(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 26 978 A1** 2005.01.13

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 26 978.9**
(22) Anmeldetag: **12.06.2003**
(43) Offenlegungstag: **13.01.2005**

(51) Int Cl.[7]: **F16D 3/38**

(71) Anmelder:
Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gGmbH, 98693 Ilmenau, DE

(74) Vertreter:
Engel, C., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 98527 Suhl

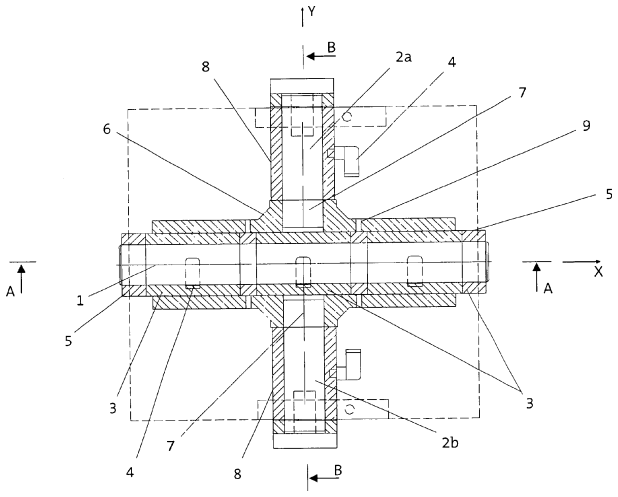
(72) Erfinder:
Bornmann, Volker, Dr., 98693 Ilmenau, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kreuzgelenk**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kreuzgelenk mit einer ersten (1) und einer zweiten (2) Schwenkachse und einem die Schwenkachsen verbindenden Achsenkreuz (6), wobei das Kreuzgelenk Verkippungen um die beiden Schwenkachsen ermöglicht. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die beiden Schwenkachsen (1, 2) drehbar in hülsenförmigen Luftlagern (3, 8) gelagert sind und dass eine nicht drehbare Verbindung zwischen mit der ersten Schwenkachse (1) gekoppelten ersten Luftlagern (3) oder der ersten Schwenkachse (1) selbst und eine nicht drehbare Verbindung zwischen der zweiten Schwenkachse (2) oder mit der zweiten Schwenkachse (2) gekoppelten zweiten Luftlagern (8) besteht. Vorzugsweise trägt die erste Schwenkachse (1) mehrere erste hülsenförmige Luftlager (3), die in einer Lageraufnahme des Achsenkreuzes (6) befestigt sind, wobei seitlich zwei sich gegenüberliegende Zapfenbohrungen (7) im Achsenkreuz (6) vorgesehen sind, die jeweils die Enden von Abschnitten der zweiten Schwenkachse (2) aufnehmen, wobei auf jedem Abschnitt mindestens ein zweites hülsenförmiges Luftlager (8) aufgesetzt ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kreuzgelenk mit einer ersten und einer zweiten Schwenkachse und einem die Schwenkachsen verbindenden Achsenkreuz. Ein solches Kreuzgelenk ermöglicht Verkippungen um die beiden Schwenkachsen.

[0002] Aus der DE 25 26 769 B1 ist ein Kreuzgelenk zur Lagerung einer Gelenkwelle bekannt, bei welchem die beiden Schwenkachsen über ein Zapfenkreuz verbunden sind. Ebenso ist aus der DE 27 21 706 A1 ein Kardangelenk mit einem Gelenkkreuz bekannt, welches auf vergleichbare Weise aufgebaut ist. Die bisher vorbekannten Kreuzgelenke besitzen alle den Nachteil, dass die Reibkräfte an den Schwenkachsen relativ hoch sind und dadurch hochwertige mechanische Lager und eine dauerhafte Schmierung erfordern. Es müssen daher technologisch aufwändige Zusatzvorrichtungen vorgesehen werden, die eine Zuführung von Schmiermitteln über einen längeren Zeitraum gewährleisten. Durch die hohen Reibungskräfte in Kreuzgelenken eignen sich derartige Gelenke normalerweise nicht für den Einsatz in Präzisionsgeräten, bei welchen mit geringen Antriebskräften hohe Wiederholgenauigkeiten angestrebt werden.

