



(10) **DE 10 2016 218 663 A1** 2018.03.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 218 663.9**  
(22) Anmeldetag: **28.09.2016**  
(43) Offenlegungstag: **29.03.2018**

(51) Int Cl.: **G01B 11/26 (2006.01)**  
**G01M 11/02 (2006.01)**  
**G01N 21/41 (2006.01)**  
**G01N 21/896 (2006.01)**  
**G01N 21/958 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**AUDI AG, 85045 Ingolstadt, DE**

(72) Erfinder:  
**Roßmann, Andreas, 86633 Neuburg, DE;**  
**Wittmann, Thomas, 85137 Walting, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

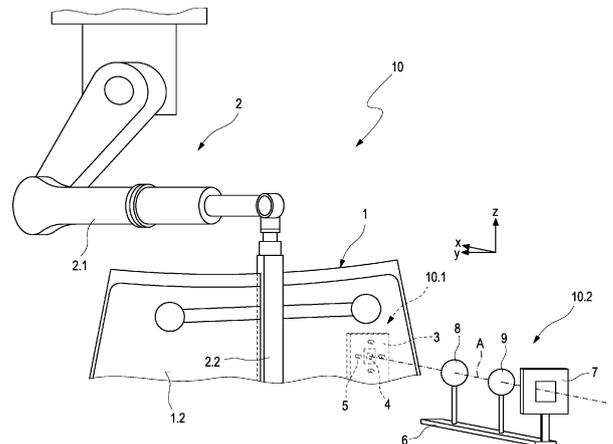
DE	33 22 714	A1
US	2010 / 0 232 677	A1
US	2011 / 0 189 426	A1
US	2015 / 0 070 708	A1
US	5 446 536	A
US	3 578 869	A
WO	2015/ 052 011	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum flächigen Vermessen des Keilwinkels einer lichttransparenten Scheibe**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren zum Vermessen des Keilwinkels ( $\alpha$ ) einer zwei Grenzflächen (1.1, 1.2) aufweisenden lichttransparenten Scheibe (1), bei welchem mittels einer Lichtquelle (4) ein Lichtstrahl (4.1) auf die Scheibe (1) derart gerichtet wird, dass dieser durch die Scheibe (1) hindurchtritt und auf einen Lichtsensor (7) trifft, mittels eines Manipulators (2) die Scheibe (1) gegenüber der Lichtquelle (7) in definierte Positionen und Orientierungen ausgerichtet wird, mittels Lagesensoren (5) die Lage der Scheibe (1) relativ zur Richtung des Lichtstrahls (4.1) erfasst wird, eine Bewegungsbahn für den Manipulator (2) zum Abtasten der Scheibe (1) mittels des Lichtstrahls (4.1) bereitgestellt wird, mit dem Abfahren der Bewegungsbahn die Scheibe (1) von dem Manipulator (2) in Abhängigkeit der von den Lagesensoren (5) ermittelten Lage der Scheibe (1) derart orientiert wird, dass der Lichtstrahl (4.1) senkrecht auf eine Grenzfläche (1.1) der Scheibe (1) auftrifft, und der Keilwinkel ( $\alpha$ ) aus der Ablenkung (b) des durch die Scheibe (1) hindurchtretenden Lichtstrahls (4.2) von der Richtung (A) des auf die Scheibe (1) auftreffenden Lichtstrahls (4.1) bestimmt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft Verfahren zum Vermessen des Keilwinkels einer zwei Grenzflächen aufweisenden lichttransparenten Scheibe.

**[0002]** Es sind gekrümmte (sphärische) Windschutzscheiben für Fahrzeuge bekannt, bei welchen ein störendes Doppelbild dadurch vermieden wird, dass die äußere und innere Oberfläche der Windschutzscheibe einen Keilwinkel miteinander bilden. Der Keilwinkel ist hierzu derart bemessen, dass ein durch die Grenzflächen der Windschutzscheibe bedingtes Doppelbild kompensiert wird. Hierzu ist es erforderlich, den Keilwinkel über die gesamte Fläche einer solchen sphärischen Scheibe zu bestimmen.

