

(10) **AT 519832 B1 2019-10-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50195/2018 (51) Int. Cl.: **B23B 29/02** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 08.03.2018 **B23B 41/12** (2006.01)  
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(30) Priorität:  
22.03.2017 DE 102017204858.1 beansprucht.

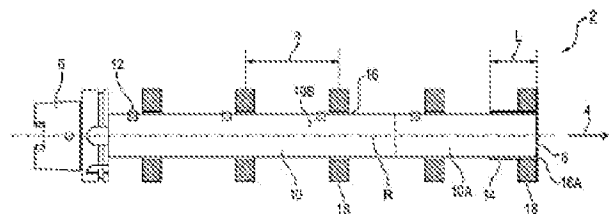
(73) Patentinhaber:  
KENNAMETAL INC.  
15650-0231 Latrobe (US)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2014195007 A1  
JP 2001121319 A  
DD 255679 A1  
US 5191864 A

(74) Vertreter:  
Puchberger & Partner Patentanwälte  
1010 Wien (AT)

(54) **Zerspanungswerkzeug, insbesondere Bohrstange, sowie Verfahren zur Bearbeitung einer Anzahl von Bohrungen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Zerspanungswerkzeug (2), umfassend einen Grundkörper (10), mit zumindest einem Schneidelement (12) sowie mit einer Anzahl Führungselementen (14), wobei der Grundkörper (10) in einen Funktionsbereich (19) und einen Exzenterbereich (20) unterteilt ist, wobei die Schneidelemente (12) sowie die Führungselemente (14) über einen Winkelbereich ( $\alpha$ ) kleiner  $180^\circ$  um den Umfang des Grundkörpers (10) herum verteilt angeordnet sind, wobei die Umfangsseite (22) des Grundkörpers (10) im Exzenterbereich (20) einen im Vergleich zum Führungsradius ( $r_1$ ) verringerten Abstand ( $d$ ) zur Rotationsachse (R) aufweist, wobei der Grundkörper (10) einen Basiskörper (34) sowie zumindest ein Wuchtelement (36) aufweist, welches innerhalb des Exzenterbereichs (20) positioniert und zum zumindest teilweisen Auswuchten einer ansonsten vorliegenden Unwucht ausgebildet ist und wobei zwischen dem Basiskörper (34) und dem Wuchtelement (36) eine Trennebene (T) ausgebildet ist, die parallel zu einer Mittenebene (M) orientiert ist, welche durch die Rotationsachse (R) und ein Schneideck (SE) des Schneidelements (12) bestimmt ist.



AT 519832 B1 2019-10-15

## Beschreibung

ZERSPANNUNGSWERKZEUG, INSBESONDERE BOHRSTANGE, SOWIE VERFAHREN ZUR BEARBEITUNG EINER ANZAHL VON BOHRUNGEN

### HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein rotierendes Zerspannungswerkzeug, insbesondere eine Bohrstange, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Bearbeitung einer Anzahl von Bohrungen, welche insbesondere in Axialrichtung voneinander um ein vorgegebenes Abstandsmaß beabstandet sind, mit Hilfe eines solchen Zerspannungswerkzeugs.

**[0002]** Eine derartige Bohrstange sowie ein derartiges Verfahren sind beispielsweise in der WO 2014/195007 A1 beschrieben.

**[0003]** Lagerwellen, beispielsweise Nocken- oder Kurbelwellen in Kraftfahrzeugen, sind üblicherweise an mehreren, axial voneinander beabstandeten Lagerstegen in Lagerrohungen, nachfolgend kurz als Bohrungen bezeichnet, gelagert. Die einzelnen Bohrungen werden dabei üblicherweise mit Hilfe einer sogenannten Reihenbohrstange auf ein Endmaß aufgebohrt. Diese weist in Axialrichtung um das jeweilige Abstandsmaß versetzt zueinander angeordnete Schneiden auf, die jeweils für die Bearbeitung einer jeweiligen Bohrung vorgesehen sind, so dass mittels einer solchen Reihenbohrstange mehrere der Bohrungen durch die in Axialrichtung voneinander beabstandeten Schneiden gleichzeitig bearbeitet werden können.

**[0004]** Dem Abstandsmaß der Bohrungen entsprechend sind daher an der Bohrstange Arbeitspositionen mit jeweils einer Schneide ausgebildet. Üblicherweise ist dabei jeweils pro Arbeitsposition nur eine Schneide ausgebildet.

**[0005]** Für den Bohrvorgang muss die Bohrstange geführt oder abgestützt werden. Eine unmittelbare Abstützung der Bohrstange im Bereich der jeweiligen Schneiden durch Führungselemente, wie dies beispielsweise bei Reibahlen bekannt ist, ist dabei nicht ohne Weiteres möglich, da die Bohrstange zunächst durch die rohen, noch zu bearbeitenden Bohrungen hindurch gesteckt werden muss.

**[0006]** Daher ist in der auf die Anmelderin zurückgehenden WO 2014/195007 eine Lösung zur Abstützung der Bohrstange beschrieben, also insbesondere eine alternativ ausgestaltete Bohrstange, mittels derer eine effiziente Bearbeitung von miteinander fluchtenden Bohrungen ermöglicht wird. Hierzu weist die Bohrstange einen Grundkörper mit einer Rotationsachse und mehrere in Axialrichtung zueinander beabstandete Schneidelemente sowie weiterhin zumindest ein Führungselement zum Führen des Grundkörpers in einer Führungsbohrung auf, wobei die Führungselemente zur Rotationsachse um einen Führungsradius beabstandet sind. Der Grundkörper ist weiter in einem Funktionsbereich und einem Exzenterbereich unterteilt, wobei die Schneidelemente sowie die Führungselemente über einen Winkelbereich kleiner  $180^\circ$  um den Grundkörper verteilt angeordnet sind. Weiterhin weist die Umfangsseite des Grundkörpers im Exzenterbereich einen im Vergleich zum Führungsradius verringerten Abstand zur Rotationsachse auf, so dass der Grundkörper exzentrisch durch eine jeweilige Bohrung durchführbar ist, deren unbearbeiteter Rohradius kleiner als der Führungsradius ist.

**[0007]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist zudem die Anordnung eines Wuchtelements vorgesehen, wobei das Wuchtelement einen Bestandteil des Grundkörpers bildet, welcher sich somit in einen Basiskörper und in das zumindest eine Wuchtelement unterteilen lässt. Mit jenem Wuchtelement wird dabei eine ansonsten vorhandene Unwucht zumindest teilweise ausgeglichen und ein besserer Rundlauf erreicht. Hierfür ist das Wuchtelement typischerweise aus einem anderen Material hergestellt als der Basiskörper, insbesondere einem Material mit einer höheren Dichte im Vergleich zum Material des Basiskörpers.

## AUFGABE DER ERFINDUNG

**[0008]** Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein vorteilhaft ausgestaltetes Zerspanungswerkzeug anzugeben und eine einfache Bearbeitung insbesondere von Werkstücken mit in Axialrichtung voneinander um ein vorgegebenes Abstandsmaß beabstandete Bohrungen zu ermöglichen.

## LÖSUNG DER AUFGABE

**[0009]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Zerspanungswerkzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Bevorzugte Weiterbildungen sind jeweils in den Unteransprüchen niedergelegt. Die im Hinblick auf das Zerspanungswerkzeug angeführten Vorteile und bevorzugten Ausgestaltungen sind sinngemäß auch auf das Verfahren zu übertragen und umgekehrt.

**[0010]** Ausgangspunkt für die Erfindung ist hierbei ein Zerspanungswerkzeug gemäß der eingangs genannten WO 2014/195007 mit einem Basiskörper und mit einem Wuchtelement, wobei, wie bereits zuvor erwähnt, das Wuchtelement und der Basiskörper typischerweise aus unterschiedlichen Werkstoffen oder Materialien hergestellt sind und wobei das Wuchtelement typischerweise aus einem Werkstoff mit höherer Dichte hergestellt ist als der Basiskörper.

**[0011]** Das erfindungsgemäße Zerspanungswerkzeug ist hierbei derart ausgestaltet, dass dieses sehr spezielle, konstruktiv vorgegebene Verformungseigenschaften aufweist. Durch die nachfolgend beschriebene spezielle Gestaltung des Wuchtelements und des Basiskörpers wird dabei dafür gesorgt, dass die bei einem Einsatz des hier vorgestellten Zerspanungswerkzeugs auftretende Verformung dazu führt, dass ein Schneideck einer Schneide des Zerspanungswerkzeugs im Querschnitt gesehen im Wesentlichen in eine Richtung senkrecht zu einer Mittelebene wandert. Somit wird insbesondere dafür gesorgt, dass das entsprechende Schneideck nicht parallel zur Mittelebene und, vom Schneideck aus gesehen, insbesondere nicht radial nach innen in Richtung der Rotationsachse wandert. Es wird somit quasi eine definierte Verformungs-Richtung vorgegeben, die sich insbesondere auch günstig auf die Präzision des Zerspanungswerkzeugs auswirkt.

**[0012]** Das Zerspanungswerkzeug ist hierbei insbesondere als Bohrstange ausgestaltet und umfasst einen sich in Axialrichtung erstreckenden Grundkörper mit einer parallel zur Axialrichtung verlaufenden Rotationsachse, mit zumindest einem Schneidelement sowie mit einer Anzahl Führungselementen zum Führen des Grundkörpers in einer Führungsbohrung. Dabei sind die Führungselemente zur Rotationsachse um einen Führungsradius beabstandet und der Grundkörper ist im Querschnitt betrachtet in einen Funktionsbereich und einen Exzenterbereich unterteilt. Weiter sind die Schneidelemente sowie die Führungselemente über einen Winkelbereich  $<180^\circ$  um den Umfang des Grundkörpers verteilt angeordnet und die Umfangsseite des Grundkörpers weist im Exzenterbereich einen im Vergleich zum Führungsradius verringerten Abstand zur Rotationsachse auf. Zudem weist der Grundkörper den zuvor genannten Basiskörper sowie das zumindest eine Wuchtelement auf, welches innerhalb des Exzenterbereichs positioniert und zum zumindest teilweisen Auswuchten einer ansonsten vorliegenden Unwucht ausgebildet ist. Hierbei ist das Zerspanungswerkzeug zur Vorgabe der gewünschten Verformungs-Richtung derart gestaltet, dass zwischen dem Basiskörper und dem Wuchtelement eine Trennebene ausgebildet ist, die zumindest im Wesentlichen parallel zu der zuvor genannten Mittelebene orientiert ist, welche durch die Rotationsachse und das zuvor erwähnte Schneideck eines Schneidelements, also des zumindest einen Schneidelements, bestimmt ist.

**[0013]** Unter zumindest im Wesentlichen parallel wird hierbei ein Toleranzbereich von bis zu  $\pm 10^\circ$  und bevorzugt von lediglich bis zu  $\pm 5^\circ$  Verkippung gegenüber einer exakt parallelen Ausrichtung verstanden. Weiter bevorzugt ist die Trennebene exakt parallel ausgerichtet.