[0003] Aus der Gerätetechnik sind auch Luftlager bekannt, die vorzugsweise in Linearführungen zum Einsatz kommen. Auf Grund der üblicherweise bei Luftlagern bestehenden Freiheitsgrade und weiterer prinzipbedingter Besonderheiten, die den Einsatzbereich von Luftlagern begrenzen, ist bisher keine Verwendung von Luftlagern beim Aufbau von Kreuzgelenken in Erwägung gezogen worden.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein verbessertes Kreuzgelenk bereitzustellen, bei welchem die Lagerkräfte drastisch reduziert werden, um Kreuzgelenke beispielsweise auch für Präzisionsanwendungen nutzbar zu machen.

[0005] Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Kreuzgelenk erfüllt, bei welchem die beiden Schwenkachsen drehbar in Luftlagern gelagert sind, wobei eine nicht drehbare Verbindung zwischen mit der ersten Schwenkachse gekoppelten ersten Luftlagern oder der ersten Schwenkachse selbst und eine nicht drehbare Verbindung zwischen der zweiten Schwenkachse oder mit der zweiten Schwenkachse gekoppelten zweiten Luftlagern besteht.

[0006] Dieses Kreuzgelenk bietet den Vorteil, dass die Reibungskräfte zwischen den hülsenförmigen Luftlagern und den Schwenkachsen im wesentlichen Null sind, da die Lagerkopplung nur über die aufgebauten Druckluftschichten erfolgt. Trotzdem können sich die zentralen Achsenlinien der beiden Schwenkachsen, die üblicherweise senkrecht zueinander verlaufen, in einer Ebene schneiden, was sich bei der Vermessung der eingenommenen Positionen und der Erzeugung entsprechender Steueralgorithmen als vorteilhaft erweist.

[0007] Bei einer bevorzugten Ausführungsform trägt die erste Schwenkachse mehrere erste hülsenförmige Luftlager, die in einer Lageraufnahme des Achsenkreuzes befestigt sind. Seitlich zu dieser Lageraufnahme befinden sich im Achsenkreuz zwei gegenüberliegende Zapfenbohrungen, die jeweils die achsenkreuzseitigen Enden eines ersten bzw. eines zweiten Abschnitts der zweiten Schwenkachse aufnehmen, wobei auf jedem Abschnitt der zweiten Schwenkachse mindestens ein zweites hülsenförmiges Luftlager aufgesetzt ist.

[0008] Üblicherweise wird das Kreuzgelenk symmetrisch aufgebaut sein, so dass zwei Abschnitte der zweiten Schwenkachse vom Achsenkreuz ausgehen. Es sind aber auch Ausführungsformen denkbar, die nur ein T-förmiges Kreuzgelenk nutzen, so dass die zweite Schwenkachse nur in einer Richtung vom Achsenkreuz ausgeht. Diese Ausführungsform ermöglicht einen einfachen und wartungsfreundlichen Aufbau des Kreuzgelenks und gestattet insbesondere die leichte Zuführung der für den Betrieb der einzelnen Luftlager erforderlichen Druckluft.

[0009] Es ist besonders vorteilhaft, wenn der in den Luftlagern aufgebaute Überdruck eingestellt werden kann, indem die Öffnungsbreite eines Strömungsspalts einstellbar ist, welcher zwischen den außen liegenden Stirnseiten der Luftlager und auf den Schwenkachsen aufgesetzten Lagerböcken ausgebildet ist.

[0010] Das Kreuzgelenk lässt sich besonders vorteilhaft für den Aufbau eines Positionierungstisches einsetzen, welcher beispielsweise für Montage- oder Messaufgaben benötigt wird. Dazu ist eine Trägerplatte über entsprechende Verbindungselemente an den zweiten Luftlagern befestigt, die auf die zweite Schwenkachse aufgesetzt sind. Gleichzeitig ist die erste Schwenkachse gestellfest gelagert, während das Achsenkreuz eine feste Verbindung zwischen den ersten Luftlagern und der zweiten Schwenkachse herstellt. Die Trägerplatte ist dadurch in zwei Ebenen verkippbar, wobei eine Verdrehung um die jeweiligen Schwenkachsen erfolgt.

