



(10) **DE 10 2014 208 770 A1** 2015.01.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 208 770.8**

(22) Anmeldetag: **09.05.2014**

(43) Offenlegungstag: **29.01.2015**

(51) Int Cl.: **G02B 17/06** (2006.01)  
**G03F 7/20** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

**10 2013 214 770.8** **29.07.2013**

**10 2014 203 190.7** **21.02.2014**

(74) Vertreter:

**Rau, Schneck & Hübner Patentanwälte**  
**Rechtsanwälte PartGmbH, 90402 Nürnberg, DE**

(71) Anmelder:

**Carl Zeiss SMT GmbH, 73447 Oberkochen, DE**

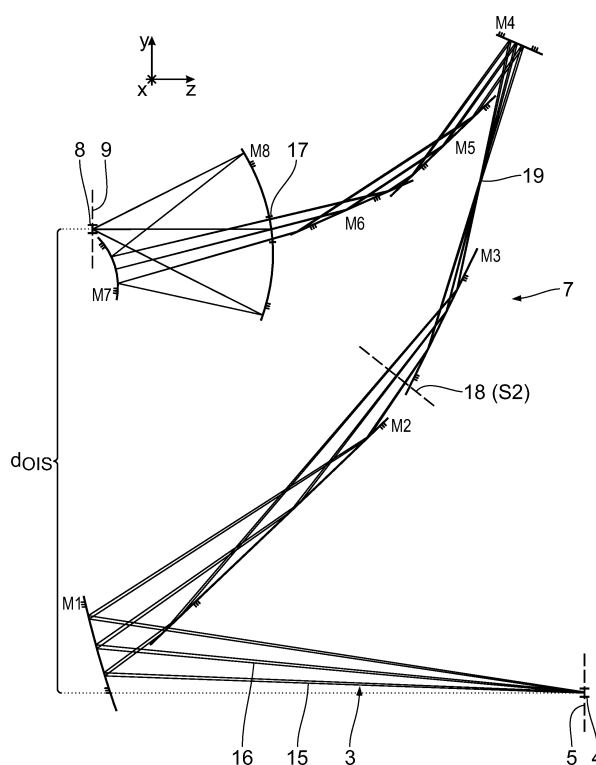
(72) Erfinder:

**Schwab, Markus, 73434 Aalen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Projektionsoptik zur Abbildung eines Objektfeldes in ein Bildfeld sowie Projektionsbelichtungsanlage mit einer derartigen Projektionsoptik**

(57) Zusammenfassung: Eine Projektionsoptik (7) dient zur Abbildung eines Objektfeldes (4) in ein Bildfeld (8). Eine Mehrzahl von Spiegeln (M1 bis M8) dient zur Führung von Abbildungslicht (3) vom Objektfeld (4) zum Bildfeld (8). Mindestens zwei der Spiegel (M1 bis M8) sind als im Strahlengang des Abbildungslichts (3) direkt hintereinander angeordnete Spiegel (M2, M3; M5, M6) für streifenden Einfall mit einem Einfallswinkel des Abbildungslichts (3) ausgeführt, der größer ist als  $60^\circ$ . Es resultiert eine abbildende Optik mit einem gut korrigierten abbildbaren Feld bei gleichzeitig hohem Abbildungslicht-Durchsatz.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Projektionsoptik zur Abbildung eines Objektfeldes in ein Bildfeld. Ferner betrifft die Erfindung ein optisches System mit einer derartigen Projektionsoptik, eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem derartigen optischen System, ein Verfahren zur Herstellung eines mikro- bzw. nanostrukturierten Bauteils mit einer derartigen Projektionsbelichtungsanlage sowie ein mit diesem Verfahren hergestelltes mikro- bzw. nanostrukturiertes Bauelement.

**[0002]** Projektionsoptiken der eingangs genannten Art sind bekannt aus der DE 10 2012 202 675 A1, der DE 10 2009 011 328 A1, der US 8 027 022 B2 und der US 6 577 443 B2. Eine Beleuchtungsoptik für eine Projektionsbelichtungsanlage ist bekannt aus der DE 10 2009 045 096 A1.

**[0003]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Projektionsoptik der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass ein gut korrigiertes abbildbares Feld bei gleichzeitig hohem Abbildungslicht-Durchsatz resultiert.

**[0004]** Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine Projektionsoptik mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen und durch eine EUV-Projektionsoptik mit den im Anspruch 10 angegebenen Merkmalen.

**[0005]** Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass zwei direkt hintereinander angeordnete Spiegel für streifenden Einfall innerhalb der Projektionsoptik zur Möglichkeit führen, eine Projektionsoptik mit hohem und über das gesamte abzubildende Feld gleichmäßigem Abbildungslicht-Durchsatz zu gestalten, wobei gleichzeitig auch über die Spiegel mit streifenden Einfall Freiheitsgrade zur Abbildungskorrektur im Bildfeld gegeben sind.

**[0006]** Die Spiegel der Projektionsoptik können die Abbildungslicht-Reflektivität steigernde Beschichtungen tragen. Für diese Beschichtungen können als Beschichtungsmaterialien Ruthenium und/oder Molybdän zum Einsatz kommen.

**[0007]** Die Spiegel für streifenden Einfall können eine Reflektivität haben, die im Bereich zwischen 75 und 95 % liegt und die insbesondere mindestens 80 % betragen kann. Die Spiegel für streifenden Einfall können eine Reflektivität haben, die linear vom Einfallswinkel abhängt. Eine solche lineare Abhängigkeit lässt sich durch Einsatz mindestens eines weiteren Spiegels für streifenden Einfall, der ebenfalls eine entsprechende lineare Abhängigkeit der Reflektivität vom Einfallswinkel aufweist, kompensieren. Die Projektionsoptik ist geeignet für EUV-Wellenlängen des Abbildungslichts, besonders im Bereich zwischen 5 nm und 30 nm. Der Einfallswinkel des Abbildungslichts auf den Spiegeln für streifenden Einfall kann größer sein als 65 °, kann größer sein als 70 °, kann größer sein als 72 °, kann größer sein als 75 °, kann größer sein als 80 ° oder kann auch größer sein als 85 °.

**[0008]** Die Projektionsoptik kann zur Abbildung eines Abschnitts eines reflektierenden Retikels ausgeführt sein. Hierzu kann ein Hauptstrahl eines zentralen Objektfeldpunktes mit einer Normalen auf die Objektebene einen Winkel einschließen, der größer ist als 3 ° und beispielsweise 5,5 ° beträgt.

**[0009]** Bei einem der mindestens zwei Spiegel für streifenden Einfall kann es sich um den ersten Spiegel der Projektionsoptik im Abbildungsstrahlengang nach dem Objektfeld handeln. Die Spiegel für streifenden Einfall können Reflexionsflächen haben, die von einer ebenen Fläche abweichen und können insbesondere eine abbildungsfehlerkorrigierende Flächenform haben. Die Reflexionsflächen der Spiegel für streifenden Einfall können als asphärische Flächen oder auch als Freiformflächen ohne Rotationssymmetrie ausgeführt sein.

**[0010]** Eine Zwischenbildebene kann im Bereich einer Reflexion an einem Spiegel für streifenden Einfall angeordnet sein. Dies führt zu einer vorteilhaften Einengung eines Abbildungslichtbündels im Bereich des Spiegels für streifenden Einfall und vermeidet somit, dass dieser eine unerwünscht große Reflexionsfläche haben muss.

**[0011]** Die Projektionsoptik kann als katoptrische Optik ausgeführt sein.

**[0012]** Die Projektionsoptik kann mindestens einen Spiegel mit einer Durchtrittsöffnung für das Beleuchtungslicht aufweisen. Die Projektionsoptik kann als obskurierte Optik ausgeführt sein.

**[0013]** Alternativ kann die Projektionsoptik auch so ausgeführt sein, dass die Reflexionsflächen aller Spiegel der Projektionsoptik durchgehend genutzt sind. Die Projektionsoptik kann als nicht-obskurierte Optik ausgeführt sein.

**[0014]** Ein x/y-Aspektverhältnis einer optisch mit Beleuchtungslicht beaufschlagten, also genutzten Reflexionsfläche mindestens eines Spiegels der Projektionsoptik kann kleiner sein als 1, kann kleiner sein als 0,8, kann 0,7 betragen, kann kleiner sein als 0,7, kann kleiner sein als 0,6 und kann 0,5 betragen. Die Koordinate y liegt dabei in einer Einfallsebene des jeweils betrachteten Spiegels. Die Koordinate x liegt senkrecht zur Einfallsebene des jeweils betrachteten Spiegels. Längs der Koordinate y kann auch eine Scanrichtung verlaufen, in der ein abzubildendes Objekt und/oder ein Substrat, auf welches abgebildet wird, verlagert wird.

**[0015]** Ein x/y-Aspektverhältnis einer optisch mit Beleuchtungslicht beaufschlagten, also genutzten Reflexionsfläche mindestens eines Spiegels der Projektionsoptik kann größer sein als 1, kann 2 betragen, kann größer sein als 2, kann 2,5 betragen, kann größer sein als 2,5, kann größer sein als 3, kann größer sein als 4, kann größer sein als 5, kann größer sein als 6, kann 7,5 betragen, kann größer sein als 10 und kann 15 betragen.

**[0016]** Die Projektionsoptik kann eine Spiegelabfolge aufweisen, bei der neben mindestens einem GI-Spiegelpaar, also zwei im Strahlengange direkt hintereinander angeordneten Spiegeln für streifenden Einfall, auch ein einzelner GI-Spiegel vorliegt. Die Projektionsoptik kann drei aufeinander folgende GI-Spiegel aufweisen.

**[0017]** Die Projektionsoptik kann mindestens einen Spiegel aufweisen, der als Sattelfläche ausgeführt ist, also in einer Ebene eine positive und in einer hierzu senkrechten Ebene eine negative Brechkraft aufweist. Die Projektionsoptik kann mehrere solche Sattelflächen-Spiegel aufweisen.

**[0018]** Genau zwei Spiegel für streifenden Einfall nach Anspruch 2 haben sich bei der Projektionsoptik als besonders geeignet herausgestellt.

**[0019]** Ein Winkel zwischen einer Objektebene und einer Bildebene nach Anspruch 3 ermöglicht eine besonders kompakte Führung des Abbildungslicht-Strahlengangs bzw. Abbildungsstrahlengangs. Dieser Winkel kann größer sein als 1 °, kann größer sein als 2 °, kann größer sein als 3 °, kann größer sein als 5 °, kann größer sein als 7 °, kann größer sein als 10 °, kann größer sein als 20 °, kann größer sein als 30 ° und kann 39 ° betragen.

**[0020]** Auch genau vier Spiegel für streifenden Einfall nach Anspruch 4 haben sich als besonders geeignet herausgestellt.

**[0021]** Eine paarweise Anordnung der Spiegel für streifenden Einfall nach Anspruch 5 hat sich zur Kompensation einer einfallswinkelabhängigen Reflexion als geeignet herausgestellt. Zwischen den Paaren der Spiegel für streifenden Einfall kann mindestens ein Spiegel für normalen Einfall liegen. Die Paare der Spiegel für streifenden Einfall können so angeordnet sein, dass sich eine umlenkende Wirkung der beiden nacheinander angeordneten Spiegel summiert, dass sich die Ausfallswinkel also aufaddieren. Eine solche Ausführung ermöglicht eine Kompensation einer einfallswinkelabhängigen Reflektivität auf den Spiegeln für streifenden Einfall. Alternativ ist es möglich, einem Spiegel für streifenden Einfall einen Kompensations-Spiegel für streifenden Einfall an anderer Stelle im Strahlengang des Abbildungslichts durch die Projektionsoptik zuzuordnen, wobei Einzelstrahlen, die auf dem Spiegel für streifenden Einfall mit größerem Einfallswinkel auftreffen, auf dem Kompensations-Spiegel entsprechend mit kleinerem Einfallswinkel auftreffen und umgekehrt. Zwischen einem Spiegel mit streifendem Einfall und dem ihm zugeordneten Kompensations-Spiegel kann ein weiterer Spiegel für streifenden Einfall und/oder ein Spiegel für normalen Einfall angeordnet sein. Soweit mehr als zwei Spiegel für streifenden Einfall bei der Projektionsoptik vorgesehen sind, kann die Kompensationswirkung eines Kompensations-Spiegels auch für mehr als einen der anderen Spiegel für streifenden Einfall gelten. Es ist beispielsweise also möglich, bei drei Spiegeln für streifenden Einfall einen Kompensationsspiegel für streifenden Einfall vorzusehen, der für zwei weitere Spiegel für streifenden Einfall die Einfallswinkelabhängigkeit der Reflexion kompensiert.

**[0022]** Eine Ausführung nach Anspruch 6 hat sich zur Erfüllung von Randbedingungen, die an eine Projektionsoptik gestellt werden, für besonders geeignet herausgestellt. Die mindestens zwei Spiegel für normalen Einfall können mit einem Einfallswinkel des Abbildungslichts beaufschlagt sein, der kleiner ist als 40 °, der kleiner ist als 35 °, der kleiner ist als 30 °, der kleiner ist als 25 °, der kleiner ist als 20 ° und der auch noch kleiner sein kann.

**[0023]** Vier Spiegel für normalen Einfall nach Anspruch 7 führen zur Möglichkeit einer besonders gut abbildungskorrigierten Projektionsoptik.

**[0024]** Eine bildseitige numerische Apertur der Projektionsoptik kann mindestens 0,4 oder 0,5 oder 0,6 betragen. Eine derartige Projektionsoptik ermöglicht eine besonders hohe Auflösung.

**[0025]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik nach Anspruch 8 kann 9,75 % betragen, kann größer sein als 10 %, kann größer sein als 11 %, kann 11,97 % betragen, kann größer sein als 12 % und kann insbesondere 12,2 % betragen. Auch größere Gesamt-Reflektivitäten sind möglich, insbesondere je nach Ausführung reflexionserhöhender Beschichtungen auf den Spiegeln.

**[0026]** Eine EUV-Projektionsoptik nach Anspruch 9 hat gleichzeitig eine hohe Strukturauflösung und einen hohen Durchsatz für das EUV-Abbildungslicht. Bei der Projektion geht also wenig Nutzlicht verloren, was wiederum eine Belichtungsdauer verkürzt und somit den Wafer-Durchsatz einer Projektionsbelichtungsanlage, die mit einer derartigen EUV-Projektionsoptik ausgerüstet ist, erhöht. Die Gesamt-Reflektivität kann größer sein als 8 %, kann größer sein als 9 %, kann 10 % betragen oder kann sogar noch größer sein.

**[0027]** Eine nach Anspruch 10 als anamorphotische Optik ausgeführte Projektionsoptik hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt.

**[0028]** Die anamorphotische Optik hat für unterschiedliche Feldkoordinaten, insbesondere für aufeinander senkrecht stehende Feldkoordinaten unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe. Als Abbildungsmaßstab wird dabei ein absoluter Verkleinerungsfaktor der Projektionsoptik bezeichnet. Eine beispielsweise um einen Faktor 4 verkleinernde Projektionsoptik hat entsprechend einen Abbildungsmaßstab von 4. Ein größerer Abbildungsmaßstab bedeutet dann, dass der Verkleinerungsfaktor sich vergrößert. Eine Projektionsoptik, die um einen Faktor 8 verkleinert, hat in diesem Sinne also einen größeren Abbildungsmaßstab als eine Projektionsoptik, um einen Faktor 4 verkleinert.

**[0029]** Die anamorphotische Optik kann eine richtungs-, also feldkoordinatenabhängige objektseitige numerische Apertur aufweisen.

**[0030]** Es wurde erkannt, dass bei einer Zunahme der objektseitigen numerischen Apertur der objektseitige Hauptstrahlwinkel vergrößert werden muss, was zu Abschattungseffekten durch die Absorberstruktur und zu Problemen mit der Schichttransmission insbesondere zu starken Apodisierungseffekten durch die Retikelbeschichtung führen kann. Es wurde weiter erkannt, dass mittels einer anamorphotisch abbildenden Optik, insbesondere mittels eines anamorphotisch abbildenden Projektionsobjektivs, ein Retikel vorgegebener Größe aus einem Objektfeld mit einem vorgegebenen Abbildungsmaßstab auf ein vorgegebenes Beleuchtungsfeld abgebildet werden kann, wobei das Beleuchtungsfeld in Richtung des ersten Abbildungsmaßstabs vollständig ausgeleuchtet wird, während sich ein vergrößerter Abbildungsmaßstab in einer zweiten Richtung nicht negativ auf den Durchsatz der Projektionsbelichtungsanlage auswirkt, sondern durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden kann.

**[0031]** Ein anamorphotisches Objektiv ermöglicht somit sowohl die vollständige Ausleuchtung einer Bildfläche mit einer großen objektseitigen numerischen Apertur in der ersten Richtung, ohne dass die Ausdehnung des abzubildenden Retikels in dieser ersten Richtung vergrößert werden muss und ohne dass es zu einer Verringerung des Durchsatzes der Projektionsbelichtungsanlage kommt als auch die Minimierung der durch den schrägen Einfall des Beleuchtungslichtes verursachten Verluste an Abbildungsqualität.

**[0032]** Durch vorzeichengleiche Abbildungsmaßstäbe in Richtung der beiden Hauptschnitte wird eine Bildumkehr („image flip“) vermieden. Die Optik hat insbesondere in Richtung der beiden Hauptschnitte positive Abbildungsmaßstäbe.

**[0033]** Die anamorphotische Optik hilft bei der Erzeugung eines möglichst kleinen Einfallswinkels des Abbildungslichts auf einem reflektierenden Objekt. Senkrecht zur Einfallsebene des Abbildungslichts auf dem Objekt kann die größere objektseitige numerische Apertur vorliegen. Die Verwendung einer Zylinderoptik ist zur Ausgestaltung der anamorphotischen Optik nicht zwingend. Die unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe können für beide Feldkoordinaten ein positives Vorzeichen haben. Die unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe können für beide Feldkoordinaten verkleinernd wirken. Die anamorphotische Projektionsoptik kann eine elliptische Eintrittspupille und/oder eine elliptische Austrittspupille haben. Die anamorphotische Projektionsoptik kann eine rotationssymmetrische sowie eine n-zählig rotationssymmetrische Austrittspupille haben. Die für die aufeinander senkrecht stehenden Feldkoordinaten unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe können sich um mindestens einen Faktor 1,1, mindestens um einen Faktor 1,2, mindestens um einen Faktor 1,3, mindestens um einen Faktor 1,4, mindestens um einen Faktor 1,5, mindestens um einen Faktor 1,7, mindestens um einen

Faktor 2, mindestens um einen Faktor 2,5 und mindestens um einen Faktor 3 oder auch um einen noch größeren Faktor unterscheiden.

**[0034]** Die Vorteile der Ansprüche 11, 12 und 16 entsprechen dem, was vorstehend bereits diskutiert wurde. Ein kleinerer Abbildungsmaßstab ist gleichbedeutend mit einer geringeren verkleinernden Wirkung.

**[0035]** Abbildungsmaßstäbe nach den Ansprüchen 13 und 14 haben sich als besonders geeignet herausgestellt. Der kleinere der beiden unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe kann beispielsweise 5,4 betragen, kann kleiner sein als 5, kann 4 betragen oder kann noch kleiner sein. Der größere der beiden unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe kann 7 betragen, kann 8 betragen oder kann noch größer sein.

**[0036]** Als Freiformflächen ausgeführte Spiegel-Reflexionsflächen nach Anspruch 15 ermöglichen eine Erweiterung der Design-Freiheitsgrade für die Projektionsoptik. Insbesondere kann eine anamorphotische Wirkung auf mehrere Spiegelflächen verteilt werden.

**[0037]** Numerische Aperturen bzw. Bildfeldgrößen nach den Ansprüchen 17 bis 19 sind gut an Erfordernisse hinsichtlich der Abbildungsqualität und der Waferbelichtung beim Einsatz in einer Projektionsbelichtungsanlage angepasst.

**[0038]** Die Projektionsoptik kann eine Aperturblende aufweisen. Diese Aperturblende kann in einer Ebene liegen oder auch dreidimensional ausgeführt sein. Die Ausdehnung der Aperturblende kann in Scanrichtung kleiner sein als senkrecht hierzu.

**[0039]** Die Projektionsoptik kann eine Obskurationsblende aufweisen. Hinsichtlich der Ausführung der Obskurationsblende gilt, was vorstehend zur Aperturblende ausgeführt ist.

**[0040]** Eine Blende mit einem Ausdehnungsverhältnis nach Anspruch 20 ist an die anamorphotische Wirkung der Projektionsoptik angepasst. Die Blende kann in einer Eintritts-Pupillenebene der Projektionsoptik angeordnet sein. Das Verhältnis der Ausdehnung längs der kürzeren Objektfelddimension und längs der längeren Objektfelddimension kann dem Verhältnis der verkleinernden Abbildungsmaßstäbe in der längeren Objektfelddimension und in der kürzeren Objektfelddimension entsprechen.

**[0041]** Die vorstehend unter Bezugnahme auf die verschiedenen Projektionsoptiken diskutierten Merkmale können in beliebiger Kombination miteinander realisiert sein.

**[0042]** Die Vorteile eines optischen Systems nach Anspruch 20 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Projektionsoptik bereits erläutert wurden. Soweit eine anamorphotische Projektionsoptik zum Einsatz kommt, kann die Beleuchtungsoptik an eine nicht rotationssymmetrische Eintrittspupille der Projektionsoptik angepasst sein.

**[0043]** Bei einem optischen System nach Anspruch 21 kommen die Vorteile der Projektionsoptik besonders gut zum Tragen. Eine mögliche Betriebswellenlänge für die EUV-Lichtquelle kann 13,5 nm sein. Auch eine DUV-Lichtquelle, also beispielsweise eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von 193 nm, kann alternativ zum Einsatz kommen.

**[0044]** Die Vorteile einer Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 22 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Projektionsoptik bereits erläutert wurden.

**[0045]** Eine Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 23 nutzt die Vorteile der anamorphotischen Projektionsoptik.

**[0046]** Ein Retikel nach Anspruch 24 ist an die anamorphotische Projektionsoptik angepasst.

**[0047]** Die Vorteile eines Herstellungsverfahrens nach Anspruch 25 sowie eines mikro- bzw. nanostrukturierten Bauteils nach Anspruch 26 entsprechen denen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Projektionsoptik und das optische System und die Projektionsbelichtungsanlage bereits erläutert wurden.

**[0048]** Hergestellt werden kann mit der Projektionsbelichtungsanlage insbesondere ein Halbleiter-Bauteil, beispielsweise ein Speicherchip.

- [0049] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:
- [0050] Fig. 1 schematisch eine Projektionsbelichtungsanlage für die EUV-Mikrolithographie;
- [0051] Fig. 2 in einem Meridionalschnitt eine Ausführung einer abbildenden Optik, die als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1 einsetzbar ist, wobei ein Abbildungsstrahlengang für Hauptstrahlen und für einen oberen und einen unteren Komastahl zweier ausgewählter Feldpunkte dargestellt ist;
- [0052] Fig. 3 bis Fig. 13 jeweils in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung weitere Ausführungen einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1;
- [0053] Fig. 14 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1, mit einem gekrümmten Feld und divergent vom Objektfeld ausgehenden Hauptstrahlen;
- [0054] Fig. 15 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 14, gesehen aus Blickrichtung XV in Fig. 14;
- [0055] Fig. 15A Aufsichten auf Randkonturen optisch genutzter Flächen der Spiegel der abbildenden Optik nach den Fig. 14 und Fig. 15;
- [0056] Fig. 16 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1;
- [0057] Fig. 17 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 16, gesehen aus Blickrichtung XVII in Fig. 16;
- [0058] Fig. 18 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1;
- [0059] Fig. 19 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 18, gesehen aus Blickrichtung XIX in Fig. 18;
- [0060] Fig. 20 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1, ausgestaltet als anamorphotische Optik;
- [0061] Fig. 21 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 20, gesehen aus Blickrichtung XXI in Fig. 20;
- [0062] Fig. 21A Aufsichten auf Randkonturen optisch genutzter Flächen der Spiegel der abbildenden Optik nach den Fig. 20 und Fig. 21;
- [0063] Fig. 22 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1, ausgestaltet als anamorphotische Optik;
- [0064] Fig. 23 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 22, gesehen aus Blickrichtung XXIII in Fig. 22;
- [0065] Fig. 24 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1, ausgestaltet als anamorphotische Optik;
- [0066] Fig. 25 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 24, gesehen aus Blickrichtung XXV in Fig. 24;
- [0067] Fig. 26 in einer zu Fig. 2 ähnlichen Darstellung eine weitere Ausführung einer abbildenden Optik, einsetzbar als Projektionsobjektiv in der Projektionsbelichtungsanlage nach Fig. 1, ausgestaltet als anamorphotische Optik ohne Pupillenobskuration; und
- [0068] Fig. 27 eine Ansicht der abbildenden Optik nach Fig. 26, gesehen aus Blickrichtung XXVII in Fig. 26.
- [0069] Eine Projektionsbelichtungsanlage 1 für die Mikrolithographie hat eine Lichtquelle 2 für Beleuchtungslicht bzw. Abbildungslicht 3. Bei der Lichtquelle 2 handelt es sich um eine EUV-Lichtquelle, die Licht in einem

Wellenlängenbereich beispielsweise zwischen 5 nm und 30 nm, insbesondere zwischen 5 nm und 15 nm, erzeugt. Bei der Lichtquelle **2** kann es sich insbesondere um eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von 13,5 nm oder um eine Lichtquelle mit einer Wellenlänge von 6,9 nm handeln. Auch andere EUV-Wellenlängen sind möglich. Generell sind sogar beliebige Wellenlängen, zum Beispiel sichtbare Wellenlängen oder auch andere Wellenlängen, die in der Mikrolithographie Verwendung finden können (z. B. DUV, tiefes Ultraviolett) und für die geeigneten Laserlichtquellen und/oder LED-Lichtquellen zur Verfügung stehen (beispielsweise 365 nm, 248 nm, 193 nm, 157 nm, 129 nm, 109 nm), für das in der Projektionsbelichtungsanlage **1** geführte Beleuchtungslicht **3** möglich. Ein Strahlengang des Beleuchtungslichts **3** ist in der **Fig. 1** äußerst schematisch dargestellt.

**[0070]** Zur Führung des Beleuchtungslichts **3** von der Lichtquelle **2** hin zu einem Objektfeld **4** in einer Objektebene **5** dient eine Beleuchtungsoptik **6**. Mit einer Projektionsoptik bzw. abbildenden Optik **7** wird das Objektfeld **4** in ein Bildfeld **8** in einer Bildebene **9** mit einem vorgegebenen Verkleinerungsmaßstab abgebildet.

**[0071]** Zur Erleichterung der Beschreibung der Projektionsbelichtungsanlage **1** sowie der verschiedenen Ausführungen der Projektionsoptik **7** ist in der Zeichnung ein kartesisches xyz-Koordinatensystem angegeben, aus dem sich die jeweilige Lagebeziehung der in den Figuren dargestellten Komponenten ergibt. In der **Fig. 1** verläuft die x-Richtung senkrecht zur Zeichenebene in diese hinein. Die y-Richtung verläuft nach links und die z-Richtung nach oben.

**[0072]** Das Objektfeld **4** und das Bildfeld **8** sind rechteckförmig. Alternativ ist es auch möglich, das Objektfeld **4** und Bildfeld **8** gebogen bzw. gekrümmt, also insbesondere teilringförmig auszuführen. Das Objektfeld **4** und das Bildfeld **8** haben ein xy-Aspektverhältnis größer als 1. Das Objektfeld **4** hat also eine längere Objektfelddimension in der x-Richtung und eine kürzere Objektfelddimension in der y-Richtung. Diese Objektfelddimensionen verlaufen längs der Feldkoordinaten x und y.

**[0073]** Für die Projektionsoptik **7** kann eines der in den **Fig. 2ff.** dargestellten Ausführungsbeispiele eingesetzt werden. Die Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** verkleinert um einen Faktor 8. Auch andere Verkleinerungsmaßstäbe sind möglich, zum Beispiel 4x, 5x oder auch Verkleinerungsmaßstäbe, die größer sind als 8x. Die Bildebene **9** ist bei der Projektionsoptik **7** in den Ausführungen nach den **Fig. 2** und **Fig. 5ff.** parallel zur Objektebene **5** angeordnet. Abgebildet wird hierbei ein mit dem Objektfeld **4** zusammenfallender Ausschnitt einer Reflexionsmaske **10**, die auch als Retikel bezeichnet wird. Das Retikel **10** wird von einem Retikelhalter **10a** getragen. Der Retikelhalter **10a** wird von einem Retikelverlagerungsantrieb **10b** verlagert.

**[0074]** Die Abbildung durch die Projektionsoptik **7** erfolgt auf die Oberfläche eines Substrats **11** in Form eines Wafers, der von einem Substrathalter **12** getragen wird. Der Substrathalter **12** wird von einem Wafer- bzw. Substratverlagerungsantrieb **12a** verlagert.

**[0075]** In der **Fig. 1** ist schematisch zwischen dem Retikel **10** und der Projektionsoptik **7** ein in diese einlaufendes Strahlenbündel **13** des Beleuchtungslichts **3** und zwischen der Projektionsoptik **7** und dem Substrat **11** ein aus der Projektionsoptik **7** auslaufendes Strahlenbündel **14** des Beleuchtungslichts **3** dargestellt. Eine bildfeldseitige numerische Apertur (NA) der Projektionsoptik **7** ist in der **Fig. 1** nicht maßstäblich wiedergegeben.

**[0076]** Die Projektionsbelichtungsanlage **1** ist vom Scannertyp. Sowohl das Retikel **10** als auch das Substrat **11** werden beim Betrieb der Projektionsbelichtungsanlage **1** in der y-Richtung gescannt. Auch ein Steppertyp der Projektionsbelichtungsanlage **1**, bei dem zwischen einzelnen Belichtungen des Substrats **11** eine schrittweise Verlagerung des Retikels **10** und des Substrats **11** in der y-Richtung erfolgt, ist möglich. Diese Verlagerungen erfolgen synchronisiert zueinander durch entsprechende Ansteuerung der Verlagerungsantriebe **10b** und **12a**.

**[0077]** **Fig. 2** zeigt das optische Design einer ersten Ausführung der Projektionsoptik **7**. Dargestellt ist in der **Fig. 2** der Strahlengang jeweils dreier Einzelstrahlen **15**, die von zwei in der **Fig. 2** zueinander in der y-Richtung beabstandeten Objektfeldpunkten ausgehen. Dargestellt sind Hauptstrahlen **16**, also Einzelstrahlen **15**, die durch das Zentrum einer Pupille in einer Pupillenebene der Projektionsoptik **7** verlaufen, sowie jeweils ein oberer und ein unterer Komastrahl dieser beiden Objektfeldpunkte. Ausgehend vom Objektfeld **4** schließen die Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0078]** Die Objektebene **5** liegt parallel zur Bildebene **9**.

**[0079]** Die Projektionsoptik **7** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,45.

**[0080]** Die Projektionsoptik **7** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x.

**[0081]** Die Projektionsoptik 7 nach Fig. 2 hat insgesamt acht Spiegel, die in der Reihenfolge des Strahlengangs der Einzelstrahlen 15, ausgehend vom Objektfeld 4, mit M1 bis M8 durchnummeriert sind. Eine abbildende Optik 7 kann auch eine andere Spiegelanzahl haben, beispielsweise vier Spiegel oder sechs Spiegel.

**[0082]** Dargestellt sind in der Fig. 2 die berechneten Reflexionsflächen der Spiegel M1 bis M8. Genutzt wird, wie in der Darstellung nach Fig. 2 ersichtlich ist, nur ein Teilbereich dieser berechneten Reflexionsflächen. Lediglich dieser tatsächlich genutzte Bereich der Reflexionsflächen ist bei den realen Spiegeln M1 bis M8 tatsächlich vorhanden. Diese Nutz-Reflexionsflächen werden in bekannter Weise von Spiegelkörpern getragen.

**[0083]** Bei der Projektionsoptik 7 nach Fig. 2 sind die Spiegel M1, M4, M7 und M8 als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt, also als Spiegel, auf die das Abbildungslicht 3 mit einem Einfallswinkel trifft, der kleiner ist als  $45^\circ$ . Insgesamt hat die Projektionsoptik 7 nach Fig. 2 also vier Spiegel M1, M4, M7 und M8 für normalen Einfall.

**[0084]** Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 sind Spiegel für streifenden Einfall des Beleuchtungslichts 3, also Spiegel, auf die das Beleuchtungslicht 3 mit Einfallswinkeln auftritt, die größer sind als  $60^\circ$ . Ein typischer Einfallswinkel der Einzelstrahlen 15 des Abbildungslichts 3 auf den Spiegeln M2, M3 sowie M5, M6 für streifenden Einfall liegt im Bereich von  $80^\circ$ . Insgesamt hat die Projektionsoptik 7 nach Fig. 2 genau vier Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall.

**[0085]** Die Spiegel M2 und M3 bilden ein direkt im Strahlengang des Abbildungslichts 3 hintereinander angeordnetes Spiegel-Paar. Auch die Spiegel M5 und M6 bilden ein im Strahlengang des Abbildungslichts 3 direkt hintereinander angeordnetes Spiegel-Paar.

**[0086]** Die Spiegel-Paare M2, M3 einerseits und M5, M6 andererseits reflektieren das Abbildungslicht 3 so, dass sich die Ausfallswinkel der Einzelstrahlen 15 auf den jeweiligen Spiegeln M2, M3 bzw. M5, M6 dieser beiden Spiegel-Paare addieren. Der jeweils zweite Spiegel M3 und M6 des jeweiligen Spiegel-Paares M2, M3 und M5, M6 verstärkt also eine umlenkende Wirkung, die der jeweils erste Spiegel M2, M5 auf den jeweiligen Einzelstrahl 15 ausübt. Diese Anordnung der Spiegel der Spiegel-Paare M2, M3 bzw. M5, M6 entspricht derjenigen, die in der DE 10 2009 045 096 A1 für eine Beleuchtungsoptik beschrieben ist.

**[0087]** Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben jeweils sehr große absolute Radiuswerte, weichen von einer ebenen Fläche also vergleichsweise gering ab. Diese Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben also praktisch keine Brechkraft, also praktisch keine insgesamt bündelformende Wirkung, wie ein konkaver oder konvexer Spiegel, sondern tragen zur spezifischen und insbesondere zur lokalen Abbildungsfehlerkorrektur bei.

**[0088]** Zur Charakterisierung einer umlenkenden Wirkung der Spiegel der Projektionsoptik 7 wird nachfolgend anhand der jeweils dargestellten Meridionalschnitte eine Umlenkrichtung definiert. Gesehen in der jeweils einfallenden Strahlrichtung im Meridionalschnitt beispielsweise nach Fig. 2 wird eine umlenkende Wirkung des jeweiligen Spiegels im Uhrzeigersinn, also eine Ablenkung nach rechts, mit dem Kürzel „R“ gekennzeichnet. Der Spiegel M1 der Projektionsoptik 7 hat beispielsweise eine solche umlenkende Wirkung „R“. Eine umlenkende Wirkung eines Spiegels entgegen dem Uhrzeigersinn, also nach links, gesehen aus der jeweils auf diesen Spiegel einfallenden Strahlrichtung, wird mit dem Kürzel „L“ gekennzeichnet. Die Spiegel M2 und M3 der Projektionsoptik 7 sind Beispiele für die umlenkende Wirkung „L“. Eine schwach oder überhaupt nicht umlenkende Wirkung eines Spiegels mit einem Faltwinkel  $f$ , für den gilt:  $-1^\circ < f < 1^\circ$ , wird mit dem Kürzel „0“ gekennzeichnet. Der Spiegel M7 der Projektionsoptik 7 ist ein Beispiel für die umlenkende Wirkung „0“. Insgesamt hat die Projektionsoptik 7 für die Spiegel M1 bis M8 folgende Abfolge umlenkender Wirkungen: RLLRR0L.

**[0089]** Grundsätzlich können alle beschriebenen Ausführungsbeispiele der Projektionsoptiken um eine Ebene, die parallel zur xz-Ebene verläuft, gespiegelt werden, ohne dass sich hierbei grundlegende Abbildungseigenschaften ändern. Allerdings ändert sich dann natürlich die Abfolge der umlenkenden Wirkungen, die beispielsweise bei einer Projektionsoptik, die durch entsprechende Spiegelung aus der Projektionsoptik 7 hervorgeht, folgende Reihenfolge hat: LRRLL0R.

**[0090]** Eine Wahl der Umlenkwirkung, also eine Wahl einer Richtung des jeweils einfallenden Strahls beispielsweise auf den Spiegel M4 und eine Wahl einer Ablenkrichtung der Spiegelpaare M2, M3 sowie M5, M6 wird jeweils so gewählt, dass ein für die Projektionsoptik 7 zur Verfügung stehender Bauraum effizient genutzt wird.



**[0091]** Die Spiegel M1 bis M8 tragen eine die Reflektivität der Spiegel M1 bis M8 für das Abbildungslicht **3** optimierende Beschichtung. Hierbei kann es sich um eine Ruthenium-Beschichtung, um eine Molybdän-Beschichtung oder um eine Molybdän-Beschichtung mit einer obersten Schicht aus Ruthenium handeln. Bei den Spiegeln M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall kann eine Beschichtung mit beispielsweise einer Lage aus Molybdän oder Ruthenium zum Einsatz kommen. Diese hoch reflektierenden Schichten insbesondere der Spiegel M1, M4, M7 und M8 für normalen Einfall können als Mehrlagen-Schichten ausgeführt sein, wobei aufeinanderfolgende Schichten aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein können. Auch alternierende Materialschichten können zum Einsatz kommen. Eine typische Mehrlagenschicht kann fünfzig Bilagen aus jeweils einer Schicht Molybdän und einer Schicht Silizium aufweisen.

**[0092]** Zur Berechnung einer Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **7** wird eine Systemtransmission wie folgt berechnet: Eine Spiegel-Reflektivität wird in Abhängigkeit vom Einfallswinkel eines Führungsstrahls, also eines Hauptstrahls eines zentralen Objektfeldpunktes, an jeder Spiegelfläche bestimmt und multiplikativ zur Systemtransmission zusammengefasst.

**[0093]** Die Reflektivität  $R_M$  an einem Spiegel in Prozent ergibt sich dabei zu:

$$R_M = c_0x^4 + c_1x^3 + c_2x^2 + c_3x + c_4$$

x bezeichnet hierbei den jeweiligen Einfallswinkel in Grad. Die Koeffizienten  $c_i$  ergeben sich zu:

$$c_i = 1/2(c_{iS-fit} + c_{iP-fit})$$

als Mittelwerte der jeweiligen Koeffizienten für S-Polarisation einerseits und die P-Polarisation andererseits.

**[0094]** Für einen Einfallswinkelbereich von  $60^\circ < x < 88^\circ$  ergeben sich für eine Rutheniumschicht, die also unter grazing incidence-Winkeln beaufschlagt wird, folgende Koeffizienten:

	c0	c1	c2	c3	c4
S-Fit	0	$1,59347283 \times 10^{-3}$	$-4,06503596 \times 10^{-1}$	$3,56423129 \times 10^1$	$-9,76664971 \times 10^2$
P-Fit	0	$1,88179657 \times 10^{-3}$	$-4,79626971 \times 10^{-1}$	$4,20429269 \times 10^1$	$-1,17059654 \times 10^3$

**[0095]** Für NI-Spiegel, also im Bereich der senkrechten Inzidenz, erben sich für einen Molybdän/Silizium-Mehrlagenstapel:

	c0	c1	c2	c3	c4
S-Fit	$2,89135870 \times 10^{-6}$	$-3,90173053 \times 10^{-4}$	$1,04448085 \times 10^{-2}$	$-2,65742974 \times 10^{-2}$	$6,66009436 \times 10^1$
P-Fit	$2,05886567 \times 10^{-5}$	$5,79240629 \times 10^{-4}$	$-3,37849733 \times 10^{-2}$	$3,92206533 \times 10^{-2}$	$6,65307365 \times 10^1$

**[0096]** Weitere Informationen zur Reflexion an einem GI-Spiegel (Spiegel für streifenden Einfall) finden sich in der WO 2012/126867 A. Weitere Informationen zur Reflektivität von NI-Spiegeln (Normal Incidence Spiegeln) finden sich in der DE 101 55 711 A.

**[0097]** Eine Gesamt-Reflektivität bzw. Systemtransmission der Projektionsoptik **7**, die sich als Produkt der Reflektivitäten aller Spiegel M1 bis M8 der Projektionsoptik **7** ergibt, beträgt  $R = 10,43 \%$ .

**[0098]** Der Spiegel M8, also der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel vor dem Bildfeld **8**, hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Abbildungslichts **3**, das vom drittletzten Spiegel M6 hin zum vorletzten Spiegel M7 reflektiert wird. Der Spiegel M8 wird um die Durchtrittsöffnung **17** herum reflektiv genutzt. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben keine Durchtrittsöffnung und werden in einem lückenlos zusammenhängenden Bereich reflektiv genutzt.

**[0099]** Die Spiegel M1 bis M8 sind als nicht durch eine rotationssymmetrische Funktion beschreibbare Freiformflächen ausgeführt. Es sind auch andere Ausführungen der Projektionsoptik **7** möglich, bei denen mindes-

tens einer der Spiegel M1 bis M8 als rotationssymmetrische Asphäre ausgeführt ist. Auch alle Spiegel M1 bis M8 können als derartige Asphären ausgeführt sein.

**[0100]** Eine Freiformfläche kann durch folgende Freiformflächengleichung (Gleichung 1) beschrieben werden:

$$Z = \frac{c_x x^2 + c_y y^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x)(c_x x)^2 - (1 + k_y)(c_y y)^2}}$$

$$\begin{aligned} &+ C_1 x + C_2 y \\ &+ C_3 x^2 + C_4 xy + C_5 y^2 \\ &+ C_6 x^3 + \dots + C_9 y^3 \\ &+ C_{10} x^4 + \dots + C_{12} x^2 y^2 + \dots + C_{14} y^4 \\ &+ C_{15} x^5 + \dots + C_{20} y^5 \\ &+ C_{21} x^6 + \dots + C_{24} x^3 y^3 + \dots + C_{27} y^6 \\ &+ \dots \end{aligned}$$

(1)

**[0101]** Für die Parameter dieser Gleichung (1) gilt:

Z ist die Pfeilhöhe der Freiformfläche am Punkt x, y, wobei  $x^2 + y^2 = r^2$ . r ist hierbei der Abstand zur Referenzachse der Freiformflächengleichung ( $x = 0$ ;  $y = 0$ ).

**[0102]** In der Freiformflächengleichung (1) bezeichnen  $C_1, C_2, C_3 \dots$  die Koeffizienten der Freiformflächen-Reihenentwicklung in den Potenzen von x und y.

**[0103]** Im Falle einer konischen Grundfläche ist  $c_x, c_y$  eine Konstante, die der Scheitelpunktkrümmung einer entsprechenden Asphäre entspricht. Es gilt also  $c_x = 1/R_x$  und  $c_y = 1/R_y$ .  $k_x$  und  $k_y$  entsprechen jeweils einer konischen Konstante einer entsprechenden Asphäre. Die Gleichung (1) beschreibt also eine bikonische Freiformfläche.

**[0104]** Eine alternativ mögliche Freiformfläche kann aus einer rotationssymmetrischen Referenzfläche erzeugt werden. Derartige Freiformflächen für Reflexionsflächen der Spiegel von Projektionsoptiken von Projektionsbelichtungsanlagen für die Mikrolithographie sind bekannt aus der US 2007-0058269 A1.

**[0105]** Alternativ können Freiformflächen auch mit Hilfe zweidimensionaler Spline-Oberflächen beschrieben werden. Beispiele hierfür sind Bezier-Kurven oder nicht-uniforme rationale Basis-Splines (non-uniform rational basis splines, NURBS). Zweidimensionale Spline-Oberflächen können beispielsweise durch ein Netz von Punkten in einer xy-Ebene und zugehörige z-Werte oder durch diese Punkte und ihnen zugehörige Steigungen beschrieben werden. Abhängig vom jeweiligen Typ der Spline-Oberfläche wird die vollständige Oberfläche durch Interpolation zwischen den Netzpunkten unter Verwendung z. B. von Polynomen oder Funktionen, die bestimmte Eigenschaften hinsichtlich ihrer Kontinuität und Differenzierbarkeit haben, gewonnen. Beispiele hierfür sind analytische Funktionen.

**[0106]** Die optischen Designdaten der Reflexionsflächen der Spiegel M1 bis M8 der Projektionsoptik 7 können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Diese optischen Designdaten gehen jeweils von der Bildebene 9 aus, beschreiben die jeweilige Projektionsoptik also in umgekehrter Laufrichtung des Abbildungslichts 3 zwischen der Bildebene 9 und der Objektebene 5.

**[0107]** Die erste dieser Tabellen gibt einen Überblick über die Designdaten der Projektionsoptik 7 und fasst zusammen die numerische Apertur NA, die gerechnete Designwellenlänge für das Abbildungslicht, die Größen des Bildfeldes in x- und y-Richtung, eine Bildfeldkrümmung sowie einen Blendenort. Diese Krümmung ist definiert als der inverse Krümmungsradius des Feldes.

**[0108]** Die zweite dieser Tabellen gibt zu den optischen Oberflächen der optischen Komponenten Scheitelpunktradien (Radius\_x =  $R_x$ , Radius\_y =  $R_y$ ) und Brechkraftwerte (Power\_x, Power\_y) an. Negative Radienwerte bedeuten zum einfallenden Beleuchtungslicht **3** hin konkave Kurven im Schnitt der jeweiligen Oberfläche mit der betrachteten Ebene (xz, yz), die von einer Flächennormalen im Scheitelpunkt mit der jeweiligen Krümmungsrichtung (x, y) aufgespannt wird. Die beiden Radien Radius\_x, Radius\_y können explizit verschiedene Vorzeichen haben.

**[0109]** Die Scheitelpunkte an jeder optischen Fläche sind definiert als Auftreffpunkte eines Führungsstrahls, der von einer Objektfeldmitte entlang einer Symmetrieebene  $x = 0$ , also der Zeichenebene der **Fig. 2** (Meridionalebene) hin zum Bildfeld **8** geht.

**[0110]** Die Brechkraften Power\_x ( $P_x$ ), Power\_y ( $P_y$ ) an den Scheitelpunkten sind definiert als:

$$P_x = - \frac{2 \cos AOI}{R_x}$$

$$P_y = - \frac{2}{R_y \cos AOI}$$

**[0111]** AOI bezeichnet hierbei einen Einfallswinkel des Führungsstrahls zur Oberflächennormalen.

**[0112]** Die dritte Tabelle gibt für die Spiegel M1 bis M8 in mm die konischen Konstanten  $k_x$  und  $k_y$ , den Scheitelpunktradius  $R_x$  (= Radius\_x) und die Freifomflächen-Koeffizienten  $C_n$  an. Koeffizienten  $C_n$ , die nicht tabelliert sind, haben jeweils den Wert 0.

**[0113]** In der vierten Tabelle ist noch der Betrag angegeben, längs dem der jeweilige Spiegel, ausgehend von einer Bezugsfläche in der y-Richtung dezentriert (DCY), in der z-Richtung verschoben (DCZ) und verkippt (TLA, TLC) wurde. Dies entspricht einer Parallelverschiebung und einer Verkipfung beim Freiformflächen-Designverfahren. Verschieben wird dabei in y- und in z-Richtung in mm und verkippt um die x-Achse und um die z-Achse. Der Verdrehwinkel ist dabei in Grad angegeben. Es wird zunächst dezentriert, dann verkippt. Die Bezugsfläche bei der Dezentrierung ist jeweils die erste Fläche der angegebenen optischen Designdaten. Auch für das Objektfeld **4** ist eine Dezentrierung in y- und in z-Richtung angegeben. Neben den den einzelnen Spiegeln zugeordneten Flächen sind in der vierten Tabelle auch die Bildebene als erste Fläche, die Objektebene als letzte Fläche sowie ggf. eine Blendenfläche (mit der Bezeichnung „Blende“) tabelliert.

**[0114]** Die fünfte Tabelle gibt noch die Transmissionsdaten der Spiegel M8 bis M1 an, nämlich deren Reflektivität für den Einfallswinkel eines zentral auf den jeweiligen Spiegel treffenden Beleuchtungslichtstrahls. Die Gesamttransmission wird als Anteilsfaktor angegeben, der von einer einfallenden Intensität nach Reflexion an allen Spiegeln der Projektionsoptik verbleibt.

**[0115]** Die sechste Tabelle gibt eine Berandung der Blende (Fläche M8) als Polygonzug in lokalen Koordinaten xyz an. Diese Blende ist am Ort des Spiegels M8 angeordnet. Die Blende wird noch wie oben beschrieben dezentriert und verkippt.

#### Ausführungsbeispiel

NA	<b>Fig. 2</b>
Wellenlaenge	0.45
Feldgroesse_x	13.5 nm
Feldgroesse_y	13.0 mm
Feldkruemmung	0.784 mm
Blende	0.0 1/mm
	M8

Tabelle 1 zu Fig. 2

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-837.70881927	0.00236862	-757.27364908	0.00266207	REFL
M7	2488.10131627	-0.00080383	283.66314157	-0.00705062	REFL
M6	4560.51860808	-0.00007268	18476.28162004	-0.00065317	REFL
M5	-2531.38864214	0.00014365	-103076.57144805	0.00010672	REFL
M4	-2528.42598018	0.00077816	-1442.81510027	0.00140906	REFL
M3	-3050.65046824	0.00012933	34435.31193357	-0.00029442	REFL
M2	-194394.06397033	0.00000156	-40926.79441369	0.00032129	REFL
M1	10833.49940461	-0.00017328	-2578.14093233	0.00082650	REFL

Tabelle 2 zu Fig. 2

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Koeffizient	M8	M7	M6
RX	-837.70881930	2488.10131600	4560.51860800
C7	-9.0132308e-09	1.11394243e-06	1.59114264e-07
C9	-1.00251209e-09	2.8860992e-07	5.59843391e-09
C10	-8.87226228e-12	1.18917173e-09	3.83909581e-10
C12	-5.08519375e-11	5.23800849e-09	2.11857784e-10
C14	-1.88200773e-11	1.0734105e-08	1.39463766e-11
C16	8.82521632e-15	3.75808998e-12	1.70877645e-12
C18	-4.19864966e-15	1.85595295e-11	2.66118623e-13
C20	-2.11360234e-16	-1.72133449e-11	-5.17043474e-14
C21	-3.19874264e-17	3.00011227e-15	9.63300464e-16
C23	-1.22217908e-16	4.11542089e-14	4.38089836e-15
C25	-1.30026191e-16	1.11642164e-13	1.61278968e-15
C27	-3.67400697e-17	3.22598292e-13	1.26838989e-16
C29	1.14026692e-20	2.92869138e-17	6.77960834e-18
C31	1.0918839e-20	1.69415114e-16	-5.39777251e-19
C33	-3.04462195e-21	4.33073361e-16	7.8861342e-19
C35	1.02259135e-22	-7.37362073e-16	8.03098684e-19
C36	-5.63440362e-23	1.44942891e-20	-3.90732961e-21
C38	-2.66622412e-22	3.05621193e-19	5.15318073e-20
C40	-4.32156525e-22	1.34609812e-18	-9.54272183e-21
C42	-2.89279412e-22	2.45287597e-18	-1.70492308e-20
C44	-5.99684085e-23	2.12868884e-18	-9.72311004e-22
C46	1.18076072e-26	2.0799062e-22	1.45427907e-22
C48	3.74881822e-26	2.68414652e-21	4.40689789e-22
C50	1.18386812e-26	5.8670912e-21	2.04987221e-22
C52	-1.00050188e-26	-2.33431824e-20	-7.75365541e-24
C54	-2.93462929e-27	-9.59894302e-20	-3.00655786e-24
C55	-7.12926517e-29	3.05798066e-25	2.33655571e-25
C57	-3.54266327e-28	2.94896726e-24	7.55277402e-25
C59	-7.81684172e-28	2.54027973e-23	1.26094736e-24
C61	-8.38095482e-28	8.05342131e-23	6.93792966e-25
C63	-4.13760156e-28	1.24219439e-22	9.28250781e-26
C65	-7.30815611e-29	4.10221778e-22	5.47302487e-27
C67	1.94837068e-32	0	0
C69	1.1397448e-31	0	0
C71	1.34382689e-31	0	0
C73	7.55966183e-32	0	0
C75	1.56253375e-32	0	0
C77	6.40963088e-33	0	0
C78	-2.56297737e-34	0	0
C80	-1.60836013e-33	0	0
C82	-4.69716941e-33	0	0
C84	-7.07121378e-33	0	0
C86	-5.64664272e-33	0	0
C88	-2.27265225e-33	0	0
C90	-3.58207435e-34	0	0

Tabelle 3a zu Fig. 2

Koeffizient	M5	M4	M3
-------------	----	----	----

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-2531.38864200	-2528.42598000	-3050.65046800
C7	1.72781637e-07	5.8018765e-08	-1.17466046e-07
C9	2.14254527e-08	8.64375408e-09	9.52322648e-09
C10	1.91545596e-10	-1.94203172e-11	6.38336565e-11
C12	-1.30545965e-10	7.93780161e-11	-6.09437242e-11
C14	2.29647138e-11	-4.96311207e-10	-8.46825762e-11
C16	-2.76920045e-13	-4.9519671e-14	2.46570227e-13
C18	6.31392082e-14	1.46606283e-12	1.83720452e-13
C20	5.5820243e-14	1.34097025e-11	-5.79539787e-14
C21	-7.00730308e-18	8.53806243e-18	-1.75797003e-16
C23	3.41967082e-16	-9.95579358e-16	6.08596054e-16
C25	-7.70078483e-17	-1.1212914e-14	3.41532358e-16
C27	1.30566647e-16	-5.35527612e-14	9.88490631e-17
C29	1.16112452e-19	2.57671697e-19	-1.20254031e-18
C31	-1.62253585e-19	-3.25217486e-18	6.21318065e-19
C33	-1.22964972e-19	-2.40795277e-16	1.66737236e-19
C35	1.96436668e-19	-4.04068886e-15	1.33042899e-18
C36	5.2349042e-22	-3.5496978e-23	6.42079101e-22
C38	-3.65302727e-22	1.66117198e-21	-2.85312334e-21
C40	6.2340516e-23	3.47327568e-20	-6.3375684e-22
C42	9.80519303e-22	-1.2946755e-18	-2.67858747e-21
C44	-7.581399e-22	-4.6332565e-17	1.89160718e-21
C46	-2.8051662e-24	-2.53096392e-25	2.79819801e-24
C48	-8.01335569e-25	3.13587836e-24	-1.95559965e-24
C50	-2.19615172e-24	5.29262773e-22	-3.25009825e-24
C52	2.6523186e-24	8.72077688e-21	-1.69895932e-23
C54	-3.17905172e-24	-1.40950195e-19	-1.24591949e-23
C55	1.31200881e-28	6.31299438e-31	2.44903332e-28
C57	6.46975253e-27	-1.44337304e-27	5.45604256e-27
C59	4.4689247e-27	-9.7439448e-26	2.50408571e-27
C61	-1.34855282e-27	-4.38554687e-25	-5.44576542e-27
C63	-6.32570305e-27	4.90510476e-23	-3.43807004e-26
C65	-2.36233819e-27	1.11019478e-22	-3.46588884e-26

Tabelle 3b zu Fig. 2

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-194394.06400000	10833.49940000
C7	-8.67070075e-09	1.48981967e-09
C9	-1.03403364e-08	4.14892815e-09
C10	-8.56886085e-11	3.38149986e-11
C12	-2.01940344e-11	3.90955095e-11
C14	-7.15883437e-12	1.45830047e-11
C16	-9.60210917e-14	-6.21111216e-14
C18	-2.38815926e-14	9.39500532e-14

Koeffizient	M2	M1
C20	-6.65065222e-16	1.68138883e-13
C21	-2.55749187e-16	1.57821571e-17
C23	-1.09151386e-16	-3.38914384e-17
C25	-1.97294475e-17	7.9460803e-18
C27	5.70404899e-18	1.16530683e-15
C29	1.06431723e-19	5.16374316e-19
C31	-1.64115075e-19	-1.22836084e-19
C33	-1.35411374e-20	-1.90495661e-18
C35	7.628521e-21	4.76002684e-18
C36	7.25331258e-22	1.07417031e-21
C38	-4.73496575e-22	4.76896118e-22
C40	-2.11297656e-22	-1.10250035e-21
C42	-1.02753056e-23	-8.66116391e-21
C44	5.07988503e-24	-1.22722218e-20
C46	-9.35932524e-25	-6.27142618e-24
C48	-2.7783366e-25	-8.01178971e-24
C50	-1.59026041e-25	-3.05243873e-23
C52	-6.53452661e-27	2.93392122e-23
C54	1.824705e-27	-8.82506065e-23
C55	2.29320351e-27	-6.20705864e-26
C57	4.07644119e-27	-1.36210254e-26
C59	-1.98759397e-28	-6.17708439e-26
C61	-4.48732119e-29	-1.10303922e-25
C63	-1.85722793e-30	1.36969417e-25
C65	2.81372879e-31	-1.05691239e-25

Tabelle 3c zu Fig. 2

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	724.00020000
M7	0.00000000	-156.29867133	95.23660203
M6	0.00000000	69.24296301	1002.51687199
M5	0.00000000	376.70486973	1458.55105482
M4	0.00000000	768.07202185	1679.06041506
M3	0.00000000	-418.87445828	1388.75512246
M2	-0.00000000	-951.87794696	999.51576030
M1	-0.00000000	-1732.87150302	29.24804987
Objektebene	-0.00000000	-1870.89265468	1987.57585464

Tabelle 4a zu Fig. 2

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.20360764	0.00000000	-0.00000000
M7	164.56899679	0.00000000	-0.00000000
M6	66.01183481	-0.00000000	180.00000000
M5	46.01183481	0.00000000	0.00000000
M4	-66.46601090	0.00000000	-0.00000000
M3	26.13973836	-0.00000000	180.00000000
M2	46.13973836	0.00000000	-0.00000000
Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M1	164.11964399	0.00000000	0.00000000
Objektebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Tabelle 4b zu Fig. 2

Oberfläche	Einfallswinkel[deg]	Reflektivität
M8	7.20360764	0.66017316
M7	0.00000627	0.66565840
M6	80.46059205	0.88430204
M5	79.52462332	0.87198912
M4	10.34002306	0.65386862
M3	78.62259485	0.85965098
M2	81.25157420	0.89438137
M1	20.18260294	0.61248770
Gesamttransmission		0.1043

Tabelle 5 zu Fig. 2

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	320.37449215	-71.38743287
48.36574379	316.80745936	-71.27476399
95.79913948	306.15249000	-70.94768730
141.36313519	288.55110075	-70.43891500
184.11362993	264.24936742	-69.80243066
223.10205565	233.61232523	-69.11179911
257.38560926	197.14179980	-68.45633706
286.04752607	155.49451794	-67.93434999
308.22857191	109.49597859	-67.64324197
323.16872022	60.14481518	-67.66726101
330.25516914	8.60292360	-68.06468586
329.07035438	-43.83122398	-68.85697088
319.43251774	-95.76530795	-70.02235741
301.42236387	-145.76769643	-71.49560404
275.39215543	-192.42726762	-73.17404386
241.95716406	-234.41168219	-74.92871123
201.97236169	-270.51874890	-76.61837302
156.49875437	-299.71790154	-78.10418339
106.76380494	-321.18109072	-79.26314903
54.11946362	-334.30400997	-79.99924341
0.00000000	-338.71937192	-80.25155891
-54.11946362	-334.30400997	-79.99924341
-106.76380494	-321.18109072	-79.26314903
-156.49875437	-299.71790154	-78.10418339
-201.97236169	-270.51874890	-76.61837302
-241.95716406	-234.41168219	-74.92871123
-275.39215543	-192.42726762	-73.17404386
-301.42236387	-145.76769643	-71.49560404
-319.43251774	-95.76530795	-70.02235741
-329.07035438	-43.83122398	-68.85697088
-330.25516914	8.60292360	-68.06468586
-323.16872022	60.14481518	-67.66726101
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-308.22857191	109.49597859	-67.64324197
-286.04752607	155.49451794	-67.93434999
-257.38560926	197.14179980	-68.45633706
-223.10205565	233.61232523	-69.11179911
-184.11362993	264.24936742	-69.80243066
-141.36313519	288.55110075	-70.43891500
-95.79913948	306.15249000	-70.94768730
-48.36574379	316.80745936	-71.27476399

Tabelle 6 zu Fig. 2

[0116] Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik 7 beträgt 10,43 %.



