

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<b>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>4</sup> :</b>  <b>A61F 9/00</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/ 07829</b>  <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 30. Dezember 1987 (30.12.87)
<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE87/00279</p> <p><b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 20. Juni 1987 (20.06.87)</p> <p><b>(31) Prioritätsaktenzeichen:</b> P 36 20 744.6</p> <p><b>(32) Prioritätsdatum:</b> 20. Juni 1986 (20.06.86)</p> <p><b>(33) Prioritätsland:</b> DE</p> <p><b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> G. RODENSTOCK INSTRUMENTE GMBH [DE/DE]; Drachensestr. 10-12, D-8000 München 70 (DE).</p> <p><b>(72) Erfinder; und</b></p> <p><b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> REIS, Werner [DE/DE]; Dachauer Str. 407, D-8000 München 50 (DE).</p> <p><b>(74) Anwalt:</b> MÜNICH, Wilhelm; Willibaldstr. 36/38, D-8000 München 21 (DE).</p>	<p><b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i></p>	

**(54) Title:** DEVICE FOR LASER TREATMENT OF THE EYE

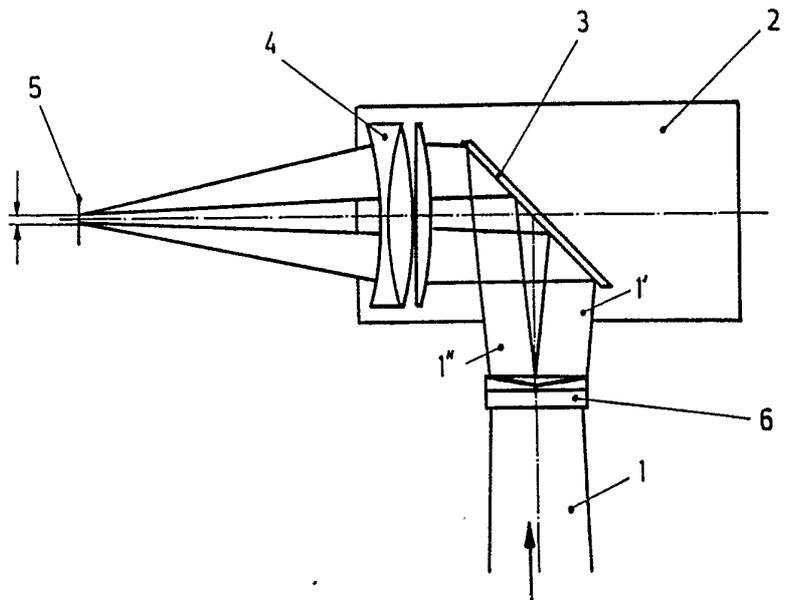
**(54) Bezeichnung:** VORRICHTUNG ZUR BEHANDLUNG DES AUGES MIT EINEM LASER

**(57) Abstract**

The device enables treatment of the eye with a laser, the beam of which can be concentrated on the region of the eye to be treated. In the laser beam path is located at least one beam multiplier, which divides the laser beam into at least two partial beams located at a specific relative position to one another and focussed jointly onto the region of the eye to be treated. The beam multiplier has the advantage that the treatment time is reduced by a factor equivalent to the number of individual partial beams.

**(57) Zusammenfassung**

Eine Vorrichtung zur Behandlung des Auges mit einem Laser, dessen Strahl auf den zu behandelnden Bereich des Auges abbildbar ist. Erfindungsgemäß ist im Strahlengang des Lasers mindestens ein Strahl-Vervielfacher angeordnet, der den Strahl des Lasers in wenigstens zwei Teilstrahlen aufspaltet, die in einer bestimmten Ortsbeziehung zueinander stehen und die gemeinsam auf den zu behandelnden Bereich des Auges abgebildet werden. Der erfindungsgemäß vorgesehene Strahl-Vervielfacher hat den Vorteil, daß die Behandlungszeit um einen Faktor herabgesetzt wird, der gleich der Zahl der einzelnen Teilstrahlen ist.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
AU	Australien	GA	Gabun	MW	Malawi
BB	Barbados	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BE	Belgien	HU	Ungarn	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	IT	Italien	RO	Rumänien
BJ	Benin	JP	Japan	SD	Sudan
BR	Brasilien	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	TG	Togo
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		
FI	Finnland	ML	Mali		

Vorrichtung zur Behandlung des Auges mit einem Laser

## B e s c h r e i b u n g

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Behandlung des Auges mit einem Laser gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

Derartige Vorrichtungen werden beispielsweise zur Koagulation des Augenhintergrundes mit einem Argon-Laser, zu Behandlungen bzw. zu Operationen in den vorderen Augenabschnitten mit einem Neodym-YAG-Laser oder zur radialen Keratotomie mit einem Excimer- oder Infrarot-Laser verwendet.