**[0014]** Jene Trennebene ist dabei im Allgemeinen eine gedachte Ebene, die die beiden geometrischen Körper, also den Basiskörper und das Wuchtelement, voneinander trennt und an der diese beiden Körper miteinander verbunden sind. Die Trennebene ist hierbei typischerweise

durch die Kontaktfläche bestimmt, mit der das Wuchtelement am Basiskörper anliegt und über die das Wuchtelement am Basiskörper beispielsweise durch eine Verklebung befestigt ist. Während die Trennebene jedoch stets eine Ebene im mathematischen Sinne bildet, ist die Kontaktfläche je nach Ausgestaltung des Zerspanungswerkzeugs nicht zwingend durch eine mathematische Ebene ausgebildet, sondern beispielsweise durch eine strukturierte Oberfläche, welche beispielsweise Rillen, ein Wellenprofil oder eine andere Geometrie zum Zwecke einer Verzahnung und/oder zur besseren Fixierung und/oder zugunsten einer leichteren Positionierung beim Zusammenbau aufweist.

**[0015]** Das Schneideck oder Schneideneck wiederum ist in der Regel durch eine Ecke einer Schneide eines Schneidelements des Zerspanungswerkzeugs ausgebildet. Im weiteren Sinne bildet jedoch ein vorgegebener Punkt, insbesondere ein markanter Punkt, entlang einer entsprechenden Schneide das Schneideck oder Schneideneck aus. Bevorzugt entspricht das Schneideck hierbei dem radial äußersten Punkt der Schneide.

**[0016]** Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn das Zerspanungswerkzeug zumindest zwei oder genau zwei Führungselemente aufweist und derart ausgestaltet ist, dass im Querschnitt gesehen eine (Flächen-) Normale zur Trennebene oder zur Mittenebene, die durch die Rotationsachse verläuft, eine Winkelhalbierende des Winkels zwischen den Positionen der beiden Führungselemente bildet. Auf diese Weise wird unter anderem eine zuverlässige konzentrische Abstützung des Zerspanungswerkzeugs erreicht. Die Ausgestaltung der Führungselemente, also insbesondere die geometrische Gestaltung und die relative Positionierung zum Basiskörper entspricht dabei bevorzugt einer der in der WO 2014/195007 beschriebenen Ausführungsvarianten. Dies gilt in analoger Weise auch für das zumindest eine Schneidelement, für das Wuchtelement, für den Basiskörper und/oder für den gesamten Grundkörper.

**[0017]** So ist unter Anderem eine Ausgestaltung des Zerspanungswerkzeugs bevorzugt, bei der das Wuchtelement umfangsseitig mit dem Basiskörper fluchtet. Wuchtelement und Basiskörper gehen daher in Umfangsrichtung betrachtet bevorzugt knick- und absatzfrei ineinander über. An der Übergangsstelle weisen daher das Wuchtelement und der Basiskörper bevorzugt den gleichen Radius auf. Die maximale Ausdehnung des Wuchtelements in radialer Richtung entspricht dabei vorzugsweise dem maximalen Radius des Exzenterbereichs.

**[0018]** In bevorzugter Ausgestaltung ist das Wuchtelement insgesamt als ein - im Querschnitt betrachtet - Kreissegment ausgebildet. Korrespondierend hierzu ist auch der Basiskörper als ein Kreissegment ausgebildet. Das Wuchtelement ist dabei insbesondere innerhalb des Exzenterbereichs ausgebildet. Wuchtelement und Basiskörper sind daher an jeweils einander abgeflachten Flachseiten miteinander verbunden. Hierdurch ist eine großflächige Befestigung des Wuchtelements am Basiskörper ermöglicht. Das durch das Wuchtelement definierte Kreissegment ist dabei üblicherweise kleiner als das des Basiskörpers. Der Basiskörper weist im Querschnitt betrachtet dabei beispielsweise 60% bis 80% der Gesamtquerschnittsfläche des Grundkörpers auf. Das Wuchtelement nimmt die verbleibenden Flächenanteile ein.

**[0019]** Um das gewünschte Auswuchten der Unwucht zu erzielen besteht das Wuchtelement und der Basiskörper bevorzugt aus verschiedenen Materialien, die sich im Hinblick auf ihre Dichte unterscheiden. Insbesondere besteht das Wuchtelement dabei aus einem schwereren Werkstoff als der Basiskörper. Hierdurch werden daher die im Exzenterbereich fehlenden Querschnitts-Flächenbereiche durch die höhere Dichte im Hinblick auf die Masseverteilung zumindest weitgehend kompensiert. Bei dem Material für das Wuchtelement handelt es sich vorzugsweise um Schwermetall. Demgegenüber besteht der Basiskörper vorzugsweise aus einem leichteren Material, insbesondere einem Werkzeugstahl.

**[0020]** In bevorzugter Weiterbildung wird durch die Anordnung des Wuchtelements weiterhin ein Energieabsorptionselement geschaffen, welches zur Dämpfung von Schwingungsenergie ausgebildet ist. Durch die Bereitstellung des separaten Wuchtelements ist daher eine zusätzliche Möglichkeit geschaffen, ein Dämpfungselement bereitzustellen, so dass Schwingungsenergie absorbiert wird und infolgedessen ein Aufschwingen verhindert oder zumindest reduziert wird. Die Ausbildung zum Energieabsorptionselement kann dabei beispielsweise durch eine

spezielle Ausgestaltung des Wuchtelements selbst erreicht werden. Schwingungsdämpfend wirkt beispielsweise die spezielle Materialwahl für das Wuchtelement, da dieses aus einem schwereren Werkstoff besteht. Ein solcher ist grundsätzlich von Vorteil für einen schwingungsarmen Rundlauf.

**[0021]** In zweckdienlicher Ausgestaltung ist das Wuchtelement insbesondere zum Zweck der Ausbildung des Energieabsorptionselements mit dem Basiskörper verklebt. Zum einen wird durch das Verkleben eine zuverlässige Befestigung erzielt. Ergänzend wird dadurch der besondere Vorteil erzielt, dass durch den Kleber, welcher eine gewisse Elastizität aufweist, die Bewegungsenergie beispielsweise bei Biege- oder Torsionsschwingungen in innere Reibungswärme umgewandelt wird, wodurch also die Schwingungsenergie gedämpft ist.

**[0022]** Außerdem ist eine Ausgestaltung des Zerspanungswerkzeugs vorgesehen, bei der der Basiskörper oder der Grundkörper in Axialrichtung in zumindest zwei miteinander reversible verbindbare Teile unterteilt ist und wobei vorzugsweise jedes der Teile zumindest ein Schneidelement und/oder ein Führungselement aufweist.

**[0023]** Bei dem Zerspanungswerkzeug handelt es sich, genau wie im Falle der WO 2014/195007, insbesondere um eine Bohrstange mit mehreren in Axialrichtung zueinander beabstandeten Schneiden oder Schneidelementen, also beispielsweise um eine Bohrstange oder Reihenbohrstange der eingangs beschriebenen Art. Das hier beschriebene erfinderische Prinzip lässt sich jedoch auch auf weitere rotierende Zerspanungswerkzeuge mit beispielsweise nur einer axialen Schneidenposition übertragen. So ist das Zerspanungswerkzeug alternativ beispielsweise als ein sogenanntes Führungsleisten-Werkzeug ausgebildet, bei dem zumindest ein Führungselement sowie ein Schneidelement auf einem zumindest annähernd gleichen Schneidenradius und Führungsradius liegen oder das Zerspanungswerkzeug ist als eine Einschneiden-Reibahle ausgebildet. Die Erfindung wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit nachfolgend im Zusammenhang mit einer Bohrstange weiter erläutert.

**[0024]** Die Bohrstange dient hierbei allgemein zur Bearbeitung von Bohrungen, die in einer Axialrichtung voneinander um ein vorgegebenes Abstandsmaß beabstandet sind und dementsprechend sind bevorzugt dem Abstandsmaß der Bohrungen entsprechend an der Bohrstange eine Anzahl von Arbeitspositionen mit jeweils einer Schneide ausgebildet. Üblicherweise ist dabei jeweils pro Arbeitsposition nur eine Schneide ausgebildet, wobei typischerweise jede dieser Schneiden durch ein separates Schneidelement ausgebildet ist. Die Bohrungen sind dabei typischerweise um mehrere Zentimeter voneinander beabstandet und die Gesamtlänge der Bohrstange beträgt üblicherweise mehrere 10 cm, beispielsweise bis zu 50 cm oder auch mehr.

**[0025]** Die Bohrstange weist weiter einen sich in Axialrichtung erstreckenden Grundkörper mit einer parallel zur Axialrichtung verlaufenden Rotationsachse auf, um die er im Betrieb beim eigentlichen Bohrvorgang mit Hilfe beispielsweise einer Werkzeugspindel dreht. Am Grundkörper sind, wie bereits erwähnt, typischerweise mehrere in Axialrichtung zueinander versetzte Arbeitsposition mit jeweils einem Schneidelement oder Schneidkörper ausgebildet. Ergänzend ist weiterhin zumindest eine Führungsposition am Grundkörper mit zumindest einem, vorzugsweise jedoch zwei Führungselementen ausgebildet. An der Führungsposition stützt sich dann beim Bearbeitungsvorgang die Bohrstange in einer Führungsbohrung über die Führungselemente ab.

**[0026]** Sowohl die Schneidelemente als auch die Führungselemente sind dabei üblicherweise als separate Körper am Grundkörper befestigt. Die Führungselemente sind typischerweise als Führungsleisten ausgebildet. Bei einem entsprechenden Schneidkörper handelt es sich üblicherweise um einen Schneideinsatz aus einem Hartmetall, aus Bornitrid oder einem anderen gängigen Schneidstoff, welcher beispielsweise am Grundkörper angeschraubt ist. Die Führungsleisten sind typischerweise ebenfalls aus einem solchen Material gefertigt und beispielsweise als eingeklebte oder eingelötete Hartmetall-Leisten ausgebildet. Alternativ zu separaten Führungselementen ist das zumindest eine Führungselement durch den Grundkörper selbst ausgebildet, wobei in einem solchen Fall beispielsweise die Umfangsseite des Grundkörpers

das Führungselement bildet. Die Führungselemente liegen dabei in Bezug zur Rotationsachse auf einem Führungsradius und die Schneidelemente liegen in Bezug zur Rotationsachse auf einem Schneidenradius. Der Führungsradius und der Schneidenradius sind hierbei typischerweise gleich groß oder näherungsweise gleich groß.

**[0027]** Der Grundkörper ist nunmehr unterteilt in einen die Funktionselemente, also insbesondere die Führungselemente sowie die Schneidelemente, aufweisenden Funktionsbereich sowie einen Exzenterbereich, wobei der Funktionsbereich und damit die Funktionselemente sich lediglich über einen Winkelbereich kleiner  $180^\circ$  erstrecken. Gleichzeitig weist eine Umfangsseite des Grundkörpers im gegenüberliegenden Exzenterbereich einen im Vergleich zum Führungsradius verringerten Abstand zur Rotationsachse auf.

**[0028]** Durch diesen insofern etwas eingezogenen Grundkörper im Exzenterbereich in Verbindung mit der Anordnung der Funktionselemente nur auf einer Hälfte des Grundkörpers besteht daher die Möglichkeit, die Bohrstange insgesamt exzentrisch, also radial bzgl. der Rotationsachse versetzt, durch die jeweiligen Bohrungen durchzuführen, wobei deren Bohrradius kleiner dem Führungsradius ist. Gleichzeitig ist jedoch beim eigentlichen Bohrvorgang ein unmittelbares Abstützen der Bohrstange an der Arbeitsposition, also unmittelbar im Bereich der Schneide gewährleistet.

