet sich ein nicht austauschbarer Fokussierspiegel.

[0008] Die US-A-5,396,50 zeigt einen Faserlaser mit mehreren gekoppelten Fasern und Pumpdioden, wobei die emittierten Einzelstrahlen parallel auf eine Sammellinse gerichtet und von dieser auf einen Arbeitspunkt fokussiert werden. Über die Art der Sammellinse lässt sich die Schrift nicht im einzelnen aus.

[0009] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine bessere und flexiblere Lichtwellenoptik aufzuzeigen.

[0010] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Hauptanspruch.

[0011] Die beanspruchte modulare Lichtwellenoptik hat den Vorteil, dass die Charakteristik der Lichtwellenoptik und insbesondere deren Brennweite leicht und schnell verändert werden kann, was vorzugsweise durch einfachen Wechsel von ein oder mehreren Modulen, alternativ aber auch auf andere Weise, durch einen drehbaren Revolverkopf, einen beweglichen Spiegel in Verbindung mit einer Mehrfachoptik etc. geschehen kann. Außerdem kann bei einer Brennweitenänderung die Kollimation angepasst werden, was eine gezielte Beeinflussung der Fokuspunkt- oder Brennfleckgröße ermöglicht.

[0012] Für die eine Variante der Brennweitenänderung ist es vorteilhaft, einen Grundträger mit einem wechselbaren Optikmodul zu haben. Im Optikmodul ist zumindest eine Fokussieroptik mit vorzugsweise fester Brennweite untergebracht. Durch Modulwechsel kann die Brennweite verändert werden. Außerdem lässt sich gegebenenfalls die Kollimation hinsichtlich Brechungsverhalten und/oder Kollimationslänge verändern. Die einzelnen Module können ausgetauscht werden, ohne dass eine anschließende Justierung erforderlich wäre. Die Module können über ihre Modulanschlüsse, z.B. in Form von Flansch-Passungen, automatisch justiert werden.

[0013] Bei geeigneter konstruktiver Anschlusstechnik und insbesondere bei Mehrfacheinheiten, z.B. Revolvereinheit, Drehspiegeleinheit, ist auch ein vollautomatischer Modulwechsel möglich, der eine Brennweitenänderung im Betrieb und zu beliebigen Zeitpunkten, sogar während eines Bearbeitungszyklus, gestattet.

[0014] Mit Hinblick auf eine verbesserte Anpassung der Kollimationslänge ist es außerdem vorteilhaft, wenn am Grundträger zusätzlich ein Anschlussmodul wechselbar angeflanscht werden kann, mit dem sich der Abstand des Strahlaustrittspunktes von einer vorzugsweise im Optikmodul untergebrachten Kollimationsoptik verändern lässt. Hierdurch kann die Kollimationslänge in zweifacher Art, nämlich durch Wechsel des Optikmoduls und durch Wechsel des Anschlussmoduls in der gewünschten Weise verändert werden. Die zweifache Anpassungsmöglichkeit spart Platz.

[0015] Insbesondere lassen sich hierdurch bei einer Änderung der Fokussier-Brennweite die Kollimations-Brennweite und die Kollimationslänge entsprechend anpassen und dadurch die Brennfleck- oder Fokuspunktgröße des Lichtwellenstrahls oder Laserstrahls konstant halten. Alternativ kann durch Veränderung der Kollimation auch die Brennfleckgröße bei gleichbleibender oder variabler Brennweite verändert werden. Mit der beanspruchten Lichtwellenoptik ergeben sich sehr viele Möglichkeiten zur Beeinflussung der Lichtstrahlcharakteristik.

[0016] Die Anordnung der Kollimationsoptik in Strahlrichtung hinter dem Spiegel und mit kurzem Abstand vor der Fokussieroptik hat Vorteile bei der Verbesserung der optischen Justier- und Toleranzprobleme und der Baugröße.

[0017] Die beanspruchte Lichtwellenoptik ist für beliebige Lichtstrahlquellen geeignet. Ferner lässt sie sich durch Auswahl und Einbau geeigneter Module an unterschiedliche Licht- oder Laserstrahlquellen schnell und ohne Aufwand anpassen. Unterschiedliche Laserquellen, z.B. Diodenlaser, Faserlaser und CO₂-Laser, haben unterschiedliche Strahlcharakteristiken, die eine Anpassung der Lichtwellenoptik verlangen. Diese Adaption ist durch einfachen Modultausch möglich.

[0018] Der Grundträger besitzt vorzugsweise ein Gehäuse mit einem abgewinkelten Strahlkanal. Hierdurch kann eine große Kollimationslänge bei kompakten Gehäuseabmessungen erreicht werden. Ein in den Strahlkanal integrierter Umlenkspiegel lenkt den vom Einkoppelpunkt aus sich aufweitenden Lichtwellenstrahl um, wobei sich dieser bis zur Kollimationsoptik noch weiter spreizen kann. Diese bewusste Strahlaufweitung verringert die Intensität des Lichtwellenstrahls und die thermische Belastung des Umlenkspiegels sowie der Optiken. Dank der Winkelbauweise können große Kollimationswege mit großen Strahlaufweitungen bei kompakten Geräteabmessungen erreicht werden.

[0019] Die Verringerung der thermischen Belastung ermöglicht den Einsatz kostengünstiger Linsenmaterialien in der Kollimations- und Fokussieroptik. Hoch-

qualitative Gläser, z.B. Quarzgläser, sind entbehrlich. Bei den vorbekannten Lichtwellenoptiken waren solche hohen Glasqualitäten durch die geringe Strahlaufweitung und die kleinen Linsendurchmesser von ca. 45 mm erforderlich. Bei der beanspruchten Lichtwellenoptik können deutlich größere Linsen mit Durchmessern von z.B. 60 bis 100 mm und mehr eingesetzt werden, was auch zur Erzielung großer Brennweiten von ca. 1.400 mm und mehr von Vorteil ist.

[0020] Die Winkelbauweise des Grundträgergehäuses hat zudem Vorteile für die Wärmeableitung. Hierfür ist es außerdem günstig, wenn das Gehäuse aus einem besonders gut wärmeleitenden Material, z.B. einem Leichtmetall, insbesondere einer Aluminiumlegierung, besteht. Auf eine zusätzliche aktive Kühlung kann verzichtet werden. Ferner kann der Spiegel mit Hinblick auf Montage, Justierung und beschädigungsfreie Handhabung in einem Gehäuseaufsatz optimal angeordnet werden.

[0021] Zudem ist es durch die Einheitlichkeit der Modulanschlüsse möglich, die Modulpaare untereinander zu tauschen. Das Anschlussmodul wird dabei an der bisherigen Optikseite und das Optikmodul an der bisherigen Anschlussseite angeflanscht. Hierdurch lässt sich die Strahlrichtung ohne Umbau oder Umorientierung des abgewinkelten Grundträgers verändern. Ein Laserstrahl kann somit wahlweise parallel oder senkrecht zur Befestigungsachse, z.B. einer Roboterachse, verlaufen.

[0022] Die beanspruchte Lichtwellenoptik eignet sich besonders als Laseroptik in Verbindung mit Laserstrahlquellen hoher Leistung von 10 kW und mehr. Insbesondere in Verbindung mit leistungsstarken Faserlasern ergeben sich Vorteile. Zudem erlaubt die Lichtwellenoptik eine Brennweitenvariation in einem sehr großen Bereich. Es lassen sich Brennweiten zwischen 200 mm und 1.400 mm oder mehr realisieren, wobei auch hier bei Bedarf die Fokuspunkt- oder Brennfleckgröße im gewünschten Maß und eingestellt und ggf. bei einer Brennweitenveränderung auch konstant gehalten werden kann.

[0023] Die beanspruchte Lichtwellenoptik lässt sich in beliebiger Weise stationär oder instationär einsetzen und z.B. durch einen mehrachsigen Industrieroboter bewegen. Hierbei bestehen beliebige Einsatzbereiche. Besondere Vorteile ergeben sich bei Laserstrahlprozessen mit hoher Strahlleistung, z.B. beim Schweißen, Löten, Schneiden oder dergleichen.

[0024] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

[0025] Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im Einzelnen zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) In einer Explosionsdarstellung eine modulare Lichtwellenoptik mit auswechselbaren Modulen in verschiedenen Ausführungen und in der Darstellung als Baukastensystem,

[0027] [Fig. 2](#) eine erste Variante der Lichtwellenoptik in montiertem Zustand und in geschnittener Darstellung,

[0028] [Fig. 3](#) eine Einzeldarstellung der Module der Lichtwellenoptik von [Fig. 2](#) in Explosionsdarstellung,

[0029] [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) eine zweite Variante der Lichtwellenoptik in montierter Darstellung und Explosionsdarstellung

[0030] [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) eine dritte Variante der Lichtwellenoptik in montierter Darstellung und Explosionsdarstellung,

[0031] [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) eine vierte Variante der Lichtwellenoptik in Form einer Revolvereinheit mit mehreren Modulen in perspektivischen Ansichten,

[0032] [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) weitere Ansichten der Revolvereinheit gemäß Pfeilen X und XI von [Fig. 8](#),

[0033] [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) eine fünfte Variante der Lichtwellenoptik in Form einer Drehspiegeleinheit mit mehreren Modulen in perspektivischen Ansichten,

[0034] [Fig. 14](#) eine weitere Ansicht der Drehspiegeleinheit gemäß Pfeil XIV von [Fig. 12](#) und

[0035] [Fig. 15](#) ein Einsatzbeispiel mit einer Roboterschweißzelle.

[0036] Die Erfindung befasst sich mit einer Lichtwellenoptik (1), insbesondere einer Laseroptik, mit veränderlicher Brennweite F, wobei ggf. auch die Kollimation hinsichtlich ihrer Brennweite und/oder der Kollimationslänge verändert und angepasst werden kann. Durch Veränderungen an Fokussierung und/oder Kollimation kann gezielt Einfluss auf die Form und Größe des Fokuspunkts oder Brennflecks genommen werden.

[0037] In den zeichnerisch dargestellten Ausführungsbeispielen wird eine Lichtwellenoptik in Modulbauweise gezeigt, wobei in [Fig. 1](#) ein Baukastensystem mit verschiedenen verfügbaren einzelnen Modulen (2,3,4) dargestellt ist. In [Fig. 2](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) sind drei verschiedene Modulzusammenstellungen und Bauvarianten der Lichtwellenoptik (1) dargestellt. Darüber hinaus gibt es noch beliebige andere Varianten bei Bauformen und Modulkombinationen. [Fig. 8](#) bis [Fig. 14](#) zeigen Varianten mit Mehrfacheinheiten (24). [Fig. 15](#) verdeutlicht den Einsatz beispielsweise in einer Roboterschweißzelle (41).

[0038] Die Lichtwellenoptik (1) ist für beliebige Lichtwellenstrahlen (10) geeignet. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um Laserstrahlen, die von einer beliebigen Laserquelle (40) stammen und auf beliebige Art zugeführt werden können. Vorzugsweise handelt es sich um eine Hochleistungs-Laserquelle, z.B. einen Faserlaser oder Scheibenlaser. Die Laserleistungen können eine beliebige Höhe haben und z.B. 4 bis 10 kW sowie deutlich mehr betragen. Der Lichtwellen- oder Laserstrahl (10) wird der Lichtwellenoptik (1) von der Strahlquelle über einen Lichtwellenleiter (13) eingangseitig zugeführt und tritt ausgangseitig fokussiert aus. Der Lichtwellen- oder Laserstrahl (10) wird vorzugsweise über einen fasergekoppelten Lichtleiter (13) übertragen und zugeführt.

[0039] Die Lichtwellenoptik (1) ist insbesondere eine transmittierende Laseroptik, die in einem weiten Bereich hinsichtlich der Brennweiten von Fokussierung und Kollimation und auch der Kollimationslänge variabel ist. Die Brennweiten können z.B. zwischen 200 mm und 1400 mm variieren und die angegebenen Bereiche auch nach oben und unten überschreiten. Die modulare Lichtwellenoptik (1) ist justierfrei.

