



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 44 865 B4 2005.10.27**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 44 865.5**
 (22) Anmeldetag: **18.09.1999**
 (43) Offenlegungstag: **21.06.2001**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.10.2005**

(51) Int Cl. 7: **G01B 5/02**
G01B 5/012, G01B 5/14, B23Q 17/20

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Nordmann, Klaus, Dr.-Ing., 50937 Köln, DE

(74) Vertreter:
Bauer, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 50968 Köln

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 44 44 787 A1
DE-OS 22 37 051
DE-OS 20 40 853
US 47 50 272
EP 03 32 807 A2
EP 01 99 927 B1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Werkstück- oder Werkzeugmasskontrolle**

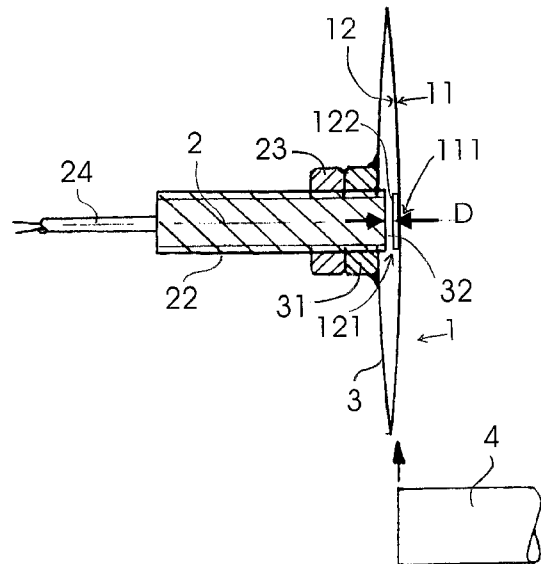
(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Werkstück- oder Werkzeugmaßkontrolle, bestehend aus:

a) einem einstückigen Tastkörper (1) mit einer vorderseitigen Antastfläche (11) und einer rückseitigen Wegaufnehmerfläche (12) mit einem darin liegenden Messfleck (121),
 b) einem dem Messfleck (121) gegenüberliegend angeordneten berührungslos arbeitenden Wegaufnehmer (2),
 c) einer Aufhängung (3), die den Tastkörper (1) mit dem Wegaufnehmer (2) mechanisch verbindet, wobei:

d) die Antastfläche (11) für einen mechanischen Kontakt mit einem auf Maßhaltigkeit zu prüfenden Werkstück/-zeug vorgesehen ist,

e) der Tastkörper (1) und/oder die Aufhängung (3) so ausgeführt sind, dass der Abstand zwischen dem Messfleck (121) und dem Wegaufnehmer (2) unter Einwirkung einer im wesentlichen in Richtung der Verbindungslinie Messfleck (121) – Wegaufnehmer (2) wirkenden Kraft auf die Antastfläche (11) elastisch verändert werden kann und

f) der Wegaufnehmer (2) so ausgeführt ist, dass er eine Änderung des Abstands D zwischen dem Messfleck (121) und dem Wegaufnehmer (2) registriert.



Beschreibung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Werkstück- oder Werkzeugmasskontrolle, welche dazu dient, Werkstück- oder Werkzeugmasse mit einer Genauigkeit von einem Mikrometer oder besser zu erfassen. Mittels der erfindungsgemässen Vorrichtung soll die Masshaltigkeit von Werkstücken oder Werkzeugen verifiziert werden.

[0002] Insbesondere ist die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Verwendung an Mehrspindeldrehautomaten vorgesehen. In Mehrspindeldrehautomaten wird das Rohmaterial über Stangen zugeführt. Eine Stange wird hierbei durch ein Spann Futter des Drehautomaten vorgeschoben. Das aus der Stange herzustellende Werkstück wird nur über Reibungskraft im Spann Futter gehalten. Dies gilt sowohl für die Bearbeitung als auch den Transport von einer Bearbeitungsstation zur nächsten. Es ist daher möglich, dass der zu bearbeitende Stangenabschnitt aufgrund der Bearbeitungskräfte der Werkzeuge in axialer Richtung im Spann Futter verrutscht. Weiterhin ist es möglich, dass die dem Drehautomaten zugeführte Stange bei der Zufuhr nicht ausreichend vorgeschoben wird, oder vom Vorschubanschlag wieder zurückspringt, bevor das Spann Futter die Stange festhält. In allen Fällen ist eine Masshaltigkeit des herzustellenden Werkstücks nicht gewährleistet.

[0003] Vergleichbare Probleme können bei allen Arten der Materialbearbeitung mit Maschinen auftreten, bei denen eine absolut feste Halterung des zu bearbeitenden Werkstücks nicht immer gewährleistet ist.

[0004] Auch bei Werkzeugen kann eine Kontrolle auf Masshaltigkeit erforderlich sein, beispielsweise um in einem laufenden Produktionsprozess den Grad ihrer Abnutzung zu erfassen.

[0005] Bekannt sind Verfahren zur Überprüfung der Masshaltigkeit von Werkstücken oder Werkzeugen, die auf einer Kraftmessung am Vorschubanschlag beruhen. Hierbei wird das zu prüfende Werkstück oder Werkzeug gegen einen Vorschubanschlag gefahren und die dabei auftretende Kraft mittels eines geeigneten Sensors erfasst. Erreicht die gemessene Kraft eine voreingestellte Schwelle, so wird dies als Nachweis der Masshaltigkeit des zu prüfenden Werkstücks oder Werkzeugs angesehen. Problematisch bei diesem Verfahren ist, dass ein nachträgliches Zurückschlagen des Werkstücks oder Werkzeugs in seiner Halterung z.B. aufgrund von Bearbeitungskräften hiermit nicht sicher erkannt werden kann.

[0006] Weiterhin sind Verfahren bekannt, die die Masshaltigkeit von Werkstücken oder Werkzeugen mit Hilfe von berührenden Tastern überprüfen. Derartige berührende Taster arbeiten oftmals induktiv mit-

tels des Differential-Linear-Transformatorprinzips. Im Rahmen des Verfahrens werden diese Taster mittels einer Vorschubeinheit gegen das zu vermessende Werkstück oder Werkzeug verfahren, bis Kontakt hergestellt ist. Aus der resultierenden linearen Verschiebung eines Taststiftes, die induktiv erfasst wird, wird das relevante Mass des Werkstücks oder Werkzeugs erfasst. Wird ein solcher Taster gegen ein rotierendes Werkstück oder Werkzeug verfahren, so ergibt sich das Problem erhöhten Verschleisses. Weiterhin muss der als Tastspitze dienende Stift in einer Führung geführt werden, die empfindlich gegen Verunreinigungen ist, wie sie bei der Materialbearbeitung typischerweise anfallen, beispielsweise durch Kühlschmiermittel oder Späne.

[0007] Ist bei der Vorrichtung zur Materialbearbeitung keine Möglichkeit zu einem solchen Verfahren des Tasters gegeben, so ist eine alternative Anordnung des Tasters zwischen zwei Bearbeitungsstationen bekannt. Das Werkstück oder Werkzeug wird von einer Bearbeitungsstation zur nächsten geführt. Dabei wird das Werkstück oder Werkzeug am Taster vorbeigeführt, so dass die Tastspitze mit dem Werkstück oder Werkzeug in Berührung kommt. Aufgrund des kleinen Durchmessers der Tastspitze und der hohen Geschwindigkeit des vorbeigeführten Werkstücks oder Werkzeugs ergibt sich eine hohe mechanische Belastung des Tasters. Aufgrund dessen ist eine genaue Positionsmessung unmöglich. Weiterhin tritt ein erhöhter Verschleiss der Längsführung des Taststiftes aufgrund der hohen seitlichen Belastung auf.

[0008] Um eine höhere Messgenauigkeit zu erzielen sowie das Problem des starken Verschleisses des berührenden Tasters bei der vorgenannten Anordnung zu reduzieren, ist ebenfalls vorbekannt, anstelle eines berührenden, insbesondere induktiv arbeitenden Tasters einen berührungslosen Analogwegaufnehmer in einer äquivalenten Anordnung einzusetzen. Ein solcher berührungsloser Analogwegaufnehmer arbeitet zwar verschleissfrei und prinzipiell mit einer erhöhten Genauigkeit, bereitet aber im praktischen Einsatz ebenfalls Probleme, da der Taster bauartbedingt immer über eine endliche Fläche des Werkstücks oder Werkzeugs integriert, was zu Problemen führen kann, wenn dünnwandige Werkstücke oder Werkzeuge oder solche mit Bohrungen etc. auf Masshaltigkeit überprüft werden sollen. Insbesondere können Toleranzen in Materialstärken oder der elektrischen Leitfähigkeit des Werkstücks oder Werkzeugs zu ungenauen Messergebnissen führen.