Beispielsweise bei der Retinopathia Diabetika ist es erforderlich, mittels Laserkoagulation größere Fundusareale zu behandeln. Gegenwärtig werden hierzu sehr viele in Abstand und Größe unterschiedliche Laserspots gesetzt. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß ein derartiger Behandlungsvorgang sehr zeitaufwendig und sowohl für den Operateur als auch für den Patienten anstrengend ist.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Behandlung des Auges mit einem Laser anzugeben, bei der der für Behandlungen, bei denen eine Vielzahl von Laserspots gesetzt werden müssen, erforderliche Zeitaufwand wesentlich reduziert ist.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist mit ihren Weiterbildungen in den Patentansprüchen gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß ist im Strahlengang des Lasers mindestens ein Strahl-Vervielfacher angeordnet, der den Strahl des Lasers in wenigstens zwei Teilstrahlen aufspaltet. Diese Teilstrahlen stehen in einer bestimmten Ortsbeziehung zueinander, d.h. sie haben beispielsweise einen bestimmten Winkelabstand voneinander und einen bestimmten Abstand von der optischen Achse und werden gemeinsam auf den zu behandelnden Bereich des Auges abgebildet. Die Behandlungszeit beispielsweise für größere Fundusareale verkürzt sich durch die Vervielfachung der Laserspots entsprechend der Zahl der Laserspots, beispielsweise ergibt sich pro Laserschuß eine Verkürzung der Behandlungszeit um den Faktor 10, wenn der Laserstrahl in 10 Teilstrahlen aufgespaltet wird.

Die tatsächliche Ersparnis an Behandlungszeit ist sogar noch wesentlich größer, da die Zeit für das Einrichten des Lasers, Zielen etc. entfällt; diese Zeiten werden erfahrungsgemäß mit zunehmender Behandlungszeit immer länger, da die Konzentration sowohl der behandelten Person als auch des Operateurs abnimmt.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Der erfindungsgemäß verwendete Strahl-Vervielfacher kann im Prinzip beliebig ausgebildet sein. Beispielsweise kann der Strahl-Vervielfacher aus einem Beugungsgitter, einem Hologramm, Spiegeln, einem Planlinsenpaar oder einem Kalkspatprisma, z.B. einem sogenannten Wollaston-Prisma bestehen.

Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung des Strahl-Vervielfachers ist im Patentanspruch 2 gekennzeichnet. Erfindungsgemäß wird als Strahl-Vervielfacher eine Prismenplatte mit radial angeordneten Prismen verwendet. Eine derartige Prismenplatte hat eine Reihe von Vorteilen:

Die Zahl der Laserspots ist durch die Zahl der Prismen und den Abstand der einzelnen Spots durch den Keilwinkel gegeben. Die Leistung des Lasers teilt sich dabei auf die einzelnen Spots auf.

Darüberhinaus hat jeder durch jeweils ein Prisma erzeugter Laserspot die gleiche Energieverteilung über den Spotdurchmesser, wenn das Strahlteilerprisma gemäß Anspruch 9 im Parallel-Strahlengang des Lasers angeordnet ist. Die Energieverteilung ist darüberhinaus gleich der Verteilung, die man erhält, wenn man den Laserstrahl ohne Strahlvervielfacher abbildet.

Sind sämtliche Prismen der Prismenplatte gleich ausgebildet, so erhält man Laserspots, die äquidistant von der optischen Achse angeordnet sind und in denen jeweils die gleiche Leistung abgegeben wird. Andererseits kann durch entsprechende unterschiedliche Winkelerstreckung der einzelnen Spots die Leistung des Laserstrahls unterschiedlich auf die einzelnen Laserspots aufgeteilt werden.

Ferner ist es möglich, einzelne radiale Prismen oder einen zentralen Bereich mit dem "Keilwinkel 0 Grad" zu versehen, so daß ein Laserspot bzw. Laserfleck in der optischen Achse der Anordnung liegt (Anspruch 4).

