



(10) **DE 10 2023 110 329 A1 2024.10.24**

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 110 329.6**

(22) Anmeldetag: **24.04.2023**

(43) Offenlegungstag: **24.10.2024**

(51) Int Cl.: **G01S 7/497 (2006.01)**

**G01S 7/481 (2006.01)**

**G02B 27/08 (2006.01)**

**G02B 26/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**SCRAMBLUX GmbH, 20355 Hamburg, DE**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Jabbusch Siekmann & Wasiljeff,  
26131 Oldenburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Yousefi, Mirvais, Dr., Hengelo, NL; Viets, Simon,  
22397 Hamburg, DE; Vahrenkamp, Torsten,  
Ihasalu, EE; Trinker, Matthias, 22609 Hamburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

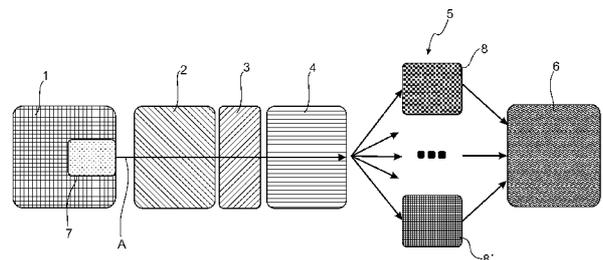
DE	10 2019 208 926	A1
US	2006 / 0 044 546	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems**

(57) Zusammenfassung: Erfindungswesentlich vorgesehen ist eine Vorrichtung zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems, insbesondere eines Lidar-Systems, wobei dem bildgebenden System mindestens eine Strahlung emittierende Einheit zugeordnet ist, wobei mittels der emittierten Strahlung ein Erfassungsfeld ausbildbar ist, wobei die Vorrichtung mindestens eine Bündelungseinrichtung zur Bündelung des durch die Strahlung ausgebildeten Erfassungsfeldes aufweist, wobei die Bündelungseinrichtung mindestens ein, in einem bestimmten Winkel zu dem bildgebenden System angestelltes, das Erfassungsfeld bündelndes optisches Element aufweist, wobei die Vorrichtung mindestens eine der Bündelungseinrichtung nachgeordnete Strahlungsrichteinheit zur Ausrichtung der Strahlung auf einen Eintrittsbereich eines Kaleidoskops aufweist, wobei das Kaleidoskop einander zugewandte Reflexionsflächen aufweist, die die Strahlung in Abhängigkeit von einem bestimmten Eintrittswinkel der Strahlung in das Kaleidoskop innerhalb des Kaleidoskops umlenken, und wobei die Vorrichtung mindestens eine sich an einen Austrittsbereich der Strahlung aus dem Kaleidoskop anschließende Messeinrichtung zur Erfassung der aus dem Kaleidoskop austretenden Strahlung und/oder mindestens eine Reflexionseinrichtung zur Reflexion der aus dem Kaleidoskop austretenden Strahlung aufweist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems, insbesondere eines Lidar-Systems, wobei dem bildgebenden System mindestens eine Strahlung emittierende Einheit zugeordnet ist und wobei mittels der emittierten Strahlung ein Erfassungsfeld ausbildbar ist. Bildgebende Systeme (engl. imaging systems) der eingangs genannten Art, insbesondere Lidar-Systeme (Light Detection and Ranging) werden beispielsweise zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung, zur Fernmessung atmosphärischer Parameter oder auch in einer Vielzahl weiterer Anwendungsfelder eingesetzt. Bei bildgebenden Systemen kann es sich um aktive oder passive bildgebende Systeme handeln. Passive bildgebende Systeme können beispielsweise einen Strahlungsempfänger aufweisen. Aktive bildgebende Systeme können beispielsweise einen Strahlungssender, also eine strahlungsemittierende Einheit und einen Strahlungsempfänger aufweisen. Bei bildgebenden Systemen kann es sich beispielsweise auch um Scheinwerfer, Blitzlichter, structured light scanner, time of flight cameras oder ähnliches handeln. Bei der Strahlung kann es sich beispielsweise um kohärentes oder nicht kohärentes Licht handeln. Bei einer strahlungsemittierenden Einheit kann es sich beispielsweise um einen Laser, eine Lichtquelle oder andere Strahlungsquellen handeln. Beispielsweise kann mittels Strahlung ein dreidimensionaler Raum abgescannt werden. Der durch das bildgebende System abtastbare Raum ist hierbei das Erfassungsfeld (Field of View). Bildgebende Systeme, insbesondere Lidar-Systeme finden beispielsweise bei der Steuerung und Navigation autonom fahrender Fahrzeuge Verwendung. Eine genaue Einstellung, Kalibrierung und Testung von bildgebenden Systemen ist essentiell, um genaue Messungen mittels Lidar zu ermöglichen. Zum Testen bildgebender Systeme nach der Herstellung (End of Line Testing) können beispielsweise weiträumige Testfelder genutzt werden, die beispielsweise den realen Bedingungen eines autonom fahrenden Fahrzeuges nachempfunden sind. Hierzu sind mitunter große Versuchsfelder und Versuchsaufbauten notwendig. Hierdurch ergibt sich ein hoher Testaufwand, so dass dies nicht für Massenproduktion, also zur Überprüfung eines jeden hergestellten bildgebenden Systems, einsetzbar ist.

**[0002]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Testen und Einstellen eines bildgebenden Systems vorzuschlagen, wobei der Versuchsaufbau kompakte Maße aufweist und für den End of Line Test einer Massenproduktion ausgebildet ist.

