



(10) **DE 10 2011 018 910 B4** 2015.02.26

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 018 910.6**
(22) Anmeldetag: **21.04.2011**
(43) Offenlegungstag: **25.10.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.02.2015**

(51) Int Cl.: **B23Q 1/38 (2006.01)**
B23C 1/20 (2006.01)

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Bundesrepublik Deutschland, vertr. d. d.
Bundesministerium für Wirtschaft und
Technologie, dieses vertr. d. d. Präsidenten der
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, 38116
Braunschweig, DE**

(74) Vertreter:
**GRAMM, LINS & PARTNER GbR, 38122
Braunschweig, DE**

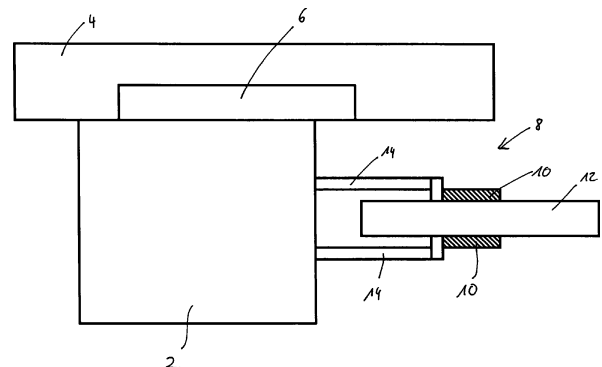
(72) Erfinder:
**Thomsen-Schmidt, Peter, Dr., 38108
Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	36 17 912	A1
DE	10 2005 052 314	A1
DE	603 06 923	T2
DD	2 65 986	A1
US	6 634 838	B2

(54) Bezeichnung: **Verfahrtisch sowie Verfahren zum Bewegen einer Arbeitsplatte**

(57) Hauptanspruch: Verfahrtisch, der eine luftgelagerte Arbeitsplatte (2) und eine Antriebseinrichtung (8) zum Bewegen der Arbeitsplatte (2) in einer ersten Richtung umfasst, die eine erste Kraftaufbringeinrichtung, die eine erste Tauchspule (10) mit einer magnetischen Struktur (12) umfasst, zum Aufbringen einer ersten Kraft auf die Arbeitsplatte (2) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebseinrichtung (8) eine zweite Kraftaufbringeinrichtung zum Aufbringen einer zweiten Kraft auf die Arbeitsplatte (2) umfasst, wobei die erste Kraft und die zweite Kraft einander entgegengerichtet sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verfahrtsch, der eine luftgelagerte Arbeitsplatte und eine Antriebseinrichtung zum Bewegen der Arbeitsplatte in einer ersten Richtung umfasst, die eine erste Kraftaufbringeinrichtung zum Aufbringen einer ersten Kraft auf die Arbeitsplatte umfasst. Die Erfindung betrifft zudem ein Verfahren zum Bewegen einer Arbeitsplatte eines Verfahrtsch in eine Sollposition.

[0002] Aus der DE 10 2005 052 314 A1 ist eine Anordnung bekannt, die insbesondere für Drehmaschinen zur Bearbeitung von optischen Werkstücken, wie beispielsweise Brillengläsern, geeignet ist. Dabei wird das eigentliche Werkzeug, das beispielsweise ein Drehmeißel sein kann, an einem luftgelagerten Schlitten angeordnet. Dieser verfügt über einen T-förmigen Querschnitt, wobei die einzelnen Flansch- und Stegflächen des T-Profiles planparallel zueinander ausgebildet sind, und die Lagerelemente paarweise an diesen Seiten des Profilsteges und des Profilflansches angeordnet sind. Die einander zugeordneten Lagerelemente weisen daher einen geringen Abstand voneinander auf, so dass insbesondere eine Ausdehnung des Schlittens aufgrund von Wärmeentwicklung keine großen Effekte auf die Qualität der Lagerung hat.