Gemäß Anspruch 5 können unterschiedliche Strahl-Vervielfacher auf einem Revolverwechsler bzw. einer sogenannten Recoss-Scheibe untergebracht werden, so daß nach Belieben unterschiedliche Fleckanordnungen wählbar sind. Insbesondere ist es möglich, Prismenplatten mit unterschiedlicher Prismenzahl und/oder Winkelerstreckung in den Strahl einzubringen (Anspruch 6).

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann nicht nur dazu dienen, eine Reihe von Laserstrahlspots, die nebeneinander angeordnet sind, zu erzeugen, sondern gemäß Anspruch 8 auch dazu, durch Überlagerung der ineinander übergehenden einzelnen Laserstrahl-Spots einen vergleichsweise großen Fleck mit nahezu homogener Energieverteilung zu erzeugen. Der erfindungsgemäße Strahl-Vervielfacher eignet sich damit auch zur Fleckgrößenvariation mit dem Vorteil, daß die Leistungsverteilung in dem vergrößerten Fleck keine Gauß'sche-Verteilung, sondern eine annähernd rechteckförmige Verteilung ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben, in der zeigen

- Figur 1 eine Vorrichtung zur Laserbehandlung des Auges, in deren Strahlengang ein Strahl-Vervielfacher angeordnet ist,  
Figur 2a ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strahl-Vervielfachers,  
Figur 2b die Laserfleck-Anordnung, und  
Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strahl-Vervielfachers.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur Laserbehandlung des Auges, bei der ein Laserstrahl (1) von unten in das Gehäuse (2) eines nicht näher dargestellten Spaltlampenmikroskops eingespiegelt wird. Dieser Laserstrahl ist in an sich bekannter Weise als Parallelstrahl durch den Arm des Spaltlampenmikroskops geführt und ist vor dem gezeigten Teil des Strahlengangs durch nicht dargestellte optische Elemente aufgeweitet.

Der eingespiegelte Laserstrahl wird mittels eines Spiegels (3) und einer Abbildungsoptik (4) auf den Augenhintergrund eines zu behandelnden Auges fokussiert, von dem schematisch nur eine Schärfenebene (5) angedeutet ist. Im Laserstrahl (1) ist vor dem Spiegel (3) erfindungsgemäß in dem Teil des Strahlengangs, in dem der Laserstrahl als Parallel-Strahlengang geführt ist, ein Strahl-Vervielfacher (6) angeordnet, der den Laserstrahl (1) in eine Reihe von Teilstrahlen 1' und 1" usw. aufspaltet, die als Spot-Muster bzw. Fleckanordnung in das zu behandelnde Auge (5) projiziert werden.

Figur 2a zeigt ein Ausführungsbeispiel eines derartigen Strahl-Vervielfachers (6) im Querschnitt bzw. in Aufsicht. Der Strahlvervielfacher (6) besteht bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus einer kleinen planparallelen Platte (7) mit kreisförmiger Kontur, die in der optischen Achse (11) des Laserstrahls (1) angeordnet ist. Prismen (81) bis (88), die die Form von Kreissektoren haben, umgeben die Platte (7). Wie Figur 2b zeigt, geht ein Teil des Laserstrahls (1) ungebrochen durch die Platte (7) hindurch, während der Rest des Laserstrahls durch die Prismen (81...88) entsprechend deren Keilwinkel abgelenkt wird.

Diese Ablenkung ist in Figur 2a schematisch durch zwei Teilstrahlen (1') und (1'') angedeutet.

Figur 2b zeigt die Anordnung von Laserspots, die sich mit dem in Figur 2a gezeigten Strahl-Vervielfacher (6) ergibt. Insgesamt erhält man bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel neun Laserstrahl-Spots (91) bis (99). Der Laserstrahl-Spot (91) befindet sich in der optischen Achse (11) der Anordnung, während die Spots (92) bis (99) sowohl unter einander als auch zur optischen Achse (11) äquidistant sind.

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strahlvervielfachers, der Prismen (81) bis 88 mit einem Keilwinkel ungleich  $0^\circ$  sowie Prismen (101), (102), (103) und (104) mit dem Keilwinkel " $0^\circ$ " aufweist. Diese Prismen beeinflussen den Laserstrahl nicht, so daß sich auch bei diesem Strahl-Vervielfacher ein zentraler Laser-Spot in der optischen Achse 11 sowie 8 um diesen herum angeordnete Laserspots ergeben, die untereinander äquidistant sind und jeweils gleichen Abstand von der optischen Achse haben.