Stand der Technik

[0009] Aus der DE 20 40 853 A1 ist eine Messvorrichtung für die Abmaße von Werkstückoberflächen bekannt, die auf einem Messstift beruht, der an seinem einen Ende mit einem Gleitschuh verbunden ist.

Zur Erfassung der Abmaße einer Oberfläche wird der Messstift mit dem Gleitschuh auf die Oberfläche gesetzt. Der Messstift ist dabei gleitend in einer Hülse gelagert, die Bewegung des Messstifts beim Abfühlen der Oberfläche wird von einem Messwandler erfasst. Nachteilig an dieser Konstruktion ist die Hysteresebehaftete mechanische Lagerung des Messstifts in einer Hülse, die die erzielbare Messgenauigkeit limitiert.

[0010] Aus der DE 2 237 051 A1 ist eine Vorrichtung zur Ermittlung der Abmessungen mechanischer Werkstücke bekannt. Auch diese Vorrichtung basiert auf einem gleitend gelagerten Messstift zum Abfühlen der Oberfläche eines an der Vorrichtung vorbei geführten Werkstückes, dessen Bewegung berührungslos erfasst wird. Die Vorrichtung weist wiederum die mit einer mechanischen Lagerung des Messstifts verbundenen Nachteile bezüglich der erzielbaren Messgenauigkeit auf.

Aufgabenstellung

[0011] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Werkstück- oder Werkzeugmasskontrolle anzugeben, die die vorgenannten Nachteile nicht aufweist, insbesondere eine Messgenauigkeit von besser als einem Mikrometer erreicht, die vollständig gekapselt ausgeführt werden kann, sowie auf einfache Weise in bestehende Produktionsanlagen integriert werden kann.

[0012] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung, welche einen Tastkörper aufweist, wobei dieser wiederum eine Antastfläche hat und andererseits eine Wegaufnehmerfläche mit einem darin liegenden Messfleck hat. Die Antastfläche ist für einen mechanischen Kontakt mit einem auf Masshaltigkeit zu prüfenden Werkstück/-zeug vorgesehen. Dem Messfleck gegenüberliegend ist ein Wegaufnehmer vorgesehen. Wegaufnehmer und Tastkörper sind über eine Aufhängung mechanisch verbunden.

[0013] Der Tastkörper und/oder die Aufhängung sind so ausgeführt, dass der Abstand D zwischen dem Messfleck und dem Wegaufnehmer unter Einwirkung einer im wesentlichen in Richtung der Verbindungslinie Messfleck-Wegaufnehmer wirkenden Kraft auf die Antastfläche elastisch verändert werden kann. Dabei ist der Wegaufnehmer so ausgeführt und so angeordnet, dass er eine Änderung des Abstands D vorzugsweise berührungslos registriert. Weiterhin sind der Tastkörper und/oder die Aufhängung so ausgeführt, dass der Wegaufnehmer unter einer durch elastische Verformung bedingten Änderung des Abstands D stets den gleichen Bereich der Wegaufnehmerfläche zur Abstandsmessung erfasst, nämlich den Messfleck.

[0014] Vorteilhafterweise wird die erfindungsge-

mässe Vorrichtung in einer Anordnung eingesetzt, welche weiterhin eine Werkstück-/Werkzeugführung umfasst, welche zum Vorbeiführen eines Werkstücks/Werkzeugs am Tastkörper längs einer Werkstück-/Werkzeugbahn geeignet ist. Dabei ist diese Werkstück-/Werkzeugführung dazu eingerichtet, ein auf Masshaltigkeit zu prüfendes Werkstück/Werkzeug so am Tastkörper vorbeizuführen, dass das Werkstück/Werkzeug die Antastfläche mindestens an einem Auftreffpunkt berührt. Dabei soll die Berührung dergestalt sein, dass sich bei ihr eine elastische Verringerung des Abstand D zwischen Messfleck und Wegaufnehmer ergibt, welche vom Wegaufnehmer registriert werden kann. Die Ausformung der Antastfläche und/oder der Verlauf der Werkstück-/Werkzeugbahn ist dabei dergestalt, dass sich am Auftreffpunkt ein Winkel W zwischen der Tangentialebene der Antastfläche am Auftreffpunkt und der Bewegungsrichtung A des Werkstücks/Werkzeugs ergibt, der kleiner ist als 15° , vorzugsweise kleiner ist als 10° und insbesondere kleiner ist als 5° . Dies bedeutet, dass das zu prüfende Werkstück/Werkzeug tangential, d.h. streifend am Auftreffpunkt vorbeigeführt wird, was einerseits durch eine geeignete Ausformung der Antastfläche oder andererseits durch eine geeignete Wahl der Werkstück-/Werkzeugbahn realisiert werden kann.

[0015] Eine äquivalente Wirkung ergibt sich, wenn eine Vorrichtung gemäß des Hauptanspruchs auf einer Tasterführung bzw. Tasterhalterung montiert wird, wobei diese Tasterhalterung dazu vorgesehen ist, die erfindungsgemässe Vorrichtung an einem auf Masshaltigkeit zu prüfenden Werkstück/Werkzeug längs einer Tasterbahn vorbeizuführen. Nunmehr wird jedoch die erfindungsgemässe Vorrichtung auf einer solchen Tasterbahn am Werkstück/Werkzeug vorbeigeführt, dass sich eine Berührung zwischen der Antastfläche und dem Werkstück/Werkzeug mindestens an einem Auftreffpunkt ergibt. Bei dieser Berührung soll sich eine elastische Verringerung des Abstands D zwischen dem Tastkörper, insbesondere dem Messfleck auf der Wegaufnehmerfläche und dem Wegaufnehmer ergeben. Diese Verringerung des Abstands D wird vom Wegaufnehmer registriert. In diesem Fall wird die erfindungsgemässe Vorrichtung so am Werkstück/Werkzeug vorbeigeführt, dass sich auch hier am Auftreffpunkt ein Winkel W zwischen der Tangentialebene der Antastfläche am Auftreffpunkt und der Bewegungsrichtung A des Tastkörpers ergibt, der kleiner ist als 15° , vorzugsweise kleiner ist als 10° und insbesondere kleiner ist als 5° , d.h., die erfindungsgemässe Vorrichtung wird tangential am zu prüfenden Werkstück/Werkzeug vorbeigeführt.

[0016] In beiden Anordnungen hat es sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Antastfläche am Auftreffpunkt des Werkstücks/Werkzeugs eine von Null verschiedene lokale Krümmung K aufweist. Dabei soll der Krümmungsradius R der Antast-

fläche am Auftreffpunkt grösser sein als 1 cm, vorzugsweise grösser als 5 cm und insbesondere grösser als 10 cm sein. Insbesondere vorteilhaft ist, wenn die Antastfläche ballig, vorzugsweise sogar als Kugelkalotte ausgeführt ist. In diesem Fall kann die Relativbewegung von Werkstück/Werkzeug und erfindungsgemässer Vorrichtung auf einer Geraden verlaufen.

[0017] Eine vergleichbare Wirkung wird erzielt, wenn die Relativbewegung von Werkstück/Werkzeug und erfindungsgemässer Vorrichtung am Auftreffpunkt der Antastfläche eine von Null verschiedene lokale Krümmung aufweist. Dies ergibt sich insbesondere dann, wenn die Relativbewegung auf einer Kreisbahn erfolgt. In jedem Fall soll jedoch der Krümmungsradius R der Bahn der Relativbewegung am Auftreffpunkt grösser sein als 1 cm, vorzugsweise grösser als 5 cm und insbesondere grösser als 10 cm sein. Hier kann nunmehr auf eine lokale Krümmung der Antastfläche des Tastkörpers am Auftreffpunkt verzichtet werden. Insbesondere kann die Antastfläche plan ausgeführt sein.

[0018] Eine besonders vorteilhafte Wirkung wird erzielt, wenn sich bei der Berührung der Antastfläche mit einem masshaltigen Werkstück/Werkzeug eine elastische Verformung des Abstands D ergibt, der unter 1 Millimeter beträgt, vorzugsweise unter 500 Mikrometer und insbesondere unter 100 Mikrometern beträgt.