[0040] Die Lichtwellenoptik (1) besteht aus einem Grundträger (2) und zumindest einem Optikmodul (4), welches wechselbar mit dem Grundträger (2) verbunden ist und unterschiedlich ausgebildet sein kann. Vorzugsweise lässt sich am Grundträger (2) auch ein Anschlussmodul (3) in unterschiedlichen Ausführungsformen austauschbar anbringen.

[0041] Der Grundträger (2) besitzt ein Gehäuse (5) mit einem innenliegenden rohrförmigen Strahlkanal (7) für den Durchtritt des Lichtwellenstrahls (10). Vorzugsweise haben das Gehäuse (5) und der Strahlkanal (7) eine abgewinkelte Form. Der Winkel beträgt in der gezeigten Ausführungsform 90°. Er kann beliebig nach oben und unten variieren. Das Gehäuse (5) hat in der Seitenansicht eine im wesentlichen gleichschenklige dreieckige Form und besteht aus einem gut wärmeleitenden Material, insbesondere einem Metall, vorzugsweise einem Leichtmetall, insbesondere einer Aluminiumlegierung.

[0042] Der Grundträger (2) besitzt in den Ausführungsformen von [Fig. 1](#) bis [Fig. 11](#) einen im Strahlengang (7) an der Knickstelle angeordneten Umlenkspiegel (6), an dem der Lichtwellenstrahl (10) reflektiert wird. Der Umlenkspiegel (6) kann in einem separaten Gehäuseaufsatz (22) an der schrägen Gehäuserückseite über einer dortigen Gehäuseöffnung positionsgenau und mit einer Dichtung angeordnet sein. Die Winkellage des z.B. stationären Umlenkspiegels (6) ist so gewählt, dass der Lichtwellenstrahl (10) im Strahlengang (7) symmetrisch reflektiert wird. Der Gehäuseaufsatz (22) mit dem darin gehaltenen Umlenkspiegel (6) lässt sich einfach von außen montieren, bei Bedarf austauschen und dabei automatisch jus-

tieren. Die Gefahr von Berührungen, Verschmutzungen und Beschädigungen des Umlenkspiegels (6) ist durch diese Anordnung minimiert.

[0043] Der zylindrische Strahlengang (7) durchsetzt zentrisch das Gehäuse (5), welches an den Eintritts- und Austrittsöffnungen des Strahlgangs (7) jeweils einen Modulanschluss (8,9) zum Anschluss des Optikmoduls (4) und des Anschlussmoduls (3) aufweist. Beide Module (3,4) haben hierzu passende Anschlussstellen für eine selbstzentrierende und justierfreie Verbindung mit dem Grundträger (2). Die Modulanschlüsse (8,9) können z.B. Zentrierringe mit Flanschpassungen und außenseitigen Befestigungsflanschen für Schraubverbindungen oder dergleichen andere geeignete Konstruktionen haben. Die Modulanschlüsse (8,9) sind untereinander gleich, so dass die Modulpaarungen (3,4) beliebig untereinander getauscht und angeflanscht werden können.

[0044] Die Module (3,4) haben ebenfalls axiale Strahlkanäle (15,20), die fluchtend an den abgewinkelten Strahlkanal (7) anschließen. Die frei durchgängigen Strahlkanäle (7,15,20) haben vorzugsweise eine zylindrische Form und einen auch für aufgeweitete Lichtwellenstrahlen (10) ausreichenden Durchmesser.

[0045] Das Optikmodul (4) besitzt ein zylinderrohrförmiges Gehäuse (16) mit dem innenliegenden Strahlkanal (20). Am einen Gehäuseende befindet sich der Modulanschluss (9). Am anderen Gehäuseende ist eine Fokussieroptik (18) im Strahlkanal (20) angebracht und in geeigneter Weise stationär gehalten. In Strahlrichtung hinter der Fokussieroptik (18) kann ein Schutzglas (19) angebracht sein, um die Fokussieroptik (18) gegen Umwelteinflüsse, z.B. Schweißspritzer, Schmauch oder dergleichen zu schützen. Außerdem ist das Optikmodul (4) spritzwasserfest.

[0046] In Strahlrichtung kann mit kurzem Abstand vor der Fokussieroptik (18) eine Kollimationsoptik (17) im Strahlengang (20) des Optikmoduls (4) angebracht sein. Die Kollimationsoptik (17) befindet sich in Strahlrichtung hinter dem Umlenkspiegel (6) und formt den auftreffenden, konisch aufgeweiteten Lichtwellenstrahl (10) in einen Strahl mit im Wesentlichen parallelen Lichtwellen um. Der Parallelstrahl wird in der anschließenden Fokussieroptik (18) wieder gebeugt und zum Fokuspunkt (nicht dargestellt) fokussiert.

[0047] Beide Optiken (17,18) bestehen aus ein oder mehreren geeigneten optischen Linsen. Die Linsendurchmesser können größer als 45 mm sein. Für den vorstehend angegebenen Brennweitenbereich liegen die Linsendurchmesser vorzugsweise zwischen 60 mm und 100 mm und können auch noch größer sein. Die Linsen können aus einem beliebig geeigneten

und vorzugsweise preisgünstigen Material, z.B. billigen Glassorten, Kunststoffen oder dgl., bestehen.

[0048] Wie [Fig. 1](#) im Baukastensystem und [Fig. 2](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) in den drei Modulvarianten verdeutlichen, können die Optikmodule (4) in den Gehäuselängen variieren. Hierdurch ändert sich der Abstand der Optiken (17,18) vom Grundträger (2) und vom Umlenkspiegel (6). Dementsprechend ändert sich die Kollimationslänge. Ferner können die Brennweiten der Optiken (17,18) variieren. Bei den längeren Optikmodulen (4) von [Fig. 1](#), [Fig. 2](#) und [Fig. 6](#) haben z.B. die Fokussieroptik (18) eine Brennweite von 750 mm und die Kollimationsoptik (17) eine Brennweite von 500 mm. Bei der kürzeren Modulvariante von [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) beträgt die Brennweite der Fokussieroptik (18) z.B. 500 mm und die Brennweite der Kollimationsoptik (17) 330 mm. Entsprechend der unterschiedlichen Brennweiten können auch die Linsen und Kanaldurchmesser der verschiedenen Optikmodule (4) variieren.

[0049] Die Optiken (17,18) können austauschbar in den Optikmodulen (4) untergebracht werden und sind z.B. in einem frontseitig zugänglichen zylindrischen Aufnahmeschacht mittels Halteringen gelagert und gegeneinander distanziert. Sie werden durch einen stirnseitig aufgesetzten Spannring gehalten und als Paket gegen einen rückwärtigen Bund des zylindrischen Aufnahmekanals gepresst.

[0050] In Variation zur gezeigten stationären Optikordnung ist auch eine verstellbare Ausführungsform möglich, die bei Bedarf eine Fokuspachführung erlaubt. Hierfür können z.B. nur die Fokussieroptik (18) oder beide Optiken (17,18) in einem axial verschiebbaren und motorisch angetriebenen Schlitten gelagert sein, der von einer geeigneten Steuerung beaufschlagt wird. Eine Fokuspachführung kann z.B. bei Schwenkbewegungen des Lichtwellenstrahls (10) gegenüber einem ebenen Werkstück (39) zum Ausgleich der durch die Bogenbewegung hervorgerufenen Höhenänderungen des Fokuspunktes sinnvoll sein.

[0051] Das Anschlussmodul (3) dient zum lösbaren Anschluss eines Lichtwellenleiters (13), von dem der Übersicht halber in [Fig. 2](#) nur der Stecker (23) oder die Montagefassung mit einem kurzen Kabelstück dargestellt sind. Für die vorzugsweise lösbare Verbindung besitzt das Anschlussmodul (3) am rückwärtigen Ende einen entsprechenden Lichtleiteranschluss (12), der z.B. als buchsenförmige Aufnahme für den Stecker (23) des Lichtleiters (13) ausgebildet ist. Die lösbare Verbindung kann z.B. eine Bajonettkupplung sein. Am vorderen Ende hat das Anschlussmodul (3) einen Modulanschluss (8), der in entsprechender Weise wie der andere Modulanschluss (9) des Optikmoduls (4) ausgebildet sein kann.

[0052] Das Anschlussmodul (3) besitzt ebenfalls ein im Wesentlichen rohrförmiges Gehäuse (11) mit einem zentralen und geraden Strahlkanal (15). Bei den in [Fig. 1](#) im Baukasten dargestellten Varianten des Anschlussmoduls (3) ändert sich die Form und Länge des Gehäuses (11). Hierbei ändert sich auch der Abstand des Lichtleiteranschlusses (12) vom Grundträger (2) und vom Umlenkspiegel (6). Dementsprechend variiert die Kollimationslänge, die als der Abstand zwischen der Austrittsstelle (14) des Lichtwellenstrahls am Lichtleiter (13) und dem Auftreffpunkt an der Kollimationsoptik (17) bei zentrischem Strahlengang definiert ist. In [Fig. 2](#) ist dies mit dem Zentralstrahl bzw. der strichpunktierten optischen Achse (21) dargestellt.

[0053] In der Modulvariante 3 von [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) erstreckt sich das Gehäuse (11) vom Modulanschluss (8) nach hinten. Hierbei sind der Lichtleiteranschluss (12) und der Austrittspunkt (14) weit vom Umlenkspiegel (6) distanziert. Hierdurch ergibt sich eine große Kollimationslänge, die mit einer entsprechenden starken Aufweitung des Lichtwellenstrahls (10) verbunden ist, was in [Fig. 2](#) durch gestrichelte Linien verdeutlicht ist. Bei dieser Variante hat auch das Optikmodul (4) eine große Gehäuselänge und lange Brennweiten in den Optiken (17,18).

[0054] In der zweiten Variante von [Fig. 4](#) und der zugehörigen mittleren Moduldarstellung von [Fig. 1](#) hat das Anschlussmodul (3) eine kurze Gehäuselänge, wobei sich außerdem das Gehäuse (11) vom Modulanschluss (8) nach vorn erstreckt und ein Stück in den Strahlkanal (7) des Grundträgers (2) hineinragt. Dementsprechend wandern der Lichtleiteranschluss (12) und die Strahlaustrittsstelle (14) näher zum Umlenkspiegel (6) und führen zu einer Verkürzung der Kollimationslänge. In der Darstellung von [Fig. 4](#) kommt hierbei das kürzere der beiden Optikmodule (4) mit den kürzeren Brennweiten der Optiken (17,18) zum Einsatz.

[0055] In der dritten Variante von [Fig. 6](#) und der unteren Moduldarstellung von [Fig. 1](#) hat das Anschlussmodul (3) ein Gehäuse (11), welches einen noch längeren vorderen Gehäuseabschnitt aufweist und noch tiefer in den Strahlkanal (7) des Grundträgers (2) ragt. Durch diese Gestaltung wird eine noch größere Annäherung des Lichtleiteranschlusses (12) und der Strahlaustrittsstelle (14) an den Umlenkspiegel (6) erreicht. Bei dieser Variante von [Fig. 6](#) kommt das längere Optikmodul (4) mit den größeren Brennweiten der Optiken (17,18) zum Einsatz. Im Vergleich mit dem Ausführungsbeispiel von [Fig. 2](#) wird hierdurch die Kollimationslänge gegenüber der Brennweite verkürzt. Dies führt beim Ausführungsbeispiel von [Fig. 6](#) zu einer geringeren Strahlaufweitung. Auf diese Weise können auch Strahlquellen mit einer größeren Strahldivergenz eingesetzt werden.

