

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
25. Juli 2002 (25.07.2002)

PCT

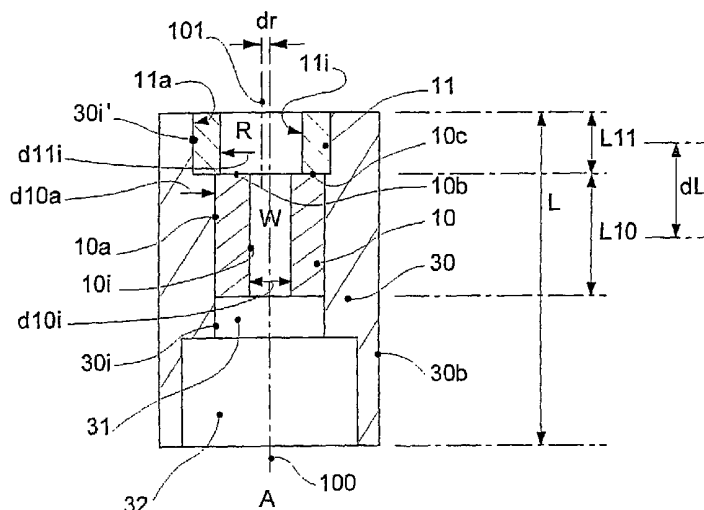
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/057631 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F04C (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/00549 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VOEGELE, Gerald [DE/DE]; Dresdner Strasse 26, 71065 Sindelfingen (DE). WEISENER, Thomas [DE/DE]; Eberdinger Weg 13, 71254 Ditzingen (DE). CHRISTMANN, Helmut [DE/DE]; Carl-Benz-Strasse 9, 75217 Birkenfeld (DE). REICHARDT, Armin [DE/DE]; Carl-Benz-Strasse 9, 75217 Birkenfeld (DE). HELGET, Harald [DE/DE]; Carl-Benz-Strasse 9, 75217 Birkenfeld (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Januar 2002 (21.01.2002)  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 101 02 717.6 22. Januar 2001 (22.01.2001) DE  
101 46 793.1 22. September 2001 (22.09.2001) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): HNP MIKROSYSTEME GMBH [DE/DE]; Ludwigsluster Chaussee 5, 19370 Parchim (DE).  
(74) Anwalt: LEONHARD OLGEMOELLER FRICKE; Postfach 10 09 62, 80083 München (DE).  
(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MINIATURE PRECISION BEARINGS FOR MINISYSTEMS OR MICROSYSTEMS AND METHOD FOR ASSEMBLING SUCH SYSTEMS

(54) Bezeichnung: PRAEZISE KLEINSTLAGERUNG BEI MINI- BIS MIKROSYSTEMEN UND MONTAGEVERFAHREN FUER SOLCHE SYSTEME



(57) Abstract: The aim of the invention is to obtain a cost-effective solution for providing a microsystem with bearings which have sufficiently high precision and long-term stress resistance. The invention relates to a method for producing, adapting or adjusting a bearing in a fluid microcomponent (M) comprising a stator (30) and a rotor (40, 2). Said rotor is rotatably positioned on the at least one bearing (L10, L11) in relation to the stator. The rotor (40, 2) is rotatably positioned by means of a bushing (10, 11) which is inserted into the stator (30) in order to form the bearing, the at least one bushing being inserted in the stator in the form of a bearing bushing and comprising an inner and an outer surface (10i, 10a; 11i, 11a). Before being positioned in the stator, said bearing bushing (10, 11) is a particular bearing component comprising an inner surface (10i, 11i) as an inner bearing surface which is mechanically finish-machined. The outer surface (10a, 11a) of the bearing component (10, 11) is connected to the stator (30) in a mechanically fixed manner.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 02/057631 A2



**(84) Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

**(57) Zusammenfassung:** Eine kostengünstige Lösung ein Mikrosystem mit Lagern zu versehen, die eine ausreichend hohe Genauigkeit ebenso aufweisen, wie eine langfristige Beanspruchbarkeit. Vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Herstellen, Anpassen oder Einstellen einer Lagerstelle in einer fluidischen Mikrokomponente (M), welche einen Stator (30) und einen Rotor (40, 2) aufweist. Der Rotor ist an der zumindest einen Lagerstelle (L10, L11) gegenüber dem Stator drehbar gelagert. Der Rotor (40, 2) wird über eine in den Stator (30) eingesetzte Hülse (10, 11) zur Bildung der Lagerstelle drehgelagert, wozu die zumindest eine Hülse als Lagerhülse in den Stator eingesetzt wird und eine innere sowie eine äußere Oberfläche (10i, 10a; 11i, 11a) aufweist. Die Lagerhülse (10, 11) ist vor dem Einsetzen in den Stator ein gesondertes Lagerbauteil, das als eine innere Lagerfläche die innere Oberfläche (10i, 11i) aufweist und auf dieser Fläche vor dem Einsetzen in den Stator (30) mechanisch feinbearbeitet wird. Die äußere Oberfläche (10a, 11a) des Lagerbauteils (10, 11) wird mit dem Stator (30) in eine mechanisch feste Verbindung gebracht.

## **Präzise Kleinstlagerung bei Mini- bis Mikrosystemen und Montageverfahren fuer solche Systeme**

Die Erfindung befaßt sich mit einem Verfahren zum Herstellen, Anpassen oder  
5 Einstellen einer Lagerstelle in einem Mini- bis Mikrosystem, wobei ein solches  
Mikrosystem in der **WO 97/12147** (Fraunhofer-Gesellschaft) als beispielsweise  
Mikropumpe oder Mikromotor beschrieben ist, um ein Fluid zu fördern oder von einem  
Fluid angetrieben zu werden.

10 Aufgrund der geringen Nennmaße für die Mikrosysteme, wozu beispielsweise auf die  
maßstabgetreue Zeichnung der Figur 1 verwiesen sind, besteht eine erhöhte  
Anforderung an die Lagerung von Außenrädern, Innenrädern oder von Wellen, die  
gemeinsam als "Rotoren" bezeichnet werden sollen. Besonders beim Durchleiten  
(Fördern oder Antreiben) von nicht schmierenden Medien besteht die Notwendigkeit,  
15 sehr harte und gleichzeitig korrosionsbeständige Werkstoffe zu verwenden, z.B.  
Keramik oder Hartmetall. Der Einsatz dieser Werkstoffe ist bei allen tribologisch  
beanspruchten Funktionsbauteilen des Mikrosystems sinnvoll, um den Einsatz von  
weichen oder korrosiven Werkstoffen mit einem stetigen oder stärkeren Verschleiß zu  
vermeiden. Gerade bei den kleinen und kleinsten Abmessungen im Millimeterbereich  
20 (Mini- bis Mikrosystem) führt Verschleiß im Lagerbereich schnell zum Versagen des  
gesamten Systems.

Hinzu tritt die fertigungstechnische Seite, die bei derartig geringen Nennmaßen  
Schwierigkeiten mit sich bringt, die hochgenau erforderlichen Maße dauerhaft  
25 einzuhalten. Diese Maßgenauigkeiten liegen im Mikrometerbereich, wobei geforderte  
Genauigkeiten im Bereich von 1 bis 2  $\mu\text{m}$  liegen. Gerade bei der Verwendung von  
exzentrisch arbeitenden Mikrosystemen, bestehend aus zwei miteinander kämmenden  
Rotoren, sog. innenverzahnte Mikropumpen nach dem Gerotor-Prinzip erfordern die  
hochgenaue Einhaltung der Exzentrizität, die durch zwei exzentrisch angeordnete  
30 Lagerstellen erreicht wird. Die so einen Radialversatz aufweisenden Lager haben  
dazuhin einen axialen Versatz, liegen aber axial dicht beieinander. Die Achsen der  
beiden Hülsen sind prinzipbedingt, also zueinander exzentrisch versetzt. Diese  
Exzentrizität erfordert eine Genauigkeit im Mikrometerbereich, was bei Verwendung  
spangebender Fertigungsverfahren mit üblichem Gehäuseaufbau aufwendig bis  
35 fertigungstechnisch unmöglich ist.

**Aufgabe der Erfindung** ist demgemäß eine kostengünstige Lösung vorzuschlagen, um ein Mikrosystem der bspw. in Figur 1 abgebildeten Art mit Lagern zu versehen, welche die geforderte höchste Genauigkeit ebenso aufweisen, wie eine langfristige Beanspruchbarkeit, insbesondere bei Betrieb mit nicht schmierenden Fluiden.

5

Gelöst wird diese fast unmögliche Aufgabe mit einem Mikrosystem nach Anspruch 20 oder einem Herstellverfahren, Anpaßverfahren oder Einstellverfahren nach Anspruch 1, 35 oder 27, zur Herstellung zumindest einer Lagerstelle des genannten Mikrosystems.

10

Gemäß der Erfindung wird ein mechanisch präzises Gesamtsystem aus einfachen präzisen Körpern (Hülsen) und einem "ungenau" gefertigten Gehäuse (Stator) durch Verbindungstechnik (Löten, Kleben, Einpressen) kostengünstig aufgebaut, insbesondere im Zusammenhang mit zwei axial beabstandeten Lagern bzw.

15

Lagerstellen und in einer Größenordnung der zu lagernden "Rotoren" in einem Durchmesserbereich unter 15 mm, wobei größere Ausführungen nicht ausgeschlossen werden sollen, die kleineren Durchmesser aber erhöhte Beachtung finden.

20

Im Rahmen der Erläuterung der Erfindung wird sowohl auf das Mikrosystem Bezug genommen, wie auch auf das Verfahren zur Herstellung der Lagerstelle des Mikrosystems, bei welcher Verfahrensvariante das Mikrosystem in dem Sinne negativ beschrieben wird, daß Räume und Lagerstellen geschaffen werden, in die dieses Mikrosystem dann positiv eingesetzt werden kann. Ist das Mikrosystem selbst betroffen, ist der fertige Zustand beschrieben, bei dem das Herstellverfahren nur noch mittelbar erkennbar ist, wie aus der folgenden Erläuterung zur Stützung der Ansprüche erkennbar ist.

25

Vorauszuschicken ist für den Anspruch 1, 35 und 27, daß die Begriffe eines harten Lagerwerkstoffs mit demjenigen eines "weichen" Statorwerkstoffs verglichen werden. Die Begriffe sind so zu verstehen, daß der harte Lagerwerkstoff beispielsweise Keramik oder Hartmetall ist, zur Sicherstellung einer langfristigen Beanspruchbarkeit und einer langfristigen Genauigkeit der zumindest einen Lagerstelle. Gegenüber diesen harten Werkstoffen sind die leichter spangebend zu bearbeitenden weicheren Statorwerkstoffe gemeint, die preisgünstiger zu erhalten sind und leichter fertigungstechnisch bearbeitet werden können. Sie nehmen die im wesentlichen kleinen Lagerbauteile auf, die die Genauigkeit und Abriebfestigkeit zur Lösung der Aufgabe bereitstellen (Anspruch 20).