[0019] Mit dem folgenden Verfahren lässt sich nunmehr auf besonders vorteilhafte Weise die Masshaltigkeit eines Werkstücks/Werkzeugs überprüfen. Das zu prüfende Werkstück oder Werkzeug wird gegen die Antastfläche eines Tastkörpers einer erfindungsgemässen Vorrichtung geführt. Am Auftreffpunkt des Werkstücks/Werkzeugs auf der Antastfläche des Tastkörpers ergibt sich ein Winkel W zwischen der Tangentialebene der Antastfläche am Auftreffpunkt und der Richtung A der Bewegung des Werkstücks/Werkzeugs gegen den Tastkörper, wobei dieser Winkel W kleiner sein soll als 15° , vorzugsweise kleiner sein soll als 10° und insbesondere kleiner sein soll als 5° . Dies bedeutet, dass das Werkstück/Werkzeug im wesentlichen tangential an der Antastfläche einer erfindungsgemässen Vorrichtung vorbeigeführt wird. Die Bewegung des Werkstücks oder Werkzeugs gegen die Antastfläche des Tastkörpers erfolgt dabei so, dass bei einem masshaltigen Werkstück/Werkzeug eine elastische Verringerung des Abstands D zwischen dem Messfleck auf der Wegaufnehmerfläche des Tastkörpers und dem Wegaufnehmer ergibt, der unter 1 mm beträgt, vorzugsweise unter $500 \mu\text{m}$ beträgt und insbesondere unter $100 \mu\text{m}$ beträgt. Diese elastische Verringerung ΔD des Abstands D wird mittels des Wegaufnehmers und insbesondere mittels eines nachgeschalteten elektronischen Steuergeräts registriert. In einem weiteren

Verfahrensschritt wird die aufgenommene elastische Verringerung ΔD mit einem Referenzwert $\Delta D(\text{Referenz})$ verglichen, wobei dieser Referenzwert $\Delta D(\text{Referenz})$ ein masshaltiges Werkstück/Werkzeug charakterisiert. Das vermessene Werkstück/Werkzeug wird als „nicht masshaltig“ klassifiziert, wenn die aufgenommene elastische Verringerung ΔD um mehr als eine voreingestellte Toleranzgrenze $\delta D(\text{Toleranz})$ vom Referenzwert $\Delta D(\text{Referenz})$ abweicht.

[0020] Alternativ zu diesem Klassifikationsschritt kann die aufgenommene elastische Verringerung ΔD auch auf einer Anzeigeeinheit ausgegeben werden oder mittels einer geeigneten elektronischen Vorrichtung weiterverarbeitet werden.

[0021] Das Verfahren erzielt die gleiche Wirkung, wenn die erfindungsgemässe Vorrichtung gegen das auf Masshaltigkeit zu prüfende Werkstück oder Werkzeug verfahren wird. Der verfahrensgemässe kleine Winkel W am Auftreffpunkt kann wiederum erzielt werden entweder durch eine gekrümmte Antastfläche der erfindungsgemässen Vorrichtung oder eine gekrümmte Bahnführung beim Vorbeiführen der erfindungsgemässen Vorrichtung am zu prüfenden Werkstück/Werkzeug, insbesondere am Auftreffpunkt auf der Antastfläche.

[0022] Vorteilhaft ist auch hier, wenn der zugehörige Krümmungsradius R von Fläche oder Bahn grösser ist als 1 cm, vorzugsweise grösser ist als 5 cm und insbesondere grösser ist als 10 cm.

[0023] Als besonders günstig hat sich herausgestellt, wenn die aus der Berührung von Werkstück/Werkzeug und Antastfläche resultierende elastische Verringerung ΔD des Abstands D bei masshaltigem Werkstück/Werkzeug unter 1 mm beträgt, vorzugsweise unter $500 \mu\text{m}$ beträgt und insbesondere unter $100 \mu\text{m}$ beträgt.

[0024] Zur Aufnahme der elastischen Verringerung ΔD des Abstands D mittels des Wegaufnehmers hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn mittels des Wegaufnehmers ein Referenzwert D_1 aufgenommen wird, der im wesentlichen durch den nicht gestörten Abstand D zwischen dem Messfleck und dem Wegaufnehmer gegeben ist, wie er ausserhalb einer Berührung der Antastfläche mit einem Werkstück/Werkzeug gegeben ist. In einem weiteren Verfahrensschritt wird ein Maximalwert D_2 aufgenommen, der im wesentlichen durch den Extremwertabstands D während des Kontakts zwischen Werkstück/Werkzeug und Membran gegeben ist. Schliesslich wird die elastische Verringerung ΔD als Differenz zwischen D_1 und D_2 bestimmt.

[0025] Die erfindungsgemässe Vorrichtung zur Werkstück- oder Werkzeugmasskontrolle weist eine Reihe wesentlicher Vorteile auf. Der hochempfindli-

che Wegaufnehmer ist vor einem direkten mechanischen Kontakt mit dem zu prüfenden Werkstück/Werkzeug durch den zwischengeschalteten Tastkörper geschützt. Die Antastfläche des Tastkörpers kann für eine lange Standzeit der erfindungsgemässen Vorrichtung mit einer dauerhaften Beschichtung oder Härtung versehen werden. Durch die Einführung eines Tastkörpers zwischen dem Wegaufnehmer und dem zu prüfenden Werkstück/Werkzeug ergibt sich eine Referenzfläche, von der ausgehend eine Abweichung von einem vorgegebenen Sollmass besonders einfach festzustellen ist. Eine mikrometergenaue Positionierung der erfindungsgemässen Vorrichtung relativ zum zu prüfenden Werkstück/Werkzeug ist damit nicht länger erforderlich.

[0026] Die erfindungsgemässe Vorrichtung bestehend aus Tastkörper, Aufhängung und Wegaufnehmer kann so ausgeführt werden, dass der empfindliche Wegaufnehmer vollständig vom Tastkörper und der Aufhängung umschlossen wird. Dies kann beispielsweise realisiert werden, indem Tastkörper und Aufhängung als Doppelkalotte ausgeführt werden, welche ein Volumen umschliesst, in dem der Wegaufnehmer angeordnet wird. Auf diese Weise kann der empfindliche Wegaufnehmer sicher vor Verunreinigungen aller Art, wie sie für Materialbearbeitungsprozesse typisch sind, geschützt werden.

[0027] Da der Wegaufnehmer den Abstand zum Messfleck der Wegaufnehmerfläche berührungslos erfasst, kann kein mechanischer Verschleiss des Tastkörpers und/oder des Wegaufnehmers auftreten. Als besonders günstig hat sich herausgestellt, als berührungslosen Wegaufnehmer einen Analogwegaufnehmer zu verwenden. Ein solcher Analogwegaufnehmer beruht auf einer Wirbelstrommessung, die empfindlich vom Abstand eines leitfähigen Körpers von einer Induktionsspule abhängt. Da der Wegaufnehmer stets den gleichen Bereich der Wegaufnehmerfläche erfasst, nämlich den Messfleck, können Störungen des Messprozesses durch Inhomogenitäten im Material des zu prüfenden Werkstücks/Werkzeugs oder variierenden Abmessungen vollständig ausgeschlossen werden. Die Vorteile der erfindungsgemässen Vorrichtung bleiben auch erhalten, wenn andere, berührungslos arbeitende Wegaufnehmer zur Erfassung des Abstands D eingesetzt werden. Beispielhaft seien hier interferometrisch arbeitende Abstandsmessverfahren genannt.

[0028] Selbstverständlich können zur Auswertung der Messsignale des Wegaufnehmers weitere elektronische Verarbeitungseinrichtungen vorgesehen sein, insbesondere ein direkt nachgeschaltetes elektronisches Steuergerät, welches beispielsweise die bei einer Prüfung eines Werkstücks/Werkzeugs gemessene elastische Verformung ΔD anzeigt oder für eine Weiterverarbeitung ausgibt, oder auch die Abweichung der gemessenen elastischen Verformung

ΔD von einem Referenzwert δD (Referenz).

[0029] Die erfindungsgemässe Anordnung aus einer erfindungsgemässen Vorrichtung und einer Werkstück-/Werkzeugführung weist den weiteren Vorteil auf, dass eine definierte Berührung der Antastfläche des Tastkörpers mit dem Werkstück/Werkzeug realisiert wird, so dass sich eine geringstmögliche mechanische Beanspruchung sowohl der erfindungsgemässen Vorrichtung als auch des zu prüfenden Werkstücks/Werkzeugs ergibt. Auf diese Weise kann der Verschleiss so gering wie möglich gehalten und gleichzeitig eine maximale Messgenauigkeit realisiert werden.