**[0029]** Diese Ausgestaltung beruht hierbei auf der Überlegung, dass eine zuverlässige konzentrische Abstützung der Bohrstange bereits dann erreicht ist, wenn die Führungselemente die Bohrstange zuverlässig innerhalb eines Umfangsbereichs abstützen, in den die Bohrstange aufgrund der beim Bohrvorgang auftretenden Schneidkräfte abgedrängt wird. Unter konzentrische Abstützung wird hierbei verstanden, dass die Rotationsachse mit der Bohrlochachse zusammenfällt. Durch die nur auf einer Seite angeordneten Funktionselemente kann auf der gegenüberliegenden „freien“ Umfangsseite ein Ausweichraum geschaffen werden, so dass eine geeignete exzentrische Einführung der Bohrstange in die Bohrungen ermöglicht ist und anschließend der eigentliche parallele Bearbeitungsvorgang von mehreren Lagerbohrungen mit guter Abstützung erfolgen kann.

**[0030]** Dieses grundlegende Prinzip, bei der alle Funktionselemente des Zerspanungswerkzeugs, die quasi eine Störkontur bilden, also die Schneidelemente sowie die Führungselemente, in einem Winkelbereich kleiner  $180^\circ$  liegen, kombiniert mit der speziellen Ausbildung des im Exzenterbereich quasi abgeflachten Grundkörpers ermöglicht daher grundsätzlich ein exzentrisches Einfahren aber auch ein Ausfahren aus einer Bohrung und gleichzeitig ein zentrisches Bearbeiten der Bohrung. Das exzentrische Ausfahren vermeidet ein Beschädigen der bearbeiteten Bohrungsoberfläche beim Zurückziehen des Zerspanungswerkzeuges aus der Bohrung. Insofern ist dieses grundlegende erfinderische Prinzip auch bei Führungsleisten-Werkzeugen von Vorteil, bei denen keine axial versetzten Schneidelemente angeordnet sind.

**[0031]** Vorzugsweise verläuft dabei die Umfangsseite des Grundkörpers im Exzenterbereich entlang einer Bogenlinie, insbesondere entlang einer Kreisbogenlinie. Der Mittelpunkt dieser Bogenlinie ist dabei auf einer Einfahrachse angeordnet, die exzentrisch zur Rotationsachse angeordnet ist. Sie ist insbesondere bzgl. der Rotationsachse in den Funktionsbereich hinein verschoben. Durch die insbesondere kreisbogenartige Ausgestaltung wird daher - im Querschnitt bzw. in Aufsicht betrachtet - der Exzenterbereich durch einen Halbkreis gebildet, der zur Ausbildung des erforderlichen Freiraums mit seinem Mittelpunkt in den Funktionsbereich hinein versetzt ist. Anstelle einer Kreisbogenlinie besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit einer anderen Konturgebung, insbesondere beispielsweise eine elliptische Umfangskontur im Exzenterbereich.

**[0032]** In zweckdienlicher Ausgestaltung verläuft die Umfangsseite des Grundkörpers im Funktionsbereich ebenfalls entlang einer (Kreis-) Bogenlinie. Der Verlauf der Umfangsseite des Grundkörpers lässt sich daher in dieser speziellen Ausführungsvariante durch zwei Kreisbogenlinien annähern, deren Mittelpunkte jeweils in Richtung zum anderen Bereich versetzt sind.

**[0033]** Gemäß einer ersten Ausführungsvariante sind die Führungselemente von den Schnei-

delementen in Axialrichtung beabstandet und insbesondere an einer freien Stirnseite angeordnet, ohne dass an der axialen Position der Führungselemente ein Schneidelement angeordnet ist. Bei dieser Variante wird die Bohrstange zunächst durch die Bohrungen exzentrisch eingefahren, bis die Führungsposition mit den Führungselementen in eine vorzugsweise vorab auf Endmaß bearbeitete Führungsbohrung eingeführt wird. Anschließend werden die weiteren Bohrungen mit den Schneidelementen bearbeitet. Bei dieser Ausführungsform sind die einzelnen Arbeitspositionen und damit die einzelnen Schneidelemente vorzugsweise jeweils äquidistant um das gleiche Abstandsmaß zueinander in Axialrichtung versetzt, wie es durch das Abstandsmaß der Bohrungen vorgegeben ist. Dadurch wird eine parallele, gleichzeitige Bearbeitung der einzelnen Lagerbohrungen gewährleistet.

**[0034]** In einer bevorzugten alternativen Ausgestaltung sind die Führungselemente an einer gleichen axialen Position wie eines der Schneidelemente angeordnet, sodass Arbeitsposition und Führungsposition zusammenfallen und eine kombinierte Führungsarbeitsposition an der Bohrstange ausbilden. Das Schneidelement der Führungsarbeitsposition, genauer seine Schneide, ist gegenüber den Schneiden der weiteren Arbeitspositionen bzgl. des vorgegebenen Abstandsmaßes in Axialrichtung vorlaufend angeordnet. Hierdurch wird ein zweistufiges Bearbeitungsverfahren ermöglicht, bei dem in einer ersten Bearbeitungsstufe zunächst die Schneide der Führungsarbeitsposition eine Lagerbohrung zu einer Führungsbohrung bearbeitet. Die Führung und Abstützung der Bohrstange erfolgt dabei an der zu bearbeitenden Bohrung mit Hilfe der Führungselemente, die hierzu auf gleicher axialer Position wie das Schneidelement oder geringfügig nach hinten versetzt zum Schneidelement angeordnet sind, wie diese bei Bearbeitungsvorgängen mit Einschneiden-Reibahlen üblich ist. Anschließend werden in einer zweiten Bearbeitungsstufe die weiteren Bohrungen mit den weiteren Schneidelementen gleichzeitig bearbeitet, während die Bohrstange über die Führungselemente in der ausgebildeten Führungsbohrung abgestützt wird. Dadurch ist ein separates Bearbeiten der Führungsbohrung nicht mehr erforderlich und es wird ein Arbeitsschritt eingespart.

**[0035]** Zweckdienlicherweise ist hierbei vorgesehen, dass die Führungselemente sich über eine axiale Länge erstrecken, die derart bemessen ist, dass sie den Grundkörper solange in der Führungsbohrung abstützen, solange die weiteren Bohrungen bearbeitet werden. Beim Bearbeitungsvorgang wird daher zunächst die Führungsbohrung ausgebildet, bevor die Schneiden der weiteren Arbeitsposition in Eingriff mit den ihnen zugeordneten Bohrungen gelangen. Bei der Bearbeitung dieser weiteren Bohrungen wird der Grundkörper in der Führungsbohrung über die langgestreckten Führungselemente abgestützt.

**[0036]** Bevorzugt ist die Führungsarbeitsposition in einem mittleren Bereich des Grundkörpers ausgebildet. Insbesondere bei sehr weiten Auskraglängen der Bohrstange wird dadurch eine mittige Unterstützung und damit eine gute konzentrische Führung bei der Bearbeitung der Führungsbohrung erreicht.

**[0037]** Aufgrund der Ausbildung des Exzenterbereichs weist der Grundkörper im Querschnitt betrachtet keine Kreisgeometrie auf, was bei einer Rotation um die Rotationsachse prinzipiell zu einer Unwucht führen würde. Um diese Unwucht zumindest zu reduzieren, ist jedoch, wie bereits erwähnt, die Anordnung des Wuchtelements vorgesehen. Dieses Wuchtelement bildet dabei einen Bestandteil des Grundkörpers, welcher sich also unterteilen lässt in einen Basiskörper und in das zumindest eine Wuchtelement. Dadurch wird also die prinzipbedingte Unwucht zumindest teilweise ausgeglichen und eine bessere Laufruhe erreicht.

**[0038]** Grundsätzlich besteht dabei auch die Möglichkeit, ein Mittelteil des Zerspanungswerkzeugs über zwei Trennstellen austauschbar anzuordnen.

**[0039]** Gemäß einer weiteren alternativen Ausgestaltungsvariante des Zerspanungswerkzeugs weist dieses einen Basiskörper auf, der sich ausgehend von einer Kupplung bis zu einer Stirnseite an einem Freiende in Axialrichtung erstreckt, sowie ein Wuchtelement, welches sich nur über einen Teilbereich des Basiskörpers in Axialrichtung erstreckt und insbesondere beabstandet von der Stirnseite endet. Somit ist das Freiende des Zerspanungswerkzeugs, also der sich an die Stirnseite entgegen der Axialrichtung anschließende Abschnitt des Zerspanungs-

werkzeugs, frei von Auswuchtmasse und infolgedessen liegt der lokale Masseschwerpunkt des Zerspanungswerkzeugs im Bereich des Freientes versetzt zur Rotationsachse des Zerspanungswerkzeugs. Auf den entsprechenden lokalen Masseschwerpunkt wirkt dann bei einem Einsatz des Zerspanungswerkzeugs eine Fliehkraft und in der Folge verbiegt sich das Zerspanungswerkzeug, wobei das Freiente ausgehend von der Rotationsachse radial nach außen gebogen und damit gegebenenfalls gegen eine Bohrungswand gepresst wird. Auf diese Weise wird daher gezielt eine Art Vorspannung für das Zerspanungswerkzeug realisiert. Dies führt schließlich zu dem eigentlichen Ziel, nämlich einer sehr sicheren Lagerung des Werkzeugs, also des Zerspanungswerkzeugs, in der aufnehmenden Bohrung, d.h. das Abheben des Werkzeugs von der Bohrungswand wird verhindert, was wiederum zu der extremen robusten und genauen Arbeitsweise des Werkzeugsystems beiträgt. Gleichzeitig bleibt die hohe Wuchtgüte in dem nicht direkt abgestützten Bereich des Werkzeugs erhalten.

**[0040]** Das hierbei zugrundeliegende Konzept wird dabei als eigenständiger erfinderischer Ansatz angesehen und das Einreichen einer darauf gerichteten Anmeldung bleibt hiermit ausdrücklich vorbehalten. Der Ansatz ist zudem prinzipiell unabhängig von der Ausrichtung der Trennebene zwischen dem Basiskörper und dem Wuchtelement und lässt sich daher auch auf Ausführungen des Zerspanungswerkzeugs übertragen, die in der auf die Anmelderin zurückgehenden WO 2014/195007 beschrieben sind.

**[0041]** Vorteilhafterweise ist das Wuchtelement hierbei unlösbar mit dem Basiskörper verbunden und dazu beispielsweise mit dem Basiskörper verklebt.

**[0042]** Das von Auswuchtmasse freie Freiente des Zerspanungswerkzeugs erstreckt sich in den meisten Anwendungsfällen dabei über eine Ausdehnung in Axialrichtung, die bevorzugt zumindest 5 %, weiter bevorzugt zumindest 10 % und insbesondere zumindest 20 % der gesamten Ausdehnung des Basiskörpers in Axialrichtung entspricht.

**[0043]** Typischerweise erstreckt sich das von Auswuchtmasse freie Freiente des Zerspanungswerkzeugs hierbei außerdem über eine Ausdehnung in Axialrichtung, die bevorzugt maximal 50 %, weiter bevorzugt maximal 30 % und insbesondere maximal 20 % der gesamten Ausdehnung des Basiskörpers in Axialrichtung entspricht.