[0056] Durch die beschriebene Lichtwellenoptik (1) lässt sich eine optimale Anpassung an unterschiedliche Laserquellen und unterschiedliche Brennweiten erzielen.

[0057] Die verschiedenen Laserquellen (40), z.B. Faserlaser, Diodenlaser, CO₂-Laser und dergleichen haben unterschiedliche Strahleigenschaften und unterschiedliche Spreizwinkel des Laserstrahls. Faserlaser oder Scheibenlaser haben z.B. eine sehr hohe Strahlqualität mit enger Strahlbündelung und geringen Spreizwinkeln. Bei kleinen Strahlspreizwinkeln kann es sich empfehlen, zur Erzielung der gewünschten Strahlaufweitung und Aperturgröße das längere Anschlussmodul (3) von [Fig. 2](#) einzusetzen und dadurch den Abstand des Strahlaustrittspunktes (14) vom Umlenkspiegel (6) groß zu machen. Bei schlechteren Strahlqualitäten und größeren Strahlspreizwinkeln kann es sich empfehlen, diesen Abstand zu verkürzen und die anderen Varianten des Anschlussmoduls (3) gemäß [Fig. 4](#) und [Fig. 6](#) einzusetzen.

[0058] In vielen Einsatzfällen gehen die gewählte Brennweiten und die Länge der Kollimationsstrecke proportional einher. Je länger die Fokussier-Brennweite wird, desto länger werden auch die Kollimations-Brennweite und Kollimationsstrecke. Dies gilt jedenfalls dann, wenn der Durchmesser des Brennflecks oder Fokuspunktes im Wesentlichen konstant gehalten werden soll. [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) verdeutlichen z.B. dieser Vorgehensweise.

[0059] Andererseits ist es möglich, den Brennfleckdurchmesser gezielt zu beeinflussen und insbesondere zu vergrößern. Hierfür kann z.B. bei gleich bleibenden Brennweiten beider Optiken (17,18) die Kollimationslänge verändert werden. Auch die Brennweiten der Optiken (17,18) lassen sich einzeln oder gemeinsam verändern.

[0060] Durch die Modulbauweise ist es möglich, die Optik- und Anschlussmodule (4,3) beliebig zu tauschen. Hierdurch können die Brennweiten und die Kollimationslänge beliebig beeinflusst werden. [Fig. 6](#) zeigt hierbei z.B. die Konstellation mit einem langen Optikmodul (4) und einem kurzen Anschlussmodul (3). Insbesondere lässt sich hierdurch die Kollimationslänge beliebig im Anschlussbereich und/oder im Optikbereich beeinflussen.

[0061] Die Lichtwellenoptik (1) kann in beliebiger Weise geführt und eingesetzt werden. Der Grundträger (2) lässt sich z.B. direkt an einem stationären Ständer oder an einem beweglichen Manipulator anbringen. Der Grundträger (2) kann z.B. direkt oder mittelbar über eine Wechselkupplung an der Roboterhand (37) eines mehrachsigen Industrieroboters (36), z.B. eines sechsachsigen Gelenkarmroboters, angeflanscht werden. [Fig. 15](#) zeigt diese Anordnung mit einer Stirnansicht auf das Gehäuse (5). Bei einem

Modulwechsel kann hierdurch die Trägerbefestigung gleich bleiben. Andererseits ist es möglich, die in den Zeichnungen dargestellte Lichtwellenoptik (1) mit einem separaten Gestell oder Gehäuse zu umgeben und dieses mit einer stationären oder instationären Führung zu verbinden. Dies kann z.B. ein U-förmiger Haltebügel sein, der das Gehäuse (5) seitlich längs eines Strahlkanalabschnitts (7) übergreift und mit dessen Seitenwänden verschraubt ist. Hierbei sind zwei um 90° verdrehte Gehäusepositionen möglich.

[0062] Varianten der gezeigten Ausführungsbeispiele sind in verschiedener Weise möglich. Zum einen können statt der dargestellten manuell bedienbaren Modulanschlüsse (8,9) automatische Wechsellanschlüsse eingesetzt werden, die einen automatischen Modultausch ermöglichen. Hierbei kann z.B. ein Roboter die Lichtwellenoptik (1) zu einer Wechsellanrichtung führen, die automatisch das alte Modul (3,4) abnimmt und ein neues Modul (3,4) anflanscht. Dies kann mit ein oder beiden Anschluss- und/oder Optikmodulen (3,4) geschehen.

[0063] Ein automatischer Modulwechsel erlaubt eine Veränderung der Fokussier-Brennweite und/oder der Brennfleckgeometrie während des Betriebs. Die kann z.B. bei Schweißprozessen an einer Fahrzeugkarosserie im Rahmen des Laser-Remote-Schweißens sinnvoll sein. Zum Schweißen großer Arbeitsbereiche, z.B. eines seitlichen Türausschnitts an der Karosserie wird eine große Brennweite eingesetzt, die es dem seitlich stehenden Schweißroboter ermöglicht, über kleine Roboterhandbewegungen den Laserstrahl entlang des Türausschnitts zu führen. Wenn andererseits anschließend im Dachbereich Schweißungen vorgenommen werden sollen, empfiehlt sich ein Brennweitenwechsel und der Einsatz einer deutlich kürzeren Brennweite. Hierdurch kann der Abstand der Lichtwellenoptik (1) von der Karosserie verringert werden, was es dem Schweißroboter mit seinem räumlich beschränkten Arbeitsbereich ermöglicht, trotz seitlicher Position über die Karosserie zu fassen und auch den Dachbereich zu bearbeiten. Bei gleichbleibender langer Brennweite bräuchte der Roboter sonst eine zusätzliche Hebeachse, um einen genügenden Abstand der Lichtwellenoptik (1) vom Karosseriedach zu erreichen.

[0064] Ein anderer Anwendungsfall für einen automatisierten Modulwechsel sind Prozessänderungen während des Betriebs und insbesondere während des Prozesszyklus oder der Taktzeit. Hierbei kann z.B. ein Schweißroboter zunächst an der Außenseite einer Karosserie, z.B. an einer Seitenwand, Schweißnähte setzen und hierfür eine in den Brennweiten und der Kollimation geeignete Modulkombination verwenden. Wenn der Schweißprozess abgeschlossen ist, kann der Schweißroboter innerhalb der Zykluszeit eine andere Aufgabe an anderer Stelle

wahrnehmen, indem er z.B. auf der Innenseite der gegenüberliegenden Seitenwand der Karosserie einen Prozess durchführt. Dies kann einerseits ein Schweißprozess mit entsprechender Brennweitenanpassung auf Grund des größeren Werkzeugabstands sein. Es kann sich alternativ aber auch um einen anderen Prozess handeln, z.B. Löten, Kleben, Ausgleichserwärmen, Gelieren oder dergleichen. Wenn statt des Schweißens ein großflächiges Erwärmen von Werkstückbereichen gewünscht wird, kann entsprechend die Brennfleckgröße durch Änderung der Brennweiten und/oder der Kollimation erhöht werden. In den genannten Fällen wird der Modulwechsel innerhalb der Zykluszeit oder Taktzeit durchgeführt.

[0065] Die Erfindung sieht darüber hinaus weitere Variationsmöglichkeiten zur Beeinflussung, Veränderung der Brennweiten, der Kollimation und der Brennfleckgeometrie vor. Statt der vorbeschriebenen Modulbauweise mit einzelnen wechselbaren Modulen (3,4) können Mehrfacheinheiten (24) in unterschiedlichen Ausführungsformen eingesetzt werden. Die Mehrfacheinheiten (24) besitzen mehrere Optikmodule (26 bis 28, 32 bis 34), die nach Bedarf ausgewählt und zum Einsatz kommen können.

[0066] Eine Mehrfacheinheit (24) kann z.B. die in [Fig. 8](#) bis [Fig. 11](#) dargestellte Revolvereinheit (25) mit mehreren, z.B. drei unterschiedlichen Optikmodulen oder Optikeinheiten (26,27,28) sein. Die Optikmodule (26,27,28) unterscheiden sich wie in der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen von [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) in den Brennweiten und ggf. der gegenseitigen Anordnung der Fokussier- und Kollimationsoptik (17,18). Auch die Gehäuselängen können unterschiedlich sein. Die Optikmodule (26,27,28) sind gemeinsam an einem Modulträger (29) angebracht, der um eine Drehachse (30) drehbar am Grundträger (2) angeordnet ist.

[0067] Die Optikmodule (26,27,28) sind mit ihren zentralen Optikachsen (35) derart am Modulträger (29) angebracht und ausgerichtet, dass sich die Optikachsen (35) zusammen mit der optischen Achse (21) des Laserstrahls (10) an der Reflektionsfläche des Umlenkspiegels (6) in einem gemeinsamen Punkt (43) schneiden. Diesen Punkt (43) schneidet auch die Drehachse (30) des Modulträgers (29). Die Optikmodule (26,27,28) sind im Kreis mit einer kegelartigen Anordnung rund um die zentrale Drehachse (30) positioniert und dabei vorzugsweise in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt. [Fig. 8](#) zeigt diese Anordnung. Die Optikachse (35) des gerade beaufschlagten Optikmoduls (26) fällt dabei mit der optischen Achse (21) des Laserstrahls (10) zusammen.

[0068] Die Anbringung der Optikmodule (26,27,28) am Modulträger (29) kann stationär oder in der vorbeschriebenen Art wechselbar sein. Durch eine Revolverdrehung um die Achse (30) wird das jeweils benö-

tigte Optikmodul (26,27,28) in Position gebracht. [Fig. 11](#) verdeutlicht diese Kinematik. Hierfür ist ein geeigneter Revolverantrieb (nicht dargestellt) nebst zugehöriger integrierter oder externer Steuerung vorhanden. Der Revolverantrieb ist z.B. über eine Leitung (42) mit der Robotersteuerung (38) verbunden. Zudem können geeignete Überwachungseinrichtungen mit Sensoren etc. vorhanden sein.

[0069] In einer in [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) dargestellten weiteren Variation ist es möglich, die Mehrfacheinheit (24) als Drehspiegeleinheit (31) auszubilden. Hierbei können mehrere Optikeinheiten oder Optikmodule (32,33,34) in einer Fassung an der Ausgangsseite des Grundträgers (2) stationär angeordnet werden, wobei eine variable und gezielte Strahlzuführung zu den einzelnen Optikmodulen (32,33,34) erfolgt. Die stationäre Anordnung der Optikmodule (32,33,34) kann wiederum fest oder lösbar sein.

[0070] Die Strahlzuführung kann z.B. mittels eines um ein oder zwei Achsen (45,46) schwenkbaren Umlenkspiegels (6) geschehen, der die auf einer Kugelschale um den kardanischen Spiegeldrehpunkt (44) angeordneten Optikmodule (32,33,34) nach Bedarf anvisiert. Die Schwenkachse (45,46) können die in der Reflektionsebene des Umlenkspiegels (6) befindlichen Hauptachsen sein. Der Umlenkspiegel (6) führt beim Anvisieren der verschiedenen Optikmodule (32,33,34) und zur gezielten Ablenkung des einfallenden Laserstrahls (10) eine Taumelbewegung um den Spiegeldrehpunkt (44) aus.

[0071] Die Optikmodule (32,33,34) sind ähnlich wie im vorigen Ausführungsbeispiel der Revolvereinheit (25) mit schrägen und im Spiegeldrehpunkt (44) sich schneidenden Optikachsen (35) in kegelförmiger Verteilung um eine zentrale und ebenfalls den Punkt (44) schneidende Achse angeordnet.

[0072] Auch bei der Drehspiegeleinheit (31) sind entsprechend geeignete Antriebe nebst Steuerung und Überwachungseinrichtungen (nicht dargestellt) vorhanden und ggf. mit der Robotersteuerung (38) verbunden.