[0011] Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Kreuzgelenks ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

[0012] **Fig.** 1 einen Positionierungstisch mit einem erfindungsgemäßen Kreuzgelenk in einer vereinfach-

ten geschnittenen Ansicht von oben;

[0013] **Fig.** 2 den Positionierungstisch aus **Fig.** 1 in einer vereinfachten geschnittenen Seitenansicht entlang einer Schnittlinie A-A;

[0014] **Fig.** 3 den Positionierungstisch in einer vereinfachten geschnittenen Seitenansicht entlang einer Schnittlinie B-B, mit verkippter Trägerplatte.

[0015] In **Fig.** 1 ist ein Positionierungstisch in einer geschnittenen Ansicht von oben dargestellt, der als wesentliches Bauelement ein Kreuzgelenk umfasst. Es ist darauf hinzuweisen, dass dieses Kreuzgelenk auch in anderen Anwendungsfällen zum Einsatz kommen kann und prinzipiell wie an sich bekannte Kreuzgelenke mit unterschiedlichen Baugruppen zusammenwirken kann. Die nachfolgende Beschreibung des Kreuzgelenkes im Zusammenhang mit dem Positionierungstisch ist daher als vorteilhafte Ausführungsform anzusehen und nicht in schutzbereichsbeschränkender Weise zu verstehen.

[0016] Das Kreuzgelenk umfasst eine erste Schwenkachse **1** und eine zweite Schwenkachse **2**, die im dargestellten Beispiel aus den beiden Abschnitten **2a**, **2b** besteht. Durch die Aufteilung der zweiten Schwenkachse **2** in diese Abschnitte ist es möglich, dass beide Schwenkachsen **1**, **2** in ein und derselben Ebene liegen, so dass sich ihre zentralen Längsachsen in der Mitte des Kreuzgelenks schneiden. Bei anderen Ausführungsformen könnten die Schwenkachsen aber auch in parallelen Ebenen angeordnet sein, so dass auch die zweite Schwenkachse einstückig ausgebildet werden kann. Ebenfalls ist es möglich, die zweite Schwenkachse nur auf einer Seite der ersten Schwenkachse zu positionieren, so dass das Kreuzgelenk die Form eines T-Stücks erhält.

[0017] Sofern man in die von den Schwenkachsen definierte Ebene ein Koordinatensystem legt, verläuft bei rechtwinklig zueinander stehenden Schwenkachsen die erste Schwenkachse **1** beispielsweise parallel zur X-Achse und die zweite Schwenkachse **2** parallel zur Y-Achse, wie dies durch die eingezeichneten Koordinatenpfeile deutlich gemacht ist. Wie aus der weiteren Beschreibung ersichtlich wird, ist das Kreuzgelenk so aufgebaut, dass Drehbewegungen um diese X-Achse und um diese Y-Achse ermöglicht werden. Bei abgewandelten Ausführungsformen wäre es aber auch denkbar, dass die Schwenkachsen einen anderen Winkel (ungleich 90°) einschließen.

[0018] Auf der ersten Schwenkachse **1** sind bei der dargestellten Ausführungsform drei hülsenförmige erste Luftlager **3** angeordnet. Es kann sich dabei um handelsübliche zylindrische Luftlager handeln, beispielsweise mit einem Innendurchmesser von 25 mm (z.B. zu beziehen über www.newwaybearings.com). Jedes Luftlager wird über einen Druckluftanschluss **4** mit der benötigten Druckluft versorgt. Die Anzahl und die Größe der Luftlager ist an den jeweiligen Einsatzzweck und die auftretenden Lagerkräfte angepasst. Die erste Schwenkachse **1** ist an ihren Enden in zwei Lagerböcken **5** fest gelagert, die ihrerseits mit dem Gestell des Positionierungstisches (oder der sonstigen Einheiten) verbunden sind. Sobald die Druckluft über die Druckluftanschlüsse **4** zu den ersten Luftlagern **3** zugeführt wird, baut sich das Luftlager zwischen den hülsenförmigen Luftlagern und der ersten Schwenkachse auf, so dass die ersten Luftlager leicht um die erste Schwenkachse **1** verdrehbar sind.