**[0044]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung erstreckt sich das Wuchtelement zwar wiederum in etwa über die gesamte Länge des Basiskörpers in Axialrichtung, jedoch ist dieses Wuchtelement zweiteilig ausgestaltet, wobei sich ein erster Teil oder erster Teilabschnitt ausgehend von der Kupplung in Axialrichtung bis hin zum Freiente der Bohrstange erstreckt und wobei sich der zweite Teil oder der zweite Teilabschnitt über das Freiente hinweg erstreckt und an der Stirnseite endet. Der erste Teilabschnitt ist dabei bevorzugt unlösbar mit dem Basiskörper verbunden und beispielsweise mit diesem verklebt. Der zweite am Freiente angeordnete Teilabschnitt ist dagegen lösbar mit dem Basiskörper verbunden, also zum Beispiel mit diesem verschraubt. Somit lässt sich der zweite Teilabschnitt des Wuchtelements jederzeit bei Bedarf entfernen und das Freiente von Auswuchtmasse befreien.

**[0045]** Die bevorzugten Ausdehnungen in Axialrichtung des zweiten am Freiente angeordneten Teilabschnitts des Wuchtelements entsprechen dabei vorzugsweise den zuvor genannten Ausdehnungen in Axialrichtung des von Auswuchtmasse freien Freientes des Zerspanungswerkzeugs.

**[0046]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert.

## BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0047]** Diese zeigen jeweils in vereinfachten, schematisierten Darstellungen:

**[0048]** FIG 1A,B eine Bohrstange, die in mehrere voneinander beabstandete Bohrungen eingeführt ist in einer teilweise geschnittenen Seitendarstellung zu Beginn und zum Ende eines Bearbeitungsvorgangs,

- [0049] FIG 2 eine Stirnansicht auf die Bohrstange,
- [0050] FIG 3 eine Stirnansicht auf eine zu bearbeitende Bohrung mit darin einliegender Bohrstange beim exzentrischen Einfahren der Bohrstange in die Bohrungen,
- [0051] FIG 4 eine Darstellung ähnlich FIG 3, wobei hier jedoch die Bohrstange in eine zentrische Bearbeitungsposition verschoben ist, bei der der eigentliche Bohrvorgang erfolgt,
- [0052] FIG 5A-C Darstellungen einer in Bohrungen eingeführten Bohrstange gemäß einer zweiten Ausführungsvariante, zur Verdeutlichung eines zweistufigen Bearbeitungsvorgangs, wobei FIG 5A eine Position der Bohrstange vor der Bearbeitung einer Bohrung zur Führungsbohrung, FIG 5B eine Zwischenposition vor Beginn der Bearbeitung der weiteren Bohrungen und FIG 5C eine Endposition nach dem Bearbeiten der Bohrungen zeigt,
- [0053] FIG 6 eine zu FIG 2 vergleichbare Darstellung einer weiteren Ausführungsvariante mit einem Wuchtelement,
- [0054] FIG 7 eine alternative Ausführungsvariante der Bohrstange mit Wuchtelement in einer teilweise geschnittenen Seitendarstellung sowie
- [0055] FIG 8 eine zweite alternative Ausführungsvariante der Bohrstange mit Wuchtelement in einer teilweise geschnittenen Seitendarstellung.
- [0056] In den Figuren sind gleichwirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

#### BESCHREIBUNG DES AUSFÜHRUNGSBEISPIELS

[0057] Gemäß der beiden aus den FIG 1A, 1B bzw. FIG 5A, 5B, 5C zu entnehmenden Ausführungsvarianten erstreckt sich eine auch als Reihenbohrstange ausgebildete Bohrstange 2 in Axialrichtung 4 von einer rückseitigen Kupplung 6 zu einer vorderen Stirnseite 8. Anschließend an die Kupplung 6 weist die Bohrstange 2 einen stabförmigen Grundkörper 10 auf, an dem axial voneinander beabstandet Schneidelemente 12 an einer jeweiligen Arbeitsposition am Grundkörper 10 befestigt sind. Alle Schneidelemente 12 sind dabei am Grundkörper 10 an der gleichen Winkelposition angeordnet, liegen daher auf einer Linie. Pro Arbeitsposition ist am Grundkörper 10 jeweils nur ein Schneidelement 12 angeordnet. Weiterhin sind am Grundkörper nach Art von Führungsleisten ausgebildete Führungselemente 14 an einer Führungsposition des Grundkörpers 10 angeordnet. Die Schneidelemente 12 sowie die Führungselemente 14 bilden Funktionselemente.

[0058] Alternativ zu der gezeigten Variante mit der Positionierung der Schneidelemente 12 jeweils an identischen Winkelpositionen sind die Funktionselemente, insbesondere die Schneidelemente 12, an den verschiedenen Axialpositionen an unterschiedlichen Winkelpositionen angeordnet. Dies dient insbesondere zur Reduzierung einer Schwingungsneigung. Die Schneidelemente 12 sind dabei bezüglich einer definierten Soll-Winkelposition bevorzugt lediglich um wenige Grad (z.B. kleiner  $10^\circ$ ) versetzt angeordnet.

[0059] In den Figuren 1A, 1B ist weiterhin eine optionale Ausführungsvariante dargestellt, bei der der Grundkörper 10 in zwei Teile 10A, 10B über eine reversibel lösbare Trennstelle geteilt ist. Die Trenn- oder Kupplungsstelle ist in den Figuren lediglich durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Die beiden Teile 10A, 10B schließen sich dabei in Axialrichtung 4 aneinander an. Die Kupplungsstelle kann grundsätzlich in Axialrichtung 4 auch nachfolgend nach den Führungselementen 16 angeordnet sein, so dass diese also dem hinteren Teil 10B zugeordnet sind. Beispielsweise ist sie oder eine weitere Trennstelle an der in den FIG 1A, 1B dargestellten vorderen Stirnseite ausgebildet, so dass ein (weiterer) Teil an dieser Stirnseite angebracht werden kann.

[0060] Die Bohrstange 2 dient allgemein zur gleichzeitigen Bearbeitung mehrerer Bohrungen 16, insbesondere Lagerbohrung beispielsweise für eine Kurbelwelle oder Nockenwelle. Die einzelnen Bohrungen 16 sind dabei in Lagerstegen 18 eines Lagergehäuses ausgebildet, wel-

che um ein definiertes Abstandsmaß  $a$  voneinander beabstandet sind. Üblicherweise sind benachbarte Lagerstege 18 jeweils um das gleiche Abstandsmaß  $a$  zueinander beabstandet. Grundsätzlich können die einzelnen Lagerstege 18 und damit auch die jeweiligen Arbeitspositionen unterschiedliche Abstandsmaße  $a$  zueinander aufweisen. Das Abstandsmaß  $a$  liegt typischerweise im Bereich von mehreren cm, beispielsweise im Bereich von 5 cm bis 20 cm, je nach Motor- und Zylindergröße. Im Ausführungsbeispiel sind fünf Lagerstege 18 dargestellt. Je nach Motoraufbau können dies auch weniger oder mehr sein. Alle Bohrungen 16 fluchten miteinander, weisen daher eine gemeinsame Bohrungsschse B auf, welche im Bearbeitungszustand typischerweise mit einer Rotationsachse R der Bohrstange 2 zusammenfällt. Die Bohrstange 2 rotiert um die Rotationsachse R beim Bearbeitungsvorgang.

**[0061]** Zum Bearbeiten der Bohrungen 16 wird allgemein derart vorgegangen, dass die Bohrstange 2 zunächst durch die Bohrungen 16 in Axialrichtung 4 eingeführt wird, bis die einzelnen Schneidelemente 12 jeweils vor den ihnen zugeordneten Bohrungen 16 positioniert sind. Um das Einfahren der Bohrstange 2 zu ermöglichen, wird diese - wie nachfolgend noch näher erläutert wird - exzentrisch in die Bohrungen 2 eingefahren. Hierbei ist die Rotationsachse R versetzt zur Bohrungsschse B angeordnet. Anschließend beginnt der eigentliche Bearbeitungsvorgang. Hierzu wird die Bohrstange 2 wieder konzentrisch zur Bohrungsschse B ausgerichtet, so dass die Bohrungsschse B und die Rotationsachse R zumindest nahezu wieder übereinanderliegen. Durch Rotation der Bohrstange 2 um die Rotationsachse R erfolgt dann der eigentliche Bearbeitungsvorgang, bei dem die einzelnen Schneidelemente 12 in Eingriff mit der jeweiligen Bohrung 16 gelangen. Bei dieser spanenden Bearbeitung wird die Bohrstange 2 mit den Führungselementen 14 in eine der Bohrungen 16, nachfolgend als Führungsbohrung 16A bezeichnet, abgestützt.

**[0062]** Um diesen grundsätzlichen Arbeitsvorgang zu ermöglichen, also das exzentrische Einfahren mit dem anschließenden zentrischen Ausrichten und Starten des Bohrvorgangs, sind die Schneidelemente 12 sowie die Führungselemente 14 an definierten Winkelpositionen am Grundkörper 10 angeordnet. Die spezielle Anordnung sowie das Funktionsprinzip werden nachfolgend anhand der FIG 2 bis 4 näher erläutert:

**[0063]** FIG 2 zeigt eine Stirnansicht auf die Bohrstange 2 mit genau zwei Führungselementen 14 sowie dem vordersten Schneidelement 12, an das sich in Axialrichtung 4 die weiteren Schneidelemente 12 an der identischen Winkelposition anschließen.

**[0064]** Der Grundkörper 10 ist in etwa in zwei Hälften unterteilt, wobei die eine Stabhälfte einen Funktionsbereich 19 und die andere Stabhälfte einen Exzenterbereich 20 bildet. Innerhalb des Funktionsbereichs 19 sind alle Funktionselemente, nämlich die Führungselemente 14 sowie das Schneidelement 12, welche beim Einfahren eine Störkontur bilden, an einer Umfangsseite 22 des Grundkörpers 10 über einen Winkelbereich  $\alpha$  verteilt angeordnet. Der Winkelbereich  $\alpha$  ist dabei kleiner als  $180^\circ$ . Im gezeigten Ausführungsbeispiel erstrecken sich diese drei Funktionselemente über einen Winkelbereich  $\alpha$  von etwa  $160^\circ$ . Während das eine Führungselement 14 in Rotationsrichtung 24 unmittelbar nachfolgend zum Schneidelement 12 angeordnet ist mit einem Winkelabstand von beispielsweise  $10^\circ$  bis  $20^\circ$ , ist das zweite Führungselement 14 etwa am Ende des Winkelbereichs  $\alpha$  mit einem Winkelabstand zum Schneidelement 12 im Bereich von beispielsweise  $130$  bis  $160^\circ$  angeordnet.

**[0065]** Die beiden Führungselemente 14 sind dabei derart angeordnet, dass eine resultierende Kraftkomponente F, die beim Zerspanungsvorgang auf den Grundkörper 10 einwirkt, in den Bereich zwischen die beiden Führungselemente 14 orientiert ist. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Führungselemente 14 beim Bearbeitungsvorgang gegen eine Bohrungswand 26 gepresst werden, so dass eine konzentrische Führung der Bohrstange 2 gewährleistet ist.

**[0066]** Die Führungselemente 14 sind von der Rotationsachse R um einen Führungsradius  $r_1$  beabstandet. Der radial äußerste Punkt des Schneidelements 12 definiert die Schneide, die vorzugsweise identisch auf dem gleichen Führungsradius  $r_1$  liegt. Bei einigen Ausführungsvarianten kann die Schneide auch etwas radial nach innen versetzt sein, um eine radiale Vorspannung auf die Führungselemente 14 auszuüben.