[0030] Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht es, Werkzeuge/Werkstücke mit einer Genauigkeit von besser als $1 \mu\text{m}$ auf Masshaltigkeit zu prüfen, wobei das erfindungsgemässe Verfahren problemlos während eines laufenden Produktionsprozesses anzuwenden ist, da die dazu erforderlichen Vorrichtungen bzw. Anordnungen einfach in bestehende Produktionsanlagen zu integrieren sind. Weiterhin sind die erfindungsgemässe Vorrichtung und Anordnung sehr kostengünstig zu erstellen und erreichen hohe Standzeiten.

Ausführungsbeispiel

[0031] Weitere Merkmale und Vorteile der erfindungsgemässen Vorrichtung, der erfindungsgemässen Anordnung sowie des erfindungsgemässen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie den nun folgenden Ausführungsbeispielen, die nicht einschränkend zu verstehen sind und anhand der Zeichnung erläutert werden. In dieser zeigen:

[0032] Fig. 1: einen Schnitt durch eine erfindungsgemässe Vorrichtung in Seitenansicht,

[0033] Fig. 2: eine schematische Darstellung der geometrischen Verhältnisse bei der erfindungsgemässen Anordnung,

[0034] Fig. 3: eine schematische Darstellung einer ersten Realisierung einer erfindungsgemässen Anordnung,

[0035] Fig. 4: eine schematische Darstellung einer zweiten Realisierung einer erfindungsgemässen Anordnung,

[0036] Fig. 5: eine schematische Darstellung einer dritten Realisierung einer erfindungsgemässen Anordnung und

[0037] Fig. 6: eine erfindungsgemässe Vorrichtung integriert in einen Mehrspindeldrehautomaten in Seitenansicht.

[0038] Den Aufbau einer erfindungsgemässen Vorrichtung, im folgenden kurz Taster genannt, ist aus **Fig. 1** ersichtlich. Der Tastkörper **1** des Tasters ist als gewölbte Metallmembran ausgeführt. Insbesondere kann der Tastkörper **1** die Form eines Abschnitts einer Kugeloberfläche haben, wobei der Krümmungsradius der Kugel vorzugsweise im Bereich zwischen 5 und 50 cm liegt. Hierdurch ist der Krümmungsradius R_1 der Antastfläche **11** am Auftreffpunkt **111** bestimmt, der sich an zentraler Stelle auf der Antastfläche **11** befindet und an welchem die Berührung zwischen dem auf Masshaltigkeit zu prüfenden Werkstück/Werkzeug und dem Tastkörper **1** erfolgen soll. Die Antastfläche **11** kann zur Erhöhung ihrer Verschleissfestigkeit speziell behandelt sein, insbesondere oberflächengehärtet oder hartstoffbeschichtet sein. Insbesondere in der Umgebung des Auftreffpunkts **111** kann eine solche Oberflächenbehandlung vorgesehen sein.

[0039] Die Aufhängung **3** ist ebenfalls als Metallmembran ausgeführt, die die Form eines Abschnitts einer Kugeloberfläche aufweist. Der Radius dieser Kugel kann vergleichbar sein mit dem Krümmungsradius des Tastkörpers **1**. An der ringförmigen Berührungslinie zwischen Tastkörper **1** und Aufhängung **3** sind Tastkörper **1** und Aufhängung **3** miteinander verbunden, beispielsweise verschweisst. Diese Verbindung ist insbesondere so ausgeführt, dass sie vollständig dicht für Verunreinigungen wie Kühlschmiermittel oder Späne ist. In Sonderfällen kann auch eine vakuumfeste Verbindung realisiert werden. Tastkörper **1** und Aufhängung **3** bilden ein Gehäuse in Form einer Doppelkalotte. An zentraler Stelle der Aufhängung **3** ist eine Öffnung **32** vorgesehen, durch die das Gehäuse **22** eines Wegaufnehmers **2** hindurchgesteckt werden kann. In diesem Ausführungsbeispiel ist auf der Aussenfläche der Aufhängung **3** eine Mutter **31**, zentriert mit der Öffnung **32**, aufgelötet, sowie ein Aussengewinde auf dem Gehäuse **22** des Wegaufnehmers **2** vorgesehen, so dass der Wegaufnehmer **2** durch die Öffnung **32** gesteckt werden und mit seinem Aussengewinde mit der Mutter **31** verschraubt werden kann. Zusätzlich ist eine Kontermutter **23** vorgesehen, die die Mutter **31** auf dem Gehäuse **22** des Wegaufnehmers **2** fixiert. Durch entsprechende Ausführung des Wegaufnehmers **2**, insbesondere seines Gehäuses **22** sowie der erwähnten Verschraubung mit der von Tastkörper **1** und Aufhängung **3** gebildeten Doppelkalotte kann der empfindliche Wegaufnehmer **2** vollständig hermetisch umschlossen sein von seinem Gehäuse **22** sowie der aus Tastkörper **1** und Aufhängung **3** gebildeten Doppelkalotte. Aus dem Gehäuse **22** des Wegaufnehmers **2** ist eine Signalleitung **24** herausgeführt.

[0040] Der Wegaufnehmer **2** ist so in seinem Gehäuse **22** angeordnet, dass er einen mit „Messfleck“ **121** bezeichneten Bereich auf der Wegaufnehmerfläche **12** des Tastkörpers **1** erfasst. Der Abstand zwi-

schen Wegaufnehmer **2** und Messfleck **121** ist mit D bezeichnet. Wirkt am Auftreffpunkt **111** eine Kraft im wesentlichen in Normalrichtung auf die Antastfläche **11**, so ergibt sich daraus eine elastische Verformung ΔD des Abstands D . Besondere Vorteile ergeben sich, wenn in allen möglichen Realisierungen des Tasters darauf geachtet wird, dass bei Einwirken einer solchen Kraft am Auftreffpunkt **111** auf der Antastfläche **11** stets im wesentlichen derselbe Bereich der Wegaufnehmerfläche **12** vom Wegaufnehmer **2** erfasst wird, insbesondere stets der Messfleck **121**. Dies ist im gezeigten Ausführungsbeispiel mit hoher Genauigkeit erfüllt. Der Wegaufnehmer **2** ist als berührungsloser Analogwegaufnehmer ausgeführt. Dieser erfasst seinen Abstand D vom Messfleck **121** berührungslos mittels einer Induktionsmessung. Um die Genauigkeit der Abstandsmessung noch zu erhöhen, kann vorgesehen sein, auf dem Messfleck **121** der Wegaufnehmerfläche **12** ein zusätzliches Messelement **122** aufzubringen, welches für das gewählte Messverfahren des Wegaufnehmers **2** besonders günstige Eigenschaften aufweist. Im Falle eines berührungslosen Analogwegaufnehmers kann beispielsweise ein Metallscheibchen mit besonders günstigen elektrischen Eigenschaften als Messelement **122** verwendet werden. Analoges gilt auch bei Verwendung alternativer berührungsloser Wegaufnehmer, die auf anderen Abstandsmessverfahren beruhen. Insbesondere kann bei optischen Messverfahren das Messelement **122** mit besonders geeigneten optischen Eigenschaften versehen sein.

[0041] Zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens wird ein Werkstück/Werkzeug **4** in Pfeilrichtung gegen den Taster verfahren. Das Werkstück/Werkzeug **4** trifft im Bereich des Auftreffpunkts **111** im wesentlichen tangential auf die Antastfläche **11**, dabei sind Taster und Werkstück/Werkzeug **4** so relativ zueinander positioniert, dass sich bei masshaltigem Werkstück/Werkzeug **4** eine elastische Verformung ΔD des Abstands D von weniger als 1 mm, vorzugsweise von etwa 100 μm ergibt. Aufgrund des geringen Winkels W zwischen der Bewegungsrichtung A des Werkstücks/Werkzeugs und der Tangentialebene **112** im Auftreffpunkt **111** auf der Antastfläche **11** bewirkt die Berührung von Taster und Werkstück/Werkzeug praktisch nur eine solche Verformung der von Tastkörper **1** und Aufhängung **3** gebildeten Doppelkalotte, die in Richtung des Abstands D gerichtet ist. Durch die gewählte geringe elastische Verformung ΔD bei masshaltigem Werkstück/Werkzeug **4** ergibt sich nur ein ausserordentlich geringer Impulsübertrag vom Werkstück/Werkzeug **4** auf den Taster, so dass die mechanische Belastung sowohl von Werkstück/Werkzeug **4** als auch Taster gering bleiben. Dies erhöht einerseits die Messgenauigkeit, andererseits kann auf diese Weise der Verschleiss sowohl von Taster als auch von Werkstück/Werkzeug minimiert werden.