[0073] Ein ein- oder mehrachsiger beweglicher Umlenkspiegel (6) kann auch in Verbindung mit den anderen vorbeschriebenen Ausführungsformen mit einzelnen wechselbaren Modulen, Revolverkopf oder dergleichen eingesetzt werden, um den Lichtwellenstrahl (10) unterschiedlich zu den Optiken (17,18) hin abzulenken und die Ausgangs-Strahlcharakteristik entsprechend zu ändern. Ferner ist es möglich, ein oder beide Optiken (17,18) drehbeweglich anzuordnen, um z.B. über eine Taumelbewegung ein oder beider Optiken (17,18) den austretenden Laserstrahl in einer Kreisbahn oder dergleichen wandern zu lassen.

[0074] Variationen sind auch an der Anschlussseite zum Lichtleiter (13) möglich. Der Lichtleiteranschluss (12) kann z.B. stationär am Grundträger (2) angeordnet und mit diesem fest verbunden sein. In diesem Fall bestehen anschlussseitig keine Variationsmöglichkeiten hinsichtlich der Kollimationslänge. In diesem Fall wird nur auf der Optikseite durch die Optikmodule (4) oder dergleichen und variierende Abstände der Optiken (17,18) vom Umlenkspiegel (6) Einfluss auf die Kollimationslänge genommen. Ferner ist es möglich, den Lichtleiteranschluss (12) verstellbar zu machen, wobei der Stecker (13) in Richtung der einfallenden optischen Achse (21) vor- und zurückbewegt werden kann und der Abstand der Austrittsstelle (14) vom Umlenkspiegel (6) verändert wird.

[0075] Die vorgenannten Variationsmöglichkeiten erlauben ebenfalls eine Veränderung der Lichtwellenoptik (1) während des Betriebs und der Zyklus- oder Taktzeiten.

[0076] Ein bevorzugter Einsatzbereich der Laseroptik (1) liegt beim Schweißen, Löten oder Schneiden mit einem Laserstrahl (10). Durch die lange Brennweite ist hierbei z.B. ein sogenanntes Remote-Laserschweißen mit großem Abstand zum Werkstück (39) möglich. Ansonsten ist es auch möglich, mit einem Laserstrahl (10) oder einem sonstigen Lichtwellenstrahl beliebige andere Prozesse durchzuführen, z.B. Löten, Oberflächenerwärmungen beim Kleben, Gellieren, Entspannen, Gefügeändern etc., Oberflächenbearbeitungen in Form eines Beschriftens oder Gravierens von Bauteilen etc..

Bezugszeichenliste

1	Lichtwellenoptik, Laseroptik
2	Modul, Grundträger
3	Modul, Anschlussmodul
4	Modul, Optikmodul
5	Gehäuse Grundträger
6	Umlenkspiegel
7	abgewinkelter Strahlkanal
8	Modulanschluss
9	Modulanschluss
10	Lichtwellenstrahl, Laserstrahl
11	Gehäuse Anschlussmodul
12	Lichtleiteranschluss
13	Lichtleiter
14	Austrittsstelle Lichtwellenstrahl
15	Strahlkanal im Anschlussmodul
16	Gehäuse Optikmodul
17	Kollimationsoptik, Kollimationslinse
18	Fokussieroptik, Fokussierlinse
19	Schutzglas
20	Strahlkanal im Optikmodul
21	optische Achse
22	Gehäuseaufsatz
23	Stecker
24	Mehrfacheinheit

- 25 Revolvereinheit
- 26 Optikmodul, Optikeinheit, drehbar
- 27 Optikmodul, Optikeinheit, drehbar
- 28 Optikmodul, Optikeinheit, drehbar
- 29 Modulträger
- 30 Drehachse Modulträger
- 31 Drehspiegeleinheit
- 32 Optikmodul, Optikeinheit, fest
- 33 Optikmodul, Optikeinheit, fest
- 34 Optikmodul, Optikeinheit, fest
- 35 Optikachse
- 36 Manipulator, Industrieroboter
- 37 Roboterhand
- 38 Robotersteuerung
- 39 Werkstück
- 40 Laserquelle
- 41 Roboterschweißzelle
- 42 Leitung
- 43 Schnittpunkt
- 44 Spiegeldrehpunkt
- 45 Schwenkachse Umlenkspiegel
- 46 Schwenkachse Umlenkspiegel

Schutzansprüche

1. Lichtwellenoptik, insbesondere Laseroptik, mit einer Fokussieroptik (18) und einem Lichtleiteranschluss (12) für einen Lichtwellenleiter (13) zur Verbindung mit einer externen Strahlquelle (40), insbesondere einer Laserquelle, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtwellenoptik (1) modular ausgebildet ist und zumindest einen Grundträger (2) mit dem Lichtleiteranschluss (12) und mit einem wechselbaren Optikmodul (4,26,27,28,32,33,34) aufweist.
2. Lichtwellenoptik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Optikmodul (4) einzeln lösbar am Grundträger (2) angeordnet ist.
3. Lichtwellenoptik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere unterschiedliche Optikmodule (26,27,28,32,33,34) in einer Mehrfacheinheit (24) verbunden am Grundträger (2) angeordnet und mit dem Laserstrahl (10) wahlweise beaufschlagbar sind.
4. Lichtwellenoptik nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtwellenoptik (1) ein am Grundträger (2) anschließbares und wechselbares Anschlussmodul (3) für den Lichtleiteranschluss (12) aufweist.
5. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grundträger (2) ein Gehäuse (5) mit einem abgewinkelten Strahlkanal (7) und mit einem Umlenkspiegel (6) aufweist.
6. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtwellenoptik (1) eine durch Modulwechsel veränderliche Brennweite und ggf. veränderliche Kollimationslänge aufweist.
7. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (5) des Grundträgers (2) aus Metall, insbesondere einem Leichtmetall, besteht.
8. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (5) des Grundträgers (2) und die Module (3,4) zentrierende passgenaue Modulanschlüsse (8,9) aufweisen.
9. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Anschlussmodul (3) ein hohles Gehäuse (11) mit dem Lichtleiteranschluss (12) aufweist.
10. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Anschlussmodule (3) mit unterschiedlichen Gehäusen (11) und variablen Abständen der Strahlaustrittsstelle (14) zum Grundträger (2) vorgesehen sind.
11. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Optikmodul (4) ein Gehäuse (16) mit einer Fokussieroptik (18) aufweist.
12. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Gehäuse (16) des Optikmoduls (4) eine Kollimationsoptik (17) in Strahlrichtung vor der Fokussieroptik (18) angeordnet ist.
13. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Optikmodule (4) mit unterschiedlichen Gehäusen (11) und variablen Abständen der Optiken (17,18) zum Grundträger (2) vorgesehen sind.
14. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fokussieroptik (18) eine feste Brennweite aufweist.
15. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennweite mehr als 300 mm beträgt.
16. Lichtwellenoptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Optik(en) (17,18) ein oder mehrere Linsen mit Durchmessern von mehr als 60 mm, vorzugsweise 90 mm oder mehr, aufweist/aufweisen.
17. Lichtwellenoptik nach einem der Ansprüche 3

bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrfacheinheit (24) als Revolvereinheit (25) mit einem um eine Drehachse (30) beweglich am Grundträger (2) angeordneten Modulträger (29) mit mehreren Optikmodulen (26,27,28) ausgebildet ist.

18. Lichtwellenoptik nach einem der Ansprüche 3 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrfacheinheit (24) als Drehspiegeleinheit (31) mit einem um ein oder mehrere Drehachsen (45,46) beweglichen Umlenkspiegel (6) und mehreren am Grundträger (2) stationär angeordneten Optikmodulen (32,33,34) ausgebildet ist.

19. Lichtwellenoptik nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Optikmodule (26,27,28,32,33,34) schräge Optikachsen (35) aufweisen, die sich mit dem Laserstrahl (10,21) am Umlenkspiegel (6) in einem gemeinsamen Punkt (43,44) schneiden.

20. Lichtwellenoptik nach Anspruch 17, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Optikmodule (26,27,28,32,33,34) kegelförmig um den gemeinsamen Punkt (43,44) angeordnet sind.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