**[0003]** Aus der WO 2015/052011 A1 ist ein Verfahren zur Vermessen von Scheiben insbesondere von Windschutzscheiben von Fahrzeugen bekannt. Bei diesem Verfahren wird ein Lichtstrahl durch die Windschutzscheibe hindurch auf ein Lichtsensor geleitet. Hierbei wird der auf die Windschutzscheibe auftreffende Lichtstrahl in einen Primärstrahl und einen Sekundärstrahl aufgespalten, wobei der Primärstrahl um ein Vielfaches heller ist als der Sekundärstrahl und es daher Probleme bei der Messung des Abstandes zwischen dem Primärstrahl und dem Sekundärstrahl auf dem Lichtsensor auftreten. Zur Lösung dieses Problems schlägt diese WO 2015/052011 A1 vor, einen Lichtsensor mit einem Dynamikumfang von mehr als 8 Bit bei linearer Auflösung einzusetzen. Mit diesem erhöhten Dynamikumfang soll eine zuverlässige Erfassung sowohl des Primärstrahls als auch des Sekundärstrahls mit dem Lichtsensor erreicht werden.

**[0004]** Zudem beschreibt auch die US 3,578,869 ein Verfahren zur Erfassung und Anzeige des Keilwinkels einer Scheibe. Bei diesem Verfahren wird ein Lichtstrahl nach einem Durchtritt durch die Scheibe an einem Spiegel reflektiert und wieder zurück durch die Scheibe auf einen Strahlteiler projiziert, welcher bei einer planparallelen Scheibe diesen reflektierten Lichtstrahl in zwei Teilstrahlen mit gleicher Intensität teilt, wobei diese Teilstrahlen jeweils auf einen Fotodetektor geführt werden. Weist dagegen die Scheibe einen Keilwinkel auf, führt dies zu zwei Teilstrahlen mit unterschiedlichen Intensitäten, deren Werte zur Bestimmung des Keilwinkels verwendet werden.

**[0005]** Der Nachteil dieser bekannten Verfahren gemäß der WO 2015/052011 A1 und US 3,578,869 liegt darin, dass Scheiben, insbesondere sphärischen Scheiben nur punktuell vermessen werden können.

**[0006]** Es ist Aufgabe der Erfindung ein zum Vermessen des Keilwinkels einer lichttransparenten Scheibe, insbesondere einer Windschutzscheibe für

ein Fahrzeug anzugeben, mit welchem der Keilwinkel einer Scheibe über deren gesamten Fläche vermessen werden kann.

**[0007]** Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

**[0008]** Bei diesem Verfahren zum Vermessen des Keilwinkels einer zwei Grenzflächen aufweisenden lichttransparenten Scheibe ist es vorgesehen, dass

- mittels einer Lichtquelle ein Lichtstrahl auf die Scheibe derart gerichtet wird, dass dieser durch die Scheibe hindurchtritt und auf einen Lichtsensor trifft,
- mittels eines Manipulators die Scheibe gegenüber der Lichtquelle in definierte Positionen und Orientierungen ausgerichtet wird,
- mittels Lagesensoren die Lage der Scheibe relativ zur Richtung des Lichtstrahls erfasst wird,
- eine Bewegungsbahn für den Manipulator zum Abtasten der Scheibe mittels des Lichtstrahls bereitgestellt wird,
- mit dem Abfahren der Bewegungsbahn die Scheibe von dem Manipulator in Abhängigkeit der von den Lagesensoren ermittelten Lage der Scheibe derart orientiert wird, dass der Lichtstrahl senkrecht auf eine Grenzfläche der Scheibe auftrifft, und
- der Keilwinkel aus der Ablenkung des durch die Scheibe hindurchtretenden Lichtstrahls von der Richtung des auf die Scheibe auftreffenden Lichtstrahls bestimmt wird.

**[0009]** Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren wird die flächige Vermessung der Scheibe dadurch ermöglicht, dass diese mittels des Manipulators, der vorzugsweise als 6-Achs-Manipulator bereitgestellt wird, über die Fläche verfahren und dabei mit einer Grenzfläche lotrecht zum Lichtstrahl ausgerichtet wird. So kann insbesondere auch die Homogenität des Keilwinkels über die Fläche der Scheibe ermittelt werden.