**[0117]** Die Spiegel M1 bis M7 sind Freiformflächen, bei denen die Freiformflächen-Entwicklung bis maximal zur zehnten Potenz in x und y geht. Beim Spiegel M8 geht diese Entwicklung bis zur zwölften Potenz in x und y.

**[0118]** Die Rotationssymmetrieachsen der asphärischen Spiegel sind in der Regel gegenüber einer Normalen auf die Bildebene **9** verkippt, wie die tabellierten Verkipfungswerte deutlich machen.

**[0119]** Die Spiegel M1, M2, M4, M5 und M8 haben negative Radiuswerte, sind also grundsätzlich Konkavspiegel. Die Spiegel M3, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 haben sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0120]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **7** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0121]** Eine erste Pupillenebene **18** ist im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M2 und M3 angeordnet. Anders als schematisch in der **Fig. 2** dargestellt, ist die erste Pupillenebene **18** relativ zum Hauptstrahl eines zentralen Feldpunktes verkippt, schließt mit diesem Hauptstrahl also einen Winkel  $\neq 90^\circ$  ein. Zwischen den Spiegeln M2 und M3 ist im Bereich der Pupillenebene **18** das gesamte Bündel des Abbildungslichts **3** von allen Seiten her zugänglich. Im Bereich der Pupillenebene **18** kann daher eine Aperturblende angeordnet sein. Diese Blende wird nachfolgend auch mit der Bezugsziffer **18** bezeichnet. Alternativ oder zusätzlich kann, wie vorstehend im Zusammenhang mit der Tabelle 6 zu **Fig. 2** erläutert, die Blende auch am Spiegel M8 angeordnet sein.

**[0122]** Eine Berandung einer Blendenfläche der Blende (vgl. auch die Tabelle 6 zur **Fig. 2**) ergibt sich durch Durchstoßpunkte an der Blendenfläche aller Strahlen des Beleuchtungslichts **3**, die bildseitig am Feldmittelpunkt mit einer vollen bildseitigen telezentrischen Apertur in Richtung der Blendenfläche propagieren. Bei der Ausführung der Blende als Aperturblende handelt es sich bei der Berandung um eine innere Berandung.

**[0123]** Die Blende **18** kann in einer Ebene liegen oder auch dreidimensional ausgeführt sein. Die Ausdehnung der Blende **18** kann in Scanrichtung (y) kleiner sein als in cross-Scanrichtung (x).

**[0124]** Im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M3 und M4 ist ein Zwischenbild **19** der Projektionsoptik **7** angeordnet.

**[0125]** Eine weitere Pupillenebene der Projektionsoptik **7** ist im Bereich der Reflexion des Abbildungslichts **3** an den Spiegeln M7 bzw. M8 angeordnet. Aperturblenden im Bereich der Spiegel M7 bzw. M8 können für die x-Dimension einerseits und für die y-Dimension andererseits auf zwei Positionen im Abbildungsstrahlengang verteilt angeordnet sein, zum Beispiel eine Aperturblende zur Begrenzung hauptsächlich längs der y-Dimension auf dem Spiegel M8 und eine Aperturblende zur Begrenzung hauptsächlich längs der x-Dimension auf dem Spiegel M7.

**[0126]** Eine Baulänge der Projektionsoptik **7** in der z-Richtung, also ein Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9**, beträgt etwa 2000 mm. Der Spiegel M8 hat einen Durchmesser, der im Bereich von 650 mm liegt. Ein y-Abstand  $d_{OIS}$  zwischen einem zentralen Objektfeldpunkt und einem zentralen Bildfeldpunkt beträgt 1870 mm.

**[0127]** Die Projektionsoptik **7** hat einen gescannten RMS-Wert des Wellenfrontfehlers, der kleiner ist als 5 bis 10 mλ. Die Verzeichnung der Projektionsoptik **7** ist kleiner als 0,12 nm. Ein Telezentriewert der Projektionsoptik **7**, gemessen in der x-Richtung über das Bildfeld **8**, ist kleiner als 6 mrad. Ein Telezentriewert der Projektionsoptik **7**, gemessen in der y-Richtung über das Bildfeld **8**, ist kleiner als 0,4 mrad.

**[0128]** Die Projektionsoptik **7** ist bildseitig näherungsweise telezentrisch. Ein Arbeitsabstand zwischen dem Bildfeld nächsten Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 78 mm.

**[0129]** Weniger als 15 % der numerischen Apertur sind aufgrund der Durchtrittsöffnung **17** obskuriert. Die Konstruktion der Obskurationsberandung erfolgt analog der vorstehend im Zusammenhang mit der Blende **18** erläuterten Konstruktion der Blendenberandung. Bei der Ausführung als Obskurationsblende handelt es sich bei der Berandung um eine äußere Berandung der Blende. In einer Systempupille der Projektionsoptik **7** ist eine aufgrund der Obskuration nicht beleuchtete Fläche kleiner als  $0,15^2$  der Fläche der gesamten Systempupille. Die nicht beleuchtete Fläche innerhalb der Systempupille kann in der x-Richtung eine andere Ausdehnung

haben als in der y-Richtung. Die nicht beleuchtete Fläche in der Systempupille kann rund, elliptisch, quadratisch oder rechteckig sein. Diese nicht beleuchtete Fläche in der Systempupille kann zudem in Bezug auf ein Zentrum der Systempupille in der x-Richtung und/oder in der y-Richtung dezentriert sein.

**[0130]** Anhand der **Fig. 3** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **20** erläutert, die anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** und **Fig. 2** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0131]** Die Spiegel M1 bis M6 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **20** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 3
NA	0.45
Wellenlänge	13.5 nm
Feldgröße_x	13.0 mm
Feldgröße_y	0.784 mm
Feldkrümmung	0.0 1/mm
Blende	M6

Tabelle 1 zur Fig. 3

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M6	-1404.14350601	0.00142436	-1309.12297977	0.00152774	REFL
M5	5382.39322209	-0.00037158	2573.23597524	-0.00077723	REFL
M4	1869.70984553	-0.00105007	1245.12728595	-0.00163626	REFL
M3	-5275.63794156	0.00036040	-2876.86701766	0.00073127	REFL
M2	-16708.20815149	0.00002889	117297.48607361	-0.00007065	REFL
M1	-39723.46084447	0.00000889	-59894.00868988	0.00018903	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 3

Koeffizient	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1404.14350600	5382.39322200	1869.70984600
C7	2.03330045e-08	2.3344482e-07	7.23054695e-07
C9	4.65863782e-09	1.18051932e-07	1.24097017e-06
C10	-7.84668249e-12	1.62577951e-10	1.87744351e-10
C12	-1.7637487e-11	5.87834308e-10	8.29505595e-10
C14	-6.18838343e-12	2.5617744e-10	3.12998874e-09
C16	9.06006234e-15	2.50004118e-13	9.06901063e-13
C18	1.02692539e-14	4.14837589e-13	1.32517565e-12
C20	4.29131815e-15	2.84090337e-13	1.73975885e-11
C21	-5.55421623e-18	1.40965954e-16	5.47388002e-16
C23	-1.88026398e-17	9.40416055e-16	1.58311459e-15
C25	-1.54749472e-17	8.25709315e-16	2.17853503e-14
C27	-4.79448181e-18	5.01235176e-16	8.48825036e-14
C29	4.15266197e-21	3.91907237e-19	2.95779995e-18
C31	8.9008726e-21	1.24932564e-18	-9.00584397e-18
C33	8.90593911e-21	1.73719878e-18	1.70412678e-16
C35	3.09195946e-21	9.75392684e-19	3.3318325e-16
C36	-3.35220532e-24	1.95464646e-22	-2.10907241e-21
C38	-1.54416412e-23	1.95489479e-21	-3.54137492e-20
C40	-2.0112602e-23	2.59845192e-21	7.5377104e-20
C42	-1.26210611e-23	3.18819744e-21	1.25792108e-18
C44	-3.17245779e-24	1.20046993e-21	2.21018136e-18
C46	2.57983572e-27	1.17913803e-24	-1.59573436e-23
C48	9.18263006e-27	6.27728863e-24	7.54265613e-23
C50	1.41039202e-26	1.17489615e-23	3.92042663e-21
C52	6.68942097e-27	5.23414869e-24	9.85615328e-21
C54	1.98073687e-28	-3.40518909e-24	1.56979448e-20
C55	-1.54418379e-30	2.82069597e-28	7.73972202e-26
C57	-7.38488366e-30	4.3385682e-27	1.18049046e-24
C59	-1.24334052e-29	1.31986693e-26	7.47854689e-24
C61	-1.45721166e-29	2.79892262e-26	2.8778736e-23
C63	-8.46049004e-30	1.43392203e-26	4.2065804e-23
C65	-1.46997251e-30	2.39797376e-27	5.84041106e-23
C67	1.37077767e-33	0	0
C69	5.96198912e-33	0	0
C71	1.01109499e-32	0	0
C73	6.86378346e-33	0	0
C75	1.49095714e-33	0	0
C77	-9.91986177e-34	0	0
C78	-1.55332549e-36	0	0
C80	-1.18750127e-35	0	0
C82	-3.4522721e-35	0	0
C84	-4.95083176e-35	0	0
C86	-3.9770171e-35	0	0
C88	-1.77881031e-35	0	0
C90	-4.7556972e-36	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 3

Koeffizient	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5275.63794200	-16708.20815000	-39723.46084000
C7	8.64742859e-08	-8.48534383e-09	-2.08763509e-08
C9	3.58476501e-07	3.56008272e-08	4.00254821e-09
C10	-9.89224446e-12	7.79106894e-12	6.10160158e-12
C12	1.89327581e-10	-3.72471221e-11	2.5509318e-11
C14	-2.20258778e-11	8.74900994e-12	-2.0034758e-12
C16	3.36193204e-14	-9.31983872e-15	-3.37582455e-14
C18	-2.12152315e-14	-1.05001591e-14	-2.60298094e-15
C20	1.59066226e-12	4.18135526e-14	1.5188487e-14
C21	-3.57227533e-17	2.48094952e-16	-2.46535966e-18
C23	3.58646429e-16	-5.00075703e-16	4.78079643e-16
C25	-1.15198491e-15	4.51130937e-17	-3.26758719e-17
C27	2.69000089e-15	-9.86544399e-17	1.98569101e-17
C29	2.41625825e-19	9.76505015e-19	-7.87248278e-19
C31	-2.87191946e-18	-2.8203702e-19	-2.06138283e-19
C33	6.65153055e-18	5.40607111e-19	7.02649602e-19
C35	-5.72207985e-19	2.31901108e-19	-1.87549676e-19
C36	6.83729655e-22	-1.00234103e-20	-8.03851852e-20
C38	1.73175943e-21	1.71755837e-21	1.11388044e-20
C40	-2.72288684e-20	1.22332554e-20	-1.96231837e-20
C42	-2.97819086e-21	-1.20581608e-21	1.6679562e-22
C44	-6.38720395e-20	-5.106798e-22	6.16920305e-22
C46	-5.68914983e-24	-5.45078584e-23	2.3674629e-22
C48	-2.84889707e-23	-6.64895561e-23	-3.49242868e-22
C50	3.83000613e-23	-4.29346478e-23	-1.19854415e-24
C52	-4.35843617e-22	-4.88783101e-24	-2.79173067e-24
C54	-3.75443641e-22	5.45348307e-25	-3.58898078e-24
C55	-1.91069212e-26	5.17580849e-25	1.20339e-23
C57	-1.72210512e-25	7.20583842e-25	-3.2258403e-24
C59	-1.79738954e-25	1.20881577e-25	1.09042629e-24
C61	4.86608652e-25	5.18691604e-26	-1.64197128e-26
C63	-1.43412851e-24	1.31385226e-26	-2.52495238e-26
C65	-1.41254772e-24	1.87401871e-28	9.47040406e-27

Tabelle 3b zur Fig. 3

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M6	0.00000000	0.00000000	1074.41519438
M5	0.00000000	0.00000000	99.48354955
M4	0.00000000	-18.05249415	1035.70751868
M3	0.00000000	354.51020937	138.41973030
M2	0.00000000	583.20780276	1031.25041556
M1	0.00000000	480.41270702	1449.24921820
Objektebene	0.00000000	285.24003154	1740.57897606

Tabelle 4a zur Fig. 3

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M5	180.10113984	0.00000000	-0.00000000
M4	10.44914510	0.00000000	-0.00000000
M3	183.92725161	0.00000000	-0.00000000
M2	-90.00000000	0.00000000	-0.00000000
M1	-65.87304931	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	219.81806502	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 3

<b>Oberfläche</b>	<b>AOI[deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M6	0.00000000	0.66565840
M5	0.10113984	0.66566360
M4	10.98797784	0.65222749
M3	18.06949355	0.62484145
M2	76.03503185	0.82099428
M1	79.82551612	0.87599782
Gesamttransmission		0.1299

Tabelle 5 zur Fig. 3

<b>X[mm]</b>	<b>Y[mm]</b>	<b>Z[mm]</b>
0.00000000	492.97220996	-96.10794925
77.13108081	486.98647828	-95.94002807
152.43816471	469.15642998	-95.45692466
224.12261559	439.86539988	-94.71825918
290.44072269	399.75735967	-93.81572137
349.74050124	349.74050124	-92.86218695
400.50664890	290.98511318	-91.97772489
441.41186799	224.91058045	-91.27386447
471.36993312	153.15737548	-90.83815133
489.58364884	77.54243221	-90.72167600
495.58014901	0.00000000	-90.93247362
489.22770728	-77.48605661	-91.43684982
470.73236324	-152.95021647	-92.16852700
440.61763177	-224.50589688	-93.04283923
399.69380564	-290.39454798	-93.97161858
349.02334931	-349.02334931	-94.87488676
289.88633185	-398.99430615	-95.68748150
223.74683115	-439.12788139	-96.36090853
152.21937846	-468.48307512	-96.86197052

77.03412861	-486.37434617	-97.16995149
0.00000000	-492.38475170	-97.27376481
-77.03412861	-486.37434617	-97.16995149
-152.21937846	-468.48307512	-96.86197052
-223.74683115	-439.12788139	-96.36090853
-289.88633185	-398.99430615	-95.68748150
-349.02334931	-349.02334931	-94.87488676
-399.69380564	-290.39454798	-93.97161858
-440.61763177	-224.50589688	-93.04283923
-470.73236324	-152.95021647	-92.16852700
-489.22770728	-77.48605661	-91.43684982
-495.58014901	-0.00000000	-90.93247362
-489.58364884	77.54243221	-90.72167600
-471.36993312	153.15737548	-90.83815133
-441.41186799	224.91058045	-91.27386447
-400.50664890	290.98511318	-91.97772489
-349.74050124	349.74050124	-92.86218695
-290.44072269	399.75735967	-93.81572137
-224.12261559	439.86539988	-94.71825918
-152.43816471	469.15642998	-95.45692466
-77.13108081	486.98647828	-95.94002807

Tabelle 6 zur Fig. 3

**[0132]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **20** beträgt 12,99 %.

**[0133]** Die Projektionsoptik **20** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,45. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **20** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0134]** Die Projektionsoptik **20** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0135]** Die Projektionsoptik **20** hat genau sechs Spiegel M1 bis M6. Die Spiegel M1 und M2 sind wiederum als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **20** hat genau zwei Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M1 und M2. Die Spiegel M3 bis M6 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0136]** Die Projektionsoptik **20** hat eine Gesamt-Reflektivität, die größer ist als 11,97 %.

**[0137]** Die Objektebene **5** ist gegenüber der Bildebene **9** absolut um einen Winkel von etwa 39 ° um die x-Achse verkippt. Entsprechend ist als Wert TLA für das Objektfeld in der letzten obigen Tabelle (Tabelle 3b zu Fig. 3) ein Wert von etwa 219 ° angegeben.

**[0138]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1740 mm.

**[0139]** Der Spiegel mit dem größten Durchmesser ist der Spiegel M6 mit einem Durchmesserwert von 1000 mm. Ein y-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8**, also der Wert  $d_{OIS}$ , beträgt 285 mm beim Objektfeld **4**. Genau wie bei der Projektionsoptik **7** beträgt auch bei der Projektionsoptik **20** ein objektfeldseitiger Hauptstrahlwinkel CRAO 5,5 °. Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler ist bei der Projektionsoptik **20** kleiner als 10,5 mλ. Ein Verzeichnungswert ist bei der Projektionsoptik **20** kleiner als 0,1 nm. Ein Telezentriewert in der x-Richtung ist bei der Projektionsoptik **20** bildfeldseitig kleiner als 5 mrad. Ein Telezentriewert in der y-Richtung ist bei der Projektionsoptik **20** bildfeldseitig kleiner als 0,45 mrad.

**[0140]** Eine Pupillenebene ist bei der Projektionsoptik **20** im Bereich einer Reflexion des Abbildungslichts **3** am vorletzten Spiegel M5 im Strahlengang vor dem Bildfeld **8** angeordnet. Am Spiegel M5 oder auch am Spiegel M6 kann daher eine Aperturblende angeordnet sein. Die Polygon-Berandung gemäß der vorstehenden Tabelle 6 zur Fig. 3 bezieht sich auf eine Blende am Spiegel M6.

**[0141]** Die Projektionsoptik **20** ist bildseitig im Wesentlichen telezentrisch. Ein Arbeitsabstand zwischen dem Bildfeld nächsten Spiegel M5 und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 90 mm.

**[0142]** Das Bildfeld **8** liegt in der ersten Bildebene der Projektionsoptik **20** nach dem Objektfeld **4**. Die Projektionsoptik **20** erzeugt also kein Zwischenbild im Abbildungsstrahlengang zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8**.

**[0143]** Eine Pupillenobskuration der Projektionsoptik **20** wird durch eine Anordnung des im Abbildungsstrahlengang drittletzten Spiegels M4 direkt vor einem Zentrum des letzten Spiegels M6 verursacht. Diese Obskuration beträgt weniger als 26 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **20**.

**[0144]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang vorletzte Spiegel M5 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M4 sowie M6 haben eine durchgehende Reflexionsfläche.

**[0145]** Die Reflexionsfläche des Spiegels M5 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt. Die Reflexionsfläche des Spiegels M6 wird nicht durchgehend genutzt, sondern nur dort, wo keine Obskuration durch den vor der Reflexionsfläche des Spiegels M6 angeordneten Spiegel M4 resultiert.

**[0146]** Die beiden Spiegel M1 und M2 für streifenden Einfall lenken das Abbildungslicht **3** seitlich am letzten Spiegel M6 vorbei und um dessen Reflexionsfläche herum.

**[0147]** Der Spiegel M2 ist gegenüber der Bildebene **9** um die x-Achse um 90 ° verdreht, steht also praktisch senkrecht auf der Bildebene **9**.

**[0148]** Die Spiegel M1, M3 und M6 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M2, M4 und M5 haben positive Radiuswert, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M1 und M2 für streifenden Einfall haben wiederum sehr große Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0149]** Anhand der **Fig. 4** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **21** erläutert, die anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 3** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0150]** Die Spiegel M1 bis M6 sind wiederum als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **21** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel		Fig. 4
NA		0.45
Wellenlaenge		13.5 nm
Feldgroesse_x		13.0 mm
Feldgroesse_y		0.72 mm
Feldkruemmung		0.0 1/mm
Blende		M6

Tabelle 1 zur Fig. 4

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M6	-1833.09710653	0.00109040	-1385.57542302	0.00144431	REFL
M5	18877.49637144	-0.00010594	277.21693985	-0.00721519	REFL
M4	1438.66217038	-0.00136186	2430.30119114	-0.00084006	REFL
M3	-5662.42216724	0.00034243	-2106.61551667	0.00097927	REFL
M2	-2969.78461968	0.00015377	6812.60965389	-0.00128573	REFL
M1	-2412.85320295	0.00015904	-19048.90710069	0.00054720	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 4

Koeffizient	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1833.09710700	18877.49637000	1438.66217000
C7	7.14702547e-09	1.33000904e-07	2.160143e-07
C9	1.45748065e-09	1.5551429e-06	1.9750259e-07
C10	-1.34433863e-12	3.23052512e-11	5.21219354e-10
C12	-8.65246158e-12	5.51908435e-10	1.38068278e-09
C14	-1.26897363e-12	8.494392e-09	2.47542622e-09
C16	2.49155269e-15	7.83281848e-14	1.30801781e-12
C18	2.81581124e-15	2.59073558e-12	2.75791629e-12
C20	2.0590302e-16	-3.40842288e-12	-8.77664173e-13
C21	-8.77508671e-19	1.53250792e-17	1.64959774e-15
C23	-5.17996772e-18	9.13281795e-16	6.92468226e-15
C25	-5.66728016e-18	2.13183138e-14	1.40378342e-14
C27	-7.76369168e-19	1.54890141e-13	-1.72019847e-15
C29	7.88863678e-22	6.55771751e-20	7.43041791e-18
C31	1.75672504e-21	3.84581458e-18	2.35894363e-17
C33	1.18814584e-21	1.39333507e-16	9.97718923e-18
C35	1.7493548e-22	9.81761115e-16	-8.01499171e-17
C36	-3.26021342e-25	4.67363491e-24	8.85753541e-21
C38	-2.46229027e-24	7.7058017e-22	4.5880821e-20
C40	-4.93976866e-24	4.33147562e-20	9.06865917e-20
C42	-3.29404362e-24	1.02682561e-18	2.64402588e-20
C44	-2.40295612e-25	-5.42295264e-18	-1.60806374e-19
C46	2.57227242e-28	7.65609824e-26	4.63076076e-23
C48	9.19738739e-28	9.96764671e-24	1.91012714e-22
C50	1.09743754e-27	3.12974539e-22	1.20398721e-22
C52	6.66432955e-28	4.91785424e-21	-6.82880718e-22
C54	4.73076e-29	-1.02818878e-19	-1.43891315e-22
C55	-1.11030431e-31	1.20361818e-29	5.11515109e-27
C57	-8.81991592e-31	1.86280552e-27	7.24559338e-26
C59	-2.38622966e-30	9.47962857e-26	6.67407339e-25
C61	-2.66847543e-30	1.96385049e-24	4.01261999e-25
C63	-1.24137091e-30	3.77800757e-23	1.66791629e-24
C65	-2.2904696e-31	1.60420604e-22	1.13771785e-23
Koeffizient	M6	M5	M4
C67	7.25951889e-35	0	0
C69	4.78438869e-34	0	0
C71	1.10917899e-33	0	0
C73	1.07566223e-33	0	0
C75	3.02812827e-34	0	0
C77	-3.25579859e-35	0	0
C78	-6.82496446e-38	0	0
C80	-7.3260874e-37	0	0
C82	-2.69415965e-36	0	0
C84	-4.80262328e-36	0	0
C86	-4.4443622e-36	0	0
C88	-1.8807898e-36	0	0
C90	-1.49017219e-37	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 4



Koeffizient	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5662.42216700	-2969.78462000	-2412.85320300
C7	-2.05061152e-08	-9.01491023e-09	3.75760309e-08
C9	-2.38681532e-08	-1.07722528e-08	-1.82353448e-08
C10	-4.85387951e-11	4.11164421e-11	5.36007066e-11
C12	-7.98597183e-11	4.52376364e-11	6.33402678e-11
C14	-1.11064223e-10	5.55561647e-11	-2.21093738e-11
C16	3.94476467e-14	-6.11601685e-15	4.38538416e-14
C18	3.00776935e-15	3.77778718e-14	5.55251888e-14
C20	-3.12244022e-14	8.99013939e-14	3.83809162e-14
C21	-3.00816505e-18	1.02603871e-16	5.41186271e-17
C23	-1.21678874e-17	8.68697433e-17	-5.28283589e-17
C25	7.00694254e-17	-2.96767637e-17	1.22856285e-16
C27	1.94317927e-16	7.96011589e-17	1.88629304e-16
C29	1.8490636e-20	5.54481729e-19	1.47830311e-18
C31	-4.13981835e-20	-1.54413661e-19	2.63725411e-20
C33	-7.30655263e-20	-5.09614703e-19	-1.57531897e-18
C35	-1.01967973e-19	2.01225435e-19	8.95399962e-19
C36	-1.7395787e-22	6.68694592e-21	-3.03140695e-20
C38	-4.94707313e-23	2.32782668e-21	-4.39942988e-21
C40	1.78489699e-23	-5.19392946e-22	5.04820517e-21
C42	-6.0518318e-22	-1.28561877e-21	-5.75788873e-21
C44	-6.16746237e-22	2.31456185e-22	2.29885486e-21
C46	-4.02009642e-25	-1.74361335e-23	3.84621986e-23
C48	-3.28096057e-25	-2.28128679e-24	-3.25886796e-23
C50	3.55844765e-27	-1.29996778e-24	2.31874654e-23
C52	2.77737882e-25	-3.09482301e-24	-3.60029308e-24
C54	7.20889308e-26	-3.20584144e-25	1.90845046e-24
C55	2.93653556e-27	-2.73182908e-25	2.44630793e-24
C57	3.4262361e-27	-1.1889464e-25	5.67957006e-25
C59	1.45309977e-28	-8.784571e-27	-1.36102401e-25
C61	6.41931285e-28	-3.29041198e-27	3.37050556e-26
Koeffizient	M3	M2	M1
C63	9.79557956e-28	-3.38378135e-27	8.90781735e-27
C65	7.94905548e-28	-6.28588637e-28	-9.66111645e-28

Tabelle 3b zur Fig. 4

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M6	0.00000000	0.00000000	1336.04673264
M5	0.00000000	88.98262746	49.91664546
M4	0.00000000	34.16051206	1290.78810464
M3	0.00000000	536.44795589	234.08633307
M2	0.00000000	-715.74434374	1150.16573744
M1	0.00000000	-995.94799367	1693.10641178
Objektebene	0.00000000	-1039.51678260	2186.05270414

Tabelle 4a zur Fig. 4

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	1.98476664	0.00000000	-0.00000000
M5	183.27217830	0.00000000	-0.00000000
M4	14.01024317	0.00000000	-0.00000000
M3	219.65811514	0.00000000	-0.00000000
M2	130.80142743	0.00000000	-0.00000000
M1	106.49725896	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 4

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M6	1.98476664	0.66533020
M5	0.75200847	0.66564033
M4	11.58467514	0.65060513
M3	14.19064083	0.64216831
M2	76.80106420	0.83300871
M1	78.93793736	0.86402184
Gesamttransmission		0.1332

Tabelle 5 zur Fig. 4

<b>X[mm]</b>	<b>Y[mm]</b>	<b>Z[mm]</b>
0.00000000	608.52234041	-140.64683575
95.94023321	601.25931900	-139.86882799
189.75379987	579.58413919	-137.60310659
279.30462104	543.84975389	-134.05121860
362.44987510	494.67987297	-129.53696039
437.06577774	433.01415623	-124.48536770
501.10457736	360.15495964	-119.38904049
552.68495125	277.79910686	-114.76081019

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
590.20868666	188.03626648	-111.07562152
612.48557340	93.29913092	-108.70965207
618.84016352	-3.73883968	-107.88877482
609.17368855	-100.30707275	-108.65869405
583.96436539	-193.69806970	-110.88422162
544.20637659	-281.41366860	-114.27689980
491.30439984	-361.27238788	-118.44241764
426.94956472	-431.46613730	-122.93554700
353.00187334	-490.56898267	-127.31151102
271.39634739	-537.51059935	-131.16696091
184.08035860	-571.53072807	-134.16843492
92.98146093	-592.12968050	-136.06958267
0.00000000	-599.02618416	-136.72010822
-92.98146093	-592.12968050	-136.06958267
-184.08035860	-571.53072807	-134.16843492
-271.39634739	-537.51059935	-131.16696091
-353.00187334	-490.56898267	-127.31151102
-426.94956472	-431.46613730	-122.93554700
-491.30439984	-361.27238788	-118.44241764
-544.20637659	-281.41366860	-114.27689980
-583.96436539	-193.69806970	-110.88422162
-609.17368855	-100.30707275	-108.65869405
-618.84016352	-3.73883968	-107.88877482
-612.48557340	93.29913092	-108.70965207
-590.20868666	188.03626648	-111.07562152
-552.68495125	277.79910686	-114.76081019
-501.10457736	360.15495964	-119.38904049
-437.06577774	433.01415623	-124.48536770
-362.44987510	494.67987297	-129.53696039
-279.30462104	543.84975389	-134.05121860
-189.75379987	579.58413919	-137.60310659
-95.94023321	601.25931900	-139.86882799

Tabelle 6 zur Fig. 4

**[0151]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **21** beträgt 13,32 %.

**[0152]** Die Projektionsoptik **21** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0153]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 0,8 mm. Die Projektionsoptik **21** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0154]** Wie die Projektionsoptik **20** ist auch die Projektionsoptik **21** eine rein katoptrische Projektionsoptik mit genau sechs Spiegeln M1 bis M6. Wie bei der Projektionsoptik **20** sind auch bei der Projektionsoptik **21** die ersten beiden Spiegel M1 und M2 im Abbildungsstrahlengang nach dem Objektfeld **4** als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt. Die weiteren Spiegel M3 bis M6 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0155]** Anders bei den Strahlführungen der Projektionsoptiken **7** und **20** überkreuzen sich bei der Strahlführung der Projektionsoptik **21** die Hauptstrahlen. Diese Überkreuzung findet statt zwischen den Teil-Abbildungsstrahlengängen zwischen den Spiegeln M2 und M3 einerseits und M4 und M5 andererseits, wo ein Kreuzungsbereich K1 angedeutet ist. Eine weitere Kreuzung der Hauptstrahlen des Abbildungs-Teilstrahls zwischen den Spiegeln M2 und M3 findet statt mit den Hauptstrahlen der Abbildungs-Teilstrahlen einerseits zwischen den Spiegeln M5 und M6 und andererseits zwischen dem Spiegel M6 und dem Bildfeld, was durch weitere Kreuzungsbereiche K2 und K3 angedeutet ist.

**[0156]** Bei der Projektionsoptik **21** verlaufen die Objektebene **5** und die Bildebene **9** parallel zueinander.

**[0157]** Die Spiegel M1, M3 und M6 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M2, M4 und M5 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M1

und M2 haben wiederum sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0158]** Ähnlich wie bei der Projektionsoptik **20** ist bei der Projektionsoptik **21** der drittletzte Spiegel M4 vor einem Zentrum einer Reflexionsfläche des letzten Spiegels M6 angeordnet und führt somit eine Pupillenobskuration der Projektionsoptik **21** herbei.

**[0159]** Bei der Projektionsoptik **21** hat keiner der Spiegel M1 bis M6 eine Durchtrittsöffnung für das Abbildungslicht **3**. Außer beim Spiegel M6 können alle Reflexionsflächen der Projektionsoptik **21**, also die Reflexionsflächen der Spiegel M1 bis M5, lückenlos genutzt werden. Die Reflexionsfläche des Spiegels M6 wird dort genutzt, wo keine Obskuration aufgrund des Spiegels M4 stattfindet.

**[0160]** Ein z-Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **21** etwa 2200 mm.

**[0161]** Ein typischer Durchmesser des größten Spiegels M6 beträgt etwa 1200 mm.

**[0162]** Ein Objekt-Bildversatz  $d_{OIS}$  beträgt bei der Projektionsoptik **21** etwa 1100 mm. Auch bei der Projektionsoptik **21** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0163]** Die Projektionsoptik **21** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront, der kleiner ist als  $11\text{ m}\lambda$ . Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert ist bei der Projektionsoptik **21** kleiner als 0,1 nm. Ein bildseitiger Telezentriewert ist in der x-Richtung bei der Projektionsoptik **21** kleiner als 4 mrad. Ein bildseitiger Telezentriewert ist in der y-Richtung bei der Projektionsoptik **21** kleiner als 0,3 mrad.

**[0164]** Eine Pupillenebene ist bei der Projektionsoptik **21** im Bereich einer Reflexion des Abbildungslichts **3** am Spiegel M6 angeordnet. Am Spiegel M6 kann also eine Aperturblende vorgesehen sein. Auf diese Blendenposition am Spiegel M6 bezieht sich die Polygon-Berandung gemäß der vorstehenden Tabelle 6 zur **Fig. 4**. Ähnlich wie die Projektionsoptik **20** hat auch die Projektionsoptik **21** kein Zwischenbild.

**[0165]** Die Projektionsoptik **21** ist bildseitig im Wesentlichen telezentrisch.

**[0166]** Ein Arbeitsabstand zwischen dem bildseitig nächsten Spiegel, dem im Abbildungsstrahlengang vorletzten Spiegel M5, und dem Bildfeld **8** beträgt 36 mm.

**[0167]** Durch den Spiegel M4 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die kleiner ist als 23 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **21**.

**[0168]** Anhand der **Fig. 5** wird nachfolgend eine weitere Ausführungsform einer Projektionsoptik **22** erläutert, die anstelle beispielsweise der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 4** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0169]** Die Projektionsoptik **22** hat insgesamt sieben Spiegel M1 bis M7. Die Projektionsoptik **22** hat drei Spiegel für streifenden Einfall, nämlich den Spiegel M1 bis M3, und vier Spiegel für normalen Einfall, nämlich die Spiegel M4 bis M7. Diese Spiegel M1 bis M7 sind wiederum als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **22** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

„inf“ bedeutet „unendlich“.

**Ausführungsbeispiel**

NA  
Wellenlaenge  
Feldgroesse\_x  
Feldgroesse\_y  
Feldkruemmung  
Blende

**Fig. 5**

0.45  
13.5 nm  
13.0 mm  
0.98 mm  
0.0 1/mm  
M7

Tabelle 1 zur Fig. 5

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M7	-1702.70024328	0.00117460	-1593.05036081	0.00125545	REFL
M6	7360.39271982	-0.00027172	3417.65341930	-0.00058520	REFL
M5	2115.61242515	-0.00092738	1567.72388388	-0.00130046	REFL
M4	-5959.73835857	0.00031874	-3631.64311311	0.00057981	REFL
M3	0.00000000	-inf	0.00000000	-inf	REFL
M2	0.00000000	-inf	0.00000000	-inf	REFL
M1	0.00000000	inf	0.00000000	inf	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 5

Koeffizient	M7	M6	M5
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1702.70024300	7360.39272000	2115.61242500
C7	1.79847891e-08	1.92019811e-07	6.09839447e-07
C9	3.08103036e-09	7.1188267e-08	7.08555971e-07
C10	-4.24845893e-12	8.96360067e-11	1.42628939e-10
C12	-9.53203499e-12	3.27897349e-10	6.15654836e-10
C14	-3.56696766e-12	1.32008619e-10	1.24698071e-09
C16	5.53144807e-15	1.36194158e-13	6.05714405e-13
C18	6.34539803e-15	2.34455978e-13	1.21593408e-12
C20	1.81140787e-15	9.69419966e-14	5.15369198e-12
C21	-2.11810311e-18	5.15348174e-17	2.91434391e-16
C23	-7.16043548e-18	3.75752681e-16	1.25156571e-15
C25	-5.88402712e-18	3.19181834e-16	8.70563351e-15
C27	-1.92557933e-18	1.53807396e-16	1.63908034e-14
C29	1.70059672e-21	1.40780709e-19	1.39069823e-18
C31	3.75540269e-21	4.85996976e-19	-1.28410259e-18

Koeffizient	M7	M6	M5
C33	3.28133541e-21	5.1910323e-19	4.8095941e-17
C35	8.57809825e-22	2.15178451e-19	4.41927219e-17
C36	-8.85938941e-25	4.80137725e-23	-6.58463052e-22
C38	-4.20002708e-24	5.52918171e-22	-1.31151539e-20
C40	-5.24288951e-24	7.37589979e-22	3.29070838e-20
C42	-3.32443155e-24	7.62607475e-22	2.45737341e-19
C44	-8.41638073e-25	2.11429097e-22	1.98567595e-19
C46	7.40583899e-28	2.94044566e-25	-2.1351782e-24
C48	2.7860108e-27	1.65594542e-24	5.42339274e-23
C50	4.05802066e-27	2.67363596e-24	9.40249237e-22
C52	1.8873941e-27	1.45438443e-24	1.40511532e-21
C54	1.32906947e-28	-1.74731802e-25	8.67008547e-22
C55	-2.72625411e-31	4.57055919e-29	1.975511e-26
C57	-1.09517773e-30	8.24315234e-28	3.5245026e-25
C59	-1.54140059e-30	2.7846066e-27	1.86064293e-24
C61	-2.03920564e-30	5.04844296e-27	5.56594105e-24
C63	-1.39151659e-30	2.65275439e-27	4.93123257e-24
C65	-3.04302425e-31	4.47315051e-28	2.25513424e-24
C67	2.65932555e-34	0	0
C69	1.07192285e-33	0	0
C71	1.59913365e-33	0	0
C73	9.28830744e-34	0	0
C75	2.99613864e-34	0	0
C77	-2.87821803e-35	0	0
C78	-1.91467081e-37	0	0
C80	-1.59911782e-36	0	0
C82	-4.94780249e-36	0	0
C84	-7.14686431e-36	0	0
C86	-5.51076275e-36	0	0
C88	-2.16822816e-36	0	0
C90	-4.19310084e-37	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 5

Koeffizient	M4	M3	M2
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-5959.73835900	0.00000000	0.00000000
C7	7.09371063e-08	0	0
C9	1.9620957e-07	0	0
C10	-5.80501996e-12	0	0
C12	1.02443869e-10	0	0
C14	-1.92463151e-11	0	0
C16	1.52210927e-14	0	0
C18	1.53632928e-14	0	0
C20	5.26048968e-13	0	0
C21	-1.12436683e-17	0	0
C23	1.73824765e-16	0	0
C25	-2.15389944e-16	0	0
C27	6.93749405e-16	0	0

Koeffizient	M4	M3	M2
C29	7.32299538e-20	0	0
C31	-8.96220063e-19	0	0
C33	2.89314095e-18	0	0
C35	3.66266246e-19	0	0
C36	1.37832263e-22	0	0
C38	4.81965046e-22	0	0
C40	-7.84784597e-21	0	0
C42	-4.14050678e-22	0	0
C44	-6.21735194e-21	0	0
C46	-8.56329267e-25	0	0
C48	-5.86480301e-24	0	0
C50	7.86836679e-24	0	0
C52	-7.38234303e-23	0	0
C54	-1.90896327e-23	0	0
C55	-3.44134447e-27	0	0
C57	-4.07630281e-26	0	0
C59	-2.05268913e-26	0	0
C61	7.40916254e-26	0	0
C63	-1.66787506e-25	0	0
C65	-9.99341642e-26	0	0

Tabelle 3b zur Fig. 5

Koeffizient	M1
KY	0.00000000
KX	0.00000000
RX	0.00000000

Tabelle 3c zur Fig. 5

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M7	0.00000000	0.00000000	1294.60000000
M6	0.00000000	0.00000000	121.16860083
M5	0.00000000	-23.39645080	1255.70266623
M4	0.00000000	428.84722309	176.16839633
M3	0.00000000	643.29322055	973.30911463
M2	0.00000000	877.39404910	1272.63636377
M1	-0.00000000	985.69698677	1709.40915790
Objektebene	-0.00000000	972.97083537	2079.13057086

Tabelle 4a zur Fig. 5

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M7	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M6	180.07648095	0.00000000	-0.00000000
M5	10.52960478	0.00000000	-0.00000000
M4	184.02255945	0.00000000	-0.00000000

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M3	64.02255945	0.00000000	180.00000000
M2	244.02255945	-0.00000000	0.00000000
M1	84.02255945	-0.00000000	180.00000000
Objektebene	-11.95488111	0.00000000	180.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 5

Oberfläche	AOI[deg]	Reflektivität
M7	0.00000000	0.66565840
M6	0.07648095	0.66566255
M5	11.18955982	0.65169152
M4	18.22917890	0.62398638
M3	77.94883571	0.85008675
M2	77.94883571	0.85008675
M1	97.94883571	1.13089334
Gesamttransmission		0.1473

Tabelle 5 zur Fig. 5

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	594.49311802	-114.82371082
93.01621208	587.28124992	-114.60806119
183.83820338	565.79581204	-113.99060454
270.29866175	530.49099318	-113.05582694
350.29086890	482.13401886	-111.93168041
421.81384811	421.81384811	-110.77184822
483.02993602	350.94179082	-109.73400756
532.33125383	271.23632139	-108.95707827
568.40749899	184.68679191	-108.54096691
590.30508838	93.49514104	-108.53242876
597.46792407	0.00000000	-108.92018472
589.75339789	-93.40776185	-109.64091015
567.42315516	-184.36695921	-110.59493328
531.11439345	-270.61630005	-111.66734917
481.80099693	-350.04891430	-112.74857877
420.75295187	-420.75295187	-113.74927261
349.49841703	-481.04330244	-114.60719325
269.78833350	-529.48941760	-115.28660147
183.56074169	-564.94187277	-115.77246418
92.90157512	-586.55746064	-116.06233121
0.00000000	-593.82052455	-116.15847788
-92.90157512	-586.55746064	-116.06233121
-183.56074169	-564.94187277	-115.77246418
-269.78833350	-529.48941760	-115.28660147
-349.49841703	-481.04330244	-114.60719325
-420.75295187	-420.75295187	-113.74927261
-481.80099693	-350.04891430	-112.74857877
-531.11439345	-270.61630005	-111.66734917
-567.42315516	-184.36695921	-110.59493328
-589.75339789	-93.40776185	-109.64091015
-597.46792407	-0.00000000	-108.92018472
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-590.30508838	93.49514104	-108.53242876
-568.40749899	184.68679191	-108.54096691
-532.33125383	271.23632139	-108.95707827
-483.02993602	350.94179082	-109.73400756
-421.81384811	421.81384811	-110.77184822
-350.29086890	482.13401886	-111.93168041
-270.29866175	530.49099318	-113.05582694
-183.83820338	565.79581204	-113.99060454
-93.01621208	587.28124992	-114.60806119

Tabelle 6 zur Fig. 5

**[0170]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **22** beträgt 11,89 %.



**[0171]** Die Projektionsoptik **22** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von  $8\times$  ( $\beta = 8$ ).

**[0172]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **22** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0173]** Im Bereich der Spiegel M1 und M2 einerseits und M4 bis M7 andererseits entspricht der Strahlengang der Projektionsoptik **22** qualitativ demjenigen der Projektionsoptik **20** nach **Fig. 3**. Im Unterschied zur Projektionsoptik **20** ist bei der Projektionsoptik **22** zwischen dem Spiegel M2 für streifenden Einfall und dem Spiegel M4 für normalen Einfall ein weiterer Spiegel M3 für streifenden Einfall angeordnet. Dieser sorgt für eine gegenläufige Umlenkung des Abbildungslichts **3** im Vergleich zur umlenkenden Wirkung der Spiegel M1 und M2 für streifenden Einfall hin zum Spiegel M4 derart, dass bei der Projektionsoptik **22** anders als bei der Projektionsoptik **20** die Objektebene **5** nicht so stark verkippt zur Bildebene **9** angeordnet ist. Alternativ kann die Projektionsoptik **22** auch so ausgeführt sein, dass die Objektebene **5** parallel zur Bildebene **9** angeordnet ist. Die Spiegel M1 und M2 bilden wiederum ein Paar von direkt hintereinander im Strahlengang des Abbildungslichts **3** angeordneten Spiegeln für streifenden Einfall.

**[0174]** Ein weiterer Unterschied bei der Führung des Abbildungslichts **3** in der Projektionsoptik **22** im Vergleich zur Projektionsoptik **20** ist, dass der Spiegel M7 eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3** zwischen den Spiegeln M4 und M5 einerseits und den Spiegeln M5 und M6 andererseits aufweist. Eine Reflexionsfläche des Spiegels M5 ist relativ zu dieser Durchtrittsöffnung **17** im Spiegel M7 zurückversetzt angeordnet.

**[0175]** Die Spiegel M1, M3, M4 und M7 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M2, M5 und M6 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel.

**[0176]** Die Spiegel M6 und M7 haben jeweils eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Die anderen Spiegel M1 bis M5 haben keine Durchtrittsöffnung für das Abbildungslicht **3**.

**[0177]** Die Reflexionsflächen der Spiegel M6 und M7 werden um ihre jeweilige Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0178]** Eine Aperturblende ist bei der Projektionsoptik **22** am Spiegel M7 angeordnet. Hierauf beziehen sich die Polygondaten gemäß der obigen Tabelle 6 zu **Fig. 5**.

**[0179]** Ein z-Abstand zwischen der Objektebene und der Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **22** etwa 2.200 mm.

**[0180]** Ein typischer Durchmesser des größten Spiegels M7 beträgt etwa 1350 mm. Ein Objekt-Bildversatz  $d_{OIS}$  beträgt bei der Projektionsoptik **22** etwa 1.050 mm. Auch bei der Projektionsoptik **22** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0181]** Die Projektionsoptik **22** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront, der etwa 100 mλ beträgt. Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert beträgt bei der Projektionsoptik **22** etwa 2 nm. Ein bildseitiger Telezentriewert ist in der x-Richtung bei der Projektionsoptik **22** kleiner als 2 mrad. Ein bildseitiger Telezentriewert ist in der y-Richtung bei der Projektionsoptik **22** kleiner als 0,5 mrad.

**[0182]** Zwischen dem Objektfeld **4** und dem Spiegel M1 verlaufen die Hauptstrahlen **16** bei der Projektionsoptik **22** divergent zueinander.

**[0183]** Durch den Spiegel M6 wird eine bildseitige Obskuration in der x-Dimension vorgegeben, die kleiner ist als 26 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **22**. In der y-Richtung ist die Obskuration deutlich kleiner und ist zudem dezentriert.

**[0184]** Anhand der **Fig. 6** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **23** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 5** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0185]** Die Projektionsoptik **23** hat insgesamt acht Spiegel M1 bis M8. Hiervon sind die Spiegel M1, M4, M7 und M8 als Spiegel für normalen Einfall und die Spiegel M2, M3 sowie M5 und M6 als Spiegel für streifenden

Einfall ausgeführt. Die Spiegel M1 bis M8 sind als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **23** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen. Die Angabe „Blende S8“ in der Tabelle 1 zur **Fig. 6** bedeutet, dass die Blende am Ort der achten Oberfläche der einschließlich der Bildebene gezählten Designoberflächen angeordnet ist (vgl. hierzu die Tabellen 4a, 4b zur **Fig. 6**). Entsprechende Angaben zum Blendenort finden sich auch bei den noch nachfolgenden beschriebenen Projektionsoptik-Ausführungen.