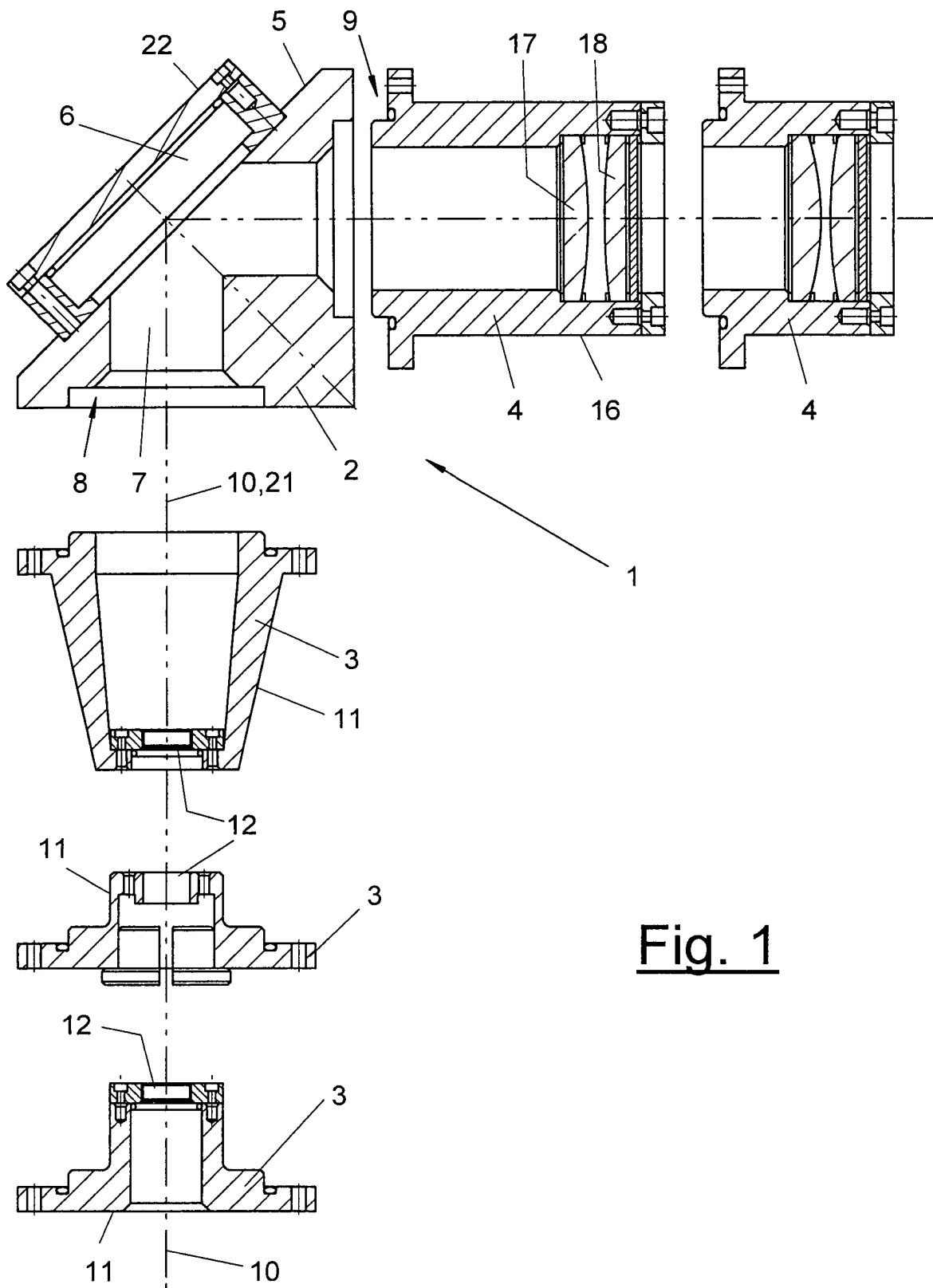


Fig. 1

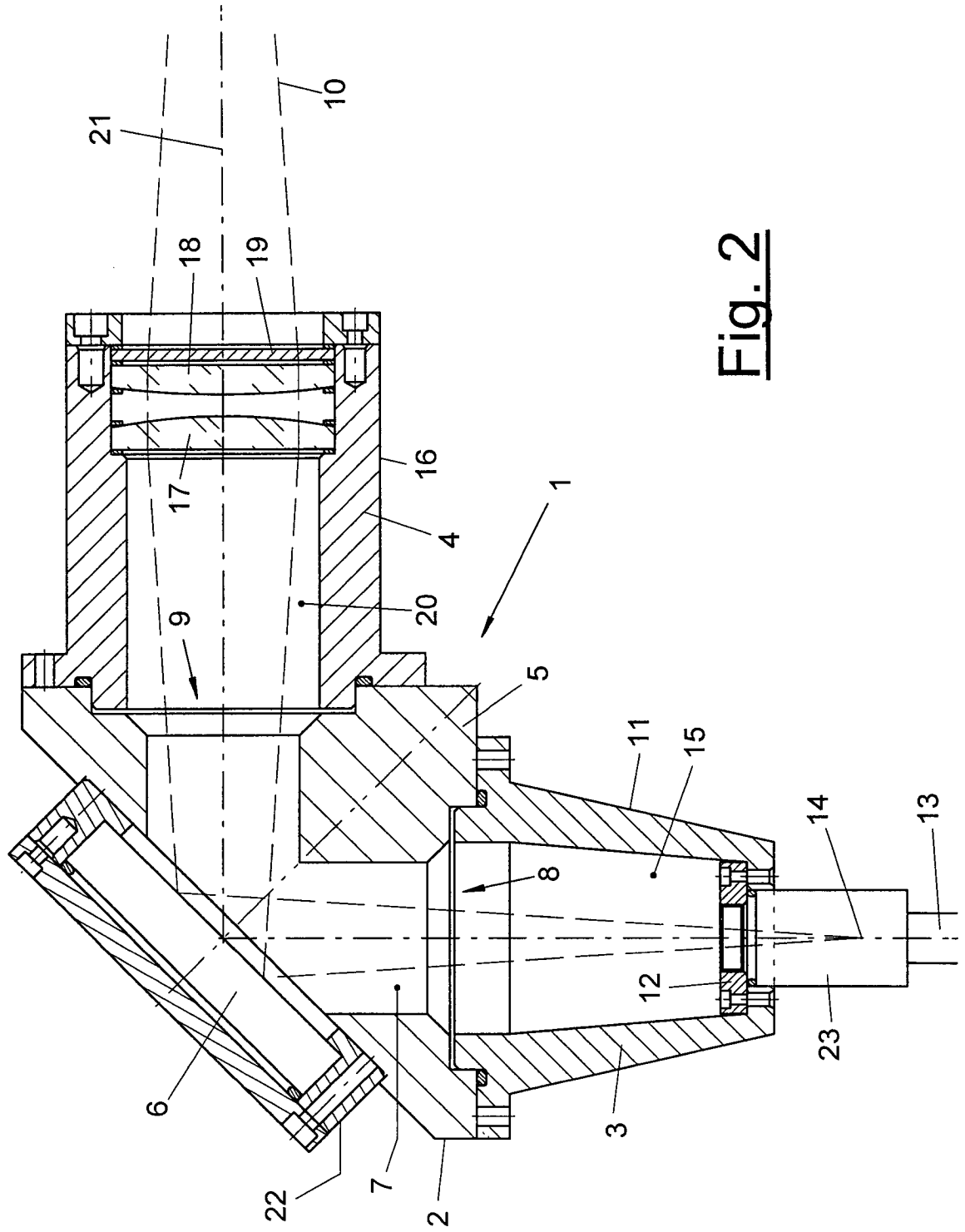


Fig. 2

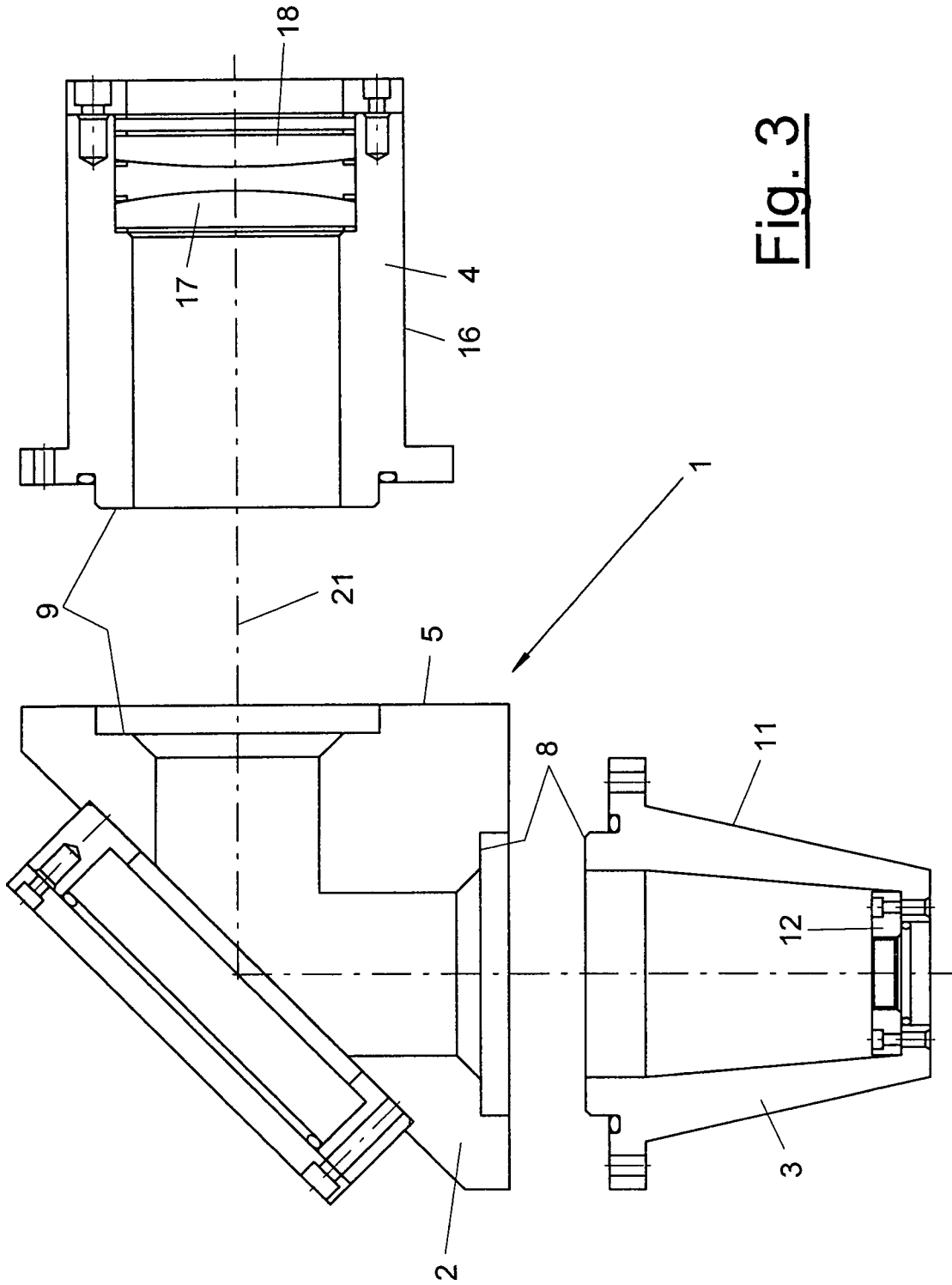