[0042] Der sich ergebende scharfe Rand an der Berührungslinie von Tastkörper **1** und Aufhängung **3** hat die weitere vorteilhafte Wirkung, dass eventuell am Werkstück/Werkzeug **4** anhaftende Späne, Grate oder ähnliches beim Vorbeiführen abgestriffen werden. Der Durchmesser des Tastkörpers **1** beträgt vorteilhafterweise einige Zentimeter beispielsweise 5 cm, so dass die abgestrieffenen Späne etc. zu ihrem Abstand vom Auftreffpunkt **111** abgestrieffen werden. Weiterhin ist der Tastkörper **1** vorzugsweise so angeordnet, dass die Antastfläche **11** senkrecht steht, so dass abgestrieffene Späne etc. durch die Schwerkraft herabfallen, insbesondere nicht auf der Antastfläche **11** liegen bleiben können.

[0043] Durch die Wahl der Materialien von Tastkörper **1** und Aufhängung **3** sowie deren jeweiliger Formgebung können die elastischen Eigenschaften der Kombination aus Tastkörper **1** und Aufhängung **3** in weiten Grenzen variiert und an die Erfordernisse des Mess- und Prüfvorgangs angepasst werden. Solange sichergestellt ist, dass das Werkstück/Werkzeug **4** so gegen den Taster bewegt wird, dass sich eine rein elastische Verformung der Anordnung aus Tastkörper **1** und Aufhängung **3** ergibt, erfolgt die Überprüfung der Masshaltigkeit des Werkstücks/Werkzeugs **4** praktisch völlig hysteresefrei.

[0044] Fig. 2 verdeutlicht die geometrischen Verhältnisse der erfindungsgemässen Anordnung. Gezeigt ist ein erfindungsgemässer Taster, gegen dessen Tastkörper **1** ein Werkstück/Werkzeug **4** bewegt wird, so dass sich mindestens an einem Auftreffpunkt **111** eine Berührung ergibt. Dabei wird das Werkstück/Werkzeug **4** längst der Werkstück-/Werkzeugbahn **51** geführt. Diese weist am Auftreffpunkt **111** einen lokalen Krümmungsradius R_2 auf. Zur Vereinfachung ist in Fig. 2 eine Bahn **51** gezeigt, die über ihre gesamten Länge einer Kreisbahn mit konstantem Radius R_2 entspricht. Am Auftreffpunkt **111** ist die Richtung der Bewegung des Werkstücks/Werkzeugs **4** durch den Vektor **A** gegeben, der durch einen Pfeil gekennzeichnet ist. Dieser Vektor **A** schliesst einen Winkel W mit der Tangentialebene **112** an die Antastfläche **11** im Auftreffpunkt **111** ein. Die Antastfläche **11** wiederum weist selbst eine lokale Krümmung im Auftreffpunkt **111** auf, deren Krümmungsradius mit R_1 bezeichnet ist. Zur Vereinfachung weist im gezeigten Beispiel die gesamte Antastfläche **11** eine einheitliche Krümmung mit dem Krümmungsradius R_1 auf.

[0045] Anhand von Fig. 2 kann das erfindungsgemässe Verfahren verdeutlicht werden. Das zu prüfende Werkstück/Werkzeug **4** und die Antastfläche **11** des Tastkörpers **1** werden relativ zueinander bewegt. Diese Relativbewegung wird mittels dazu geeigneter Vorrichtungen ausgeführt, die aus Fig. 2 nicht ersichtlich sind. Eine konkrete Realisierung ist aus Fig. 6 ersichtlich und wird im folgenden noch genau-

er beschrieben werden. Im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 2 wird das Werkzeug **4** gegen die Antastfläche **11** des Tastkörpers **1** bewegt. Eine gleiche Wirkung wird auch bei einer äquivalenten Bewegung der Antastfläche **11** gegen das zu prüfende Werkstück/Werkzeug **4** erreicht.

[0046] Der Tastkörper **1** ist Teil einer erfindungsgemässen Vorrichtung, kurz eines Tasters, wie er aus Fig. 1 ersichtlich ist. Die relative Bewegung von Werkstück/Werkzeug **4** und Taster erfolgt derart, dass sich am Auftreffpunkt **111** ein Winkel W zwischen der Tangentialebene **112** der Antastfläche **11** und der Richtung **A** der Relativbewegung von Taster und Werkstück/Werkzeug **4** ergibt, der kleiner ist als 15° , vorzugsweise kleiner ist als 10° , und insbesondere kleiner ist als 5° .

[0047] Durch die Berührung von Werkstück/Werkzeug und Taster ergibt sich eine elastische Verringerung ΔD des Abstands D zwischen dem Messfleck **121** und dem Wegaufnehmer **2**. Diese elastische Verringerung ΔD liegt bei einem masshaltigen Werkstück/Werkzeug **4** vorzugsweise unter $500 \mu\text{m}$, insbesondere unter $100 \mu\text{m}$. Die elastische Verringerung ΔD wird mittels des Wegaufnehmers **2** aufgenommen und gegebenenfalls mittels eines elektronischen Steuergeräts **21** ausgewertet.

[0048] In einer möglichen Ausgestaltung des erfindungsgemässen Verfahrens wird die im letzten Verfahrensschritt aufgenommene elastische Verringerung ΔD mit einem Referenzwert $\Delta D(\text{Referenz})$ verglichen, wobei dieser Referenzwert ein masshaltiges Werkstück/Werkzeug **4** charakterisiert. Das zu vermessende Werkstück/Werkzeug **4** wird als „nicht masshaltig“ klassifiziert, wenn die aufgenommene elastische Verringerung ΔD um mehr als eine voreingestellte Toleranzgrenze $\delta D(\text{Toleranz})$ vom Referenzwert $\Delta D(\text{Referenz})$ abweicht. Der Wert für $\delta D(\text{Toleranz})$ kann vorzugsweise von einem Benutzer vorgegeben werden und an die Anforderungen bezüglich der Masshaltigkeit des zu vermessenden Werkstücks/Werkzeugs **4** angepasst werden. Typische Werte liegen hier in der Grössenordnung von hundertstel Millimetern und darunter.

[0049] Alternativ zu dem Vergleich der gemessenen elastischen Verringerung ΔD mit einem Referenzwert und nachfolgender Klassifikation kann auch die gemessene elastische Verringerung ΔD auf einer Anzeigeeinheit ausgegeben werden oder auf einer geeigneten elektronischen Vorrichtung weiter verarbeitet werden.

[0050] Die Tatsache, dass zwischen dem Wegaufnehmer **2** und dem zu vermessenden Werkstück/Werkzeug **4** stets der Tastkörper **1** mit seiner Wegaufnehmerfläche **12** angeordnet ist, ermöglicht ein besonders einfaches Verfahren zur Ermittlung der

elastischen Verringerung ΔD . Hierzu wird ausserhalb einer Berührung von Werkstück/Werkzeug **4** und Tastkörper **1** ein Nullwert D_1 des Abstands D mittels des Wegaufnehmers **2** aufgenommen, der im wesentlichen durch den ungestörten Abstand zwischen Messfleck **121** auf der Wegaufnehmerfläche **12** und dem Wegaufnehmer **2** gegeben ist. Dies bedeutet, dass der Tastkörper **1** eine Referenzfläche darstellt. Weiterhin wird ein Maximalwert D_2 aufgenommen, der im wesentlichen durch den Extremwert des Abstands D während des Kontakts zwischen Werkstück/Werkzeug **4** und Tastkörper **1** gegeben ist. Schliesslich wird die elastische Verringerung ΔD als Differenz zwischen D_1 und D_2 bestimmt.