[0019] Das Kreuzgelenk umfasst weiterhin ein Achsenkreuz **6**, das in einer zentralen Lageraufnahme die drei ersten Luftlager **3** aufnimmt. Dabei wird eine feste Verbindung zwischen den ersten Luftlagern und dem Achsenkreuz geschaffen, wobei das Achsenkreuz **6** um die erste Schwenkachse **1** verdrehbar bleibt. Bei abgewandelten Ausführungsformen ist es aber auch möglich, dass das Achsenkreuz mit der ersten Schwenkachse fest verbunden ist und die ersten Luftlager gestellfest angeordnet werden, so dass wiederum eine Verdrehung des Achsenkreuzes um die X-Achse möglich bleibt.

[0020] An den Längsseiten der Lageraufnahme des Achsenkreuzes **6** sind bei der in **Fig.** 1 dargestellten Ausführungsform zwei sich gegenüberliegende Zapfenbohrungen **7** vorgesehen, deren Bohrungsachse senkrecht zur ersten Schwenkachse **1** verläuft. Bei abgewandelten Ausführungsformen ist auch ein anderer Winkel zwischen den Schwenkachsen möglich, wenn dies für die entsprechende Anwendung nützlich ist. In den Zapfenbohrungen **7** sind die achsenkreuzseitigen Enden des jeweiligen Abschnitts **2a**, **2b** der zweiten Schwenkachse befestigt.

[0021] Bei abgewandelten Ausführungsformen wäre es wiederum denkbar, dass die zweiten Luftlager **8** fest mit dem Achsenkreuz **6** verbunden sind, während die Abschnitte **2a**, **2b** der zweiten Schwenkachse drehbar in den Zapfenbohrungen **7** des Achsenkreuzes gelagert sind oder auf andere Weise gelagert sind, um eine Drehung des Achsenkreuzes **6** um die Y-Achse zu ermöglichen.

[0022] In **Fig.** 2 ist der Positionierungstisch in einer geschnittenen Seitenansicht gezeigt, wobei diese Ansicht entlang einer Schnittlinie A-A (in **Fig.** 1) dargestellt wurde. Die erste Schwenkachse **1** ist somit im Längsschnitt dargestellt, während die zweite Schwenkachse **2** im Querschnitt zu sehen ist. Aus dieser Darstellung ist erkennbar, dass die ersten Luftlager **3** im wesentlichen unmittelbar hintereinander auf der ersten Schwenkachse **1** aufgereiht sind. Um zwischen den ersten Luftlagern **3** das Ausströmen von Druckluft zu ermöglichen, können jedoch Dis-

tanzscheiben oder ähnliche Abstandselemente zwischengefügt sein. Für diesen Zweck sind beispielsweise auch Luftaustrittsbohrungen **9** im Achsenkreuz **6** vorhanden, die in **Fig.** 1 erkennbar sind.

[0023] Die die erste Schwenkachse **1** tragenden Lagerböcke **5** sind vorzugsweise abstandsveränderlich gestaltet, um einen zwischen den Lagerböcken **5** und den außen liegenden Stirnseiten der äußeren ersten Luftlager **3** verbleibenden Strömungsspalt **10** einstellen zu können. Über die Veränderung der Breite des Strömungsspalts **10** wird der Strömungswiderstand geändert, welcher der Druckluft der Luftlager beim Ausströmen entgegen gesetzt wird. Auf diese Weise kann der im Luftlager herrschende Überdruck und damit die aufnehmbare Lagerkraft eingestellt werden.

[0024] Aus **Fig.** 2 ist weiterhin ersichtlich, dass die Lagerböcke **5**, welche die erste Schwenkachse **1** tragen, an einem Tischgestell **11** befestigt sind. Oberhalb des Achsenkreuzes **6** befindet sich eine Trägerplatte **12**, die um die beiden Schwenkachsen **1**, **2** verkippbar ist.