**[0003]** Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 18. Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

**[0004]** Erfindungswesentlich vorgesehen ist eine Vorrichtung zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems, insbesondere eines Lidar-Systems, wobei dem bildgebenden System mindestens eine Strahlung emittierende Einheit zugeordnet ist, wobei mittels der emittierten Strahlung ein Erfassungsfeld ausbildbar ist, wobei die Vorrichtung mindestens eine Bündelungseinrichtung zur Bündelung des durch die Strahlung ausgebildeten Erfassungsfeldes aufweist, wobei die Bündelungseinrichtung mindestens ein, in einem bestimmten Winkel zu dem bildgebenen System angeordnetes, das Erfassungsfeld bündelndes optisches Element aufweist, wobei die Vorrichtung mindestens eine der Bündelungseinrichtung nachgeordnete Strahlungsrichteinheit zur Ausrichtung der Strahlung auf einen Eintrittsbereich eines Kaleidoskops aufweist, wobei das Kaleidoskop einander zugewandte Reflexionsflächen aufweist, die die Strahlung in Abhängigkeit von einem bestimmten Eintrittswinkel der Strahlung in das Kaleidoskop innerhalb des Kaleidoskops umlenken, und wobei die Vorrichtung mindestens eine sich an einen Austrittsbereich der Strahlung aus dem Kaleidoskop anschließende Messeinrichtung zur Erfassung der aus dem Kaleidoskop austretenden Strahlung aufweist. Die Vorrichtung kann mindestens eine Testhalterung aufweisen, von der das zu testende bildgebende System aufgenommen werden kann. Die Testhalterung kann an die Art des zu testenden Systems, insbesondere des bildgebenden Systems angepasst sein und kann austauschbar sein, so dass mit der Vorrichtung verschiedene Systeme getestet werden können. Die Vorrichtung kann allerdings auch ohne eine Testhalterung vor einem zu testenden System platziert werden. Zum Testen eines passiven bildgebenden Systems kann die Vorrichtung eine strahlungsemittierende Einheit, beispielsweise einen Laser oder eine ähnliche Strahlungsquelle, aufweisen. Die emittierte Strahlung kann zum Testen des zu untersuchenden passiven bildgebenden System genutzt werden. Bei einem aktiven bildgebenden System weist das bildgebende System selber die strahlungsemittierende Einheit auf. Die Vorrichtung weist mindestens eine Bündelungseinrichtung auf, die zur Bündelung des durch die von dem bildgebenden System ausgesendete Strahlung ausgebildeten Erfassungsfeldes vorgesehen ist. Beispielsweise kann das Erfassungsfeld durch ein Abscannen eines Bereiches mittels der Strahlung emittierenden Einheit des bildgebenden Systems in X- und Y-Richtung ausgebildet sein. Das Erfassungsfeld kann beispielsweise auch durch

die aus einem Bereich empfangene Strahlung ausgebildet sein. Insbesondere kann es sich in diesem Fall um Laserstrahlung handeln. Bei der Strahlung kann es sich beispielsweise auch um Infrarot-Strahlung, kohärentes oder nicht kohärentes Licht oder ähnliches handeln. Durch die Bündelungseinrichtung kann das Erfassungsfeld gebündelt, insbesondere in X-Richtung und in Y-Richtung verkleinert werden. Das Erfassungsfeld wird also auf einen kleineren Bereich fokussiert. Somit ist es ermöglicht ein eigentlich größeres Erfassungsfeld des zu testenden Systems auf kompakten Raum zu untersuchen. Die Bündelung in horizontaler und vertikaler Ebene kann hierbei unabhängig voneinander, insbesondere nacheinander, erfolgen. Hierzu weist die Bündelungseinrichtung optische Elemente, beispielsweise Linsen, Parabolspiegel oder auf Metamaterial basierende Oberflächen auf. Auch können formbare Spiegel, Reflektoren oder gebogene Oberflächen zum Einsatz kommen. Der Bündelungseinrichtung im Strahlengang nachgeordnet ist eine Strahlungsrichteinheit mit der die aus der Bündelungseinrichtung austretende Strahlung geleitet, insbesondere ausgerichtet werden kann. Durch die Strahlungsrichteinheit wird die Strahlung, die das gebündelte Erfassungsfeld ausbildet, auf den Eintrittsbereich eines Kaleidoskops geleitet. Bei der Strahlungsrichteinheit kann es sich beispielsweise um einen ansteuerbaren Spiegel handeln, so dass die Strahlung in verschiedenen Winkeln auf den Eintrittsbereich des Kaleidoskops gerichtet werden kann. Die Strahlungsrichteinheit kann hierbei auch als Blende fungieren, indem der Spiegel der Strahlungsrichteinheit beispielsweise klein gegenüber dem Querschnitt der emittierten Strahlung ist und somit unerwünschte Teile der Strahlung nicht in das Kaleidoskop gerichtet werden. Das Kaleidoskop weist einander zugewandte reflektierende Oberflächen auf, durch die der Strahlengang der ausgesendeten Strahlung in dem Kaleidoskop durch Reflexionen an den reflektierenden Oberflächen verlängert werden kann. Die Länge des Strahlungspfades innerhalb des Kaleidoskops hängt hierbei vom Eintrittswinkel der Strahlung in das Kaleidoskop ab. Insbesondere kann ein Kaleidoskop durch eine zweidimensionale polygone, beispielsweise dreieckige oder viereckige imaginäre Grundfläche ausgebildet sein, die entlang der dritten Dimension gestreckt ist. Das Kaleidoskop weist also einen polygonenförmigen Querschnitt auf. Die nach innen gerichteten Innenseiten der durch die Streckung entstehenden Mantelflächen sind reflektierend ausgebildet, wobei die Stirnseiten offen sein können. Zwischen den Mantelflächen ist ein Hohlraum ausgebildet. Das Kaleidoskop kann insbesondere durch einen als Prisma bezeichneten geometrischen Körper, also einen durch Parallelverschiebung eines ebenen Polygons in einer nicht in dieser Ebene liegende Gerade, im Raum ausgebildet sein. Der geometrische Körper ist hierbei nur durch die Mantelflächen ausgebildet. Es gibt keine körperlichen

Grundflächen, die Stirnseiten sind also offen und das durch die Mantelflächen umschlossene Volumen ist als ein Hohlraum ausgebildet. Je kleiner der Winkel zwischen der imaginären Grundfläche des Kaleidoskops und der eintretenden Strahlung ist, desto mehr Reflexionen treten im Inneren des Kaleidoskops auf und desto länger wird der Strahlungspfad, also die Länge des im Kaleidoskop zurück gelegten Weges. Der Winkel, mit dem die Strahlung in das Kaleidoskop eintritt, bestimmt die Länge des Strahlungspfades im Kaleidoskop. Die Strahlungspfadlänge kann also durch die Strahlungsrichteinheit festgelegt werden. Durch die Verwendung des Kaleidoskops können unterschiedliche zurückgelegte Pfadlängen der durch das zu testende System ausgesendeten Strahlung auf kleinem Raum untersucht werden. Die Vorrichtung weist an einem Austrittsbereich der Strahlung aus dem Kaleidoskop mindestens eine Messeinrichtung zur Erfassung der aus dem Kaleidoskop austretenden Strahlung auf. Durch die Messeinrichtung können verschiedene Parameter des zu testenden Systems, wie Eigenschaften des Erfassungsbereiches, Eigenschaften der Strahlung, Bestimmungsbereiche des bildgebenden Systems oder Ähnliches, erfasst werden. Beispielsweise kann die Messeinrichtung hierfür optische Messzellen, Reflektoren und Ähnliches aufweisen. Weiterhin kann eine Reflexionseinrichtung vorgesehen sein, die die aus dem Kaleidoskop austretende Strahlung zur weiteren Auswertung zurück reflektiert. Zur Auswertung der mittels der Messeinrichtung erfassten Strahlung kann eine Auswerteeinrichtung, insbesondere eine Recheneinrichtung oder Ähnliches vorgesehen sein. Die ausgewerteten Daten können zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren des bildgebenden Systems eingesetzt werden.