Fig. 3

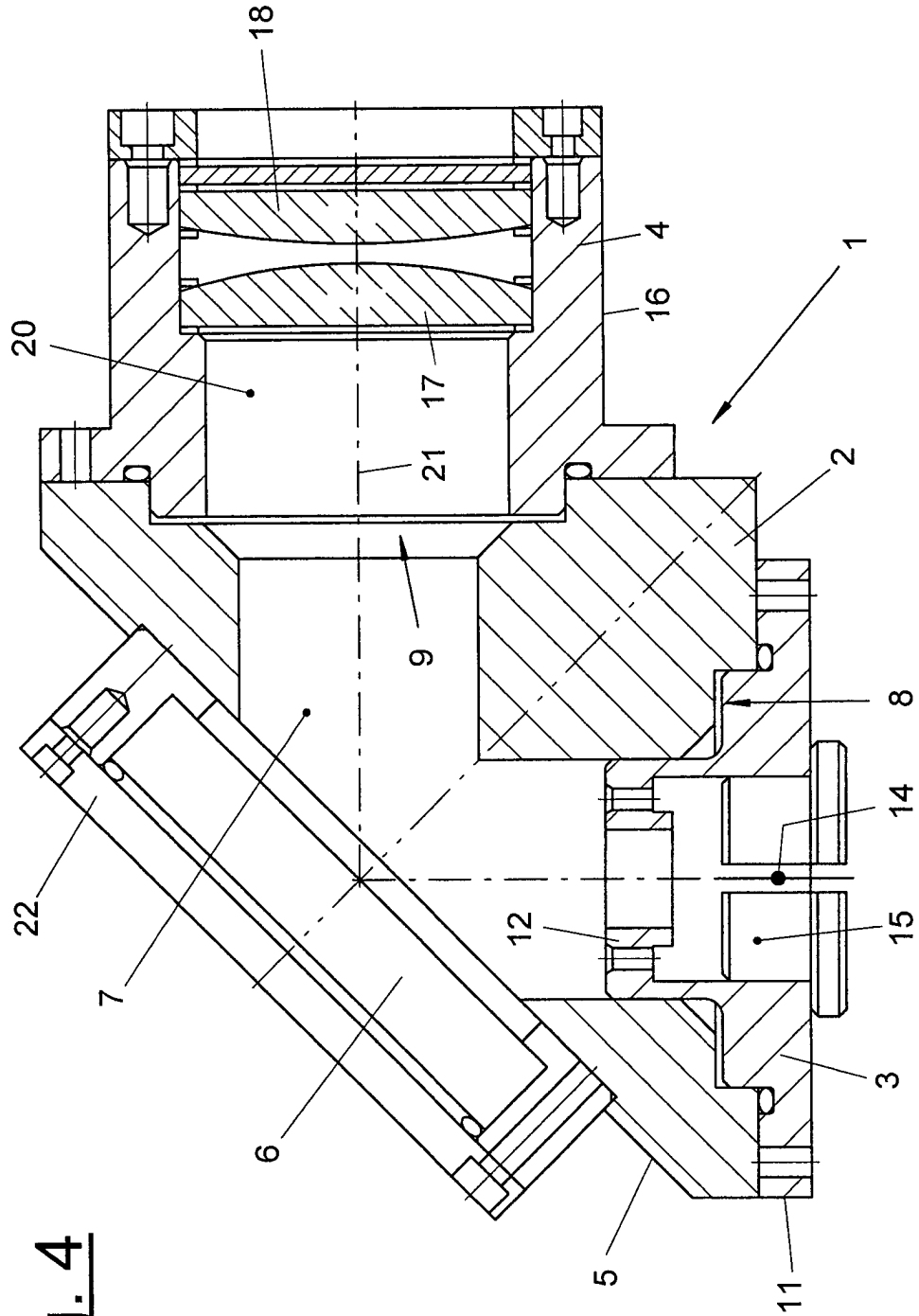


Fig. 4

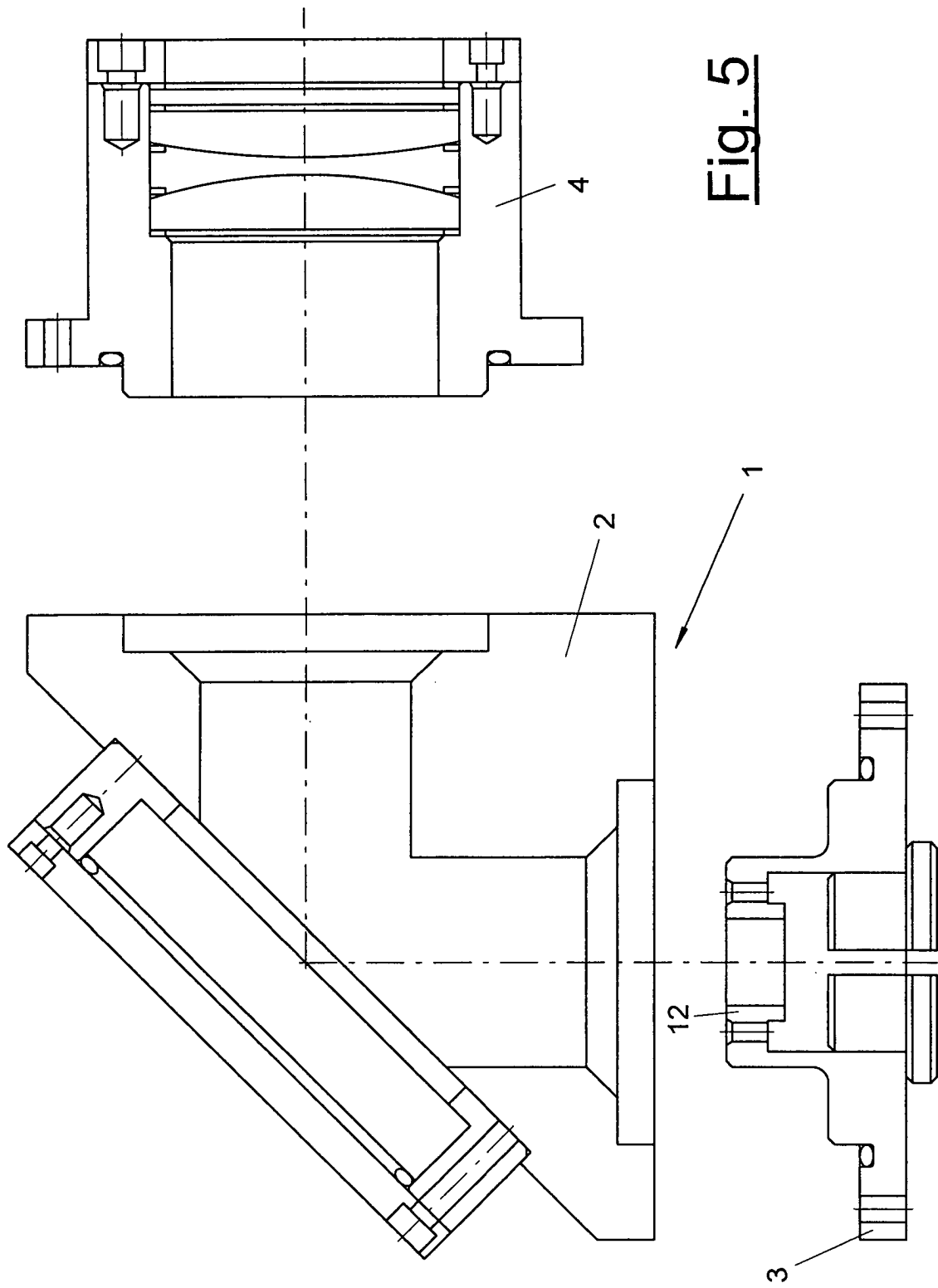
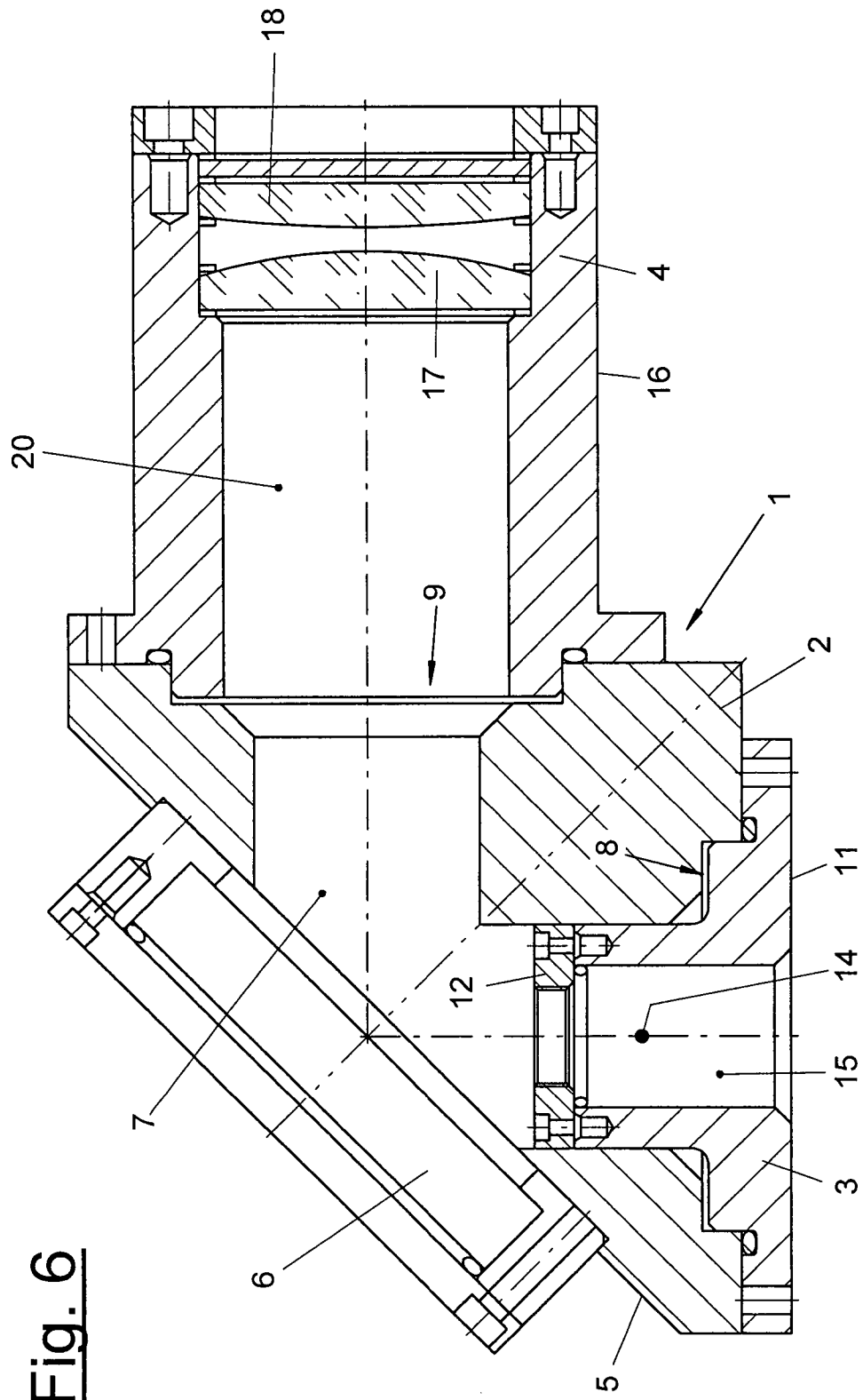