Vorstehend ist die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens beschrieben worden.

Selbstverständlich sind im Rahmen des allgemeinen Erfindungsgedankens die verschiedensten Modifikationen möglich:

Der erfindungsgemäß vorgesehene Strahl-Vervielfacher kann nicht nur gemäß Figur 1 angeordnet werden; selbstverständlich ist es möglich, ihn im divergenten, konvergenten oder parallelen Strahlengang einer beliebigen Laserstrahl-Führung, beispielsweise einer Führung durch oder auf eine

Spaltleuchte hin vorzusehen.

Auch ist es möglich, den Strahl-Vervielfacher so zu modifizieren, daß kein ungebeugter Zentralstrahl entsteht.

Die einzelnen Laserstrahl-Spots können nicht nur diskrete, voneinander beabstandete Flecken sein, es ist auch möglich, daß sich die einzelnen Spots überlagern. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Überlagerung der einzelnen Spots so erfolgt, daß sich durch die Überlagerung der einzelnen Laserlicht-Leistungsverteilungen in den einzelnen Spotflächen eine nahezu homogene und rechteckförmige Leistungsverteilung über die gesamte Spotfläche ergibt. Der erfindungsgemäß vorgesehene Strahl-Vervielfacher eignet sich damit auch zur Vergrößerung des Laserstrahlflecks mit dem Vorteil, daß eine gezielte Beeinflussung der Energieverteilung im vergrößerten Laserstrahlfleck möglich ist.

Ferner ist es auch möglich, durch entsprechende Ausgestaltung der Prismen eine unterschiedliche Energieverteilung in den einzelnen Spots zu erzeugen.

Bei Anwendung des allgemeinen Erfindungsgedankens beispielsweise auf Vorrichtungen zur radialen Keratotomie kann von der kreisförmigen Anordnung der einzelnen Spots abgegangen werden: beispielsweise ist es möglich, die einzelnen Spots so anzuordnen, daß sich ein für die radiale Keratotomie besonders brauchbarer Strahlquerschnitt ergibt.

Der erfindungsgemäß vorgesehene Strahl-Vervielfacher muß nicht aus Prismen bestehen. Vielmehr ist es auch möglich, den erfindungsgemäßen Strahl-Vervielfacher mittels eines

Beugungsgitters, einem Hologramm, Spiegeln, Planlinsenpaaren oder Kalkspatprismen zu realisieren.

Ferner ist es auch möglich, mehrere Strahl-Vervielfacher in Strahlrichtung hintereinander anzuordnen, so daß eine mehrfache Vervielfachung möglich wird.

Durch die Kombination mit einer Taumeloptik kann ebenfalls eine nochmalige Vervielfältigung der Laserspots erzielt werden.

Auch können mehrere unterschiedlich ausgebildete Strahl-Vervielfacher auf einer Revolver- bzw. Recoss-Scheibe angeordnet werden, so daß die verschiedenen Strahl-Vervielfacher wahlweise nacheinander in den Strahlengang eingeschwenkt werden können. Je nach Ausbildung der einzelnen Strahl-Vervielfacher ist damit eine Behandlung mit unterschiedlicher Spotzahl und/oder Spotanordnung oder eine Behandlung mit unterschiedlicher Fleckgröße eines großen Laser-Spots möglich.

Eine motorische Ansteuerung von Recoss-Scheiben ermöglicht eine programmierbare Laserbehandlung mit vorheriger Laserplanung, ein Leerfeld in der Recoss-Scheibe erlaubt herkömmliche Laserbehandlung mit nur einem einzigen Laser-spot.

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zur Behandlung des Auges mit einem Laser, dessen Strahl (1) auf den zu behandelnden Bereich (5) des Auges abbildbar ist  
dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang (1) des Lasers mindestens ein Strahl-Vervielfacher (6) angeordnet ist, der den Strahl des Lasers in wenigstens zwei Teilstrahlen (1',1'') aufspaltet, die in einer bestimmten Ortsbeziehung zueinander stehen und die gemeinsam auf den zu behandelnden Bereich des Auges abgebildet werden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl-Vervielfacher eine Prismenplatte ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß Prismenplatten mit unterschiedlicher Prismenzahl und/oder Keilwinkel und/oder Winkelerstreckung in den Strahl (1) nacheinander einbringbar sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Prismenplatte den Durchgang eines ungebrochenen Strahls erlaubt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Prismen (81... 88) des oder der Strahl-Vervielfacher (6) Kreissektor-Form haben und kreisförmig nebeneinander angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl-Vervielfacher in einem Teil des Strahlengangs (1) des Lasers angeordnet ist, in dem der Laserstrahl als paralleler Strahl geführt ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich die einzelnen Laserstrahl-Spots zumindest teilweise überlagern.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedliche Strahl-Vervielfacher (6) auf einer Recoss-Scheibe angeordnet sind.