**[0005]** In einer Weiterbildung der Erfindung weist die Vorrichtung mindestens eine Testhalterung zur Aufnahme des zu testenden bildgebenden Systems auf. Die Vorrichtung weist mindestens eine Testhalterung auf, von der das zu testende bildgebende System aufgenommen werden kann, insbesondere kann die Testhalterung hierfür Verbindungsmittel wie Klammern oder zu dem bildgebenden System korrespondierende Aufnahmepunkte aufweisen, so dass das bildgebende System fest von der Testhalterung gehalten wird. Die Testhalterung kann an die Art des zu testenden Systems, insbesondere des bildgebenden Systems angepasst sein und kann austauschbar sein, so dass mit der Vorrichtung verschiedene Systeme getestet werden können. Insbesondere weist die Testhalterung eine Lagerung zur Ausführung einer Translationsbewegung oder einer Rotationsbewegung auf.

**[0006]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Testhalterung wenigstens eine Einspannvorrichtung auf, die translationsbeweglich, rotationsbeweglich oder translations- und rotationsbeweglich zu wei-

teren Komponenten der Vorrichtung angeordnet ist. Durch die translations- und rotationsbewegliche Anordnung ist eine genaue Ausrichtung des zu testenden Systems, insbesondere des Lidar-Systems, beispielsweise zur Bündelungseinrichtung in der Vorrichtung gegeben. Die Testhalterung kann eine mechanische, elektronische und/oder datenleitende Schnittstelle zu dem zu testenden System aufweisen.

**[0007]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist der Testhalterung, der Bündelungseinrichtung, der Strahlungsrichteinheit, dem Kaleidoskop und/oder der Messeinrichtung mindestens ein Sensor zugeordnet, mit dem Umgebungseinflüsse auf die Vorrichtung oder deren Komponenten ermittelt werden können. Der Sensor oder die Sensoren können beispielsweise zur Temperaturmessung, Luftdruckmessung, Schwingungsmessung oder Messung anderer Umgebungsbedingungen ausgebildet sein, um die Messwerte dieser Umgebungsbedingungen in beispielsweise eine Kalibrierung oder Einstellung des zu testenden System einfließen lassen zu können.

**[0008]** In einer Weiterbildung der Erfindung weist die Bündelungseinrichtung als optisches Element wenigstens eine Reflexionsfläche, eine Linse oder ein Metamaterial auf. Zur Bündelung des Erfassungsfeldes, das von der durch das zu testende System emittierten Strahlung ausgebildet ist, weist die Bündelungseinrichtung beispielsweise gekrümmte Reflexionsflächen auf, die insbesondere unabhängig voneinander das Erfassungsfeld in horizontaler und vertikaler Ebene bündeln können. Ähnliches kann beispielsweise durch Einsatz von Linsen oder Metamaterialien erreicht werden. Auch können verformbare Spiegel, insbesondere steuerbar verformbare Spiegel, oder Parabolspiegel oder Ähnliches vorgesehen sein.

**[0009]** In einer Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei wenigstens einer Reflexionsfläche um einen Parabolspiegel. Durch einen Parabolspiegel kann die das Erfassungsfeld ausbildende Strahlung, die von dem zu testenden System emittiert wird, sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Ebene gebündelt werden.

**[0010]** In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Reflexionsflächen der Bündelungseinrichtung derart zu einander ausgerichtet, dass diese jeweils in unterschiedlichen Ebenen auf das durch die ausgesendete Strahlung ausgebildete Erfassungsfeld wirken, insbesondere jeweils wenigstens eine Reflexionsfläche einer horizontalen Achse des Erfassungsfeldes und wenigstens eine Reflexionsfläche einer vertikalen Achse des Erfassungsfeldes zugeordnet ist. Durch beispielsweise zwei Reflexionsflächen, die insbesondere zumindest abschnittsweise halbzylindrisch konkav ausgebildet sein können,

kann das Erfassungsfeld beispielsweise von einer ersten Reflexionsfläche in horizontaler Ebene gebündelt werden und von einer zweiten Reflexionsfläche in vertikaler Ebene gebündelt werden. Durch die voneinander entkoppelte horizontale und vertikale Bündelung sind die Anforderungen an die optischen Elemente gegenüber beispielsweise bei einer Bündelung durch ein einziges optisches Element, beispielsweise durch einen Parabolspiegel, verringert. Die Strahlung wird hierbei nach ihrem Austritt aus dem zu testenden System zunächst auf die eine Reflexionsfläche geleitet und von dieser auf die zweite Reflexionsfläche reflektiert.

**[0011]** In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Reflexionsflächen der Bündelungseinrichtung jeweils fokussierend und zumindest abschnittsweise im Wesentlichen zylindrisch geformt, insbesondere zur Ausrichtung der auftreffenden Strahlung um 90° zueinander versetzt gedreht. Reflektionsflächen der Bündelungseinrichtung können durch fokussierende, insbesondere konkave, im Wesentlichen zylindrisch, insbesondere hohlzylindrisch, geformte Körper ausgebildet sein. Die Mantelflächenabschnitte der Reflexionsfläche sind hierbei in ihrer Längserstreckung im Wesentlichen um 90° zueinander gedreht. Durch die eine Reflexionsfläche wird das Erfassungsfeld in horizontaler Ebene gebündelt und im Folgenden von der weiteren Reflexionsfläche in vertikaler Ebene gebündelt. Somit ist eine unabhängige Bündelung der Dimensionen des Erfassungsfeldes gegeben.

**[0012]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Bündelungseinrichtung eine interne Kalibrationseinrichtung auf, insbesondere eine automatisch nachsteuernde Selbstkalibration. Durch die Kalibrationseinrichtung ist eine genaue Ausrichtung und Einstellung der Bündelungseinrichtung erreicht.