[0025] Eine Möglichkeit der Befestigung der Trägerplatte **12** ist aus der in **Fig.** 3 dargestellten Seitenansicht des Positionierungstisches entlang einer Schnittlinie B-B (in **Fig.** 1) ersichtlich. Das Achsenkreuz **6** und die Trägerplatte **12** sind hier in einer um etwa 5 Grad verkippten Lage gezeigt, wobei dazu eine Drehung um die erste Schwenkachse **1** erfolgte. Um die Trägerplatte **12** am Kreuzgelenk zu befestigen, sind Verbindungselemente **13** vorgesehen, welche eine Verbindung zu den zweiten Luftlagern **8** herstellen.

[0026] Zur Einstellung des Strömungsspalts **10** an den außen liegenden Stirnseiten der zweiten Luftlager **8** können Einstellschrauben **14** genutzt werden, welche in die nach außen gerichteten Stirnseiten der Abschnitte **2a**, **2b** der zweiten Schwenkachse **2** eingeschraubt sind.

[0027] Auf der Trägerplatte **12** des Positionierungstisches können beispielsweise Werkstücke angeordnet werden, die für eine Bearbeitung oder eine Vermessung horizontal ausgerichtet werden sollen. Die exakte horizontale Ausrichtung der Trägerplatte lässt sich z.B. durch die Einstellung der Strömungsspalte **10** justieren. Das beschriebene Kreuzgelenk kann aber auch für andere Einsatzfälle genutzt werden, wenn Drehungen um zwei zueinander winklig stehende Schwenkachsen erforderlich sind. Die Reibungskraft in den Luftlagern geht gegen Null, so dass hohe Einstellgenauigkeiten erzielt werden können.

Bezugszeichenliste

1	erste Schwenkachse
2	zweite Schwenkachse
2a, 2b	Abschnitte der zweiten Schwenkachse
3	erste Luftlager
4	Druckluftanschlüsse
5	Lagerböcke
6	Achsenkreuz
7	Zapfenbohrungen
8	zweite Luftlager
9	Luftaustrittsbohrungen
10	Strömungsspalte
11	Tischgestell
12	Trägerplatte
13	Verbindungselemente
14	Einstellschrauben

Patentansprüche

1. Kreuzgelenk mit einer ersten (**1**) und einer zweiten (**2**) Schwenkachse und einem die Schwenkachsen verbindenden Achsenkreuz (**6**), wobei das Kreuzgelenk Verkippungen um die beiden Schwenkachsen ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Schwenkachsen (**1**, **2**) drehbar in hülsenförmigen Luftlagern (**3**, **8**) gelagert sind, und dass eine nicht drehbare Verbindung zwischen mit der ersten Schwenkachse (**1**) gekoppelten ersten Luftlagern (**3**) oder der ersten Schwenkachse (**1**) selbst und eine nicht drehbare Verbindung zwischen der zweiten Schwenkachse (**2**) oder mit der zweiten Schwenkachse (**2**) gekoppelten zweiten Luftlagern (**8**) besteht.

2. Kreuzgelenk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schwenkachse (**1**) mehrere erste hülsenförmige Luftlager (**3**) trägt, die in einer Lageraufnahme des Achsenkreuzes (**6**) befestigt sind, dass seitlich zu dieser Lageraufnahme zwei sich gegenüberliegende Zapfenbohrungen (**7**) im Achsenkreuz (**6**) vorgesehen sind, die jeweils die achsenkreuzseitigen Enden eines ersten (**2a**) bzw. eines zweiten (**2b**) Abschnitts der zweiten Schenkachse (**2**) aufnehmen, und dass auf jedem Abschnitt der zweiten Schwenkachse mindestens ein zweites hülsenförmiges Luftlager (**8**) aufgesetzt ist.

3. Kreuzgelenk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schwenkachse (**1**) in zwei gestellfesten Lagerböcken (**5**) drehbar gelagert ist, dass die beiden Abschnitte (**2a**, **2b**) der zweiten Schwenkachse (**2**) in den Zapfenbohrungen (**7**) nicht drehbar befestigt sind, und dass die zweiten hülsenförmigen Luftlager (**8**) drehbar auf den Abschnitten (**2a**, **2b**) der zweiten Schwenkachse gelagert sind.