**Ausführungsbeispiel****Fig. 6**

NA	0.45
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	13.0 mm
Feldgroesse_y	0.784 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S8

Tabelle 1 zur Fig. 6

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-958.97089575	0.00207686	-961.85646760	0.00208803	REFL
M7	781.70184576	-0.00255743	800.14521302	-0.00250061	REFL
M6	2530.53650030	-0.00017248	1099.72037229	-0.00833342	REFL
M5	-959.51707616	0.00053343	-5824.08776793	0.00134184	REFL
M4	-1015.89947977	0.00190347	-1037.47638976	0.00199381	REFL
M3	-1396.79419984	0.00025079	5530.47714724	-0.00206466	REFL
M2	453.37653174	-0.00134551	3069.00502651	-0.00213656	REFL
M1	-1105.89546966	0.00175044	-898.04924515	0.00230091	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 6

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Koeffizient	M8	M7	M6
RX	-958.97089570	781.70184580	2530.53650000
C7	-6.24261885e-09	-4.79337518e-07	-7.1009777e-07
C9	3.40176704e-09	-2.2271152e-08	-8.2763755e-07
C10	-9.52920854e-12	1.39847445e-09	-5.28790727e-09
C12	-2.17138503e-11	2.59902235e-09	-5.83047016e-09
C14	-5.53794085e-12	3.82503297e-10	3.85928616e-09
C16	-4.89194598e-15	-7.5682079e-13	4.16412253e-11
C18	-5.31097983e-15	2.0123627e-13	3.27030642e-11
C20	3.35556271e-15	1.18707056e-12	-1.69195332e-11
C21	-1.29683082e-17	6.50353918e-15	-1.04672087e-14
C23	-4.0507372e-17	1.51137687e-14	-2.41277384e-14
C25	-3.91228171e-17	1.36743637e-14	-2.38109022e-13
C27	-8.22368178e-18	2.04416547e-15	9.07489874e-14
C29	-4.09694624e-21	-2.41814134e-18	4.54711839e-16
C31	-8.94104942e-21	-2.23789497e-19	-8.11985983e-16
C33	-2.65451858e-21	1.31365906e-17	1.31994251e-15
C35	3.82604616e-21	1.24161702e-17	-6.01734444e-16
C36	-1.25909252e-23	5.60405318e-20	-1.9034482e-18
C38	-5.04636427e-23	1.727638e-19	-1.29641861e-17
C40	-7.58006457e-23	2.38455591e-19	6.23929199e-18
C42	-4.61626479e-23	9.83846873e-20	-1.3014572e-17
C44	-8.32692765e-24	3.34129348e-20	5.06711727e-18
C46	-8.53689744e-27	0	0
C48	-2.77252948e-26	0	0
C50	-2.88379308e-26	0	0
C52	-3.62035322e-27	0	0
C54	6.3984309e-27	0	0
C55	-2.76049035e-29	0	0
C57	-1.41544439e-28	0	0
C59	-2.85021143e-28	0	0
C61	-2.76943917e-28	0	0
C63	-1.24085088e-28	0	0
C65	-1.81757986e-29	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 6

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-959.51707620	-1015.89948000	-1396.79420000
C7	-4.08359998e-07	-2.15395805e-07	-2.38764091e-07
C9	3.4748349e-08	1.36820595e-07	4.64016378e-08
C10	-9.13196608e-10	-4.36123019e-11	-4.14715679e-09
C12	9.44559924e-11	1.25327362e-09	-9.81520016e-10
C14	-5.88672435e-11	-1.25208732e-10	2.37258013e-11
C16	-1.87521812e-12	-2.06101634e-12	9.14454531e-12
C18	-1.37465885e-12	-6.89740416e-12	2.95923304e-12
C20	1.1992969e-13	1.04902531e-12	3.68847523e-13
C21	-4.39551393e-14	-5.27163213e-17	-2.48685307e-13

Koeffizient	M5	M4	M3
C23	-6.94239353e-15	2.41662997e-14	-1.22998777e-13
C25	1.42589153e-15	4.92614883e-14	-1.38722747e-14
C27	4.24263352e-17	-2.58241283e-14	1.75833705e-17
C29	1.63548588e-16	-3.62334861e-17	1.422768e-15
C31	9.81035253e-17	-3.34821808e-16	5.43158823e-16
C33	-7.95045663e-18	-1.33308143e-16	6.79918691e-17
C35	-5.12592669e-19	-4.92438934e-16	6.81835572e-19
C36	6.9842749e-19	2.51610148e-21	-5.8931813e-18
C38	-1.66279358e-19	7.3298455e-19	-6.55610075e-18
C40	-6.28447234e-19	1.69443664e-18	-1.55271887e-18
C42	2.04767376e-20	-3.36811757e-19	-1.30349519e-19
C44	2.18932434e-21	-1.74132521e-17	1.24548926e-20

Tabelle 3b zur Fig. 6

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	453.37653170	-1105.89547000
C7	-3.64021023e-06	-1.53061966e-08
C9	-4.1440416e-07	2.02696728e-07
C10	1.73428138e-10	5.3320966e-11
C12	1.50361672e-08	3.69218174e-10
C14	8.05092825e-11	-4.33240146e-11
C16	3.86788386e-11	6.58986798e-14
C18	-6.30736684e-11	-9.56533957e-13
C20	3.23174009e-12	1.76624492e-15
C21	1.06689208e-13	-2.93652599e-17
C23	-9.8827162e-14	-1.44343666e-15
C25	2.53626119e-13	4.60503135e-15
C27	-6.71346795e-17	3.22197521e-15
C29	-3.85691883e-16	7.4131948e-19
C31	-8.34354289e-17	1.97074044e-17
C33	-1.00493209e-15	-4.84993134e-19
C35	-9.32551743e-18	1.5674206e-18
C36	3.32160664e-18	-2.75117422e-22
C38	2.42658882e-18	1.69392814e-21
C40	8.35990203e-19	-9.62768209e-20
C42	2.82957021e-18	-4.99071337e-20
C44	-2.18809094e-19	-2.52307032e-19

Tabelle 3c zur Fig. 6

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	857.25842051
M7	0.00000000	143.72846278	78.92107486
M6	0.00000000	-97.73260418	1061.22710854
M5	0.00000000	-310.85339013	1324.12983099
M4	0.00000000	-415.10458760	1955.31068719

<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
M3	0.00000000	-109.21713535	1576.99752720
Blende	0.00000000	53.83767037	1451.75625757
M2	0.00000000	233.83461505	1371.94162077
M1	0.00000000	434.90609681	911.92780520
Objektebene	0.00000000	524.23007379	1839.29231153

Tabelle 4a zur Fig. 6

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	5.23773203	0.00000000	-0.00000000
M7	192.16152597	0.00000000	-0.00000000
M6	-63.56651549	0.00000000	-0.00000000
M5	114.20489964	0.00000000	-0.00000000
M4	24.16726666	0.00000000	-0.00000000
M3	139.04415820	0.00000000	-0.00000000
Blende	238.00000000	0.00000000	-0.00000000
M2	-48.62779604	0.00000000	-0.00000000
M1	189.05463777	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 6

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M8	5.23773203	0.66285728
M7	1.67316319	0.66544123
M6	77.39460590	0.84197074
M5	75.17194229	0.80679858
M4	14.78988644	0.63989082
M3	79.91239948	0.87714614
M2	72.24113995	0.75250143
M1	14.55657686	0.64079353
Gesamttransmission		0.0811

Tabelle 5 zur Fig. 6

<b>X[mm]</b>	<b>Y[mm]</b>	<b>Z[mm]</b>
0.00000000	-42.55550630	0.00000000
-5.71360072	-42.41904079	0.00000000
-11.28570917	-42.00337327	0.00000000
-16.57923089	-41.29199297	0.00000000
-21.46534853	-40.26432853	0.00000000
-25.82651690	-38.90419369	0.00000000
-29.55850056	-37.20856137	0.00000000
-32.57173218	-35.19456381	0.00000000
-34.79247198	-32.90306161	0.00000000
-36.16417382	-30.39803509	0.00000000
-36.64920435	-27.76194540	0.00000000
-36.23077173	-25.08805998	0.00000000
-34.91468027	-22.47140643	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-32.73039949	-20.00022495	0.00000000
-29.73098648	-17.74953050	0.00000000
-25.99165105	-15.77778545	0.00000000
-21.60711600	-14.12677772	0.00000000
-16.68821822	-12.82386652	0.00000000
-11.35826608	-11.88531994	0.00000000
-5.74952640	-11.31971544	0.00000000
-0.00000000	-11.13084157	0.00000000
5.74952640	-11.31971544	0.00000000
11.35826608	-11.88531994	0.00000000
16.68821822	-12.82386652	0.00000000
21.60711600	-14.12677772	0.00000000
25.99165105	-15.77778545	0.00000000
29.73098648	-17.74953050	0.00000000
32.73039949	-20.00022495	0.00000000
34.91468027	-22.47140643	0.00000000
36.23077173	-25.08805998	0.00000000
36.64920435	-27.76194540	0.00000000
36.16417382	-30.39803509	0.00000000
34.79247198	-32.90306161	0.00000000
32.57173218	-35.19456381	0.00000000
29.55850056	-37.20856137	0.00000000
25.82651690	-38.90419369	0.00000000
21.46534853	-40.26432853	0.00000000
16.57923089	-41.29199297	0.00000000
11.28570917	-42.00337327	0.00000000
5.71360072	-42.41904079	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 6

**[0186]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **23** beträgt 8,11 %.

**[0187]** Die Projektionsoptik **23** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0188]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **23** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0189]** Abweichend von den anderen Projektionsoptiken hat die Projektionsoptik **23** eine bildseitige numerische Apertur von 0,45.

**[0190]** Ein Strahlengang des Abbildungslichts **3** durch die Projektionsoptik **23** zwischen den Spiegeln M6 und dem Bildfeld **8** entspricht qualitativ dem Strahlengang zwischen dem Spiegel M6 und dem Bildfeld **8** bei der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**, allerdings gespiegelt um eine zur xz-Ebene parallele Ebene.

**[0191]** Die Spiegel M2 und M3 einerseits und die Spiegel M5 und M6 andererseits für streifenden Einfall sind so angeordnet, dass sie eine jeweils gegenläufige umlenkende Wirkung haben, dass sich die umlenkende Wirkung der jeweils zweiten Spiegel M3 und M6 dieser Spiegelpaare M2, M3 sowie M5, M6 von der umlenkenden Wirkung der jeweils ersten Spiegel M2 und M5 also subtrahieren. Die Spiegel M5 und M6 haben in Bezug auf jeweils einen der Spiegel M2 und M3 eine gegenläufige Abhängigkeit der Reflektivität für jeweilige Einzelstrahlen **15** des Abbildungslichts **3**, stellen also Kompensations-Spiegel dar, sodass die vier Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall keine unerwünschte Gesamtabhängigkeit der Reflektivität über das Bildfeld **8** bzw. über dessen Beleuchtungswinkelverteilung aufweisen.

**[0192]** Im Bereich der Umlenkung am Spiegel M2 liegt eine Pupillenebene der Projektionsoptik **23**. Eine für die x-Dimension wirkende Aperturblende kann im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M1 und M2, benachbart zum M2, angeordnet sein. Eine in der y-Dimension wirkende Aperturblende kann im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M2 und M3, wiederum benachbart zum Spiegel M2 angeordnet sein. Im Bereich der Umlenkung am Spiegel M5 liegt eine Zwischenbildebene der Projektions-

optik **23**. Eine weitere Pupillenebene liegt im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M7 und M8. Dort kann ebenfalls eine für die x-Dimension wirksame Aperturblende angeordnet sein.

**[0193]** Die Spiegel M1 und M8 sind abschnittsweise Rücken an Rücken ausgeführt.

**[0194]** Ausschließlich der Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Abbildungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0195]** Die Spiegel M1, M4, M5 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M2, M3, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3 und M5 haben sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0196]** Ein z-Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **23** etwa 1840 mm.

**[0197]** Ein typischer Durchmesser des größten Spiegels M8 beträgt etwa 800 mm. Ein Objekt-Bildversatz  $d_{OIS}$  beträgt bei der Projektionsoptik **23** etwa 520 mm. Auch bei der Projektionsoptik **23** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einem Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0198]** Die Projektionsoptik **23** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront, der kleiner ist als 70 mλ. Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert beträgt bei der Projektionsoptik **23** etwa 1,2 nm.

**[0199]** Zwischen dem Objektfeld **4** und dem Spiegel M1 verlaufen die Hauptstrahlen **16** bei der Projektionsoptik **23** divergent zueinander.

**[0200]** Durch den Spiegel M8 wird eine bildseitige Obskuration in der x-Dimension vorgegeben, die kleiner ist als 20 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **23**. In der y-Richtung ist die Obskuration deutlich kleiner und ist zudem dezentriert.

**[0201]** Anhand der **Fig. 7** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **24** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 6** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0202]** Der Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **24** entspricht qualitativ demjenigen der Projektionsoptik **23** nach **Fig. 6**. Auch die Projektionsoptik **24** hat acht Spiegel M1 bis M8, von denen die Spiegel M1, M4, M7 und M8 als Spiegel für normalen Einfall und die Spiegel M2, M3, M5 und M6 als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt sind. Die umlenkenden Wirkungen der Spiegel M2 und M3 einerseits sowie M5 und M6 andererseits subtrahieren sich.

**[0203]** Die Spiegel M1 bis M8 sind als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **24** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 7
NA	0.45
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	13.0 mm
Feldgroesse_y	0.784 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S7

Tabelle 1 zur Fig. 7

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-828.90624658	0.00240718	-813.73184215	0.00246356	REFL
M7	452.59444650	-0.00441888	343.07524055	-0.00582974	REFL
M6	1112.77153576	-0.00035436	-8434.60343947	0.00120266	REFL
M5	-743.46091318	0.00053356	10280.07421667	-0.00098089	REFL
M4	-835.77975524	0.00235223	-929.01694099	0.00219010	REFL
M3	-5551.96069553	0.00007233	-4677.48375823	0.00212963	REFL
M2	-1728.90769592	0.00023122	1872.02689047	-0.00534493	REFL
M1	-880.94474613	0.00217245	-929.96827744	0.00224746	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 7

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-828.90624660	452.59444650	1112.77153600
C7	6.74198948e-09	1.8198381e-07	4.73297971e-07
C9	3.90647354e-09	-1.03077896e-07	5.71100371e-08
C10	-1.60344671e-11	5.15323975e-09	2.05867386e-09
C12	-2.86549213e-11	1.1999558e-08	-8.29784809e-10
C14	-1.26862354e-11	7.63575592e-09	-9.58970523e-11
C16	4.78369091e-15	1.39254302e-12	-2.17825923e-11
C18	8.51266815e-15	7.38520647e-12	6.3635415e-13
C20	2.82358426e-15	-2.36224044e-12	1.31296379e-13
C21	-2.65461735e-17	6.84835025e-14	-1.01503317e-13
C23	-7.72188599e-17	2.86517775e-13	4.04729312e-14
C25	-7.21196735e-17	3.43322922e-13	5.59417154e-16
C27	-1.90211316e-17	7.51227642e-14	-1.51792851e-16
C29	4.92227907e-21	4.09353362e-17	2.54136872e-16
Koeffizient	M8	M7	M6
C31	1.20218531e-20	1.27335094e-16	-5.10416424e-17
C33	8.40798497e-21	1.22660287e-16	-2.15218211e-18
C35	3.23694092e-21	-4.21844295e-17	1.02982467e-19
C36	-3.28705775e-23	1.68544205e-18	-2.64826102e-19
C38	-1.3081706e-22	9.48378409e-18	-4.72935253e-19
C40	-1.91271179e-22	1.93084784e-17	1.36626279e-20
C42	-1.20985451e-22	1.51684275e-17	1.50910444e-21
C44	-2.87133882e-23	5.71789768e-18	-1.52076385e-23
C46	9.04401197e-27	0	0
C48	3.06652794e-26	0	0
C50	3.95339353e-26	0	0
C52	2.12427278e-26	0	0
C54	6.19479308e-27	0	0
C55	-9.56418704e-29	0	0
C57	-4.73070844e-28	0	0
C59	-9.34446589e-28	0	0
C61	-9.13157935e-28	0	0
C63	-4.41677071e-28	0	0
C65	-7.86181975e-29	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 7



Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-743.46091320	-835.77975520	-5551.96069600
C7	8.15313049e-07	1.08411968e-06	8.1725158e-08
C9	1.15936905e-07	2.66713006e-07	2.11082779e-08
C10	-2.17231701e-09	1.97364815e-09	-7.51877121e-09
C12	2.45410579e-09	1.29311988e-09	9.83512366e-10
C14	8.78996519e-10	1.55808687e-08	-1.39425604e-10
C16	-1.4388317e-11	-7.24177347e-12	1.61763526e-11
C18	2.43340771e-12	3.70702943e-12	1.05071826e-12
C20	8.01706893e-12	-2.73262347e-10	-1.62527109e-13
C21	2.02931387e-14	-9.2131432e-15	3.04337357e-13
C23	-2.63254556e-14	5.85039506e-14	-7.58462902e-14
C25	-5.41315246e-15	-3.84690423e-13	-1.81428849e-15
C27	6.80497633e-14	4.35189326e-12	-7.18902516e-16
C29	-7.38761627e-18	4.09273025e-17	-1.95967055e-15
C31	-1.6406802e-16	-1.32466527e-15	2.23232144e-16
C33	4.6161003e-17	1.11389945e-14	1.45669424e-17
C35	3.46981394e-16	-8.00414961e-14	-5.3737245e-19
C36	6.56861624e-19	3.51522585e-21	-3.51163866e-17
C38	2.53098962e-19	5.30473647e-20	8.4177008e-18
C40	-1.17789383e-18	1.14555302e-17	4.49375372e-19
C42	7.13915336e-19	-1.10798161e-16	-2.61682976e-20
C44	6.00248794e-19	6.75342377e-16	2.31069209e-21

Tabelle 3b zur Fig. 7

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-1728.90769600	-880.94474610
C7	3.08450816e-06	-4.70279039e-08
C9	-2.17253795e-08	1.08990881e-07
C10	-3.75473915e-08	-3.45672808e-11
C12	-1.81552974e-08	2.73887057e-11
C14	7.96803985e-11	-4.28414412e-10
C16	2.0647621e-10	2.40236171e-14
C18	7.22424709e-11	-6.19613419e-13
C20	1.47510283e-12	1.08423073e-12
C21	1.77572753e-12	-1.52199951e-17
C23	-6.59234699e-14	-1.8034018e-15
C25	-2.26260751e-13	-3.76723043e-15
C27	-5.706268e-15	-5.40832792e-15
C29	-2.77294786e-14	-2.49126053e-19
C31	-4.84971158e-15	-3.60876052e-18
C33	3.35099874e-16	1.99785264e-18
C35	2.39450375e-17	8.80558903e-18
C36	2.21806273e-16	-5.44564635e-22
C38	1.36037517e-16	-4.37847046e-20
C40	2.00582463e-17	-7.42210048e-20
C42	1.83054058e-19	-1.69927808e-19
C44	-5.75280548e-20	1.02060681e-19

Tabelle 3c zur Fig. 7

<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	764.50361369
M7	0.00000000	96.82652457	64.27191627
M6	0.00000000	-27.92847503	1058.54662453
M5	0.00000000	-219.64054559	1392.20908570
M4	0.00000000	-271.24388131	1813.78075704
Blende	0.00000000	-198.32156886	1677.53219215
M3	0.00000000	-128.24179216	1546.81115682
M2	0.00000000	16.78357234	1430.95006703
10	0.00000000	8791.56176690	-7122.00998575
M1	0.00000000	272.34233418	956.66066528
Objektebene	0.00000000	362.68180636	1900.18311637

Tabelle 4a zur Fig. 7

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	3.91596926	0.00000000	-0.00000000
M7	187.39186836	0.00000000	-0.00000000
M6	-71.50714996	0.00000000	-0.00000000
M5	108.42016373	0.00000000	-0.00000000
M4	17.56397197	0.00000000	-0.00000000

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Blende	-36.24096693	0.00000000	-0.00000000
M3	129.75252018	0.00000000	-0.00000000
M2	-50.20499466	0.00000000	-0.00000000
10	135.94318124	0.00000000	-0.00000000
M1	191.41461048	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 7

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M8	3.91596926	0.66415239
M7	0.35585461	0.66566616
M6	78.62897953	0.85974012
M5	78.56000002	0.85877563
M4	10.58806423	0.65325493
M3	78.41763467	0.85677489
M2	78.46987638	0.85751067
M1	16.88179312	0.63082790
Gesamttransmission		0.0988

Tabelle 5 zur Fig. 7

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-47.76389383	0.00000000
0.75722478	-47.21490944	0.00000000
1.44466231	-45.56440865	0.00000000
1.99925630	-42.80616853	0.00000000
2.37083821	-38.94314949	0.00000000
2.52737588	-34.00299920	0.00000000
2.45862703	-28.05153657	0.00000000
2.17710208	-21.19917906	0.00000000
1.71593988	-13.59913606	0.00000000
1.12445586	-5.43943918	0.00000000
0.46249291	3.06794966	0.00000000
-0.20557575	11.69767212	0.00000000
-0.81666564	20.21943325	0.00000000
-1.31433675	28.40487722	0.00000000
-1.65354402	36.03372730	0.00000000
-1.80460322	42.89898816	0.00000000
-1.75605283	48.81111176	0.00000000
-1.51602869	53.60229092	0.00000000
-1.11184253	57.13213052	0.00000000
-0.58761247	59.29431617	0.00000000
-0.00000000	60.02254886	0.00000000
0.58761247	59.29431617	0.00000000
1.11184253	57.13213052	0.00000000
1.51602869	53.60229092	0.00000000
1.75605283	48.81111176	0.00000000
1.80460322	42.89898816	0.00000000
1.65354402	36.03372730	0.00000000
1.31433675	28.40487722	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.81666564	20.21943325	0.00000000
0.20557575	11.69767212	0.00000000
-0.46249291	3.06794966	0.00000000
-1.12445586	-5.43943918	0.00000000
-1.71593988	-13.59913606	0.00000000
-2.17710208	-21.19917906	0.00000000
-2.45862703	-28.05153657	0.00000000
-2.52737588	-34.00299920	0.00000000
-2.37083821	-38.94314949	0.00000000
-1.99925630	-42.80616853	0.00000000
-1.44466231	-45.56440865	0.00000000
-0.75722478	-47.21490944	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 7

**[0204]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **24** beträgt 9,88 %.

**[0205]** Die Projektionsoptik **24** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0206]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 0,8 mm. Die Projektionsoptik **24** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0207]** Bei der Projektionsoptik **24** ist eine Pupillenebene **18** im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M2 und M3 angeordnet. Eine Zwischenbildebene **19** ist im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M4 und M5 angeordnet.

**[0208]** Die Spiegel M1, M3, M4, M6 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M2, M5 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich als Konvexspiegel. Die

Spiegel M3, M5 und M6 haben sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0209]** Auch bei der Projektionsoptik **24** hat ausschließlich der letzte Spiegel M8 im Abbildungsstrahlengang eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**, das zwischen den Spiegeln M6 und M7 geführt ist.

**[0210]** Eine Baulänge der Projektionsoptik **24** in der z-Richtung, also ein Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9**, beträgt 1.900 mm. Der Spiegel M8 hat den größten Durchmesser aller Spiegel der Projektionsoptik **24**, der im Bereich von 700 mm liegt.

**[0211]** Ein Objekt-Bildversatz  $d_{OIS}$  beträgt bei der Projektionsoptik **24** etwa 360 mm. Auch bei der Projektionsoptik **24** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0212]** Die Projektionsoptik **24** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront im Bereich 100 mλ. Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert liegt bei der Projektionsoptik **24** im Bereich von 0,6 nm.

**[0213]** Eine für die y-Dimension wirksame Aperturblende kann im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M2 und M3 angeordnet sein.

**[0214]** Zwischen dem Objektfeld **4** und dem M1 haben die Hauptstrahlen **16** des Abbildungslichts **3** bei der Projektionsoptik **24** einen divergenten Verlauf.

**[0215]** Durch den Spiegel M8 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die in der x-Richtung kleiner ist als 24 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **24**.

**[0216]** In der y-Richtung ist die Obskuration deutlich kleiner und zudem dezentriert.

**[0217]** Anhand der **Fig. 8** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **25** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 7** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0218]** Der Abbildungsstrahlengang in der Projektionsoptik **25** entspricht qualitativ denjenigen der Projektionsoptiken **23** und **24** nach den **Fig. 6** und **Fig. 7**. Auch die Projektionsoptik **24** hat acht Spiegel M1 bis M8, von denen die Spiegel M1, M4, M7 und M8 als Spiegel für normalen Einfall und die Spiegel M2, M3, M5 und M6 als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt sind. Die umlenkenden Wirkungen der Spiegel M2 und M3 einerseits sowie M5 und M6 andererseits subtrahieren sich.

**[0219]** Die Spiegel M1 bis M8 sind als Freiformflächen ausgestaltet, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **25** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 8
NA	0.45
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	13.0 mm
Feldgroesse_y	0.784 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm

Blende S9

Tabelle 1 zur Fig. 8

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-1049.60389641	0.00189993	-986.01437231	0.00203430	REFL
M7	1052.05094258	-0.00190085	516.30074958	-0.00387413	REFL
M6	672.07102892	-0.00059408	6476.96591445	-0.00154677	REFL
M5	-799.22989968	0.00049907	-9635.87145309	0.00104073	REFL
M4	-655.82100664	0.00302260	-1132.34738046	0.00178202	REFL
M3	2083.13733086	-0.00019163	-8161.78002389	0.00122769	REFL
M2	-32587.82702212	0.00001224	2513.72027155	-0.00398819	REFL
M1	-1124.77927352	0.00171284	-993.83277453	0.00208912	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 8

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1049.60389600	1052.05094300	672.07102890
C7	8.94830424e-09	6.82707408e-08	5.39977203e-07
C9	3.00569958e-09	5.0133583e-08	5.0463779e-08
C10	-1.0205043e-11	9.13305341e-10	2.96374987e-09
C12	-1.78212052e-11	2.88849001e-09	3.61953024e-09
C14	-6.16611869e-12	1.70930306e-09	9.8625888e-11
C16	5.53369586e-15	6.46391137e-13	1.62428612e-11
C18	7.14785588e-15	1.61691667e-12	6.55853805e-12
C20	1.2952174e-15	-1.12568271e-13	9.89173718e-14
C21	-1.15962082e-17	3.2230907e-15	2.17786681e-14
C23	-3.29641744e-17	1.94684249e-14	7.78862843e-14
C25	-2.88253574e-17	2.8363428e-14	2.06500061e-14
C27	-7.61491275e-18	9.96975622e-15	5.79706038e-17
C29	3.95947425e-21	4.40316043e-18	1.76578906e-16
C31	9.59189e-21	3.61186907e-17	1.59804916e-16
C33	5.9075341e-21	2.40890432e-17	4.63612518e-17
C35	4.91436138e-22	-2.08227139e-17	-1.15451621e-18
C36	-9.78221988e-24	2.17340086e-20	4.62607032e-20
C38	-3.80396711e-23	1.769269e-19	2.36610599e-19
C40	-5.3008359e-23	5.27416888e-19	3.60474258e-19
C42	-3.05920471e-23	3.79026666e-19	8.8347498e-20
C44	-6.20613311e-24	-4.57440157e-20	-2.35018949e-21
C46	4.59926677e-27	0	0
C48	1.58065492e-26	0	0
C50	1.76803708e-26	0	0
C52	7.68522982e-27	0	0
C54	5.34537619e-28	0	0
C55	-1.6671251e-29	0	0
C57	-8.60661791e-29	0	0
C59	-1.74742916e-28	0	0
C61	-1.71631988e-28	0	0
C63	-7.97461918e-29	0	0
Koeffizient	M8	M7	M6
C65	-1.37837693e-29	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 8

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-799.22989970	-655.82100660	2083.13733100
C7	-2.06359045e-07	1.79769856e-06	-1.23888727e-06
C9	4.53272901e-08	2.37465306e-06	8.86422249e-08
C10	4.98518606e-10	-1.48557245e-09	-3.40006344e-09
C12	-1.31134892e-09	-2.80514774e-10	2.03241635e-09
C14	2.98465492e-12	3.01097166e-09	-3.36768492e-11
C16	4.49053513e-12	3.15577912e-11	-1.66141091e-11
C18	1.64207121e-12	7.30259248e-11	-7.13724906e-12
C20	-1.0335036e-12	3.09731752e-10	5.4031591e-13
C21	-2.93206259e-14	-2.05672375e-14	-4.18881657e-13
C23	-5.92456689e-14	2.22350106e-14	-6.83276534e-14
C25	-5.80080861e-14	1.08931865e-12	-7.07864185e-15
C27	2.2172926e-14	-1.42234054e-12	5.63121269e-16
C29	1.40438563e-17	8.53769578e-16	-8.08308771e-16
C31	-6.66032602e-17	2.70533891e-15	2.67861368e-16
C33	7.30170261e-16	-1.62676517e-15	-3.42472444e-17
C35	3.16423462e-16	4.49594522e-14	1.66873362e-18
C36	-1.81264397e-18	-3.66571047e-19	-6.54742071e-17
C38	-5.39055928e-20	-3.12546568e-18	4.62927488e-18
C40	-2.02947052e-18	7.95440303e-17	-4.8710506e-18
C42	-2.24011839e-18	6.67587526e-16	-2.67955705e-19
C44	-7.82360967e-18	3.07878704e-16	2.12454918e-22

Tabelle 3b zur Fig. 8

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-32587.82702000	-1124.77927400
C7	-4.74483513e-07	2.20095584e-09
C9	3.93556671e-08	1.960322e-07
C10	-2.66024165e-09	-2.88589459e-11
C12	-2.10042981e-09	-1.13714912e-11
C14	-4.96647358e-11	-1.87229835e-10
C16	3.63968975e-11	-1.00857126e-13
C18	-6.32882695e-12	-1.48327939e-14
C20	1.40830966e-12	1.42850505e-12
C21	-3.43617167e-13	-3.03067897e-17
C23	2.78640456e-15	-3.68437637e-16
C25	-2.10521417e-14	2.77481379e-15
C27	-3.31782506e-16	-2.91734364e-15
C29	3.53276862e-15	5.08698618e-19

Koeffizient	M2	M1
C31	-7.40107603e-16	7.73915869e-18
C33	2.47602209e-17	-6.54164067e-19
C35	3.81467272e-18	1.85860304e-17
C36	-5.81173248e-18	1.22184892e-21
C38	-1.24881103e-17	1.12627739e-20
C40	6.79836244e-18	3.74180742e-20
C42	-6.71427793e-19	3.54376196e-20
C44	2.7467903e-20	-9.46214624e-20

Tabelle 3c zur Fig. 8

<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	921.48007420
M7	0.00000000	127.69651360	91.87626879
M6	0.00000000	-54.51524583	1081.95671536
M5	0.00000000	20.29114222	1416.57838942
M4	0.00000000	-58.31889420	1844.49683317
M3	0.00000000	59.41629968	1599.41318117
M2	0.00000000	224.00188768	1454.69416858
Blende	0.00000000	273.52466623	1404.16528501
M1	0.00000000	493.26104418	894.61377093
Objektebene	0.00000000	589.57009799	1900.28701404

Tabelle 4a zur Fig. 8

<b>Oberfläche</b>	<b>TLC[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLA[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-0.00000000	0.00000000	4.37615932
M7	-0.00000000	0.00000000	189.59363600
M6	-0.00000000	0.00000000	88.91365207
M5	-0.00000000	0.00000000	268.90218087
M4	-0.00000000	0.00000000	18.03860636
M3	-0.00000000	0.00000000	127.17947272
M2	-0.00000000	0.00000000	-52.81127402
Blende	-0.00000000	0.00000000	206.02771128
M1	-0.00000000	0.00000000	190.10376344
Objektebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 8

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M8	4.37615932	0.66374698
M7	0.83845517	0.66562989
M6	78.48451336	0.85771648
M5	78.49604650	0.85787855
M4	7.63115384	0.65946494
M3	78.48653632	0.85774492
M2	78.49242558	0.85782768
M1	15.57417594	0.63670200

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
Gesamttransmission		0.1004

Tabelle 5 zur Fig. 8

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	47.81303970	0.00000000
-5.44429277	47.46175497	0.00000000
-10.74517286	46.42220229	0.00000000
-15.76391160	44.73636357	0.00000000
-20.37088960	42.47121905	0.00000000
-24.44946621	39.71451489	0.00000000
-27.89907302	36.56933710	0.00000000
-30.63749814	33.14808875	0.00000000
-32.60243065	29.56653666	0.00000000
-33.75231387	25.93835392	0.00000000
-34.06656777	22.37033180	0.00000000
-33.54529452	18.95837628	0.00000000
-32.20854890	15.78438787	0.00000000
-30.09518802	12.91406977	0.00000000
-27.26136068	10.39574244	0.00000000
-23.77878796	8.26036180	0.00000000
-19.73295948	6.52296509	0.00000000
-15.22125595	5.18562681	0.00000000
-10.35095305	4.24175823	0.00000000
-5.23706775	3.68124886	0.00000000
-0.00000000	3.49551844	0.00000000
5.23706775	3.68124886	0.00000000
10.35095305	4.24175823	0.00000000
15.22125595	5.18562681	0.00000000
19.73295948	6.52296509	0.00000000
23.77878796	8.26036180	0.00000000
27.26136068	10.39574244	0.00000000
30.09518802	12.91406977	0.00000000
32.20854890	15.78438787	0.00000000
33.54529452	18.95837628	0.00000000
34.06656777	22.37033180	0.00000000
33.75231387	25.93835392	0.00000000
32.60243065	29.56653666	0.00000000
30.63749814	33.14808875	0.00000000
27.89907302	36.56933710	0.00000000
24.44946621	39.71451489	0.00000000
20.37088960	42.47121905	0.00000000
15.76391160	44.73636357	0.00000000
10.74517286	46.42220229	0.00000000
5.44429277	47.46175497	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 8

**[0220]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **25** beträgt 10,04 %.

**[0221]** Die Projektionsoptik **25** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0222]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **25** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0223]** Die Spiegel M1, M3, M4, M5 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M2, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M3, M5 und M6 haben sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0224]** Auch bei der Projektionsoptik **25** hat ausschließlich der letzte Spiegel M8 eine Durchtrittsöffnung **17** für das zwischen Spiegeln M6 und M7 geführte Abbildungslicht **3**.



**[0225]** Eine Pupillenebene **18** ist bei der Projektionsoptik **25** zwischen dem Spiegel M2 und dem Spiegel M3 angeordnet. Eine Zwischenbildebene **19** ist bei der Projektionsoptik **25** im Bereich der Reflexion am Spiegel M5 für streifenden Einfall angeordnet.

**[0226]** Ein z-Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **25** 1.900 mm.

**[0227]** Ein typischer Durchmesser des größten Spiegels M8 beträgt bei der Projektionsoptik **25** etwa 800 mm.

**[0228]** Ein Objekt-Bildversatz  $d_{OIS}$  beträgt bei der Projektionsoptik **25** etwa 600 mm. Auch bei der Projektionsoptik **25** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0229]** Die Projektionsoptik **25** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront, der etwa 70 mλ beträgt. Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert beträgt bei der Projektionsoptik **25** etwa 3 nm.

**[0230]** Eine Aperturblende kann bei der Projektionsoptik **25** im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M2 und M3 angeordnet sein.

**[0231]** Die Hauptstrahlen **16** haben bei der Projektionsoptik **25** zwischen dem Objektfeld **4** und dem Spiegel M1 einen divergenten Verlauf.

**[0232]** Durch den Spiegel M8 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die in der x-Dimension kleiner ist als 20 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **25**. In der y-Dimension ist die Obskuration deutlich kleiner und zudem dezentriert.

**[0233]** Anhand der **Fig. 9** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **26** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 8** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0234]** Die Projektionsoptik **26** hat insgesamt acht Spiegel M1 bis M8. Diese sind als Freiformflächen ausgeführt, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Der Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **26** entspricht qualitativ dem der Projektionsoptik **7**, gespiegelt um eine zur xz-Ebene parallele Ebene.

**[0235]** Wiederum stellen die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5 und M6 andererseits Paare von Spiegeln streifenden Einfalls dar, deren umlenkende Wirkung für das Abbildungslicht sich addiert. Die anderen Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind Spiegel für normalen Einfall.

**[0236]** Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **26** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 9
NA	0.45
Wellenlänge	13.5 nm
Feldgröße_x	13.0 mm
Feldgröße_y	0.784 mm
Feldkrümmung	0.0 1/mm
Blende	S8

Tabelle 1 zur Fig. 9

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-1020.68473887	0.00195413	-933.33549787	0.00214871	REFL
M7	1354.53748928	-0.00147651	452.31842933	-0.00442170	REFL
M6	-1405.06283565	0.00034472	15664.51705589	-0.00052721	REFL
M5	3999.20552730	-0.00007886	7254.86511412	-0.00174817	REFL
M4	-1184.01227813	0.00164064	-894.72802928	0.00230144	REFL
M3	4681.74323636	-0.00007653	5171.50582521	-0.00215877	REFL
M2	852.69172547	-0.00067816	-11086.02991064	0.00062397	REFL
M1	-1964.03237491	0.00097408	-2270.56487894	0.00092083	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 9

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
Koeffizient	M8	M7	M6
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1020.68473900	1354.53748900	-1405.06283600
C7	-4.5731683e-10	-3.41690693e-07	-5.65649344e-08
C9	2.45996777e-09	3.83206678e-08	1.89544462e-09
C10	-9.85395846e-12	6.44749036e-10	-1.93920244e-10
C12	-2.34897758e-11	2.85639184e-09	-3.25598414e-11
C14	-8.72926178e-12	3.07364292e-09	-1.12164645e-13
C16	6.07361769e-16	-3.09291494e-13	3.36943064e-12
C18	2.41094328e-15	2.31337277e-13	6.29413154e-13
C20	1.32110071e-15	1.3381722e-12	1.29643368e-13
C21	-1.23303721e-17	1.38415935e-15	4.62316004e-14
C23	-4.20277144e-17	1.20452307e-14	8.27538418e-15
C25	-4.08488297e-17	3.55373943e-14	8.69367918e-16
C27	-1.08210387e-17	1.90903669e-14	9.15499041e-18
C29	1.07931282e-21	-1.26240025e-19	-1.09629551e-16
C31	3.53989366e-21	7.87268568e-18	-2.60340852e-19
C33	3.24535646e-21	3.94705236e-17	-1.56739759e-18
C35	1.50192167e-21	6.62304e-17	-1.72905085e-19
C36	-1.14892505e-23	6.66100206e-21	1.66079634e-18
C38	-5.06654961e-23	8.27654198e-20	8.50117627e-20
C40	-7.8424464e-23	4.19476166e-19	-1.05681234e-19
C42	-4.9856421e-23	8.00362496e-19	-5.2250027e-21
C44	-1.06579309e-23	5.55709617e-19	1.40460138e-22
C46	2.08122398e-27	0	0
C48	6.60530624e-27	0	0
C50	7.61977765e-27	0	0
C52	4.50302264e-27	0	0
C54	1.39426672e-27	0	0
C55	-2.0882185e-29	0	0
C57	-1.18627262e-28	0	0
C59	-2.58588211e-28	0	0
C61	-2.72003773e-28	0	0
C63	-1.3620868e-28	0	0
C65	-2.53756018e-29	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 9

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	3999.20552700	-1184.01227800	4681.74323600
C7	8.69357878e-08	7.62650744e-09	1.82926331e-07
C9	-2.20256023e-08	-6.79819355e-07	-2.74549952e-08
C10	6.23391082e-10	-6.30875708e-11	1.36557421e-10
C12	2.15155751e-10	6.40787678e-12	5.55467106e-10
C14	6.51961859e-11	-3.52233076e-09	1.76746757e-10
C16	8.39711467e-13	-2.68662388e-14	1.76890882e-12
C18	2.30182337e-13	-1.32962452e-12	-4.71589056e-13
C20	-4.46761962e-14	-2.08675862e-11	1.39910872e-13

Koeffizient	M5	M4	M3
C21	-4.34103393e-15	-6.57999966e-17	-1.21518032e-14
C23	3.68657946e-15	-8.04594597e-16	9.50534732e-15
C25	1.89166259e-16	-3.29911674e-15	-8.40961008e-15
C27	1.06520031e-16	-1.32487137e-13	-8.07445146e-15
C29	1.3373458e-17	9.49001529e-19	6.03691731e-18
C31	1.69029919e-17	-8.32008838e-18	9.40385193e-17
C33	2.62169884e-18	8.1099079e-17	1.1838444e-16
C35	-3.09635883e-19	-1.03894539e-15	9.19224029e-17
C36	3.39460047e-19	-9.69222081e-22	1.64007551e-19
C38	1.19302799e-19	1.76179484e-21	6.27204932e-20
C40	6.54223006e-20	1.83258474e-20	-4.59136703e-19
C42	-4.52075866e-21	1.01522211e-18	-4.92528089e-19
C44	7.14188701e-22	-5.99497164e-18	-3.46025607e-19

Tabelle 3b zur Fig. 9

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	852.69172550	-1964.03237500
C7	-7.81658255e-07	-4.55147095e-09
C9	1.56377907e-09	-5.53517249e-08
C10	5.58543355e-10	-6.87418275e-12
C12	1.03807562e-09	-1.8936292e-11
C14	-7.16700901e-13	2.34208295e-10
C16	-2.34728814e-12	2.34056772e-14
C18	-1.28373035e-12	1.87499703e-13
C20	-7.57748125e-15	-8.87948384e-13
C21	-1.15979439e-15	1.42512308e-18
C23	4.32890616e-15	2.07491865e-17
C25	1.60432619e-15	-9.62467925e-16
C27	2.85253744e-18	2.00812e-15
C29	3.98866926e-18	1.34308944e-20
C31	-4.89809284e-18	-1.00614084e-19
C33	-1.71062114e-18	4.24046777e-18
C35	7.20763643e-21	-2.92886467e-18
C36	6.42255749e-21	-3.18411183e-24
C38	-3.70862193e-21	-1.94058082e-23
C40	3.05690863e-21	9.71214773e-22
C42	1.05972674e-21	-7.95009632e-21
C44	-1.21554754e-23	6.09195055e-21

Tabelle 3c zur Fig. 9

<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	865.29422222
M7	0.00000000	118.52490924	68.26504872
M6	0.00000000	-36.78487779	1055.95508411
M5	0.00000000	-363.53035676	1490.07075809
<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
M4	0.00000000	-730.26441301	1745.75557040
M3	0.00000000	-69.28979005	1660.49873728
Blende	0.00000000	343.22961949	1432.58044567
M2	0.00000000	752.01678132	1223.96788517
M1	0.00000000	1204.58566704	386.83503296
Objektebene	0.00000000	1351.26144344	1909.74496129

Tabelle 4a zur Fig. 9

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	4.22991607	0.00000000	-0.00000000
M7	188.70125998	0.00000000	-0.00000000
M6	-67.04744721	0.00000000	-0.00000000
M5	-43.95927660	0.00000000	-0.00000000
M4	68.88242468	0.00000000	-0.00000000
M3	-17.67119969	0.00000000	-0.00000000
Blende	-59.23477257	0.00000000	-0.00000000
M2	-44.79701653	0.00000000	-0.00000000
M1	191.44774020	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 9

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M8	4.22991607	0.66388105
M7	0.23883275	0.66566686
M6	75.98494377	0.82019012
M5	80.92687210	0.89027623
M4	13.76746994	0.64369696
M3	79.67997395	0.87406508
M2	73.19415034	0.77128309
M1	16.94892910	0.63050655
Gesamttransmission		0.0883

Tabelle 5 zur Fig. 9

<b>X[mm]</b>	<b>Y[mm]</b>	<b>Z[mm]</b>
0.00000000	-80.47093417	0.00000000
-10.25746907	-79.94987076	0.00000000
-20.26826613	-78.37210765	0.00000000
-29.79066890	-75.69797214	0.00000000
-38.59312691	-71.87406347	0.00000000
-46.45979046	-66.85028467	0.00000000
-53.19615576	-60.60006602	0.00000000
-58.63447748	-53.13981514	-0.00000000
-62.63850784	-44.54314891	0.00000000
-65.10719435	-34.94724292	0.00000000
-65.97718636	-24.55138803	0.00000000
-65.22420672	-13.60979294	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-62.86345402	-2.42134193	0.00000000
-58.94921668	8.68142822	0.00000000
-53.57381986	19.34327530	0.00000000
-46.86592081	29.19797884	0.00000000
-38.98806545	37.88260901	0.00000000
-30.13336574	45.05554784	-0.00000000
-20.52118204	50.41779081	-0.00000000
-10.39177552	53.73519155	0.00000000
-0.00000000	54.85815175	0.00000000
10.39177552	53.73519155	-0.00000000
20.52118204	50.41779081	0.00000000
30.13336574	45.05554784	-0.00000000
38.98806545	37.88260901	0.00000000
46.86592081	29.19797884	0.00000000
53.57381986	19.34327530	0.00000000
58.94921668	8.68142822	0.00000000
62.86345402	-2.42134193	0.00000000
65.22420672	-13.60979294	0.00000000
65.97718636	-24.55138803	0.00000000
65.10719435	-34.94724292	0.00000000
62.63850784	-44.54314891	0.00000000
58.63447748	-53.13981514	-0.00000000
53.19615576	-60.60006602	0.00000000
46.45979046	-66.85028467	0.00000000
38.59312691	-71.87406347	0.00000000
29.79066890	-75.69797214	0.00000000
20.26826613	-78.37210765	-0.00000000
10.25746907	-79.94987076	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 9

**[0237]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **26** beträgt 8,83 %.

**[0238]** Die Projektionsoptik **26** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0239]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **26** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0240]** Die Spiegel M1, M2, M4 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M3, M5, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 haben sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0241]** Im Strahlengang zwischen den Spiegeln M2 und M3 liegt eine Pupillenebene **18** der Projektionsoptik **26**. Anders als in der Fig. 9 schematisch angedeutet, ist dies Blendenebene in Bezug auf einen Hauptstrahl des zentralen Feldpunkts verkippt. Im Bereich einer Reflexion am Spiegel M3 liegt eine Zwischenbildebene **19** der Projektionsoptik **26**.

**[0242]** Auch bei der Projektionsoptik **26** ist der Spiegel M8 der einzige Spiegel mit einer Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0243]** Ein z-Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **26** 1.900 mm.

**[0244]** Ein typischer Durchmesser des größten Spiegels M8 beträgt bei der Projektionsoptik **26** etwa 800 mm.

**[0245]** Ein Objekt-Bildversatz  $d_{OIS}$  beträgt bei der Projektionsoptik **26** etwa 1350 mm. Auch bei der Projektionsoptik **26** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von 5,5° ein.

**[0246]** Die Projektionsoptik **26** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront, der etwa 30 mλ beträgt. Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert beträgt bei der Projektionsoptik **26** etwa 1,0 nm.

**[0247]** Bei der Projektionsoptik **26** kann im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M1 und M2 eine für die x-Dimension wirksame Blende und im Strahlengang zwischen den Spiegeln M2 und M3 eine für die y-Dimension wirksame Blende angeordnet sein.

**[0248]** Bei der Projektionsoptik **26** haben die Hauptstrahlen **16** im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen dem Objektfeld **4** und dem Spiegel M1 einen divergenten Verlauf.

**[0249]** Durch den Spiegel M8 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die über die x-Dimension kleiner ist als 20 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **26**. In der y-Dimension ist die Obskuration deutlich kleiner und zudem dezentriert.

**[0250]** Anhand der **Fig. 10** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **27** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 9** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0251]** Die Projektionsoptik **27** hat insgesamt neun Spiegel M1 bis M9. Die Spiegel M1, M3, M5, M6 und M7 sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt. Die Spiegel M2, M4, M8 und M9 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt. Ab der Reflexion am Spiegel M1 entspricht der Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **27** qualitativ demjenigen der Projektionsoptik **26** vor der Reflexion am dortigen Spiegel M1.

**[0252]** Anders als bei der Projektionsoptik **26** verlaufen die Objektebene **5** und Bildebene **9** bei der Projektionsoptik **27** nicht parallel zueinander sondern haben einen Winkel zueinander. Der Winkel zwischen der Objektebene **5** und der Objektebene **4** beträgt etwa 25°. Auch ein anderer Winkel zwischen Objektebene **5** und der Bildebene **9** ist möglich, beispielsweise ein Winkel von 9°.

**[0253]** Die Spiegel M1 bis M9 sind als Freiformflächen ausgeführt, für die die oben angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **27** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 10
NA	0.45
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	13.0 mm
Feldgroesse_y	0.784 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S8

Tabelle 1 zur Fig. 10

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M9	-927.06163241	0.00215195	-844.37553102	0.00237456	REFL
M8	1260.16184110	-0.00158703	401.08562452	-0.00498668	REFL
M7	-1168.04413588	0.00040107	11410.61912595	-0.00074830	REFL
M6	4599.68965912	-0.00006782	8916.30231166	-0.00143804	REFL
M5	-1096.76971549	0.00176717	-863.86589235	0.00238902	REFL
M4	4376.93959430	-0.00008826	4854.36195700	-0.00213313	REFL
M3	694.47986096	-0.00078202	-11204.91072986	0.00065732	REFL
M2	-1794.72340819	0.00106428	-2029.30630895	0.00103195	REFL
M1	56094.16071744	-0.00000619	2455768.87767400	-0.00000469	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 10

Koeffizient	M9	M8	M7
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-927.06163240	1260.16184100	-1168.04413600

Koeffizient	M9	M8	M7
C7	-2.23517614e-09	-4.50960587e-07	-6.09122113e-08
C9	3.6145057e-09	2.20913057e-07	-7.41514642e-09
C10	-1.30846827e-11	8.26856896e-10	-4.23871389e-10
C12	-3.31679633e-11	3.96892634e-09	-8.1925409e-11
C14	-1.11333628e-11	3.96037785e-09	5.90888948e-12
C16	-1.35234341e-15	-7.57597915e-13	3.35805375e-12
C18	2.4979396e-15	7.50962025e-13	5.21136649e-13
C20	2.05872696e-15	1.71669679e-12	1.05276252e-13
C21	-1.94087173e-17	1.87848046e-15	8.25497656e-14
C23	-7.12735855e-17	2.02345088e-14	1.69291777e-14
C25	-6.73063611e-17	5.75563235e-14	1.53606778e-15
C27	-1.82798337e-17	5.09562952e-14	3.54149717e-17
C29	-3.20697386e-24	-7.22215501e-19	-3.97944158e-16
C31	3.5532586e-21	2.1496672e-17	-2.2247379e-17
C33	5.38887498e-21	6.98750447e-17	1.44225902e-18
C35	2.90441791e-21	1.60217048e-16	2.10047652e-19
C36	-2.16831662e-23	1.02346305e-20	7.76582807e-18
C38	-1.024839e-22	1.50853153e-19	2.1988537e-18
C40	-1.5739648e-22	7.95625269e-19	8.70609334e-20
C42	-9.99598149e-23	1.67352786e-18	3.47122436e-22
C44	-2.1418847e-23	1.35065244e-18	-3.9650949e-23
C46	1.75635066e-27	0	0
C48	3.95925628e-27	0	0
C50	9.08959768e-27	0	0
C52	7.51947576e-27	0	0
C54	2.95311155e-27	0	0
C55	-4.9313257e-29	0	0
C57	-2.91657271e-28	0	0
C59	-6.40825581e-28	0	0
C61	-6.7271506e-28	0	0
C63	-3.36939719e-28	0	0
C65	-6.32994338e-29	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 10

Koeffizient	M6	M5	M4
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	4599.68965900	-1096.76971500	4376.93959400

C7	1.03365575e-07	1.77442565e-08	2.85338602e-07
C9	-1.54020378e-08	-6.87485517e-07	-1.50086102e-08
C10	6.24726933e-10	-6.07852311e-11	-2.45993749e-10
C12	2.40839743e-10	5.8774529e-11	7.01376961e-10
C14	5.40400123e-11	-4.141262e-09	2.22502751e-10
C16	8.59548973e-13	6.15732667e-14	3.90716877e-12
C18	3.88970513e-13	-1.96817792e-12	-8.40526435e-13
C20	-4.05623477e-14	-2.89315132e-11	4.02410751e-13
C21	-1.20558697e-14	2.96793339e-17	-3.71431043e-14
C23	3.60545789e-15	-1.07466885e-15	2.86503345e-14

Koeffizient	M6	M5	M4
C25	4.90623123e-16	-7.66590675e-15	-1.34184278e-14
C27	1.09460213e-16	-2.25511385e-13	-1.60120001e-14
C29	-4.29010487e-19	2.6566245e-18	-1.11931312e-16
C31	2.82057928e-17	-4.89526911e-18	1.96219169e-16
C33	3.64606722e-18	1.17410302e-16	1.62404628e-16
C35	-1.9616745e-19	-1.76366177e-15	2.00776571e-16
C36	4.55297641e-19	-1.10261165e-21	2.17082945e-21
C38	1.72685649e-19	4.71570588e-21	-1.71177213e-19
C40	1.19053297e-19	1.68707682e-19	-5.48323926e-19
C42	2.84505286e-21	1.74228055e-18	-7.77652616e-19
C44	3.95736521e-22	-8.4090687e-18	-8.35475752e-19

Tabelle 3b zur Fig. 10

Koeffizient	M3	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	694.47986100	-1794.72340800	56094.16072000
C7	-9.05001362e-07	2.43898758e-08	-4.50372077e-08
C9	3.15550349e-09	-3.56700561e-08	-1.70664296e-09
C10	6.34026502e-10	9.89791173e-13	-4.70024759e-11
C12	1.18596959e-09	-6.80752791e-11	-1.3238749e-11
C14	1.06817193e-12	2.4496293e-10	5.60439886e-14
C16	-3.63455516e-12	-5.25512666e-15	1.47433739e-13
C18	-1.41249895e-12	4.60707008e-13	2.95667054e-14
C20	-1.74617944e-14	-1.2047971e-12	4.8002619e-15
C21	-1.91218475e-15	-2.29258544e-18	1.9028315e-16
C23	7.60619654e-15	1.4721488e-16	3.97100834e-16
C25	1.76329071e-15	-2.52607323e-15	5.02793845e-17
C27	1.20304383e-17	2.91792964e-15	1.19507083e-17
C29	6.27376885e-18	6.5563985e-20	7.22310933e-20
C31	-9.91733853e-18	-8.95631485e-19	3.50704599e-19
C33	-2.07433776e-18	8.24988356e-18	6.30478322e-20
C35	8.04274126e-21	-6.16363923e-18	1.42780131e-20
C36	1.68635395e-20	-3.79475169e-23	1.84200486e-21
C38	-2.47873133e-21	-5.38421564e-22	-8.43097684e-22
C40	7.02632851e-21	1.78624244e-21	1.73741471e-22
C42	1.58722416e-21	-1.78993463e-20	3.02938088e-23
C44	-3.21703854e-23	5.70718198e-21	7.7900247e-24

Tabelle 3c zur Fig. 10

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M9	0.00000000	0.00000000	786.63111111
M8	0.00000000	102.63834162	66.28304947
M7	0.00000000	-42.20392704	963.45589840
M6	0.00000000	-330.28870287	1356.10968115
M5	0.00000000	-662.92650671	1595.87409890
M4	0.00000000	-55.87386363	1518.97310352



<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
Blende	0.00000000	312.02692681	1302.34585970
M3	0.00000000	677.24956983	1104.30311012
M2	0.00000000	1096.20099718	348.22303178
M1	0.00000000	1163.41792826	1046.10952756
Objektebene	-0.00000000	990.09733323	1716.14318698

Tabelle 4a zur Fig. 10

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M9	4.05665761	0.00000000	-0.00000000
M8	188.65127645	0.00000000	-0.00000000
M7	-67.27942550	0.00000000	-0.00000000
M6	-44.75934404	0.00000000	-0.00000000
M5	68.49763755	0.00000000	-0.00000000
M4	-18.35688966	0.00000000	-0.00000000
Blende	-59.23477257	0.00000000	-0.00000000
M3	-45.24965445	0.00000000	-0.00000000
M2	191.74671318	0.00000000	-0.00000000
M1	-85.49756738	-0.00000000	180.00000000
Objektebene	9.00279525	-0.00000000	180.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 10

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M9	4.05665761	0.66403357
M8	0.53044148	0.66565924
M7	76.45362613	0.82762443
M6	81.02626853	0.89153746
M5	14.28246533	0.64182800
M4	78.86369490	0.86299856
M3	74.24363169	0.79067680
M2	17.24608899	0.62906014
M1	79.99938209	0.87829176
Gesamttransmission		0.0789

Tabelle 5 zur Fig. 10

<b>X[mm]</b>	<b>Y[mm]</b>	<b>Z[mm]</b>
0.00000000	-77.36899626	0.00000000
-9.63805104	-76.89174932	0.00000000
-19.04585126	-75.44603498	0.00000000
-27.99720457	-72.99379120	0.00000000
-36.27449492	-69.48369854	0.00000000
-43.67382900	-64.86713406	0.00000000
-50.01062298	-59.11655450	0.00000000
-55.12523420	-52.24278088	0.00000000
-58.88805408	-44.30771100	0.00000000
-61.20346679	-35.43047265	0.00000000
-62.01235694	-25.78715767	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-61.29323966	-15.60585844	0.00000000
-59.06229034	-5.15917759	0.00000000
-55.37254326	5.24425982	0.00000000
-50.31248449	15.26910313	0.00000000
-44.00419258	24.56450552	0.00000000
-36.60098665	32.77884030	0.00000000
-28.28434784	39.57860245	0.00000000
-19.25989969	44.67051183	0.00000000
-9.75241853	47.82425257	0.00000000
-0.00000000	48.89242200	0.00000000
9.75241853	47.82425257	0.00000000
19.25989969	44.67051183	0.00000000
28.28434784	39.57860245	0.00000000
36.60098665	32.77884030	0.00000000
44.00419258	24.56450552	0.00000000
50.31248449	15.26910313	0.00000000
55.37254326	5.24425982	0.00000000
59.06229034	-5.15917759	0.00000000
61.29323966	-15.60585844	0.00000000
62.01235694	-25.78715767	0.00000000
61.20346679	-35.43047265	0.00000000
58.88805408	-44.30771100	0.00000000
55.12523420	-52.24278088	0.00000000
50.01062298	-59.11655450	0.00000000
43.67382900	-64.86713406	0.00000000
36.27449492	-69.48369854	0.00000000
27.99720457	-72.99379120	0.00000000
19.04585126	-75.44603498	0.00000000
9.63805104	-76.89174932	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 10

**[0254]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **27** beträgt 7,89 %.

**[0255]** Die Projektionsoptik **27** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab von 8x ( $\beta = 8$ ).

**[0256]** Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zweimal 6,5 mm und eine y-Erstreckung von 1 mm. Die Projektionsoptik **27** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5 nm.