[0051] In einer regelmässig arbeitenden erfindungsgemässen Anordnung, in der nur für einen kurzen Zeitraum eine Berührung zwischen einem zu vermessenden Werkstück/Werkzeug **4** und dem Taster erfolgt, woran sich ein langes Zeitintervall anschliesst, indem der Taster keinen Kontakt mit einem zu prüfenden Werkstück/Werkzeug hat, kann der Nullwert D_1 besonders einfach bestimmt werden, in dem der über einen langen Zeitraum gemittelte Abstand zwischen Tastkörper **1** und Wegaufnehmer **2** herangezogen wird. Insbesondere können in diesen Zeitraum mehrere Kontakte zwischen Werkstück/Werkzeug **4** und Taster fallen.

[0052] **Fig. 3** zeigt, dass die erfindungsgemässe Anordnung sowie das erfindungsgemässe Verfahren beispielsweise dadurch realisiert werden können, dass das zu prüfende Werkstück/Werkzeug **4** auf einer Bahn **51** am Taster vorbeigeführt wird, die am Auftreffpunkt **111** einen Winkel W mit der Tangentialebene **112** einschliesst, der den genannten Anforderungen entspricht. Insbesondere ist dies gegeben, wenn das Werkstück/Werkzeug **4** tangential ($W = 0$) am Auftreffpunkt vorbeigeführt wird, wobei die Bahn **51** am Auftreffpunkt **111** einen endlichen lokalen Krümmungsradius R_2 aufweist. Dabei kann der Tastkörper **1** insbesondere so ausgeführt sein, dass die Antastfläche **11** im wesentlichen plan ist, also keine Krümmung am Auftreffpunkt **111** aufweist.

[0053] Wie aus **Fig. 4** ersichtlich ist, können die erfindungsgemässe Vorrichtung sowie das erfindungsgemässe Verfahren auch realisiert werden, wenn die Bahn der Relativbewegung von Werkstück/Werkzeug **4** und Taster keine lokale Krümmung am Auftreffpunkt **111** aufweist. In **Fig. 4** wird das Werkstück/Werkzeug linear gegen den Taster bewegt, so dass sich am Auftreffpunkt **111** eine gegenseitige Berührung ergibt. Insbesondere kann am Auftreffpunkt **111** der Vektor A in der Tangentialebene **112** liegen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel liegt die gesamte Bahn **51** in der Tangentialebene **112**. Dabei weist jedoch die Antastfläche **11** des Tastkörpers **1** zumindest am Auftreffpunkt **111** eine lokale Krümmung auf, die durch einen endlichen Krümmungsradius R_1 be-

schrieben wird.

[0054] Aus **Fig. 5** ist ersichtlich, dass die gleiche Wirkung erzielt werden kann, wenn der Taster gegen das zu vermessende Werkstück/Werkzeug **4** längs einer Tasterbahn **61** bewegt wird, die der Bahn **51** entspricht, wobei der Vektor der Bewegungsrichtung A zumindest am Auftreffpunkt **111** in der Tangentialebene **112** liegt. Insbesondere ist dies erfüllt, wenn die Bahn **61** vollständig in der Tangentialebene **112** verläuft.

[0055] **Fig. 6** zeigt einen erfindungsgemässen Taster integriert in einen Mehrspindeldrehautomaten. Eine tellerförmige Werkstück-/Werkzeugführung **5** ist um eine Drehachse **52** drehbar gelagert. Auf diesem Teller sind wiederum mehrere Werkstück-/Werkzeughalterungen **7** angeordnet, die einzeln um weitere Drehachsen **71** drehbar gelagert sein können. Entsprechend den Werkstück-/Werkzeughalterungen **7** auf der Werkstück-/Werkzeugführung **5** sind Bearbeitungsstationen **8** angeordnet, an denen einzelne Bearbeitungsschritte ausgeführt werden können. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist an einer Bearbeitungsstation **8** ein erfindungsgemässer Taster mittels einer starren Tasterhalterung **6** angebracht. Zwischen zwei Bearbeitungsschritten wird die Werkstück-/Werkzeugführung **5** um die Achse **52** gedreht, so dass sich ein zu bearbeitendes Werkstück **4** von einer Bearbeitungsstation **8** zur nächsten bewegt. Dabei wird das durch den Pfeil gekennzeichnete Werkstück **4** am erfindungsgemässen Taster vorbeigeführt, so dass sich eine Berührung zwischen Werkstück **4** und Tastkörper **1** ergibt, wie sie zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens erforderlich ist. Bei dieser Berührung ergibt sich eine elastische Verformung ΔD des Abstands D im Taster, welche mittels dem nachgeschalteten elektronischen Steuergerät **21** ausgewertet wird. Dieses elektronische Steuergerät **21** kann einen zusätzlichen Eingang aufweisen, mittels welchem ein Referenzwert $\Delta D(\text{Referenz})$ eingelesen oder eingestellt wird. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird die gemessene elastische Verformung ΔD vom elektronischen Steuergerät **21** ausgegeben und auf einem sogenannten Toolmonitor visualisiert. Dieser Toolmonitor zeichnet die Einfederung ΔD des Tasters während der Berührung als Messkurve auf. Wird eine Mindesteinfederung nicht erreicht, so gilt das Werkstück als zu kurz oder als in die Werkstückhalterung **7** zurückgeschoben. Überschreitet die elastische Verformung ΔD einen Maximalwert, so gilt das Werkstück als nicht ausreichend bearbeitet oder als in der Werkstückhalterung verschoben.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Werkstück- oder Werkzeugmaßkontrolle, bestehend aus:
 - a) einem einstückigen Tastkörper (1) mit einer vorder-

seitigen Antastfläche (11) und einer rückseitigen Wegaufnehmerfläche (12) mit einem darin liegenden Messfleck (121),

b) einem dem Messfleck (121) gegenüberliegend angeordneten berührungslos arbeitenden Wegaufnehmer (2),

c) einer Aufhängung (3), die den Tastkörper (1) mit dem Wegaufnehmer (2) mechanisch verbindet, wobei:

d) die Antastfläche (11) für einen mechanischen Kontakt mit einem auf Maßhaltigkeit zu prüfenden Werkstück/-zeug vorgesehen ist,

e) der Tastkörper (1) und/oder die Aufhängung (3) so ausgeführt sind, dass der Abstand zwischen dem Messfleck (121) und dem Wegaufnehmer (2) unter Einwirkung einer im wesentlichen in Richtung der Verbindungslinie Messfleck (121) – Wegaufnehmer (2) wirkenden Kraft auf die Antastfläche (11) elastisch verändert werden kann und

f) der Wegaufnehmer (2) so ausgeführt ist, dass er eine Änderung des Abstands D zwischen dem Messfleck (121) und dem Wegaufnehmer (2) registriert.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Tastkörper (1) als Membran in Form einer Kugelkalotte ausgebildet ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufhängung (3) als Membran in Form einer Kugelkalotte verbunden ist.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Antastfläche (11) verschleißfest ausgeführt ist.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Tastkörper (1) und die Aufhängung (3) ein Gehäuse bilden, in welchem der Wegaufnehmer (2) angeordnet ist und welches mit darin angeordnetem Wegaufnehmer (2) hermetisch verschlossen ist, so dass der Wegaufnehmer (2) beispielsweise vor Kühl-/Schmiermittel und Rückständen aus der Werkstückbearbeitung geschützt ist.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wegaufnehmer (2) als Analogwegaufnehmer ausgeführt ist.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Auswertung der vom Wegaufnehmer (2) registrierten Änderung des Abstands D ein elektronisches Steuergerät (21) vorgesehen ist.

8. Anordnung bestehend aus

a) einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und

b) einer Werkstück-/Werkzeugführung (5) zum Vorbeiführen eines Werkstücks/Werkzeugs am Tastkörper (1) längs einer kreisbogenförmigen Werkstück-/Werkzeugbahn (51),

c) wobei die Werkstück-/Werkzeugführung (5) dazu

eingerrichtet ist, ein auf Maßhaltigkeit zu prüfendes Werkstück/Werkzeug (4) so am Tastkörper (1) vorbeizuführen, dass das Werkstück/Werkzeug (4) die Antastfläche (11) mindestens an einem Auftreffpunkt (111) berührt und sich bei dieser Berührung eine elastische Verringerung des Abstands D zwischen Messfleck (121) und Wegaufnehmer (2) ergibt.