4. Kreuzgelenk nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten hülsenförmigen Luftlager (**8**) Verbindungselemente (**13**) zur Befestigung externer, um die beiden Schwenkachsen (**1**, **2**) dreh-

barer Bauelemente (**12**) besitzen.

5. Kreuzgelenk nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass an den Verbindungselementen (**13**) eine zu den Schwenkachsen parallel liegende Trägerplatte (**12**) befestigt ist.

6. Kreuzgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der in den Luftlagern (**3**, **8**) aufgebaute Überdruck einstellbar ist.

7. Kreuzgelenk nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung des in den Luftlagern (**3**, **8**) aufgebauten Überdrucks auf die Schwenkachsen aufgesetzte Lagerböcke (**5**) bzw. Einstellschrauben (**14**) angeordnet sind, wobei zwischen den außen liegenden Stirnseiten der Luftlager (**3**, **8**) und den Lagerböcken (**5**) bzw. Einstellschrauben (**14**) ein einstellbarer Strömungsspalt (**10**) verbleibt.

8. Kreuzgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und die zweite Schwenkachse (**1**, **2**) in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zueinander verlaufen.

9. Kreuzgelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es Bestandteil eines Positionierungstisches ist, dessen Trägerplatte (**12**) auf das Kreuzgelenk aufgesetzt und um die beiden Schwenkachsen (**1**, **2**) verschwenkbar ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