[0003] Die DE 603 06 923 T2 befasst sich mit einem Reaktionskraftübertragungssystem. Dabei sollen Störungen in der Bewegung einer Präzisionsmaschine vermieden oder behoben werden, die beim schnellen Beschleunigen oder Verzögern der Maschine entlang einer horizontalen Achse entstehen. Da eine dazu nötige Kraft eine gleich große Gegenkraft hervorruft, kommt es hier zu einer der eigentlich gewünschten Beschleunigung oder Verzögerung entgegengesetzten Bewegung anderer Teile der Maschine. Dies kann zu Schwingungen führen, die bis ins Maschinenfundament hineinreichen und so auch gegen Erschütterungen und Vibrationen empfindliche Vorrichtungen erfassen.

[0004] Die DD 265 986 A1, die DE 36 17 912 A1 und die US 6,634,838 B2 befassen sich mit Lösungen, durch die ein Werkstück- oder Werkzeugträger spielfrei angetrieben werden kann. Greifen mehrere Zahnräder ineinander, kommt es hier zu einem Spiel, das durch die Verwendung eines verspannten Antriebes behoben werden kann. Ein anzutreibendes Zahnrad wird über ein Antriebszahnrad angetrieben. Die Zähne der beiden Zahnräder greifen dabei ineinander. Zusätzlich zu dem Antriebszahnrad ist zu meist ein Bremszahnrad vorgesehen, dessen Zähne ebenfalls mit den Zähnen des anzutreibenden Zahnrades in Eingriff stehen. Das Bremszahnrad übt dabei ebenfalls eine Kraft auf das anzutreibende Zahnrad aus, die jedoch der durch das Antriebszahnrad aufgebracht Kraft entgegen wirkt. Auf diese Weise

wird erreicht, dass die Zähne des Antriebszahnrad mit den Zähnen des anzutreibenden Zahnrades immer an einer bestimmten Seitenkante der jeweiligen Zähne aneinander anliegen, so dass es nicht zu einem Spiel kommt, durch das die tatsächliche Position des anzutreibenden Zahnrades leicht variierbar wäre.

[0005] Heute ist es in vielen verschiedenen Anwendungsbereichen wichtig, eine Arbeitsplatte bereitzustellen, die sehr exakt positionierbar ist. Dabei ist es nicht nur wichtig, die Arbeitsplatte beispielsweise relativ zu einem weiteren Werkzeug sicher und genau zu positionieren, sondern auch die Arbeitsplatte in einer möglichst genau definierten Weise relativ zu diesem Werkzeug zu bewegen. So ist es beispielsweise bei einem Tastschnittmessgerät, mit dem eine Oberflächenrauheitsmessung durchgeführt werden kann, wichtig, in genau definierter Weise mit dem Taster des Messgerätes über die zu untersuchende Oberfläche zu fahren. Dabei wird in der Regel die Arbeitsplatte, auf der das Werkstück angeordnet ist, dessen Oberfläche zu untersuchen ist, bewegt, während der Taster selbst in Ruhe bleibt. Gleiches gilt beispielsweise für das Diamantfräsen mit dem beispielsweise Röntgenspiegel hergestellt werden. Dabei ist der rotierende Fräskopf der Diamantfräse meistens ortsfest und das zu bearbeitende Werkstück wird an ihm vorbei bewegt. Dies muss auf sehr exakte Art und Weise geschehen, um möglichst hochwertige Oberflächen herstellen zu können.

[0006] Eine sehr genaue Positionierung eines Werkstückes bzw. einer zu untersuchenden Probe relativ zu einem Taster ist beispielsweise auch bei Rasterkraftmikroskopen (AFM) nötig. Hierbei wird eine Spitze des Rasterkraftmikroskops sehr nah an die abzubildende Oberfläche herangeführt, ohne sie jedoch zu berühren. Das Werkstück, dessen Oberfläche untersucht werden soll, wird dann unterhalb dieser Abtastspitze des Rasterkraftmikroskopes bewegt. Um hier ein möglichst optimales Bild der Oberfläche zu erhalten, muss auch diese Bewegung sehr genau definiert und exakt ausgeführt sein. Dies gilt sowohl für die Richtung und die Länge einer Verschiebung des Werkstückes als auch für die Geschwindigkeit, mit der das Werkstück bewegt wird. Gleiches gilt beispielsweise für die Messung von Längen in der Metrologie oder die Halbleiterbelichtung. Hierbei werden Halbleiterwaver mittels einer Maske mit geeigneter Strahlung belichtet. Dies wird oftmals dergestalt ausgeführt, dass sich die Maske und der Waver in entgegengesetzten Richtungen aufeinander zu bewegen und in dem Moment, in dem sie sich deckungsgleich übereinander befinden, die eigentliche Belichtung stattfindet. Dazu muss selbstverständlich sowohl die Position des Wavers als auch die der Maske sehr genau eingehalten werden und zudem die Geschwindigkeit der beiden Bauteile exakt bekannt sein.