35

Der Stator hat zumindest einen Abschnitt aus spangebend leichter zu bearbeitendem Werkstoff, der zumindest einen Lagerkörper aus dem harten Werkstoff aufnimmt. In dem Lagerkörper, bevorzugt einer Hülse, ist der Rotor entweder als Welle oder als Außenrotor oder Innenrotor gelagert.

5

Zwischen dem harten Werkstoff und dem Statorwerkstoff befindet sich ein die mechanisch feste Verbindung begründender Bereich, der auf drei Weisen erhalten werden kann. Wird mit einem mechanischen Preßvorgang ein Teil des Gehäusewerkstoffs im Lagerbereich verdrängt, so führt eine unmittelbare mechanisch feste Verbindung zum Halten des Lagerbauteils in dem Sinne, daß nach dem Einsetzen eine mechanisch fest Verbindung von Lagerbauteil zum Stator besteht und das Lagerbauteil präzise ausgerichtet ist (Anspruch 2). Eine alternative Variante zur Herstellung der mechanisch festen Verbindung besteht in der zeitlich vor sich gehenden Aushärtung eines Füllwerkstoffs, das in einen Spalt eingefügt wird, der zwischen dem Lagerbauteil und dem etwas größeren Innenmaß des Aufnahmeabschnitts des Stators besteht (Anspruch 3). Dieser Spalt kann im Bereich zwischen 20  $\mu\text{m}$  und 70  $\mu\text{m}$ , insbesondere unterhalb 100  $\mu\text{m}$  liegen. Nach dem Aushärten liegt ein Verbund von Werkstoffen vor, der mechanisch stabil, langfristig belastbar und lagegenau hergestellt ist. Zudem ist die Realisierung der so gebildeten zumindest einen Lagerstelle kostengünstig. Eine dritte Variante liegt in der Kombination der beiden zuvor beschriebenen Verfahren, wenn zwei axial beabstandete Lager vorgesehen werden. Dann kann zu einem Einpressen bei einem mechanischen Preßvorgang mit mechanischer unmittelbarer fester Verbindung zum Halten des ersten Lagerbauteils eine Aushärtung eines Füllwerkstoffs zwischen dem zweiten Lagerbauteil und dem Stator hinzugezogen werden. Zunächst wird das erste Lager mechanisch den weichen Werkstoff verdrängend eingepreßt. Anschließend wird das zweite Lager zunächst lose in den Stator eingelegt, gestützt von dem mechanisch bereits festen Lager, dessen Mitte axial beabstandet ist. Eine anschließende Lagepositionierung des zweiten Lagers gegenüber dem ersten Lager und damit auch die absolute Positionierung des zweiten Lagers gegenüber dem Stator folgt und ein aushärtender Füllwerkstoff sorgt nach Einbringen zwischen dem zweiten Lager und dem Stator für das zeitlich vor sich gehende Aushärten und Fixieren. Die Adhäsionswirkung bildet sich dabei in einem Spalt, der zwischen dem zweiten Lager und dem Stator belassen wird, wie zuvor beschrieben.

35

Bevorzugt ist die erste Lagerstelle die mechanisch durch Verdrängung eines Oberflächenabschnitts des Statorwerkstoffs positioniert wird, diejenige einer Welle, wobei der äußere Durchmesser der die Lagerstelle bildenden Hülse einen kleineren Durchmesser aufweist, als diejenige Hülse, welche die anschließend festgelegte zweite Lagerstelle bildet, die durch Aushärten eines Füllwerkstoffes lagegenau festgelegt wird (Anspruch 5, 31 oder 32).

Die Verdrängung oder die Auffüllung mit einem aushärtenden Werkstoff ist derjenige Bereich, der als "Unpassung" beschrieben werden soll (vgl. Anspruch 27). Die Unpassung wird beim Herstellvorgang zu einer Passung. Entweder wird die Unpassung durch eine mechanische Verdrängung eines Teils des Statorwerkstoffs erreicht (Anspruch 24,26), oder aber die Unpassung wird zu einer mechanisch festen Verbindung durch Schaffung eines aushärtenden Zwischenwerkstoffs, der als Füllwerkstoff die mechanisch feste Verbindung erreicht.

Beim Eindrücken wird der Lagerkörper während des gesamten Preßvorganges hochgenau geführt, um eine lagegenaue Aufnahme im Stator sicherzustellen (Anspruch 7). Beim mechanischen Führen und bei dem Verdrängungsvorgang wird zumindest die Oberfläche des Statorabschnitts, der den Lagerbauteil aufnimmt, verändert, insbesondere mehr als die Oberfläche oder radiales Stück verdrängt (Anspruch 7, Anspruch 26).

Ohne eine Verdrängung arbeitet die Aushärtung des Füllwerkstoffs (Anspruch 25, Anspruch 3 und 4), wobei das Lagerbauteil während der Aushärtung lagegenau gehalten wird, um die mechanisch feste Verbindung zu einer lagegenauen präzisen Verbindung werden zu lassen.

Der zumindest eine Lagerkörper, der vor Abschluß der Fertigung ein vom Stator gesonderter Lagerkörper aus einem anderen Werkstoff war, wird durch eine mechanische Feinbearbeitung der Innenfläche, beispielsweise ein Schleifen, Honen oder Läppen (Anspruch 6) so bearbeitet, daß eine geeignete Lagerfläche für die Welle oder den Außenrotor entsteht. Besonders rotationssymmetrische Lagerkörper sind für Schleifoperationen, wie Spitzenlosschleifen, geeignet und vergleichsweise kostengünstig in der notwendigen Präzision herzustellen. Das Schleifen ermöglicht zudem die Bearbeitung der harten Werkstoffe ohne Einschränkung, wodurch die Werkstoffauswahl nicht eingeschränkt ist. Nach der hochgenauen Herstellung der Lagerflächen wird die mechanische Verbindung mit dem Stator vorgenommen, wobei die Einführung der Lagerhülsen und ihre gegenseitige Ausrichtung, insbesondere durch

Verkleben oder Einpressen, mit einer gesonderten Vorrichtung geschieht, welche die Lage und Orientierung der einen, bevorzugt zwei exzentrischen Lagerstellen (Anspruch 21, 22 und 23) definiert und die notwendigen Toleranzen mit vergleichsweise geringem Aufwand erreicht.

5

Vor einem Aushärten des Lots oder der Klebesubstanz kann die durchgeführte Justage der Hülsen zueinander erfolgen, so daß diese sich zunächst in dem mit Klebstoff gefüllten Spalt schwimmend bewegen und ausrichten.

10 Mit der Haltevorrichtung wird die Lage stabilisiert und während des fortschreitenden Aushärtens des Lots oder des Klebstoffs gesichert.

Das Herstellverfahren schränkt vorteilhaft die Teilevielfalt bei einem Baukastensystem mit unterschiedlichen Rotorgrößen der Zahnringpumpe ein, da bei unterschiedlichen  
15 Verzahnungen - definiert durch eine Exzentrizität und die Verzahnungsparameter - die gleichen Lagerkörper eingesetzt werden können.

Beim Einpressen wird mit einer leichten Preßpassung gearbeitet, bei der die Fertigungstoleranz eines "nicht ausreichend präzisen", beispielsweise spanend (unter  
20 Spanbildung) hergestellten Stators das Übermaß der Passung definiert. Da die Toleranz der Lage der Negativform im Gehäuse in der Regel nicht der vorgegebenen Lage der entsprechenden Lagerkörper entspricht, wird beim Einpreßvorgang der Werkstoff verdrängt. Dieser Vorgang erfolgt in den meisten Fällen asymmetrisch und wird durch die Rauheit bzw. einen definiert geringen Traganteil der Oberfläche der  
25 Negativform möglich. Die Rauheit der herzustellenden Oberfläche ist so eingestellt, daß Spitzen der Oberfläche, die den einzupressenden Lagerkörper tragen, relativ leicht verdrängt werden können. Alternativ wird die Oberfläche auch durch eine definierte axiale oder radiale Struktur (vergleichbar einem Holzdübel) ermöglicht. Der auszugleichende Radialversatz kann zwischen Lagerkörper und dem ihn  
30 aufnehmenden Abschnitt des Stators etwa 10µm bis 20µm betragen.

Das Prinzip der Lagerung kann auch auf weitere mechanische Systeme mit definierten Lagerungen, wie Außenzahnradpumpen etc. übertragen werden, so daß nicht  
35 zwingend nur exzentrisch Achsen mit zwei Lagerstellen von der Erfindung betroffen sind.

Die grobe Vorgabe der Lage der Lagerkörper wird preisgünstig durch spangebende Verfahren (Drehen, Fräsen oder ähnlichem) oder urformend (z.B. durch Spritzguß),

umformend oder in anderen Herstellverfahren vorgegeben. Die Ausnehmungen (die Negativformen) haben dabei nur begrenzt genaue Maße, können also größere Toleranzen aufweisen, als direkt eingebrachte Lagerstellen. Bereits hier werden Anteile von Fertigungskosten eingespart, um anschließend die präzise und genaue Lage der Lagerkörper zueinander mit Hilfe der Montagevorrichtung zu erreichen, die hochgenau die harten Lagerkörper in den vergleichsweise weichen Stator plaziert und gegeneinander in Lage und Ausrichtung mikrometergenau festlegt.

Eine gesondert wesentliche Montagevorrichtung, die im weiteren auch beschrieben ist, hat bei allen Montageoperationen maßgebenden Einfluß. Sie definiert durch ihre mikrometerexakte Geometrie die exzentrische Lage der beiden Hülsenachsen zueinander und stabilisiert diese Lage während des Montageprozesses, entweder beim Einpressen, oder aber während der Haltezeit beim Aushärten des Fügeworkstoffs.

Die Ausführung der Lagerung entspricht einer sog. fliegenden (einseitigen) Lagerung (Anspruch 9). Die einseitige Lagerstelle ist dabei näher dem Antrieb, als der abgewandte Teil der Lagerung, der vom Mikrosystem eingenommen wird. Mit der einseitigen Lagerung wird die Anzahl der Genauigkeit erfordernden Lagerstellen reduziert. So kann durch die Verwendung einer den Rotor (Außenrotor, Innenrotor oder Welle) aufnehmenden Lagerhülse die radiale Lagerung des rotierenden Funktionselements sichergestellt werden. Werden zwei Lagerungen vorgesehen, die exzentrisch zueinander angeordnet sind, dient der Lagerkörper für die Bildung der Wellenlagerung als axiale Abstützung für den Außenrotor des Mikrosystems (Anspruch 15 bis 18). Dazu ist der Innendurchmesser des Lagerkörpers für die Welle kleiner als der Innendurchmesser des Lagerkörpers für den Außenrotor des Mikrosystems. Dadurch, daß auch der Außendurchmesser des Lagerkörpers für die Welle größer als der Innendurchmesser des Lagerkörpers für den Außenrotor ist, entsteht eine axiale Lagerfläche. Der Außenrotor (und auch der Innenrotor) liegen damit auf der axialen Stirnfläche des den kleinsten Innendurchmesser aufweisenden Lagerbauteils an. Es bildet sich zwischen den beiden Lagerbauteilen ein Streifen (Anspruch 17), der in umfänglicher Richtung keine konstante Breite aufgrund der Exzentrizität aufweist (Anspruch 18).