9. Anordnung bestehend aus

a) einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1,

b) einer Tasterführung (6) zum Vorbeiführen dieser Vorrichtung an einem auf Maßhaltigkeit zu prüfenden Werkstück/Werkzeug (4) längs einer Tasterbahn (61),

c) einer Werkstück-/Werkzeughalterung (7), in der das Werkstück/Werkzeug (4) insbesondere während des Vorbeiführens gehalten ist,

d) wobei die Tasterführung (6) dazu eingerichtet ist, die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 so am Werkstück/Werkzeug (4) vorbeizuführen, dass die Antastfläche (11) des Tastkörpers (1) das in der Werkstück/Werkzeughalterung (7) gehaltene Werkstück/Werkzeug (4) mindestens an einem Auftreffpunkt (111) berührt und sich bei dieser Berührung eine elastische Verringerung des Abstands (D) zwischen Membran (1) und Wegaufnehmer (2) ergibt.

10. Verfahren zur Werkstück- oder Werkzeugmaßkontrolle mittels einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1, welches auf der Aufnahme der elastischen Verringerung ΔD des Abstands D beruht, die folgenden Verfahrensschritte aufweisend:

a) Aufnahme eines Nullwerts D1, der im wesentlichen durch den ungestörten Abstand zwischen Messfleck (121) und Wegaufnehmer (2) gegeben ist,

b) Aufnahme eines Maximalwerts D2, der im wesentlichen durch den Extremwert des Abstands D während des Kontakts zwischen Werkstück/Werkzeug (4) und Antastfläche (11) gegeben ist, und

c) Bestimmung der elastischen Verringerung ΔD als Differenz zwischen D1 und D2.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