**[0257]** Eine Pupillenebene **18** ist bei der Projektionsoptik **27** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M3 und M4 angeordnet. Anders als schematisch dargestellt, ist die Pupillenebene **18** in Bezug auf einen Hauptstrahl des zentralen Feldpunktes verkippt. Eine Zwischenbildebene **19** ist im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M4 und M5 nahe dem Spiegel M4 angeordnet.

**[0258]** Bei der Projektionsoptik **27** bilden die Spiegel M3 und M4 einerseits und M6 und M7 andererseits Paare von Spiegeln für streifenden Einfall, deren umlenkende Wirkung auf das Abbildungslicht **3** sich aufaddiert.

**[0259]** Die Spiegel M1, M4, M6, M7 und M8 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M9 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die Spiegel M1, M3, M4, M6 und M7 haben sehr große absolute Radien, stellen also nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0260]** Bei der Projektionsoptik **27** hat wiederum ausschließlich der Spiegel M9 eine Durchtrittsöffnung **17** für den Durchtritt des Abbildungslichts **3**, das zwischen den Spiegeln M7 und M8 geführt ist.

**[0261]** Ein z-Abstand zwischen der Objektebene **5** und der Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **27** etwa 1700 mm.

**[0262]** Ein typischer Durchmesser des größten Spiegels M9 beträgt bei der Projektionsoptik **27** etwa 730 mm.

**[0263]** Ein Objekt-Bildversatz  $d_{\text{OIS}}$  beträgt bei der Projektionsoptik **27** etwa 1000 mm. Auch bei der Projektionsoptik **27** schließen die objektfeldseitigen Hauptstrahlen **16** mit einer Normalen auf die Objektebene **5** einen Winkel CRAO von  $5,5^\circ$  ein.

**[0264]** Die Projektionsoptik **27** hat einen gescannten RMS-Wert der bildfeldseitigen Wellenfront, der etwa 30 mλ beträgt. Ein bildfeldseitiger Verzeichnungswert beträgt bei der Projektionsoptik **27** etwa 0,6 nm.

**[0265]** Im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen den Spiegeln M2 und M3 kann eine für die x-Dimension wirksame Blende angeordnet sein. Im Strahlengang zwischen den Spiegeln M3 und M4 kann bei der Projektionsoptik **27** eine für die y-Dimension wirksame Blende angeordnet sein.

**[0266]** Hauptstrahlen **16** haben bei der Projektionsoptik **27** im Strahlengang des Abbildungslichts **3** zwischen dem Objektfeld **4** und dem Spiegel M1 einen divergenten Verlauf.

**[0267]** Durch den Spiegel M9 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die über die x-Dimension kleiner ist als 20 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **27**. In der y-Dimension ist die Obskuration deutlich kleiner und zudem dezentriert.

**[0268]** Anhand der **Fig. 11** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **28** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 10** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0269]** Die Projektionsoptik **28** hat insgesamt acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt. Ab dem Spiegel M4 entspricht der Strahlengang in der Projektionsoptik **28** qualitativ dem Strahlengang ab dem Spiegel M5 der Projektionsoptik **27** nach **Fig. 10**, wobei der vorletzte Spiegel M7 bei der Projektionsoptik **28** im Vergleich zur Anordnung des vorletzten Spiegels M8 der Projektionsoptik **27** um eine zur xz-Ebene parallele Ebene gespiegelt angeordnet ist.

**[0270]** Bei der Strahlführung der Projektionsoptik **28** überkreuzen sich die Hauptstrahlen **16** des Strahlengangs zwischen den Spiegeln M1 und M2 einerseits und der Strahlengang zwischen den Spiegeln M5 und M6 andererseits.

**[0271]** Die beiden Spiegel M2 und M3 einerseits und die beiden Spiegel M5 und M6 andererseits für streifenden Einfall sind jeweils als Paar von Spiegeln ausgeführt, deren ablenkende Wirkungen sich aufaddieren.

**[0272]** Bei der Projektionsoptik **28** ist ausschließlich der letzte Spiegel M8 mit einer Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt von Abbildungslicht **3** ausgeführt, das zwischen den Spiegeln M6 und M7 geführt ist.

**[0273]** Ein z-Abstand der Objektebene **5** zur Bildebene **9** beträgt bei der Projektionsoptik **28** etwa 2.000 mm. Ein Objekt-Bild-Versatz beträgt bei der Projektionsoptik **28** etwa 1000 mm.

**[0274]** Anhand der **Fig. 12** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **29** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 11** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0275]** Die Projektionsoptik **29** hat insgesamt acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M1, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt. Die Spiegel M2, M3, M4, M5 und M6 sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt. Die Projektionsoptik **29** hat also fünf hintereinander angeordnete Spiegel für streifenden Einfall. Alle Spiegel für streifenden Einfall M2 bis M6 haben bei der Projektionsoptik **29** eine sich aufaddierende ablenkende Wirkung auf das Abbildungslicht **3**.

**[0276]** Ab dem Spiegel M5 entspricht der Strahlengang in der Projektionsoptik **29** qualitativ denjenigen in der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0277]** Bei der Projektionsoptik **29** hat wiederum ausschließlich der letzte Spiegel M8 eine Durchtrittsöffnung **17** für den Durchtritt des Abbildungslichts **3**, das zwischen den Spiegeln M6 und M7 geführt ist.

**[0278]** Ein z-Abstand zwischen den zueinander parallelen Objekt- und Bildebenen **5, 9** beträgt bei der Projektionsoptik **29** etwa 2500 mm. Ein Objekt-Bild-Versatz beträgt bei der Projektionsoptik **29** etwa 3000 mm.

**[0279]** Anhand der **Fig. 13** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **30** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 12** bereits erläutert wurden, tragen gegebenenfalls die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert.

**[0280]** Die Projektionsoptik **30** hat insgesamt elf Spiegel M1 bis M11. Die Spiegel M5, M10 und M11 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt. Die Spiegel M1, M2, M3, M4, M6, M7, M8 und M9 sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt. Die Projektionsoptik **30** hat also zwei Gruppen zu je vier hintereinander angeordneten Spiegeln für streifenden Einfall. Die ablenkenden Wirkungen der Spiegel M1 bis M4 für streifenden Einfall addieren sich auf. Die ablenkenden Wirkungen der Spiegel M6 bis M9 für streifenden Einfall addieren sich auf.

**[0281]** Ab dem Spiegel M8 entspricht der Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **30** qualitativ demjenigen der Projektionsoptik **28** nach **Fig. 11** ab dem dortigen Spiegel M4, gespiegelt um eine zur xz-Ebene parallele Ebene.

**[0282]** Anhand der **Fig. 14** und **Fig. 15** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **31** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 13** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert. **Fig. 14** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **31**. **Fig. 15** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **31**.

**[0283]** Die Projektionsoptik **31** hat insgesamt 8 Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0284]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **31** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 14/15
NA	0.6
Wellenlänge	13.5 nm
Feldgröße_x	13.0 mm
Feldgröße_y	1.2 mm
Feldkrümmung	0.049315 1/mm
Blende	S9

Tabelle 1 zur Fig. 14/15

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-760.70350941	0.00261095	-690.41137663	0.00291701	REFL
M7	1660.51779822	-0.00120425	351.41973469	-0.00569210	REFL
M6	22413.77181938	-0.00002294	-20325.26887942	0.00038276	REFL
M5	-61404.35325763	0.00000694	6970.73341488	-0.00134567	REFL
M4	-1968.89132935	0.00100852	-1867.99412600	0.00107840	REFL
M3	-8443.92486351	0.00004792	-8485.60225377	0.00116489	REFL
M2	-2785.90885659	0.00017702	2068.91589871	-0.00392049	REFL
M1	19049.58074618	-0.00009999	-1346.04479234	0.00156005	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 14/15

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-760.70350940	1660.51779800	22413.77182000
C7	-2.33007014e-08	2.88578547e-07	2.2753674e-07
C9	-1.18967539e-08	-3.88069638e-07	-1.7457017e-07
C10	-2.72776659e-11	1.49271555e-09	6.68609309e-10
C12	-7.0442837e-11	5.59222539e-09	-3.8203442e-10
C14	-2.75271127e-11	6.67807776e-09	-5.77862714e-10
C16	-2.23080012e-14	1.04050752e-12	-3.23543892e-12
C18	-4.50583763e-14	-4.27223388e-12	8.34265088e-13
C20	-1.4274792e-14	-1.06939915e-11	-2.23351616e-12
C21	-7.56087206e-17	4.59226247e-15	-3.59682046e-15
C23	-2.39764985e-16	3.8987218e-14	1.13689144e-14
C25	-2.30791712e-16	1.29791609e-13	-6.73241398e-16
C27	-6.65038444e-17	1.43884373e-13	-9.82855694e-15

Koeffizient	M8	M7	M6
C29	-2.53005387e-20	1.04942825e-17	2.27512685e-17
C31	-1.01909319e-19	1.61698231e-17	-3.69216305e-17
C33	-9.10891737e-20	-1.87239071e-16	-9.10355957e-20
C35	-2.22321038e-20	-3.6078348e-16	-4.66136303e-17
C36	-1.15852474e-22	2.8817043e-20	1.65439247e-19
C38	-6.28157898e-22	3.07592107e-19	-6.87738716e-22
C40	-9.6788962e-22	1.31683563e-18	1.27689461e-19
C42	-6.41461387e-22	3.2410417e-18	-8.59875947e-22
C44	-1.5313164e-22	3.93814067e-18	-2.18742961e-19
C46	-1.13873934e-25	1.33094976e-22	-8.48120432e-22
C48	-2.12040282e-25	-1.87148715e-22	8.70636092e-22
C50	-3.26381834e-25	-2.12882905e-21	5.2058061e-22
C52	-1.88634319e-25	-8.06669662e-21	1.43430743e-22
C54	-3.77802198e-26	-1.65415378e-20	-8.35116913e-22
C55	-2.78299672e-28	1.62987882e-25	-1.26276164e-23
C57	-1.13733455e-27	3.09234722e-24	-1.06004981e-23
C59	-2.50973358e-27	2.05233308e-23	-1.18561349e-23
C61	-2.36012273e-27	6.71690321e-23	-4.77169105e-25
C63	-1.07735394e-27	1.14300682e-22	2.74390777e-25
C65	-1.68978578e-28	8.85821016e-23	-3.96110871e-24
C67	1.51915362e-32	-2.32859315e-27	8.22294799e-26
C69	-5.49655364e-31	1.39198769e-26	-4.76626411e-26
C71	-1.02066385e-30	6.61474215e-26	-9.93012444e-26
C73	-1.18308652e-30	4.75522732e-26	-6.29472298e-26
C75	-5.84567673e-31	-7.56976341e-26	-5.49230676e-27
C77	-1.06877542e-31	6.97381799e-26	-4.17957059e-26
C78	-6.57287449e-34	-1.11031193e-30	5.04699814e-28
C80	-4.98973258e-33	-3.42075816e-29	3.32058589e-28
C82	-1.47067638e-32	-1.97911989e-28	1.10888783e-27
C84	-2.39766693e-32	-8.4948077e-28	9.24713394e-29
C86	-2.10528972e-32	-4.47266704e-28	-1.36080649e-28
C88	-9.49212101e-33	3.40835449e-27	-3.22056057e-29
C90	-1.85536567e-33	6.09359424e-27	-3.22300574e-28
C92	1.14904466e-37	4.55084533e-32	-2.32548127e-30
C94	-3.94852331e-37	-6.02019105e-32	2.65660093e-30
C96	-6.82573646e-37	-1.80150194e-30	4.77721528e-30
C98	3.49439171e-37	-6.96859581e-30	4.3682388e-30
C100	8.37743218e-37	-2.35053497e-29	1.52429646e-30
C102	4.22187524e-37	-7.01661753e-29	-1.0247849e-31
C104	1.07716944e-37	-9.6147079e-29	-1.20989386e-30
C105	7.66857985e-40	4.18651817e-35	-8.36182433e-33
C107	5.95979105e-39	1.31671069e-33	-3.54017002e-33
C109	2.67422787e-38	9.8779453e-33	-4.83481101e-32
C111	6.45464453e-38	5.60289315e-32	-8.16147728e-33
C113	8.78194876e-38	1.58284154e-31	1.4522278e-32
C115	6.57244583e-38	2.85637687e-31	5.61495185e-33
C117	2.60731766e-38	4.34645199e-31	-2.42083693e-34
C119	4.80920542e-39	4.05075079e-31	-1.74525827e-33
C121	-7.24465698e-43	0	0
C123	-5.06090521e-42	0	0
C125	-2.11201601e-41	0	0
C127	-3.93520662e-41	0	0

Koeffizient	M8	M7	M6
C129	-4.26707116e-41	0	0
C131	-2.6866198e-41	0	0
C133	-9.02589569e-42	0	0
C135	-1.35713124e-42	0	0
C136	-6.18315205e-45	0	0
C138	-5.64222317e-44	0	0
C140	-2.25923694e-43	0	0
C142	-5.2742383e-43	0	0
C144	-7.72344846e-43	0	0
C146	-7.07223784e-43	0	0
C148	-3.9358099e-43	0	0
C150	-1.23782731e-43	0	0
C152	-1.76195917e-44	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 14/15

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-61404.35326000	-1968.89132900	-8443.92486400
C7	-1.68207907e-07	-9.69253223e-08	-1.61488272e-08
C9	-1.68739886e-07	-4.92868764e-07	2.12423419e-08
C10	1.37381131e-10	-4.29245796e-12	-3.01016486e-11
C12	1.73273328e-10	2.8015583e-10	-3.01270218e-11
C14	3.39901777e-10	2.62958278e-09	-3.12591627e-11
C16	-2.02771855e-13	-6.55098858e-14	5.94264568e-14
C18	-2.74086745e-13	-2.19243624e-12	1.84091903e-14
C20	-1.11184944e-12	-1.64987945e-11	2.75233054e-14
C21	-1.66473292e-16	5.11085588e-18	5.26119437e-17
C23	-1.53971529e-16	5.55797544e-16	-6.75020173e-17
C25	-1.4400902e-16	1.63350353e-14	-5.16160437e-17
C27	2.78000528e-15	1.23712765e-13	-3.82616113e-17
C29	-4.21493833e-19	-8.59118066e-20	-6.89623715e-20
C31	1.37929257e-18	-5.35246837e-18	6.50922922e-20
C33	7.35166575e-18	-1.3798481e-16	5.66413099e-20
C35	-2.94790982e-17	-8.56072868e-16	4.52051441e-20
C36	-3.95620249e-21	3.9780575e-23	-1.10791979e-21
C38	7.20372936e-21	1.07488208e-21	-3.83039519e-22
C40	-3.66632457e-20	7.37896563e-20	-8.63659651e-23
C42	1.11889421e-19	1.33985205e-18	-9.65351264e-23
C44	-2.23316105e-19	5.21035424e-18	-6.41320506e-23
C46	6.98222374e-23	4.14830144e-25	9.00262127e-25
C48	1.89025842e-23	-2.64909189e-23	1.42487114e-24
C50	-6.54336013e-22	-9.0106405e-22	3.32110828e-25
C52	2.37305051e-21	-6.69630166e-21	1.54439296e-25
C54	-2.44135026e-21	-4.36511688e-20	7.91478948e-26
C55	3.57408258e-26	6.04631528e-29	4.61140016e-27
C57	-5.70542383e-25	-2.22061343e-27	1.19061262e-26
C59	2.23346131e-24	-3.29453086e-25	-2.43403831e-27
C61	-1.08608159e-23	-3.59843538e-24	-1.04602448e-27

Koeffizient	M5	M4	M3
C63	4.01727698e-23	1.17803737e-22	-3.01269966e-28
C65	-3.08466704e-23	1.2589272e-21	-9.07944125e-29
C67	-9.09279986e-28	-2.73791414e-30	-1.05225381e-29
C69	1.84008908e-28	1.67755413e-28	-3.76114547e-29
C71	2.98171505e-26	7.89504238e-27	1.08887944e-30
C73	-1.45773298e-25	1.37144291e-25	9.62125603e-31
C75	5.4755988e-25	-1.75156336e-24	4.40838424e-31
C77	-6.88817386e-25	0	1.65923732e-31
C78	-1.93722111e-31	-6.27481076e-34	-4.32487572e-32
C80	8.17303266e-30	2.11008905e-32	-1.14299001e-31
C82	-6.67999871e-29	5.2310253e-30	4.65450563e-32
C84	2.67006152e-28	3.0291707e-28	8.73563385e-33
C86	-1.53075751e-27	2.20926318e-27	1.52319789e-33
C88	5.16885409e-27	2.74028858e-27	-7.11278706e-34
C90	-8.23017746e-27	0	-4.3534126e-34
C92	9.28021791e-33	1.61499153e-35	3.4340304e-34
C94	1.69089847e-32	-8.96493937e-34	3.93253353e-34
C96	-3.39525427e-31	-7.08991192e-32	-4.73501064e-35
C98	1.66641579e-30	-3.0950904e-30	-2.05074664e-35
C100	-9.51326703e-30	-9.26698789e-29	-2.50411785e-36
C102	2.94059028e-29	0	1.04321451e-36
C104	-4.69127888e-29	0	6.43577491e-37
C105	-1.7696216e-36	4.64103982e-39	-1.04049749e-37
C107	-8.97432009e-35	2.19653265e-38	-4.82828467e-37
C109	5.43884259e-34	-1.60384827e-35	-3.57026561e-37
C111	-8.8263867e-34	-2.16883676e-33	6.55702741e-38
C113	5.276912e-33	-4.68627022e-32	6.67841412e-39
C115	-2.42873892e-32	-1.04759785e-30	8.77078073e-40
C117	7.30432753e-32	0	-6.91810729e-40
C119	-1.02386637e-31	0	-3.62760873e-40

Tabelle 3b zur Fig. 14/15

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2785.90885700	19049.58075000
C7	1.02179797e-07	-1.83712276e-07
C9	2.08877338e-07	-4.58660126e-08
C10	-2.19824304e-10	-1.67890734e-11
C12	-4.14802496e-10	4.67483698e-11
C14	9.46958508e-10	1.1339512e-11
C16	6.64712822e-13	-2.5185941e-13
C18	1.1708882e-13	-6.01722521e-13
C20	2.83635538e-12	-4.88209081e-14
C21	2.7928674e-16	-2.02129522e-18
C23	1.42351482e-15	-7.27365863e-16
C25	-1.92431341e-15	4.83885181e-16
C27	8.77128791e-15	-1.97905684e-17
C29	7.21451366e-18	-1.28398658e-18



Koeffizient	M2	M1
C31	6.30102696e-18	9.94551948e-19
C33	3.50555759e-18	1.88504443e-18
C35	3.12699312e-17	1.06434779e-19
C36	-3.68339425e-20	-2.27688495e-21
C38	3.61485045e-20	-1.70028002e-20
C40	5.05283454e-21	-1.07042666e-20
C42	1.99680032e-21	1.04162271e-20
C44	1.24570222e-19	-1.55097266e-21
C46	-3.21749539e-22	5.12417577e-23
C48	1.68890864e-22	-3.98185412e-23
C50	1.15552342e-24	-5.91175233e-23
C52	-1.84254516e-23	-1.14320553e-22
C54	3.61172897e-22	-6.223901e-23
C55	2.57524069e-25	1.13131912e-25
C57	-1.72472199e-24	8.57655135e-25
C59	2.79637731e-25	2.11373459e-24
C61	-2.11635905e-24	2.45014709e-25
C63	-3.38605775e-24	-5.95868212e-25
C65	-5.51007018e-25	-8.97281776e-26
C67	1.78442615e-27	-3.12729249e-28
C69	-4.68488975e-27	1.28492955e-26
C71	1.54333938e-26	2.09200168e-26
C73	1.94658666e-26	1.65108524e-26
C75	6.09850146e-27	7.04786074e-27
C77	4.18619136e-27	4.5184573e-27
C78	1.54200314e-31	-1.32478619e-30
C80	6.95048519e-30	2.51954717e-29
C82	-3.04720781e-29	-3.83569962e-29
C84	5.24989858e-29	-4.69742338e-30
C86	2.04128459e-28	4.07157123e-29
C88	2.00406824e-28	3.07404295e-29
C90	9.4685541e-29	1.13319109e-29
C92	3.87396229e-32	-6.19892982e-32
C94	6.51760335e-32	-6.54903162e-31
C96	-2.20158879e-31	-1.35223368e-30
C98	-3.33335228e-31	-1.59978619e-30
C100	-1.8982851e-31	-9.29567239e-31
C102	2.55028572e-32	-2.74472497e-31
C104	9.15729393e-32	-1.39144572e-31
C105	1.54616461e-35	-4.43620458e-35
C107	2.57448706e-34	-2.24105011e-33
C109	4.15070906e-34	-4.2791598e-33
C111	-4.57189383e-34	-5.88226204e-33
C113	-2.7712617e-33	-7.99527615e-33
C115	-5.61503186e-33	-4.25467966e-33
C117	-3.62496099e-33	-1.32244101e-33
C119	-9.3965259e-34	-5.41759129e-34

Tabelle 3c zur Fig. 14/15

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	1.58228046	644.46684396
M7	0.00000000	-130.94320893	86.28913162
M6	-0.00000000	79.00389588	1146.86693841
M5	-0.00000000	315.04839618	1400.80720652
M4	-0.00000000	708.31755783	1568.71377057
M3	-0.00000000	-353.76795180	1371.20626759
M2	-0.00000000	-1004.08161985	938.25663352
Blende	-0.00000000	-1059.88207749	829.40621334
M1	-0.00000000	-1419.83403251	171.07007671
Objektebene	-0.00000000	-1596.59832123	1556.09991381

Tabelle 4a zur Fig. 14/15

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.87697088	0.00000000	-0.00000000
M7	167.05654494	0.00000000	-0.00000000
M6	63.67723779	-0.00000000	0.00000000
M5	37.03218867	-0.00000000	-0.00000000
M4	-72.57292341	0.00000000	-0.00000000
M3	21.99697785	-0.00000000	-0.00000000
M2	47.89820238	-0.00000000	0.00000000
Blende	33.48047202	-0.00000000	180.00000000
M1	169.48262671	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	1.44970929	-0.00000000	0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 14/15

Oberfläche	Einfallswinkel [deg]	Reflektivität
M8	6.74473267	0.66088293
M7	1.02118653	0.66560218
M6	75.10308995	0.80563416
M5	77.68931628	0.84631558
M4	6.86410776	0.66070326
M3	78.32667965	0.85548939
M2	75.72513685	0.81598083
M1	17.74444012	0.62654454
Gesamttransmission		0.0867

Tabelle 5 zur Fig. 14/15

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-0.00000000	88.44258973	0.00000000
24.64699112	87.07599581	0.00000000
48.84374950	83.04125797	0.00000000
72.13433069	76.52735358	0.00000000
94.05344206	67.82941768	0.00000000
114.12656538	57.32195581	0.00000000
131.87509715	45.42746439	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
146.82707628	32.58529760	0.00000000
158.53331961	19.22513587	0.00000000
166.58810289	5.74816752	0.00000000
170.65260767	-7.48326159	0.00000000
170.47874487	-20.14984875	0.00000000
165.93088822	-31.97720096	0.00000000
157.00305460	-42.73762190	0.00000000
143.82941376	-52.25207120	0.00000000
126.68708163	-60.39119625	0.00000000
105.99130912	-67.07383413	0.00000000
82.28375334	-72.26173300	0.00000000
56.21483844	-75.94958583	0.00000000
28.52131067	-78.15089981	0.00000000
0.00000000	-78.88229478	0.00000000
-28.52131067	-78.15089981	0.00000000
-56.21483844	-75.94958583	0.00000000
-82.28375334	-72.26173300	0.00000000
-105.99130912	-67.07383413	0.00000000
-126.68708163	-60.39119625	0.00000000
-143.82941376	-52.25207120	0.00000000
-157.00305460	-42.73762190	0.00000000
-165.93088822	-31.97720096	0.00000000
-170.47874487	-20.14984875	0.00000000
-170.65260767	-7.48326159	0.00000000
-166.58810289	5.74816752	0.00000000
-158.53331961	19.22513587	0.00000000
-146.82707628	32.58529760	0.00000000
-131.87509715	45.42746439	0.00000000
-114.12656538	57.32195581	0.00000000
-94.05344206	67.82941768	0.00000000
-72.13433069	76.52735358	0.00000000
-48.84374950	83.04125797	0.00000000
-24.64699112	87.07599581	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 14/15

**[0285]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **31** beträgt 8,67%.

**[0286]** Die Projektionsoptik **31** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,6. Das Bildfeld **8** hat eine x-Er-streckung von zwei Mal 6,5mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Das Bildfeld **8** ist symmetrisch zur y-Achse gekrümmt mit einem Krümmungsradius von z. B. 20,28mm. Die Projektionsoptik **31** hat also bogenförmige Felder und keine Rechteck-Felder. Die Projektionsoptik **31** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0287]** Die Projektionsoptik **31** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **31** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0288]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **31** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0289]** Die Projektionsoptik **31** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta = 8,00$ .

**[0290]** Ein Einfallswinkel der Hauptstrahlen **16** in der Objektebene **5** liegt bei 6,3°.

**[0291]** Im Meridionalschnitt nach **Fig. 14** verlaufen die Hauptstrahlen zwischen dem Objektfeld **4** und dem Spiegel M1 divergent. In der yz-Ebene liegt eine Eintrittspupille der Projektionsoptik **31** im Strahlengang des Beleuchtungslichts –3500mm vor dem Objektfeld **4**. In der xz-Ebene (vgl. **Fig. 15**) liegt die Eintrittspupille im Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **31** 2100mm nach dem Objektfeld.

**[0292]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 15**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen.

**[0293]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1600mm.

**[0294]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 1560mm.

**[0295]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 61mm.

**[0296]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **31** maximal 8mλ und beträgt im Mittel 7 mλ.

**[0297]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,12nm und in y-Richtung maximal 0,08nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 0,61mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 1,16mrad.

**[0298]** Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	18.4	78.2	79.3	10.8	82.3	78.9	18.8	7.3
Spiegelausdehnung (x) [mm]	245.4	366.0	506.8	606.2	426.9	218.7	323.2	804.5
Spiegelausdehnung (y) [mm]	246.9	252.0	795.8	84.5	175.8	270.5	173.3	788.5
Maximaler Spiegel-durchmesser [mm]	252.6	366.3	803.8	606.2	426.9	281.1	323.4	805.8

Tabelle 7 zu Fig. 14/15

**[0299]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 14**) im Bereich einer Reflexion am Spiegel M5 und in der xz-Ebene (**Fig. 15**) im Abbildungsstrahlengangsbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor.

**[0300]** Der Spiegel M8 ist obskuriert und hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Beleuchtungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0301]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben eine durchgehende Reflexionsfläche. Die Reflexionsfläche des Spiegels M8 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0302]** Die Spiegel M1, M3, M4, M6 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M2, M5 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0303]** **Fig. 15A** zeigt Randkonturen der auf den Spiegeln M1 bis M8 der Projektionsoptik **31** jeweils mit dem Beleuchtungslicht **3** beaufschlagten Flächen, also die sogenannten Footprints der Spiegel M1 bis M8. Dargestellt sind diese Randkonturen jeweils in einem x/y-Diagramm, welches den lokalen x- und y-Koordinaten des jeweiligen Spiegels M1 bis M8 entspricht. Die Darstellungen sind maßstäblich in Millimetern. Die Spiegel M1, M2, M6 und M8 haben ein x/y-Aspektverhältnis, welches nicht oder nur gering vom Wert 1 abweicht. Der Spiegel M3 hat ein x/y-Aspektverhältnis von etwa 0,55. Der Spiegel M4 hat ein x/y-Aspektverhältnis von etwa

7,5. Der Spiegel M5 hat ein x/y-Aspektverhältnis von etwa 2,5. Der Spiegel M7 hat ein x/y-Aspektverhältnis von etwa 2.

**[0304]** Anhand der **Fig. 16** und **Fig. 17** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **32** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 15** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert. **Fig. 16** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **31**. **Fig. 17** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **32**.

**[0305]** Die Projektionsoptik **32** hat insgesamt **8** Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0306]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **32** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 16/17
NA	0.63
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	13.0 mm
Feldgroesse_y	1.2 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S9

Tabelle 1 zur Fig. 16/17

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-931.70840871	0.00212869	-869.27604763	0.00232012	REFL
M7	2483.73117622	-0.00080462	590.74829460	-0.00338815	REFL
M6	4073.92459627	-0.00009230	18265.52467135	-0.00058241	REFL
M5	7333.37887582	-0.00006439	2756.23195835	-0.00307339	REFL
M4	-2343.60828683	0.00084551	-1275.30707722	0.00158285	REFL
M3	-8176.83666005	0.00004510	-22705.81965249	0.00047771	REFL
M2	-2347.82420977	0.00014956	5323.37610244	-0.00213994	REFL
M1	7536.03761813	-0.00025355	-1766.43613919	0.00118510	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 16/17

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-931.70840870	2483.73117600	4073.92459600
C7	-2.91071984e-08	1.03086086e-08	1.42663812e-08
C9	-1.4873513e-08	-2.95346773e-07	-1.46095442e-08
C10	-1.35088934e-11	7.46509583e-10	1.66564805e-10
C12	-3.04656958e-11	1.97488711e-09	4.76376807e-11
C14	-1.4685502e-11	1.96447383e-09	-6.83009219e-11
C16	-2.0880499e-14	-2.54564229e-13	-4.64702132e-13
C18	-3.50367731e-14	-1.15902664e-12	4.62582078e-14
C20	-1.30121192e-14	-2.52789708e-12	-2.03948925e-13
C21	-2.58185385e-17	1.1522247e-15	-2.7157107e-17
C23	-7.74145665e-17	7.55596284e-15	9.77435168e-16
C25	-7.78695864e-17	1.95378488e-14	2.0332385e-16
C27	-2.47396927e-17	1.84775168e-14	-6.22309514e-16
C29	-1.76814258e-20	2.09437366e-18	-1.49864939e-19
C31	-5.60530841e-20	5.96908377e-19	-9.33357714e-19
C33	-4.97811363e-20	-2.08627141e-17	3.07259452e-19
C35	-1.3997665e-20	-3.46362367e-17	-1.96498619e-18
C36	-3.36480331e-23	5.9536477e-21	-5.41486656e-21
C38	-1.43652378e-22	3.57217041e-20	-2.3879585e-21
C40	-2.19649946e-22	1.05418252e-19	1.2923996e-21
C42	-1.50444552e-22	2.35618312e-19	-1.0808335e-21
C44	-3.74578417e-23	1.91215151e-19	-6.45753285e-21
C46	-3.13089528e-26	-3.39340782e-23	-3.83895365e-23
C48	-7.18534794e-26	-6.31648018e-23	-1.051438e-22
C50	-1.09073223e-25	-3.26404881e-22	-2.85984644e-23
C52	-6.83064745e-26	-9.21698689e-22	-1.08466535e-23
C54	-1.42936475e-26	-6.02090954e-22	-2.26713596e-23
C55	-1.98418542e-29	-2.78722687e-26	1.37273683e-25
C57	-1.18366952e-28	4.63896896e-26	4.78797534e-25
C59	-2.85319764e-28	8.94639444e-25	2.0872644e-25
C61	-2.84788816e-28	2.79795669e-24	4.69038748e-27
C63	-1.29159985e-28	3.56080821e-24	-5.79635406e-28
C65	-2.10189947e-29	2.1127208e-24	-8.21926722e-26
C67	-2.32273683e-32	4.1958734e-28	3.52289657e-27
C69	-2.40813769e-31	6.21640783e-28	6.54476369e-27
C71	-4.32683743e-31	5.44469541e-27	1.39064733e-27

Koeffizient	M8	M7	M6
C73	-4.15492269e-31	1.39187594e-26	3.08809486e-28
C75	-1.90762176e-31	2.23223868e-26	2.68993428e-28
C77	-3.53653344e-32	6.58181727e-27	-2.56565757e-28
C78	-1.28401944e-34	4.22239739e-31	-5.6263208e-30
C80	-8.00611222e-34	1.4969115e-30	-3.65636379e-29
C82	-2.08044469e-33	9.27586881e-31	-2.82097568e-29
C84	-2.99812506e-33	-2.81205697e-29	1.23362854e-30
C86	-2.44765003e-33	-5.59224504e-29	3.32486225e-31
C88	-1.08671322e-33	-1.78093061e-29	1.1699384e-30
C90	-2.11573397e-34	5.14032892e-29	-5.63928364e-31
C92	3.23220481e-38	-2.38769667e-33	-5.74687656e-32
C94	3.21925323e-37	-3.11471422e-33	-1.32786862e-31
C96	7.57126123e-37	-6.66791486e-32	-4.22660394e-32
C98	9.69365768e-37	-2.934094e-31	9.32991054e-34
C100	7.04923179e-37	-6.52696174e-31	-6.22093735e-33
C102	2.62042917e-37	-1.04820586e-30	2.08603643e-33
C104	4.07988929e-38	-7.5774402e-31	-7.31578585e-34
C105	1.66061587e-40	-4.99206036e-37	8.05574038e-35
C107	1.25271974e-39	5.59249922e-36	6.75124517e-34
C109	4.10714369e-39	6.2048029e-35	7.7682584e-34
C111	7.47611007e-39	6.35194423e-34	-4.50825615e-36
C113	8.28548592e-39	2.16520675e-33	-3.39262679e-35
C115	5.5390038e-39	3.67754227e-33	-1.22938875e-35
C117	2.08161823e-39	4.05364531e-33	1.44193642e-36
C119	3.61466995e-40	2.14759918e-33	-4.15418675e-37
C121	-1.7470143e-43	0	0
C123	-1.24194664e-42	0	0
C125	-3.89205838e-42	0	0
C127	-6.57194445e-42	0	0
C129	-6.52993268e-42	0	0
C131	-3.87022353e-42	0	0
C133	-1.24875231e-42	0	0
C135	-1.70148907e-43	0	0
C136	-3.91176552e-46	0	0
C138	-3.37053804e-45	0	0
C140	-1.30298939e-44	0	0
C142	-2.82508364e-44	0	0
C144	-3.81978621e-44	0	0
C146	-3.31582016e-44	0	0
C148	-1.79377138e-44	0	0
C150	-5.55598461e-45	0	0
C152	-7.76672874e-46	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 16/17

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	7333.37887600	-2343.60828700	-8176.83666000
C7	-8.06007218e-08	-3.48950166e-08	4.05927788e-09

Koeffizient	M5	M4	M3
C9	-2.08509486e-07	8.94289204e-08	1.77611145e-08
C10	4.87512053e-11	-3.68853182e-12	-2.10548784e-12
C12	6.98533228e-11	-1.68926357e-12	-1.81838078e-11
C14	7.56830797e-10	-7.16019789e-10	-1.28620718e-11
C16	-4.21056731e-14	-9.71341862e-15	1.51233551e-14
C18	2.16257556e-13	1.0109964e-13	2.12796111e-14
C20	-2.45524747e-12	2.43722256e-12	1.97634161e-14
C21	-1.00355924e-16	1.46336047e-18	-3.64595782e-17
C23	-8.60207099e-17	-7.86037179e-18	-1.04353271e-17
C25	-1.04377426e-15	-4.99679238e-16	-4.48160081e-17
C27	9.80765672e-15	-7.9361522e-15	-2.3137161e-17
C29	5.00768352e-20	-1.44519643e-20	-1.3579059e-21
C31	-4.94223102e-19	3.37633547e-20	5.80350123e-20
C33	7.13421062e-18	8.97303449e-19	6.79018066e-20
C35	-4.57055281e-17	-2.14705684e-16	3.32978205e-20
C36	6.29537322e-22	-5.41983346e-24	2.94852673e-22
C38	4.56244955e-21	8.73176771e-25	2.28099588e-23
C40	-5.65666291e-22	-4.49558052e-21	-7.30396947e-23
C42	-1.97093015e-20	-5.08595618e-19	-7.04354696e-23
C44	2.25870745e-19	-1.86162624e-18	-6.57401088e-23
C46	-4.76975597e-25	3.18692569e-26	-5.31469542e-25
C48	-2.62153771e-23	7.33616878e-26	-1.56666314e-25
C50	-8.35149543e-23	-3.1998671e-22	1.17242589e-25
C52	2.06972807e-22	1.67741969e-22	4.56588177e-25
C54	-8.42020489e-22	1.29228647e-19	1.50592072e-25
C55	-8.54723421e-27	3.09703897e-29	-2.51969622e-27
C57	-2.15095808e-26	-1.45976138e-27	1.12593984e-27
C59	2.73391474e-25	-7.44808008e-26	-6.80649268e-28
C61	5.18559089e-25	3.81005555e-24	-3.08355376e-27
C63	-2.47889841e-24	3.09020753e-22	-1.76838539e-27
C65	5.34614791e-25	1.92266397e-21	-1.90865204e-29
C67	-2.25910931e-30	-4.54679793e-31	4.05531645e-30
C69	1.74490344e-28	-3.06527261e-29	5.09507467e-30
C71	-9.47792011e-28	3.40412751e-27	1.35919614e-29
C73	-1.28041726e-27	2.17008338e-25	1.12809097e-29
C75	1.16717661e-26	5.05227073e-24	1.33613049e-31
C77	2.41916614e-26	1.23707257e-24	2.90705483e-31
C78	4.99191675e-32	-2.63305732e-35	6.4801327e-33
C80	2.40587164e-31	5.98530383e-33	-2.08464487e-32
C82	-1.49661977e-30	9.35640119e-31	-4.42072324e-32
C84	-5.16969383e-30	7.40737374e-29	-3.85234173e-32
C86	2.80547586e-29	2.36087579e-27	-8.47384767e-34
C88	-5.66097673e-29	3.80301606e-26	1.2873158e-33
C90	-1.65077574e-28	-1.84363909e-25	-2.11409931e-33
C92	-9.95571829e-35	1.28242738e-36	-2.84775083e-36
C94	-2.55937997e-33	3.19723428e-34	6.69265283e-35
C96	1.72531216e-32	1.04943712e-32	9.69063033e-35
C98	1.30347826e-32	3.93847703e-31	5.84595971e-36
C100	-1.82235259e-31	1.39933265e-29	-2.43085728e-35
C102	3.33993384e-31	1.0462556e-28	1.45322044e-35
C104	3.61923001e-31	-1.37953609e-27	2.87194159e-37
C105	-9.27081346e-38	-3.28332618e-41	-3.88255253e-39



Koeffizient	M5	M4	M3
C107	5.90554811e-37	1.77805509e-38	-1.21407691e-39
C109	5.75559924e-36	1.9649268e-36	-7.40697936e-38
C111	-6.21170396e-35	-1.27239557e-35	-7.22725357e-38
C113	1.18750818e-34	1.69960241e-33	8.51832143e-38
C115	1.0492163e-34	2.21579419e-32	-3.56423101e-38
C117	-4.95984269e-34	6.99631983e-32	1.79158311e-39
C119	-2.2869355e-34	-3.11861224e-30	-3.49739868e-40

Tabelle 3b zur Fig. 16/17

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2347.82421000	7536.03761800
C7	-7.03485497e-08	-1.86250955e-07
C9	9.59401595e-09	-5.82539372e-08
C10	-8.37768666e-11	-2.02011333e-11
C12	-2.254116e-10	5.08465307e-11
C14	1.12290556e-11	-1.50961208e-11
C16	1.29016905e-13	-1.19111437e-13
C18	1.01010377e-13	-2.20807707e-13
C20	5.5795716e-14	-4.18443714e-14
C21	-8.62874665e-17	1.04483703e-16
C23	-2.60494693e-16	4.60051315e-17
C25	-4.92392033e-17	-1.435823e-16
C27	1.25996639e-16	-6.05169215e-18
C29	6.11488553e-19	7.87050699e-19
C31	4.24373257e-19	1.12622911e-19
C33	2.22031302e-19	2.89213141e-19
C35	1.26284752e-19	2.81920022e-19
C36	-1.33244714e-21	-1.46603103e-21
C38	-6.52230969e-22	-6.37096287e-21
C40	-1.36827685e-21	-1.09951069e-21
C42	-1.19387383e-21	-2.71718561e-21
C44	4.6650984e-23	8.53547123e-23
C46	-9.78213588e-24	-3.184402e-23
C48	2.1349715e-24	-4.73107403e-23
C50	2.30513651e-24	-8.85417497e-23
C52	-1.30422404e-24	-2.08672516e-23
C54	2.56099182e-24	-1.11997994e-23
C55	-2.01832009e-27	6.22382668e-26
C57	-2.09810378e-26	3.74797998e-25
C59	4.07233629e-29	5.10816825e-26
C61	3.6325349e-26	-9.00558717e-26
C63	1.56403725e-26	1.07987651e-25
C65	8.21661731e-27	5.68528189e-26
C67	7.63814345e-29	7.63520422e-28
C69	5.02221412e-30	1.3232798e-27
C71	1.77729214e-29	5.33156044e-27
C73	2.79158365e-29	4.63514451e-27

Koeffizient	M2	M1
C75	2.53015945e-29	1.30513775e-27
C77	-1.4759564e-29	3.5264471e-28
C78	3.46417745e-32	-5.78316004e-31
C80	1.45159699e-31	-1.10067449e-29
C82	9.0694834e-32	-1.42216857e-31
C84	-6.89700486e-31	1.16109131e-29
C86	-7.49364228e-31	1.17727865e-29
C88	-1.7339254e-31	-2.80482217e-30
C90	-4.47739797e-32	-2.81074177e-30
C92	-1.81662263e-34	-6.13529779e-33
C94	1.28959854e-34	-4.08542518e-33
C96	4.86782417e-35	-7.56607259e-32
C98	4.67335248e-35	-1.27523429e-31
C100	6.049461e-34	-8.28428683e-32
C102	1.19416219e-34	-1.88207341e-32
C104	2.22522278e-34	-5.85049322e-33
C105	-1.53243521e-37	-5.49967483e-36
C107	-6.52477544e-37	1.45163725e-34
C109	-1.61717488e-36	8.41098542e-36
C111	3.3725318e-36	-2.0054224e-34
C113	8.27472276e-36	-4.23023623e-34
C115	6.99221137e-36	-2.55382174e-34
C117	1.36584295e-36	2.10184113e-36
C119	5.55470158e-37	3.89090885e-35

Tabelle 3c zur Fig. 16/17

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	784.93663307
M7	0.00000000	-179.68746470	105.44220179
M6	0.00000000	55.20438485	1396.55879809
M5	0.00000000	268.65063753	1738.35972839
M4	0.00000000	722.06496295	2007.61241376
M3	-0.00000000	-674.41946224	1630.11468301
M2	-0.00000000	-1315.57939299	1157.79929585
Blende	-0.00000000	-1561.97639547	784.10794177
M1	-0.00000000	-1988.27617201	137.57190792
Objektebene	-0.00000000	-2017.39023229	1874.54221542

Tabelle 4a zur Fig. 16/17

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-7.40619844	0.00000000	-0.00000000
M7	167.43829886	-0.00000000	-0.00000000
M6	68.85261659	0.00000000	-0.00000000
M5	44.35975235	0.00000000	-0.00000000
M4	-67.08503447	0.00000000	-0.00000000
M3	25.75208383	-0.00000000	-0.00000000
M2	46.48912783	-0.00000000	0.00000000
Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Blende	-33.39924707	180.00000000	0.00000000
M1	163.78051035	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-5.37252548	-0.00000000	0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 16/17

Oberfläche	Einfallswinkel [deg]	Reflektivität
M8	7.40619844	0.65984327
M7	2.25069574	0.66521806
M6	79.16362199	0.86711124
M5	76.34351377	0.82589579
M4	7.78830058	0.65919310
M3	79.37458111	0.86997104
M2	79.88837490	0.87682901
M1	17.17975742	0.62938643
Gesamttransmission		0.0995

Tabelle 5 zur Fig. 16/17

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-64.68191562	0.00000000
33.53875145	-63.83359071	0.00000000
66.38499140	-61.30381759	0.00000000
97.85010336	-57.13847210	0.00000000
127.25390981	-51.41487055	0.00000000
153.93066205	-44.24293063	0.00000000
177.23821823	-35.76660175	0.00000000
196.57137775	-26.16552395	0.00000000
211.37968084	-15.65654763	0.00000000
221.18976357	-4.49338596	0.00000000
225.63064082	7.03803149	0.00000000
224.45920695	18.62872113	0.00000000
217.58261451	29.96013697	0.00000000
205.07441971	40.72010810	0.00000000
187.18211570	50.61868899	0.00000000
164.32450058	59.40103368	0.00000000
137.07897670	66.85526038	0.00000000
106.16044703	72.81504783	0.00000000
72.39462700	77.15696291	0.00000000
36.68840284	79.79582533	0.00000000
0.00000000	80.68107104	0.00000000
-36.68840284	79.79582533	0.00000000
-72.39462700	77.15696291	0.00000000
-106.16044703	72.81504783	0.00000000
-137.07897670	66.85526038	0.00000000
-164.32450058	59.40103368	0.00000000
-187.18211570	50.61868899	0.00000000
-205.07441971	40.72010810	0.00000000
-217.58261451	29.96013697	0.00000000
-224.45920695	18.62872113	0.00000000
-225.63064082	7.03803149	0.00000000
X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-221.18976357	-4.49338596	0.00000000
-211.37968084	-15.65654763	0.00000000
-196.57137775	-26.16552395	0.00000000
-177.23821823	-35.76660175	0.00000000
-153.93066205	-44.24293063	0.00000000
-127.25390981	-51.41487055	0.00000000
-97.85010336	-57.13847210	0.00000000
-66.38499140	-61.30381759	0.00000000
-33.53875145	-63.83359071	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 16/17

**[0307]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **32** beträgt 9,95%.

**[0308]** Die Projektionsoptik **32** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,63. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zwei Mal 6,5mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Die Projektionsoptik **32** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0309]** Die Projektionsoptik **32** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **32** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0310]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **32** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0311]** Die Projektionsoptik **32** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta = 8,00$ .

**[0312]** Ein Einfallswinkel der Hauptstrahlen **16** in der Objektebene **5** liegt bei 6,3°.

**[0313]** Bei der Projektionsoptik **32** liegt die Eintrittspupille sowohl in der xz-Ebene als auch in der yz-Ebene im Abbildungsstrahlengang nach dem Objektfeld **4**. Ein Verlauf der Hauptstrahlen **16** ausgehend vom Objektfeld **4** ist also sowohl im Meridionalschnitt nach **Fig. 16** als auch in der Ansicht nach **Fig. 17** konvergent.

**[0314]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 17**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen.

**[0315]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1680mm.

**[0316]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 2180mm.

**[0317]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 66mm.

**[0318]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **32** maximal 10mλ und beträgt im Mittel 10mλ.

**[0319]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,05nm und in y-Richtung maximal 0,05nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 0,56mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 0,90mrad.

**[0320]** Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	17.7	83.2	80.6	9.6	79.6	83.6	20.1	9.0
Spiegelausdehnung (x) [mm]	303.5	566.4	758.8	892.8	684.3	320.4	428.8	1036.2
Spiegelausdehnung (y) [mm]	297.5	442.9	668.0	123.3	268.7	464.1	277.5	1030.7
Maximaler Spiegeldurchmesser [mm]	307.4	566.5	882.6	892.8	684.4	465.6	429.0	1042.4

Tabelle 7 zu Fig. 16

**[0321]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 16**) im Bereich einer Reflexion am Spiegel M5 und in der xz-Ebene (**Fig. 17**) im Abbildungsstrahlengangsbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor.

**[0322]** Der Spiegel M8 ist obskuriert und hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Beleuchtungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0323]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben eine durchgehende Reflexionsfläche. Die Reflexionsfläche des Spiegels M8 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0324]** Die Spiegel M1, M3, M4 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M2, M5, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0325]** Anhand der **Fig. 18** und **Fig. 19** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **33** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 17** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert. **Fig. 18** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **33**. **Fig. 19** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **33**.