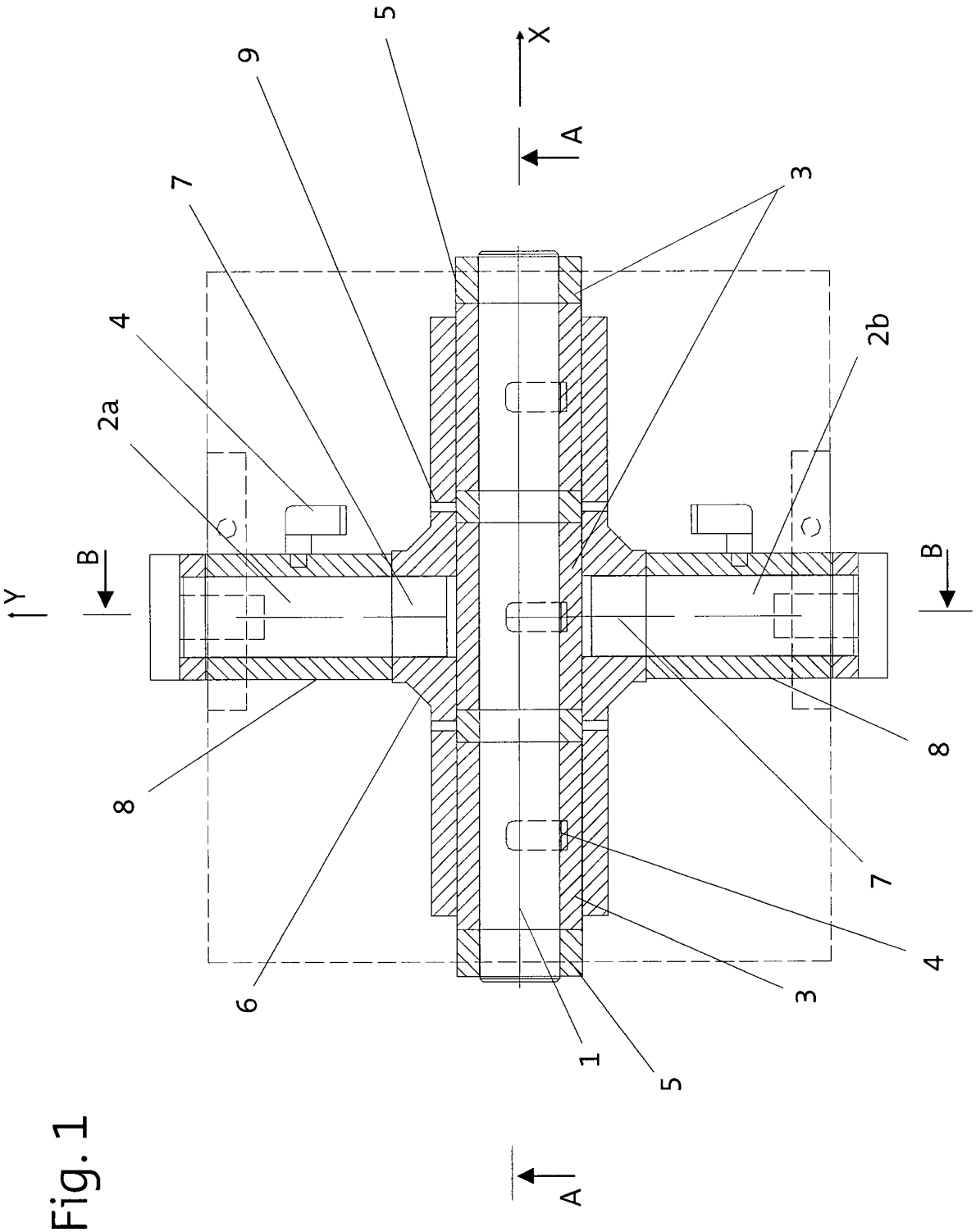


Fig. 1

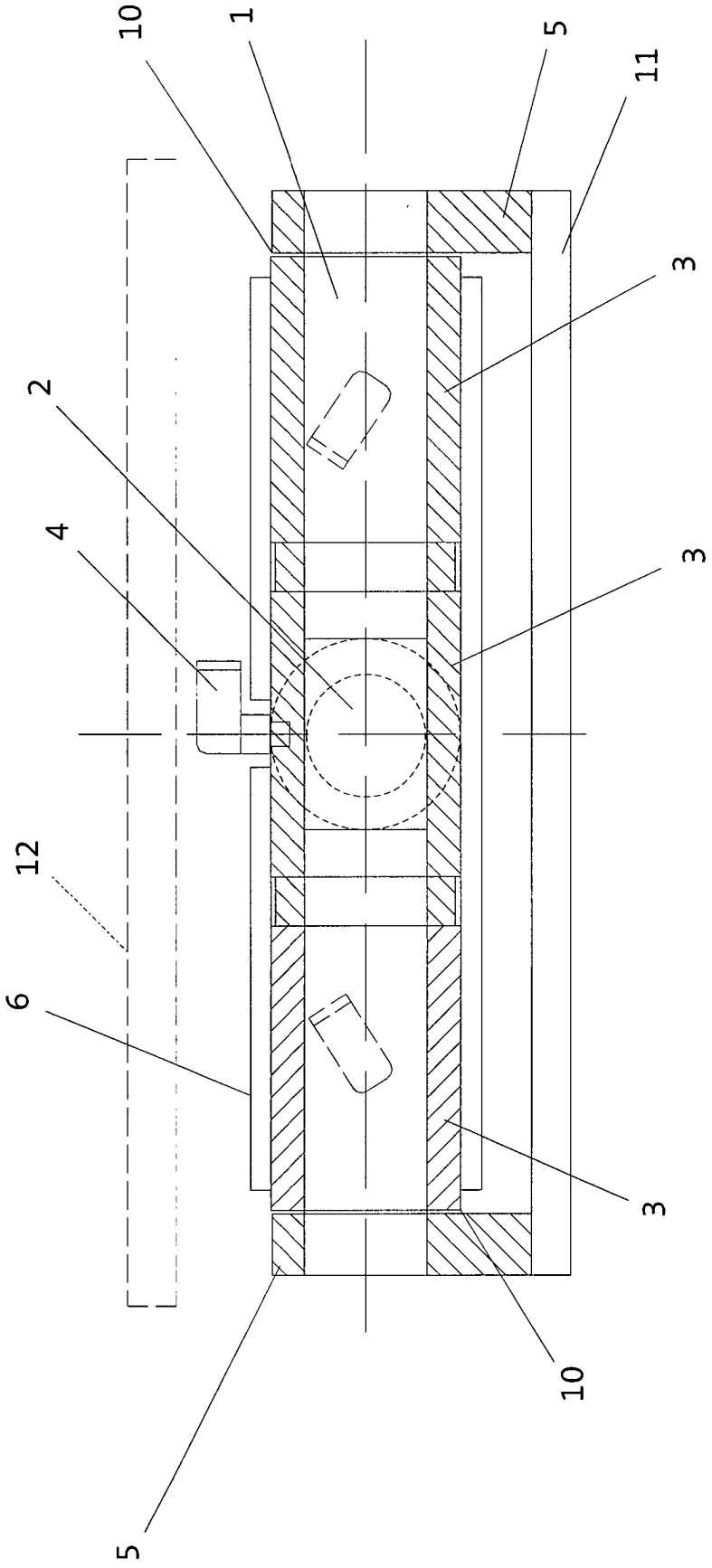