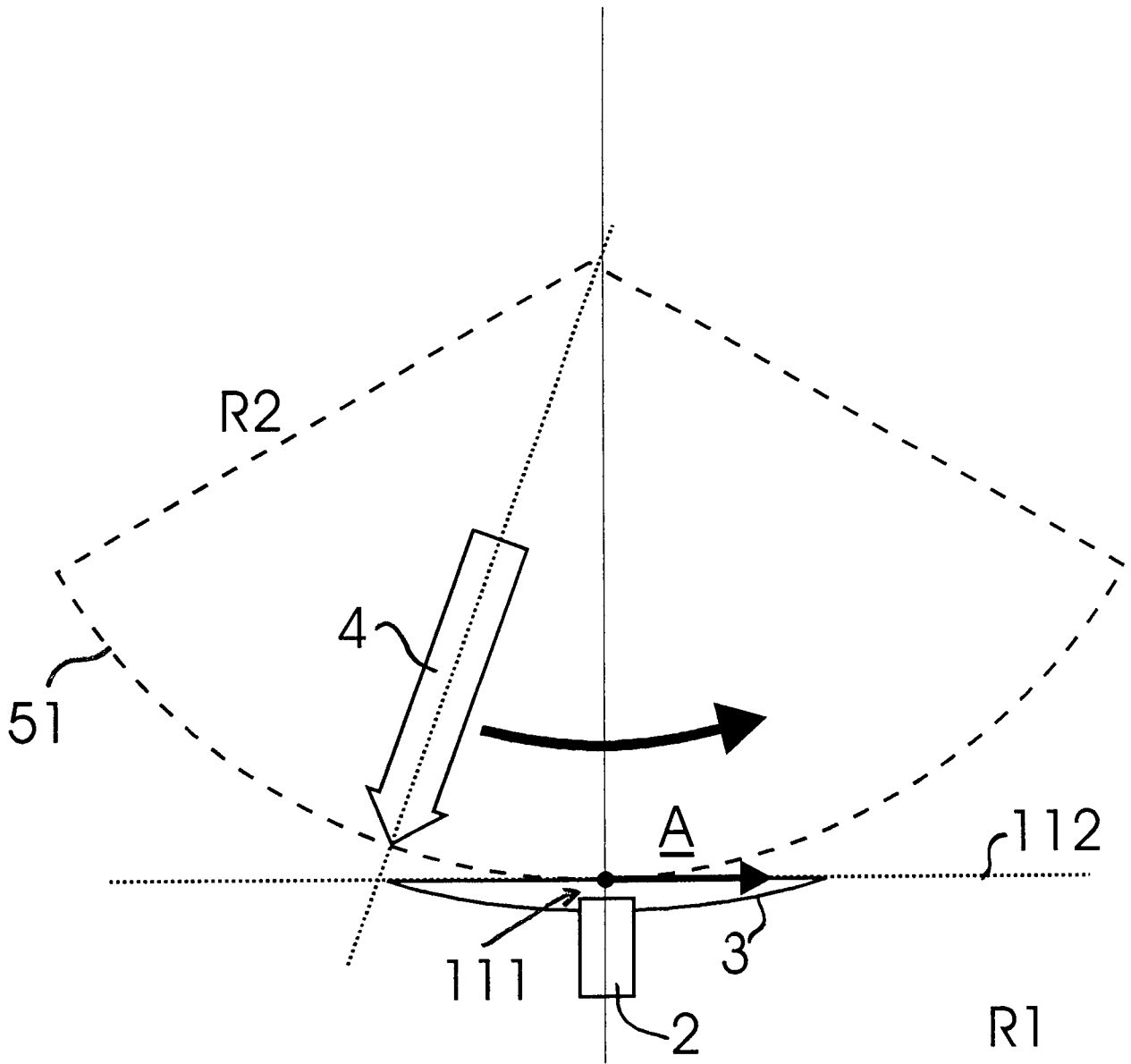


Fig. 3

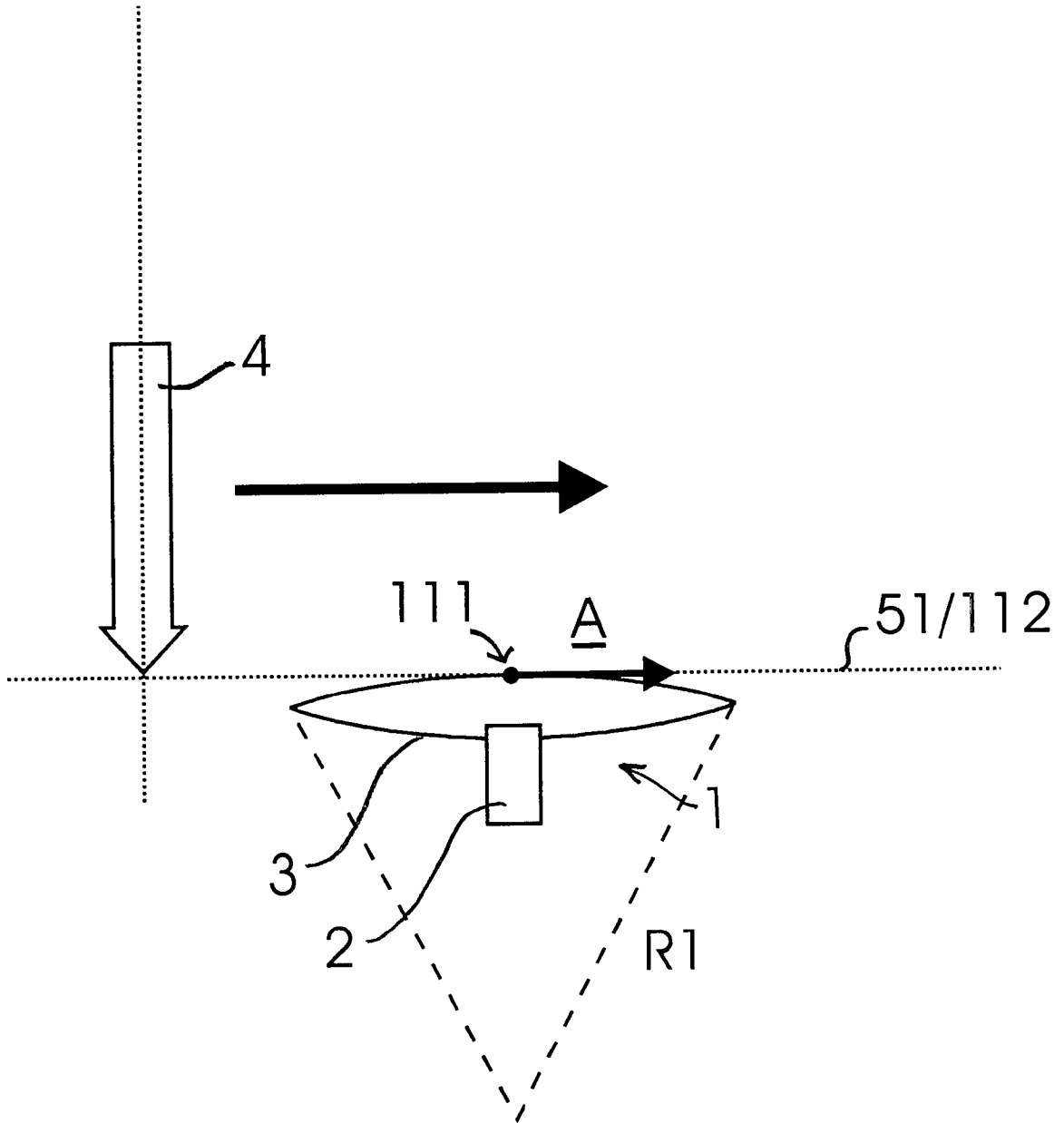


Fig. 4

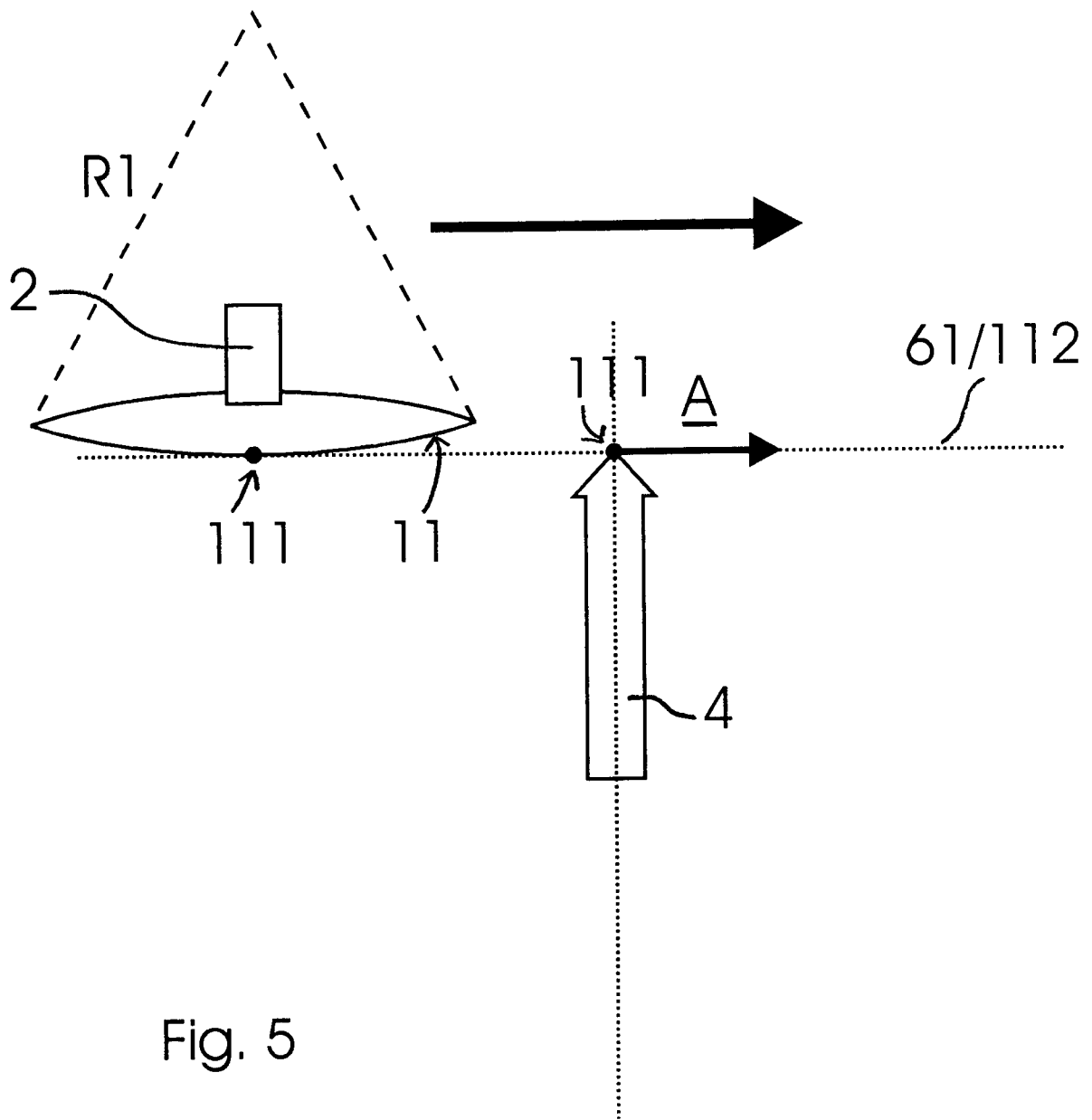


Fig. 5

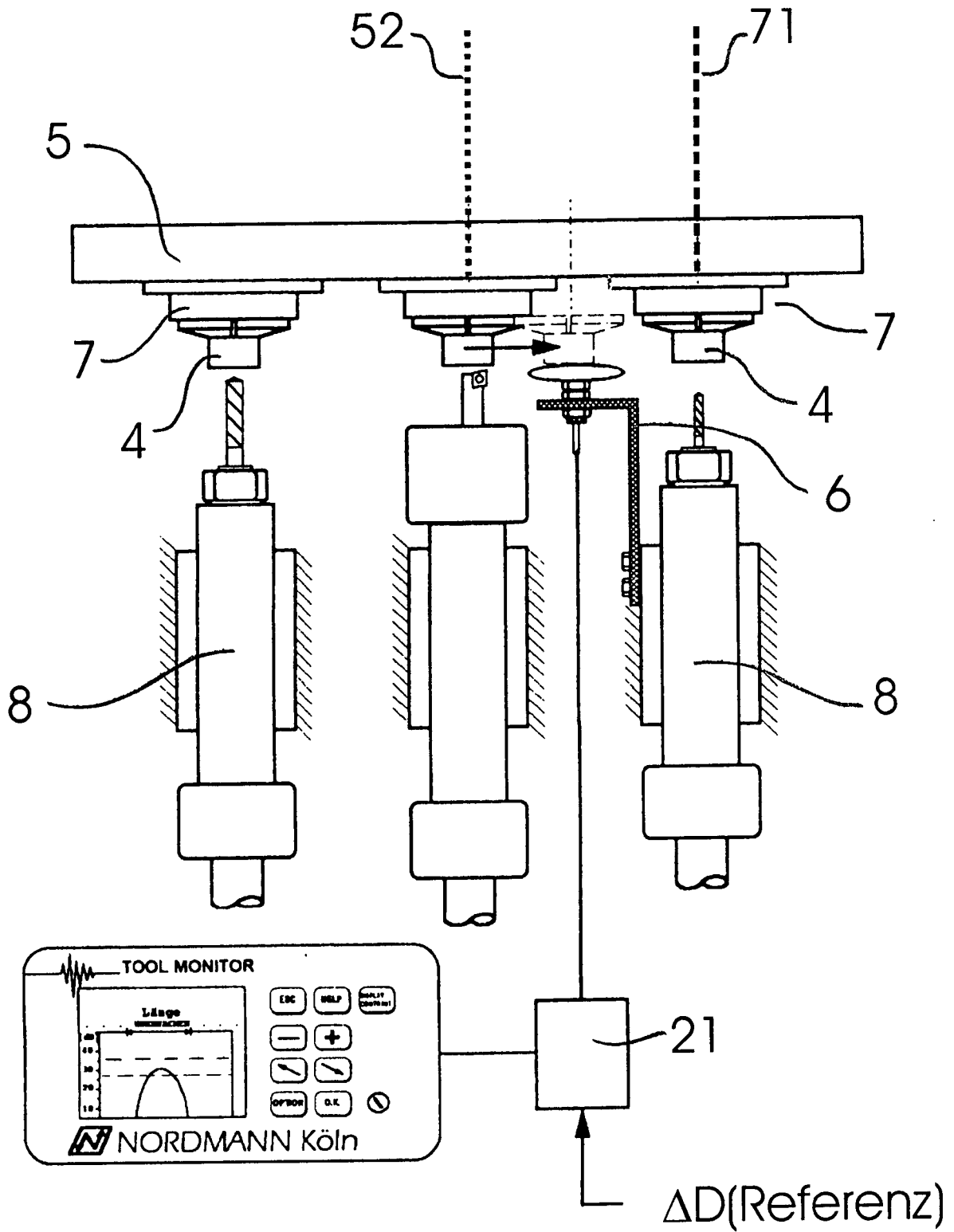


Fig. 6