Die exzentrischen Hülsen liegen entlang ihres gesamte Umfangs (an zumindest einer Innenfläche) aneinander an (Anspruch 16) und sind insbesondere an einem axialen Endabschnitt, also an einer Stirnfläche des Stators angebracht. Am anderen Ende des Stators ist eine Kupplungsvorrichtung vorgesehen, die zu einer Motoreinrichtung im Sinne eines Antriebs eine Verbindung schafft.

Wenn von einer radial versetzten Lagerung und von einer axial versetzten Lagerung die Rede ist, kann auf die jeweiligen Mitten Bezug genommen werden. Bei der radialen Versetzung werden die Achsen zueinander versetzt, wozu der Parameter  $d_r$  steht. Eine axiale Versetzung entspricht einem Abstand der Mitten der Lagerstellen, wobei der Abstand mit  $d_L$  bezeichnet ist. Die beiden Lagerstellen selbst haben aber eine endliche axiale Länge, und sie sind eng benachbart, insbesondere unmittelbar angrenzend aneinander (Anspruch 15).

Die nur räumlich begrenzte Abmessung der Lagerstellen erlaubt auch die Verwendung hochspezieller und teurer Werkstoffe für die Lagerstellen, ohne das Gesamtsystem unbotmäßig zu verteuern.

Bei der mechanischen Feinbearbeitung, bezogen auf das gesonderte Lagerbauteil, das vor dem Einsetzen eine als innere Lagerfläche geeignete Oberfläche aufweist, kann auch eine Rechtwinkligkeit dieser inneren Lagerfläche gegenüber einer Stirnseite des Lagerbauteils beachtet werden. Eine Rechtwinkligkeit ist vorteilhaft für eine zusätzliche Hilfslagerung im Sinne einer mechanischen Stützstelle bei der Montage der Lagerstellen (Anspruch 14, 17 sowie 34).

Eine weitere Justiermöglichkeit bietet sich in axialer Richtung dann, wenn von einer fertigen ersten Stützstelle als erste Lagerstelle schon ausgegangen werden kann (Anspruch 31 bis 33, Anspruch 5). Die Höhe (in Axialrichtung gemessen) der Lagerstelle für die Aufnahme des Rotors, also der zweiten Lagerstelle, kann dabei fertigungstechnisch exakt gegenüber dem Stator so eingestellt werden, daß ein definiertes Stirnspiel erreicht werden kann. Das Stirnspiel bezieht sich auf den später eingesetzten Rotor, der in der zweiten Lagerstelle drehgelagert wird. Mit dem Stirnspiel kann Reibung und fluidische Lagerung vorgegeben werden. Die innere Öffnung des Stators, in welche die zumindest eine Lagerstelle, vorzugsweise zwei axial beabstandeten Lagerstellen eingesetzt werden, weist zwei Abschnitte auf (Anspruch 12), welche jeweils eine nach innen weisende Oberfläche bilden. Diese Oberflächen sind die zur Lagerung noch nicht geeigneten Flächenabschnitte, an denen durch Kleben, Pressen oder eine Kombination dieser Verbindungstechniken die Lagerstellen durch die fertigungstechnisch genaueren Lagerhülsen angebracht werden. Diese beiden Oberflächenabschnitte des Rohlagers sind bereits exzentrisch zueinander ausgerichtet, um eine jeweilige Achse zu bilden, die einen Achsabstand in radialer Richtung von " $d_r$ " besitzen.

Die innere Aufnahme hat damit zwei funktionelle Abschnitte, zur Aufnahme von zwei funktionell unterschiedlichen Lagerstellen mit jeweiligem Lagerkörper. Eine Ausgleichsfunktion durch Einpressen oder Kleben wirkt dann in einem nur sehr kleinen Maßbereich, wobei eine Exzentrizität verzahnungsabhängig ist, beispielsweise 180  $\mu\text{m}$ ,  
5 in welchem Beispiel ein Klebespalt eine Größenordnung von maximal 70  $\mu\text{m}$  besitzt und eine Pressung dann etwa 10  $\mu\text{m}$  Übermaß besitzt.

Ausführungsbeispiele erläutern und ergänzen die beanspruchte Erfindung.

- 5 **Figur 1** veranschaulicht in Originalgröße mit einem Maßstab 1:1 das vollständige Mikrosystem 1, bestehend aus einem Fluidanschluß F, der eigentlichen fluiddurchsetzten Mikrokomponente M, z.B. als Pumpe mit motorischem Antrieb A, oder als fluidischer Motor M mit Antriebsobjekt A.
- 10 **Figur 1a** veranschaulicht in starker Vergrößerung eine Explosionsdarstellung der Figur 1 mit allen im folgenden näher zu beschreibenden Komponenten, wobei die Mikrokomponente M aus einem Innenrotor 3 und einem Außenrotor 2 besteht, welcher Innenrotor auf einer Welle 40 aufgesetzt ist. Diese Mikrokomponente ist in der eingangs beschriebenen WO-Schrift näher erläutert und soll daher im folgenden als Gerotor-System bzw. als innenverzahntes Zahnringssystem mit miteinander kämmenden Zähnen bei der Drehbewegung bezeichnet werden.
- 15 **Figur 2** ist eine Schnittdarstellung entlang der Hauptachse der Figur 1a und veranschaulicht den Zusammenbau des Zahnringssystems mit allen Komponenten.
- 20 **Figur 3** veranschaulicht einen Schnitt entlang der Mittelachse des in den vorigen Figuren bezeichneten Systems, wobei nur der Stator 30 als Gehäuse schematisch dargestellt ist, zur Veranschaulichung der hier eingesetzten Hülsen 10,11 als Lagerstellen.
- Figur 3a** veranschaulicht die Oberflächen 30i und 10a von Lagerhülse 10 und Stator 30 vor und nach dem Einsetzen der Hülse.
- 25 **Figur 4** veranschaulicht ein Stütz- und Positioniersystem 50 für die Einbringung der Hülsen 10,11 von Figur 3.
- 30 **Figur 5** veranschaulicht perspektivisch die Figur 3 mit dem Stator und davon noch beabstandet, also vor dem Einsetzen das erste Hülsenteil 10 und das zweite Hülsenteil 11 zur Aufnahme der Welle 40 im Wellenraum W und des Außenrotors des Mikrosystems im Rotorraum R. Beide Teile werden in Richtung s in den dafür vorgesehenen Innenraum 31 des Stators eingesetzt.
- Figur 6** veranschaulicht eine alternative Justage und Befestigung der Hülsen 10,11 von Figur 5, verglichen mit Figur 3a.
- 35 **Figur 7** veranschaulicht eine Aufsicht in Achsrichtung auf die Figur 3, noch ohne eingesetzten Rotor und ohne eingesetzte Welle 40, zur Veranschaulichung der axialen Lager- und Stützfläche 10b.

Das Mikrosystem von **Figur 1** in einer Originalgröße zeigt die Anforderungen an die Miniaturisierung sowie die Notwendigkeit, in diesem System vorgesehene Lager mit hochgenauer Präzision zu fertigen und ihre Beständigkeit und Abriebfestigkeit sicherzustellen.

5

Die **Figuren 1a und 2** sollen gemeinsam beschrieben werden, um einen Einblick in das in Figur 1 veranschaulichte Mikrosystem zu erhalten.

10

Den größten Abschnitt nimmt ein Antriebssystem A ein, das über einen Flanschbereich mit der Mikrokomponente gekoppelt ist. Eine Welle des Motors wird über eine Kupplung 23 an die Welle 40 der Mikrokomponente drehstarr oder drehfest gekoppelt. Der dafür vorgesehene Innenraum 32 wird von einer Hülse 21 begrenzt, die sich axial länger erstreckt, als die Kupplung 23 an Länge aufweist. Im Bereich der Welle 40 ist eine erste hutförmige Dichtung 24 mit kragenförmig abstehendem dünnen Flanschabschnitt vorgesehen, welche Dichtung 24 eine Öffnung zum Durchgriff der Welle 40 aufweist. Die Dichtung sitzt in einem axialen Innenraum 31, in dem auch eine erste Lagerhülse 10 plaziert ist, die ebenfalls eine Innenöffnung aufweist, in der die Welle 40 für ihre Drehung geeignet gelagert ist.

15

20

Oberhalb der ersten Hülse 10 ist eine zweite, vom Außendurchmesser her größere Hülse 11 vorgesehen, die eine größere Innenöffnung aufweist, zur Aufnahme des Rotors oder der Rotoren 2, 3 des Mikrosystems M, von denen einer auf der Welle 40 über einen Stift 40a drehfest plaziert ist.

25

Bei einer Drehung der Welle drehen beide innenverzahnten Rotoren ebenfalls mit, wofür die äußere Lagerung des äußeren Zahnkrings an der zweiten Hülse 11 vorgesehen ist.

30

Die zweite Hülse 11 hat eine axial deutlich kürzere Erstreckung, aber eine größere radiale Innenausnehmung, während die erste Hülse 10 eine für die Welle geeignete kleine Bohrung aufweist, aber auf einer axial größeren Länge.

35

Die beschriebene Mikrokomponente ist generell mit M bezeichnet, besteht aber aus den beiden in Figur 1a dargestellten innenverzahnten Rotoren 2 und 3.

Die genannten Hülsen 10, 11, die Dichtung 24 und die Welle 40 werden in einem Stator 30 aufgenommen, der als ein Abschnitt des Gehäuses angesehen werden kann. Er hat einen sich lang erstreckenden Flanschabschnitt 30b, der sich über die

Distanzhülse 21 außen erstreckt und randseitig am Antrieb A zur Fixierung eingreift, und einen weiter oben liegenden Abschnitt 30a, in dem die Lagerung des Mikrosystems M und der Welle 40 erfolgt. Der Stator 30 ist mit dem Motor direkt verschraubt. Elektrische Kleinmotoren besitzen hierfür ein einheitliches Gewinde bzw. Anschlußlöcher, über die sonst üblicherweise Motorgetriebe befestigt werden.

Die Innenöffnung der zweiten Hülse 11 zur Aufnahme des Mikrosystems M ist im Stator an dessen Stirnseite angeordnet. Die Hülse kann bündig zur Stirnseite des Stators 30 montiert werden. Vorzugsweise kann auch ein geringer Überstand vorgesehen werden, um eine bessere Dichtwirkung an den Rotoren zu erzielen, wenn der darüberliegende Abschnitt 29 29', der die Fluidführung zu den Anschlüssen F enthält, mit einem stärkeren Druck über einen Schraubflansch 28 an den Stator 30 mit zwischenliegendem Dichtungsring 25 und einer Nierenplatte 25a angedrückt wird. Hierzu ist zwischen dem Schraubflansch 28 und dem Stator 30 vorzugsweise ein Linksgewinde vorgesehen, das außenseitig angeordnet ist. Die Verschraubung wird mit einem speziellen Klauenschlüssel vorgenommen, der in eine seitliche Bohrung eingreift. Hierdurch kann ein unbefugtes Öffnen verhindert werden. Der Abschnitt 29 29' enthält die fluidischen Ansteuerungskonturen (Einlaßöffnung und Auslassöffnung) und wird mit seinem unteren Abschnitt 29' über einen Zylinderstift 22 zum Eingriff in eine Passöffnung 22a im Stator 30 sowie ggf. einen Bund am Stator 30 exakt (radial und umfänglich) ausgerichtet.