**[0013]** In einer Weiterbildung der Erfindung setzt sich die Strahlungsrichteinheit aus mindestens einem Spiegel, mindestens einem Scanmechanismus und mindestens einer Steuereinheit zusammen. Durch den Scanmechanismus ist es ermöglicht, dass die Strahlungsrichteinheit, die aus der Bündelungseinrichtung austretende Strahlung in verschiedenen Winkeln auf den Eintrittsbereich in das Kaleidoskop lenkt. Somit können unterschiedliche Pfadlängen der Strahlung in dem Kaleidoskop erreicht werden. Hierzu wird der Steuerspiegel der Strahlungsrichteinheit um mindestens eine Achse durch den Scanmechanismus geschwenkt. Der Scanmechanismus kann beispielsweise durch piezoelektrische Aktuatoren, Stellmotoren oder Ähnliches ausgebildet sein. Der Steuerspiegel der Strahlungsrichteinheit kann beispielsweise durch einen Schichtaufbau aus dielektrischem Material oder anderen Schichtanordnungen aufgebaut sein, um eine Optimierung für verschiedene Anstellwinkel und verschiedene Wellen-

längen zu erreichen. Weiterhin kann der Spiegelspiegel aus Metamaterialien aufgebaut sein. Die Scangeschwindigkeit, mit der der Spiegelspiegel geschwenkt wird, muss hierbei kleiner sein als die des internen Scanners des zu testenden Systems, insbesondere des Laserscanners eines zu testenden Lidar-Systems, mit dem das Erfassungsfeld durch das bildgebende System abgescannt wird.

**[0014]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Strahlungsrichteinheit um wenigstens eine Achse rotierbar. Durch die Rotation des Spiegels können verschiedene Anstellwinkel zum Kaleidoskop und somit verschiedene Strahlungspfadlängen innerhalb des Kaleidoskops erreicht werden.

**[0015]** In einer Ausführungsform der Erfindung fungiert die Strahlungsrichteinheit als eine Blende zwischen der Bündelungseinrichtung und dem Kaleidoskop. Die Wirkung als Blende kann durch die Größe des Spiegels erreicht werden, indem beispielsweise Randbereiche der Strahlung, die aus der Bündelungseinrichtung austreten, nicht von dem Spiegelspiegel in das Kaleidoskop weitergeleitet werden.

**[0016]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist das Kaleidoskop ein Polygon als imaginäre Grundfläche auf, an die Seiten der imaginären Grundfläche schließen Mantelflächen an, die die Mantelflächen umschließen zusammen einen Hohlraum zumindest abschnittsweise, die Mantelflächen weisen Reflexionsflächen auf und die Reflexionsflächen sind an den nach innen gewandten Innenseiten der Mantelflächen angeordnet. Ein Kaleidoskop kann durch eine imaginäre zweidimensionale Grundfläche, die ein Polygon sein kann, ausgebildet sein, die entlang der dritten Dimension gestreckt ist. Beispielsweise kann die Grundfläche dreieckig oder viereckig sein, das Kaleidoskop also einen dreieckigen oder viereckigen Querschnitt aufweisen. Die nach innen gerichteten Innenseiten der durch die Streckung entstehenden Mantelflächen sind reflektierend ausgebildet. Zwischen den Mantelflächen ist ein Hohlraum ausgebildet, die Stirnseiten des Kaleidoskops können offen sein.

**[0017]** In einer Weiterbildung der Erfindung weist die Bündelungseinrichtung, die Strahlungsrichteinheit und/oder das Kaleidoskop Ausrichtmarkierungen auf. Durch die Ausrichtmarkierungen ist eine genaue Ausrichtung der verschiedenen Komponenten ermöglicht, um eine präzise Leitung des Strahlengangs zu erreichen.

**[0018]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Messeinrichtung mindestens einen Retroreflektor auf. Durch den Retroreflektor kann die aus dem Kaleidoskop austretende Strahlung zurück reflektiert werden und beispielsweise von einem Strahlungsempfänger des bildgebenden Systems erfasst wer-

den. Hierdurch können verschiedene Parameter und Funktionen des zu testenden Systems getestet werden.

**[0019]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Messeinrichtung mindestens ein optisches Erfassungselement auf. Bei einem optischen Erfassungselement kann es sich beispielsweise um eine Photodiode, einen Photosensor oder Ähnliches handeln. Diese Vielzahl von optischen Erfassungselementen, die beispielsweise an einem Raster angeordnet sein können, können vorgesehen sein, um beispielsweise die Ausbildung des Erfassungsfeldes zu überprüfen.

**[0020]** In einer Ausführungsform der Erfindung weist die Vorrichtung mindestens eine Auswerteeinrichtung zur Auswertung der mittels der Messeinrichtung erfassten Strahlung auf. Bei der Auswerteeinrichtung kann es sich beispielsweise um eine Recheneinrichtung, wie beispielsweise einen Rechenkern oder Ähnliches, handeln.

**[0021]** Mit der Auswerteeinrichtung kann die erfasste Strahlung ausgewertet werden, insbesondere können verschiedene Parameter des bildgebenden Systems und der von dem bildgebenden System ausgesendeten Strahlung erfasst werden.

**[0022]** Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems, insbesondere eines Lidar-Systems, wobei dem System mindestens eine Strahlung emittierende Einheit zugeordnet ist, wobei mittels der emittierten Strahlung ein Erfassungsfeld ausbildbar ist, wobei die Länge des Strahlungspfades der das Erfassungsfeld ausbildenden Strahlung verlängert wird und wobei die Verlängerung des Strahlungspfades durch mindestens eine iterierte Funktion beschreibbar ist. Insbesondere ist das Verfahren dazu ausgebildet mit der Vorrichtung der vorangehenden Ansprüche durchgeführt zu werden. Das Verfahren ist zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren eines bildgebenden Systems, wie beispielsweise eines Scheinwerfers, eines Blitzlichtes, eines structured light scanners, einer time of flight camera, eines Lidar-Systems oder ähnlichem vorgesehen. Ein aktives bildgebendes System kann hierbei zur Aussendung von Strahlung, beispielsweise von kohärentem oder nicht kohärentem Licht, mittels einer strahlungsemitternden Einheit ausgebildet sein. Zum Testen eines passiven bildgebenden Systems kann die Vorrichtung eine strahlungsemitternde Einheit, beispielsweise einen Laser oder eine ähnliche Strahlungsquelle, aufweisen. Die emittierte Strahlung kann zum Testen des zu untersuchenden passiven bildgebenden Systems genutzt werden. Bei einem aktiven bildgebenden System weist das bildgebende System selber die strahlungsemitternde Einheit