Fig. 5



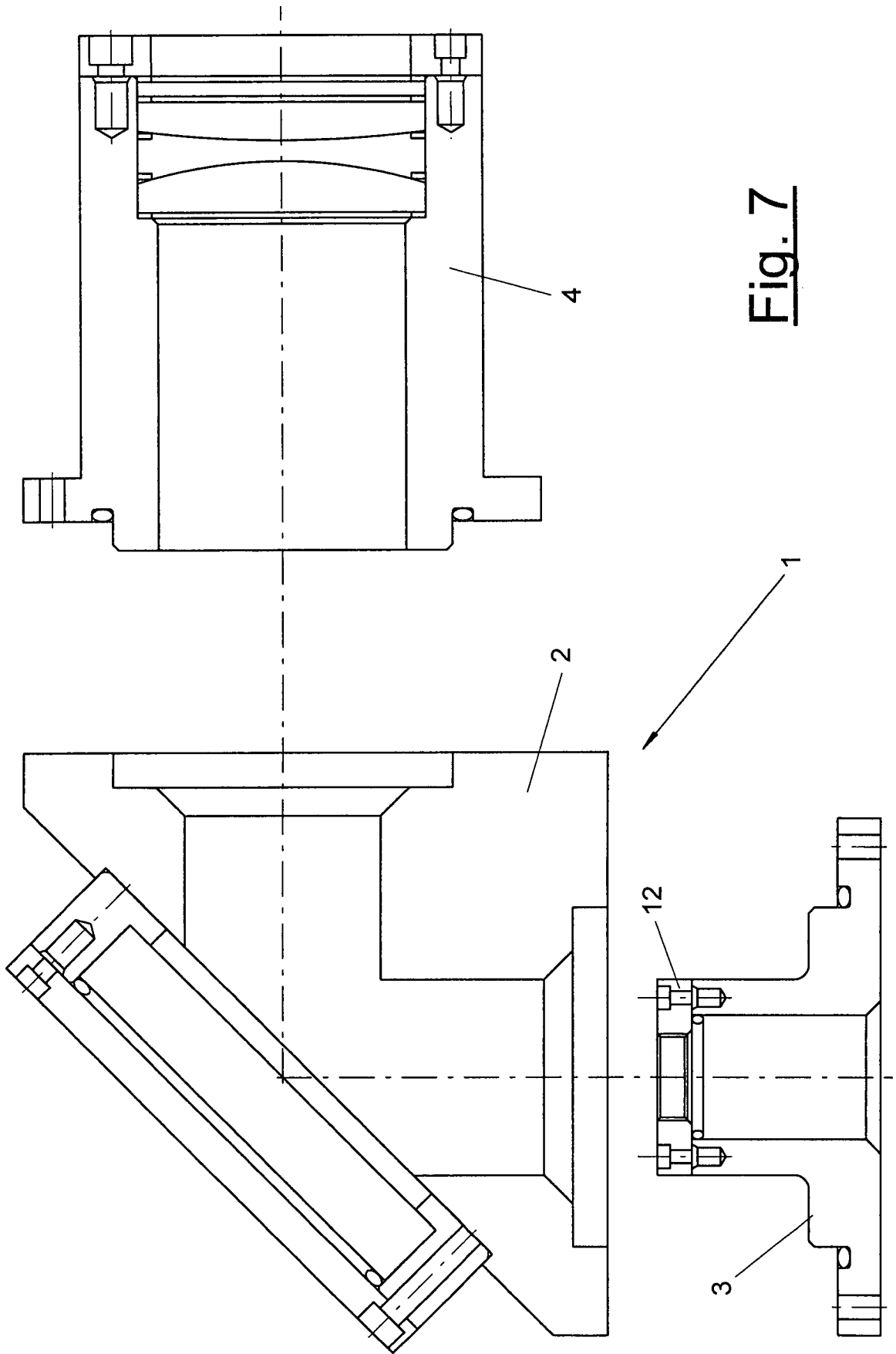


Fig. 7

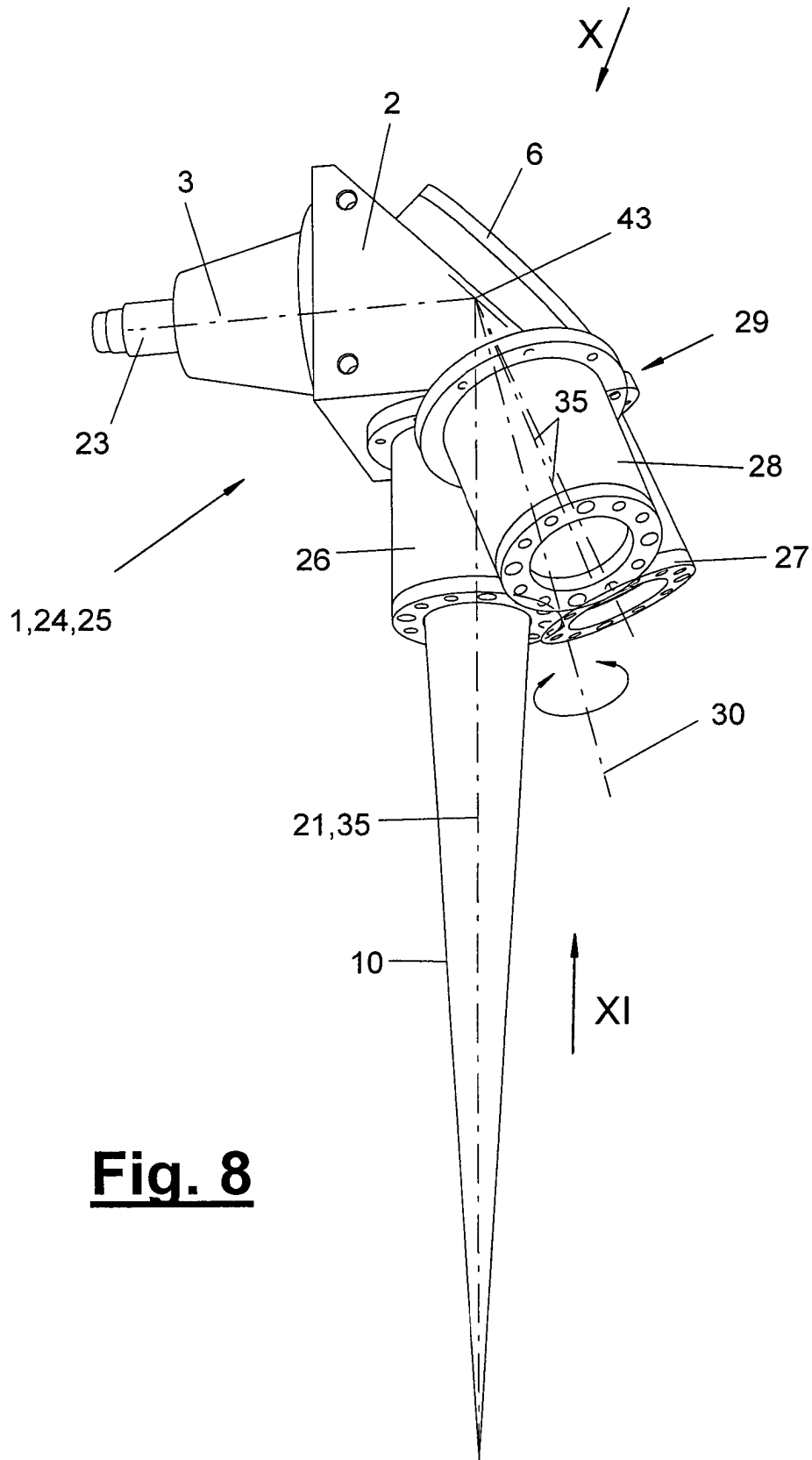


Fig. 8

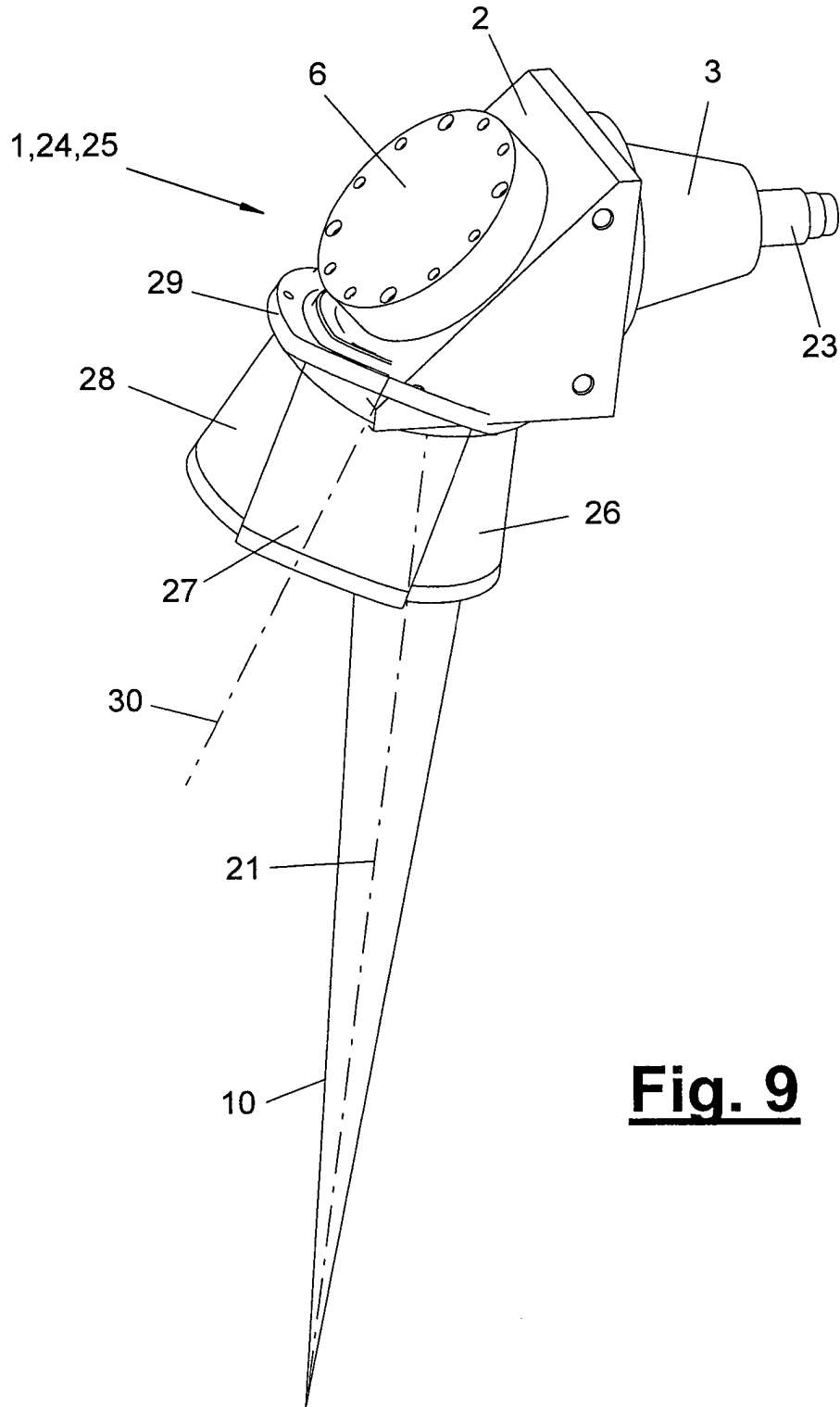


Fig. 9

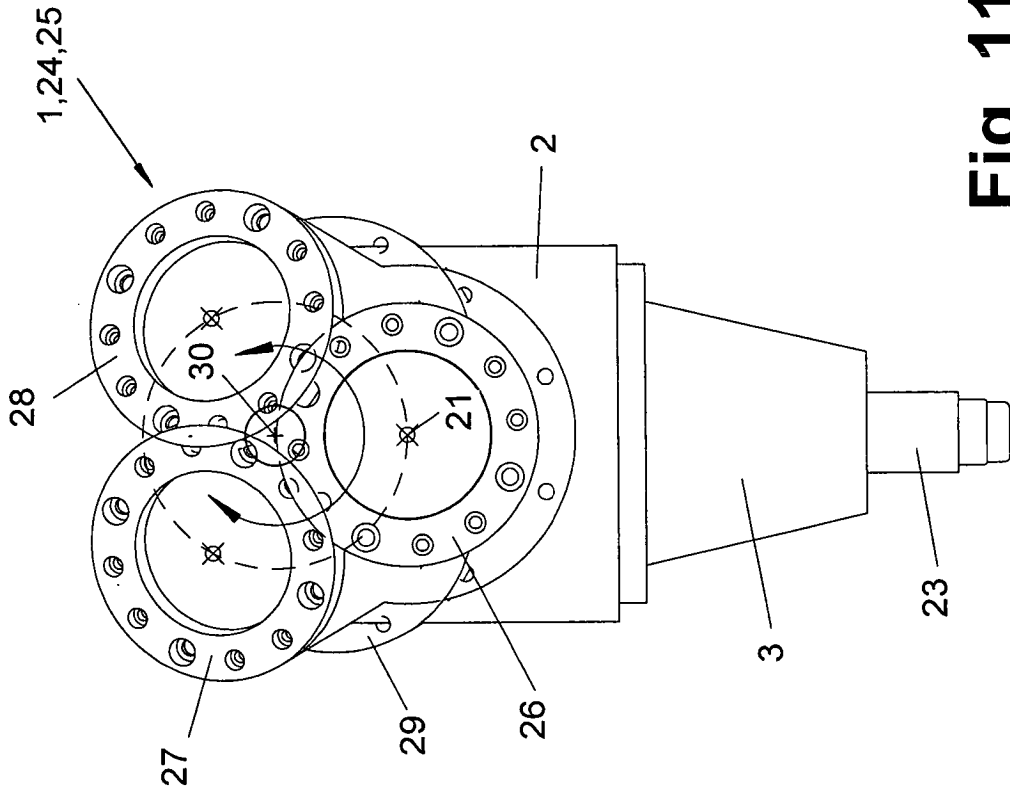


Fig. 10