**[0326]** Die Projektionsoptik **33** hat insgesamt **8** Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0327]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **33** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 18/19
NA	0.55
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	13.0 mm
Feldgroesse_y	1.2 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S9

Tabelle 1 zur Fig. 18/19

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-670.35797232	0.00296240	-627.58435329	0.00320950	REFL
M7	1745.55712015	-0.00114571	412.50033390	-0.00484870	REFL
M6	4421.01009198	-0.00008931	7185.41512590	-0.00140985	REFL
M5	15855.02373559	-0.00002796	4171.22179090	-0.00216291	REFL
M4	-1741.78725861	0.00114424	-1057.57554686	0.00189775	REFL
M3	-9485.62754332	0.00002417	-121386.00282485	0.00014374	REFL
M2	-2182.91143597	0.00019422	5519.10498181	-0.00170943	REFL
M1	15030.83113395	-0.00012472	-1265.49778066	0.00168608	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 18/19

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-670.35797230	1745.55712000	4421.01009200
C7	-4.81288458e-08	-3.55811479e-08	1.10191288e-07
C9	-1.43025013e-08	-2.65021944e-08	6.09862305e-08
C10	-2.9090628e-11	2.00521492e-09	4.47450933e-10
C12	-7.81857726e-11	5.80590938e-09	-4.87603276e-12
C14	-4.02236114e-11	4.94771956e-09	1.0068161e-10
C16	-7.43164532e-14	-1.95204523e-12	-2.12453013e-12
C18	-8.64425143e-14	-5.06245222e-12	7.37281997e-13
C20	-1.71739056e-14	-1.20800077e-13	3.37980344e-13
C21	-1.1968188e-16	4.87171182e-15	-1.08375275e-15
C23	-3.75329564e-16	4.39287253e-14	8.747056e-15
C25	-3.8109341e-16	1.16541403e-13	2.36512505e-15
C27	-1.19138037e-16	6.70791361e-14	1.37590246e-15
C29	-1.04340624e-19	2.0215171e-17	5.61602094e-18
C31	-2.79317699e-19	4.75537085e-17	-1.60443831e-17
C33	-1.86065365e-19	-1.1064442e-16	1.42151097e-17
C35	-2.70598188e-20	-1.50020521e-17	6.37515084e-18
C36	-2.60850039e-22	5.08968358e-20	-2.32816563e-20
C38	-1.30441247e-21	4.6799942e-19	-4.47727577e-20
C40	-1.96796788e-21	1.10597229e-18	5.12611591e-20
C42	-1.2977623e-21	1.89364881e-18	7.02851213e-20
C44	-3.09054832e-22	9.05751028e-19	2.94917341e-20
C46	-3.15590698e-25	-2.08971584e-22	1.62115204e-22
C48	-6.69894425e-25	1.9553723e-22	-2.33180972e-22
C50	-9.10706455e-25	9.99600993e-22	-1.77260159e-22
C52	-4.09789778e-25	8.73317101e-22	3.10774876e-22
C54	-5.39704308e-26	1.78769324e-21	1.12292429e-22
C55	-6.93874331e-28	-5.67024671e-26	9.56176548e-25
C57	-3.23605914e-27	2.18766705e-26	3.05575248e-24
C59	-7.20445617e-27	6.74742059e-24	4.95411355e-24
C61	-7.31071717e-27	1.7636561e-23	8.45206669e-25
C63	-3.76538565e-27	4.45369389e-23	7.568151e-25
C65	-8.10033369e-28	4.74178513e-23	2.96782466e-25
C67	-3.52005901e-31	3.12504796e-27	3.10279996e-27
C69	-2.88238592e-30	-1.30629101e-27	2.16886937e-26
C71	-4.82651049e-30	-6.24964383e-26	6.07431187e-27

Koeffizient	M8	M7	M6
C73	-3.68260801e-30	-4.92689158e-26	-2.84115615e-27
C75	-1.0653794e-30	-5.7005461e-26	7.30804157e-28
C77	5.47094621e-32	-8.75138214e-26	4.6058713e-28
C78	-2.14791056e-33	9.06722616e-30	-1.033614e-29
C80	-1.60510489e-32	1.35117848e-28	-1.70589275e-28
C82	-3.93788896e-32	5.55787384e-28	-2.81428982e-28
C84	-5.49581485e-32	1.47508315e-27	-1.13602715e-28
C86	-4.35705736e-32	1.78392254e-27	-4.04142212e-30
C88	-1.75652936e-32	7.3734889e-28	9.12651931e-32
C90	-2.46762348e-33	-8.31242313e-28	3.00200174e-31
C92	-3.88333351e-37	0	0
C94	-2.23671833e-37	0	0
C96	-2.43165031e-36	0	0
C98	-2.13457216e-36	0	0
C100	-9.67295232e-37	0	0
C102	-1.1876732e-36	0	0
C104	-1.14382449e-36	0	0
C105	1.53654914e-39	0	0
C107	1.69206394e-38	0	0
C109	3.52182989e-38	0	0
C111	6.26135172e-38	0	0
C113	8.30656407e-38	0	0
C115	6.21596876e-38	0	0
C117	1.77571315e-38	0	0
C119	-5.25174568e-40	0	0
C121	-7.01031193e-42	0	0
C123	-4.46476068e-41	0	0
C125	-1.30369062e-40	0	0
C127	-2.05416782e-40	0	0
C129	-1.82756747e-40	0	0
C131	-8.61446766e-41	0	0
C133	-1.58867275e-41	0	0
C135	1.58701316e-42	0	0
C136	-3.01497099e-44	0	0
C138	-2.83753936e-43	0	0
C140	-1.00487157e-42	0	0
C142	-2.10202761e-42	0	0
C144	-2.8129687e-42	0	0
C146	-2.44024498e-42	0	0
C148	-1.28745661e-42	0	0
C150	-3.62092429e-43	0	0
C152	-3.68635908e-44	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 18/19

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	15855.02374000	-1741.78725900	-9485.62754300
C7	-1.31721076e-07	-4.59832284e-08	3.52848287e-09

Koeffizient	M5	M4	M3
C9	-6.83242366e-08	1.26772922e-07	6.00270333e-09
C10	1.86511896e-10	-6.7240665e-12	-3.86514933e-11
C12	1.02645567e-10	1.40642009e-11	-1.04260025e-11
C14	3.25328748e-10	-1.44116181e-09	-1.39250403e-12
C16	1.15440436e-13	1.54655389e-14	1.41839307e-13
C18	9.78984308e-14	4.72881604e-14	-7.16656945e-15
C20	-4.13371452e-13	6.75771744e-12	5.02664635e-15
C21	-9.27197923e-16	1.22282675e-17	-3.31198094e-16
C23	-1.09172383e-15	-1.54608007e-16	-5.35714413e-19
C25	-3.20953448e-15	-1.0400161e-15	-1.84536642e-17
C27	5.96725454e-16	-4.25077515e-14	6.21451944e-19
C29	2.62826512e-18	-1.61888596e-20	1.34420461e-20
C31	5.55652996e-18	1.56291853e-18	1.40973329e-19
C33	2.7740609e-17	2.95936057e-18	-4.11709921e-20
C35	4.55586057e-18	-1.37954952e-15	2.58219786e-20
C36	-2.54645948e-21	4.64220138e-23	-1.02171124e-21
C38	2.59467077e-21	2.40346499e-22	1.13743233e-22
C40	-2.63246351e-20	2.2463419e-20	2.11256444e-22
C42	-1.44139765e-19	2.97984423e-19	-1.29143298e-22
C44	-1.47693917e-20	-9.36301568e-17	3.98789946e-23
C46	3.92320225e-23	-1.29229238e-25	3.09631337e-25
C48	6.16075361e-23	2.86131689e-24	-8.082018e-25
C50	-1.29691393e-22	4.15685135e-22	2.98588259e-25
C52	6.01647413e-22	2.59285728e-20	-1.63194404e-25
C54	-2.80843932e-22	-2.64870198e-18	-5.22760512e-25
C55	-1.90991039e-26	7.33311088e-29	-2.91457225e-28
C57	-4.94174349e-25	-3.38477536e-27	-6.65349621e-28
C59	-2.34601421e-25	-6.27781517e-25	6.27762913e-27
C61	1.83858604e-24	1.36415701e-23	-3.36674024e-27
C63	-2.23642007e-24	3.28284286e-22	5.96549035e-27
C65	3.66468868e-24	-4.01324036e-20	-1.49374281e-27
C67	2.66992017e-28	-5.84759414e-31	7.70928561e-30
C69	2.07117026e-27	-1.72399089e-28	-1.27896735e-29
C71	-3.5305907e-28	-5.73139683e-27	-8.13201754e-30
C73	-7.57480134e-27	1.35355592e-25	-2.66054764e-29
C75	6.95016816e-27	1.92585784e-24	1.80471214e-29
C77	-1.70051404e-26	-3.11308211e-22	9.00721038e-31
C78	4.16730333e-32	4.62818363e-35	6.62810428e-33
C80	-1.17092721e-30	-1.17159673e-32	-1.00672006e-32
C82	-1.53899025e-30	4.95758204e-32	-2.55215318e-32
C84	-3.41614885e-31	-6.16523277e-29	1.34231774e-31
C86	1.41066094e-29	1.05235757e-27	-6.94396951e-32
C88	-1.32369475e-29	-2.78941647e-27	-9.85278164e-33
C90	2.98460269e-29	-9.71953419e-25	2.65172705e-33

Tabelle 3b zur Fig. 18/19

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-2182.91143600	15030.83113000



Koeffizient	M2	M1
C7	4.52959985e-08	-2.95215933e-07
C9	7.3997303e-09	-1.06249503e-07
C10	-3.37134993e-10	-1.38418241e-11
C12	-4.37041985e-10	-2.98703844e-11
C14	-4.88477799e-12	-3.88213158e-11
C16	8.58895599e-13	-6.42604386e-13
C18	6.73225729e-13	-1.25787194e-12
C20	7.54302364e-14	-1.92589494e-13
C21	-3.21076173e-16	5.29527426e-16
C23	-1.19828167e-15	-2.79446453e-16
C25	-8.61713642e-16	-1.12508948e-15
C27	-9.46017861e-17	-3.35422436e-16
C29	6.17495108e-18	7.41744768e-19
C31	6.43677926e-18	-5.12492497e-19
C33	3.08530058e-18	-2.24552982e-18
C35	6.92654359e-20	5.26633314e-20
C36	-1.39923821e-20	-3.80030801e-21
C38	-1.75236161e-20	-3.41743066e-21
C40	-2.44288564e-20	3.36222578e-21
C42	-7.5084993e-21	1.13386246e-20
C44	3.60382311e-22	-1.57547758e-21
C46	8.49074446e-24	7.10295318e-23
C48	1.29274185e-22	1.77073952e-22
C50	1.21275303e-22	5.45121326e-23
C52	2.7448388e-23	-1.80762516e-23
C54	-2.99667085e-24	-2.67701771e-23
C55	8.3997029e-26	2.48012197e-25
C57	-6.89387465e-26	9.08010504e-25
C59	-1.69030389e-25	-1.40396358e-24
C61	-1.63503627e-25	-1.98765714e-24
C63	-4.50856916e-26	6.60490918e-25
C65	-2.69350712e-26	5.05364735e-25
C67	1.81339959e-28	-2.43315212e-27
C69	-1.13047878e-27	-8.88349423e-27
C71	-2.086832e-27	-1.73693921e-26
C73	-9.67392348e-28	-1.34931036e-26
C75	-7.15331766e-31	8.58630418e-27
C77	2.26098895e-29	7.80811576e-27
C78	-2.38436227e-31	-6.67264596e-30
C80	1.8322377e-30	-4.06002422e-29
C82	6.0376388e-30	-4.8867685e-29
C84	6.31126749e-30	-4.62454207e-29
C86	2.03909262e-30	-2.42505377e-29
C88	3.81494935e-31	3.31286928e-29
C90	-7.68322344e-33	2.3776391e-29

Tabelle 3c zur Fig. 18/19

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
M8	0.00000000	-1.30183991	570.42723037
M7	0.00000000	-120.34881071	75.51681848
M6	0.00000000	80.00209606	956.51104535
M5	0.00000000	221.25925669	1160.16077268
M4	0.00000000	611.93258157	1362.59488679
M3	0.00000000	-309.46726913	1055.74659104
M2	0.00000000	-912.91463513	655.60876883
Blende	0.00000000	-1017.01458447	474.86644530
M1	0.00000000	-1353.15078666	18.46126376
Objektebene	0.00000000	-1490.55625877	1255.06787017

Tabelle 4a zur Fig. 18/19

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.69497001	0.00000000	-0.00000000
M7	166.96937929	0.00000000	-0.00000000
M6	66.23453752	0.00000000	-0.00000000
M5	41.49642028	0.00000000	-0.00000000
M4	-66.77054272	0.00000000	-0.00000000
M3	26.08077591	0.00000000	-0.00000000
M2	44.38277950	0.00000000	-0.00000000
Blende	12.99307149	0.00000000	-0.00000000
M1	165.88573894	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	1.47794550	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 18/19

Oberfläche	Einfallswinkel [deg]	Reflektivität
M8	6.81465749	0.66077811
M7	0.54649170	0.66565825
M6	78.61351241	0.85952413
M5	77.19223505	0.83894755
M4	4.79028139	0.66334071
M3	83.41785810	0.92088922
M2	77.76117032	0.84736477
M1	20.39282100	0.61112963
Gesamttransmission		0.1003

Tabelle 5 zur Fig. 18/19

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-74.74428964	0.00000000
-21.97577930	-73.71157746	0.00000000
-43.54745003	-70.64584812	0.00000000
-64.30774000	-65.64223665	0.00000000
-83.84419262	-58.85273624	0.00000000
-101.73934320	-50.47789491	0.00000000
-117.57413522	-40.75791226	0.00000000
-130.93536243	-29.96439172	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-141.42743062	-18.39295269	0.00000000
-148.68831187	-6.35605158	0.00000000
-152.40909162	5.82486902	0.00000000
-152.35588367	17.82898189	0.00000000
-148.39195432	29.34768633	0.00000000
-140.49688466	40.09648351	-0.00000000
-128.77941498	49.82515047	-0.00000000
-113.48180409	58.32554432	-0.00000000
-94.97550387	65.43621405	0.00000000
-73.74931338	71.04353087	0.00000000
-50.39169073	75.07859450	0.00000000
-25.56884640	77.50751380	0.00000000
-0.00000000	78.31797873	0.00000000
25.56884640	77.50751380	0.00000000
50.39169073	75.07859450	0.00000000
73.74931338	71.04353087	0.00000000
94.97550387	65.43621405	0.00000000
113.48180409	58.32554432	-0.00000000
128.77941498	49.82515047	0.00000000
140.49688466	40.09648351	0.00000000
148.39195432	29.34768633	-0.00000000
152.35588367	17.82898189	0.00000000
152.40909162	5.82486902	0.00000000
148.68831187	-6.35605158	0.00000000
141.42743062	-18.39295269	0.00000000
130.93536243	-29.96439172	0.00000000
117.57413522	-40.75791226	0.00000000
101.73934320	-50.47789491	0.00000000
83.84419262	-58.85273624	-0.00000000
64.30774000	-65.64223665	0.00000000
43.54745003	-70.64584812	0.00000000
21.97577930	-73.71157746	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 18/19

**[0328]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **33** beträgt 10,03%.

**[0329]** Die Projektionsoptik **33** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,55. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zwei Mal 6,5mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Die Projektionsoptik **33** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0330]** Die Projektionsoptik **33** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **33** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0331]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **33** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0332]** Die Projektionsoptik **33** hat einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta = 7,00$ .

**[0333]** Ein Einfallswinkel der Hauptstrahlen **16** in der Objektebene **5** liegt bei 6,4°.

**[0334]** In der yz-Ebene liegt eine Eintrittspupille der Projektionsoptik **33** im Strahlengang des Beleuchtungslichts 7700 mm vor dem Objektfeld **4**. In der xy-Ebene (vgl. **Fig. 19**) liegt die Eintrittspupille im Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **33** 1775mm nach dem Objektfeld. Ein Verlauf der Hauptstrahlen **16** ausge-

hend vom Objektfeld **4** ist also sowohl im Meridionalschnitt nach **Fig. 18** als auch in der Ansicht nach **Fig. 19** konvergent.

**[0335]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 19**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen.

**[0336]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1290mm.

**[0337]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 1460mm.

**[0338]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 50mm.

**[0339]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **33** maximal 10mλ und beträgt im Mittel 8mλ.

**[0340]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,03nm und in y-Richtung maximal 0,08nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 0,79mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 0,37mrad.

**[0341]** Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	20.9	81.5	85.5	6.0	79.1	81.9	17.1	8.3
Spiegelausdehnung (x) [mm]	224.5	366.3	511.9	611.2	448.5	225.0	261.2	652.2
Spiegelausdehnung (y) [mm]	219.5	326.9	514.4	83.3	225.0	308.6	167.8	642.2
Maximaler Spiegeldurchmesser [mm]	229.2	368.5	640.9	611.3	448.5	310.5	261.6	652.5

Tabelle 7 zu Fig. 18/19

**[0342]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 18**) im Abbildungsstrahlengangbereich zwischen den Spiegeln M3 und M4 und in der xz-Ebene (**Fig. 19**) im Abbildungsstrahlengangbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor. Das Zwischenbild **19** kann in der yz-Ebene auch im Bereich einer Reflexion am Spiegel M5 vorliegen.

**[0343]** Der Spiegel M8 ist obskuriert und hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Beleuchtungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0344]** Eine Pupillenobskuration der Projektionsoptik **33** beträgt 14% der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **33**.

**[0345]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben eine durchgehende Reflexionsfläche. Die Reflexionsfläche des Spiegels M8 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0346]** Die Spiegel M1, M3, M4 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M2, M5, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0347]** Anhand der **Fig. 20** und **Fig. 21** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **34** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 19** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im

Einzelnen diskutiert. **Fig. 20** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **34**. **Fig. 21** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **34**.

**[0348]** Die Projektionsoptik **34** hat insgesamt **8** Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0349]** Die Projektionsoptik **34** ist als anamorphotische Optik ausgeführt. Im yz-Schnitt nach **Fig. 20** hat die Projektionsoptik **34** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_y$  von 8,00. In der hierzu senkrechten xz-Ebene (vgl. **Fig. 21**) hat die Projektionsoptik **34** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_x$  von 4,00.

**[0350]** Diese verschiedenen Abbildungsmaßstäbe  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  führen in Kombination mit einer rotationssymmetrischen Austrittspupille der Projektionsoptik **34** dazu, dass eine objektseitige numerische Apertur in der yz-Ebene halb so groß ist wie in der xz-Ebene, wie sich durch Vergleich der **Fig. 20** und **Fig. 21** sofort ergibt. Hierdurch wird in der yz-Ebene ein vorteilhaft niedriger Hauptstrahlwinkel CRAO von  $5,1^\circ$  erreicht.

**[0351]** Hiermit verbundene Vorteile eines anarmophotischen Projektionsobjektivs sind auch diskutiert in der US 2013/0128251 A1, die vollumfänglich durch Bezugnahme in diese Anmeldung aufgenommen wird.

**[0352]** Die anarmophotische Wirkung der Projektionsoptik **34** ist verteilt auf alle optischen Flächen der Spiegel M1 bis M8.

**[0353]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **34** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

Ausführungsbeispiel	Fig. 20/21
NA	0.55
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	26.0 mm
Feldgroesse_y	1.2 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S9

Tabelle 1 zur Fig. 20/21

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-1133.32747304	0.00175233	-1023.64934352	0.00196760	REFL
M7	4406.38826107	-0.00045387	690.91205607	-0.00289482	REFL
M6	4739.61979766	-0.00008693	10074.88948477	-0.00096360	REFL
M5	21144.94473278	-0.00002037	72950.75367779	-0.00012733	REFL
M4	-2867.38401976	0.00069495	-4292.99198405	0.00046759	REFL
M3	-10853.57484008	0.00002356	-21913.73844639	0.00071385	REFL
M2	-5190.31139364	0.00007024	7573.47590770	-0.00144869	REFL
M1	-5923.95714844	0.00031586	-1898.45455510	0.00112603	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 20/21

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1133.32747300	4406.38826100	4739.61979800
C7	-1.37045485e-08	7.46796053e-08	-2.88085237e-08
C9	-7.61541557e-09	-1.45727199e-07	-1.79062014e-08
C10	-7.69203582e-12	2.92796841e-10	4.42007445e-11
C12	-2.2092406e-11	1.13530474e-09	-8.60191664e-12
C14	-1.03738908e-11	1.40909304e-09	-4.58761129e-11
C16	-7.31775261e-15	-1.31555425e-13	-1.45618208e-13
C18	-1.17172291e-14	-6.54062794e-13	4.24616003e-15
C20	-3.3983632e-15	-3.50696381e-13	-8.53811379e-14
C21	-9.15894595e-18	2.09018129e-16	-9.75508493e-17
C23	-3.5991906e-17	2.50711167e-15	3.58424992e-16
C25	-3.77287782e-17	9.96925043e-15	-1.56598011e-19
C27	-1.19641397e-17	7.56226507e-15	-2.28737536e-16
C29	-5.75050439e-21	8.60467057e-19	-9.76080298e-19
C31	-1.25790723e-20	4.36789592e-18	-8.89549297e-19
C33	-1.03115676e-20	-9.69395674e-18	-3.40251221e-19
C35	-2.20183332e-21	-3.27752356e-18	-6.53545396e-19
C36	-8.33157821e-24	4.55264457e-22	4.12907772e-21
C38	-4.25998322e-23	7.24917406e-21	1.05886868e-20
C40	-6.98306225e-23	1.43589783e-20	3.05154424e-21
C42	-4.8336845e-23	8.43033547e-20	2.41517735e-23
C44	-1.40394078e-23	1.97591114e-19	-1.6250366e-21
C46	-2.9814906e-27	-4.16141287e-25	6.47812725e-23
C48	-1.1220021e-26	-9.85706306e-24	2.80300383e-23

Koeffizient	M8	M7	M6
C50	-1.69711254e-26	4.09860054e-23	1.52687849e-23
C52	-8.57563301e-27	1.47027541e-22	7.02362488e-24
C54	1.76715393e-28	-6.99745034e-23	-2.14951543e-24
C55	-6.6288945e-30	1.42110361e-27	-2.82086233e-25
C57	-4.10869525e-29	-4.51003428e-27	-7.63377495e-25
C59	-9.17862325e-29	7.25467897e-26	-2.77480674e-25
C61	-9.90356193e-29	3.9633015e-25	-3.52163248e-26
C63	-5.59488161e-29	9.95569594e-25	-8.0432973e-28
C65	-7.22003129e-30	-4.21378e-24	-2.74410127e-27
C67	-5.24619854e-33	-8.35761662e-30	-9.1548449e-28
C69	-2.01840485e-32	5.45404311e-29	-5.39668302e-28
C71	-3.79282955e-32	-2.97201132e-28	-1.38362872e-27
C73	-2.44971235e-32	3.25227818e-28	-3.68928781e-28
C75	-7.62727889e-33	-8.7212421e-27	-1.16531263e-28
C77	-5.7359611e-33	4.80554127e-27	-4.17390192e-29
C78	-8.047176e-36	-8.23504213e-33	7.06018116e-30
C80	-5.4403674e-35	2.3497042e-31	1.86040123e-29
C82	-1.67551366e-34	1.33047058e-30	1.3421476e-29
C84	-2.6900642e-34	5.04718453e-30	4.72484176e-30
C86	-2.38083651e-34	-7.80809697e-30	4.75455568e-31
C88	-9.66546428e-35	1.17080611e-29	-1.51988786e-31
C90	-2.31041974e-35	9.71583268e-29	-2.31508815e-31
C92	3.72879241e-39	1.17935322e-34	3.7709135e-34
C94	1.5141875e-38	-8.62572106e-36	-7.82262879e-33
C96	3.40542449e-38	3.38356865e-33	3.57455642e-32
C98	3.58688134e-38	-2.30440813e-34	1.60062441e-32
C100	-4.37695745e-39	-7.67777542e-33	1.17807848e-33
C102	-9.00258499e-39	1.15560849e-31	4.06367757e-34
C104	9.73217887e-39	-1.330225e-31	-5.19167519e-34
C105	-3.15681223e-43	8.5001124e-38	-6.1641406e-35
C107	-6.71085246e-42	-3.50192205e-37	-1.25784732e-34
C109	1.81013759e-41	-3.77112897e-36	-1.73593348e-34
C111	1.21188506e-40	-1.79399564e-35	-1.92852546e-34
C113	2.12299664e-40	4.42096118e-35	-1.73174517e-35
C115	1.96801677e-40	3.78745494e-34	-5.80388951e-36
C117	6.74687492e-41	-4.55929668e-35	7.22309558e-37
C119	1.51520616e-41	-4.50734906e-34	-4.27492138e-37
C121	-3.77954419e-45	0	0
C123	-5.73506768e-44	0	0
C125	-1.67581738e-43	0	0
C127	-2.67358045e-43	0	0
C129	-2.40296709e-43	0	0
C131	-8.92457112e-44	0	0
C133	-1.44215565e-44	0	0
C135	-1.25305206e-44	0	0
C136	-1.34456467e-47	0	0
C138	-1.15917807e-46	0	0
C140	-4.9202134e-46	0	0
C142	-1.261638e-45	0	0
C144	-1.92457136e-45	0	0
C146	-1.81299242e-45	0	0
C148	-1.06311202e-45	0	0
Koeffizient	M8	M7	M6
C150	-3.3131362e-46	0	0
C152	-4.79751657e-47	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 20/21

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	21144.94473000	-2867.38402000	-10853.57484000
C7	-8.13271685e-08	-3.58841707e-08	5.29876767e-10
C9	-5.82176386e-08	-7.04518606e-07	2.10519305e-09
C10	9.37452981e-12	1.30052051e-12	-6.30399752e-12
C12	3.00680111e-11	1.85556236e-10	-5.20862433e-12
C14	8.83038021e-11	3.5873503e-09	-3.58045717e-12
C16	4.50889445e-14	-8.90737179e-15	1.13557992e-14
C18	-8.85586769e-15	-1.37507133e-12	-1.13089347e-16
C20	-2.84535698e-13	-2.40161213e-11	1.2693646e-15
C21	-4.0259975e-17	9.84110093e-19	-1.07753791e-17
C23	-1.60627908e-16	1.18787038e-16	-4.13074732e-18
C25	-2.12462221e-16	1.07305967e-14	-2.6198811e-18
C27	7.88491781e-16	1.62876389e-13	-1.51826315e-18
C29	8.29816991e-20	-1.42315568e-21	8.37815153e-21
C31	4.09821249e-19	-1.53159656e-18	2.70592478e-21
C33	1.04060872e-18	-1.00776807e-16	9.75607155e-22
C35	-2.28976537e-18	-1.25474518e-15	1.00241528e-21
C36	-1.07018867e-22	1.36622356e-24	-3.00882158e-23
C38	-4.94074303e-23	2.88428049e-23	2.10003322e-24
C40	-1.34527055e-21	1.98696867e-20	8.31511411e-24
C42	-4.60972729e-21	1.12695754e-18	3.79721863e-24
C44	4.81654378e-21	1.6445151e-17	-1.75074004e-25
C46	1.01635491e-24	-5.39059369e-27	2.00075589e-26
C48	-9.38768461e-25	6.02027898e-25	1.15956882e-26
C50	-7.09696896e-24	1.64761111e-22	-5.38272606e-27
C52	-2.38402664e-24	3.42328361e-21	-2.97501451e-27
C54	-2.26239625e-23	-3.23207317e-19	-5.02183701e-28
C55	1.26386187e-28	1.71520917e-30	9.81733067e-30
C57	-2.83068278e-27	8.46560169e-29	-3.36674489e-29
C59	2.46204893e-26	-1.62710492e-26	-9.5444995e-29
C61	9.95586051e-26	-8.19930234e-24	-8.78074754e-29
C63	1.01878932e-25	1.62250965e-22	-3.16474709e-29
C65	1.91562178e-25	-5.94818356e-21	-4.32421248e-30
C67	-3.08120032e-30	-1.7543011e-33	-6.8780555e-32
C69	4.41107086e-30	-4.30759864e-30	-8.633439e-32
C71	-2.847253e-29	-2.73981339e-27	6.96849436e-32
C73	4.4951507e-30	-1.83904472e-25	8.79586218e-32
C75	8.74287892e-29	-8.91906155e-24	2.23940855e-32
C77	-6.9255095e-28	2.64874371e-22	4.81131842e-33
C78	2.23687462e-34	-1.85559281e-36	-5.94735011e-35
C80	-7.0923897e-33	-8.80329782e-35	1.42958234e-34
C82	-2.40355343e-31	1.32753328e-31	3.76354599e-34



Koeffizient	M5	M4	M3
C84	-1.33477305e-30	6.7062528e-29	4.22628687e-34
C86	-3.52926483e-30	4.70367187e-27	2.68539626e-34
C88	-4.04944897e-30	-1.60136059e-25	9.37754675e-35
C90	-2.28582075e-32	3.37934991e-24	1.01872115e-35
C92	1.53053664e-35	1.03181863e-38	4.49578153e-37
C94	1.90635627e-34	7.96148268e-37	4.15343568e-37
C96	1.7721621e-33	5.60447131e-33	-1.33200295e-37
C98	7.04887896e-33	5.29126054e-31	-4.53303133e-37
C100	1.53325023e-32	6.99281316e-29	-2.18759113e-37
C102	1.55847895e-32	0	-2.6400999e-38
C104	5.50738373e-33	0	-5.86276203e-39
C105	-3.29469714e-39	2.0787905e-42	-7.97361647e-43
C107	-6.03049846e-38	8.43168465e-40	-9.19641517e-40
C109	-5.38471092e-37	-2.34623974e-37	-7.68527335e-40
C111	-3.36030533e-36	-1.09110522e-34	-5.25251603e-40
C113	-1.05801312e-35	-2.66122693e-32	-3.43774941e-40
C115	-2.05317853e-35	0	-3.0477398e-40
C117	-1.88191883e-35	0	-1.37941097e-40
C119	-9.0448429e-36	0	-1.23378749e-41

Tabelle 3b zur Fig. 20/21

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-5190.31139400	-5923.95714800
C7	-5.28973257e-09	-9.34107203e-08
C9	3.16117691e-08	-3.08170947e-08
C10	-3.5113151e-11	2.15749003e-11
C12	-5.94839832e-11	-4.16147444e-11
C14	4.15396704e-11	-9.60232617e-12
C16	8.8719325e-14	-1.38710348e-13
C18	2.11910791e-14	-4.21723708e-13
C20	5.83626437e-14	1.56831697e-13
C21	-7.52771425e-17	2.2883345e-17
C23	2.86726561e-17	-7.98916101e-17
C25	-6.07859472e-17	-6.15893157e-16
C27	9.82616796e-17	6.98313821e-16
C29	-1.44090078e-21	-1.67084874e-20
C31	1.04190298e-19	1.24909603e-19
C33	1.81953338e-20	-5.55656679e-19
C35	2.0422779e-19	-3.23336886e-18
C36	-1.68993866e-23	-3.08540907e-25
C38	-5.92115931e-23	-6.92333888e-22
C40	3.83068102e-23	-1.17221531e-21
C42	-9.31939644e-23	1.57625031e-21
C44	3.54805796e-22	-4.85282982e-20
C46	1.64542991e-25	7.61056694e-26
C48	-2.94838765e-25	1.5289645e-24
C50	-1.09554398e-24	8.66857734e-24

Koeffizient	M2	M1
C52	-1.81472711e-24	2.18885048e-23
C54	-1.10156139e-25	2.98501444e-22
C55	-3.91686651e-28	-3.84029125e-29
C57	-9.77388973e-28	8.12604652e-27
C59	-6.14630023e-28	4.79732982e-26
C61	-1.27909521e-27	3.3152603e-26
C63	-4.46201357e-27	-2.9689908e-25
C65	-2.14425067e-28	2.24300892e-24
C67	3.17153528e-32	-3.98900423e-30
C69	6.31254012e-30	-4.30683926e-29
C71	1.77074038e-29	-3.09345554e-28
C73	2.94127232e-29	-3.2763638e-28
C75	1.7371783e-29	1.84376033e-28
C77	9.59406388e-30	-9.29242727e-27
C78	2.26427738e-33	6.44291133e-34
C80	6.98015663e-33	-7.26102976e-32
C82	3.90295139e-33	-8.26037127e-31
C84	1.00563556e-32	-2.47229342e-30
C86	5.31207359e-32	1.36267497e-30
C88	4.68167146e-32	1.1558863e-29
C90	2.22750927e-32	-6.48766222e-29
C92	4.94909078e-36	2.123736e-35
C94	-2.40458792e-35	2.73287712e-34
C96	-6.91070231e-35	2.28462552e-33
C98	-1.61918658e-34	6.85274826e-33
C100	-1.44300155e-34	-4.32046035e-33
C102	-7.93406187e-35	-1.07655048e-32
C104	-1.66530071e-35	1.27235198e-31
C105	5.86498685e-40	-4.29231126e-39
C107	-1.54194375e-38	2.35882135e-37
C109	-7.13318326e-39	4.70203204e-36
C111	-1.43456171e-38	2.37591177e-35
C113	-1.90286626e-37	3.22170482e-35
C115	-2.94354338e-37	-8.87390817e-35
C117	-2.19039138e-37	-1.98534313e-34
C119	-6.06928085e-38	8.31104332e-34

Tabelle 3c zur Fig. 20/21

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.35696376	928.41215449
M7	0.00000000	-194.00592810	123.62549517
M6	0.00000000	110.73807678	1485.21127288
M5	0.00000000	410.24860809	1906.05090667
M4	0.00000000	989.83215098	2227.66851159
M3	0.00000000	-480.76794337	1725.54436925
M2	0.00000000	-1586.00680196	983.72854005
Blende	0.00000000	-1833.30051904	630.89726836
M1	0.00000000	-2256.96990972	48.20891557
Objektebene	0.00000000	-2433.04940926	1809.33615616

Tabelle 4a zur Fig. 20/21

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.81158601	0.00000000	-0.00000000
M7	166.85343770	0.00000000	-0.00000000
M6	65.47067671	0.00000000	-0.00000000
M5	41.13388792	0.00000000	-0.00000000
M4	-66.25259654	0.00000000	-0.00000000
M3	26.32646837	0.00000000	-0.00000000
M2	43.98793212	0.00000000	-0.00000000
Blende	17.85348492	0.00000000	-0.00000000
M1	165.03170476	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	0.84183854	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 20/21

Oberfläche	Einfallswinkel [deg]	Reflektivität
M8	6.79146457	0.66081301
M7	0.47255204	0.66566232
M6	78.11128013	0.85242200
M5	77.56569142	0.84450121
M4	4.90369075	0.66322257
M3	82.65450170	0.91169087
M2	79.49691949	0.87161748
M1	20.67887147	0.60924189
Gesamttransmission		0.1017

Tabelle 5 zur Fig. 20/21

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-127.83604117	0.00000000
-42.47230052	-125.94642328	0.00000000
-84.13944596	-120.36530056	0.00000000
-124.19202701	-111.34341136	0.00000000
-161.81430598	-99.26141457	0.00000000
-196.18564839	-84.58693884	0.00000000
-226.48648672	-67.83445412	0.00000000
-251.91061812	-49.53759338	0.00000000
-271.68668618	-30.23530779	0.00000000
-285.11143299	-10.46743152	0.00000000
-291.59521276	9.22826034	0.00000000
-290.71624730	28.32744481	0.00000000
-282.27411538	46.34275447	0.00000000
-266.32872550	62.84972374	0.00000000
-243.21383327	77.50530904	0.00000000
-213.52264822	90.05981266	0.00000000
-178.07097077	100.36136137	0.00000000
-137.84767730	108.34615051	0.00000000
-93.96325338	114.01343410	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
-47.60455320	117.39298190	-0.00000000
-0.00000000	118.51540025	0.00000000
47.60455320	117.39298190	-0.00000000
93.96325338	114.01343410	0.00000000
137.84767730	108.34615051	0.00000000
178.07097077	100.36136137	0.00000000
213.52264822	90.05981266	0.00000000
243.21383327	77.50530904	0.00000000
266.32872550	62.84972374	0.00000000
282.27411538	46.34275447	0.00000000
290.71624730	28.32744481	0.00000000
291.59521276	9.22826034	0.00000000
285.11143299	-10.46743152	0.00000000
271.68668618	-30.23530779	0.00000000
251.91061812	-49.53759338	0.00000000
226.48648672	-67.83445412	0.00000000
196.18564839	-84.58693884	0.00000000
161.81430598	-99.26141457	0.00000000
124.19202701	-111.34341136	0.00000000
84.13944596	-120.36530056	0.00000000
42.47230052	-125.94642328	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 20/21

**[0354]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **34** beträgt 10,17%.

**[0355]** Die Projektionsoptik **34** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,55. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zwei Mal 13mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Die Projektionsoptik **34** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0356]** Die Projektionsoptik **34** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **34** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0357]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **34** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0358]** In der xz-Ebene (vgl. **Fig. 21**) liegt eine Eintrittspupille der Projektionsoptik **34** im Strahlengang des Beleuchtungslichts 2740mm vor dem Objektfeld **4**. In der yz-Ebene liegt die Eintrittspupille im Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **34** 5430mm nach dem Objektfeld. Ein Verlauf der Hauptstrahlen **16** ausgehend vom Objektfeld **4** ist also sowohl im Meridionalschnitt nach **Fig. 20** als auch in der Ansicht nach **Fig. 21** konvergent.

**[0359]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 21**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen. Die Blende **18** ist eben und gegenüber dem Bildfeld gekippt. Die lange Ausdehnung der Blende **18** in x-Richtung beträgt 583.18mm. Die gesamte Ausdehnung der Blende **18** in y-Richtung beträgt 238.85mm.

**[0360]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1850mm.

**[0361]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 2400mm.

**[0362]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 83mm.

**[0363]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **34** maximal 8mλ und beträgt im Mittel 7mλ.

**[0364]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,10nm und in y-Richtung maximal 0,10nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 1,58mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 0,15mrad.

**[0365]** Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	20.9	81.9	83.8	7.0	79.8	81.2	17.2	8.3
Spiegelausdehnung (x) [mm]	525.7	662.4	847.1	984.1	675.6	325.0	482.9	1074.4
Spiegelausdehnung (y) [mm]	268.1	512.7	856.1	66.4	336.1	466.1	277.4	1053.4
Maximaler Spiegel-durchmesser [mm]	525.8	662.5	926.3	984.1	675.6	470.0	483.0	1076.0

Tabelle 7 zu Fig. 20/21

**[0366]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 20**) im Bereich einer Reflexion am Spiegel M4 und parallel zur xz-Ebene (**Fig. 21**) im Abbildungsstrahlengangbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor.

**[0367]** Der Spiegel M8 ist obskuriert und hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Beleuchtungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0368]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben eine durchgehende Reflexionsfläche. Die Reflexionsfläche des Spiegels M8 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0369]** Die Spiegel M1, M3, M4, und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M2, M5, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0370]** **Fig. 21A** zeigt Randkonturen der auf den Spiegeln M1 bis M8 der Projektionsoptik **34** jeweils mit dem Beleuchtungslicht **3** beaufschlagten Flächen, also die sogenannten Footprints der Spiegel M1 bis M8. Dargestellt sind diese Randkonturen jeweils in einem x/y-Diagramm, welches den lokalen x- und y-Koordinaten des jeweiligen Spiegels M1 bis M8 entspricht. Die Darstellungen sind maßstäblich in Millimetern. Die Spiegel M2, M3 und M8 haben ein x/y-Aspektverhältnis, welches nicht oder nur gering vom Wert 1 abweicht. Die Spiegel M1 und M5 sowie M7 haben ein x/y-Aspektverhältnis von etwa 2. Der Spiegel M4 hat ein x/y-Aspektverhältnis von etwa 15. Der Spiegel M6 hat ein x/y-Aspektverhältnis von etwa 0,7.

**[0371]** Anhand der **Fig. 22** und **Fig. 23** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **35** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 19** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert. **Fig. 22** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **35**. **Fig. 23** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **35**.

**[0372]** Die Projektionsoptik **35** hat insgesamt **8** Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0373]** Die Projektionsoptik **35** ist als anamorphotische Optik ausgeführt. Im yz-Schnitt nach **Fig. 22** hat die Projektionsoptik **35** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_y$  von 6,00. In der hierzu senkrechten xz-Ebene (vgl. **Fig. 23**) hat die Projektionsoptik **35** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_x$  von 4,00.

**[0374]** Diese verschiedenen Abbildungsmaßstäbe  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  führen dazu, dass eine objektseitige numerische Apertur in der yz-Ebene geringer ist als in der xz-Ebene, wie sich durch Vergleich der **Fig. 22** und **Fig. 23** sofort ergibt. Hierdurch wird in der yz-Ebene ein vorteilhaft niedriger Hauptstrahlwinkel CRAO von  $6,3^\circ$  erreicht.

**[0375]** Die anamorphotische Wirkung der Projektionsoptik **35** ist verteilt auf alle optischen Flächen der Spiegel M1 bis M8.

**[0376]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **35** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

#### Ausführungsbeispiel

#### Fig. 22/23

NA	0.49
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	26.0 mm
Feldgroesse_y	1.6 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm

Blende

S9

Tabelle 1 zur Fig. 22/23

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-1121.37889641	0.00177101	-1023.61301917	0.00196766	REFL
M7	4813.84973129	-0.00041545	689.47522791	-0.00290086	REFL
M6	7961.52706392	-0.00005196	10472.69061413	-0.00092320	REFL
M5	63451.73749313	-0.00000674	-71805.62245393	0.00013019	REFL
M4	-2879.29868612	0.00069194	-5323.52677528	0.00037714	REFL
M3	-11586.49414415	0.00002283	-19036.27253247	0.00079438	REFL
M2	-6051.13629901	0.00005747	5373.11013087	-0.00214085	REFL
M1	-7070.71042694	0.00026365	-1740.13114618	0.00123306	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 22/23

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1121.37889600	4813.84973100	7961.52706400
C7	-1.18303428e-08	1.38677591e-07	4.50959592e-08
C9	-9.04489424e-09	-2.49942276e-07	-3.22908374e-08
C10	-5.56852211e-12	3.59231824e-10	1.39261473e-10
C12	-2.2156858e-11	1.11674106e-09	-1.58384659e-10
C14	-6.4485662e-12	7.68944651e-10	-4.64967002e-11
C16	-5.99476799e-15	-1.25877621e-13	-6.14806551e-13
C18	-1.17154189e-14	-8.32139172e-13	6.1577807e-14
C20	-6.35164457e-15	-1.04560226e-12	-1.56127394e-13
C21	-1.01505313e-17	2.28624052e-16	-3.24656403e-16
C23	-3.58157787e-17	2.8674558e-15	1.48986258e-15
C25	-3.28325694e-17	7.19573474e-15	-4.96219439e-16
C27	-7.73325248e-18	3.33755229e-15	-3.25304321e-16
C29	-4.20439801e-21	1.11781377e-18	1.99348552e-18
C31	-1.22366176e-20	2.12044512e-18	-3.13360785e-18
C33	-1.33129381e-20	-1.15534587e-17	-6.05173065e-20
C35	-4.96149215e-21	-1.08505991e-17	-7.96524541e-19
C36	-8.64520812e-24	1.17916451e-21	4.32310419e-22
C38	-4.20401284e-23	7.44374387e-21	-6.15076012e-21
C40	-6.32215484e-23	1.2747226e-20	6.73662583e-21
C42	-3.86493292e-23	4.95955342e-20	-6.33665608e-22
C44	-7.91782043e-24	3.24541865e-20	-2.74989457e-21
C46	-2.33453384e-27	-2.60631426e-24	-3.91508173e-24
C48	-1.2111516e-26	-2.33541368e-23	1.99392725e-24
C50	-2.11068645e-26	-3.6973872e-23	-2.14301967e-23
C52	-1.4752144e-26	-7.99170432e-23	-1.74710333e-23
C54	-2.78281412e-27	2.51969672e-22	-8.23051883e-24
C55	-9.3090786e-30	-5.20473578e-28	-3.87769553e-27
C57	-4.82558402e-29	7.88777677e-27	2.66612565e-27
C59	-1.01014959e-28	8.54406184e-26	-5.91238257e-26
C61	-1.01884048e-28	2.13476338e-25	-9.52500131e-26
C63	-4.93105369e-29	1.13995538e-24	-5.50812191e-26

Koeffizient	M8	M7	M6
C65	-8.3687505e-30	-5.12746033e-25	-2.47004376e-26
C67	-7.38344559e-34	1.47520112e-29	7.1085924e-29
C69	-5.65274775e-33	1.61742091e-28	3.53277318e-28
C71	-1.37764606e-32	3.44509275e-28	2.93969176e-28
C73	-1.94275915e-32	5.48602534e-28	2.20566794e-28
C75	-1.39583588e-32	-5.18813001e-27	1.06448096e-28
C77	-4.27384745e-33	-4.35332176e-27	-9.78424185e-29
C78	-8.54420454e-37	8.35040636e-33	2.58890164e-32
C80	-2.31228001e-35	1.76870158e-31	-5.38428428e-31
C82	-5.6838319e-35	1.22604787e-31	-5.84517587e-31
C84	-7.66291033e-35	-2.91896005e-31	1.4024938e-30
C86	-6.31178383e-35	-2.08128795e-30	2.01491828e-30
C88	-3.30768172e-35	5.15327359e-30	2.88799603e-31
C90	-6.60293612e-36	6.34662561e-30	-1.56186793e-31
C92	-6.89240073e-39	0	0
C94	-2.22316469e-38	0	0
C96	-6.89815447e-38	0	0
C98	-9.26549465e-38	0	0
C100	-5.535508e-38	0	0
C102	-1.37382595e-38	0	0
C104	-2.77235312e-39	0	0
C105	-1.32648355e-41	0	0
C107	-1.08701271e-40	0	0
C109	-3.57659282e-40	0	0
C111	-6.22339725e-40	0	0
C113	-6.31535758e-40	0	0
C115	-3.50492314e-40	0	0
C117	-8.26138611e-41	0	0
C119	-4.09212691e-42	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 22/23

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	63451.73749000	-2879.29868600	-11586.49414000
C7	-9.65439819e-08	-5.21928877e-08	-5.17057407e-09
C9	-4.4513793e-08	-6.81657841e-07	3.86113841e-09
C10	2.42543649e-11	7.64041622e-13	-1.02639927e-11
C12	8.44725177e-11	1.99750296e-10	-4.79572504e-12
C14	7.04127351e-11	3.06515788e-09	-4.42190289e-12
C16	-3.41516947e-14	-2.37609081e-14	8.82004007e-15
C18	-1.98478544e-13	-1.56031785e-12	-9.88386961e-16
C20	-2.68645804e-13	-1.9204511e-11	1.72706853e-15
C21	-3.59158408e-17	1.13052962e-18	3.41000671e-18
C23	3.64471697e-17	2.10998699e-16	-3.70359019e-18
C25	4.18205639e-16	1.08957074e-14	-1.71679008e-18
C27	9.35618672e-16	1.32227766e-13	-1.70575731e-18
C29	1.153762e-19	-1.205391e-20	-4.77242785e-21
C31	1.08387142e-20	-2.2598668e-18	1.1307014e-21



Koeffizient	M5	M4	M3
C33	-1.29076401e-18	-9.90347004e-17	1.61393734e-22
C35	-3.11679607e-18	-5.16190495e-16	1.06465407e-21
C36	3.2037253e-23	2.44573623e-25	-5.23904465e-24
C38	-3.00422396e-22	2.02451858e-22	6.39454501e-24
C40	-5.56453309e-22	2.77540352e-20	-2.38654616e-26
C42	1.15075161e-21	7.77510206e-19	-8.27248728e-25
C44	-8.45545916e-21	1.83631375e-16	-1.10257267e-24
C46	-7.17799435e-26	-6.16666974e-27	3.71377518e-27
C48	4.41056949e-25	-1.77193124e-24	2.26385586e-29
C50	3.20645297e-24	-7.22070937e-25	9.11823578e-28
C52	-6.68431649e-24	-1.47635262e-20	5.14270429e-28
C54	8.10978715e-23	5.0776662e-18	4.13766527e-28
C55	-8.00938486e-29	2.30519335e-31	1.16666839e-29
C57	-4.31210476e-28	5.98498871e-29	-1.67242338e-29
C59	1.263643e-27	-2.81679351e-27	-1.76007666e-30
C61	1.612983e-26	3.572795e-24	-2.19437814e-30
C63	2.7883773e-25	-5.88261071e-22	-8.93045154e-31
C65	1.0678073e-24	-1.29361634e-19	3.33090397e-32
C67	4.23448748e-31	-5.49562737e-33	-4.02324014e-34
C69	6.71940992e-30	-4.72770157e-30	-6.06669725e-33
C71	-5.19192758e-29	-1.4523395e-27	-5.05696725e-33
C73	1.0131755e-29	-1.68084682e-25	-2.25708995e-34
C75	-3.04215249e-27	-8.27631336e-24	9.90529604e-34
C77	-9.47988848e-27	-6.68913918e-21	1.03314337e-33
C78	1.37830298e-34	3.39532895e-38	-3.00501581e-35
C80	-2.20614706e-33	2.60606795e-34	3.47983183e-35
C82	-1.55885934e-32	1.18728779e-31	9.0614728e-36
C84	2.36759125e-31	-9.90754189e-30	6.42501344e-36
C86	-8.92393833e-31	-2.12722713e-27	2.44225001e-36
C88	1.11751611e-29	2.57988212e-25	-1.1318051e-36
C90	1.68895246e-29	-6.02795443e-23	-1.48883018e-36

Tabelle 3b zur Fig. 22/23

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-6051.13629900	-7070.71042700
C7	5.13565486e-08	-5.53709138e-08
C9	8.48166415e-08	-2.81784911e-08
C10	-7.13439177e-11	1.35470045e-11
C12	-6.78217449e-11	2.22349088e-12
C14	1.07389017e-10	-2.17100764e-11
C16	9.40090645e-14	-9.25413819e-14
C18	4.12391946e-14	-1.96114428e-13
C20	1.58260544e-13	1.03943487e-13
C21	3.47522486e-18	1.82335443e-17
C23	6.4536786e-17	-9.18926095e-17
C25	-9.48899205e-17	1.8538804e-16
C27	2.49339094e-16	-1.11389293e-16

Koeffizient	M2	M1
C29	5.35403925e-20	1.8436518e-20
C31	7.5637834e-20	1.96646409e-19
C33	-3.4158977e-20	-9.81835487e-20
C35	4.85861223e-19	1.66148938e-20
C36	-4.94601583e-23	-7.08072737e-23
C38	-4.05348385e-23	-4.11801448e-22
C40	-1.32203024e-22	-3.45175171e-22
C42	-4.03609525e-22	2.73466405e-21
C44	1.11739328e-21	2.14025934e-21
C46	4.93708892e-25	-4.4788586e-25
C48	8.43130272e-25	-2.07813692e-24
C50	3.73873009e-25	-1.03853204e-24
C52	-6.68290603e-25	8.00799065e-24
C54	2.70267769e-24	8.41515359e-24
C55	7.69118669e-28	1.51282519e-28
C57	-6.45916145e-28	3.17074481e-27
C59	-2.33699309e-27	1.22333041e-26
C61	-1.59593012e-27	2.79500485e-26
C63	-1.26314552e-27	3.67365838e-26
C65	6.27135853e-27	6.16865377e-27
C67	-4.95148641e-31	9.10808295e-31
C69	-1.46516796e-30	1.89542207e-29
C71	-4.91881917e-31	3.64294099e-29
C73	5.75845525e-30	1.8163786e-28
C75	3.15049294e-30	1.86166005e-28
C77	1.11362439e-29	6.30936726e-29
C78	-5.94716839e-33	2.0215274e-34
C80	8.05983005e-33	-1.50601813e-32
C82	1.4626007e-32	-7.53087591e-32
C84	5.40117622e-33	-9.52174202e-32
C86	3.4651056e-33	3.12650323e-31
C88	1.81935676e-34	1.56079676e-30
C90	8.55586176e-33	-9.50142408e-31

Tabelle 3c zur Fig. 22/23

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.43487770	929.54103257
M7	0.00000000	-195.16970097	122.97869898
M6	0.00000000	111.85985762	1489.32638973
M5	0.00000000	410.81949788	1904.78959323
M4	0.00000000	992.15730872	2222.31723561
M3	0.00000000	-482.56707270	1729.00568653
M2	0.00000000	-1585.17397046	981.97338980
Blende	0.00000000	-1727.72829897	783.13904832
M1	0.00000000	-2266.52701125	58.05513346
Objektebene	0.00000000	-2431.23130607	1600.02829943

Tabelle 4a zur Fig. 22/23

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.81330581	0.00000000	-0.00000000
M7	166.92645295	0.00000000	-0.00000000
M6	65.44761820	0.00000000	-0.00000000
M5	41.17768289	0.00000000	-0.00000000
M4	-66.32591576	0.00000000	-0.00000000
M3	26.39370949	0.00000000	-0.00000000
M2	43.84283645	0.00000000	-0.00000000
Blende	16.95641469	0.00000000	-0.00000000
M1	164.87624817	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	0.14372063	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 22/23

Oberfläche	Einfallswinkel [deg]	Reflektivität
M8	6.78879174	0.66081702
M7	0.47469061	0.66566222
M6	78.06166814	0.85171082
M5	77.64639609	0.84568699
M4	5.02606661	0.66309175
M3	82.39990131	0.90859365
M2	79.98727228	0.87813250
M1	21.23546659	0.60543423
Gesamttransmission		0.1015

Tabelle 5 zur Fig. 22/23

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-103.18045715	0.00000000
-38.19587382	-101.80911486	0.00000000
-75.61417532	-97.73837268	0.00000000
-111.48060482	-91.09640307	0.00000000
-145.02805526	-82.09029073	0.00000000
-175.50222111	-70.99475403	0.00000000
-202.17051799	-58.13708869	0.00000000
-224.33612423	-43.88214370	0.00000000
-241.35841193	-28.62051048	0.00000000
-252.67986085	-12.76035334	0.00000000
-257.85795356	3.27889145	0.00000000
-256.59867271	19.07356199	0.00000000
-248.78648356	34.20626311	0.00000000
-234.50514232	48.28188025	0.00000000
-214.04516542	60.94874828	0.00000000
-187.89688337	71.92090722	0.00000000
-156.73117956	80.99526522	0.00000000
-121.37190551	88.05708287	0.00000000
-82.76429617	93.07042816	0.00000000
-41.94278561	96.05359314	0.00000000
-0.00000000	97.04230242	-0.00000000
41.94278561	96.05359314	0.00000000
82.76429617	93.07042816	-0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
121.37190551	88.05708287	0.00000000
156.73117956	80.99526522	-0.00000000
187.89688337	71.92090722	0.00000000
214.04516542	60.94874828	-0.00000000
234.50514232	48.28188025	0.00000000
248.78648356	34.20626311	0.00000000
256.59867271	19.07356199	0.00000000
257.85795356	3.27889145	0.00000000
252.67986085	-12.76035334	0.00000000
241.35841193	-28.62051048	0.00000000
224.33612423	-43.88214370	0.00000000
202.17051799	-58.13708869	0.00000000
175.50222111	-70.99475403	0.00000000
145.02805526	-82.09029073	0.00000000
111.48060482	-91.09640307	0.00000000
75.61417532	-97.73837268	0.00000000
38.19587382	-101.80911486	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 22/23

**[0377]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **35** beträgt 10,15%.

**[0378]** Die Projektionsoptik **35** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,49. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zwei Mal 13mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Die Projektionsoptik **35** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0379]** Die Projektionsoptik **35** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **35** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0380]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **35** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0381]** Ein Einfallswinkel der Hauptstrahlen **16** in der Objektebene **5** liegt bei 6,3°.

**[0382]** Im Meridionalschnitt nach **Fig. 1** verlaufen die Hauptstrahlen zwischen dem Objektfeld und dem Spiegel M1 divergent. In der yz-Ebene liegt eine Eintrittspupille der Projektionsoptik **35** im Strahlengang des Beleuchtungslichts etwa -6640mm vor dem Objektfeld **4**. In der xz-Ebene (vgl. **Fig. 15**) liegt die Eintrittspupille im Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **35** etwa 2750mm nach dem Objektfeld. Durch den Spiegel M8 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die in der x-Dimension kleiner ist als 15 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **35**.

**[0383]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 23**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen.

**[0384]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1600mm.

**[0385]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 2430mm.

**[0386]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 88mm.

**[0387]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **35** maximal 10mλ und beträgt im Mittel 7mλ.

**[0388]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,27nm und in y-Richtung maximal 0,17nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 0,01mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 0,06mrad.

**[0389]** Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	21.6	82.4	82.8	7.4	80.1	81.4	14.8	8.5
Spiegelausdehnung (x) [mm]	427.1	563.6	810.3	985.6	705.3	352.4	414.1	951.7
Spiegelausdehnung (y) [mm]	286.3	514.2	1144.8	52.4	219.4	367.8	248.0	928.2
Maximaler Spiegel-durchmesser [mm]	427.5	569.8	1172.5	985.6	705.3	390.7	414.3	951.9

Tabelle 7 zu Fig. 22/23

**[0390]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 22**) im Bereich einer Reflexion am Spiegel M5 und in der xz-Ebene (**Fig. 23**) im Abbildungsstrahlengangbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor.

**[0391]** Der Spiegel M8 ist obskuriert und hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Beleuchtungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7. Ein Obskurationswert beträgt 15%.

**[0392]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben eine durchgehende Reflexionsfläche. Die Reflexionsfläche des Spiegels M8 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0393]** Die Spiegel M1, M3, M4, M5 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M2, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0394]** Anhand der **Fig. 24** und **Fig. 25** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **36** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 23** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert. **Fig. 24** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **36**. **Fig. 25** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **36**.

**[0395]** Die Projektionsoptik **36** hat insgesamt **8** Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0396]** Die Projektionsoptik **36** ist als anamorphotische Optik ausgeführt. Im yz-Schnitt nach **Fig. 24** hat die Projektionsoptik **36** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_y$  von 6,00. In der hierzu senkrechten xz-Ebene (vgl. **Fig. 25**) hat die Projektionsoptik **36** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_x$  von 5,40.

**[0397]** Diese verschiedenen Abbildungsmaßstäbe  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  führen dazu, dass eine objektseitige numerische Apertur in der yz-Ebene kleiner ist als in der xz-Ebene, wie sich durch Vergleich der **Fig. 24** und **Fig. 25** ergibt. Hierdurch wird in der yz-Ebene ein vorteilhaft niedriger Hauptstrahlwinkel CRAO von 6,7° erreicht.

**[0398]** Die anamorphotische Wirkung der Projektionsoptik **36** ist verteilt auf alle optischen Flächen der Spiegel M1 bis M8.

**[0399]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **36** können den

nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik 7 nach Fig. 2 entsprechen.