auf. Durch die ausgesendete Strahlung wird ein Erfassungsfeld ausgebildet. Durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung, die eine Bündelungseinrichtung aufweist, kann die das Erfassungsfeld ausbildende Strahlung gebündelt werden. Durch die Bündelungseinrichtung kann das Erfassungsfeld insbesondere in X-Richtung und in Y-Richtung verkleinert werden. Das Erfassungsfeld wird also auf einen kleineren Raum fokussiert. Somit ist es ermöglicht, ein eigentlich größeres Erfassungsfeld des zu testenden Systems auf einem kompakten Raum zu untersuchen. Nach der Bündelung wird die das gebündelte Erfassungsfeld ausbildende Strahlung, beispielsweise mittels einer Strahlungsrichteinheit, weitergeleitet. Um verschiedene Strahlungspfadlängen der emittierten Strahlung untersuchen zu können, wird der Strahlungspfad, der beispielsweise durch das zu testende System ausgesendeten Strahlung auf kleinem Raum verlängert. Hierbei ist vorgesehen, dass die Verlängerung des Strahlungspfad durch mindestens eine iterierte Funktion (engl. iterated function) beschreibbar ist. Eine iterierte Funktion ist eine Funktion, die man erhält, indem man eine andere Funktion eine bestimmte Anzahl von Malen mit sich selbst kombiniert. Ausgehend von einer Ausgangsfunktion wird das Ergebnis der Anwendung einer bestimmten Funktion erneut als Eingabe in die Funktion eingesetzt und dieser Vorgang wird entsprechend wiederholt. Beispielsweise lässt sich durch die Anzahl der Iterationen eine Verlängerung des Strahlungspfad durch Spiegelungen, insbesondere durch Mehrfachspiegelungen, der Strahlung an reflektierten Flächen beschreiben. Durch die auf iterierte Funktionen basierende Strahlungspfadverlängerung ist eine Untersuchung der emittierten Strahlung zur Untersuchung des zu testenden Systems bei verschiedenen Strahlungspfadlängen auf kleinem Raum ermöglicht.

**[0023]** In einer Weiterbildung der Erfindung wird das durch die emittierte Strahlung ausgebildete Erfassungsfeld mittels mindestens einer Bündelungseinrichtung gebündelt. Zur Bündelung des Erfassungsfeldes, das von der durch das zu testende System emittierten Strahlung ausgebildet ist, weist die Bündelungseinrichtung beispielsweise gekrümmte Reflektionsflächen auf, die insbesondere unabhängig voneinander das Erfassungsfeld in horizontaler und vertikaler Ebene bündeln können. Ähnliches kann beispielsweise durch Einsatz von Linsen oder Metamaterialien erreicht werden. Auch können verformbare Spiegel, insbesondere steuerbare, verformbare Spiegel oder auch Parabolspiegel, vorgesehen sein.

**[0024]** In einer Weiterbildung des Verfahrens erfolgt die Bündelung des Erfassungsfeldes mittels der Bündelungseinrichtung nacheinander in unterschiedlichen Ebenen, insbesondere erfolgt eine Bündelung in einer horizontalen Achse des Erfassungsfeldes

und in einer vertikalen Achse des Erfassungsfeldes unabhängig voneinander. Beispielsweise kann eine Reflektionsfläche einer horizontalen Achse des Erfassungsfeldes und eine Reflektionsfläche der vertikalen Achse des Erfassungsfeldes zugeordnet sein. Durch zwei Reflektionsflächen, die insbesondere zumindest abschnittsweise hohl zylindrisch konkav ausgebildet sein können, kann das Erfassungsfeld beispielsweise von einer ersten Reflektionsfläche in horizontaler Ebene gebündelt werden und von einer zweiten Reflektionsfläche in vertikaler Ebene gebündelt werden. Durch die voneinander entkoppelte horizontale und vertikale Bündelung sind die Anforderungen an die optischen Elemente, beispielsweise einer Bündelung durch ein einziges optisches Element, verringert. Die Strahlung wird nach dem Austritt aus dem zu testenden System zunächst auf die eine Reflektionsfläche geleitet und von dieser auf die zweite Reflektionsfläche reflektiert, um eine Bündelung zunächst in horizontaler und dann in vertikaler Ebene zu erreichen.

**[0025]** In einer Weiterbildung des Verfahrens wird die Länge des Strahlungspfad der das Erfassungsfeld ausbildenden Strahlung mittels mindestens eines Kaleidoskops verlängert und die Länge des Strahlungspfad wird durch den Eintrittswinkel der Strahlung in das Kaleidoskop eingestellt. Durch die eine Strahlungsrichteinheit wird die Strahlung, die das gebündelte Erfassungsfeld ausbildet, auf den Eintrittsbereich eines Kaleidoskops geleitet. Das Kaleidoskop weist hierbei einander zugewandte reflektierende Oberflächen auf, durch die der Strahlungspfad der ausgesendeten Strahlung in dem Kaleidoskop durch Reflektionen an den reflektierten Oberflächen verlängert werden kann. Die Länge des Strahlungspfad innerhalb des Kaleidoskops hängt hierbei vom Eintrittswinkel der Strahlung in das Kaleidoskop ab. Insbesondere kann ein Kaleidoskop durch eine zweidimensionale polygone, beispielsweise dreieckige oder viereckige imaginäre Grundfläche, ausgebildet sein, die entlang der dritten Dimension gestreckt ist. Die nach Innen gerichteten Innenseiten der durch die Streckung entstehenden Mantelflächen sind reflektierend ausgebildet. Zwischen den Mantelflächen ist ein Hohlraum ausgebildet. Je kleiner der Winkel zwischen der imaginären Grundfläche des Kaleidoskops und der eintretenden Strahlung ist, desto mehr Reflektionen treten im Inneren des Kaleidoskops auf und desto länger wird der Strahlungspfad, also die Länge des Kaleidoskop zurückgelegten Weges. Der Winkel, mit dem die Strahlung in das Kaleidoskop eintritt, bestimmt also die Länge des Strahlungspfad im Kaleidoskop.

**[0026]** In den Zeichnungen ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, aus dem sich weitere erfindungswesentliche Merkmale ergeben können. Gleiche Teile sind dabei in allen Figuren der Zeich-

nungen mit gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

**Fig. 1:** eine schematische Darstellung wesentlicher Komponenten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

**Fig. 2:** eine schematische Darstellung einer Bündelungseinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß **Fig. 1** in perspektivischer Ansicht;

**Fig. 3:** eine schematische Darstellung einer Bündelungseinrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß **Fig. 1** in Seitenansicht;

**Fig. 4:** eine schematische Darstellung eines Kaleidoskops der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

**Fig. 5:** eine schematische Darstellung zur Berechnung einer zurückzulegenden Wegstrecke innerhalb des Kaleidoskops gemäß **Fig. 4**.