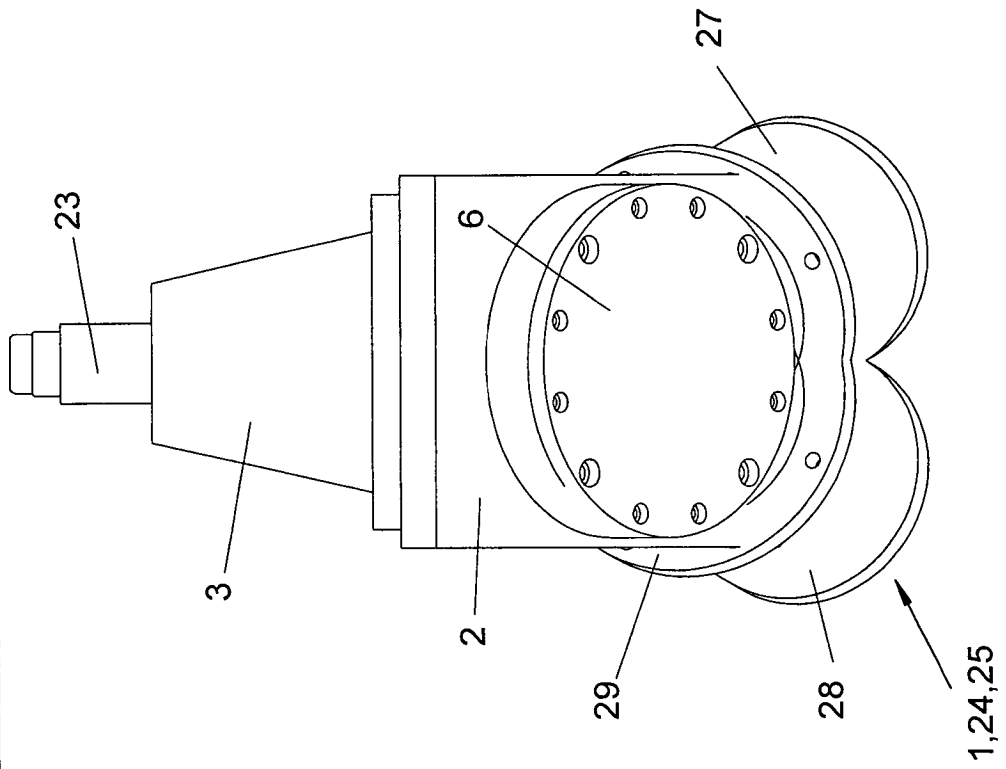


Fig. 11

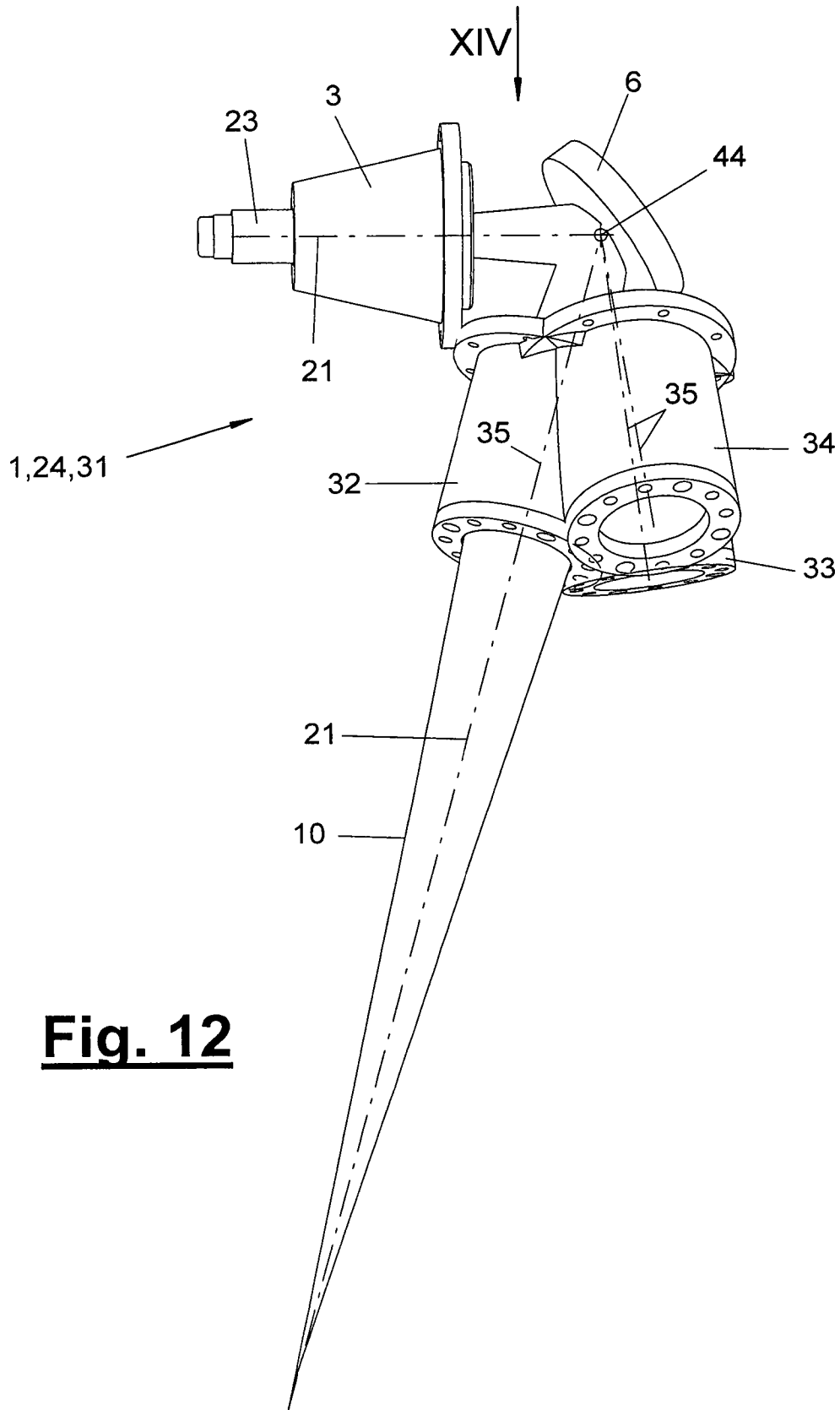


Fig. 12

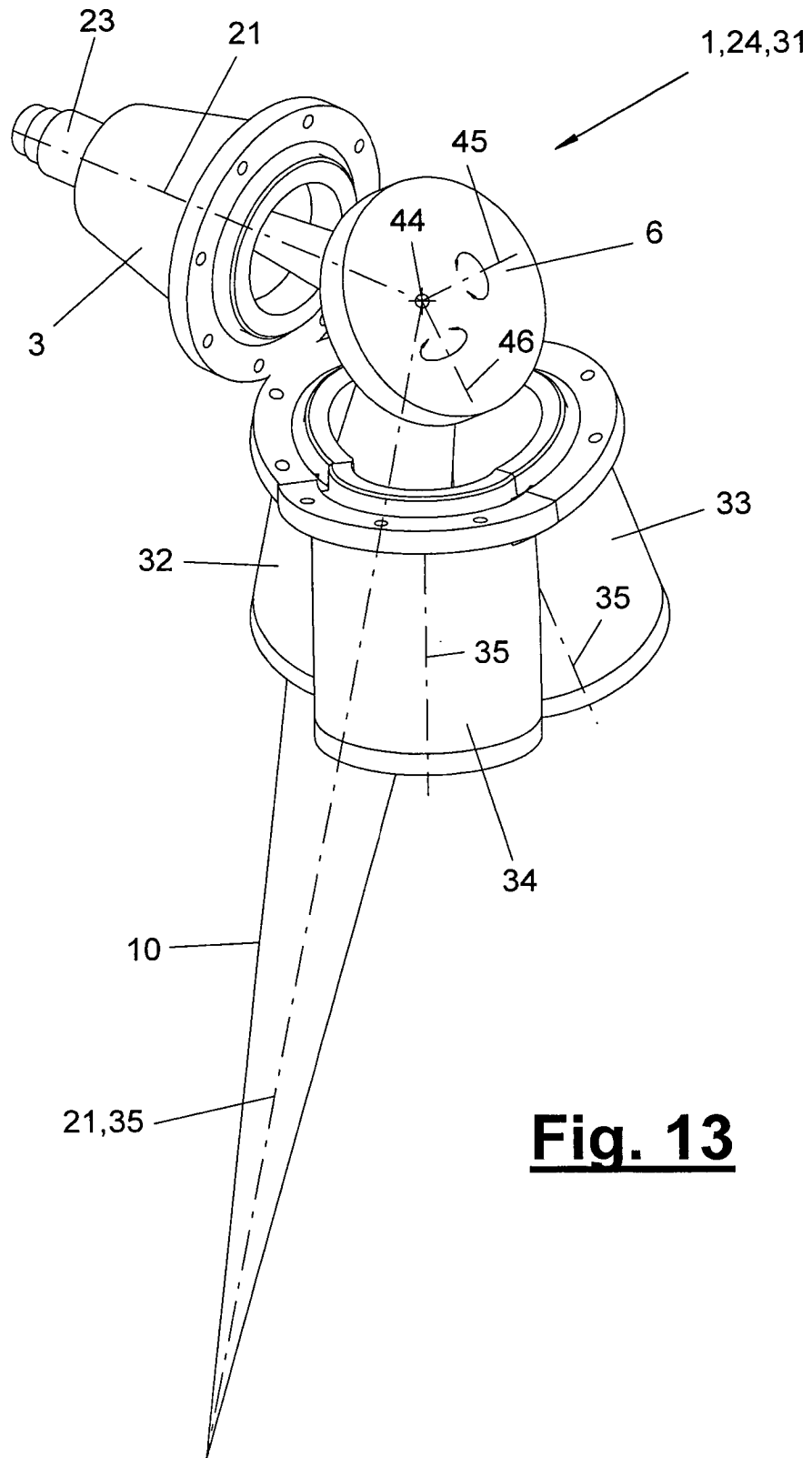


Fig. 13

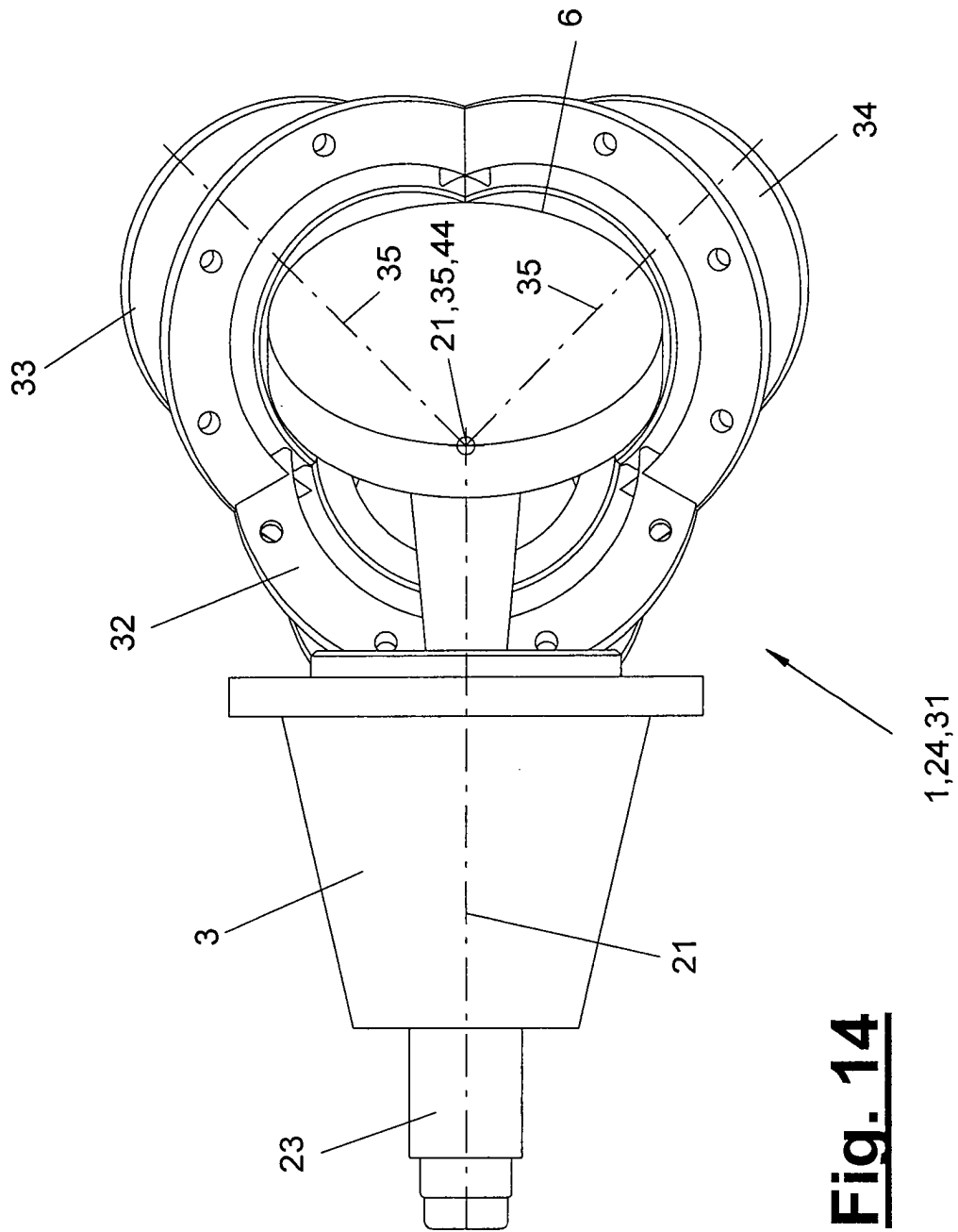


Fig. 14