[0007] Um diese hohen Anforderungen an die Positionierbarkeit einer Arbeitsplatte erfüllen zu können, werden heute sogenannte Verfahrtsche verwendet, die über eine luftgelagerte Arbeitsplatte verfügen. Der Vorteil dabei ist, dass Reibungseffekte oder sogenannte „stick-slip“-Effekte vermieden werden. Wird eine Arbeitsplatte beispielsweise auf einem Kugellager gelagert, ist zum Bewegen der Arbeitsplatte eine gewisse Minimalkraft nötig, um Reibungseffekte zwischen den einzelnen Bauteilen des Kugellagers zu überwinden. In dem Moment, wo die zum Bewegen verwendete Kraft größer ist als diese Minimalkraft, kommt es zu einem minimalen Ruck in der Arbeitsplatte. Dies ist ein sogenannter „stick-slip“-Effekt. Um dies zu verhindern, können luftgelagerte Arbeitsplatten verwendet werden. Die Arbeitsplatte ist dabei auf wenigstens einem Luftlager gelagert, das an seiner Unterseite eine polierte Fläche aufweist. Auch die Fläche, auf der das Luftlager gelagert ist, ist glatt geschliffen. An der Unterseite des Luftlagers befinden sich Austrittsöffnungen, durch die Luft ausströmt. Dadurch wird die Arbeitsplatte so gut wie reibungsfrei auf einem Luftkissen gelagert. Damit führen selbst kleinste Kräfte, die auf die Arbeitsplatte wirken, zu einer Bewegung, so dass keine minimale Kraft überschritten werden muss. Oftmals werden diese Luftlager durch ein Vakuum vorgespannt. Dabei wird in der Mitte des Lagers an der Unterseite die austretende Luft wieder abgesaugt.

[0008] Um die Vorteile, die die quasi reibungsfreie Lagerung der Arbeitsplatte liefert, nicht bei der Antriebseinrichtung zum Bewegen der Arbeitsplatte wieder zu verlieren, sollte auch diese quasi reibungsfrei gelagert sein. Hierbei ist aus dem Stand der Technik bekannt, einen Tauchspulenantrieb zu verwenden. Dabei ist die eigentliche Tauchspule beispielsweise fest mit der Arbeitsplatte verbunden. Die Tauchspule umhüllt dabei eine magnetische Struktur. Wird nun ein Strom durch die Tauchspule geleitet, bewegt sich die Spule entlang der sich in ihr befindenden magnetischen Struktur. Hierbei muss es keine mechanische Berührung zwischen den einzelnen Bauteilen geben. Ist die magnetische Struktur beispielsweise fest mit dem Fußboden oder einem anderen Bauteil verbunden, bewegt sich die Arbeitsplatte relativ zu diesem Bauteil.

[0009] Die quasi reibungsfreie Lagerung der Arbeitsplatte sowie der Antriebseinrichtung hat jedoch auch Nachteile. Da jede noch so kleine Kraft, die auf die Arbeitsplatte wirkt, zu einer Bewegung der Arbeitsplatte führt, ist es durch diese reibungsfreie Lagerung sehr viel schwieriger geworden, die Arbeitsplatte an einer einmal gefundenen Position statisch festzuhalten. Es muss also immer gegen eine Bewegung gegengesteuert werden. Dies stellt höchste Anforderungen an das Messsystem, das eine Bewegung der Arbeitsplatte aufnimmt und die Regelung innerhalb der Bewegungssteuerung eines derartigen Verfahrtsches.