**[0067]** Der Grundkörper 10 selbst weist eine von der Kreisform abweichende Kontur auf. Im Ausführungsbeispiel setzt sich der Grundkörper 10 im Querschnitt betrachtet zumindest annähernd aus zwei gegeneinander verschobenen Kreissegmenten zusammen. Im Funktionsbereich 19 verläuft die Umfangsseite 22 daher entlang einer Kreisbogenlinie mit einem ersten Kreisradius  $k_1$  um die Rotationsachse R. Im Exzenterbereich 20 verläuft die Umfangsseite 22 demgegenüber entlang eines zweiten Kreisbogens mit einem zweiten Kreisradius  $k_2$  um eine zur Rotationsachse R versetzten Achse, die nachfolgend als Einfahrachse E bezeichnet wird. Wie insbesondere aus der FIG 2 zu entnehmen ist, ist die Einfahrachse E in radialer Richtung versetzt zur Rotationsachse R angeordnet, wobei sie in den Funktionsbereich 19 hinein verschoben ist. Hierdurch ist ein Abstand  $d$  von der Rotationsachse R zu der Umfangsseite 22 (insbesondere gemessen an einer Position in der Mitte des Winkelbereiches ( $360^\circ - \alpha$ ) des Exzenterbereiches 20) im Vergleich zum Führungsradius  $r_1$  deutlich reduziert, so dass anschließend an den Exzenterbereich 20 ein in etwa sichelförmiger Frei- oder Ausweichraum 28 ausgebildet ist. Der Führungsradius ist beispielsweise um 10-30% größer als der Abstand  $d$ . In der FIG 2 ist zur Illustration ein Kreis mit dem zweiten Kreisradius  $k_2$  um die Einfahrachse E gestrichelt dargestellt. Gleichzeitig ist ein Führungskreis mit dem Führungsradius  $r_1$  als durchgezogene Kreislinie um die Rotationsachse R dargestellt.

**[0068]** Durch den gebildeten Ausweichraum 28 kann der Grundkörper 10 zum Einführen der Bohrstange 2 in die Bohrungen 16 radial in Richtung zu diesem Ausweichraum 28 versetzt werden, so dass die Bohrstange 2 mit den Schneidelementen 12 und den Führungselementen 14 durchgeführt werden kann. Dieser Einführvorgang wird anhand der FIG 3 erläutert:

**[0069]** Zum Einführen der Bohrstange 2 durch die Bohrungen 16 wird die Bohrstange 2 exzentrisch zur Bohrungsachse B entlang der Einfahrachse E durch die Bohrungen 16 hindurchgeführt. Die Kontur und Dimensionierung des Exzenterbereichs 20, insbesondere die der Umfangsseite 22 im Exzenterbereich 20 ist dabei derart gewählt, dass bei einer derartigen exzentrischen Zuführung gewährleistet ist, dass die einzelnen Funktionselemente 12, 14 einen Freigang zur Bohrungswand 26 der unbearbeiteten Bohrung 16 aufweisen. Die Bohrung 16 weist im unbearbeiteten Ausgangszustand einen Rohradius  $r_2$  auf, der in den Figuren 3 und 4 durch eine Hilfslinie dargestellt ist.

**[0070]** Zum Bearbeiten wird anschließend die Bohrstange 2 wieder zentriert, also radial versetzt, so dass die Bohrungsachse B und die Rotationsachse R miteinander fluchten, wie dies in FIG 4 dargestellt ist. In diesem Zustand erfolgt dann der Bearbeitungsvorgang. Hierzu wird die Bohrstange 2 in Rotationsrichtung  $24$  um die Rotationsachse R in Rotation versetzt, so dass das jeweilige Schneidelement 12 die Bohrungswand 26 bearbeitet und auf einen Endradius  $r_3$  aufbohrt.

**[0071]** Über die Führungselemente 12 wird eine konzentrische Führung der Bohrstange 2 erzielt. Um eine möglichst exakte konzentrische Führung der Bohrstange 2 zu gewährleisten werden die Führungselemente 14 vorzugsweise etwas exzentrisch bzgl. der Rotationsachse R angeordnet oder sind auf einem etwas größerem Radius angeordnet, wie dies in der DE 10 2012 223 183 A1 beschrieben ist. Insofern wird auf den in dieser Anmeldung enthaltenen Offenbarungsgehalt vollumfänglich verwiesen, der hiermit mit einbezogen wird.

**[0072]** Alternativ oder ergänzend hierzu wird ein sogenannter Ausrichtadapter eingesetzt. Dieser wird zwischen einer Werkzeugaufnahme (Spindel) einer Werkzeugmaschine und dem Zerspanungswerkzeug zwischengeordnet. Der Ausrichtadapter nimmt die Kupplung 6 des Zerspanungswerkzeugs auf. Dieser kann innerhalb des Ausrichtadapters - je nach Ausführungsvariante des Ausrichtadapters - wahlweise oder in Kombination in radialer Richtung versetzt oder verkippt werden. Insgesamt wird dadurch eine konzentrische Führung und Einstellung der Bohrstange 2 ermöglicht.

**[0073]** Das zu den Figuren 2 bis 4 beschriebene Grundprinzip ist sowohl bei der ersten Ausführungsvariante gemäß den Figuren 1A, 1B sowie auch bei der zweiten Ausführungsvariante gemäß den Figuren 5A - 5C verwirklicht.

**[0074]** Bei der ersten Ausführungsvariante sind die Führungselemente 14 stirnseitig am Grundkörper 10 ausgebildet, ohne dass an dieser als Führungsposition bezeichneten Position des Grundkörpers 10 ein Schneidelement 12 angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsvariante wird daher in einem vorbereitenden separaten Verfahrensschritt zunächst die Führungsbohrung 16A auf den Endradius  $r_3$  aufgebohrt, bevor anschließend die Bohrstange 2 eingeführt wird. Diese wird mit ihren Führungselementen 14 in die Führungsbohrung 16 zunächst exzentrisch eingeführt. Anschließend, nach Zentrierung der Bohrstange 2 beginnt dann der Bearbeitungsvorgang der weiteren Bohrungen 16. Die einzelnen Schneidelemente 12 sind daher entsprechend dem Abstandsmaß  $a$  ebenfalls um ein Abstandsmaß  $a$  zueinander beabstandet, insbesondere jeweils äquidistant zueinander.

**[0075]** Im Unterschied hierzu ist bei der Ausführungsvariante gemäß den Figuren 5A - 5C eine gemeinsame Bearbeitung aller Bohrungen 16 bei nur einem einzigen Einfahren der Bohrstange 2 ermöglicht. Es ist daher keine Vorbearbeitung einer Bohrung zur Ausbildung einer Führungsbohrung 16A erforderlich. Der Bearbeitungsvorgang ist hierbei zweistufig, wobei in einer ersten Stufe zunächst die Führungsbohrung 16A ausgebildet wird und anschließend in der zweiten Bearbeitungsstufe dann die weiteren Bohrungen 16 bearbeitet werden. Grundsätzlich können auch mehr als eine Führungsbohrung 16A ausgebildet werden. Die Ausbildung der Führungsbohrung 16A erfolgt dabei nach dem sogenannten Führungsleisten-Prinzip, wie es beispielsweise bei Reibahlen bekannt ist.

**[0076]** Hierzu ist eine der Arbeitspositionen, an denen jeweils ein Schneidelement 12 angeordnet ist, zugleich als Führungsposition ausgebildet, so dass eine kombinierte Führungs-Arbeitsposition 32 am Grundkörper 10 ausgebildet ist. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass an dieser Position neben dem Schneidelement 12 zugleich auch die Führungselemente 14 angeordnet sind. Die Führungselemente 14 beginnen daher in etwa der axialen Position des Schneidelements 12 und erstrecken sich nach hinten in Axialrichtung 4 über eine axiale Länge  $l$ . Diese Führungs-Arbeitsposition 32 ist dabei zweckdienlicherweise in einem mittleren Bereich 30 der Bohrstange 2 ausgebildet.

**[0077]** Bei der hier beschriebenen Ausführungsvariante mit den insgesamt fünf Lagerstegen 18 ist daher diese Führungsarbeitsposition 32 dem dritten und damit mittleren Lagersteg 18A zugeordnet. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 1A, 1B sind die einzelnen Schneidelemente 12 nicht mehr äquidistant in Axialrichtung 4 verteilt. Vielmehr ist das mittlere Schneidelement 12A der Führungs-Arbeitsposition 32 bzgl. des Abstandsmaßes  $a$  vorlaufend angeordnet, um zu gewährleisten, dass zunächst der mittlere Lagersteg 18A bearbeitet und eine Führungsbohrung 16A ausgebildet wird. Das mittlere Schneidelement 12A ist daher etwa um die Breite des Lagerstegs 18A ausgehend von einer äquidistanten Anordnung in Richtung zu dem nächsten Schneidelement 12 nach vorne versetzt und gleichzeitig um diesen Abstand weiter von dem rückseitig anschließenden Schneidelement 12 beabstandet. Wie aus der FIG 5B zu entnehmen ist, ist dabei die Abweichung von der Gleichverteilung etwas geringer als die Breite der Lagerstege 18, so dass also die weiteren Schneidelemente 12 bereits in Eingriff kommen, wenn das mittlere Schneidelement 12A sich noch in der Führungsbohrung 16A befindet. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt bereits eine Abstützung der Bohrstange 2 über die Führungselemente 14 in der Führungsbohrung 16A.

**[0078]** Die Führungselemente 14 sind bei dieser Ausführungsvariante auch entscheidend für eine zuverlässige konzentrische Führung der Bohrstange 2 bei der Bearbeitung der Führungsbohrung 16A. Dieses erfordert, dass sie im Wesentlichen auf gleicher axialer Höhe wie das mittlere Schneidelement 12A beginnen.

**[0079]** Die axiale Länge  $L$  der Führungselemente 14 ist - ebenso wie in dem ersten Ausführungsbeispiel - derart bemessen, dass der Grundkörper 10 solange abgestützt wird, wie die weiteren Schneidelemente 12 die Bohrungen 16 bearbeiten. Die axiale Länge  $L$  ist daher größer als die axiale Erstreckung der Lagerstege 18 und typischerweise auch als die axiale Erstreckung der Schneidelemente 12, insbesondere beträgt sie ein Mehrfaches der axialen Erstreckung der Lagerstege 18 und/oder der Schneidelemente 12.

**[0080]** Wie aus FIG 6 zu entnehmen ist der Grundkörper 10 weiter in einen Basiskörper 34 und ein daran befestigtes Wuchtelement 36 unterteilt. Das Wuchtelement 36 ist dabei mittels einer Klebeschicht 38 mit dem Basiskörper 34 verbunden, wobei der Basiskörper in FIG 6 unterhalb und das Wuchtelement 36 oberhalb der Klebeschicht 38 dargestellt ist. Ergänzend kann auch noch zusätzlich eine Schraubverbindung vorgesehen sein.

**[0081]** Hierbei ist die Bohrstange 2 derart gestaltet, dass zwischen dem Basiskörper 34 und dem Wuchtelement 36 eine Trennebene T ausgebildet ist, die parallel zu einer Mittenebene M orientiert ist, welche durch die Rotationsachse R und ein Schneideck SE eines Schneidelements 12, also des zumindest einen Schneidelements 12, bestimmt ist. Bei jenem Schneideck SE handelt es sich im Ausführungsbeispiel um den radial äußersten Punkt der Schneide des Schneidelements 12, präziser um den radial äußersten Punkt des Schneidelements 12.