**Ausführungsbeispiel****Fig. 24/25**

NA	0.5
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	26.0 mm
Feldgroesse_y	1.2 mm
Feldkruemmung	0.0 1/mm
Blende	S9

Tabelle 1 zur Fig. 24/25

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-898.65384451	0.00220986	-841.56029276	0.00239341	REFL
M7	2519.21415981	-0.00079387	549.64538748	-0.00363883	REFL
M6	5235.46738689	-0.00007321	18583.02763769	-0.00056159	REFL
M5	10320.35903473	-0.00004533	7043.08337008	-0.00121403	REFL
M4	-2368.58450824	0.00084156	-1677.61856878	0.00119617	REFL
M3	-14606.85237623	0.00001752	-34792.73073480	0.00044930	REFL
M2	-3162.96579252	0.00011478	6044.71230342	-0.00182278	REFL
M1	-33768.32490726	0.00005542	-1659.85010449	0.00128773	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 24/25

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-898.65384450	2519.21416000	5235.46738700
C7	-3.09391603e-08	-1.79559389e-07	1.24390263e-08
C9	-7.26824159e-09	6.05374011e-08	1.79529464e-08

Koeffizient	M8	M7	M6
C10	-9.17661523e-12	7.52464303e-10	7.73452408e-11
C12	-2.9215991e-11	2.51411627e-09	5.01854597e-11
C14	-1.54578064e-11	1.71853031e-09	1.59214758e-11
C16	-3.78292895e-14	-1.78811844e-12	-1.78827188e-13
C18	-3.15725802e-14	-3.28279723e-12	1.1629587e-13
C20	-3.25627497e-15	1.74708334e-12	2.90732297e-14
C21	-2.16930672e-17	1.21979378e-16	-1.17216554e-16
C23	-7.40935074e-17	8.73459133e-15	6.3593323e-16
C25	-8.27264393e-17	2.78760075e-14	3.63957206e-16
C27	-2.47378025e-17	7.97309374e-15	4.64399505e-17
C29	-4.00833778e-20	3.04883362e-18	1.20940283e-18
C31	-6.74348668e-20	1.05351029e-17	-7.33386432e-19
C33	-3.33712007e-20	-2.53301039e-17	1.04598017e-18
C35	-1.60060561e-21	5.51279308e-18	3.15382288e-20
C36	-3.38618723e-23	1.09644503e-20	2.10543991e-21
C38	-1.52108183e-22	5.20557325e-20	-7.17116902e-21
C40	-2.50184393e-22	9.91293267e-20	1.9344533e-21
C42	-1.55242331e-22	4.49100492e-20	5.1810958e-21
C44	-3.21754195e-23	6.12504902e-20	4.00057253e-22
C46	-2.56622324e-26	-2.34811653e-23	-2.20054661e-23
C48	-7.12044814e-26	-1.38827791e-22	2.11379653e-23
C50	-8.35229848e-26	-2.27120568e-22	4.24710944e-24
C52	-3.25877822e-26	1.63931776e-21	2.81218781e-23
C54	2.31523308e-27	2.29596466e-21	4.11520106e-24
C55	-3.22044427e-29	-8.38570398e-26	-3.16289259e-26
C57	-9.9283758e-29	-3.98833111e-25	7.96014291e-26
C59	-1.59623677e-28	4.49981655e-25	-2.36125333e-26
C61	-2.26350041e-28	4.86885671e-24	2.20987927e-26
C63	-2.16360896e-28	4.81078139e-24	9.17694081e-26
C65	-7.19034294e-29	3.12706869e-24	1.70276521e-26
C67	-1.66086944e-31	-1.00921794e-28	1.20992206e-28
C69	-7.09674851e-31	2.62297907e-28	-3.33093899e-28
C71	-1.00405146e-30	1.59366409e-27	7.45906143e-29
C73	-4.84392005e-31	6.24841362e-27	-1.78519939e-28
C75	1.6840288e-32	9.81013953e-27	1.67183371e-28
C77	5.33123321e-32	-2.64352603e-26	3.33232457e-29
C78	-7.76624666e-35	7.70090407e-31	2.36244673e-31
C80	-1.37504248e-33	7.418665e-30	3.27117525e-31
C82	-4.9730902e-33	1.12937368e-29	1.58945015e-30
C84	-6.93445436e-33	-2.16643844e-29	-1.71056833e-30
C86	-4.05050995e-33	-1.48561291e-28	-4.22081835e-31
C88	-7.44238878e-34	-3.70834394e-28	1.38420773e-31
C90	8.08789051e-35	-3.48344195e-28	2.57211573e-32
C92	3.79975278e-37	0	0
C94	2.54205485e-36	0	0
C96	5.28074116e-36	0	0
C98	4.78458863e-36	0	0
C100	1.78186461e-36	0	0
C102	1.09169331e-38	0	0
C104	-1.69802736e-37	0	0
C105	-3.93526201e-41	0	0
C107	3.66634759e-39	0	0

Koeffizient	M8	M7	M6
C109	1.99100717e-38	0	0
C111	3.88960174e-38	0	0
C113	3.36275392e-38	0	0
C115	1.23397826e-38	0	0
C117	5.74500356e-40	0	0
C119	-5.43216154e-40	0	0
C121	-8.13063603e-43	0	0
C123	-6.57853328e-42	0	0
C125	-1.84219693e-41	0	0
C127	-2.4128622e-41	0	0
C129	-1.58805249e-41	0	0
C131	-4.8328677e-42	0	0
C133	-1.37774875e-44	0	0
C135	3.70992132e-43	0	0
C136	-1.82426978e-46	0	0
C138	-8.82948521e-45	0	0
C140	-5.13522224e-44	0	0
C142	-1.2576407e-43	0	0
C144	-1.54936749e-43	0	0
C146	-1.00539254e-43	0	0
C148	-3.21138841e-44	0	0
C150	-2.48902466e-45	0	0
C152	8.34369753e-46	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 24/25

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	10320.35903000	-2368.58450800	-14606.85238000
C7	-9.43984452e-08	-3.19780054e-08	3.42335843e-09
C9	-3.73977119e-08	-1.20873717e-08	5.71457986e-09
C10	2.4885219e-11	3.51515054e-13	-2.7196639e-11
C12	3.31374515e-11	3.35936518e-11	-8.28556705e-12
C14	1.23001091e-10	-4.20689147e-10	-4.37520677e-12
C16	9.60921501e-14	6.35312252e-16	3.97165731e-14
C18	3.06969842e-14	-2.04642026e-13	4.6038851e-16
C20	-1.81914837e-13	1.42057888e-12	4.04652695e-15
C21	-1.50139489e-16	3.20784131e-18	-6.41123154e-17
C23	-3.67530123e-16	-1.59859373e-17	-6.98459168e-18
C25	-5.85422242e-16	5.10844386e-16	-6.91809193e-18
C27	5.96794634e-16	-8.63505265e-15	-3.65944728e-18
C29	8.05074272e-19	9.21434731e-21	6.08393666e-20
C31	9.67423637e-19	-6.41403775e-20	1.32184653e-20
C33	2.74697274e-18	-3.17400432e-18	5.64881549e-21
C35	-2.10574097e-18	-5.68113418e-18	4.62810551e-21
C36	-4.19331352e-22	5.4673575e-24	-1.20159738e-22
C38	-1.48291097e-21	-5.66829369e-23	9.99813448e-24
C40	-8.89078399e-23	3.3289796e-21	-1.51187874e-24
C42	-1.30043929e-20	2.13230879e-20	2.57105484e-24



Koeffizient	M5	M4	M3
C44	-5.61941157e-23	1.28852422e-18	-2.83232079e-24
C46	1.22910541e-24	-3.93269304e-26	-8.4259963e-26
C48	2.63475255e-25	1.29025934e-24	-6.73035076e-27
C50	-1.61930052e-24	9.58130418e-23	-2.23952211e-26
C52	9.54851986e-23	-6.49564266e-22	-3.32643796e-26
C54	6.18740883e-23	2.13466405e-20	-1.30243029e-26
C55	-1.88937216e-28	4.62453335e-30	4.32699323e-29
C57	7.92134564e-27	-6.42166267e-28	2.58106954e-28
C59	-3.81767476e-26	-3.40516712e-27	-1.33435452e-28
C61	-7.40042015e-26	1.13636915e-25	-1.31816559e-28
C63	-5.91737902e-25	-2.28464211e-23	-6.13175237e-30
C65	-5.90657031e-26	3.90274961e-23	-7.57941398e-30
C67	-4.71910372e-30	-4.00537288e-32	-3.78181987e-31
C69	-3.80842075e-29	9.29769453e-31	3.15234014e-32
C71	3.45306237e-28	-9.14633256e-28	6.81155634e-31
C73	4.06923505e-28	-7.07463203e-27	3.52501713e-31
C75	1.89818188e-27	3.11226568e-25	4.51613912e-31
C77	-1.59359386e-27	-1.02694094e-23	8.58516649e-32
C78	5.39005499e-34	7.60475402e-36	5.47282581e-35
C80	1.28802722e-32	1.82429692e-33	2.22708016e-34
C82	8.88526683e-32	-1.0368376e-31	-5.0870717e-34
C84	-1.07852034e-30	-7.6912987e-30	-3.01511969e-34
C86	8.12932285e-32	7.77307244e-29	-6.5410886e-34
C88	-2.93141855e-30	2.55070847e-27	-5.55696921e-34
C90	4.98139974e-30	-9.99949267e-26	-6.9232932e-35

Tabelle 3b zur Fig. 24/25

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-3162.96579300	-33768.32491000
C7	-5.63006995e-09	-1.85162177e-07
C9	2.52603119e-08	-5.82002845e-08
C10	-1.63939568e-10	2.19843459e-11
C12	-1.45434544e-10	4.34395623e-12
C14	3.07914787e-11	-3.90398966e-11
C16	1.19978873e-13	-4.02854058e-13
C18	2.91665979e-14	-3.53269108e-13
C20	7.14507418e-14	-8.06536713e-14
C21	-1.26157584e-16	1.50658497e-16
C23	-7.76330156e-17	1.09978734e-17
C25	-1.72160645e-16	-2.64878411e-16
C27	1.30511683e-16	-9.7675593e-17
C29	4.97077758e-19	1.94104108e-19
C31	7.3469712e-19	2.13721124e-19
C33	-1.6248826e-19	-1.17732749e-18
C35	2.44811103e-19	3.66216487e-19
C36	2.74716093e-22	-1.46887345e-21
C38	-4.42878488e-22	-2.52169606e-21

Koeffizient	M2	M1
C40	4.31546413e-22	-4.89313142e-21
C42	-1.2501295e-21	-3.10103922e-21
C44	1.72029553e-22	-9.49213909e-21
C46	-1.32233821e-24	7.79166706e-25
C48	-5.97471372e-25	4.56312854e-25
C50	-1.02312238e-25	7.6643113e-24
C52	-5.04494501e-24	3.67536202e-23
C54	3.49233317e-25	1.65632978e-23
C55	-5.35422344e-27	2.17389317e-26
C57	-1.44886077e-26	6.10103532e-26
C59	-1.68015387e-26	3.72656392e-26
C61	-1.69820125e-27	4.8382551e-26
C63	-4.06228599e-27	7.94819696e-26
C65	4.73934877e-27	9.99358955e-26
C67	1.48192042e-29	-5.37391586e-30
C69	2.75293606e-29	-7.66284246e-29
C71	3.29720353e-29	-4.12938667e-28
C73	6.35559729e-29	-6.45953223e-28
C75	3.17464557e-29	-8.69448659e-28
C77	1.55333959e-29	-5.55442684e-28
C78	2.17458628e-32	-1.65616708e-31
C80	8.59099937e-32	-4.90253105e-31
C82	1.25586211e-31	8.5337234e-32
C84	1.36897347e-31	9.42500117e-31
C86	1.31238686e-31	7.66948893e-31
C88	5.58974151e-32	8.26964826e-31
C90	1.55246521e-32	5.2747466e-31

Tabelle 3c zur Fig. 24/25

Oberfläche	DCX	DCY	DCZ
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	-1.67688632	764.65279783
M7	0.00000000	-161.54058747	101.44072569
M6	0.00000000	107.77496443	1280.58144822
M5	0.00000000	296.98597488	1553.84576956
M4	0.00000000	819.24626664	1826.49875285
M3	0.00000000	-411.29452134	1414.13408128
M2	0.00000000	-1223.76315336	879.35100849
Blende	0.00000000	-1504.18673115	497.47373340
M1	0.00000000	-1814.12306458	26.60210356
Objektebene	0.00000000	-1997.79973260	1636.55227043

Tabelle 4a zur Fig. 24/25

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.69273798	0.00000000	-0.00000000
M7	166.94928575	0.00000000	-0.00000000
M6	66.32026554	0.00000000	-0.00000000
M5	41.57752409	0.00000000	-0.00000000

Oberfläche	TLA[deg]	TLB[deg]	TLC[deg]
M4	-66.84946365	0.00000000	-0.00000000
M3	26.18846526	0.00000000	-0.00000000
M2	44.25467874	0.00000000	-0.00000000
Blende	7.97043789	0.00000000	-0.00000000
M1	165.88786281	0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-0.94682585	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 24/25

Oberfläche	Einfallswinkel [deg]	Reflektivität
M8	6.80770562	0.66078858
M7	0.46825946	0.66566251
M6	78.95126382	0.86420515
M5	76.47302523	0.82792785
M4	4.68878693	0.66344392
M3	82.64944000	0.91162945
M2	79.54179192	0.87221922
M1	20.65816981	0.60938007
Gesamttransmission		0.1012

Tabelle 5 zur Fig. 24/25

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
0.00000000	-112.35689068	0.00000000
-28.34197084	-110.84444041	0.00000000
-56.16590328	-106.34781797	0.00000000
-82.95239148	-98.98955006	0.00000000
-108.17910149	-88.97362778	0.00000000
-131.31951112	-76.58171221	0.00000000
-151.84357438	-62.16431302	0.00000000
-169.22272201	-46.12805914	0.00000000
-182.94128521	-28.92188102	0.00000000
-192.51547539	-11.02355542	0.00000000
-197.52003878	7.07501300	0.00000000
-197.62122485	24.88594680	0.00000000
-192.61263704	41.94672857	0.00000000
-182.44806396	57.84053853	0.00000000
-167.26402703	72.21001749	-0.00000000
-147.38653025	84.76311384	-0.00000000
-123.32070623	95.27376291	-0.00000000
-95.72644632	103.57890521	-0.00000000
-65.38585433	109.57098767	-0.00000000
-33.16868503	113.18678340	-0.00000000
-0.00000000	114.39509163	0.00000000
33.16868503	113.18678340	0.00000000
65.38585433	109.57098767	0.00000000
95.72644632	103.57890521	0.00000000
123.32070623	95.27376291	-0.00000000
147.38653025	84.76311384	0.00000000
167.26402703	72.21001749	-0.00000000
182.44806396	57.84053853	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
192.61263704	41.94672857	0.00000000
197.62122485	24.88594680	0.00000000
197.52003878	7.07501300	0.00000000
192.51547539	-11.02355542	0.00000000
182.94128521	-28.92188102	0.00000000
169.22272201	-46.12805914	0.00000000
151.84357438	-62.16431302	-0.00000000
131.31951112	-76.58171221	0.00000000
108.17910149	-88.97362778	0.00000000
82.95239148	-98.98955006	-0.00000000
56.16590328	-106.34781797	0.00000000
28.34197084	-110.84444041	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 24/25

**[0400]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **36** beträgt 10,11%.

**[0401]** Die Projektionsoptik **36** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,50. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zwei Mal 13mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Die Projektionsoptik **36** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0402]** Die Projektionsoptik **36** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Projektionsoptik **36** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0403]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **36** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0404]** Ein Einfallswinkel der Hauptstrahlen **16** in der Objektebene **5** liegt bei 6,7°.

**[0405]** In der xz-Ebene (vgl. **Fig. 25**) liegt eine Eintrittspupille der Projektionsoptik **36** im Strahlengang des Beleuchtungslichts 2225mm vor dem Objektfeld **4**. In der yz-Ebene liegt die Eintrittspupille im Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **36** 4000mm nach dem Objektfeld. Ein Verlauf der Hauptstrahlen **16** ausgehend vom Objektfeld **4** ist also sowohl im Meridionalschnitt nach **Fig. 24** als auch in der Ansicht nach **Fig. 25** konvergent. Durch den Spiegel M8 wird eine bildseitige Obskuration vorgegeben, die in der x-Dimension kleiner ist als 18 % der bildseitigen numerischen Apertur der Projektionsoptik **36**.

**[0406]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 21**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen.

**[0407]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 1600mm.

**[0408]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 2000mm.

**[0409]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 71mm.

**[0410]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **36** maximal 11mλ und beträgt im Mittel 10mλ.

**[0411]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,10nm und in y-Richtung maximal 0,32nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 0,61mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 0,74mrad.

**[0412]** Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	21.3	83.2	84.3	6.2	78.6	81.9	15.1	8.3
Spiegelausdehnung (x) [mm]	337.8	498.9	706.6	851.1	595.2	330.2	321.8	800.4
Spiegelausdehnung (y) [mm]	293.4	499.9	596.7	91.9	262.9	436.4	205.1	782.9
Maximaler Spiegel- durchmesser [mm]	337.9	529.5	807.8	851.2	595.3	442.3	321.9	801.2

Tabelle 7 zu Fig. 24/25

**[0413]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 24**) im Bereich zwischen den Spiegeln M3 und M4 und in der xz-Ebene (**Fig. 25**) im Abbildungsstrahlengangbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor.

**[0414]** Der Spiegel M8 ist obskuriert und hat eine Durchtrittsöffnung **17** zum Durchtritt des Beleuchtungslichts **3** im Abbildungsstrahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7.

**[0415]** Ausschließlich der im Abbildungsstrahlengang letzte Spiegel M8 hat eine Durchtrittsöffnung **17** für das Abbildungslicht **3**. Alle anderen Spiegel M1 bis M7 haben eine durchgehende Reflexionsfläche. Die Reflexionsfläche des Spiegels M8 wird um dessen Durchtrittsöffnung **17** herum genutzt.

**[0416]** Die Spiegel M1, M3, M4 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M2, M5, M6 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0417]** Anhand der **Fig. 26** und **Fig. 27** wird nachfolgend eine weitere Ausführung einer Projektionsoptik **37** erläutert, die beispielsweise anstelle der Projektionsoptik **7** bei der Projektionsbelichtungsanlage **1** nach **Fig. 1** zum Einsatz kommen kann. Komponenten und Funktionen, die vorstehend im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 25** bereits erläutert wurden, tragen ggf. die gleichen Bezugsziffern und werden nicht nochmals im Einzelnen diskutiert. **Fig. 26** zeigt einen Meridionalschnitt der Projektionsoptik **37**. **Fig. 27** zeigt eine sagittale Ansicht der Projektionsoptik **37**.

**[0418]** Die Projektionsoptik **37** hat insgesamt **8** Spiegel M1 bis M8 und ähnelt von ihrem grundsätzlichen Aufbau her beispielsweise der Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2**.

**[0419]** Die Projektionsoptik **37** ist als anamorphotische Optik ausgeführt. Im yz-Schnitt nach **Fig. 26** hat die Projektionsoptik **37** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_y$  von 8,00. In der hierzu senkrechten xz-Ebene (vgl. **Fig. 27**) hat die Projektionsoptik **37** einen verkleinernden Abbildungsmaßstab  $\beta_x$  von 4,00.

**[0420]** Diese verschiedenen Abbildungsmaßstäbe  $\beta_x$ ,  $\beta_y$  führen dazu, dass eine objektseitige numerische Apertur in der yz-Ebene halb so groß ist wie in der xz-Ebene, wie sich durch Vergleich der **Fig. 26** und **Fig. 27** sofort ergibt. Hierdurch wird in der yz-Ebene ein vorteilhaft niedriger Hauptstrahlwinkel CRAO von 3,6° erreicht.

**[0421]** Die anamorphotische Wirkung der Projektionsoptik **37** ist verteilt auf alle optischen Flächen der Spiegel M1 bis M8.

**[0422]** Die Spiegel M1 bis M8 sind wiederum als Freiformflächen-Spiegel ausgeführt, für die die vorstehend angegebene Freiformflächengleichung (1) gilt. Die optischen Designdaten der Projektionsoptik **37** können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden, die in ihrem Aufbau den Tabellen zur Projektionsoptik **7** nach **Fig. 2** entsprechen.

**Ausführungsbeispiel****Fig. 26/27**

NA	0.45
Wellenlaenge	13.5 nm
Feldgroesse_x	26.0 mm
Feldgroesse_y	1.2 mm
Feldkruemmung	0.007085 1/mm
Blende	S9

Tabelle 1 zur Fig. 26/27

Oberfläche	Radius_x[mm]	Power_x[1/mm]	Radius_y[mm]	Power_y[1/mm]	Betriebsmodus
M8	-1175.11369749	0.00169070	-952.26534854	0.00211425	REFL
M7	-3724.82086885	0.00050451	645.33108835	-0.00329838	REFL
M6	4206.42425174	-0.00010535	-480502.53877982	0.00001879	REFL
M5	29363.70859574	-0.00001475	10812.21558149	-0.00085442	REFL
M4	-2837.31613225	0.00069810	-1775.43828212	0.00113745	REFL
M3	14646.09252672	-0.00002459	20193.39993088	-0.00054992	REFL
M2	-8591.25984962	0.00004428	-35101.90303378	0.00029955	REFL
M1	-44223.29270437	0.00004251	-3327.73936048	0.00063940	REFL

Tabelle 2 zur Fig. 26/27

Koeffizient	M8	M7	M6
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	-1175.11369700	-3724.82086900	4206.42425200
C7	-1.45376933e-08	1.36379606e-07	-7.10374101e-08
C9	-1.22873208e-08	-2.63387155e-08	-3.11941218e-08
C10	-2.1470539e-11	3.8586011e-10	-2.47199046e-10
C12	-3.96186575e-11	5.63942817e-10	4.909512e-11
C14	-1.98735779e-11	2.24402337e-09	-4.82549835e-11
C16	-1.30420456e-15	7.62990824e-13	8.40182189e-13

Koeffizient	M8	M7	M6
C18	-6.32426869e-15	5.2611787e-12	-1.54721191e-13
C20	-2.91618922e-14	-8.64296247e-12	-6.95092865e-14
C21	-1.68020917e-17	1.79337812e-16	4.704138e-16
C23	-6.25679388e-17	6.25344238e-15	-1.98020462e-15
C25	-8.80198872e-17	9.42589658e-15	2.8630395e-16
C27	-2.15377736e-17	3.16333951e-15	-7.77736805e-17
C29	-4.600369e-20	8.50826753e-19	-8.89962473e-19
C31	-2.88783883e-20	2.46500403e-18	5.70734704e-18
C33	-8.24469634e-20	6.11421542e-18	-4.94608169e-19
C35	2.99965283e-20	2.68054245e-16	-5.37362862e-20
C36	-9.14144609e-23	-7.61482446e-22	-1.16419356e-20
C38	4.56746146e-23	-2.10318024e-20	-9.74634025e-21
C40	-7.5942581e-23	-5.13442867e-20	-1.73898241e-20
C42	-9.34952004e-23	-3.80153592e-19	1.16341028e-21
C44	8.70041492e-23	-1.58149457e-18	-5.56161657e-23
C46	2.46539099e-25	1.26001421e-23	2.22991592e-23
C48	8.63975279e-26	2.26904047e-22	-1.33814512e-23
C50	-4.64231072e-26	-6.94971301e-22	2.69140707e-23
C52	6.06567137e-26	-6.14162469e-21	-5.72930293e-24
C54	-1.27628469e-25	-1.39892604e-20	-3.17383225e-26
C55	2.6730632e-28	1.6124594e-26	2.37901686e-25
C57	-4.04681746e-28	1.79194869e-26	5.74908171e-25
C59	-6.13934671e-28	-1.07916138e-24	5.16858652e-25
C61	-6.82989222e-28	-1.84874159e-24	2.29934781e-26
C63	3.76587364e-29	5.28129065e-24	1.41744145e-26
C65	-5.97299103e-28	4.17347416e-23	-6.38021913e-28
C67	-8.00678063e-31	-1.43486698e-28	-1.37565501e-27
C69	-1.53299808e-30	-1.07367054e-26	-2.50594871e-27
C71	-2.2827634e-30	-5.11892322e-26	-1.5202136e-27
C73	-9.22430613e-31	5.3567633e-26	5.54122224e-29
C75	-2.04873095e-31	5.18408279e-25	-2.72156696e-30
C77	-6.4177289e-32	5.33075313e-25	-1.86793706e-30
C78	-7.06113511e-34	-2.43461881e-32	-2.29557514e-30
C80	1.65419247e-33	-3.36354314e-30	-3.59407598e-30
C82	2.92887405e-33	-5.11443547e-29	-5.23025061e-30
C84	2.38944422e-33	-1.21605902e-28	-1.39956581e-30
C86	1.43540305e-33	3.51950254e-28	-9.71779804e-31
C88	-8.40166712e-34	1.05641088e-27	-2.99362195e-32
C90	2.0391317e-33	4.65391348e-28	-5.23904991e-33
C92	1.00499798e-36	-8.58357662e-34	1.34776694e-32
C94	4.02569735e-36	4.77402789e-32	4.44047422e-32
C96	7.01500616e-36	4.67883986e-31	4.16406381e-32
C98	8.04929982e-36	9.55009976e-31	1.04273961e-32
C100	4.68663927e-36	-3.2932887e-30	1.93974596e-33
C102	-1.29112855e-37	-1.71231238e-29	-1.56753621e-34
C104	9.67137076e-37	-7.97131674e-30	-1.47926534e-37
C105	1.11271388e-39	-3.44544264e-37	8.43323406e-36
C107	-4.76286158e-39	4.82999866e-36	-3.41901443e-35
C109	-1.118952e-38	3.91182791e-34	-8.08948161e-35
C111	-7.53155915e-39	2.39245204e-33	-5.40349834e-35
C113	9.30385061e-40	2.7404568e-33	-1.00364838e-35
C115	1.87013187e-39	-2.89625364e-32	-8.7229565e-37

Koeffizient	M8	M7	M6
C117	6.90121236e-40	-5.01404328e-32	3.65273911e-37
C119	-3.74212372e-39	-4.09799797e-32	1.12325475e-38
C121	-9.54707202e-43	0	0
C123	-2.62679834e-42	0	0
C125	-8.36961189e-42	0	0
C127	-1.27197695e-41	0	0
C129	-1.69138752e-41	0	0
C131	-1.47039402e-41	0	0
C133	-6.44328143e-43	0	0
C135	-1.4137325e-42	0	0
C136	-6.29707457e-46	0	0
C138	7.90022937e-45	0	0
C140	1.78795966e-44	0	0
C142	9.78046993e-46	0	0
C144	-2.43869352e-44	0	0
C146	-3.47062344e-44	0	0
C148	-1.50798531e-44	0	0
C150	1.06161581e-45	0	0
C152	1.98865409e-45	0	0

Tabelle 3a zur Fig. 26/27

Koeffizient	M5	M4	M3
KY	0.00000000	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000	0.00000000
RX	29363.70860000	-2837.31613200	14646.09253000
C7	-4.08679454e-08	-2.2313771e-08	-2.40261236e-08
C9	-8.36871827e-08	-2.32045837e-07	-2.73422915e-08
C10	2.09705971e-12	3.04092615e-12	-2.9513388e-11
C12	2.51272222e-11	3.61049914e-11	-9.15077185e-12
C14	1.69227063e-10	-2.42492909e-10	2.00210463e-11
C16	5.53060661e-16	-2.0819334e-15	6.86342081e-15
C18	-9.23199034e-15	-7.74983288e-14	4.41510207e-16
C20	-4.027388e-13	-6.80249784e-13	-2.58531088e-14
C21	-3.47291575e-18	2.26580114e-19	-2.20608669e-18
C23	-3.45747429e-17	2.377501e-17	-2.05484907e-17
C25	-7.65596175e-17	5.04278865e-16	-3.59068158e-17
C27	9.79386352e-16	7.19302412e-15	1.79584203e-16
C29	2.90897557e-20	-1.01345449e-21	-6.1251551e-21
C31	1.0408761e-19	-1.71410922e-19	3.62781965e-20
C33	4.42359728e-19	-2.04391929e-18	1.22971099e-19
C35	-2.18936205e-18	-1.54712261e-16	1.94648572e-18
C36	1.30619995e-23	1.43899323e-26	1.07492344e-23
C38	-3.65876394e-23	-3.4203498e-24	5.58625518e-23
C40	-1.52815438e-22	-7.30927606e-22	1.48075572e-22
C42	-2.96583741e-21	-1.1688423e-20	1.16917436e-21
C44	5.7262241e-21	3.59003428e-18	-5.57317878e-21
C46	-1.6972836e-25	1.14473368e-27	-6.48101479e-28
C48	-4.74294826e-25	5.43217288e-26	-4.63479637e-25
C50	-7.95753522e-25	-1.137132e-23	-2.24743327e-24



Koeffizient	M5	M4	M3
C52	-3.26107419e-24	-4.83879624e-22	-4.28781689e-24
C54	-2.26528951e-23	4.56671842e-20	-1.67533641e-22
C55	-4.30900642e-29	5.10227319e-31	-1.05264632e-28
C57	2.89748678e-28	5.65706438e-29	-1.05218012e-28
C59	2.11195041e-27	4.28804717e-27	-1.31683082e-27
C61	5.0160429e-27	1.38412296e-24	-1.05261953e-26
C63	7.19967176e-26	-9.83289711e-24	-3.85154123e-26
C65	-4.08256809e-26	-1.6982784e-21	-4.65379054e-25
C67	5.05025434e-31	-6.95990045e-33	-3.11256872e-32
C69	1.42714944e-30	-1.33890648e-30	1.65988582e-30
C71	7.45092588e-30	-5.83117347e-29	1.56036122e-29
C73	1.99335578e-29	-2.28709957e-26	7.80549941e-29
C75	6.23811627e-28	2.13086029e-25	6.62602459e-29
C77	-2.27266233e-28	9.58109313e-24	3.88182163e-27
C78	5.21616902e-35	-2.18826289e-37	2.25858762e-34
C80	-3.89851427e-34	2.51802019e-35	1.96804001e-35
C82	-6.6719409e-33	6.15191756e-34	7.16915829e-33
C84	2.59908145e-32	-1.57558885e-30	8.22440794e-32
C86	-2.38366597e-31	1.52473073e-28	3.31913873e-31
C88	-6.81072162e-31	2.46751442e-27	5.7378916e-31
C90	2.30360439e-30	7.51106446e-26	2.96813954e-29
C92	-8.0899315e-37	6.76836149e-39	4.61223413e-38
C94	-9.2704549e-36	1.45298999e-36	-2.33835226e-36
C96	-6.4688252e-35	1.62712528e-34	-3.24259664e-35
C98	-9.76323269e-35	3.29916833e-32	-2.83361995e-34
C100	-1.72013015e-33	-5.56840797e-31	-9.31180311e-34
C102	-1.4852411e-32	-5.59819448e-29	-1.23445076e-34
C104	1.76323714e-32	-9.11469106e-28	7.59914928e-32
C105	2.70851366e-41	-3.10685744e-43	-1.38859727e-40
C107	2.70717847e-39	-1.41829562e-40	4.12766595e-40
C109	4.3484992e-38	-9.43723768e-39	-1.19038711e-38
C111	7.71332614e-38	-1.1727652e-36	-2.06952102e-37
C113	3.20979484e-37	-1.56794917e-34	-1.38822649e-36
C115	-2.94924599e-36	1.70010457e-33	-3.67358357e-36
C117	-3.38333116e-35	2.40858822e-31	-2.35890929e-36
C119	5.46219248e-35	2.39253918e-30	7.02180934e-35

Tabelle 3b zur Fig. 26/27

Koeffizient	M2	M1
KY	0.00000000	0.00000000
KX	0.00000000	0.00000000
RX	-8591.25985000	-44223.29270000
C7	2.99148093e-08	-3.51511776e-08
C9	-2.75260874e-09	-7.11448809e-08
C10	5.55081545e-11	-4.10270779e-11
C12	-5.97183171e-12	-2.8217723e-11
C14	-4.06031762e-13	2.14989264e-10
C16	-2.79778356e-14	1.40795276e-13
C18	1.79288323e-14	8.05770554e-13

Koeffizient	M2	M1
C20	-3.38327995e-15	-2.59389473e-13
C21	-3.48066202e-17	4.10045555e-17
C23	1.63939639e-17	-7.17948803e-16
C25	1.84526437e-18	-1.3131289e-15
C27	-1.02528315e-18	2.72912338e-16
C29	-1.3014589e-19	-4.68210382e-20
C31	-5.87409678e-21	1.02547618e-19
C33	-1.16533212e-20	-3.15126138e-18
C35	5.34922803e-21	-3.27597939e-18
C36	5.03657859e-22	3.82370931e-23
C38	-1.91027438e-22	1.12562095e-21
C40	-7.7852516e-23	8.84579475e-21
C42	-1.1265141e-23	6.72624215e-20
C44	-6.20839372e-25	-2.03858478e-20
C46	-2.10802913e-25	3.84408406e-24
C48	2.31729842e-25	4.44222408e-23
C50	5.57599755e-26	-2.10654686e-23
C52	7.03833262e-28	-3.99067489e-22
C54	-1.44691171e-26	-4.82876579e-22
C55	-5.4662909e-28	-5.75573129e-29
C57	7.13770069e-28	1.05708712e-26
C59	9.05959984e-28	4.45669379e-26
C61	3.90484003e-28	-3.24661836e-27
C63	2.9845833e-29	-1.59551772e-24
C65	-2.62761246e-30	4.84788324e-24
C67	7.20493267e-31	-2.6429913e-29
C69	-1.50894693e-30	-9.20367529e-28
C71	-9.91502164e-31	-4.32416568e-27
C73	-1.90214439e-31	1.34332393e-27
C75	2.61487275e-32	2.39717536e-26
C77	2.34033428e-32	2.51255795e-26
C78	-2.16847329e-33	-8.54089655e-33
C80	-3.95387479e-33	-1.24782323e-31
C82	-5.79159657e-33	1.15198274e-30
C84	-3.51740059e-33	7.37679351e-30
C86	-9.22238958e-34	-4.65048215e-30
C88	-3.05983814e-35	-6.03530894e-30
C90	9.8645578e-36	-1.90490163e-28
C92	1.31596904e-36	2.57330157e-35
C94	7.63172154e-36	2.82127945e-33
C96	4.69550164e-36	2.41325577e-32
C98	1.33696127e-36	6.70244162e-32
C100	1.54304009e-37	-8.05861336e-32
C102	-3.22616636e-38	-4.38796518e-31
C104	-1.43000965e-38	-2.82969243e-31
C105	8.01929474e-40	3.73241981e-38
C107	3.2676891e-39	1.45855716e-36
C109	7.46821996e-39	3.02629332e-36
C111	9.81393372e-39	-3.70759447e-35
C113	4.50117184e-39	-1.1474833e-34
C115	7.30739397e-40	5.05238578e-34
C117	1.09045016e-42	1.19088272e-33
Koeffizient	M2	M1
C119	-8.75346337e-42	3.36419998e-33

Tabelle 3c zur Fig. 26/27

<b>Oberfläche</b>	<b>DCX</b>	<b>DCY</b>	<b>DCZ</b>
Bildebene	0.00000000	0.00000000	0.00000000
M8	0.00000000	0.00000000	859.88832187
M7	0.00000000	-176.20561941	108.16423659
M6	0.00000000	-698.54439441	1140.58633390
M5	-0.00000000	-716.55400301	1977.10005031
M4	0.00000000	-472.43792140	2531.29159348
M3	0.00000000	-1379.51266357	1438.63634577
M2	0.00000000	-2608.29927284	741.99389453
Blende	0.00000000	-2918.25887054	352.59739373
M1	0.00000000	-3267.93714103	-86.69693993
Objektebene	0.00000000	-3324.46014880	2242.98343748

Tabelle 4a zur Fig. 26/27

<b>Oberfläche</b>	<b>TLA[deg]</b>	<b>TLB[deg]</b>	<b>TLC[deg]</b>
Bildebene	-0.00000000	0.00000000	-0.00000000
M8	-6.59603822	0.00000000	-0.00000000
M7	186.82219104	0.00000000	-0.00000000
M6	104.03490485	-0.00000000	0.00000000
M5	78.73015909	-0.00000000	-0.00000000
M4	-31.73550573	0.00000000	-0.00000000
M3	219.92622552	-0.00000000	-0.00000000
M2	40.51532074	0.00000000	-0.00000000
Blende	19.04239581	180.00000000	0.00000000
M1	161.43502849	-0.00000000	-0.00000000
Objektebene	-2.21167135	0.00000000	-0.00000000

Tabelle 4b zur Fig. 26/27

<b>Oberfläche</b>	<b>Einfallswinkel [deg]</b>	<b>Reflektivität</b>
M8	6.59603822	0.66110189
M7	20.01426748	0.61355760
M6	77.19844633	0.83904083
M5	77.49680791	0.84348513
M4	7.96247272	0.65888448
M3	79.62420397	0.87332138
M2	79.03510874	0.86535589
M1	19.95481648	0.61393176
Gesamttransmission		0.0878

Tabelle 5 zur Fig. 26/27

<b>X[mm]</b>	<b>Y[mm]</b>	<b>Z[mm]</b>
0.00000000	-219.15646259	0.00000000

X[mm]	Y[mm]	Z[mm]
46.68638707	-216.35703508	0.00000000
92.44920291	-208.03952648	0.00000000
136.36850701	-194.43093148	0.00000000
177.53246672	-175.88140650	0.00000000
215.04126471	-152.86453345	0.00000000
248.01037220	-125.99517818	0.00000000
275.57900231	-96.03396498	0.00000000
296.93376542	-63.85746854	0.00000000
311.35383746	-30.38963121	0.00000000
318.27003544	3.49290551	0.00000000
317.31667274	37.05306325	0.00000000
308.35620881	69.73467689	0.00000000
291.47003488	101.08900987	0.00000000
266.93645742	130.63667071	0.00000000
235.22482493	157.78791628	0.00000000
197.00574657	181.83055596	0.00000000
153.16053621	201.92815248	0.00000000
104.79070426	217.17246634	0.00000000
53.22556587	226.71903168	0.00000000
0.00000000	229.97244838	-0.00000000
-53.22556587	226.71903168	0.00000000
-104.79070426	217.17246634	0.00000000
-153.16053621	201.92815248	-0.00000000
-197.00574657	181.83055596	0.00000000
-235.22482493	157.78791628	0.00000000
-266.93645742	130.63667071	0.00000000
-291.47003488	101.08900987	0.00000000
-308.35620881	69.73467689	0.00000000
-317.31667274	37.05306325	0.00000000
-318.27003544	3.49290551	0.00000000
-311.35383746	-30.38963121	0.00000000
-296.93376542	-63.85746854	0.00000000
-275.57900231	-96.03396498	0.00000000
-248.01037220	-125.99517818	0.00000000
-215.04126471	-152.86453345	0.00000000
-177.53246672	-175.88140650	0.00000000
-136.36850701	-194.43093148	0.00000000
-92.44920291	-208.03952648	0.00000000
-46.68638707	-216.35703508	0.00000000

Tabelle 6 zur Fig. 26/27

**[0423]** Eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik **37** beträgt 8,78%.

**[0424]** Die Projektionsoptik **37** hat eine bildseitige numerische Apertur von 0,45. Das Bildfeld **8** hat eine x-Erstreckung von zwei Mal 13mm und eine y-Erstreckung von 1,20mm. Die Projektionsoptik **37** ist optimiert für eine Betriebswellenlänge des Beleuchtungslichts **3** von 13,5nm.

**[0425]** Die Projektionsoptik **37** hat genau acht Spiegel M1 bis M8. Die Spiegel M2 und M3 einerseits und M5, M6 andererseits sind als Spiegel für streifenden Einfall ausgeführt und jeweils als Spiegel-Paar im Abbildungsstrahlengang direkt hintereinander angeordnet. Die Spiegel M2 und M3 lenken die Hauptstrahlen **16** in der xy-Ebene in entgegengesetzten Richtungen ab. Die Projektionsoptik **37** hat genau vier Spiegel für streifenden Einfall, nämlich die Spiegel M2, M3, M5 und M6. Die Spiegel M1, M4, M7 und M8 sind als Spiegel für normalen Einfall ausgeführt.

**[0426]** Eine Blende **18** ist bei der Projektionsoptik **37** im Strahlengang zwischen den Spiegeln M1 und M2 nahe des streifenden Einfalls am Spiegel M2 angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine Blende direkt auf der Oberfläche des Spiegels M2 angeordnet sein.

**[0427]** In der xz-Ebene (vgl. **Fig. 27**) liegt eine Eintrittspupille der Projektionsoptik **37** im Strahlengang des Beleuchtungslichts 3000mm nach dem Objektfeld **4**. In der yz-Ebene liegt die Eintrittspupille im Abbildungsstrahlengang der Projektionsoptik **37** 3100mm nach dem Objektfeld. Ein Verlauf der Hauptstrahlen **16** ausgehend vom Objektfeld **4** ist also sowohl im Meridionalschnitt nach **Fig. 26** als auch in der Ansicht nach **Fig. 27** konvergent.

**[0428]** Die Blende **18** kann im xz-Schnitt (vgl. **Fig. 27**) an einer in z-Richtung verschobenen Position im Vergleich zu ihrer Position im yz-Schnitt liegen.

**[0429]** Ein z-Abstand zwischen dem Objektfeld **4** und dem Bildfeld **8** beträgt etwa 2100mm.

**[0430]** Ein Objekt-Bildversatz ( $d_{OIS}$ ) beträgt etwa 3400mm.

**[0431]** Ein freier Arbeitsabstand zwischen dem Spiegel M7 und dem Bildfeld **8** beträgt 86mm.

**[0432]** Ein gescannter RMS-Wert für den Wellenfrontfehler beträgt bei der Projektionsoptik **37** maximal 18mλ und beträgt im Mittel 14mλ.

**[0433]** Ein maximaler Verzeichnungswert beträgt in x-Richtung maximal 0,15nm und in y-Richtung maximal 0,14nm. Ein Telezentriewert in x-Richtung beträgt bildfeldseitig maximal 1,17mrad und in y-Richtung bildfeldseitig maximal 2,77mrad. Weitere Spiegeldaten ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Maximaler Einfallswinkel [deg]	21.3	81.7	83.1	8.8	78.7	80.3	31.6	8.5
Spiegelausdehnung (x) [mm]	548.7	753.9	1041.9	1335.9	970.3	391.0	475.7	814.4
Spiegelausdehnung (y) [mm]	282.8	1204.8	373.1	115.5	344.4	626.7	219.4	791.0
Maximaler Spiegeldurchmesser [mm]	548.7	1204.8	1042.0	1336.0	970.3	628.1	475.8	815.2

Tabelle 7 zu Fig. 26/27

**[0434]** Im Strahlengang liegt in der yz-Ebene (**Fig. 26**) im Bereich einer Reflexion am Spiegel M3 und parallel zur xz-Ebene (**Fig. 27**) im Abbildungsstrahlengangsbereich zwischen den Spiegeln M6 und M7 ein Zwischenbild **19** vor.

**[0435]** Der letzte Spiegel M8 im Strahlengang ist nicht obskuriert. Das Beleuchtungslicht **3** wird im Teil-Strahlengang zwischen den Spiegeln M6 und M7 am durchgehend genutzten Spiegel M8 vorbeigeführt. Alle Spiegel M1 bis M8 haben eine durchgehend genutzte Reflexionsfläche.

**[0436]** Die Spiegel M1, M2, M4, M6 und M8 haben negative Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konkavspiegel. Die anderen Spiegel M3, M5 und M7 haben positive Radiuswerte, sind grundsätzlich also Konvexspiegel. Die Spiegel M2, M3, M5 und M6 für streifenden Einfall haben sehr große Radien und stellen nur geringe Abweichungen von ebenen Reflexionsflächen dar.

**[0437]** Einige Daten der vorstehend beschriebenen Projektionsoptiken sind in den nachfolgenden Tabellen I und II nochmals zusammengefasst. Die jeweils erste Spalte dient zur Zuordnung der Daten zum jeweiligen Ausführungsbeispiel.

**[0438]** In der nachfolgenden Tabelle I sind die optischen Parameter numerische Apertur (NA), Bildfeldausdehnung in x-Richtung (Fieldsize X), Bildfeldausdehnung in y-Richtung (Fieldsize Y), Bildfeldkrümmung (Field Curvature) und Gesamt-Reflektivität bzw. Systemtransmission (Transmission) zusammengefasst.

**[0439]** In der nachfolgenden Tabelle II sind die Parameter „Abfolge des Spiegeltyps“ (Mirror Type Order), „Abfolge der Spiegel-Umlenkwirkung“ (Mirror Rotation Order), „Brechkraftabfolge in der xz-Ebene“ (x Power Order) sowie „Brechkraftabfolge in der yz-Ebene“ (y Power Order) angegeben. Diese Abfolgen beginnen jeweils mit

dem letzten Spiegel im Strahlengang, folgen also der umgekehrten Strahlrichtung. Beispielsweise bezieht sich die Abfolge „L0RRLLLR“ auf die Umlenkung in der Reihenfolge M8 bis M1 bei der Ausführung nach **Fig. 2**.

FIG.	NA	FIELD SIZE X [mm]	FIELD SIZE Y [mm]	FIELD CURVATURE [1/mm]	TRANSMISSION %
2	0,45	13	0,784	0	10,43
3	0,45	13	0,95	0	13,09
4	0,45	13	0,72	0	13,32
5	0,45	13	0,98	0	14,73
6	0,45	13	0,784	0	8,11
7	0,45	13	0,784	0	9,88
8	0,45	13	0,784	0	10,04
9	0,45	13	0,784	0	8,83
10	0,45	13	0,784	0	7,89
14, 15	0,6	13	1,2	0,04931455	8,67
16, 17	0,63	13	1,2	0	9,95
18, 19	0,55	13	1,2	0	10,03
20, 21	0,55	26	1,2	0	10,17
22, 23	0,49	26	1,6	0	10,15
24, 25	0,5	26	1,2	0	10,12
26, 27	0,45	26	1,2	0,0070855	8,78

Tabelle I

FIG.	MIRROR TYPE ORDER	MIRROR ROTATION ORDER	x POWER ORDER	y POWER ORDER
2	NNGGNNGN	L0RRLLLR	+-----+	+-----+
3	NNNNGG	00RLLL	+-----+	+-----+
4	NNNNGG	R0RRRR	+-----+	+-----+
5	NNNNGGG	00RLRL	+-----+	+-----+
6	NNGGNNGN	RRLRLRL	+-----+	+-----+
7	NNGGNNGN	ROLRLRL	+-----+	+-----+
8	NNGGNNGN	RORLRL	+-----+	+-----+
9	NNGGNNGN	ROLLRRRL	+-----+	+-----+
10	NNGGNNGNG	ROLLRRRL	+-----+	+-----+
14, 15	NNGGNNGN	LRRLLLR	+-----+	+-----+
16, 17	NNGGNNGN	LRRLLLR	+-----+	+-----+
18, 19	NNGGNNGN	L0RRLLLR	+-----+	+-----+
20, 21	NNGGNNGN	L0RRLLLR	+-----+	+-----+
22, 23	NNGGNNGN	L0RRLLLR	+-----+	+-----+
24, 25	NNGGNNGN	L0RRLLLR	+-----+	+-----+
26, 27	NNGGNNGN	LRRRLRL	+-----+	+-----+

Tabelle II

**[0440]** Beim Spiegeltyp bezieht sich die Angabe „N“ auf einen normal incidence (NI)-Spiegel und die Bezeichnung „G“ auf einen grazing incidence (GI)-Spiegel. Bei den Brechkraftabfolgen steht „+“ für eine konkave und „-“ für eine konvexe Spiegelfläche. Beim Vergleich der Brechkraftabfolgen in x und y ist zu sehen, dass praktisch alle Ausführungsbeispiele mit Ausnahme beispielsweise der Ausführung nach **Fig. 5**, in x und y unterschiedliche Brechkraft-Abfolgen haben. Beispielsweise ist der Spiegel M1 der Ausführung nach **Fig. 2** in x-Richtung konvex (Brechkraft „-“, negative Brechkraft) und in y-Richtung konkav (Brechkraft „+“, positive Brechkraft). Diese Spiegel mit unterschiedlichen Vorzeichen der Brechkraft in x und y stellen Sattelflächen dar.

**[0441]** Mit Ausnahme der Ausführungen nach den **Fig. 5** und **Fig. 10** treten GI-Spiegel immer paarweise auf, wie der Spiegeltyp-Abfolge in der Tabelle II zu entnehmen ist. Bei der Ausführung nach **Fig. 5** liegen drei GI-Spiegel nacheinander, nämlich die Spiegel M1 bis M3, vor. Bei der Ausführung nach **Fig. 10** liegt ein einzelner GI-Spiegel, nämlich der Spiegel M1, vor.

**[0442]** Die Spiegeltyp-Abfolgen der Ausführungen nach den **Fig. 6** bis **Fig. 9** sowie **Fig. 14** bis **Fig. 27** sind identisch NNGGNGGN für die Spiegel M8 bis M1. Die Ausführungen nach den **Fig. 14** bis **Fig. 17** und **Fig. 27** haben eine identische Umlenkwirkungs-Abfolge, nämlich LRRLLLLR für die Spiegel M8 bis M1. Die Ausführungen nach den **Fig. 18** bis **Fig. 25** haben wiederum eine identische Umlenkwirkungs-Abfolge, nämlich LORLLLLR für die Spiegel M8 bis M1.

**[0443]** Hinsichtlich der Brechkraft-Abfolge hat die Ausführung nach **Fig. 7** in der xz-Ebene fünf aufeinanderfolgende Spiegel mit positiver Brechkraft, nämlich die Spiegel M1 bis M5. Andere Ausführungen haben bis zu vier aufeinanderfolgende Spiegel mit positiver Brechkraft in der xz-Ebene. In der yz-Ebene haben die Ausführungen nach den **Fig. 8** und **Fig. 22** drei hintereinander angeordnete Spiegel mit jeweils positiver Brechkraft, nämlich jeweils die Spiegel M3 bis M5. Die anderen Ausführungsbeispiele, deren Designdaten vorstehend diskutiert wurden, haben nicht mehr als zwei aufeinanderfolgende Spiegel mit positiver Brechkraft in der yz-Ebene.

**[0444]** Mehrere Ausführungen der vorstehend beschriebenen Projektionsoptiken haben entweder in der xz-Ebene oder in der yz-Ebene keine zwei aufeinanderfolgenden Spiegel mit positiver Brechkraft. Die Ausführung nach **Fig. 5** hat in beiden Ebenen xz und yz keine zwei aufeinanderfolgenden Spiegel mit positiver Brechkraft.

**[0445]** Zur Herstellung eines mikro- oder nanostrukturierten Bauteils wird die Projektionsbelichtungsanlage **1** folgendermaßen eingesetzt: Zunächst werden die Reflexionsmaske **10** bzw. das Retikel und das Substrat bzw. der Wafer **11** bereitgestellt. Anschließend wird eine Struktur auf dem Retikel **10** auf eine lichtempfindliche Schicht des Wafers **11** mithilfe der Projektionsbelichtungsanlage **1** projiziert. Durch Entwicklung der lichtempfindlichen Schicht wird dann eine Mikro- oder Nanostruktur auf dem Wafer **11** und somit das mikrostrukturierte Bauteil erzeugt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102012202675 A1 [0002]
- DE 102009011328 A1 [0002]
- US 8027022 B2 [0002]
- US 6577443 B2 [0002]
- DE 102009045096 A1 [0002, 0086]
- WO 2012/126867 A [0096]
- DE 10155711 A [0096]
- US 2007-0058269 A1 [0104]
- US 2013/0128251 A1 [0351]



## Patentansprüche

1. Projektionsoptik (7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30) zur Abbildung eines Objektfeldes (4) in ein Bildfeld (8),
  - mit einer Mehrzahl von Spiegeln (M1 bis M8; M1 bis M6; M1 bis M7; M1 bis M9, M1 bis M11) zur Führung von Abbildungslicht (3) vom Objektfeld (4) zum Bildfeld (8),
  - wobei mindestens zwei der Spiegel (M1 bis M8; M1 bis M6; M1 bis M7; M1 bis M9, M1 bis M11) als im Strahlengang des Abbildungslichts (3) direkt hintereinander angeordnete Spiegel (M2, M3; M5, M6; M1, M2; M1, M2, M3; M3, M4; M6, M7; M4, M5; M2 bis M6; M1 bis M4, M6 bis M9) für streifenden Einfall mit einem Einfallswinkel des Abbildungslichts (3) ausgeführt sind, der größer ist als 60 °.
2. Projektionsoptik nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch genau zwei Spiegel (M1, M2) für streifenden Einfall.
3. Projektionsoptik nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Objektebene (5), in der das Objektfeld (4) angeordnet ist, die mit einer Bildebene (9), in der das Bildfeld (8) angeordnet ist, einen von 0 ° verschiedenen Winkel einschließt.
4. Projektionsoptik nach Anspruch 1 oder 3, gekennzeichnet durch genau vier Spiegel (M2, M3, M5, M6) für streifenden Einfall.
5. Projektionsoptik nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vier Spiegel (M2, M3, M5, M6) für streifenden Einfall jeweils paarweise (M2, M3; M5, M6) direkt hintereinander im Strahlengang des Abbildungslichts (3) angeordnet sind.
6. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch mindestens zwei Spiegel (M1, M4, M7, M8; M3 bis M6; M4 bis M7; M2, M5, M8, M9; M1, M3, M6, M7; M1, M7, M8; M5, M10, M11) für normalen Einfall mit einem Einfallswinkel des Abbildungslichts (3), der kleiner ist als 45 °.
7. Projektionsoptik nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch vier Spiegel (M1, M4, M7, M8; M3 bis M6; M4 bis M7) für normalen Einfall mit einem Einfallswinkel des Abbildungslichts (3), der kleiner ist als 45 °.
8. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik (7; 20; 21), die sich als Produkt der Reflektivitäten aller Spiegel (M1 bis M8; M1 bis M6; M1 bis M7; M1 bis M9, M1 bis M11) der Projektionsoptik (7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30) ergibt, die größer ist als 9 %.
9. EUV-Projektionsoptik (7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30) zur Abbildung eines Objektfeldes (4) in ein Bildfeld (8),
  - mit einer Mehrzahl von Spiegeln (M1 bis M8; M1 bis M6; M1 bis M7; M1 bis M9, M1 bis M11) zur Führung von Abbildungslicht (3) vom Objektfeld (4) zum Bildfeld (8),
  - mit einer bildseitigen numerischen Apertur, die mindestens 0,4 beträgt, und
  - mit einer Gesamt-Reflektivität der Projektionsoptik (7; 20; 21), die sich als Produkt der Reflektivitäten aller Spiegel (M1 bis M8; M1 bis M6; M1 bis M7; M1 bis M9, M1 bis M11) der Projektionsoptik (7; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30) ergibt, die größer ist als 7 %.
10. Projektionsoptik (34; 35; 36; 37) zur Abbildung eines Objektfeldes (4) in ein Bildfeld (8),
  - mit einer Mehrzahl von Spiegeln (M1 bis M8) zur Führung von Abbildungslicht (3) vom Objektfeld (4) zum Bildfeld (8),
  - wobei mindestens ein Spiegel (M2, M3, M5, M6) als Spiegel für streifenden Einfall mit einem Einfallswinkel des Abbildungslichts (3) ausgeführt ist, der größer ist als 60 °,
  - wobei die Projektionsoptik (34; 35; 36; 37) unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe ( $\beta_x$ ,  $\beta_y$ ) in zwei unterschiedlichen, das Bildfeld (8) aufspannenden Richtungen aufweist.
11. Projektionsoptik nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Objektfeld (4) ein xy-Aspektverhältnis größer als 1 aufweist, wobei die unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe der Projektionsoptik in den Richtungen dieser beiden Objektfelddimensionen (x, y) dieses Aspektverhältnisses vorliegen.

12. Projektionsoptik nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein verkleinernder Abbildungsmaßstab ( $\beta_x$ ) in einer längeren Objektfelddimension (x) kleiner ist als in einer hierzu senkrechten kürzeren Objektfelddimension (y).

13. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der kleinere ( $\beta_x$ ) der beiden unterschiedlichen Abbildungsmaßstäbe kleiner ist als 6.

14. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der größere ( $\beta_y$ ) der beiden Abbildungsmaßstäbe mindestens 6 beträgt.

15. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens einer der Spiegel eine Reflexionsfläche in Form einer Freiformfläche aufweist.

16. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 10 bis 15, gekennzeichnet durch eine richtungsabhängige objektseitige numerische Apertur.

17. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 16, gekennzeichnet durch

- eine bildseitige numerische Apertur von mindestens 0,4,
- einen objektseitigen Hauptstrahlwinkel (CRAO) für den Feldmittelpunkt von weniger als  $7^\circ$ ,

wobei das Bildfeld (8) längs einer Felddimension (x) eine Erstreckung von mehr als 13mm aufweist.

18. Projektionsoptik nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch eine numerische Apertur von mindestens 0,5.

19. Projektionsoptik nach Anspruch 17 oder 18, gekennzeichnet durch eine Erstreckung des Bildfeldes (8) in einer Felddimension (x) von mehr als 20mm.

20. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 11 bis 18, gekennzeichnet durch eine Blende (18) mit einer Blendenberandung, deren Ausdehnung längs einer kürzeren Objektfelddimension (y) kleiner ist als längs einer längeren Objektfelddimension (x).

21. Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 20.

22. Optisches System mit einer Projektionsoptik nach einem der Ansprüche 1 bis 21 und einer Beleuchtungsoptik (6) zur Beleuchtung des Objektfeldes (4) mit Beleuchtungs- und Abbildungslicht (3).

23. Optisches System nach Anspruch 22, gekennzeichnet durch eine EUV-Lichtquelle (2).

24. Projektionsbelichtungsanlage für die Projektionslithografie mit einem optischen System nach Anspruch 22 oder 23.

25. Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 24 mit einem Retikelhalter (10a), der in einer Scanrichtung (y) verlagerbar ist, zum Halten eines Retikels (10), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Abbildungsmaßstab der Projektionsoptik in der Scanrichtung größer ist als senkrecht hierzu.