**[0027]** Die **Fig. 1** zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung bestehend aus einer Testhalterung 1, einer Bündelungseinrichtung 2, einer Strahlungsrichteinheit 3, einem Kaleidoskop 4, einer Messeinrichtung 5 und einer Auswerteeinheit 6. Die Testhalterung 1 ist dafür ausgelegt und vorgesehen, dass eine laserstrahlemittierende Einheit 7 eines zu testenden bildgebenden Systems, insbesondere ein Lidar-System, in diese eingespannt wird. Die laserstrahlemittierende Einheit 7 ist dabei derart zu den übrigen Komponenten angeordnet, dass die ausgesendete Strahlung aufeinander folgend zunächst die Bündelungseinrichtung 2, dann die Strahlungsrichteinheit 3 und anschließend das Kaleidoskop 4 passiert, die Strahlung A auf die Messeinrichtung 5 trifft. Die Messeinrichtung 5 ist in der Darstellung durch eine Anzahl  $n$  Messzellen 8, 8' gebildet, wobei jede der Messzellen 8, 8' mit der Auswerteeinheit 6 gekoppelt ist, das heißt Messdaten entsprechend an die Auswerteeinheit 6 weitergeleitet werden.

**[0028]** Für die Erfindung wesentlich ist dabei die Kombination der Bündelungseinrichtung 2 mit der Strahlungsrichteinheit 3 und dem Kaleidoskop 4, durch die größere Entfernungen für den Laserstrahl A entsprechend realen Bedingungen, nachgebildet werden können.

**[0029]** Die **Fig. 2** und **3** zeigen die Bündelungseinrichtung 2 im Detail, welche in **Fig. 2** in perspektivischer Ansicht und in **Fig. 3** in einer Seitenansicht dargestellt ist. Die Bündelungseinrichtung in **Fig. 2** ist durch ein in Strahlrichtung vorgeschaltetes Linsensystem 9 sowie zwei zylindrisch, konkav gekrümmte Reflexionsflächen 10, 10' gebildet. Die zylindrisch, konkav gekrümmten Reflexionsflächen 10, 10' sind dabei derart zueinander ausgerichtet, dass den zylindrischen Krümmungen zugeordnete Mittenachsen in einem rechten Winkel zueinander angestellt

sind. Die Reflexionsflächen 10, 10' bündeln die auftreffende Strahlung A damit in unterschiedlichen Ebenen und fokussieren das von der Strahlung ausgebildete Erfassungsfeld des bildgebenden Systems auf eine geringere Fläche. Die Strahlung A kann dabei sowohl nach dem Ausgangs an jeweils einem Kameradetektor 11, 12 vorbeigeführt. Mittels der Kameradetektoren 11, 12 kann die korrekte Einstellung der Reflexionsflächen 10, 10' zueinander überprüft und anhand ermittelter Werte nachgestellt werden. An den Ausgangs der Bündelungseinrichtung 2 angeordneten Kameradetektor 12 schließt die Strahlungsrichteinheit 3 an, welcher der Laserstrahl A zugeführt wird.

**[0030]** Der Darstellung gemäß **Fig. 3** ist weiter zu entnehmen, dass die Strahlung A in einem Winkel zwischen  $45^\circ$  und  $90^\circ$  auf die Reflexionsfläche 10 trifft, in einer ersten Ebene gebündelt wird und auf die zweite Reflexionsfläche 10' geworfen wird, auf die der Laserstrahl A in einem Winkel von ca.  $45^\circ$  trifft und in einer weiteren Ebene senkrecht zu der vorherigen Ebene nochmals gebündelt wird. Das von der ausgesendeten Strahlung A ausgebildete Erfassungsfeld des bildgebenden Systems ist dann auf eine kleinere Fläche fokussiert und die Strahlung wird der Strahlungsrichteinheit 3 zugeführt.

**[0031]** **Fig. 4** zeigt schließlich eine detaillierte Ansicht der Funktion des Kaleidoskops 4. Das Kaleidoskop 4 weist rechtwinklig zueinander angeordnete Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' auf, welche innenseitig verspiegelte Reflexionsflächen ausbilden, an denen die auftreffende Strahlung A zurückgeworfen und in Abhängigkeit von einem bestimmten Eintrittswinkel umgelenkt wird. In **Fig. 4** bildet die dargestellte Strahlung A insgesamt vier vollständige Wendel aus, wobei die Strahlung A je Wendel jede auf jede der Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' einmal trifft, bevor die Strahlung A an einem vorbestimmten Austrittsbereich 15 aus dem Kaleidoskop 4 herausgeführt wird. Sowohl der Austrittsbereich 15 als auch der Eintrittsbereich 14 der Strahlung A sind dabei den aneinander gegenüberliegenden imaginären Grundflächen des Kaleidoskops 4 zugeordnet.

**[0032]** **Fig. 5** zeigt beispielhaft wie die Weglänge der auf die Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' treffenden Strahlung A berechnet wird. Die einzelnen Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' weisen dabei eine Breite  $a$  auf, wobei die Strahlung jeweils mittig auf die Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' trifft und zwischen zwei Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' jeweils eine Weglänge  $l = a / \sqrt{2}$  zurücklegt. Daraus folgt dann, dass die Weglänge pro Wendel sich berechnet aus  $l = 4a / \sqrt{2} = a \times 2 \times \sqrt{2}$ . Daraus ergibt sich eine Weglänge pro Wendel von  $\approx 2,83a$ . In einem nächsten Schritt kann dann mit der Weglänge  $l$  und einem Faktor  $n$  entsprechend der Anzahl der Weglängen innerhalb des Kaleidoskops 4 die Gesamtweglänge  $GL$  berechnet werden.

Zugrunde liegt dabei die Formel, dass Faktor  $n = (\text{Gesamtweglänge GL}) / (\text{Weglänge l})$ . Bei angenommenen Abmessungen der Mantelflächen 16, 16', 16'', 16''' des Kaleidoskops 4 von  $a = 60 \text{ cm}$  und  $n = 18$  ergibt sich beispielsweise eine Gesamtweglänge  $GL > 30 \text{ m}$ .