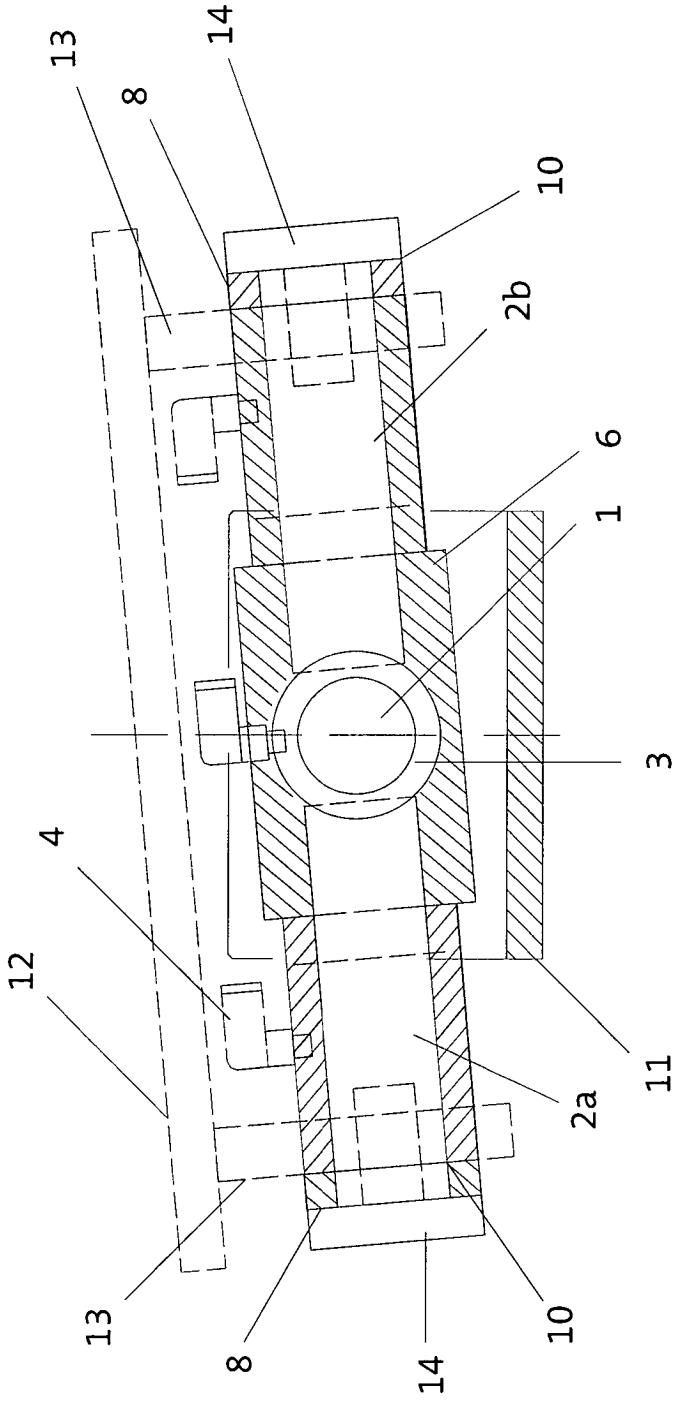


Fig. 2
Schnitt A - A

Fig. 3

Schnitt B - B



5° gekippte Anordnung um x-Achse