26. Retikel (10) für eine Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 24 oder 25, mit einer Ausdehnung von mindestens 104mm × 132mm.

27. Verfahren zur Herstellung eines strukturierten Bauteils mit folgenden Verfahrensschritten:

- Bereitstellen eines Retikels (10) und eines Wafers (11),
- Projizieren einer Struktur auf dem Retikel (10) auf eine lichtempfindliche Schicht des Wafers (11) mithilfe der Projektionsbelichtungsanlage nach Anspruch 24 oder 25,
- Erzeugen einer Mikro- bzw. Nanostruktur auf dem Wafer (11).

28. Strukturiertes Bauteil, hergestellt nach einem Verfahren nach Anspruch 27.

Es folgen 29 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

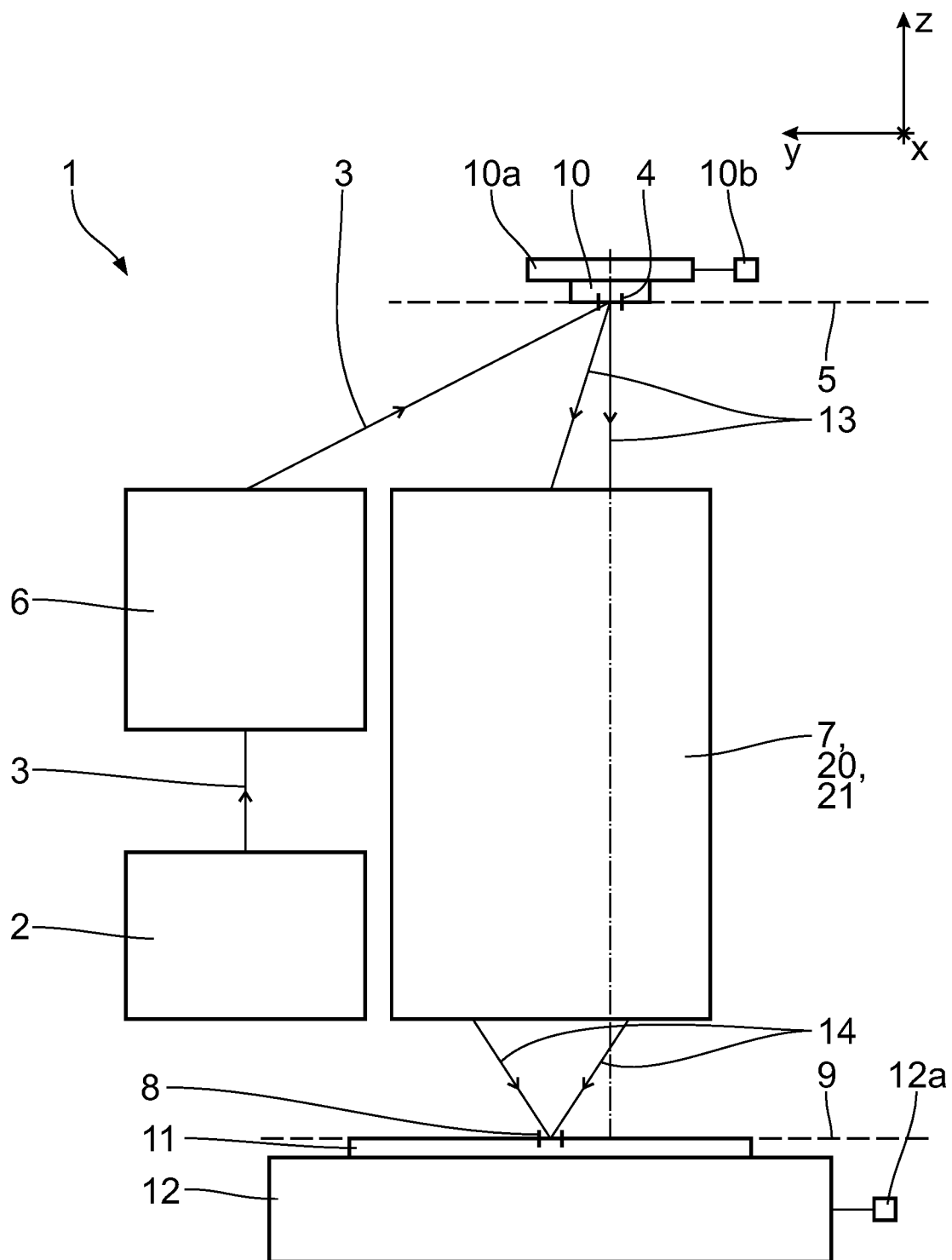


Fig. 1

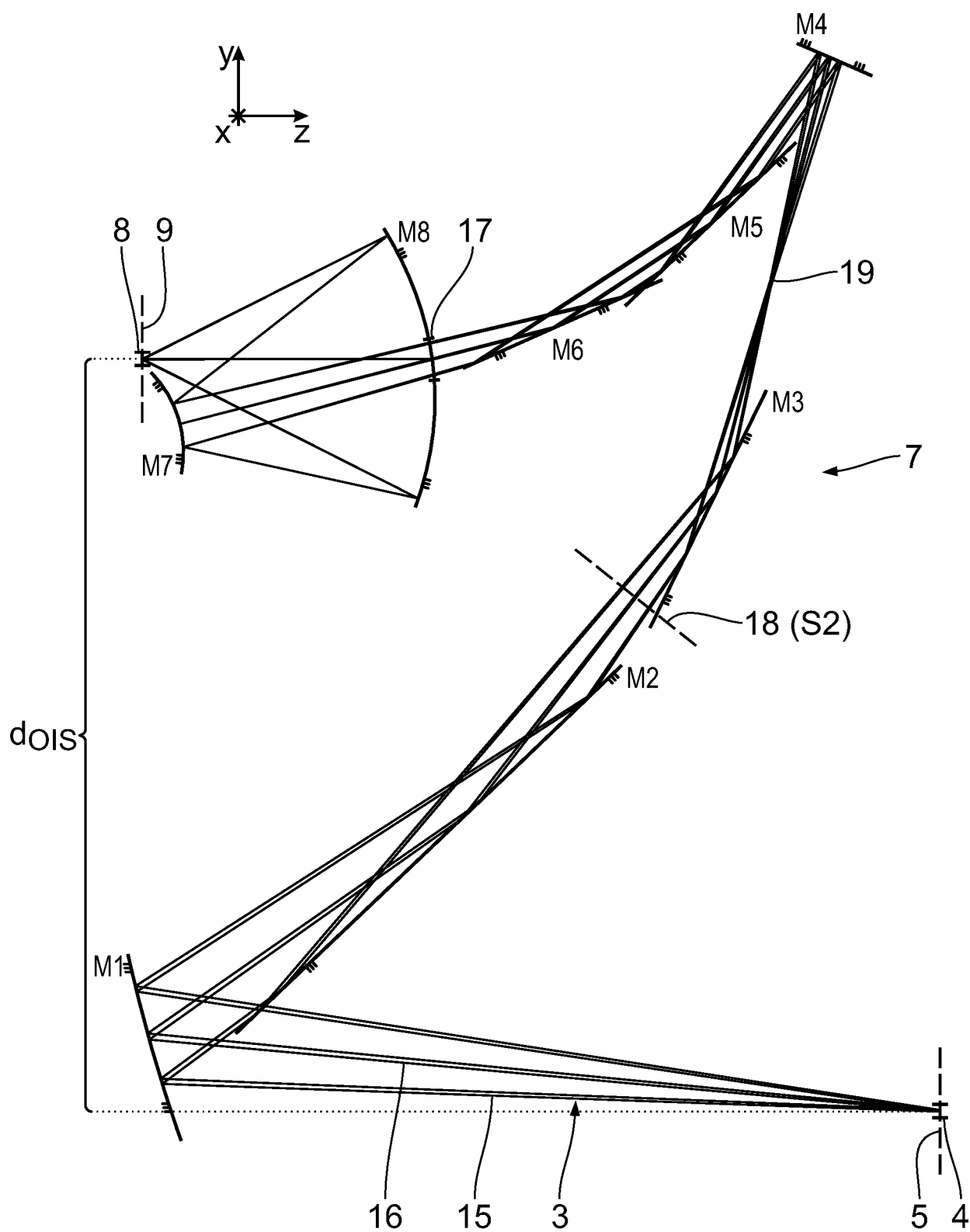


Fig. 2

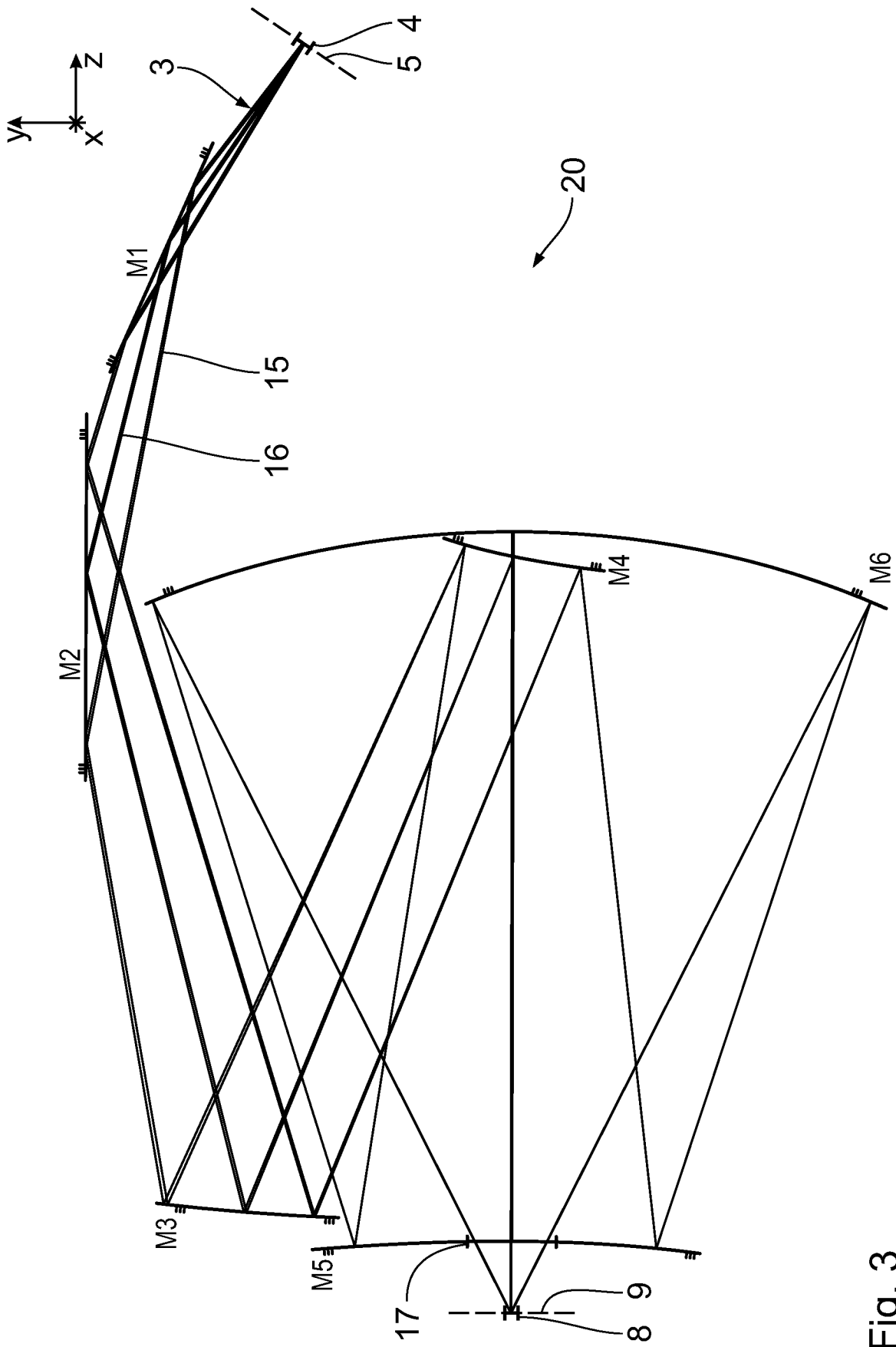


Fig. 3

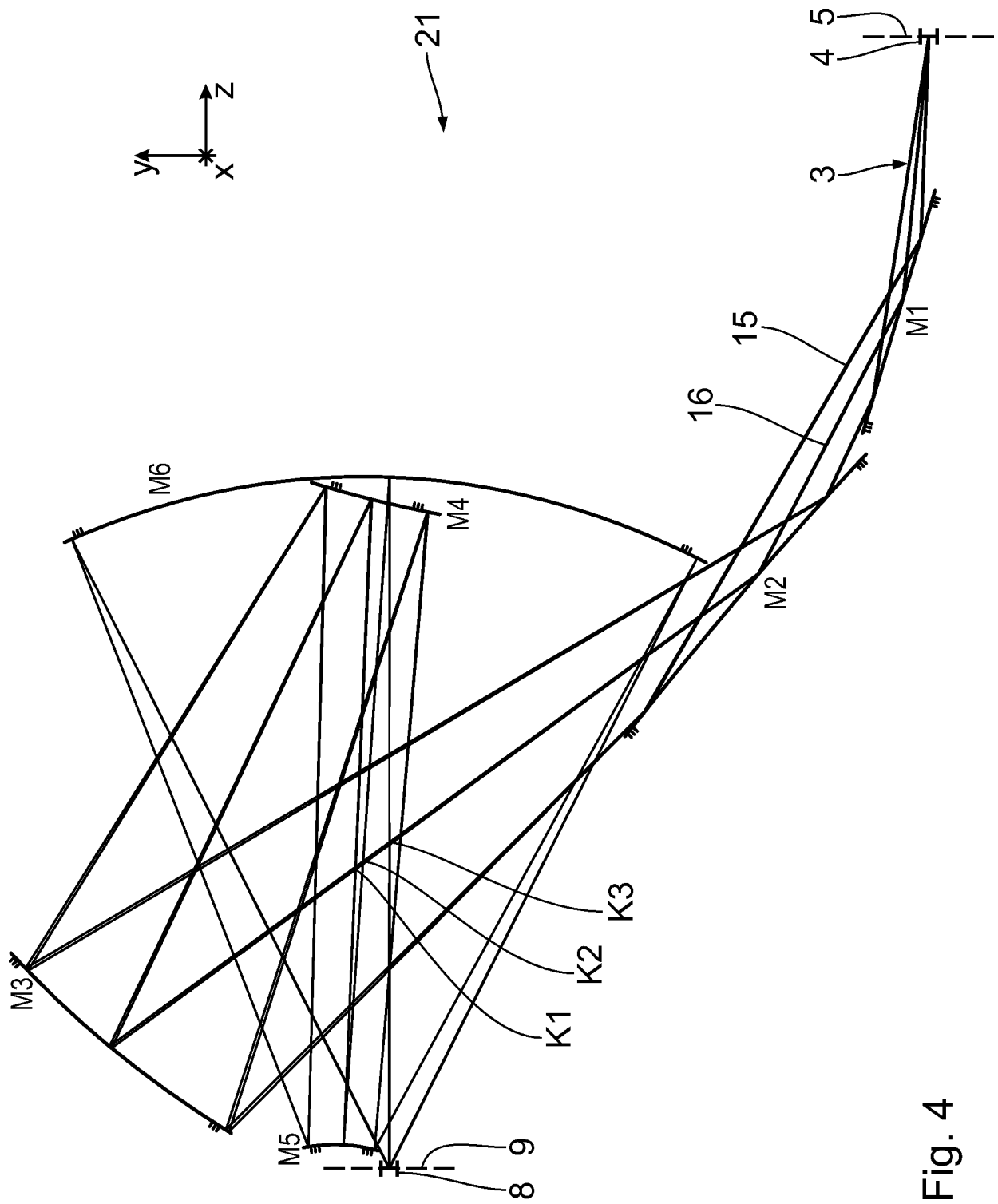


Fig. 4

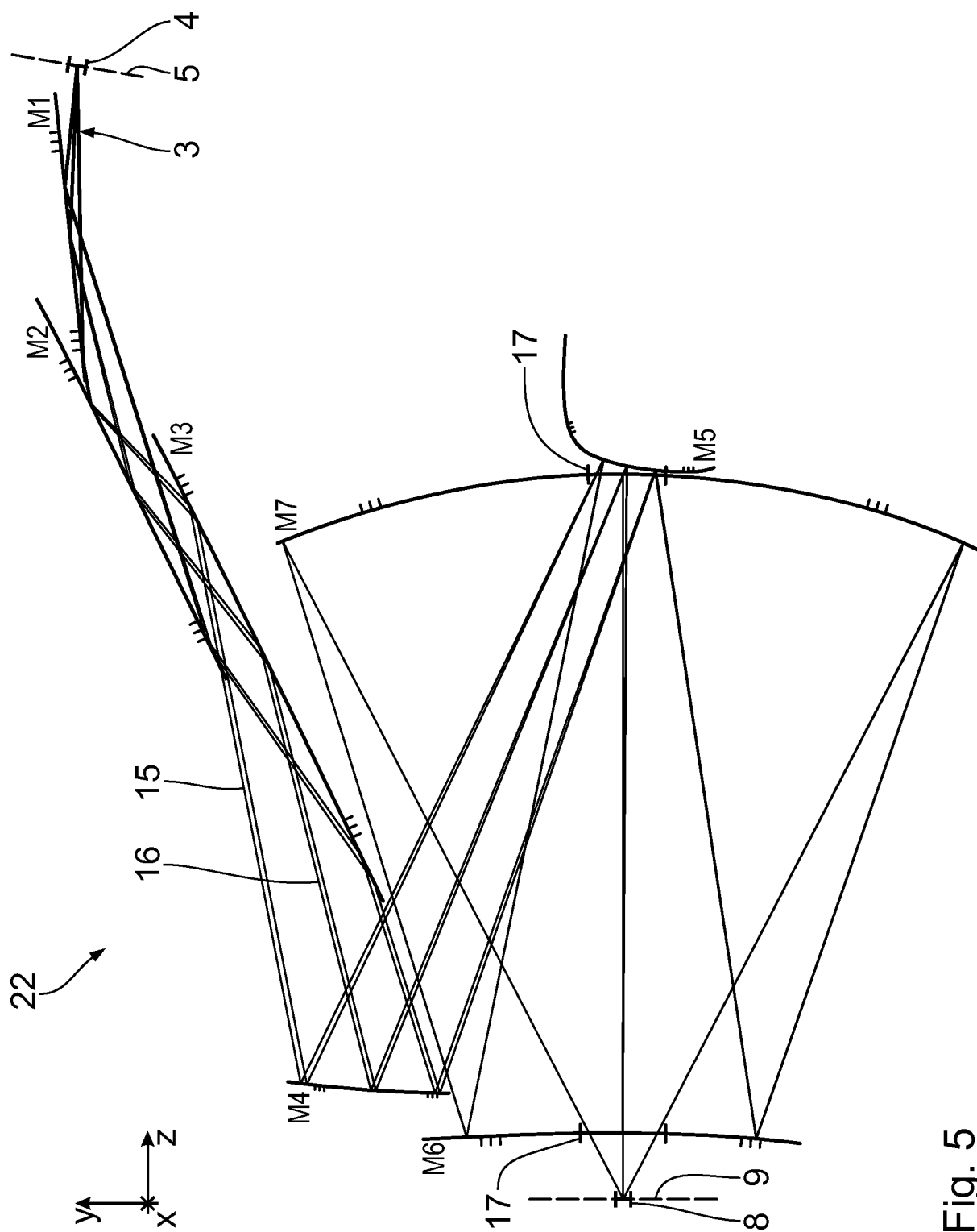


Fig. 5

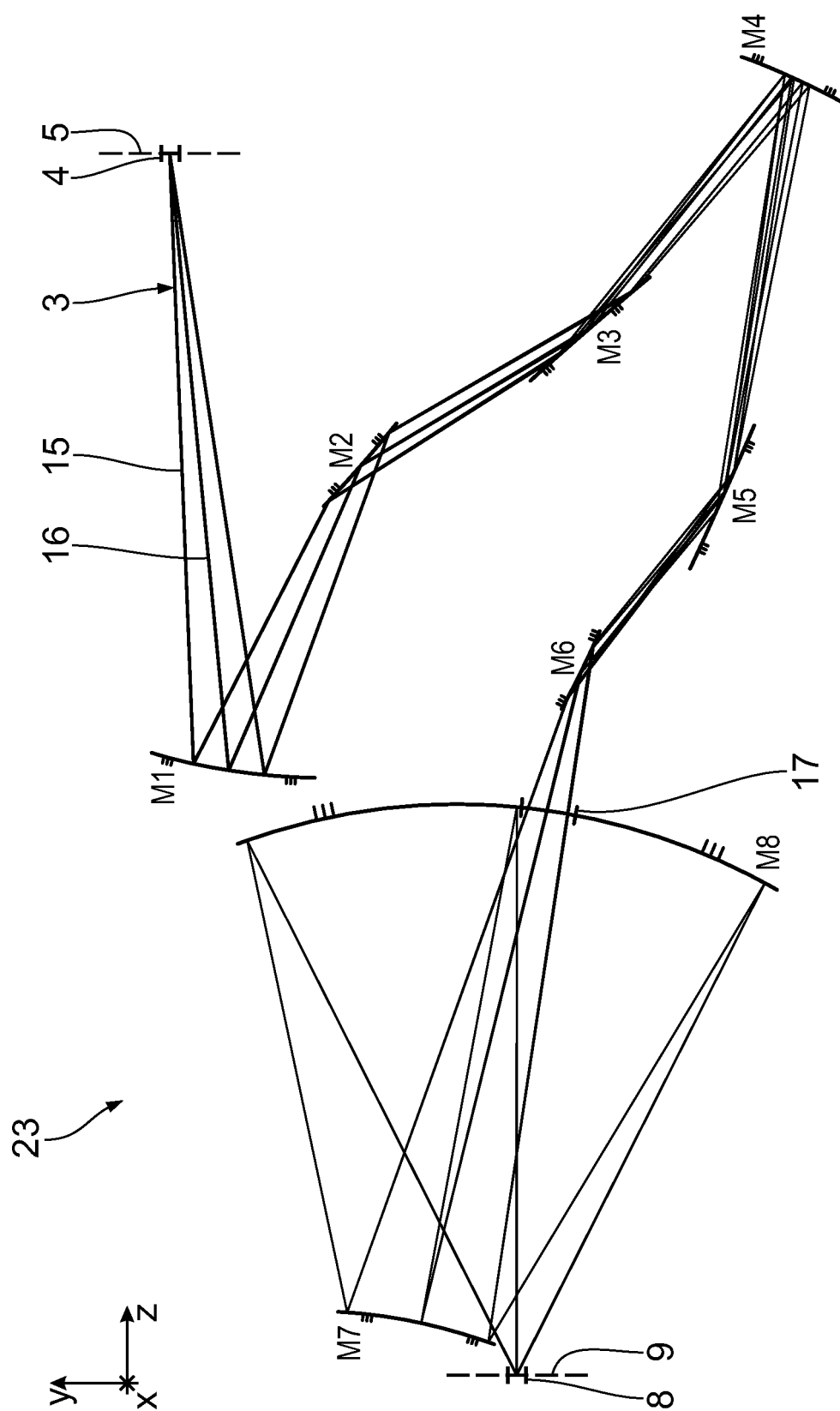


Fig. 6



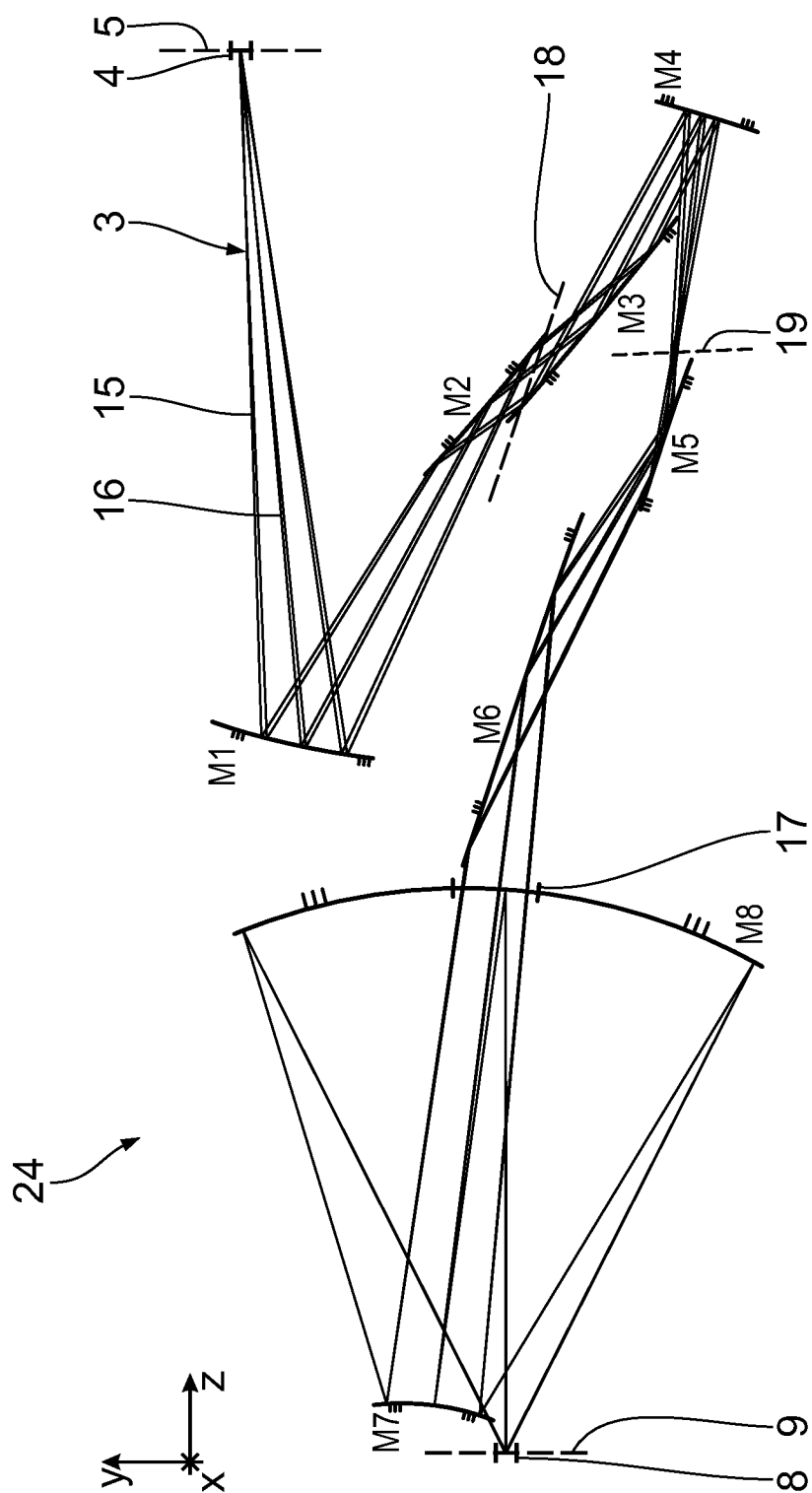


Fig. 7

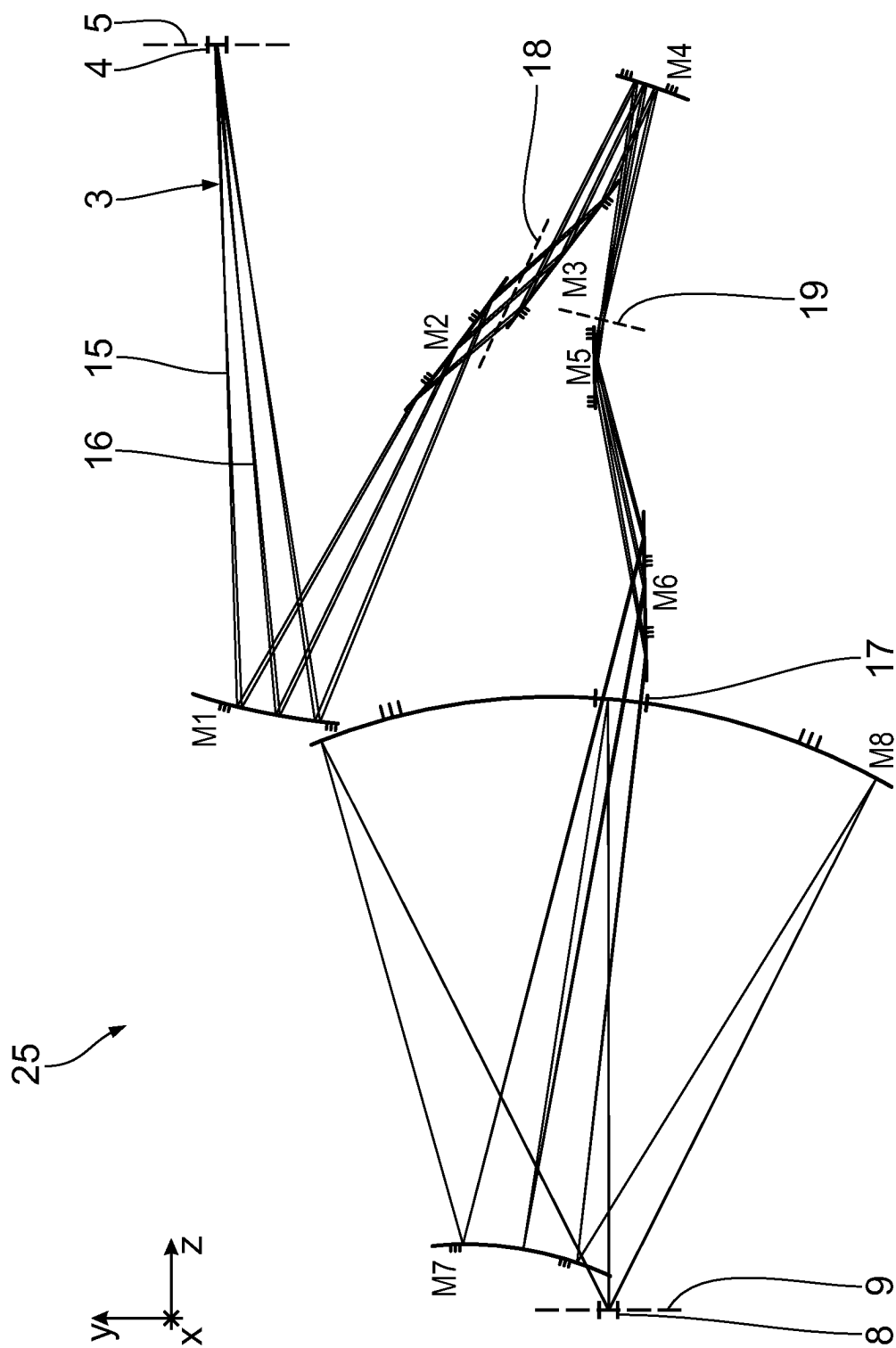


Fig. 8

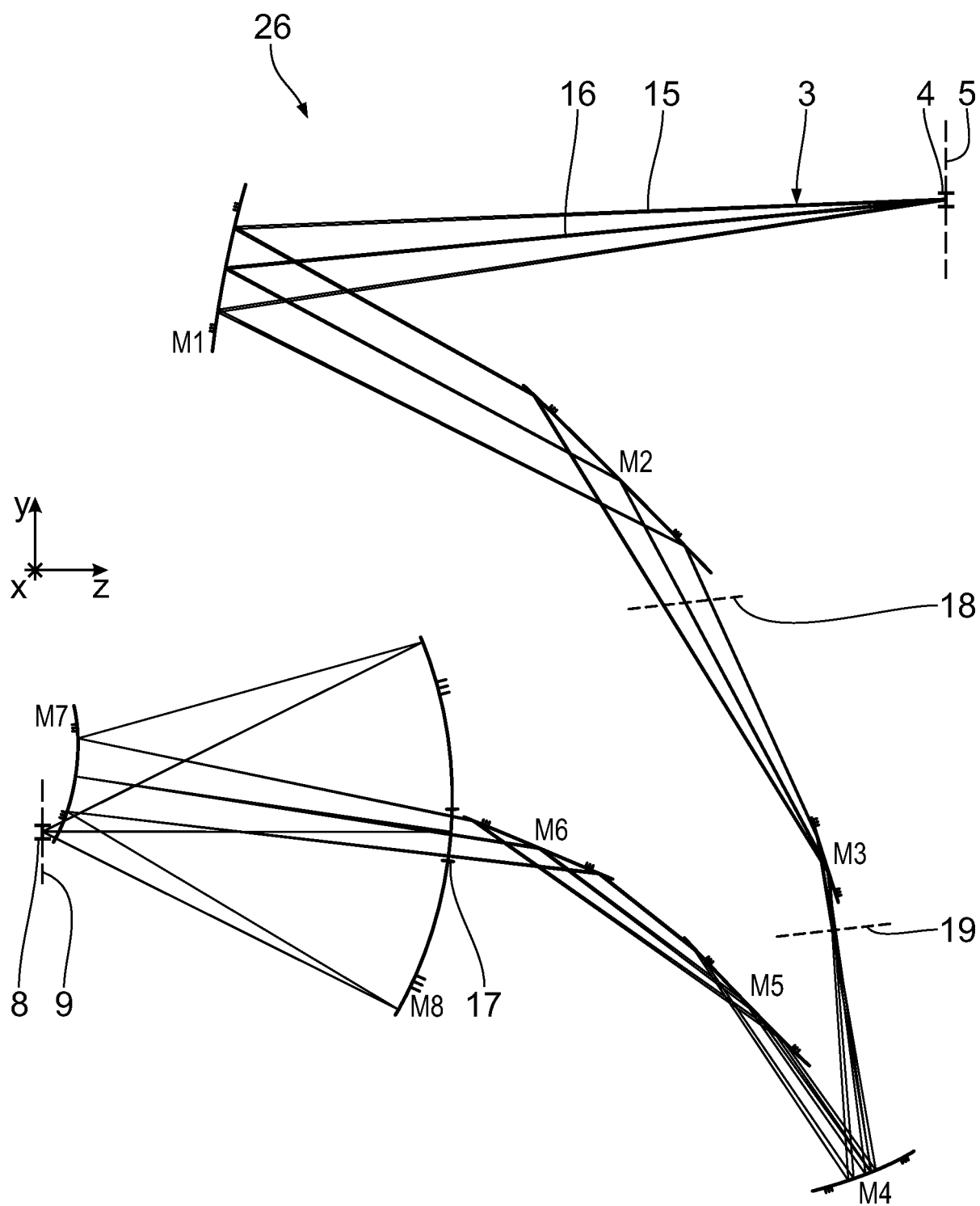


Fig. 9

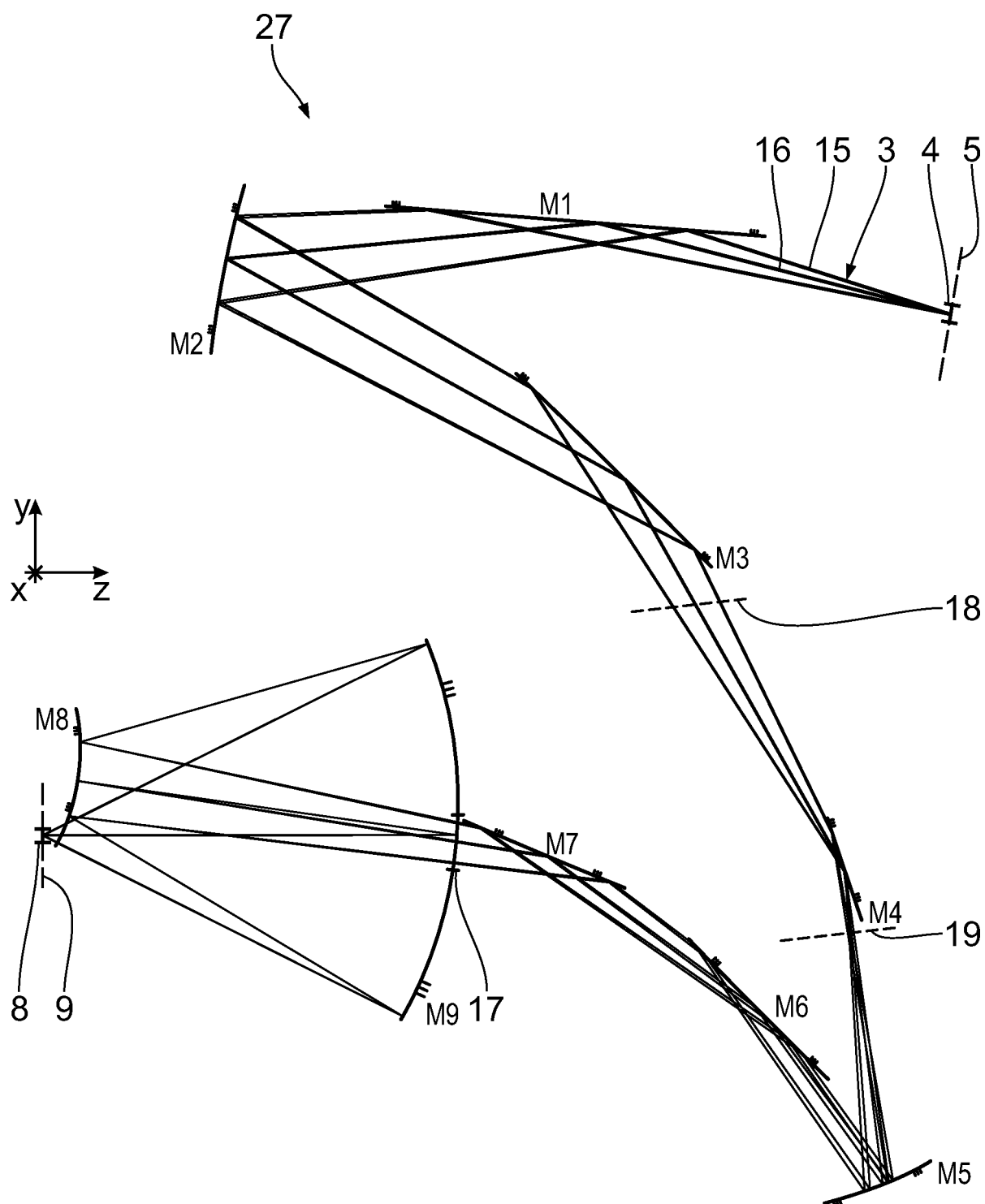
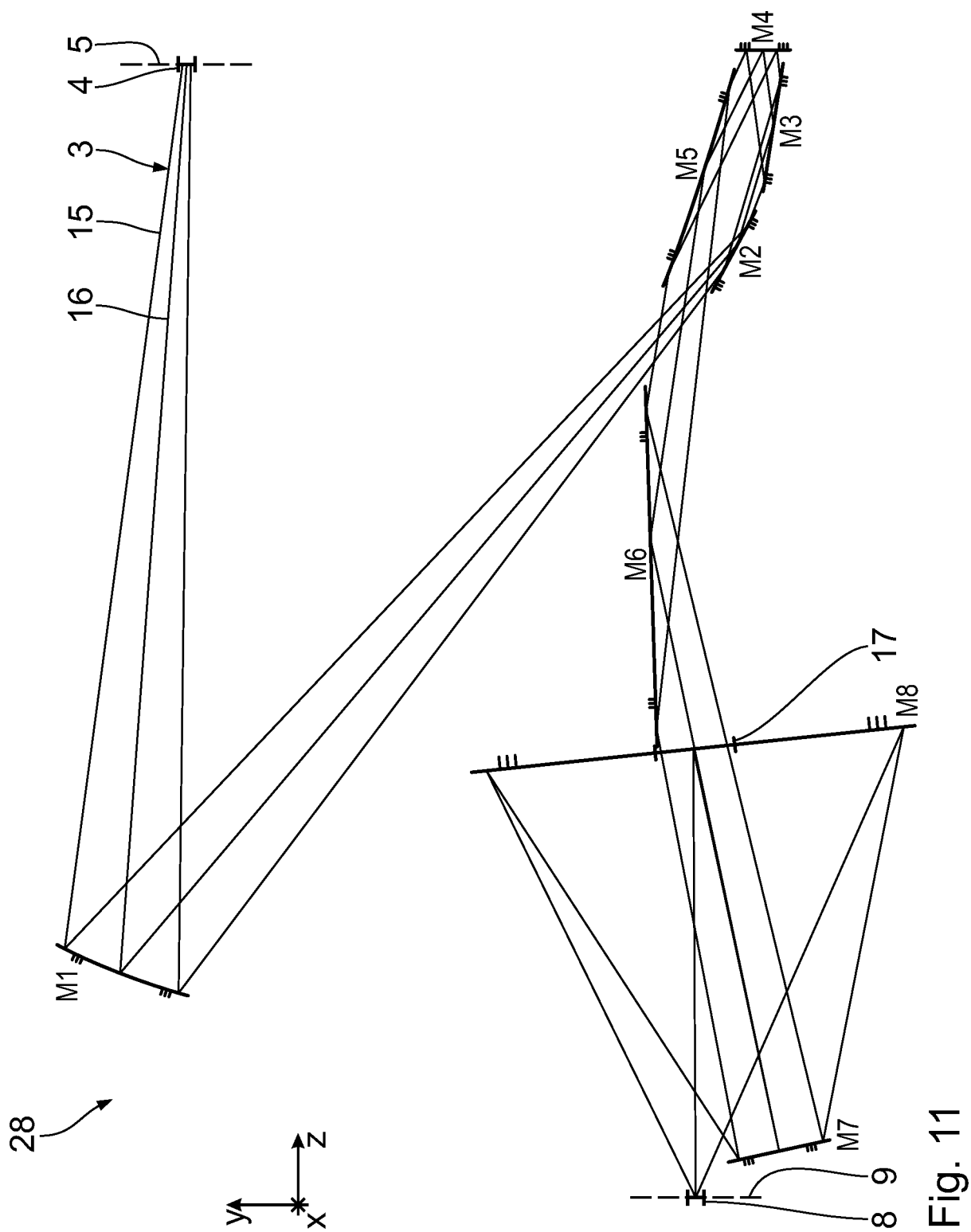