[0010] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, durch die Tauchspule einen Strom zu leiten, der mittels einer pulsweitenmodulierten Endstufe angesteuert wird. Dies bedeutet eine binäre Steuerung des durch die Tauchspule fließenden Stroms. Eine derartige Pulsweitenmodulation kann sehr schnell arbeiten. Daher wird im Stand der Technik davon ausgegangen, dass der zu steuernde Verfahrtsch bzw. die luftgelagerte Arbeitsplatte aufgrund ihrer relativ großen trägen Masse von der schnellen Modulation nicht beeinträchtigt wird. Daher werden relativ große träge Massen von beispielsweise 12 kg für die luftgelagerte Arbeitsplatte verwendet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass selbst bei schneller pulsweitenmodulierter Steuerung, beispielsweise mit einer Modulationsfrequenz von bis zu 300 kHz ein feines Knistern im Bereich der Tauchspule hörbar wird, das sich auf die Position der Arbeitsplatte überträgt. So konnte nachgewiesen werden, dass die Positionsungenauigkeit bei eingeschaltetem Tauchspulenantrieb signifikant größer wird.

[0011] Anstatt den Strom, der durch die Tauchspule geleitet wird, pulsweitenmoduliert zu steuern, kann auch eine analoge Ansteuerung der Spule gewählt werden. Dabei kann Strom unterschiedlichster Stromstärken durch die Spule geleitet werden. Anders als bei der binären pulsweitenmodulierten Ansteuerung, bei der nur zwei Werte der Stromstärke zugelassen sind. Daher arbeitet eine analoge Ansteuerung der Tauchspule ruhiger als die schnelle pulsweitenmodulierte Technik, hat jedoch den Nachteil, dass sich diese Art der Regelung relativ schnell aufschaukeln kann. Dies gilt insbesondere für einen Verfahrtsch mit einer quasi reibungsfrei gelagerten Arbeitsplatte. Ein derartiges Aufschaukeln führt jedoch zur sofortigen Zerstörung des Gesamtsystems, so dass dieses Antriebskonzept aus nahe liegenden Gründen im Stand der Technik nicht weiterverfolgt wurde.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Verfahrtsch sowie ein Verfahren zum Bewegen einer Arbeitsplatte eines Verfahrtsches vorzuschlagen, mit dem die Nachteile aus dem Stand der Technik vermieden oder zumindest verringert werden.

[0013] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch einen Verfahrtsch, der eine luftgelagerte Arbeitsplatte und eine Antriebseinrichtung zum Bewegen der Arbeitsplatte in einer ersten Richtung umfasst, die eine erste Kraftaufbringeinrichtung, die eine erste Tauchspule mit einer magnetischen Struktur umfasst, zum Aufbringen einer ersten Kraft auf die Arbeitsplatte umfasst, der sich dadurch auszeichnet, dass die Antriebseinrichtung eine zweite Kraftaufbringeinrichtung zum Aufbringen einer zweiten Kraft auf die Arbeitsplatte umfasst, wobei die erste Kraft und die zweite Kraft einander entgegengerichtet sind. Die An-

triebseinrichtung eines erfindungsgemäßen Verfahrtschiffes verfügt folglich über zwei Möglichkeiten, eine Kraft auf die Arbeitsplatte aufzubringen. Dabei werden die beiden Kräfte in entgegengesetzten Richtungen auf die Arbeitsplatte aufgebracht, so dass diese in Position gehalten wird, wenn die beiden Kräfte betraglich identisch sind.

[0014] Mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der ersten Kraftaufbringeinrichtung werden die Vorteile der berührungslosen Lagerung erreicht, so dass auch im Bereich der ersten Kraftaufbringeinrichtung der Antriebseinrichtung des Verfahrtschiffes keine Reibung auftritt. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, durch die erste Tauchspule einen Gleichstrom zu leiten, der für eine konstante Kraft sorgt, die auf die magnetische Struktur, die sich in der Tauchspule befindet, wirkt.

[0015] Bevorzugt umfasst die zweite Kraftaufbringeinrichtung eine zweite Tauchspule mit einer magnetischen Struktur. Auch durch diese Spule kann nun ein Gleichstrom geleitet werden, der für eine zeitlich konstante Kraft auf die magnetische Struktur sorgt. Je nachdem, wie groß die erste Kraft und die zweite Kraft gewählt werden, bewegt sich die Arbeitsplatte in die eine oder in die andere Richtung oder wird in Position gehalten. Dies funktioniert natürlich auch mit jeder anderen Art der Kraftaufbringeinrichtung. So ist es beispielsweise denkbar, als eine Kraftaufbringeinrichtung eine mechanische Feder vorzusehen, die ebenfalls eine permanente Kraft in eine erste Richtung auf die Arbeitsplatte ausübt.