Die beschriebene bündige Anlage des unteren Abschnitts 29' des Fluidführungsabschnitts 29, 29' mit seiner zum Antrieb ausgerichteten Oberfläche an den Rotoren des Fluidsystems M wird verbessert, wenn ein Ausgleichsring 27 zwischen der Spannanordnung 28 und dem Fluidführungsabschnitt 29 ringförmig vorgesehen ist. Dieser Ausgleichsring 27 ist aus einem weichen Material, beispielsweise Aluminium, Kupfer oder Kunststoff und sorgt dafür, daß der Abschnitt 29' planparallel und bündig an dem ebenfalls mit einer O-förmigen Dichtung 25 oder einer Zusatzscheibe 25a mit fluid-führenden Nieren versehenen Stator anliegt, insbesondere auch an den nach außen weisenden Stirnflächen der Rotoren, um hier eine bessere Dichtwirkung zu erzielen. Durch die höhere Flächenpressung (das sattere Anliegen) des Fluidführungsabschnitts 29' gegen die zweite Hülse 11, wird die bessere Dichtwirkung erzielt, die durch den weichen Ausgleichsring 27 begünstigt wird.

Aus der vorgenannten Beschreibung sind drei konstruktive Abschnitte zu erkennen. Der Fluidführungsabschnitt F mit den ebenfalls als Stator anzusehenden Komponenten 28,29,29'. Der eigentliche Stator 30 im Abschnitt 30a zur Aufnahme des

Mikrosystems mit anschließendem Kupplungsbereich 23 der Welle 40 im Abschnitt 30b. An diesen Bereich schließt sich der Antriebsbereich A an.

5 Hervorzuheben ist, daß im Stator eine von der Montage her vorgesehene Trennung des Fluidführungsabschnitts 28,29,29',F von dem Mikrosystem erfolgt und diese Trennung an der der Lagerungsseite abgewandten Stirnseite der Rotoren des Mikrosystems befindlich ist. Mit anderen Worten ist der Stator 30 so aufgebaut, daß die Lagerung bündig an der vom Antrieb A wegweisenden Stirnseite plaziert ist, so daß ein Aufsetzen des Fluidführungsabschnitts 29,29' unmittelbar an die fluidische  
10 Mikrokomponente angrenzt und mit einer vorgesehenen Fluidführungs-Struktur aus Nieren und Bohrungen ein Durchleiten und das funktionelle Betreiben der Mikrokomponente M sicherstellt.

Die oben gegebene Übersicht soll das Einfühlungsvermögen erhöhen, wie ein  
15 Mikrosystem nach Figur 1 konstruktiv aufgebaut wird. Im folgenden werden Details erläutert, die insbesondere die Anbringung und Montage der ersten und zweiten Hülse 10,11 aus Figur 2 beschreiben, wozu auf Figur 3 verwiesen wird.

**Figur 3** ist ein Schnitt durch die Achse des Systems von Figur 2, wobei zwei  
20 gegeneinander versetzte Achsen 100 und 101 ersichtlich sind. Die Achsversetzung ist mit dr bezeichnet. Die Achse 100 ist diejenige Achse der ersten Hülse 10, die eine Länge L10 aufweist. Die Hülse ist aus einem harten Werkstoff gefertigt, beispielsweise Hartmetall oder Keramik. Sie ist zunächst nicht in den Stator 30 eingesetzt, der für ihre Aufnahme eine langgestreckte Öffnung 31 aufweist, deren untere Abschnitt eine innere  
25 Oberfläche 30i besitzt. Diese innere Oberfläche ist schematisch an Figur 3a (im unteren Halbbild) zu ersehen. Sie weist eine große Rauheit auf, die bei einem spangebenden Verfahren entstehen kann. Sie muß keine besondere Genauigkeit besitzen und kann sogar größer ausgestaltet sein, wie aus Figur 6 erkennbar ist.

30 In gleicher Weise ist ein weiterer, axial oberhalb liegender Aufnahmeabschnitt im Stator 30 als Teil der Öffnung 31 vorgesehen, zur Aufnahme der zweiten Hülse 11, die auch aus einem harten Werkstoff, wie Keramik oder Hartmetall gefertigt sein kann. Auch sie ist zunächst nicht eingesetzt.

35 Die Verwendung von harten Werkstoffen, gegenüber den "weichen" Werkstoffen des Stators 30 sichert die Lagerhülsen gegen Abrieb. Sie sind dabei räumlich von einer geringen Erstreckung, so daß auch teure Werkstoffe Verwendung finden können. Die

Lagerhülsen sind vornehmlich als Hohlzylinder ausgestaltet und weisen einen jeweiligen Innenraum auf, zur Aufnahme des jeweiligen "Rotors".

Die erste Hülse 10 hat einen Innenraum mit einer inneren Oberfläche 10i, zur Aufnahme der Welle 40. Der innere Raum ist mit W bezeichnet und hat eine Längserstreckung entsprechend der Hülsenlänge L10.

Die axial sich daran anschließende zweite Hülse 11 ist zur Aufnahme und Lagerung des äußeren Rotors 2 vorgesehen. Sie besitzt dafür eine Rotoraufnahme R, deren Durchmesser d11i größer ist, als derjenige Durchmesser d10i des Wellenraums W. Die innere Oberfläche 11i ist so gestaltet, daß eine Lagerung des Rotors möglich ist. Die innere Oberfläche 10i des ersten Hülsenteils 10 ist ebenfalls so gestaltet, daß eine Lagerung der Welle 40 möglich ist.

Beide Oberfläche sind hochgenau und für ihre jeweilige Lagerfunktion durch Schleifen, Erodieren, Honen oder Läppen ausgebildet.

Das Einsetzen der beiden Lagerhülsen in den entsprechenden Axialabschnitt der Öffnung 31 des Stators 30 mit der inneren Oberfläche 30i bzw. der radial größeren inneren Oberfläche 30i' wird mit der Einsetzvorrichtung von **Figur 4** vorgenommen.

Hier werden die beiden Hülsen 10,11 durch Platzhalter 53,52 räumlich geometrisch zueinander ausgerichtet, was die hohe Präzision sicherstellt. Beide Platzhalter 52,53 sind gegenüber einer Tragplatte 51 räumlich fixiert. Der Platzhalter 52 für den Außenrotor nimmt die zweite Hülse 11 auf, wobei der Platzhalter die Rotorgeometrie des Rotorraumes R ausfüllt. Der zweite Platzhalter 53 für die Welle 40 ist axial länger. Er übernimmt die Ausfüllung des Wellenraumes W und plaziert die erste Hülse 10 räumlich geometrisch so, daß die zwei beabstandeten Achsen 100,101 für die exzentrische Lagerung des aus zwei Rotoren bestehenden Mikrosystems M erhalten wird. Ein nicht dargestellter Stift an der Tragplatte 51 erlaubt ihre absolute Lagefestlegung gegenüber dem Stator 30, zum Eingriff in die Ausnehmung 22a.

Nachdem die Hülsen 10,11 auf die Einsetzvorrichtung 50 und ihre beiden um "dr" radial versetzten Platzhalter 52,53 aufgesetzt sind, wird die Einsetzvorrichtung mit einer mechanischen Anordnung (die nicht dargestellt ist) geometrisch und von den Massen her präzise, sogar hochpräzise in die vorgesehene Öffnung 31 des Stators 30 axial eingeschoben. Der hierbei entstehende Schubweg s bzw. die Schubrichtung s ist in den Figuren 5 und 3a gezeigt. Aufgrund der Maßdimensionierung und der

Oberflächenstruktur der beiden Hülsen 10,11 sowie der inneren Oberflächen 30i' und 30i des Stators findet eine Veränderung zumindest der Innenflächen des Stators 30 statt, was aus **Figur 3a** vor dem Einsetzen und nach dem Einsetzen des Hülsenteils 10 ersehen werden kann. Die rauhe Oberfläche der nicht hochpräzise gefertigten  
5 Innenflächen wird eingeebnet oder sogar abgetragen bzw. verdrängt, wobei der weiche Werkstoff an der Oberfläche verändert wird, gleichzeitig aber mechanische Kräfte aufbringt, zur räumlich geometrischen Fixierung der eingedrückten Hülsen 10,11, die als Lagerstücke dienen.

10 Die inneren Oberflächen 11i, 10i der beiden Hülsen sind hochpräzise, durch Einsetzen dann auch geometrisch genau festgelegt, um ihrer Lagerfunktion gerecht zu werden.

Die äußeren Oberflächen 10a und 11a der beiden Hülsen gehen mit den inneren Oberflächen 30i' und 30i des Stators eine mechanische Verbindung ein, wenn die  
15 Einsetzvorrichtung 50 durch Druck axial eingeschoben wird.

Eine alternative Festlegung kann durch eine aushärtende Substanz 12 erfolgen, wenn die inneren Oberflächen 30i' und/oder 30i in ihrer räumlichen Geometrie etwas größer ausgestaltet sind, als die äußeren Oberflächen 11a und/oder 10a der Hülsen 10  
20 und/oder 11, wie **Figur 6** veranschaulicht. Die Einsetzvorrichtung übernimmt dann die Zuordnung der exzentrisch versetzten Achsen 100,101 der beiden Hülsen und plaziert diese so lange in dem Innenraum 31 mit den zwei exzentrischen Abschnitten 30i, 30i' des Stators 30, bis eine eingebrachte aushärtende Substanz 12 den Spalt 13 fixierend ausfüllt und die Hülsen mechanisch festlegt.

25 Als aushärtende Substanz kann ein Lot oder ein Kleber Verwendung finden; erstes härtet durch Absinken der Temperatur, zweites durch eine chemische Reaktion aus.

Die Einsetzvorrichtung hat dabei einmal die Aufgabe, die mechanische Zuordnung  
30 während des axialen Einpressens zu übernehmen. Bei der Variante der Festlegung mit einer aushärtbaren Substanz im Spalt 13 (auch als unregelmäßiger Zwischenraum), der eine Größe von zwischen  $20\mu\text{m}$  und  $70\mu\text{m}$  besitzt, übernimmt sie die geometrische Festlegung der Hülsen während des Aushärtens, braucht also beim Einsetzen in Richtung s keine zusätzliche mechanische Kraft aufzubringen.

35 Die zweite Hülse 11 ist axial kürzer und weist eine axiale Länge  $L_{11}$  auf. Die gesamte Statorlänge ist  $L$ . Nachdem der Stator 30 die axiale Länge  $L$  aufweist, ist die Summe der beiden Hülsenlängen  $L_{11}$  und  $L_{10}$  noch immer kürzer als die Statorlänge. Der

Abstand der Mitten der beiden Hülsen ist  $d_L$ , was einen axialen Versatz darstellt, wobei aber die Stirnflächen der beiden Hülsen 10,11 aneinander anliegen. Diese Anlage der beiden Stirnflächen soll anhand der Figur 7 erläutert werden.