**[0010]** Ferner kann mit diesem erfindungsgemäßen Verfahren eine hohe Messgenauigkeit der Messung des Keilwinkels erreicht werden, da mit zunehmendem Abstand des Lichtsensors von der Scheibe die Auflösung zunimmt.

**[0011]** Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird der aus der Scheibe austretende Lichtstrahl vor dem Auftreffen auf den Lichtsensor durch einen Filter und eine Sammellinse geleitet. Mit dem Filter können Fremdlichteinflüsse eliminiert werden. Im Brennpunkt der Sammellinse wird der Lichtsensor angeordnet, wobei mit zunehmender Brennweite der Sammellinse auch der Abstand des Lichtsensors zur Sammellinse größer und damit auch die Auflösung des Keilwinkels zunimmt.

**[0012]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden vier Lagesensoren verwendet werden, welche auf einer Kreislinie mit der Lichtquelle als Kreismittelpunkt äquidistant angeordnet sind. Vorzugsweise werden hierfür optische Sensoren oder akustische Sensoren, insbesondere Ultraschallsensoren, eingesetzt.

**[0013]** Als Lichtsensor wird ein optischer Sensor verwendet, vorzugsweise ein PSD (Position Sensitive Detector)-Sensor.

**[0014]** Als Lichtquelle wird ein einen Laserstrahl erzeugender Laser verwendet.

**[0015]** Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich zum Vermessen des Keilwinkels einer sphärischen Scheibe, insbesondere einer Windschutzscheibe eines Fahrzeugs.

**[0016]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren ausführlich beschrieben. Es zeigen:

**[0017]** Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Messanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

**[0018]** Fig. 2 eine schematische Darstellung des Messprinzips der Messanordnung nach Fig. 1, und

**[0019]** Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Teilanordnung der Messanordnung nach Fig. 1 mit einem Laser und Lagesensoren.

**[0020]** Die Messanordnung **10** nach Fig. 1 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst zum einen das zu vermessende Objekt, nämlich eine als sphärische Windschutzscheibe eines Fahrzeugs ausgeführte Scheibe **1**, die an einem als 6-Achs-Manipulator ausgeführten Manipulator **2** angeordnet ist, und zum anderen eine Teilanordnung **10.1** mit einer als Laser ausgeführte Lichtquelle **4** und vier jeweils als Ultraschallsensoren ausgeführte Lagesensoren **5** sowie eine weitere Teilanordnung **10.2** mit einem Lichtsensor **7**, einem Filter **8** und einer Sammellinse **9**.

**[0021]** Der Manipulator **2** umfasst einen Manipulatorarm **2.1**, an dessen Ende eine Aufnahmevorrichtung **2.2** mit Saughaltern zum Halten der Scheibe **1** angeordnet ist. Die Teilanordnung **10.1** der Messanordnung **10** umfasst eine Trägeranordnung **3**, an welcher die Lichtquelle **4** und die vier Lagesensoren **5** angeordnet sind. Der Lichtsensor **7** ist zusammen mit dem Filter **8** und der Sammellinse **9** auf einer Trägeranordnung **6** der weiteren Teilanordnung **10.2** angeordnet.

**[0022]** Mittels des Manipulators **2** wird die Scheibe **1** gegenüber der Lichtquelle **4** in eine definierte Posi-

tion und in eine definierte Orientierung derart ausgerichtet, dass ein Lichtstrahl **4.1**, also der Laserstrahl des Lasers auf die Scheibe **1** trifft und der durch die Scheibe **1** hindurchgetretene Lichtstrahl **4.2** auf die weitere Teilanordnung **10.2** mit dem Lichtsensor **7**, dem Filter **8** und der Sammellinse **9** trifft.

**[0023]** Das zugehörige Messprinzip wird anhand von Fig. 2 erläutert. Hiernach trifft der von der Lichtquelle **4** erzeugte Lichtstrahl **4.1** auf die Scheibe **1**, der durch die Scheibe **1** hindurchgetretene Lichtstrahl **4.2** wird durch das Filter **8**, anschließend durch eine Sammellinse **9** und schließlich auf den Lichtsensor **7**, der als PSD-Sensor ausgeführt ist, projiziert. Das Filter **8** dient zur Eliminierung von Fremdlichteinflüssen. Im Brennpunkt der Sammellinse **9** befindet sich der Lichtsensor **7**.