**[0082]** Weiter weist die Bohrstange 2 gemäß FIG 6 zwei Führungselemente 14 auf und ist derart ausgestaltet, dass eine Normale N zur Trennebene T, die durch die Rotationsachse R verläuft, eine Winkelhalbierende des Winkels zwischen den Positionen der beiden Führungselemente 14 bildet. Die beiden gleich großen Teilwinkel sind dabei in FIG 6 durch Doppel-Linien-Bögen gekennzeichnet. Auf diese Weise wird unter anderem eine zuverlässige konzentrische Abstützung Bohrstange 2 erreicht.

**[0083]** Wie aus FIG 6 zu entnehmen ist, ist das Wuchtelement 36 hierbei im Querschnitt betrachtet als Kreissegment ausgebildet, wobei das Kreissegment beispielsweise einen Winkelbereich zwischen  $40^\circ$  und  $180^\circ$  überstreicht. Das Wuchtelement 36 erstreckt sich dabei in Axialrichtung 4 und weist daher umfangsseitig eine Teil-Zylindermantelfläche auf. Die Befestigungsseite oder Kontaktfläche zum Basiskörper 34 ist bevorzugt als eine ebene Flachseite ausgebildet und fällt in diesem Fall mit der Trennebene zusammen. Korrespondierend zum Wuchtelement 36 ist auch der Basiskörper 34 im Querschnitt betrachtet nach Art eines Kreissegments ausgebildet. Dabei nimmt im Querschnitt betrachtet der Basiskörper 34 eine größere Querschnittsfläche als das Wuchtelement 36 ein.

**[0084]** Durch das Wuchtelement 36 wird eine Unwucht, die durch den Ausweichraum 28 (bei einer homogenen Ausgestaltung des Grundkörpers 10) bedingt ist, zumindest teilweise ausgeglichen. Hierzu besteht das Wuchtelement 36 aus einem Material mit einer höheren Dichte als der Basiskörper 34. Das Wuchtelement 36 besteht also zum Beispiel aus Schwermetall, während der Basiskörper 34 aus einem leichteren Stahl, insbesondere Werkzeugstahl, besteht.

**[0085]** Als Folge tritt bei einem entsprechenden Zerspannungswerkzeug während einer Nutzung üblicherweise eine unerwünschte Verformung auf, so wie sie beispielsweise von (Thermo-) Bimetallstreifen bekannt ist. Durch die zuvor beschriebene spezielle Gestaltung des Wuchtelements 36 und des Basiskörpers 34 wird jedoch dafür gesorgt, dass die bei einem Einsatz dieser Bohrstange 2 typischerweise auftretende Verformung dazu führt, dass das Schneideck SE im Querschnitt gesehen im Wesentlichen in eine Richtung VR senkrecht zur Mittenebene M wandert. Somit wird insbesondere dafür gesorgt, dass das entsprechende Schneideck SE nicht parallel zur Mittenebene M und, vom Schneideck SE aus gesehen, insbesondere nicht radial in Richtung der Rotationsachse R wandert. Es wird somit quasi eine definierte Verformungsrichtung VR vorgegeben, die sich insbesondere auch günstig auf die Präzision der Bohrstange 2 auswirkt.

**[0086]** Ein weiterer besonderer Vorteil der Anordnung des Wuchtelements 36 ist in seiner schwingungsdämpfenden Eigenschaft zu sehen. Zum einen wirkt sich die Verwendung des schwereren Schwermetalls positiv auf die Vermeidung von Schwingungen aus. Ergänzend wird diese schwingungsdämpfende Eigenschaft unterstützt durch die Klebeverbindung mittels der Klebeschicht 38. Bewegungs- und damit Schwingungsenergie kann über die Klebeschicht 38 durch innere Reibungseffekte aufgenommen werden. Dadurch wird Bewegungsenergie absorbiert und eventuelle Schwingungen, beispielsweise Biege- oder Torsionsschwingungen werden hierbei wirksam gedämpft.

**[0087]** Eine weitere alternative Ausgestaltungsvariante der Bohrstange 2 ist in Fig. 7 schema-

tisch wiedergegeben. Bei dieser erstreckt sich der Basiskörper 34 ausgehend von der Kupplung 6 in Axialrichtung 4 bis hin zur Stirnseite 8 an einem Freie 40 der Bohrstange 2. Das mit dem Basiskörper 34 verklebte Wuchtelement 36 dagegen erstreckt sich in Axialrichtung 4 nur über einen Teilbereich des Basiskörpers 34 und endet beabstandet von der Stirnseite 8. Somit ist das Freie 40 der Bohrstange 2 frei von Auswuchtmasse und infolgedessen liegt der lokale Masseschwerpunkt der Bohrstange 2 im Bereich des Freien 40 versetzt zur Rotationsachse R. Auf den entsprechenden lokalen Masseschwerpunkt wirkt dann bei einem Einsatz der Bohrstange 2 eine Fliehkraft und in der Folge verbiegt sich die Bohrstange 2, wobei das Freie 40 ausgehend von der Rotationsachse R radial nach außen gebogen und damit gegebenenfalls gegen eine Bohrungswand 26 gepresst wird. Auf diese Weise wird daher eine Art Vorspannung realisiert, welche zum sicheren Sitz des Werkzeuges, also der Bohrstange 2, in der aufnehmenden Bohrung beiträgt.

**[0088]** In Fig. 8 ist weiter eine leichte Abwandlung dieser Ausgestaltungsvariante der Bohrstange 2 schematisch wiedergegeben. Hier erstreckt sich das Wuchtelement 36 zwar wiederum über die gesamte Länge des Basiskörpers 34 in Axialrichtung 4, jedoch ist dieses Wuchtelement 36 zweiteilig ausgestaltet, wobei sich ein erster Teil oder erster Teilabschnitt ausgehend von der Kupplung 6 in Axialrichtung 4 bis hin zum Freie 40 der Bohrstange 2 erstreckt und wobei sich der zweite Teil oder der zweite Teilabschnitt über das Freie 40 hinweg erstreckt und an der Stirnseite 8 endet. Der erste Teilabschnitt ist dabei unlösbar mit dem Basiskörper 34 verbunden und beispielsweise mit diesem verklebt. Der zweite am Freie 40 angeordnete Teilabschnitt ist dagegen lösbar mit dem Basiskörper 34 verbunden, zum Beispiel durch eine Schraube 42. Somit lässt sich der zweite Teilabschnitt des Wuchtelements 36 jederzeit bei Bedarf entfernen, um eine Bohrstange 2 gemäß Fig. 7 zu erhalten und um deren spezielle Vorteile zu nutzen.

**[0089]** Sowohl in Fig. 7 als auch in Fig. 8 wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine Darstellung der Schneidelemente 12 und der Führungselemente 14 sowie auf eine Darstellung von Lagerstegen 18 verzichtet.

## Patentansprüche

1. Zerspanungswerkzeug (2), insbesondere Bohrstange (2), zur Bearbeitung von in Axialrichtung (4) um ein vorgegebenes Abstandsmaß (a) voneinander beabstandeten Bohrungen (16), umfassend einen sich in Axialrichtung (4) erstreckenden Grundkörper (10) mit einer Rotationsachse (R), mit zumindest einem ein Schneideck (SE) aufweisendes Schneidelement (12) sowie mit einer Anzahl Führungselementen (14) zum Führen des Grundkörpers (10) in einer Führungsbohrung (16A),
  - wobei die Führungselemente (14) zur Rotationsachse (R) um einen Führungsradius (r1) beabstandet sind,
  - wobei im Querschnitt betrachtet der Grundkörper (10) in einen Funktionsbereich (19) und einen Exzenterbereich (20) unterteilt ist,
  - wobei die Schneidelemente (12) sowie die Führungselemente (14) über einen Winkelbereich ( $\alpha$ ) kleiner  $180^\circ$  um den Umfang des Grundkörpers (10) herum verteilt angeordnet sind,
  - wobei die Umfangsseite (22) des Grundkörpers (10) im Exzenterbereich (20) einen im Vergleich zum Führungsradius (r1) verringerten Abstand (d) zur Rotationsachse (R) aufweist und
  - wobei der Grundkörper (10) einen Basiskörper (34) sowie zumindest ein Wuchtelement (36) aufweist, welches innerhalb des Exzenterbereichs (20) positioniert und zum zumindest teilweisen Auswuchten einer ansonsten vorliegenden Unwucht ausgebildet ist,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zwischen dem Basiskörper (34) und dem Wuchtelement (36) eine Trennebene (T) ausgebildet ist, die zumindest im Wesentlichen parallel zu einer Mittenebene (M) orientiert ist, welche durch die Rotationsachse (R) und das Schneideck (SE) des Schneidelements (12) bestimmt ist.
2. Zerspanungswerkzeug (2) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zwei Führungselemente (14) vorgesehen sind, wobei eine Normale (N) zur Trennebene (T), die durch die Rotationsachse (R) verläuft, eine Winkelhalbierende des Winkels zwischen den Positionen der zwei Führungselemente (14) bildet.
3. Zerspanungswerkzeug (2) nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Wuchtelement (36) umfangsseitig mit dem Basiskörper (34) fluchtet.
4. Zerspanungswerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Wuchtelement (36) im Querschnitt betrachtet als ein Kreissegment ausgebildet ist.
5. Zerspanungswerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Wuchtelement (36) mit dem Basiskörper (34) verklebt ist.
6. Zerspanungswerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Wuchtelement (36) und der Basiskörper (34) aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sind, wobei das Material des Wuchtelements (36) eine höhere Dichte aufweist als das Material des Basiskörpers (24).
7. Zerspanungswerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Grundkörper (10) in Axialrichtung (4) in zumindest zwei miteinander reversibel verbindbare Teile unterteilt ist, wobei vorzugsweise jedes der Teile zumindest ein Schneidelement (12) und/oder Führungselement (14) aufweist.

8. Zerspanungswerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass sich der Basiskörper (34) ausgehend von einer Kupplung (6) bis zu einer Stirnseite (8) an einem Freie (40) in Axialrichtung (4) erstreckt und dass sich das Wuchtelement (36) nur über einen Teilbereich des Basiskörpers in Axialrichtung (4) erstreckt und insbesondere beabstandet von der Stirnseite (8) endet.
9. Zerspanungswerkzeug (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass sich der Basiskörper (34) ausgehend von einer Kupplung (6) bis zu einer Stirnseite (8) an einem Freie (40) in Axialrichtung (4) erstreckt und dass ein im Bereich des Freie (40) angeordneter Teilabschnitt des Wuchtelements (36) lösbar befestigt ist.