5 **Figur 7** veranschaulicht eine Aufsicht in Achsrichtung 100,101 von oben (gesehen aus Figur 3 oder Figur 6), wobei die Innenräume R und W für Außenrotor und Welle noch offen sind, also noch keine Welle 40 und noch kein Rotor 2 oder 3 des Mikrosystems M eingesetzt ist. Es ist dabei eine stirnseitige Lagerfläche 10b ersichtlich, die auch in  
10 Figur 3 sowie in Figur 6 eingezeichnet ist. Sie besitzt eine Breite b, die umfänglich nicht konstant ist, was durch die Versetzung  $d_r$  oder  $\Delta r$  der beiden Achsen 100,101 zustandekommt, und auch durch die Wahl der beiden Durchmesser der Hülsen, hier des Außendurchmessers  $d_{10a}$  der längeren Hülse 10 und des Innendurchmessers  $d_{11i}$  der kürzeren Hülse 11. Die Durchmesser bzw. die zugehörigen Radien als jeweilige  
15 hälftige Durchmesser, sowie der radiale Versatz (Exzentrizität) sind so gewählt, daß einer der harten Lagerbauteile 10,11 eine außerhalb der Fläche 10b liegende ringförmige axiale Stützfläche 10c bildet, die auch umfänglich gänzlich durchgehend ist und auf der das andere harte Lagerbauteil 11 aufliegt.

Bei Beachtung des radialen Versatzes  $d_r$  ist der Außendurchmesser  $d_{10a}$  von der  
20 Hülse 10 um soviel größer, als der Innendurchmesser  $d_{11i}$  der Hülse 11, daß an keiner umfänglichen Stelle der weiche Werkstoff des Stators 30 als Teil der Stützfläche 10b für den Rotor 2 aus Figur 1a und ggf. auch den Innenrotor 3 aus Figur 1a - betrachtet in axialer Richtung - zum Vorschein oder Tragen kommt. Der Rotor oder die Rotoren werden — eingesetzt in den Rotorenraum R — dann axial sicher gestützt, geometrisch  
25 präzise festgelegt und es ergibt sich eine gute Dichtung an der Fläche 10b, während der Ringabschnitt 10c, der die Hülsen 10 und 11 zueinander stützt und orthogonal ausrichtet, nicht mehr von außen sichtbar ist.

Die inneren Oberflächen 11i und 10i bilden Lagerflächen für die Welle 40 und den  
30 Außenrotor der fluidischen Mikrokomponente M, um als Gleitlager zu dienen. Die Ringflächen 10c und 10b zusammen bilden die axial weisende Stirnfläche des gesamten Lagerbauteils 10, das für die Welle vorgesehen ist. Der innere Abschnitt 10b dient dem Stützen und Ausrichten des Mikrosystems und der darum herumliegende äußere Abschnitt 10c, der auf derselben Ebene liegt, dient dem Ausrichten und Stützen  
35 des zweiten Lagerbauteils 11.

Die Aufsicht in der Figur 7 veranschaulicht dabei auch den Spalt 13 aus Figur 6, der hier bereits mit einem Klebstoff oder einem Lot 12 aufgefüllt ist, um die eingesetzte

Hülse 11 gegenüber dem weicheren Werkstoff des Stators 30 festzulegen. Bevor das Lot oder der Klebstoff aushärtet wurde die Hülse 11 an der äußeren Ringfläche 10c der unteren Hülse 10 durch Anliegen ausgerichtet, so daß auch ihre Achse 101 genau parallel zu der Achse 100 ausgerichtet ist. Die genaue Ausrichtung ergibt sich aus einer hochgenauen Fertigung der Stirnflächen, die genau senkrecht zu den Achsen verlaufen und damit mittelbar auf die Positionierung und Lagegenauigkeit Einfluß nehmen können. In einem Ausführungsbeispiel von spezifischen Maßen, die aber nicht einschränkend zu verstehen sind, wurde die Hülse 10 mit einem Außendurchmesser von 5mm gefertigt und besaß einen Innendurchmesser von 1,2mm. Der Außenrotor 2 besaß ein Außenmaß von 3,8mm und liegt damit - auch unter Berücksichtigung der gewählten Exzentrizität der beiden Achsen 100,101 innerhalb des Außenmaßes von 5,0mm der ihn axial zur Bereitstellung eines Drehlagers stützenden Hülse 10. Aus diesem Maß ist auch das Innenmaß  $d_{11i}$  der zweiten Hülse 11 zu ersehen, entsprechend dem Außenmaß des Rotors, um ihn radial mit einem Ringlager auch insoweit zu stützen. Beide senkrecht zueinander stehenden Lager, die Innenwandfläche 11i und die axial weisende Stützfläche der Hülse 10 sorgen für eine genaue Ausrichtung und präzise Lagerung des Rotorbauteils 2.

Der in Figur 7 in einem Übermaß zur Verdeutlichung dargestellte Spalt 13 ergibt sich aus dem Differenzmaß zwischen dem Radius der inneren Fläche 30i' des Stators 30, siehe dazu Figur 3, und dem Außenmaß der Außenfläche 11a der harten Lagerhülse 11. Sein Maß liegt für eine Verklebung bevorzugt zwischen  $50\mu\text{m}$  und  $70\mu\text{m}$ , was maßstabgerecht bei der Darstellung nach Figur 7 nicht erkennbar wäre, wenn es nicht wesentlich vergrößert dargestellt worden wäre.

Aus **Figur 5** ist eine perspektivische Ansicht beim Einsetzen der beiden Lagerhülsen 10,11 ersichtlich, verwendet bei einer mit einer Klebesubstanz vorgesehenen Montage und Justage der Hülsen. Die Klebesubstanz 12 ist in den Spalt 13 eingebracht, der zwischen  $20\mu\text{m}$  und  $70\mu\text{m}$  beträgt, bezogen auf den jeweiligen Innendurchmesser des Stators 30 an den Oberflächen 30i und 30i'. Der Innenraum 31 zur Aufnahme der ersten Hülse 10 ist länger, als die Lagerhülse 10. Die entsprechende Differenz ist - wie aus Figur 2 ersichtlich - von der Radialwellendichtung 24, die gegen den Motor A durch die Distanzhülse 21 festgelegt ist, eingenommen. Ein Einsetzweg s der beiden Lagerhülsen 10,11, gestützt von der Einsetzvorrichtung 50 nach Figur 4 führt zur genauen Platzierung. Nach dem Einfüllen der Klebesubstanz 12, die auch vor dem Einsetzen schon an den Innenflächen entsprechend Figur 5 platziert sein kann, wird die räumlich geometrische Zuordnung und absolute Platzierung der Hülsen 10,11 zumindest für eine Dauer des Aushärtens

der Klebesubstanz oder des Lotes beibehalten, bis die mechanische Verfestigung eintritt.

5 Ersichtlich ist an Figur 5 auch die Aufnahme 22a, in die der Positionierstift 22 von Figur 2 beim Aufsetzen des Fluidführungsabschnitts 28,29,29' eingreift. Eine radial  
dagegen versetzte Stufenbohrung 22b jeweils an der Innenseite der Oberfläche 30i' und 30i des Stators 30 ist vorgegeben. Sie bietet umfangreich beabstandet von der Aufnahme 22a eine Möglichkeit, das Fluid in einer kleinen Menge nach dem Einsetzen und Anbringen der Lagerhülsen 10,11 beim Betrieb des Systems M als  
10 Gleitlagerschmierung oder im Ringfluß zu verwenden. Die Bohrung 22b hat eine Mindesttiefe  $L_{10} + L_{11}$ . Die Stufenbohrung 22b, die auch aus Figur 1a ersichtlich ist, liegt mit einem Abschnitt ihrer Bohrungstiefe im Oberflächenbereich 30i' (vgl. dazu Figur 3) und mit einem weiteren Abschnitt im Oberflächenbereich 30i. Mit ihr wird der Ringfluß für das Fluid erreicht, welches das Wellenlager durchströmt. Durch die  
15 Stufenbohrung wird eine Ableitung des zwischen Dichtung und Wellenlager befindlichen Fluids zur Saugseite eines Mikrosystems erreicht, das in diesem Beispiel als Pumpe ausgebildet ist. Das Fluid aus der insoweit als Kanal für das Fluid arbeitenden Stufenbohrung 22b wird im Fluidführungsabschnitt 28,29,29', hier im zum Mikrosystem gewandten Abschnitt 29' durch Überdeckung des Kanals wieder  
20 aufgenommen und in das Mikrosystem 2,3 zurückgeführt.

Es sollte erwähnt sein, daß die räumlich geometrisch hochgenaue Lagerung nur einseitig erfolgt, hinsichtlich der Welle W aber auch eine zweite Lagerung in dem Fluidführungsteil 29 vorgesehen sein kann, die aber keine solche Präzision aufweisen  
25 muß, wie die erste Lagerung in der Hülse 10, die zudem auf einer axial größeren Länge  $L_{10}$  wirksam ist.

Die Lagerteile können als Hülsen rotationssymmetrisch einfach hergestellt sein. Sie können auch eine im Außendurchmesser anderweitige Geometrie aufweisen, nur ihr  
30 Innendurchmesser und ihre innere Oberfläche muß so ausgerichtet sein, daß die Rotoren 40,2 (Wellen und Außenrotor des Mikrosystems) geometrisch genau und abriebfest gelagert werden können.

Die beschriebenen Arten des Einsetzens und Positionierens können auch kombiniert  
35 werden.

Es kann eine weniger feste mechanische Verbindung beim Einsetzen durch Eindringen der Hülsen 10,11 vorgesehen sein, bestimmt durch die entsprechende Anpassung der

Durchmessergeometrien von Innenraum und Außendurchmesser der Hülsen. Nach erfolgtem Einpreßvorgang kann über eine zusätzliche Vorrichtung eine Ausrichtung und anschließend eine Verklebung erfolgen, so daß beide Verfahren auch kombiniert verwendet werden können.

5

Die kombinierte Art des Einsetzens kann auch zeitlich nacheinander erfolgen. Die erste Aufnahme mit der inneren Oberfläche 30i im ersten Abschnitt der Öffnung 31 des Stators kann mit einem mechanischen Einpreßvorgang verbunden werden, bei dem die Hülse 10 lagegenau positioniert wird, wie Figur 3a zeigt. Gegenüber der so festgelegten ersten Hülse, die dann als ein Hilfslager oder eine Hilfseinrichtung dienen kann, kann mit der Anordnung nach Figur 4 die zweite Lagerstelle (hier mit der Hülse 11) im Abschnitt L11 positioniert werden, wobei ein in Figur 6 gezeigter Spalt 13 am Umfang zwischen der äußeren Oberfläche 11a und der inneren Oberfläche 30i' mit einer Klebesubstanz 12 gefüllt wird. Bei einem festen Sitz der ersten Hülse 10 kann die zweite Hülse relativ dazu und somit auch relativ zum Stator positioniert und eingeklebt werden. Alternativ zum Einkleben kann auch beim zweiten Vorgang ein Preßvorgang stattfinden, was der zuvor beschriebenen Variante entspricht, nur zeitlich nacheinander. Die Vorrichtung nach Figur 4 kann für alle diese Varianten Anwendung finden.