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems, insbesondere eines Lidar-Systems, wobei dem bildgebenden System mindestens eine Strahlung emittierende Einheit zugeordnet ist, wobei mittels der emittierten Strahlung ein Erfassungsfeld ausbildbar ist, wobei die Vorrichtung mindestens eine Bündelungseinrichtung (2) zur Bündelung des durch die Strahlung (A) ausgebildeten Erfassungsfeldes aufweist, wobei die Bündelungseinrichtung (2) mindestens ein, in einem bestimmten Winkel zu dem bildgebenden System angestelltes, das Erfassungsfeld bündelndes optisches Element aufweist, wobei die Vorrichtung mindestens eine der Bündelungseinrichtung (2) nachgeordnete Strahlungsrichteinheit (3) zur Ausrichtung der Strahlung (A) auf einen Eintrittsbereich (14) eines Kaleidoskops (4) aufweist, wobei das Kaleidoskop (4) einander zugewandte Reflexionsflächen (16, 16', 16'', 16''') aufweist, die die Strahlung (A) in Abhängigkeit von einem bestimmten Eintrittswinkel der Strahlung (A) in das Kaleidoskop (4) innerhalb des Kaleidoskops (4) umlenken, und wobei die Vorrichtung mindestens eine sich an einen Austrittsbereich (15) der Strahlung (A) aus dem Kaleidoskop (4) anschließende Messeinrichtung (5) zur Erfassung der aus dem Kaleidoskop (4) austretenden Strahlung (A) und/oder mindestens eine Reflexionseinrichtung zur Reflexion der aus dem Kaleidoskop (4) austretenden Strahlung (A) aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung mindestens eine Testhalterung (1) zur Aufnahme des zu testenden, bildgebenden Systems aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Testhalterung (1) wenigstens eine Einspannvorrichtung aufweist, die translationsbeweglich, rotationsbeweglich oder translations- und rotationsbeweglich zu weiteren Komponenten der Vorrichtung angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Testhalterung (1), der Bündelungseinrichtung (2), der Strahlungsrichteinheit (3), dem Kaleidoskop (4) oder der Messeinrichtung (5), wenigstens ein Sensor zuge-

ordnet ist, mit dem Umgebungseinflüsse auf die Vorrichtung oder deren Komponenten ermittelt werden können.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bündelungseinrichtung (2) als optisches Element wenigstens eine Reflexionsfläche (10, 10'), eine Linse oder ein Metamaterial aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei wenigstens einer Reflexionsfläche (10, 10') um einen Parabolspiegel handelt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reflexionsflächen (10, 10') der Bündelungseinrichtung (2) derart zu einander ausgerichtet sind, dass diese jeweils in unterschiedlichen Ebenen auf das durch die ausgesendete Strahlung ausgebildete Erfassungsfeld wirken, insbesondere jeweils wenigstens eine Reflexionsfläche (10) einer horizontalen Achse des Erfassungsfeldes und wenigstens eine Reflexionsfläche (10') einer vertikalen Achse des Erfassungsfeldes zugeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Reflexionsflächen (10, 10') der Bündelungseinrichtung (2) jeweils fokussierend und zumindest abschnittsweise im Wesentlichen zylindrisch geformt sind, insbesondere zur Ausrichtung der auftreffenden Strahlung um  $90^\circ$  zueinander versetzt gedreht sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bündelungseinrichtung (2) mindestens eine interne Kalibrationseinrichtung aufweist, insbesondere eine automatisch nachsteuernde Selbstkalibration aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Strahlungsrichteinheit (3) aus mindestens einem Spiegel, mindestens einem Scanmechanismus und mindestens einer Steuereinheit zusammensetzt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsrichteinheit (3) um wenigstens eine Achse rotierbar ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsrichteinheit (3) als eine Blende zwischen der Bündelungseinrichtung (2) und dem Kaleidoskop (4) fungiert.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kaleido-

skop (4) ein Polygon als imaginäre Grundfläche aufweist, dass an die Seiten der imaginären Grundfläche Mantelflächen anschließen, dass die Mantelflächen zusammen einen Hohlraum zumindest abschnittsweise umschließen, dass die Mantelflächen Reflexionsflächen (16, 16'. 16", 16''') aufweisen und dass die Reflexionsflächen (16, 16'. 16", 16''') an den nach innen gewandten Innenseiten der Mantelflächen angeordnet sind.

Strahlungspfad der das Erfassungsfeld ausbildenden Strahlung (A) mittels mindestens eines Kaleidoskops (4) verlängert wird und dass die Länge des Strahlungspfad durch den Eintrittswinkel der Strahlung (A) in das Kaleidoskop (4) eingestellt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bündelungseinrichtung (2), die Strahlungsrichteinheit (3) und/oder das Kaleidoskop (4) Ausrichtmarkierungen aufweist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messeinrichtung (5) mindestens einen Retroreflektor aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch dass die Messeinrichtung (5) mindestens ein optisches Erfassungselement aufweist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung mindestens eine Auswerteeinrichtung (6) zur Auswertung der mittels der Messeinrichtung erfassten Strahlung (A) aufweist.

18. Verfahren zum Testen und/oder Einstellen und/oder Kalibrieren mindestens eines bildgebenden Systems, insbesondere eines Lidar-Systems, wobei dem bildgebenden System mindestens eine Strahlung (A) emittierende Einheit (3) zugeordnet ist, wobei mittels der emittierten Strahlung (A) ein Erfassungsfeld ausbildbar ist, wobei die Länge des Strahlungspfad der das Erfassungsfeld ausbildenden Strahlung (A) verlängert wird und wobei die Verlängerung des Strahlungspfad durch mindestens eine iterierte Funktion beschreibbar ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das durch die emittierte Strahlung (A) ausgebildete Erfassungsfeld mittels mindestens einer Bündelungseinrichtung (2) gebündelt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bündelung des Erfassungsfeldes mittels der Bündelungseinrichtung (2) nacheinander in unterschiedlichen Ebenen erfolgt, insbesondere dass eine Bündelung in einer horizontalen Achse des Erfassungsfeldes und in einer vertikalen Achse des Erfassungsfeldes unabhängig voneinander erfolgt.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge des