**Hierzu 7 Blatt Zeichnungen**

1/7

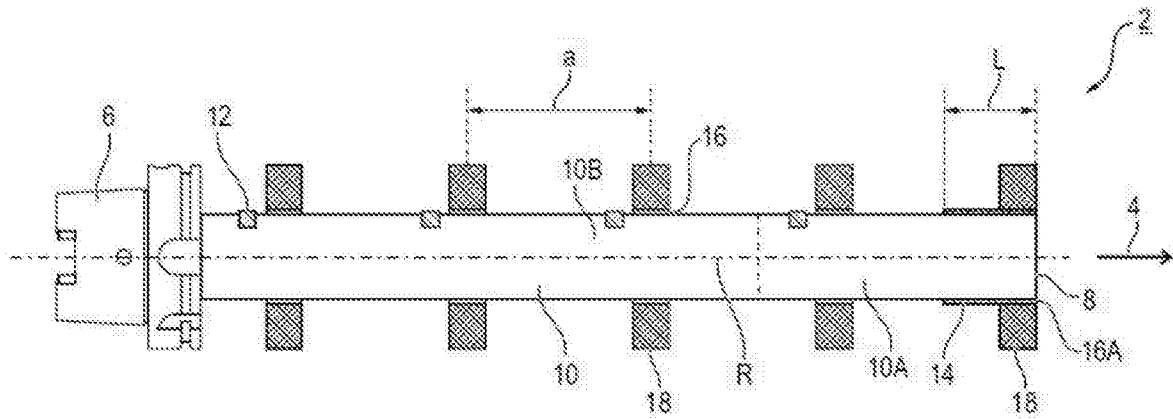


Fig. 1A

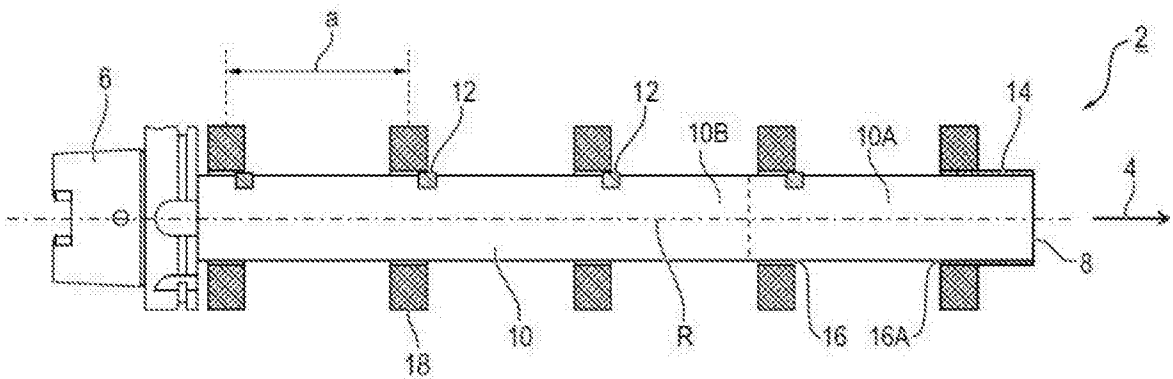


Fig. 1B



3/7

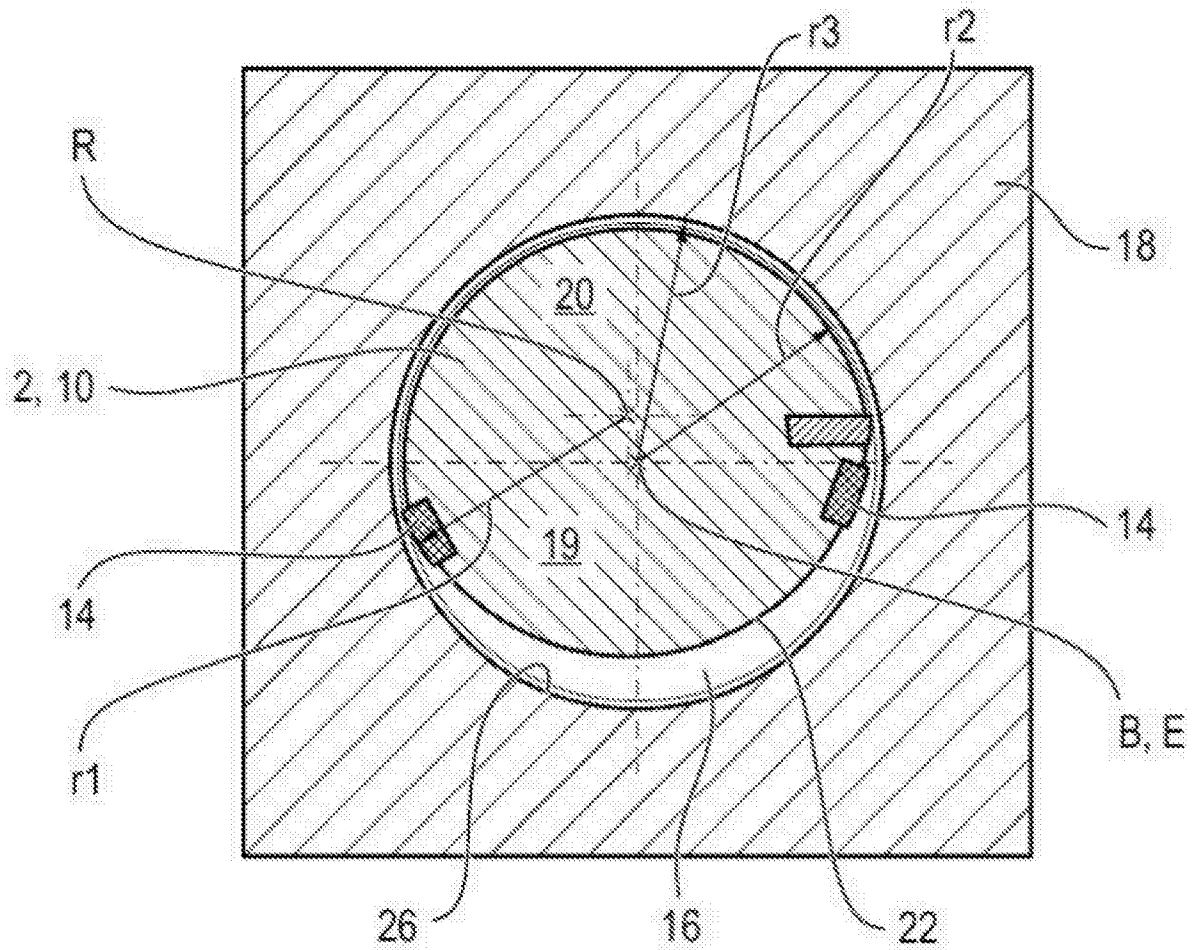


Fig. 3

4/7

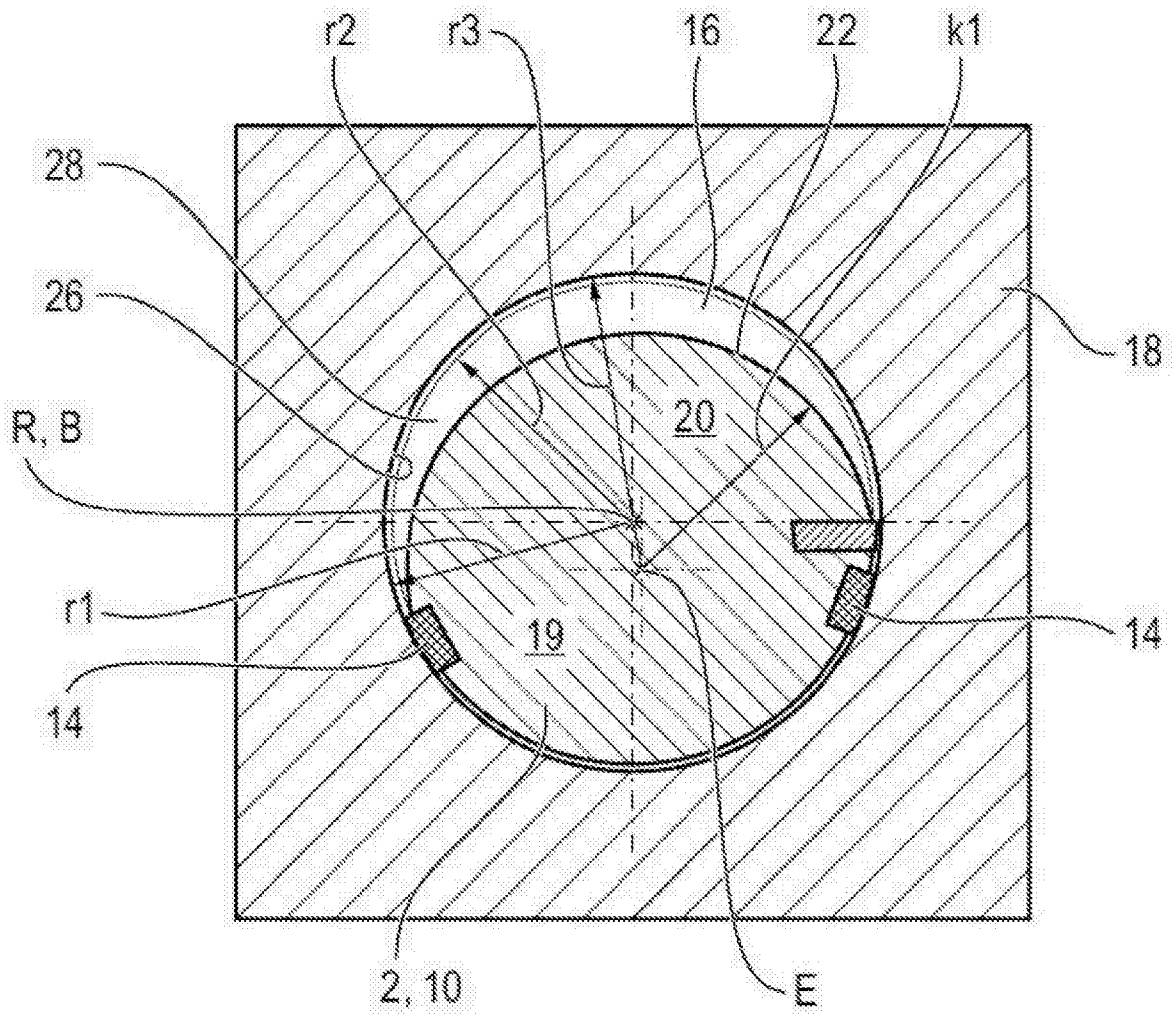


Fig. 4

5/7