Die Kombination eines Pressens und eines Klebens hat sich als besonders genau herausgestellt. Zunächst wird die erste Hülse 10 in den Stator 30 eingepreßt, wobei die beiden Öffnungsabschnitte 30i, 30i' als zwei exzentrisch zueinander angeordnete Abschnitte der Gesamtausnehmung 31 vorgesehen sind. Nach dem Einpressen wird anschließend die zweite Lagerstelle 11 gebildet, in dem die hochgenau gefertigte Lagerhülse in das Gehäuse eingesetzt wird, wobei sie plan auf der ersten Hülse aufliegt, und zwar an dem Stirnflächenabschnitt 10c. Es wird anschließend die Position der zweiten Hülse gegenüber der ersten Hülse definiert, wozu die Vorrichtung nach Figur 4 Verwendung finden kann. Anschließend läßt man einen Klebstoff 12 in den Spalt 13 an der äußeren Oberfläche 11a der zweiten Hülse einziehen und aushärten, um diese Lagerstelle festzulegen, also fest mit dem Stator 30 zu verbinden.

Die Rechtwinkligkeit der vorhergehenden mechanischen Feinbearbeitung der Hülse 11 bzw. auch der Hülse 10 kann dafür sorgen, daß zwei Hilfslagerstellen bei der Positionierung und Festlegung helfen. Eine axiale Stützfläche 10c und die umfängliche innere Oberfläche 10i, die mittelbar über die Vorrichtung nach Figur 4 auch Einfluß auf die Lagegenauigkeit der zweiten eingesetzten Hülse 11 nehmen kann.

35

Die beiden Hülsen 10 und 11 können in der Reihenfolge des Anbringens auch vertauscht werden. Zunächst die im Durchmesser größere Hülse 11, dann - axial gestützt über den Stützflächenabschnitt 10c - die längere Hülse 10 für die Welle 40. Die zweite Hülse 10 wird dann von dem Kupplungsraum 32 her in den unteren  
5 Aufnahmeabschnitt der Ausnehmung 31 eingesetzt.

Es soll angemerkt sein, daß die mechanisch genaue Positionierung im Sinne von räumlich geometrischer Festlegung zwei maßgebliche Maße betrifft. Einmal den Betrag des Exzentrizitätsvektors "dr" als radialen Versatz. Zum anderen die korrekte absolute  
10 Positionierung der beiden Lagerhülsen 10,11 im Stator 30, also ihre Position/Lage zum Gehäuse. Diese Lage wird über einen Stift, der in die Platte 51 der Vorrichtung 50 von Figur 4 eingesetzt ist und anstelle des Stiftes 22a bei der Montage der Lagerhülsen 10,11 in das Gehäuse eingreift, sichergestellt. Dieser Stift ist in Figur 4  
15 nicht dargestellt, er erschließt sich aber aus dem Zusammenhang und der räumlich/geometrischen Anordnung der Aufnahme 22a von Figur 2, in welcher der die Fertigmontage übernehmende Stift 22 eingezeichnet ist. Er übernimmt die umfängliche Festlegung des Fluidführungsabschnitts 28,29,29' gegenüber dem Gehäuse 30, das als Stator bezeichnet ist.

20

\* \* \*

**Ansprüche:**

1. **Verfahren** zum Herstellen, Anpassen und/oder Einstellen **zumindest einer Lagerstelle** in einer fluidischen Mini- bis Mikrokomponente (M), welche Komponente einen Stator (30) und zumindest einen Rotor (40,2) aufweist, wobei der Rotor an der zumindest einen Lagerstelle (L10,L11) gegenüber dem Stator drehbar gelagert ist (im folgenden "drehgelagert"); dadurch gekennzeichnet, daß
  - (a) der Rotor (40,2) über eine in den Stator (30) eingesetzte Hülse (10,11) zur Bildung der Lagerstelle drehgelagert wird, wozu die zumindest eine Hülse als Lagerhülse in den Stator eingesetzt wird und eine innere sowie eine äußere Oberfläche (10i,10a; 11i,11a) aufweist;
  - (b) die Lagerhülse (10,11) **vor** dem Einsetzen in den Stator ein gesondertes Lagerbauteil ist, das als eine innere Lagerfläche die innere Oberfläche (10i,11i) aufweist und zumindest auf dieser Fläche vor dem Einsetzen in den Stator (30) mechanisch fein-bearbeitet wird;
  - (c) die äußere Oberfläche (10a,11a) des Lagerbauteils (10,11) mit dem Stator (30) in eine mechanisch feste Verbindung gebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die äußere Fläche (10a,11a) des Lagerbauteils (10,11) **durch ein Einpressen** in eine von ihrem Innenmaß kleinere Aufnahme (30i,30i') des Stators eingesetzt wird, wodurch eine insbesondere radiale Verdrängung eines Oberflächenanteils des weicheren Werkstoffs des Stators durch die Lagerhülse (10,11) erfolgt, zur mechanisch festen Verbindung mit dem Stator (30).
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die äußere Fläche (10a,11a) des Lagerbauteils (11,10) in eine in ihrem Innenmaß größere Aufnahme des Stators (30) eingesetzt wird und ein dazwischen befindlicher Spalt (13) oder unregelmäßiger Zwischenraum einen **aushärtbaren Füllstoff (12)** aufweist, der nach dem Einfüllen aushärtet, zur mechanisch festen Verbindung des Lagerbauteils (10,11) mit dem Stator (30).
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Aushärtung durch eine Abkühlung, insbesondere bei einem Lot als Füllstoff, erfolgt oder durch eine chemische Reaktion erfolgt, insbesondere bei einer Klebesubstanz als Füllstoff (12).
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei **zumindest zwei axial beabstandete Lagerstellen** (L10,L11; 10,11) im Stator (30) vorgesehen werden und eine der Lagerstellen von einer ersten Hülse (10) und die andere der Lagerstellen von einer weiteren Hülse (11) gebildet wird, insbesondere die erste Hülse nach Anspruch 2 und die zweite Hülse nach Anspruch 3 gegenüber dem Stator (30) und relativ zueinander festgelegt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die mechanische Feinbearbeitung der Innenfläche (10i,11i) des Lagerbauteils ein Schleifen, Honen oder Läppen ist.
7. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Lagerbauteil bei dem gesamten Einsetzvorgang durch eine mechanische Berührung so geführt und gehalten wird (50), daß eine lagegenaue Aufnahme des Lagerbauteils beim Einpressen in den Stator (30) erhalten wird.
8. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Lagerbauteil (10,11) während des Aushärtens lagegenau gehalten wird, um eine lagegenaue Ausrichtung des gehaltenen Lagerbauteils im Stator (30) nach dem Aushärten zu erhalten.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Lagerstelle eine einseitige Lagerung ist, insbesondere im Stator (30) als ein Gehäuse so angeordnet ist, daß sie näher zum Antrieb ist, als das Mikrosystem (M).
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Lagerbauteil (10,11) zylindrisch ausgebildet ist, insbesondere auch außen zylindrisch ausgebildet ist.
11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, wobei ein erster und ein zweiter **Lagerkörper** (10,11) als eine jeweilige Hülse ausgebildet sind und jeweils eine Achse (100,101) definieren, wobei die beiden Hülsen in einem Gehäuse (30,31) als Stator mit exzentrischen bzw. radial gegeneinander versetzten (dr) Achsen sowie axial versetzt angebracht werden, um in einem axialen Abstand (dL) bzw. an nicht gleichen axialen Stellen (L11,L10) eine Lagerung der Welle (40) und eine Lagerung des Außenrotors (2) als zwei Rotoren zu erhalten.
12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zwei Lagerbauteile in zwei axial beabstandeten Abschnitten (30i,30i') einer inneren Öffnung (31) des Stators im Stator (30) eingesetzt werden, und wobei die zwei Abschnitte der Öffnung (31) exzentrisch zueinander ausgebildet sind, um jeweils einen von zwei Rotoren einer der beiden Lagerbauteile zur Drehlagerung zuzuordnen.
13. Verfahren nach Anspruch 5 oder 12, wobei das erste Lagerbauteil (10) zur Lagerung der Welle (40) und das zweite Lagerbauteil (11) zur Lagerung des Rotors (2) vorgesehen ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das erste Lagerbauteil (10) einen Außendurchmesser der äußeren Oberfläche (10a) mit dem ersten Durchmesser (d10a) aufweist und der zweite Lagerbauteil einen Innendurchmesser einer inneren Lagerfläche (11i) mit dem Innendurchmesser (d11i) aufweist, und wobei der Innendurchmesser kleiner als der Außendurchmesser ist,
- für eine axiale Stützfläche (10c) zwischen den Lagerstücken (10,11) im Differenzbereich;
  - für eine axiale Lagerfläche (b,10b) innerhalb des Innendurchmessers.
15. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Lagerbauteil ein beliebig geformter Lagerkörper ist, mit einer zur Lagerung geeigneten Innenfläche (11i,10i).
16. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der radiale Versatz (dr) und der Innendurchmesser sowie der Außendurchmesser (d10a,d11i) so aufeinander abgestimmt sind, daß beide Lagerkörper stirnseitig an einem Stützflächenring (10c) umfänglich durchgehend aneinander anliegen.
17. Verfahren nach Anspruch 11 oder 14, wobei der radiale Versatz (dr), der genannte Innendurchmesser und der genannte Außendurchmesser der jeweiligen Hülse so aufeinander abgestimmt sind, daß sich ein umfänglich erstreckender Stirn- oder Streifenbereich (10c,10b,b) bildet, zur axialen Stützung bei der Festlegung des zweiten Lagerkörpers **oder** zur betrieblichen Lagerung (b) zumindest eines drehbaren Teiles des Mikrosystems (M), insbesondere des Außenrotors oder Innenrotors.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der Streifenbereich als Stirnfläche (10b) keine konstante Breite (b) entlang seiner umfänglichen Erstreckung aufweist.
19. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüchen, wobei der harte Werkstoff gehärteter Stahl, Keramik oder Hartmetall ist.