**[0024]** Die Scheibe **1** weist eine Grenzfläche **1.1** als erste Oberfläche und eine gegenüberliegende weitere Grenzfläche **1.2** als zweite Oberfläche auf, wobei die Grenzfläche **1.1** als ebene Fläche in z-Richtung, also senkrecht ausgerichtet ist, so dass der Lichtstrahl **4.1** senkrecht auf diese Grenzfläche **1.1** auftrifft. Die weitere Grenzfläche **1.2** ist als Keilfläche mit einem Keilwinkel  $\alpha$  gegenüber der Grenzfläche **1.1** geneigt, wodurch der Abstand der beiden Grenzflächen **1.1** und **1.2** in z-Richtung zunimmt.

**[0025]** Nachdem der auf die Grenzfläche **1.1** der Scheibe **1** auftreffende Lichtstrahl **4.1** in die Scheibe **1** eintritt, wird er an der Grenzfläche **1.2** aus der Richtung A des Lichtstrahls **4.1** als Lichtstrahl **4.2** abgelenkt und trifft nach Durchtreten des Filters **8** und der Sammellinse **9** auf den Lichtsensor **7**. Hierbei wird der Lichtstrahl **4.2** von der Richtung A des auf die Scheibe **1** auftreffenden Lichtstrahls **4.1** um einen Wert  $b$  abgelenkt, der ein Maß für den Keilwinkel  $\alpha$  darstellt. Die Auflösung des Keilwinkels  $\alpha$  hängt von der Brennweite der Sammellinse **9** ab. Je größer die Brennweite der Sammellinse **9** und damit auch der Abstand des Lichtsensor **7** von der Sammellinse **9** ist, desto größer ist auch die Auflösung des Keilwinkels  $\alpha$ .

**[0026]** Zur Durchführung einer flächigen Keilwinkelvermessung wird die Scheibe **1** von dem Manipulator **2** entsprechend einer vorgegebenen Bewegungsbahn so positioniert und orientiert, dass der Lichtstrahl **4.1** während der Bewegung der Scheibe **1** entlang der vorgegebenen Bewegungsbahn des Manipulators **2** ständig senkrecht auf die Grenzfläche **1.1** auftrifft. Hierzu ist es erforderlich, die Orientierung der Grenzfläche **1.1** der Scheibe **1** relativ zur Richtung des Lichtstrahls **4.1** zu kontrollieren und dementsprechend die Bewegung des Manipulators **2** zu steuern. Zur Erfassung der Orientierung der Grenzfläche **1.1** relativ zur Richtung des Lichtstrahls **4.1** erfolgt mittels der vier Lagesensoren **5**. Mit den beiden Lagesensoren **5.1** und **5.2**, die gemäß Fig. 3 in senkrecht-

ter Richtung (z-Richtung) angeordnet sind, wird die vertikale Ausrichtung und mit den beiden Lagesensoren **5.3** und **5.4**, die gemäß **Fig. 3** in waagerechter Richtung (y-Richtung) angeordnet sind, wird die horizontale Ausrichtung der Grenzfläche **1.1** der Scheibe **1** ermittelt. Diese vier Lagesensoren **5.1** bis **5.4** sind auf einer Kreislinie mit der Lichtquelle **4** als Kreismittelpunkt äquidistant angeordnet.

<b>10</b>	Messanordnung
<b>10.1</b>	Teilanordnung der Messanordnung <b>10</b>
<b>10.2</b>	Teilanordnung der Messanordnung <b>10</b>
<b>A</b>	Richtung des Lichtstrahls <b>4.1</b>
<b>b</b>	Ablenkung des Lichtstrahls <b>4.2</b> von der Richtung A

**[0027]** Die Sensorergebnisse werden zur Auswertung einer Steuereinheit des Manipulators **2** zugeführt, die entsprechende Steuersignale erzeugt, so dass während der Ausführung der Bewegungsbahn des Manipulators die Scheibe **1** so orientiert ist, dass der Lichtstrahl **4.1** ständig senkrecht auf die Grenzfläche **1.1** auftrifft.