Anhängende Zeichnungen

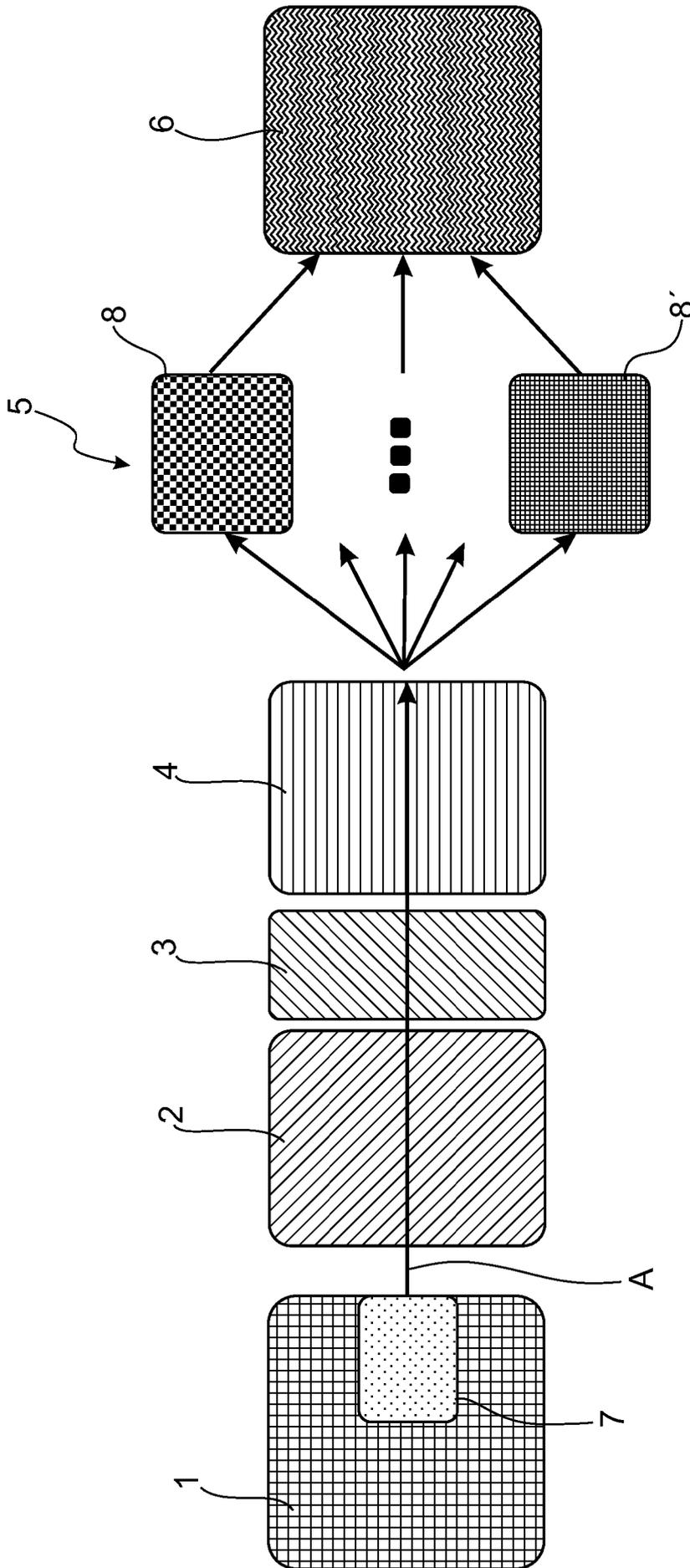


Fig. 1

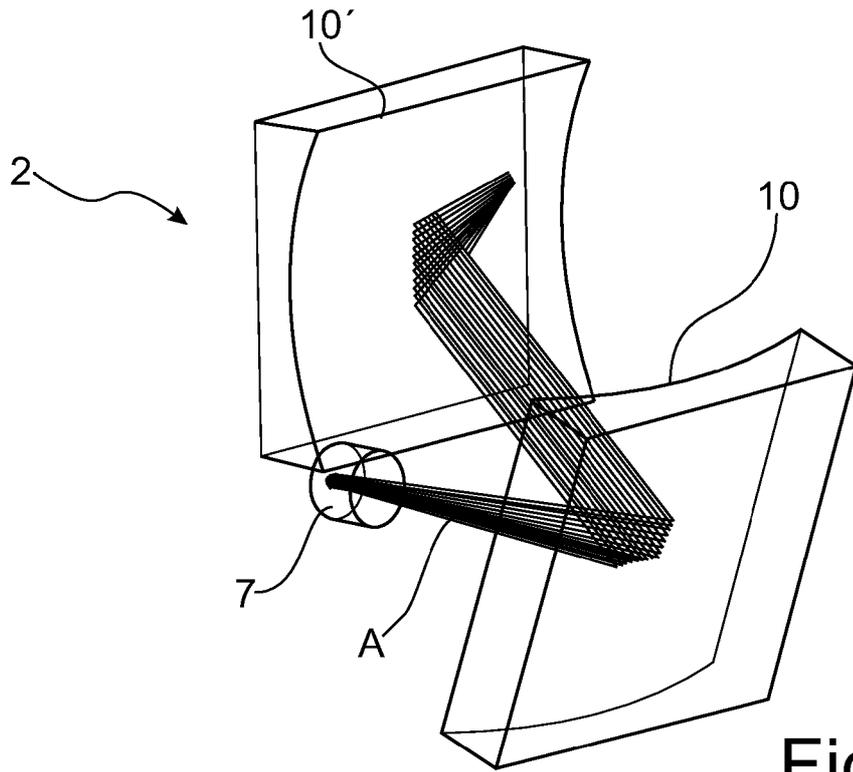


Fig. 2

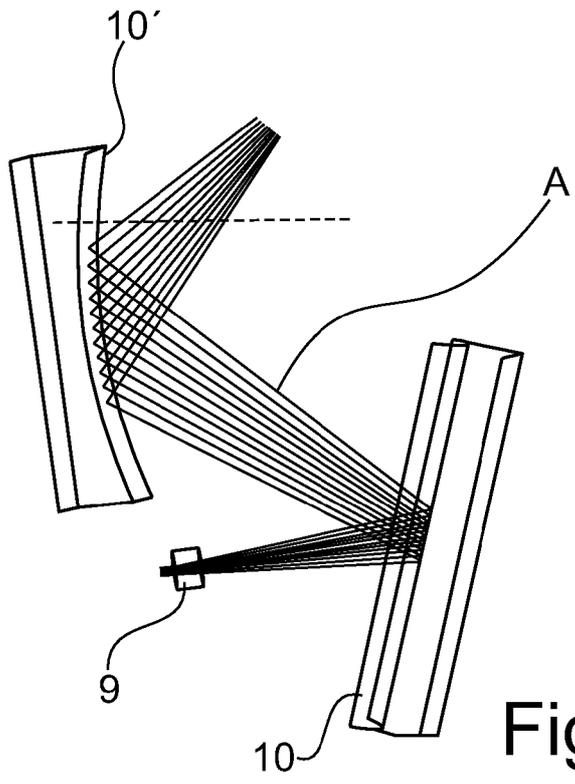


Fig. 3