20. **Mikrosystem** mit Fluiddurchsatz, welches Mikrosystem einen ersten Abschnitt zum Einlaß oder Auslaß von Fluid (F) aufweist und in einem zweiten Abschnitt mit **zumindest einer** Lagerstelle (10,11) versehen ist, wobei
- 5 (a) ein Rotor (40,2) gegenüber einem Stator (30) über zumindest einen Lagerkörper (10,11) drehgelagert ist, welcher Lagerkörper aus einem harten Werkstoff vorgefertigt ist;
- (b) der Stator (30) einen den Lagerkörper (10,11) aufnehmenden inneren Oberflächenabschnitt (30i,30i') aufweist, der aus einem gegenüber dem Lagerkörper weicheeren Werkstoff besteht.
- 10 21. Mikrosystem nach Anspruch 20, wobei **zwei Lagerkörper** (10,11) aus dem harten Werkstoff ausgebildet und im Stator angeordnet sind.
22. Mikrosystem nach Anspruch 20 oder 21, wobei zwei radial gegeneinander versetzte Lagerkörper so in dem Stator angeordnet sind, daß eine jeweilige Mittelachse (100,101) eines jeweiligen Lagerkörpers (10,11) einen radialen
- 15 Abstand voneinander besitzen (dr).
23. Mikrosystem nach Anspruch 20, mit **zwei axial versetzten** (dL), aber eng benachbarten Lagerstellen als gesonderte Lagerkörper (10,11) im Stator (30).
24. Mikrosystem nach Anspruch 20, wobei der Stator (30) eine für den Lagerkörper (10,11) zunächst nicht passende Aufnahme (30i', 30i) als inneren
- 20 Abschnitt aufweist.
25. Mikrosystem nach Anspruch 24, wobei der zunächst nicht passende Abschnitt und der zumindest eine Lagerkörper (10,11) bei einem Einsetzen des Lagerkörpers in den nicht passenden Abschnitt einen Spalt mit einer Stärke größer Null ausbilden und in den Spalt (13) ein aushärtender Fügwerkstoff eingebracht wird, zur
- 25 Fixierung des Lagerkörpers gegenüber dem Stator nach einem Aushärten des Fügwerkstoffs (12).
26. Mikrosystem nach Anspruch 20, wobei der zunächst nicht passende Abschnitt ein Untermaß der Aufnahme (30i',30i) des Stators ist, in den ein gegenüber der Aufnahme ein radial größerer Lagerkörper (10,11) mechanisch eingepresst wird,
- 30 wobei der vom Werkstoff her härtere Lagerkörper einen Teil des Aufnahmeabschnitts des Stators (30) verdrängt, zumindest aber in seiner Oberflächenstruktur verändert.

- 5  
10  
15
27. **Verfahren** zum Herstellen, Anpassen und/oder Einstellen **zumindest einer** Lagerstelle in einem fluidischen Mini- bis Mikrosystem (M), welches System einen Stator (30) und zumindest einen Rotor (40,2) aufweist, wobei der Rotor an der zumindest einen Lagerstelle (L10,L11) gegenüber dem Stator drehbar gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, daß
- (a) der Stator vor dem Einsetzen von zumindest einem gesonderten Lagerkörper einen zur Lagerung nicht geeigneten Abschnitt (30i,30i') aus einem gegenüber dem Lagerkörper (10,11) weicheren Werkstoff aufweist (als Unpassung);
- 10 (b) die Unpassung durch Einsetzen, insbesondere Eindrücken oder Einkleben, des Lagerkörpers aus einem gegenüber dem Werkstoff des Stators härteren Werkstoff zu einer mechanischen Montage und Justagestelle wird, um die vom Lagerkörper definierte innere Oberfläche (11i,10i) als Lagerfläche für die Drehlagerung des Rotors (40,2) räumlich-geometrisch hochgenau
- 15 festzulegen.
28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei das Eindrücken unter Verdrängen, zumindest aber Verformen einer inneren Oberfläche (30i) des Lagerkörpers erfolgt.
- 20 29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, wobei ein aushärtender Werkstoff (12) in einem Spalt oder im Anschluß an die mechanische Verdrängung in noch verbleibende Zwischenräume eingebracht wird, um eine mechanische Fixierung und räumlich/geometrische Positionierung des Lagerkörpers als Lagerstelle nach dem Aushärten des Füllwerkstoffs (12) zu erhalten.
- 25 30. Verfahren oder System nach einem der obigen Ansprüche, wobei das Lagerbauteil (10,11) einen Außendurchmesser von weniger als 15mm, insbesondere weniger als 10mm, und/oder einen Innendurchmesser von weniger als 5mm, insbesondere weniger als 2mm, aufweist, zur Lagerung des
- 30 Außenrotors (2), insbesondere der Welle (40).
31. Verfahren nach Anspruch 27, wobei **zwei Lagerstellen** (L10,L11), zeitlich nacheinander festgelegt werden, eine durch Einpressen (10a,10i) und eine weitere durch Löten, Einkleben (11a,11i) oder Einpressen.
- 35 32. Verfahren nach Anspruch 31, wobei zunächst eine Einpressung und danach eine Einklebung erfolgt.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32, wobei die eingepresste erste Lagerstelle als eine relativ zum Stator (30) festgelegte Hilfslagerstelle verwendet wird, um die zweite Lagerstelle (L11) räumlich/geometrisch zu positionieren, bevor sie durch den aushärtenden Werkstoff (12) festgelegt wird.
- 5
34. Verfahren nach Anspruch 31 oder 33, wobei das Positionieren der zweiten Lagerstelle (11;11a,11i) in axialer (10b) und/oder radialer (10i,11i) Richtung erfolgt, gestützt von der ersten Lagerstelle (10) aus.
- 10
- 35. Verfahren** zum Herstellen einer ersten und einer zweiten Lagerstelle für zwei rotierende Körper (2,40) und Bilden eines Gesamtsystems aus Stator und relativ dazu drehbaren Rotoren, wobei das mechanisch präzise Gesamtsystem aus zwei Lagerstellen (L10,L11) und korrespondierend zwei Rotoren (2,40) entsteht
- 15
- aus einfachen aber mechanisch/geometrisch präzisen Körpern (10,11), und einem zur Lagerung ungenauen Stator (30) sowie einer die präzisen Körper zueinander und zum Stator festlegenden Verbindungstechnik;
  - aus einem sich anschließendem Einfügen und Lagern der zwei Rotoren (2,40) in dem durch die Verbindungstechnik und die präzisen Körper (10,11) zur Lagerung geeigneten Stator (30;10,11).
- 20

\* \* \*

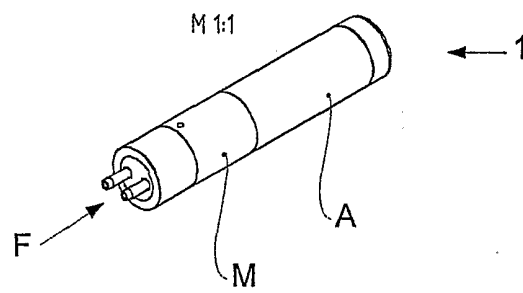
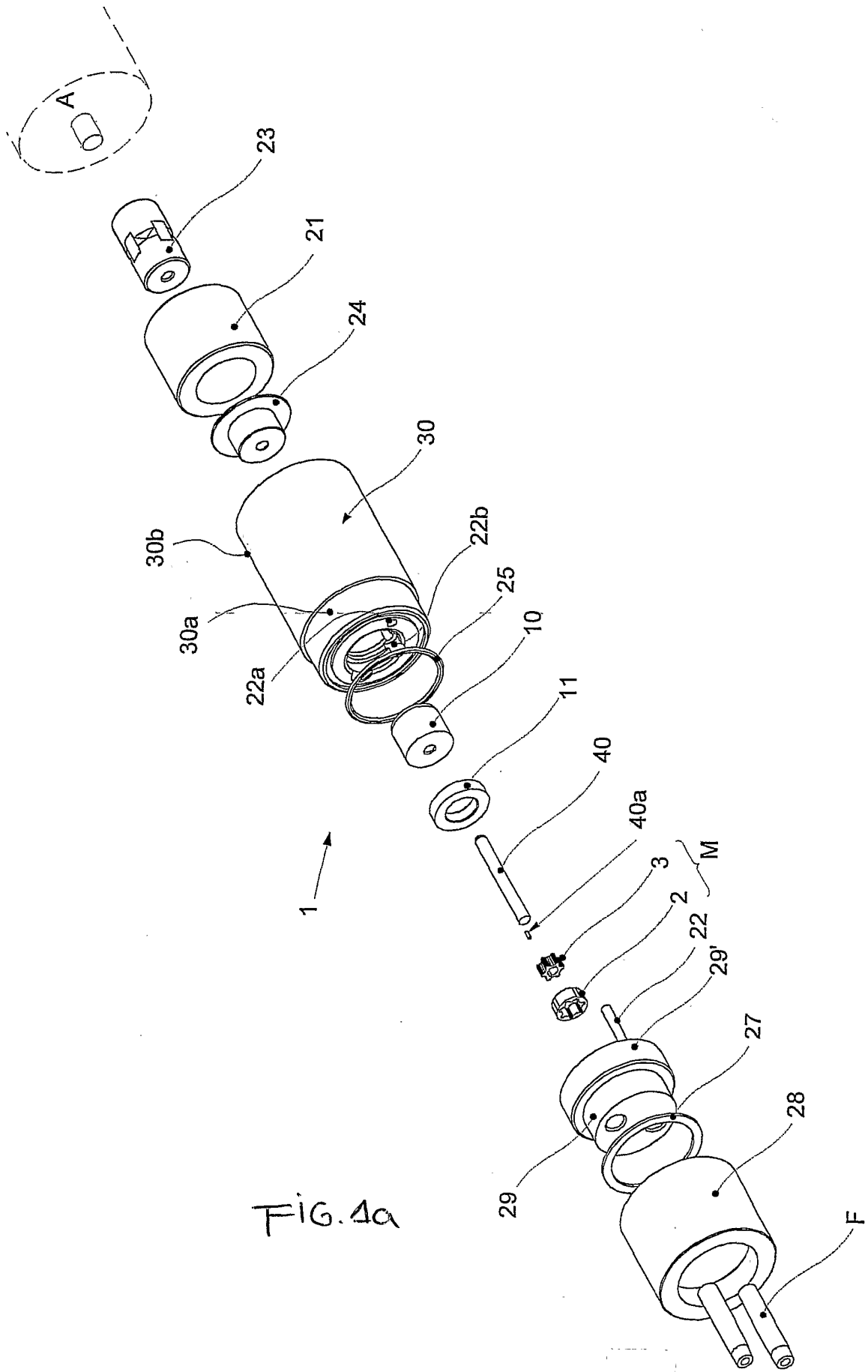