**[0028]** Die Bewegungsbahn des Manipulators kann so realisiert werden, dass die Grenzfläche **1.1** von dem Lichtstrahl **4.1** bspw. zeilenweise oder spaltenweise abgetastet wird. Natürlich ist jede andere Bewegungsbahn ebenso möglich, die den Lichtstrahl **4.1** über die Grenzfläche **1.1** führt. Ebenso ist es möglich nur einen Teilbereich der Scheibe **1** zu vermessen, der bspw. für ein HUD (Head-up-Display) vorgesehen ist.

**[0029]** Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass der Keilwinkel über die gesamte Fläche der Scheibe **1** vermessen werden kann, eine hohe Messgenauigkeit aufgrund der beliebigen Einstellbarkeit des Abstandes des Lichtsensors von der Scheibe erzielbar ist, die Scheibendicke der Scheibe **1** während der Messung egalisiert wird und schließlich die Homogenität des Keilwinkels über die gesamte Fläche der Scheibe **1** ermittelt werden kann.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Scheibe
<b>2</b>	Manipulator
<b>2.1</b>	Manipulatorarm des Manipulators <b>2</b>
<b>2.2</b>	Aufnahmevorrichtung des Manipulators <b>2</b>
<b>3</b>	Trägereinrichtung der Teilanordnung <b>10.1</b>
<b>4</b>	Lichtquelle
<b>4.1</b>	Lichtstrahl der Lichtquelle <b>4</b>
<b>4.2</b>	durch die Scheibe <b>1</b> hindurchgetretener Lichtstrahl
<b>5</b>	Lagesensoren
<b>5.1</b>	Lagesensor
<b>5.2</b>	Lagesensor
<b>5.3</b>	Lagesensor
<b>5.4</b>	Lagesensor
<b>6</b>	Trägereinrichtung der Teilanordnung <b>10.2</b>
<b>7</b>	Lichtsensoren
<b>8</b>	Filter
<b>9</b>	Sammellinse

**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**

- WO 2015/052011 A1 [0003, 0003, 0005]
- US 3578869 [0004, 0005]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Vermessen des Keilwinkels ( $\alpha$ ) einer zwei Grenzflächen (1.1, 1.2) aufweisenden lichttransparenten Scheibe (1), bei welchem

- mittels einer Lichtquelle (4) ein Lichtstrahl (4.1) auf die Scheibe (1) derart gerichtet wird, dass dieser durch die Scheibe (1) hindurchtritt und auf einen Lichtsensor (7) trifft,
- mittels eines Manipulators (2) die Scheibe (1) gegenüber der Lichtquelle (7) in definierte Positionen und Orientierungen ausgerichtet wird,
- mittels Lagesensoren (5) die Lage der Scheibe (1) relativ zur Richtung des Lichtstrahls (4.1) erfasst wird,
- eine Bewegungsbahn für den Manipulator (2) zum Abtasten der Scheibe (1) mittels des Lichtstrahls (4.1) bereitgestellt wird,
- mit dem Abfahren der Bewegungsbahn die Scheibe (1) von dem Manipulator (2) in Abhängigkeit der von den Lagesensoren (5) ermittelten Lage der Scheibe (1) derart orientiert wird, dass der Lichtstrahl (4.1) senkrecht auf eine Grenzfläche (1.1) der Scheibe (1) auftrifft, und
- der Keilwinkel ( $\alpha$ ) aus der Ablenkung (b) des durch die Scheibe (1) hindurchtretenden Lichtstrahls (4.2) von der Richtung (A) des auf die Scheibe (1) auftreffenden Lichtstrahls (4.1) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der aus der Scheibe (1) austretende Lichtstrahl (4.2) vor dem Auftreffen auf den Lichtsensor (7) durch einen Filter (8) und eine Sammellinse (9) geleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem als Manipulator (2) ein 6-Achs-Manipulator bereitgestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem vier Lagesensoren (5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4) verwendet werden, welche auf einer Kreislinie mit der Lichtquelle (4) als Kreismittelpunkt äquidistant angeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem als Lagesensoren (5) optische oder akustische Sensoren verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem als akustische Sensoren Ultraschallsensoren verwendet werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem als Lichtsensor (7) ein optischer Sensor verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem als optischer Sensor ein PSD(Position Sensitive Detector)-Sensor verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem als Lichtquelle (4) ein einen Laserstrahl erzeugender Laser verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem als Scheibe (1) eine sphärische Windschutzscheibe eines Fahrzeugs verwendet wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