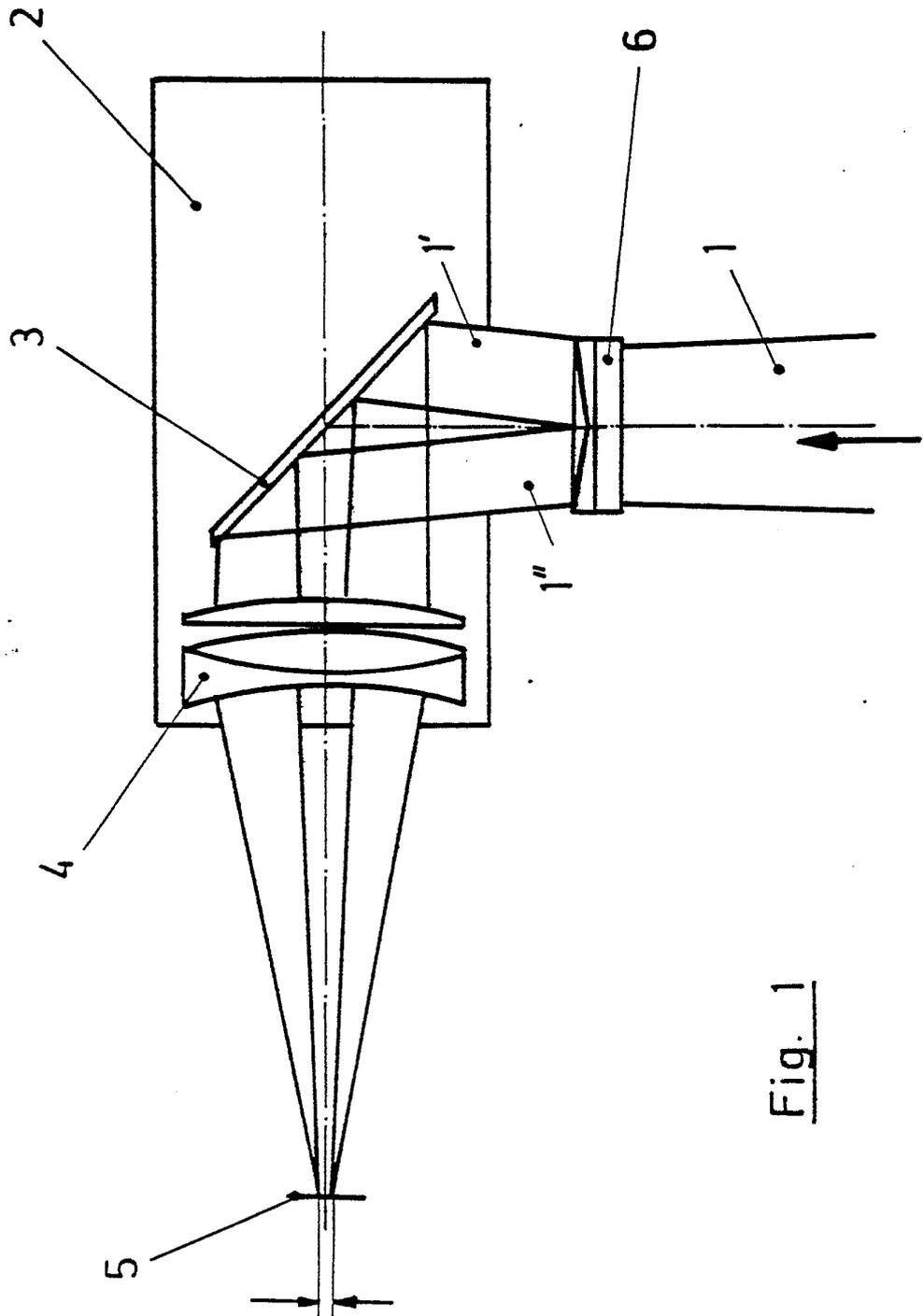


Fig. 1