Fig. 1



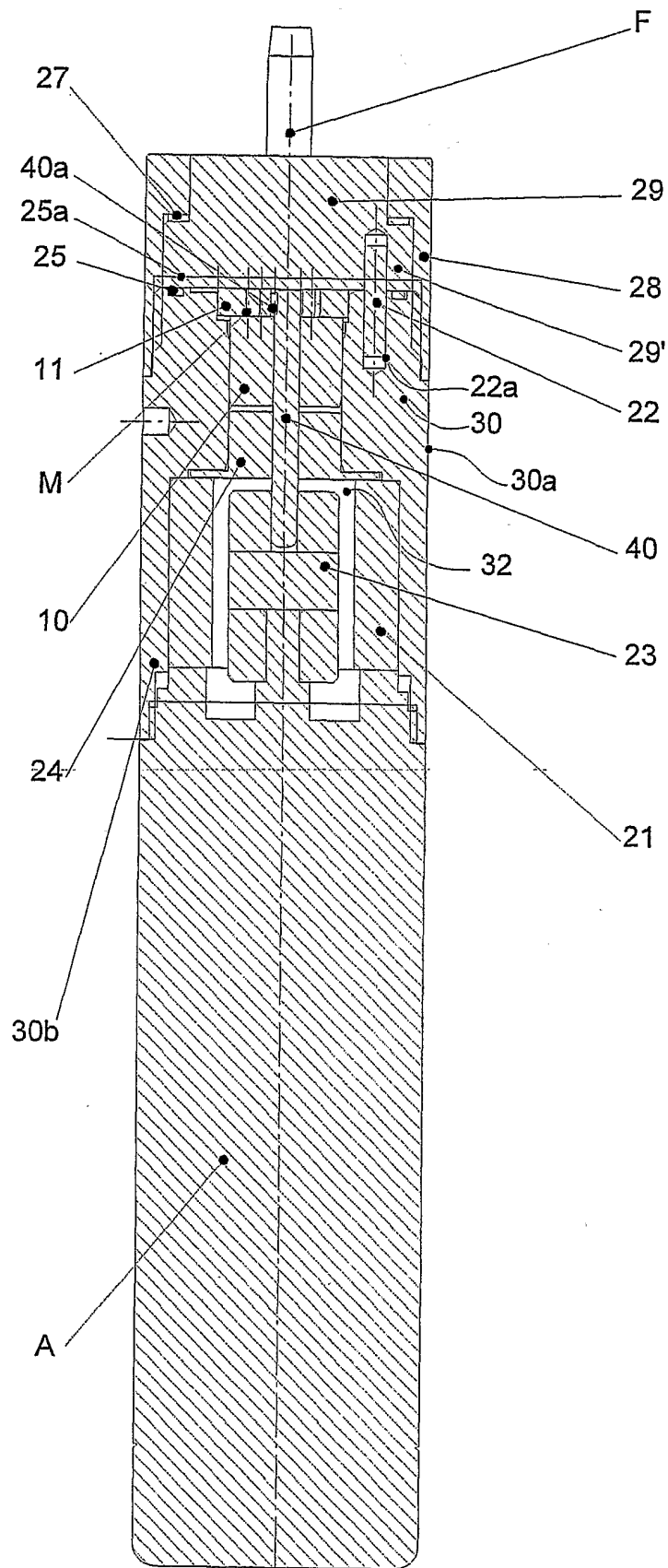


Fig. 2

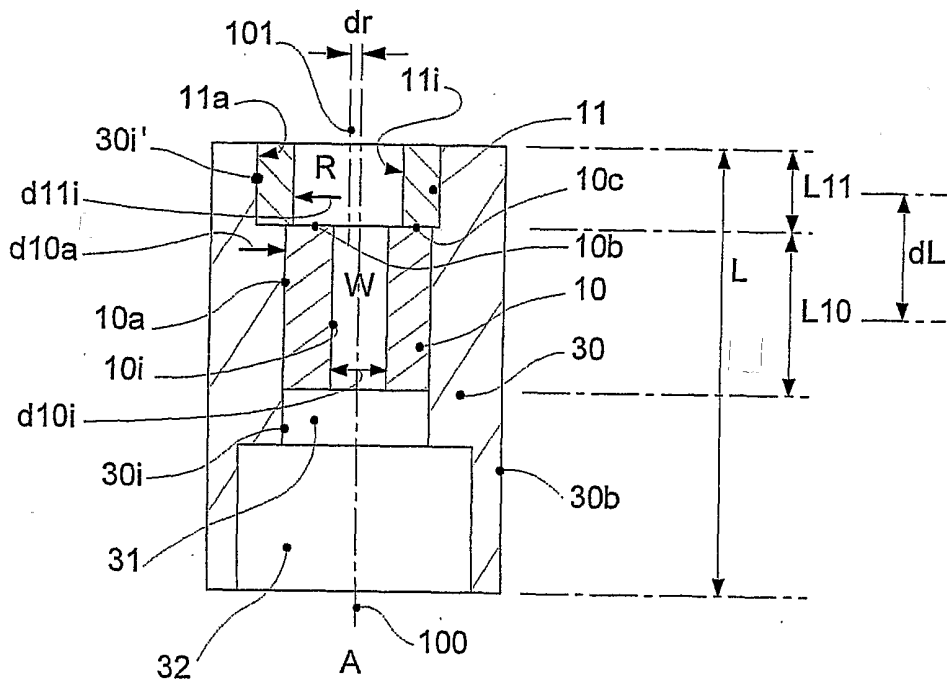


Fig. 3

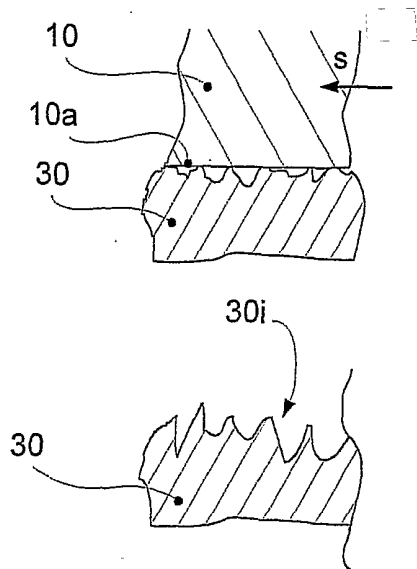


Fig. 3a

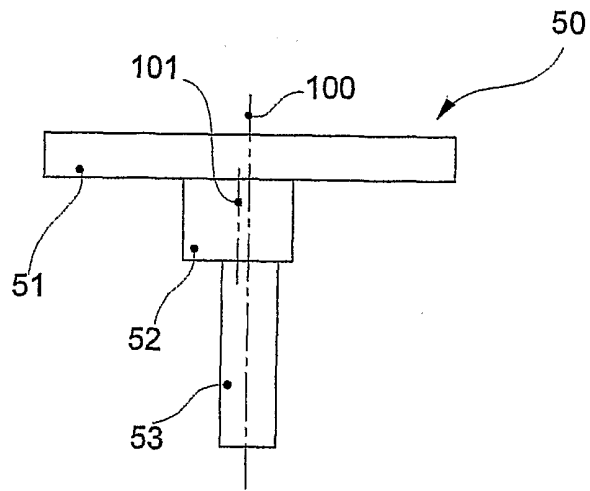


Fig. 4

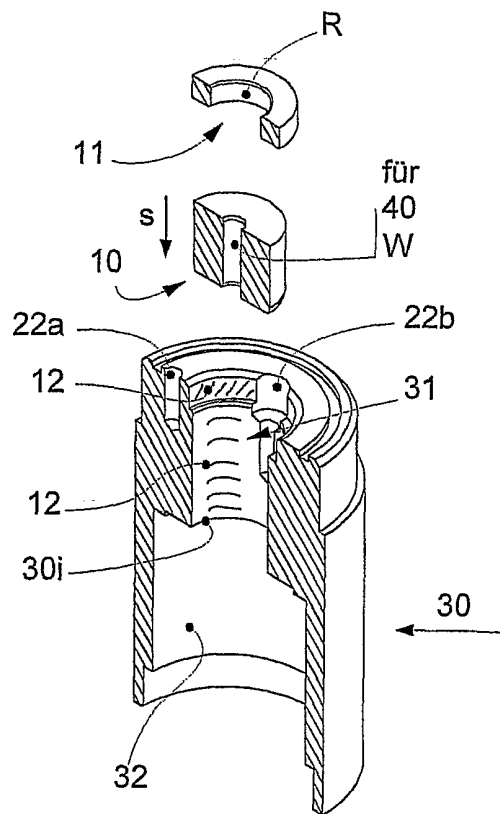


Fig. 5

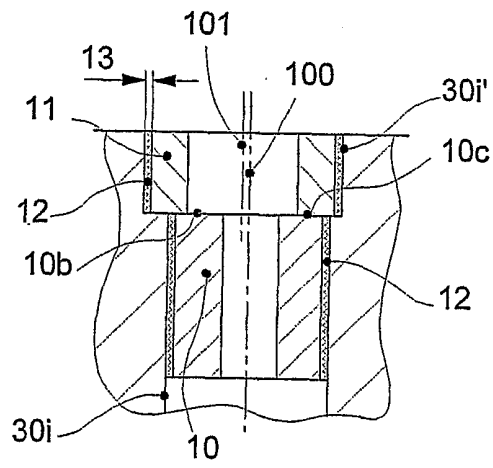


Fig. 6

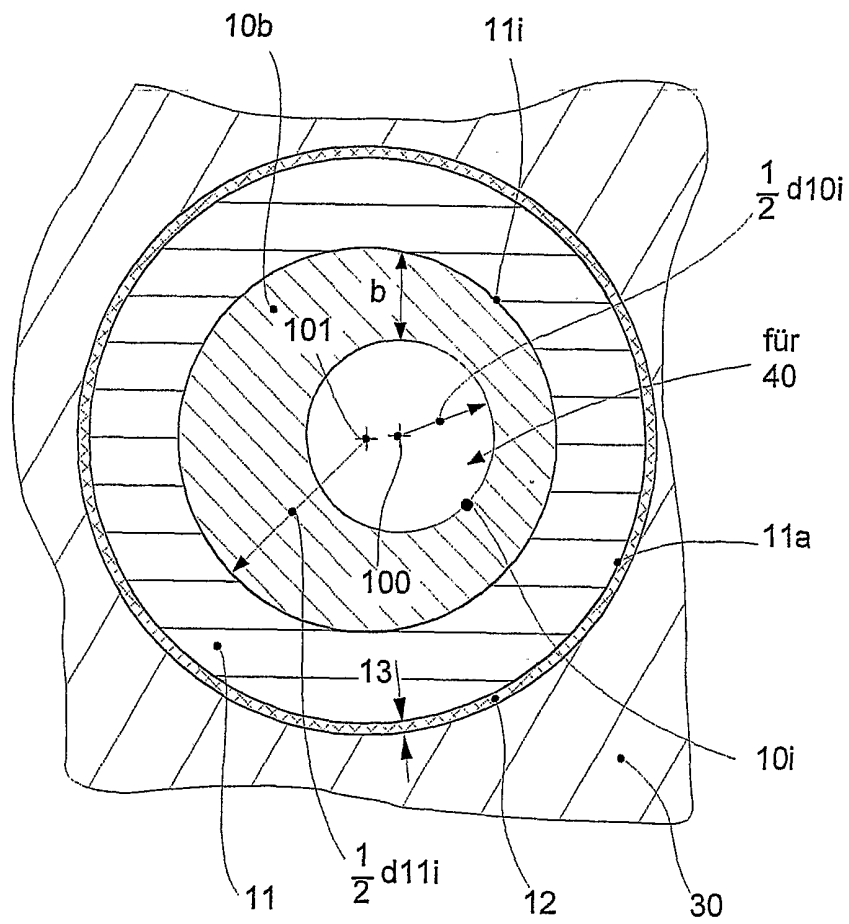


Fig. 7