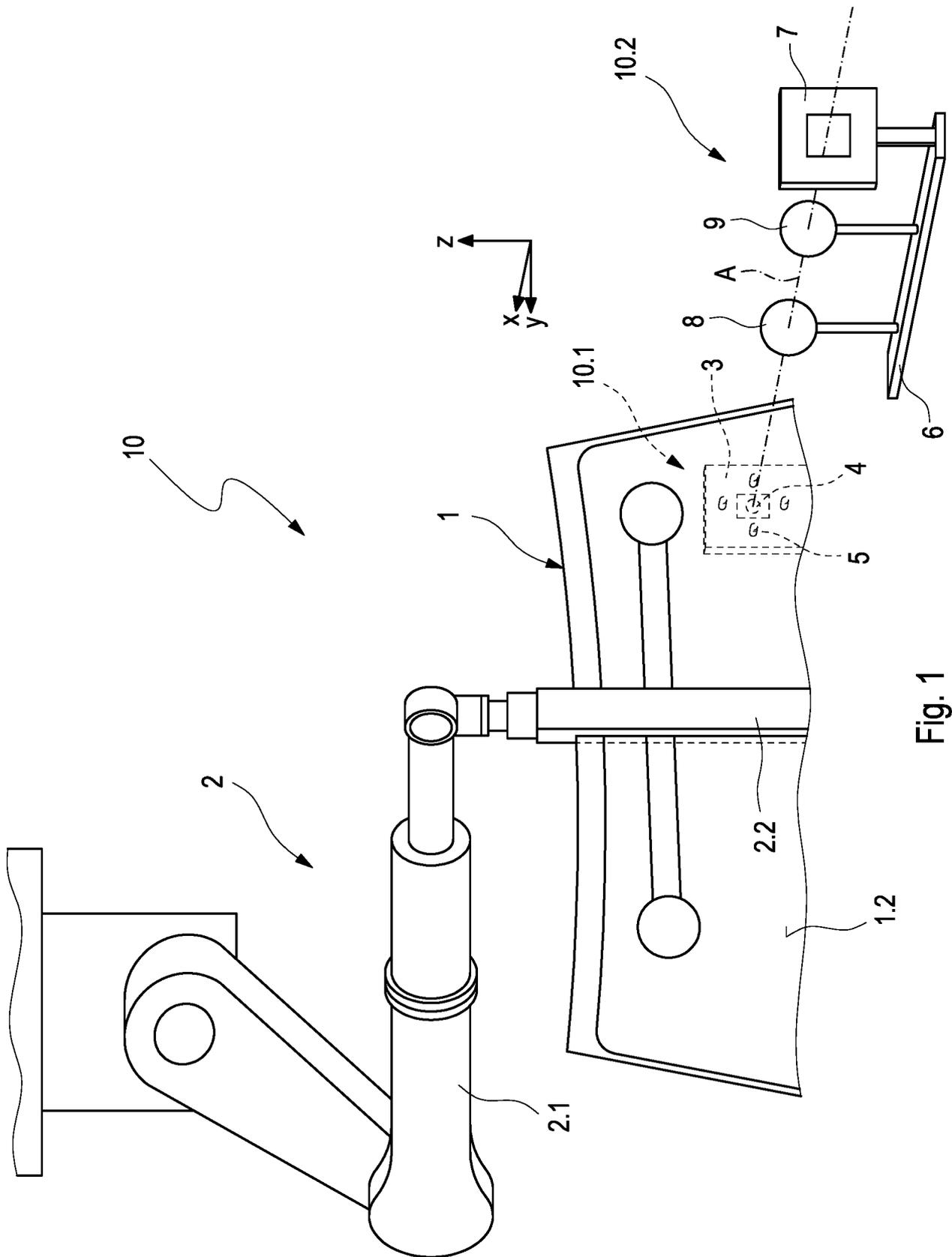


Fig. 1