Fig. 10



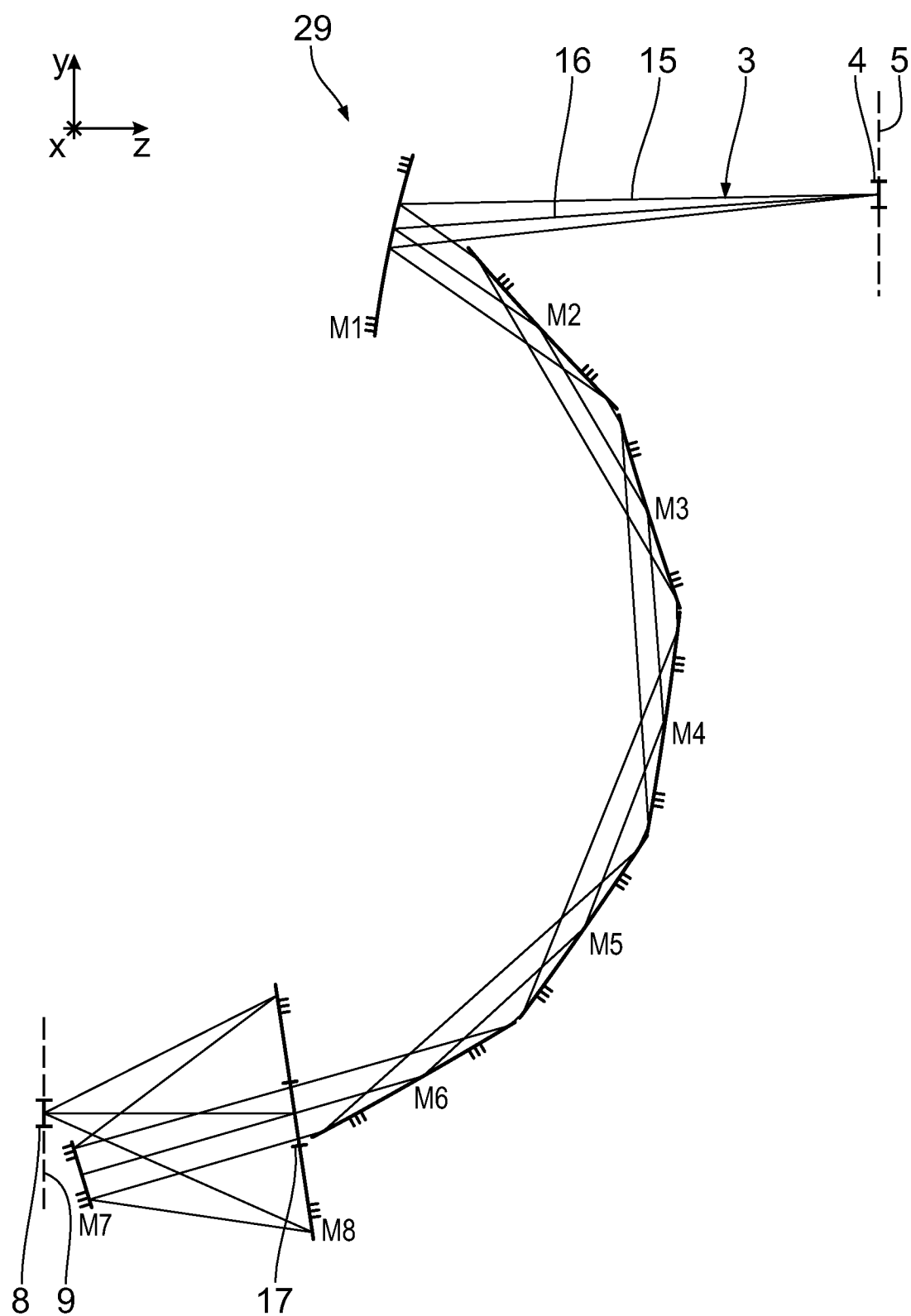


Fig. 12

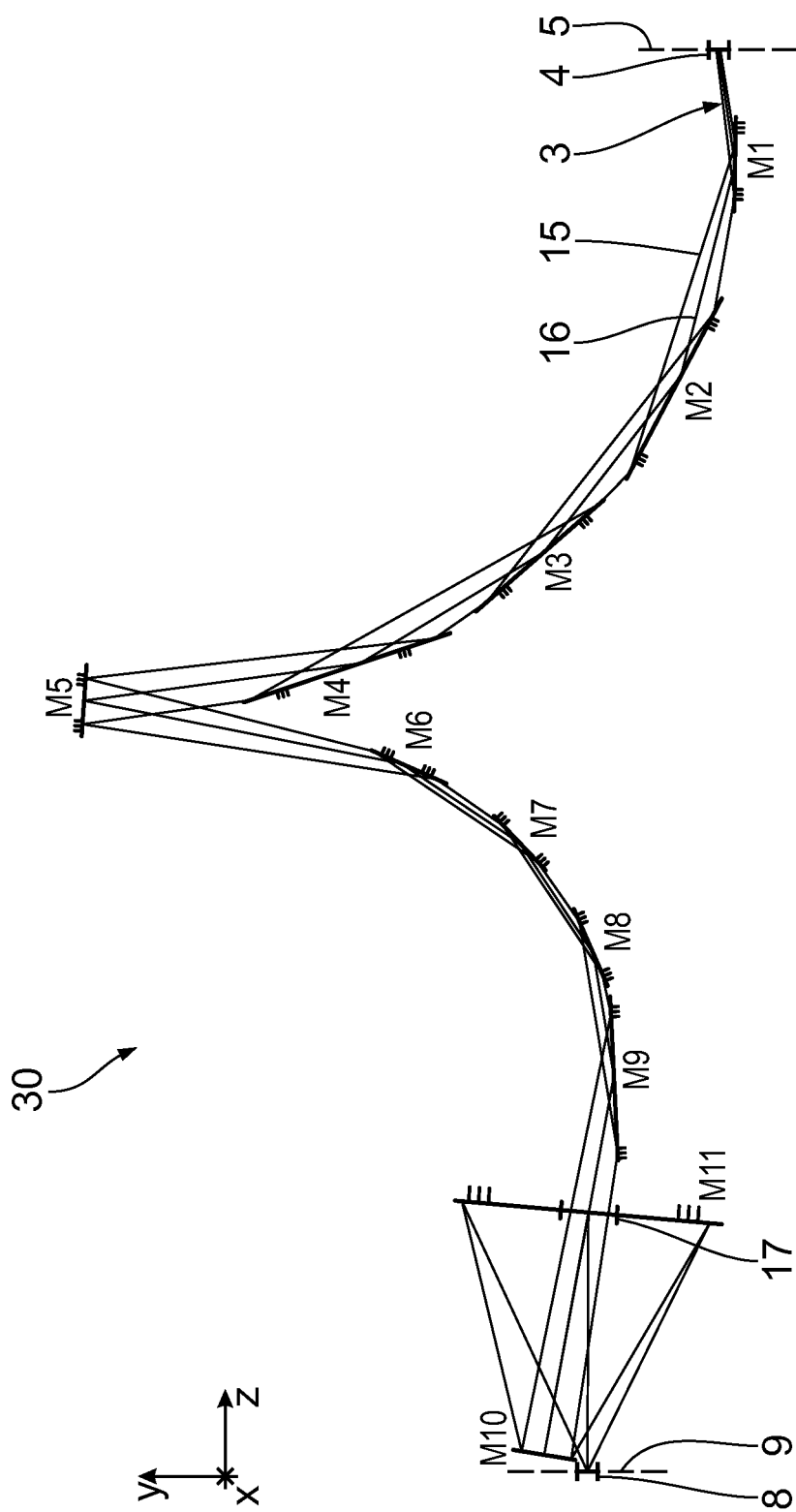


Fig. 13

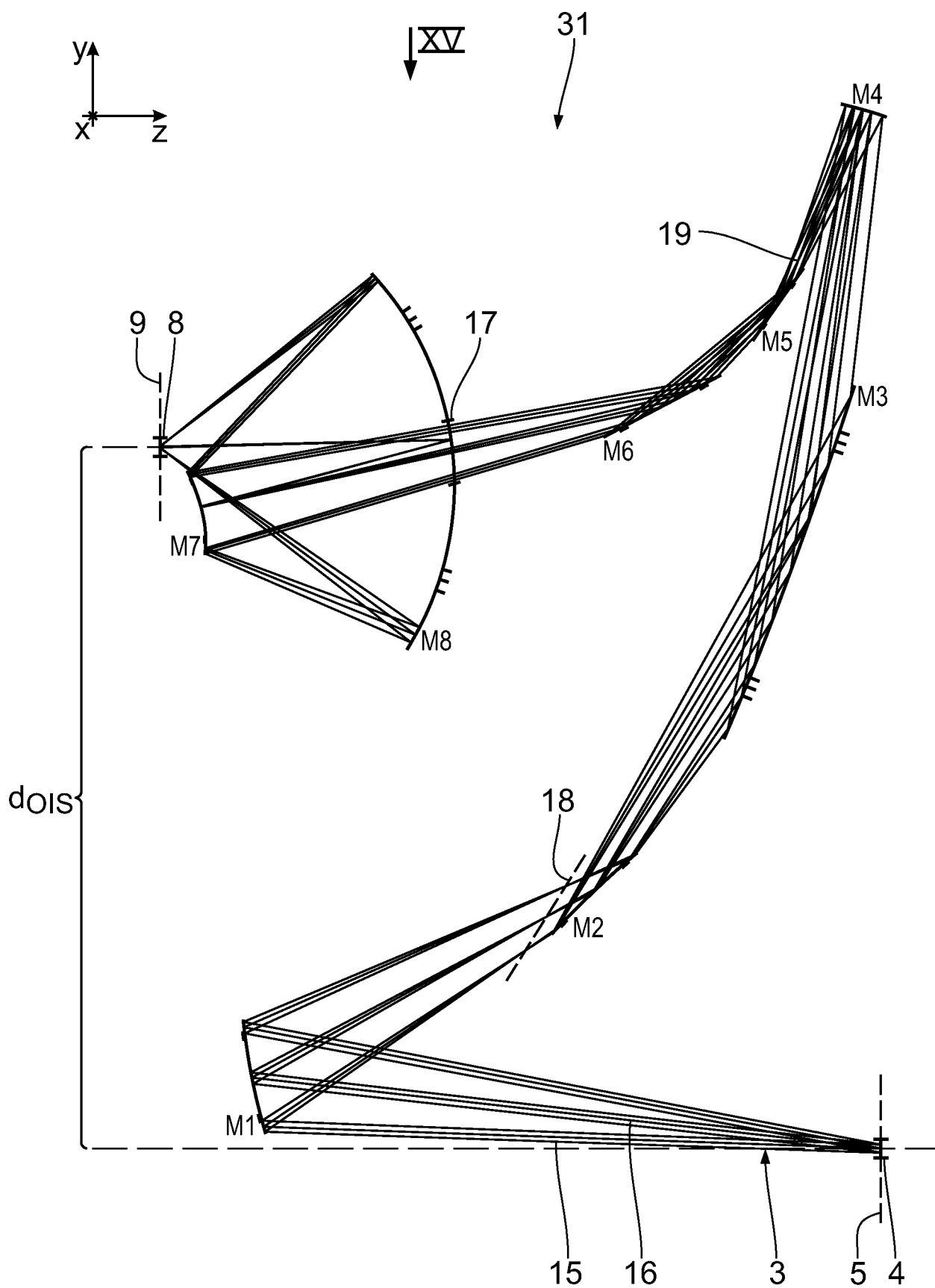


Fig. 14



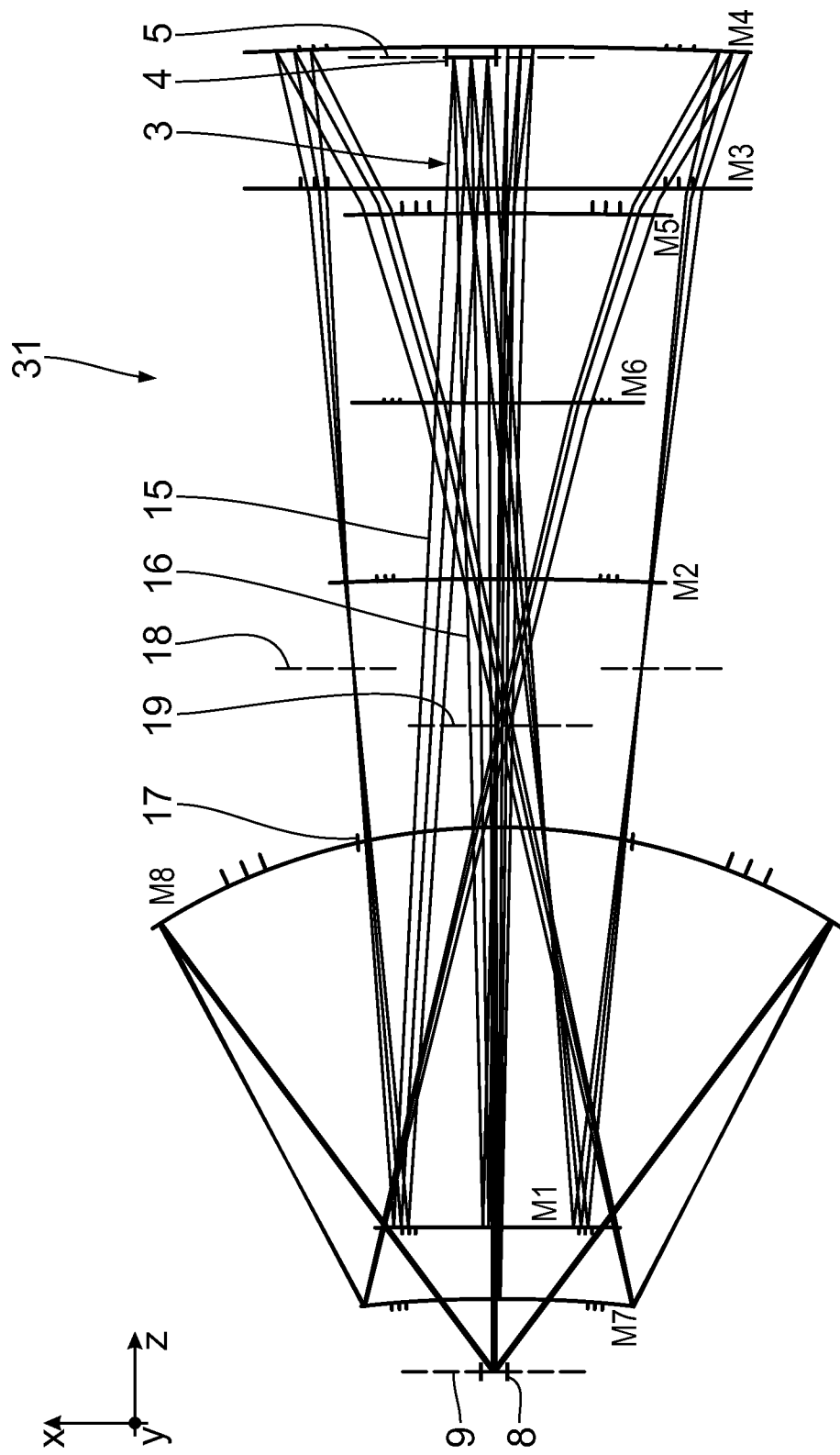


Fig. 15

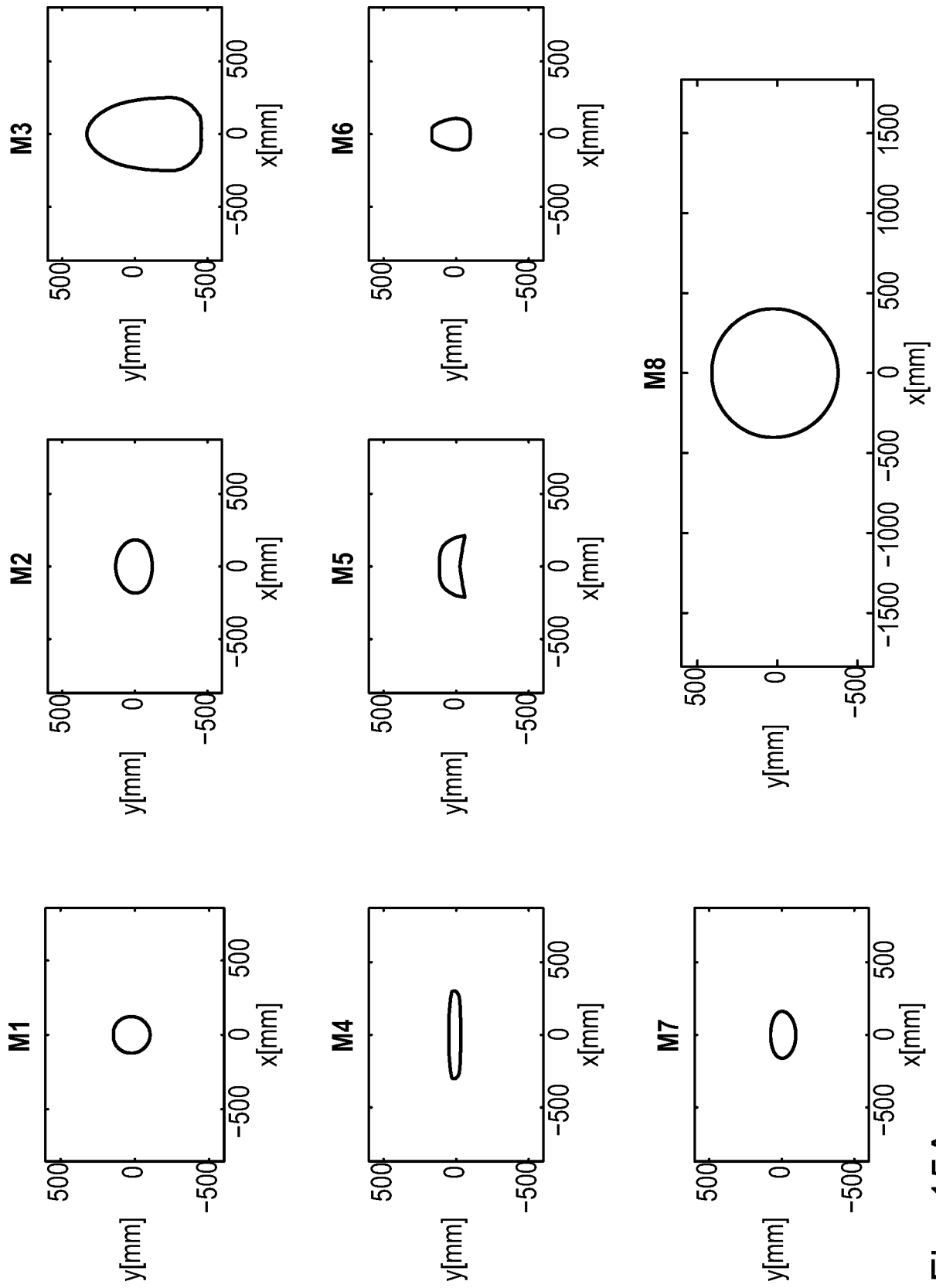


Fig. 15A

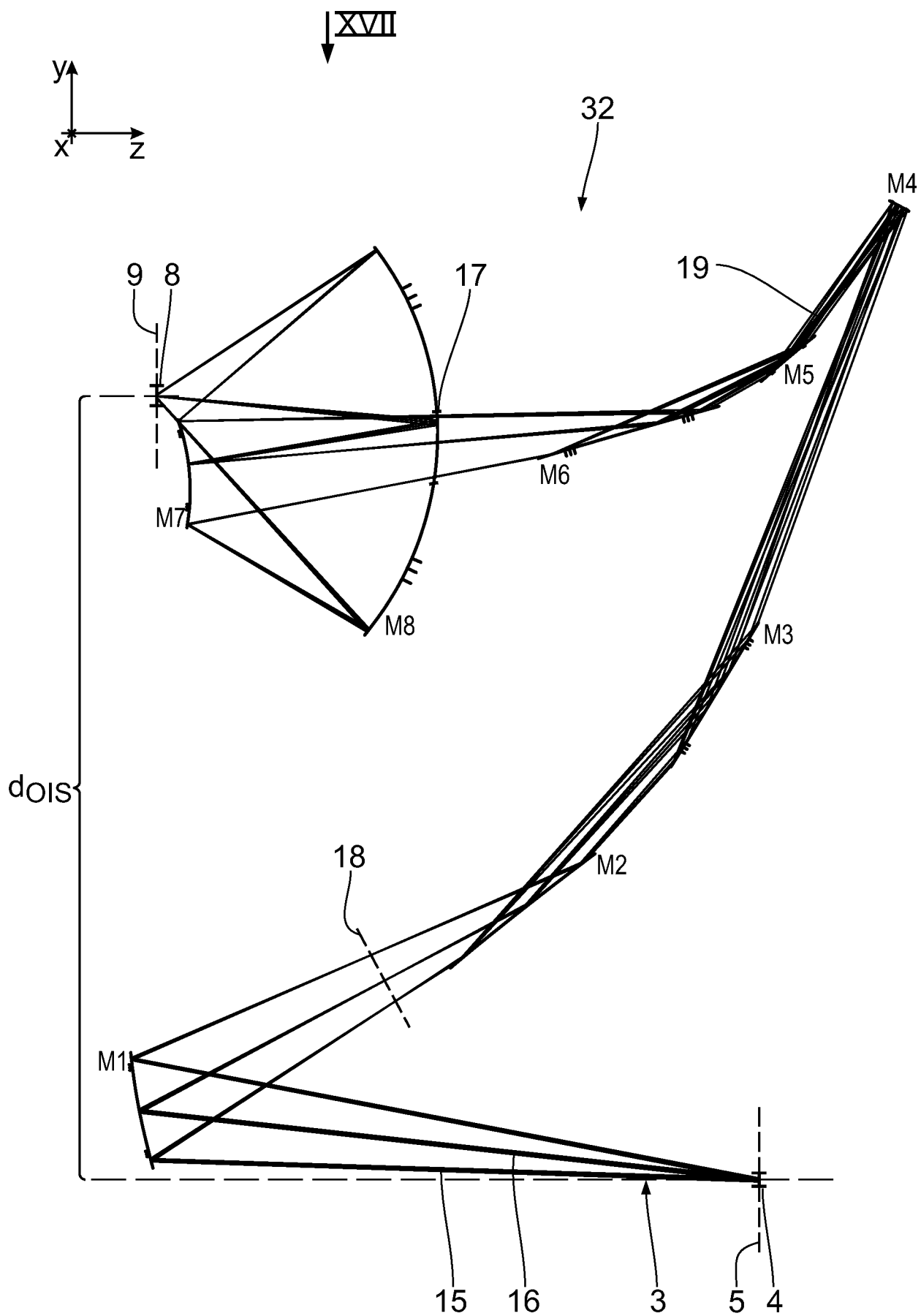


Fig. 16

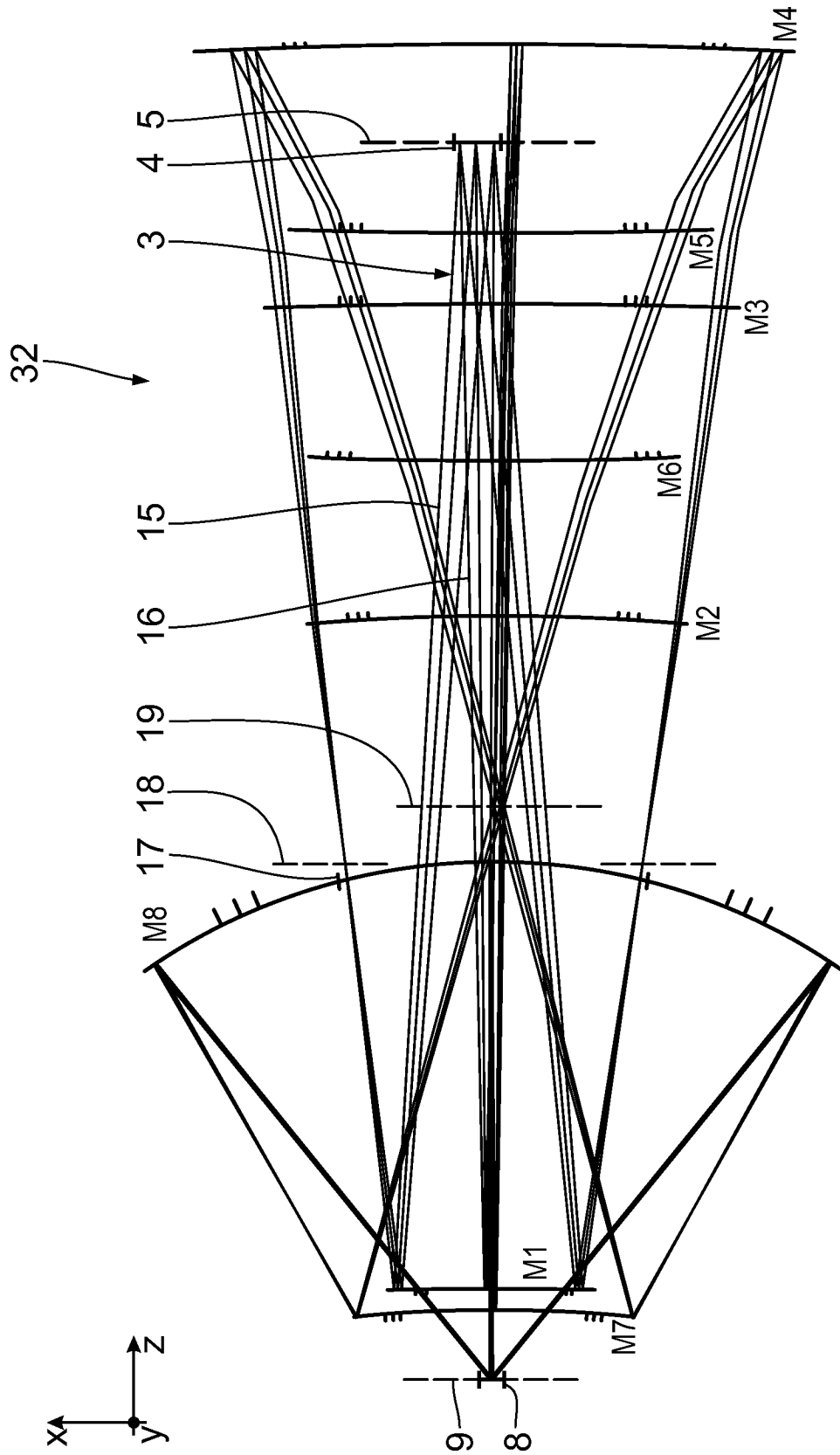


Fig. 17

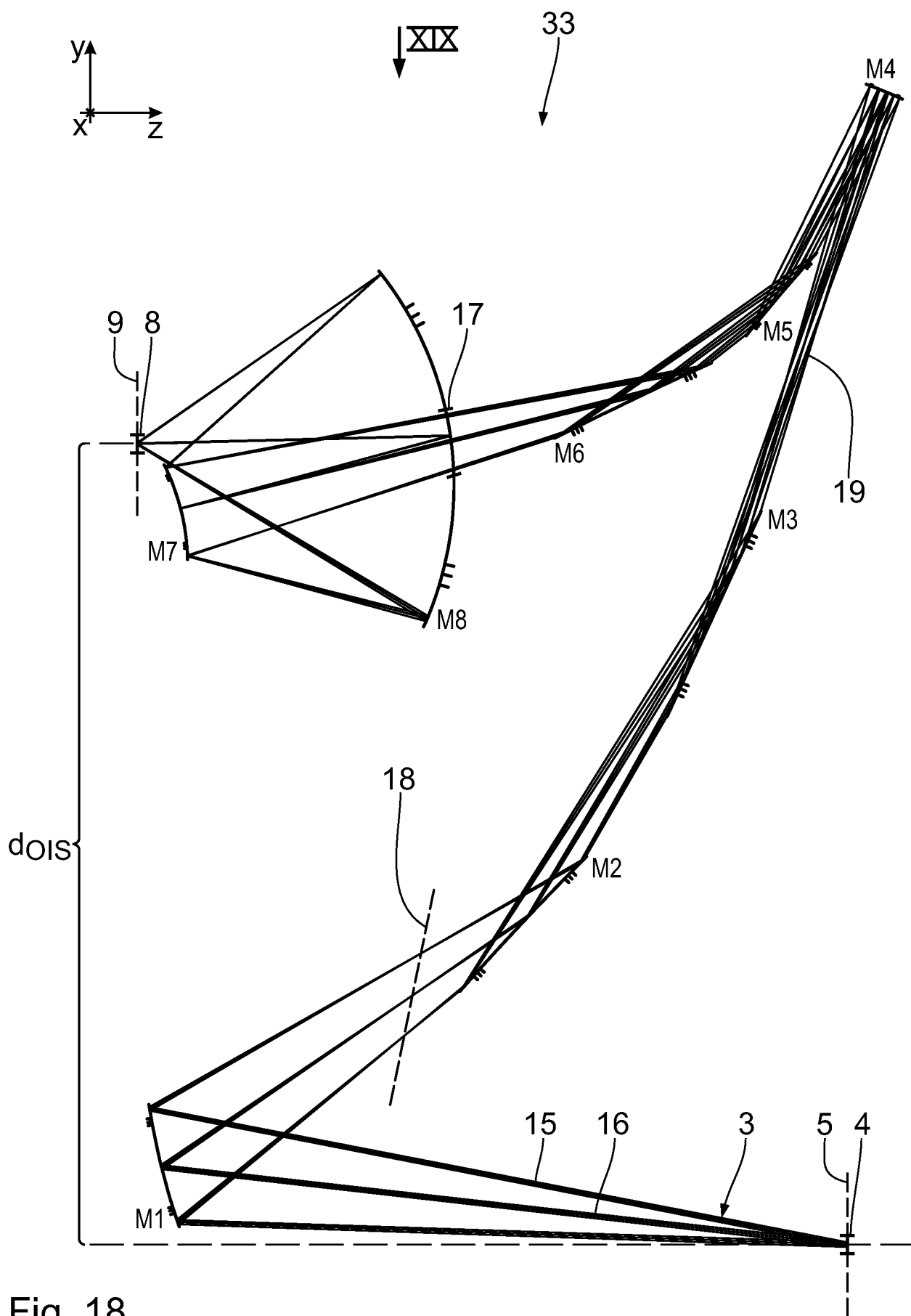


Fig. 18

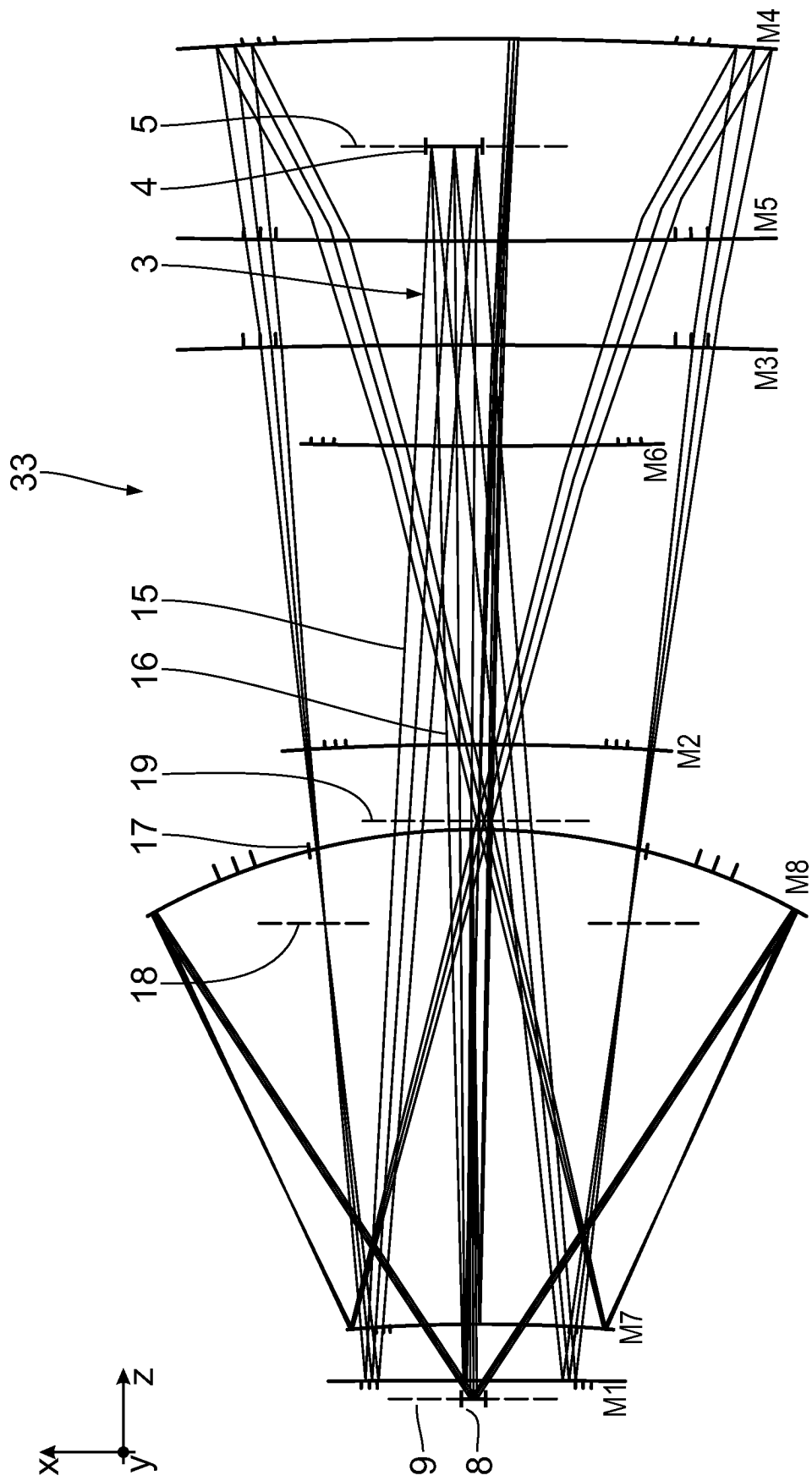
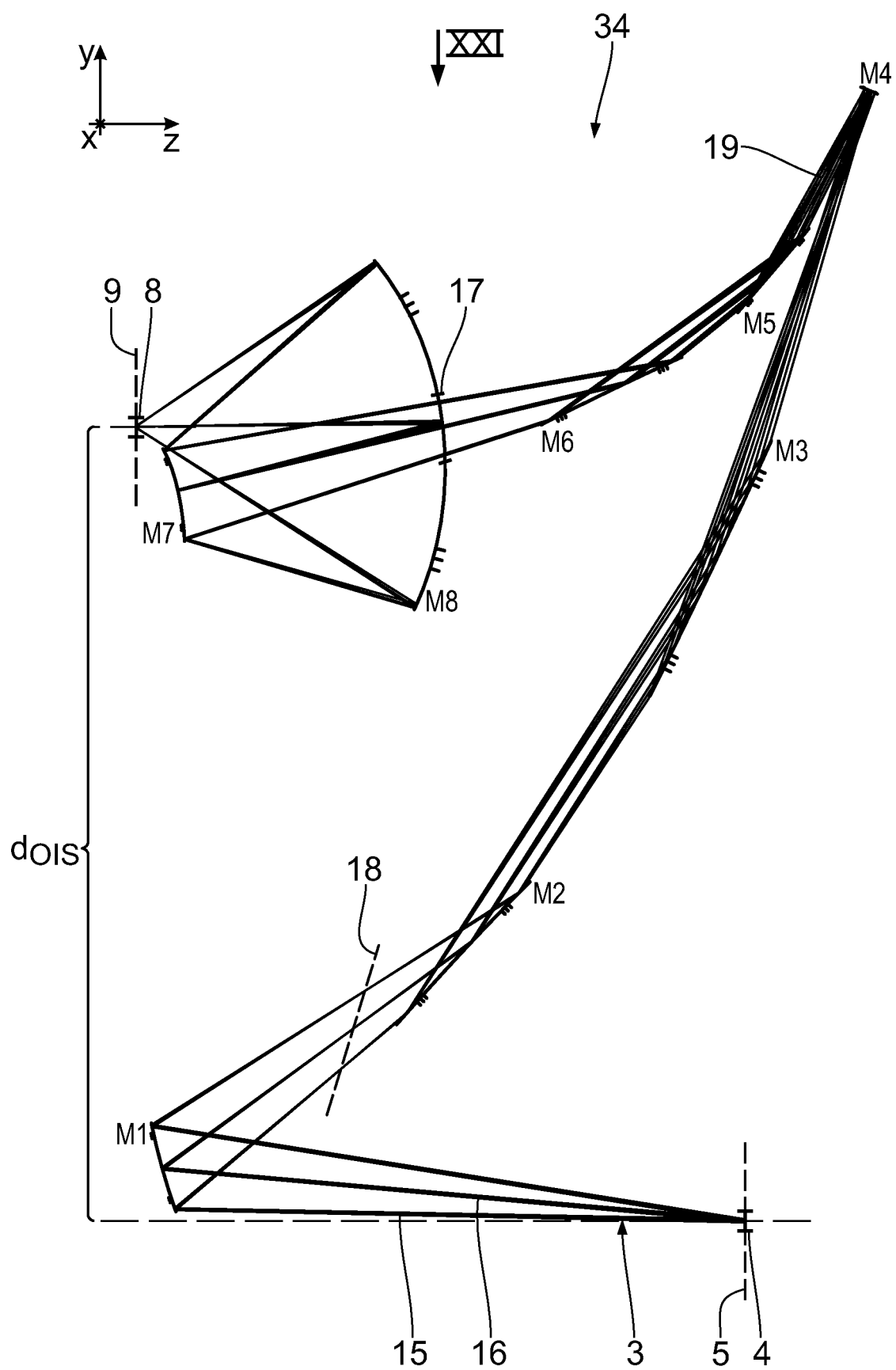


Fig. 19



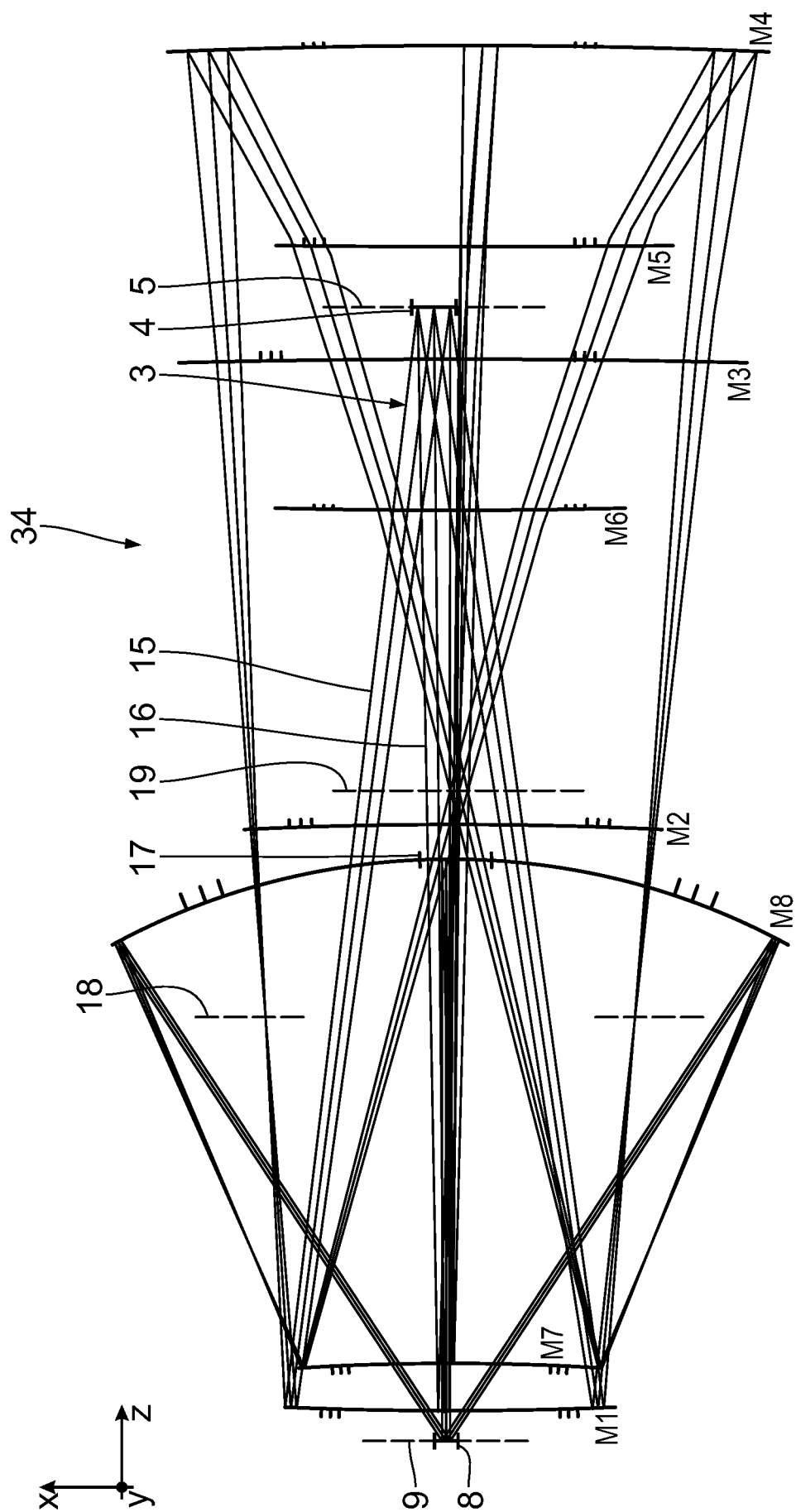


Fig. 21



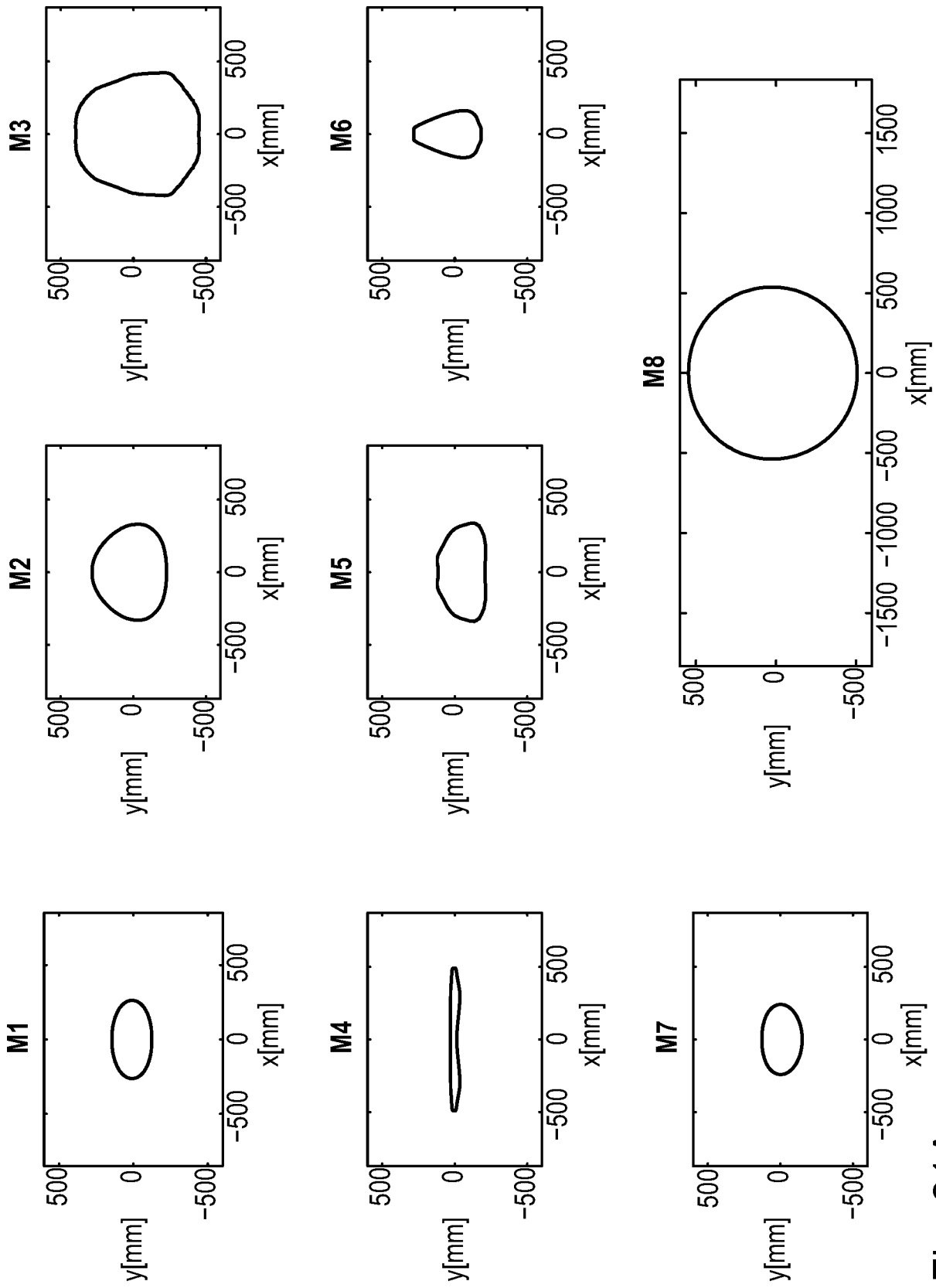


Fig. 21A

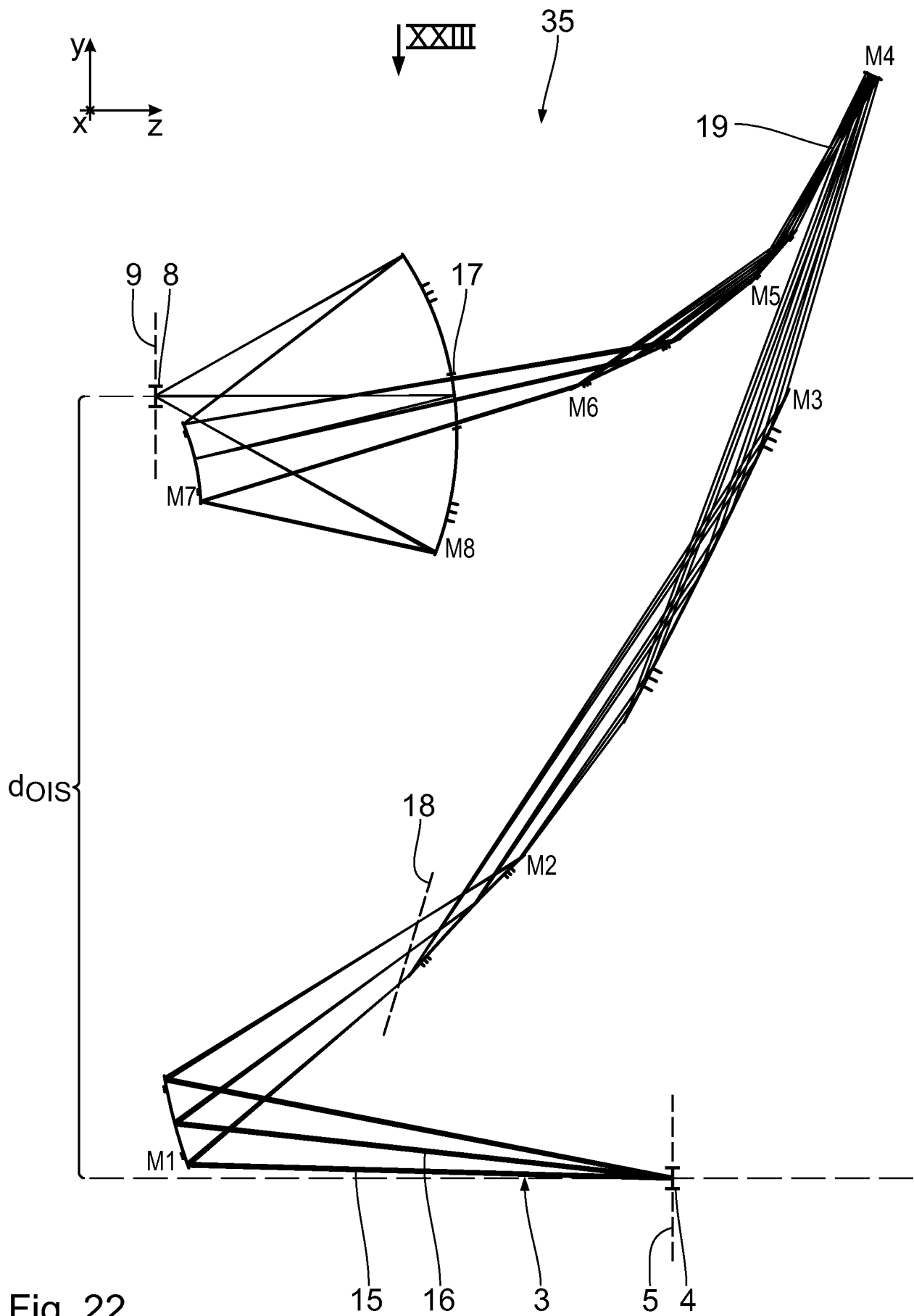


Fig. 22

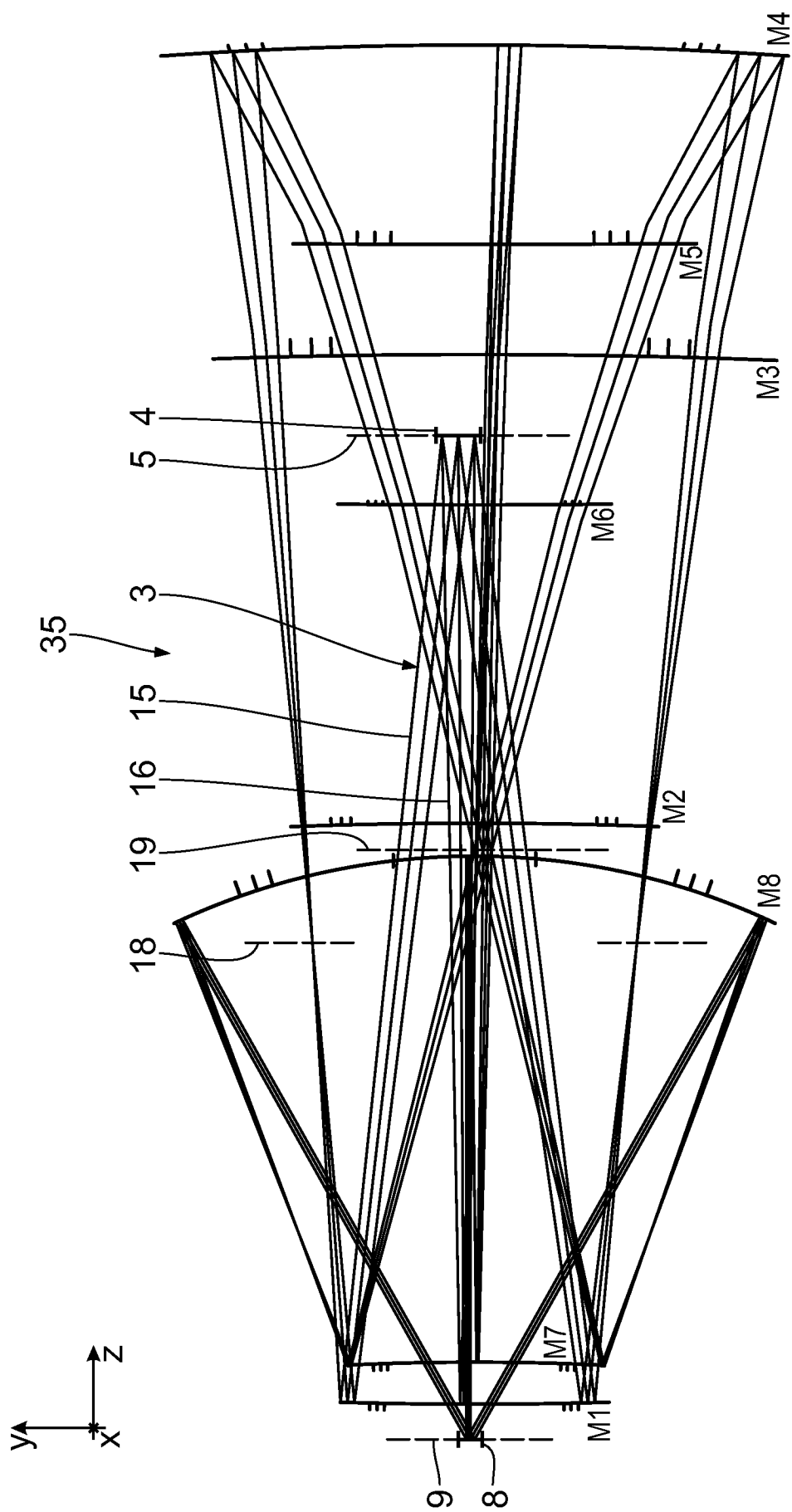


Fig. 23

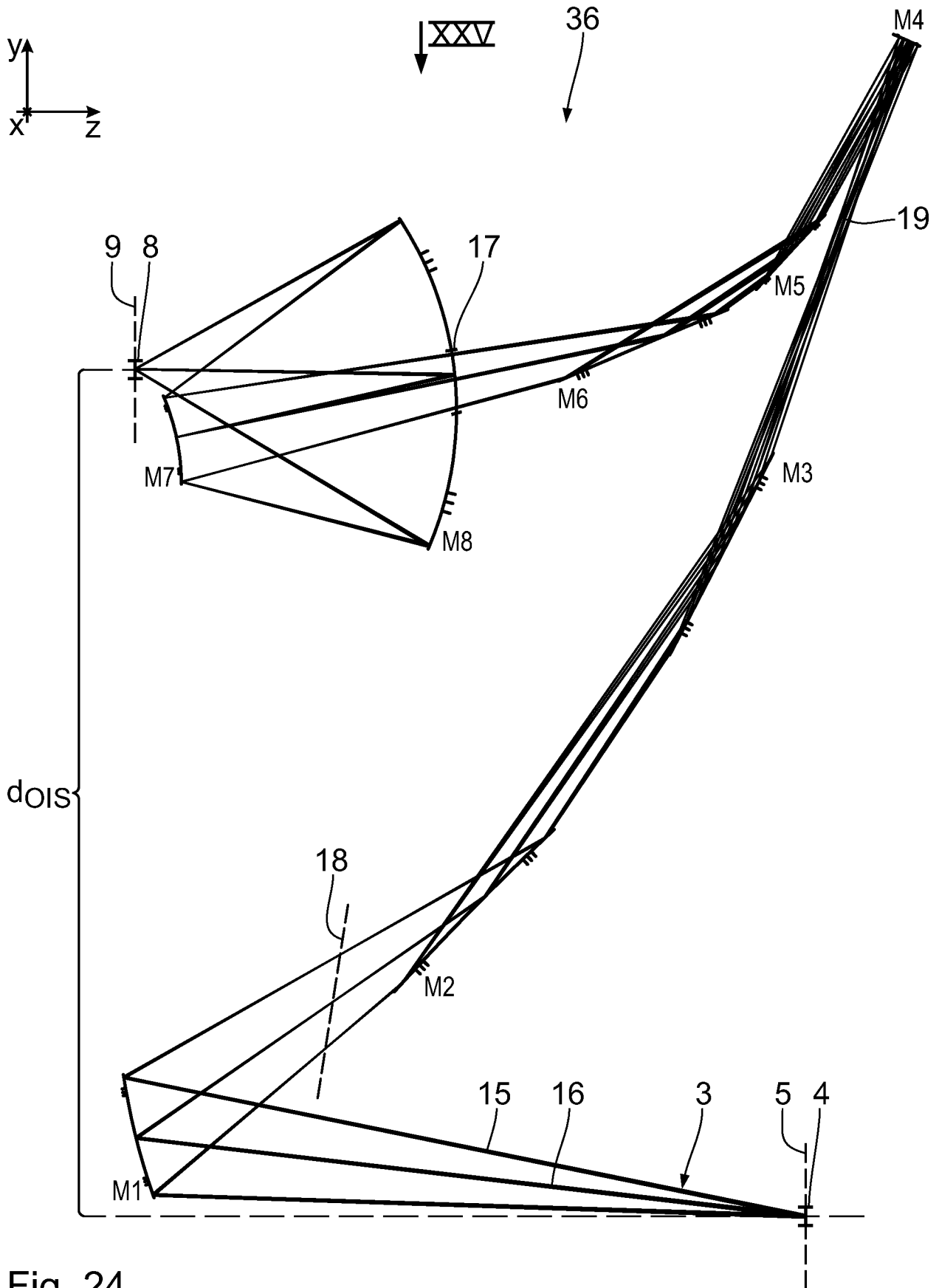


Fig. 24

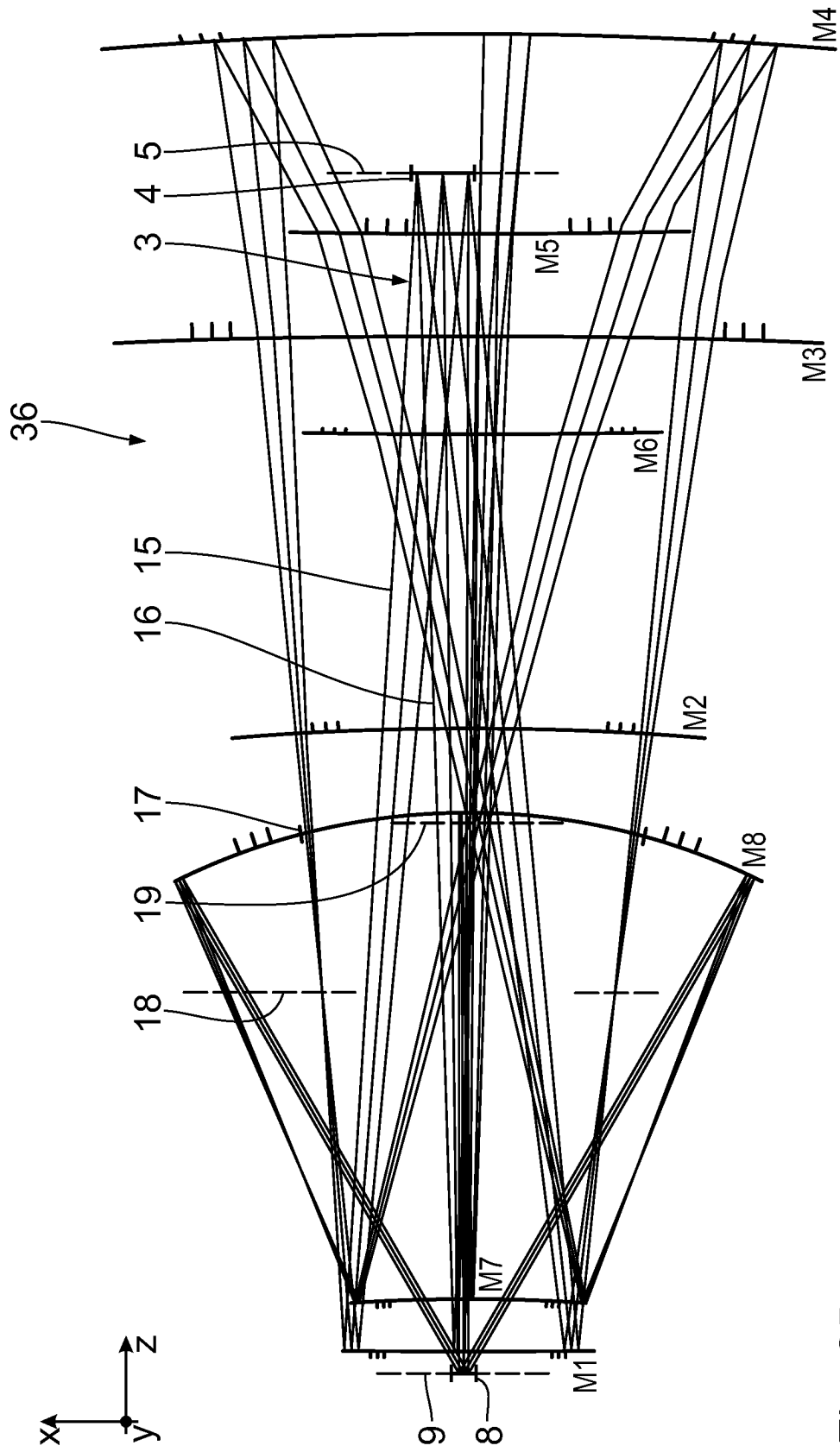


Fig. 25

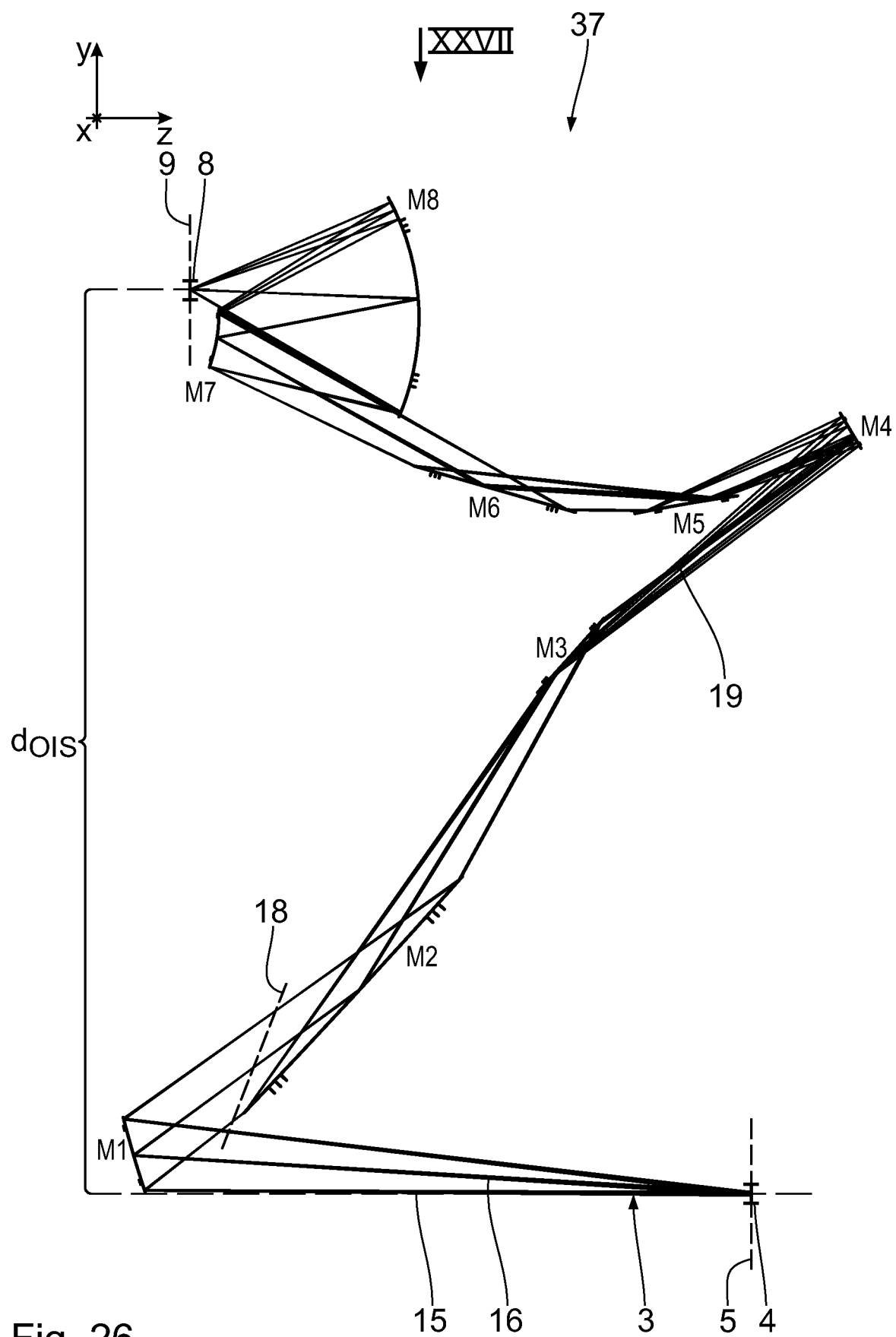


Fig. 26

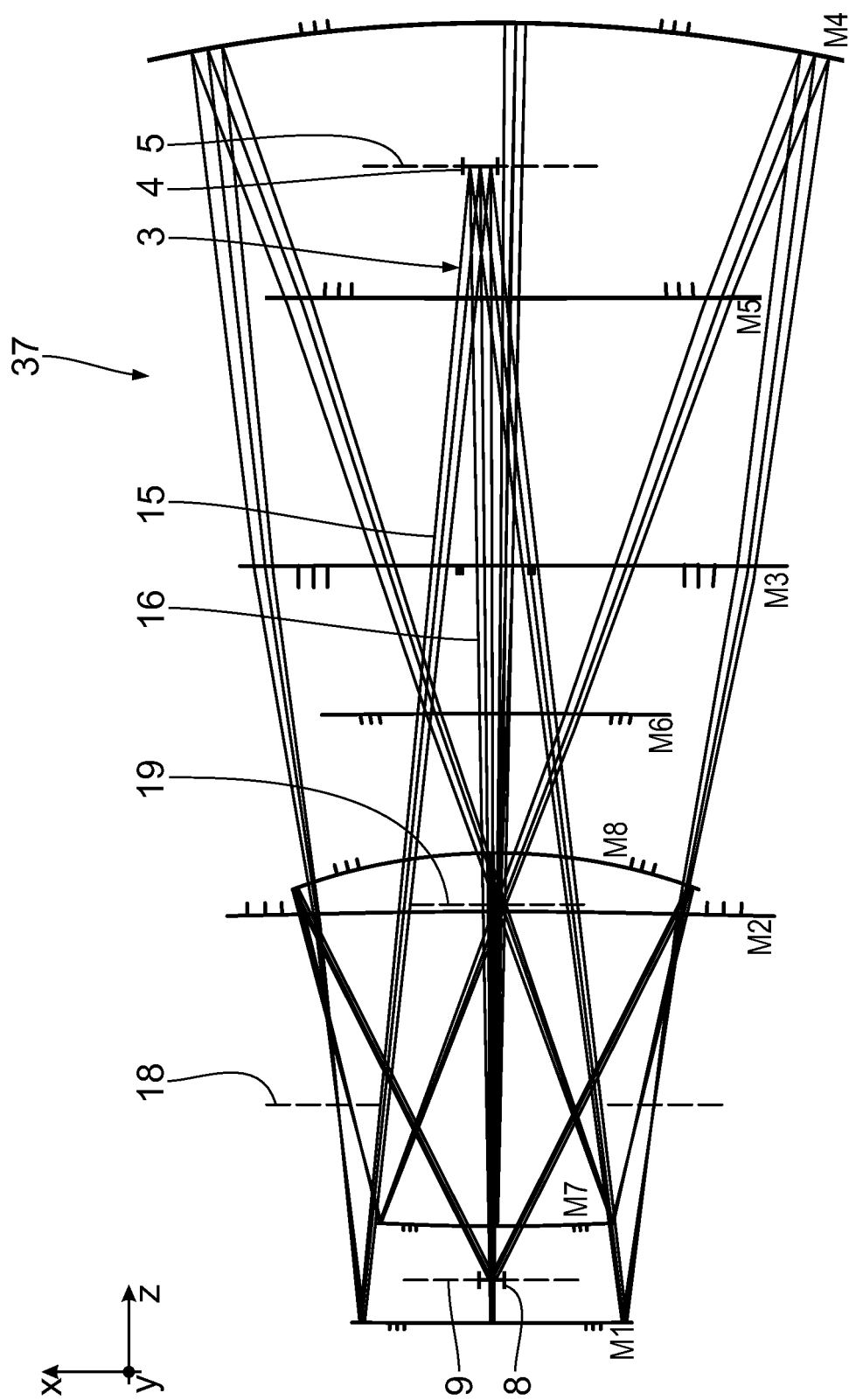


Fig. 27