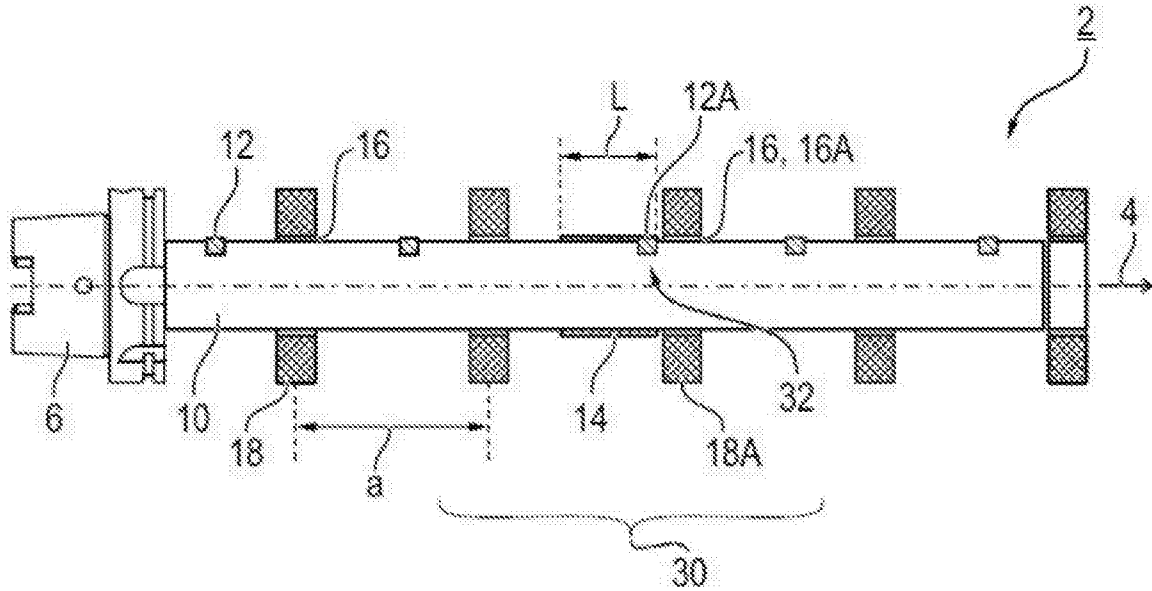


Fig. 5A

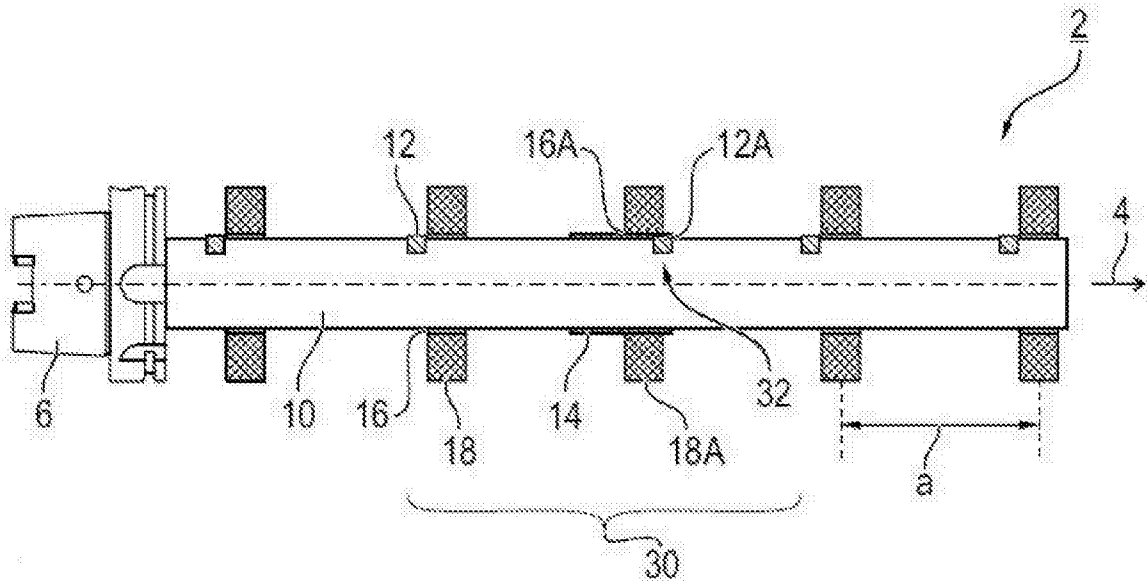
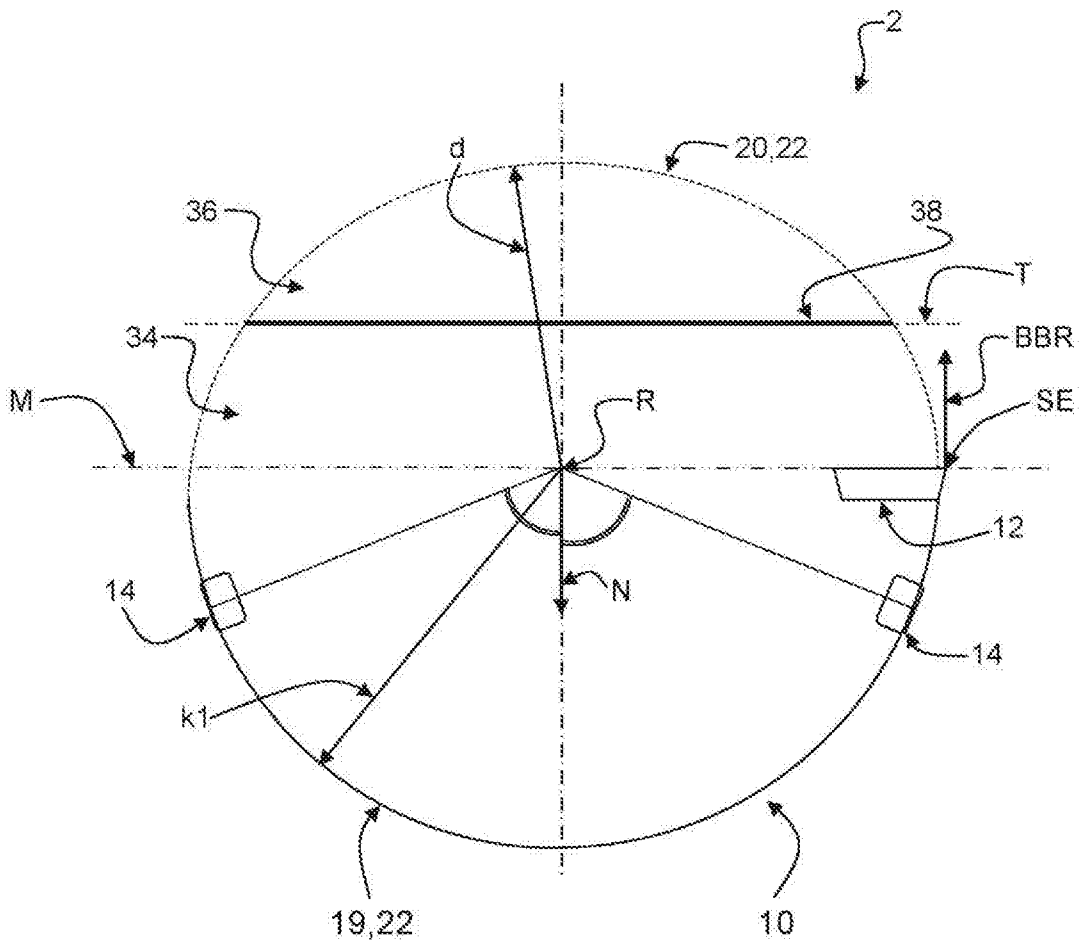
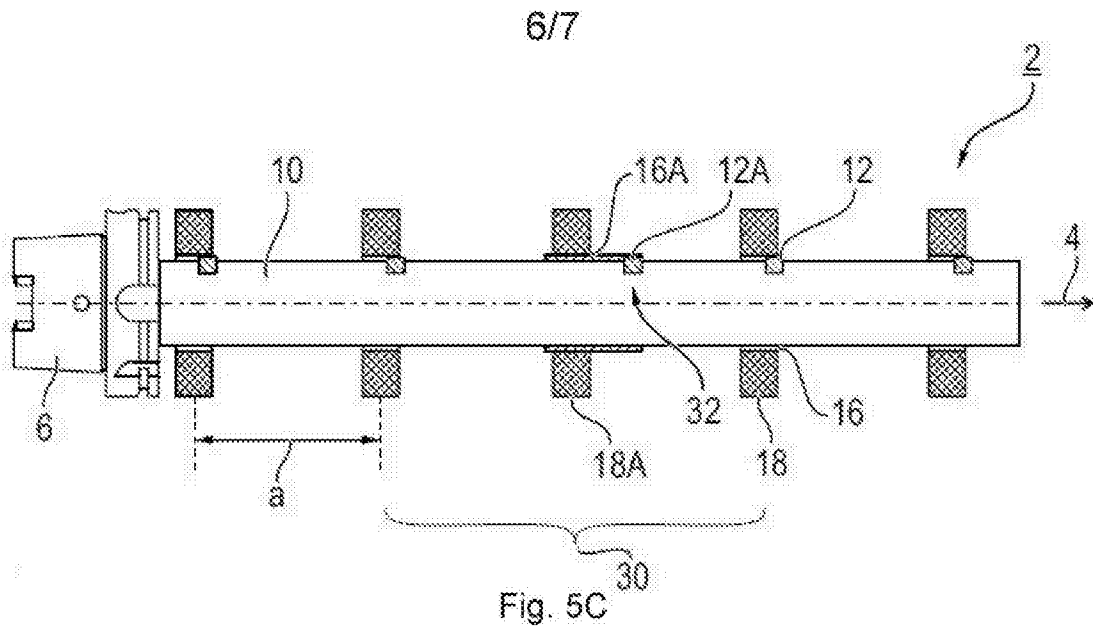


Fig. 5B



7/7

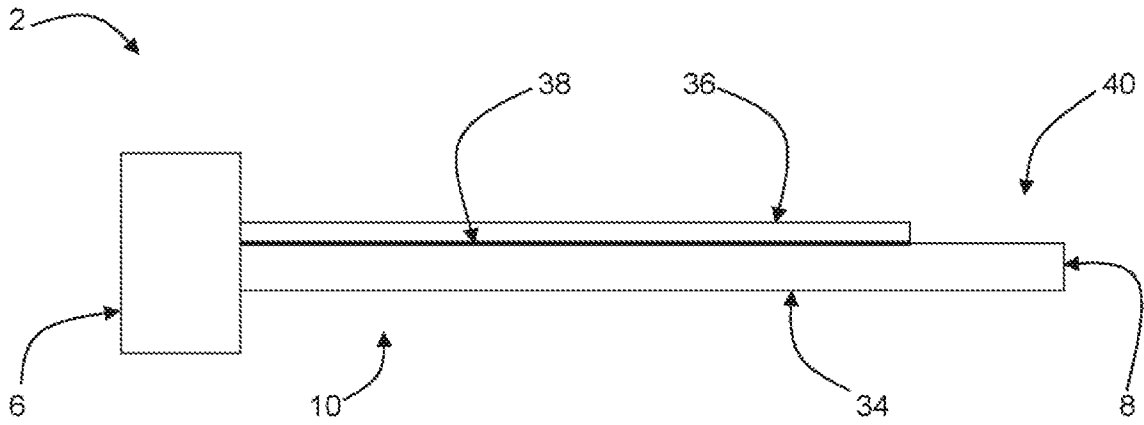


Fig. 7

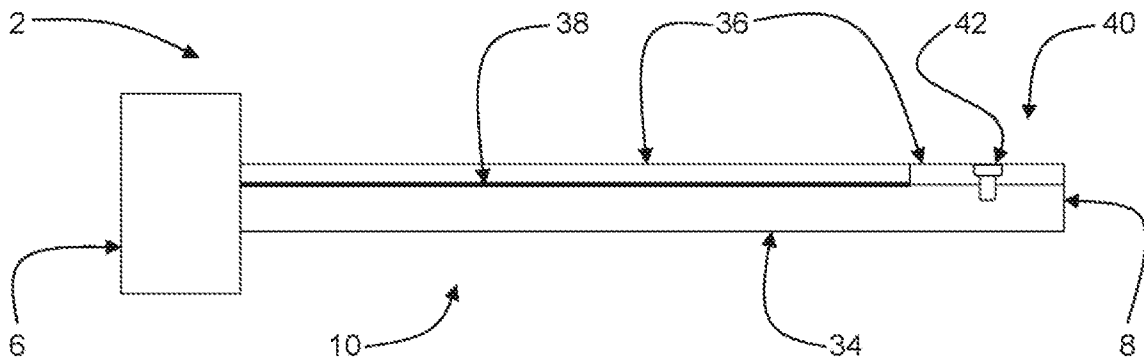


Fig. 8