[0016] Dadurch, dass nun beispielsweise durch die erste Kraftaufbringeinrichtung permanent eine Kraft auf die Arbeitsplatte ausgeübt wird, muss die von der zweiten Kraftaufbringeinrichtung aufgebrachte Kraft so eingestellt werden, dass sie betraglich der ersten Kraft exakt entspricht, sofern die Arbeitsplatte in Position gehalten werden soll. Wird für die zweite Kraftaufbringeinrichtung eine zweite Tauchspule verwendet, die eine magnetische Struktur umhüllt, ändert sich bei dieser Regelung das Vorzeichen des durch die Spule fließenden Stromes nicht mehr. Lediglich die Größe bzw. die Stromstärke des fließenden Stroms wird auf den gewünschten Sollwert eingestellt. Damit ist ein Aufschaukeln der Anordnung wirksam ausgeschlossen, so dass eine analoge Steuerung des Spulenstroms möglich ist. Damit wird die rauschbehaftete pulsweitenmodulierte Steuerung überflüssig und diese Rauschquelle wirksam eliminiert.

[0017] Zudem ist es durch eine leichte Erhöhung oder Verringerung des durch eine der beiden Spulen fließenden Stromes möglich, einfach und präzise und insbesondere reibungs- und rauscharm die Position der Arbeitsplatte zu verändern. Wird die durch die zweite Kraftaufbringeinrichtung auf die Arbeitsplatte

aufgebrachte zweite Kraft etwas kleiner gewählt als die durch die erste Kraftaufbringeinrichtung auf die Arbeitsplatte aufgebrachte erste Kraft, bewegt sich die Arbeitsplatte in die Richtung, in die die erste Kraft wirkt. Bei einer etwas größeren zweiten Kraft bewegt sie sich in die andere Richtung. So ist eine exakte Positionierung und Bewegung reibungs- und rauscharm einfach zu erreichen.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform umfassen die erste Kraftaufbringeinrichtung und die zweite Kraftaufbringeinrichtung die gleiche magnetische Struktur. Diese erstreckt sich folglich sowohl durch die erste Tauchspule als auch durch die zweite Tauchspule. Damit ist eine besonders platzsparende und konstruktiv einfache Ausgestaltung eines Verfahrtschiffes möglich.

[0019] Dabei ist die erste Tauchspule und/oder die zweite Tauchspule starr mit der Arbeitsplatte verbunden. Alternativ dazu können auch eine oder beide der Tauchspulen starr mit dem Rest des Verfahrtschiffes verbunden sein, während die magnetische Struktur starr mit der Arbeitsplatte verbunden ist. Für die Verwendung des Tauchspulenantriebs ist es folglich lediglich wichtig, dass ein Element der Antriebseinheit, die aus der Tauchspule und der magnetischen Struktur besteht, fest mit der Arbeitsplatte verbunden ist, während das jeweils andere Element mit dem Rest, beispielsweise der Grundplatte, des Verfahrtschiffes verbunden ist. Wird durch die Tauchspule ein elektrischer Strom geleitet, kommt es zu einer Relativbewegung der beiden Elemente der Antriebseinheit und somit auch zu einer Verschiebung der Arbeitsplatte relativ zum Rest des Verfahrtschiffes.

[0020] Bei der Ausgestaltung des Tauchspulenantriebes stehen ebenfalls verschiedene Möglichkeiten offen. Die Tauchspule kann sowohl die magnetische Struktur umhüllen, also außen um die magnetische Struktur herum angeordnet werden, als auch im Inneren der magnetischen Struktur geführt werden. In beiden Fällen wird eine Berührung zwischen der magnetischen Struktur und der Tauchspule verhindert, so dass eine berührungslose Lagerung und eine berührungslose Verschiebung der beiden Elemente des Tauchspulenantriebs relativ zueinander gewährleistet bleiben.

[0021] Als vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn der Verfahrtschiff wenigstens einen Positionssensor zum Ermitteln der Position der Arbeitsplatte umfasst sowie eine elektrische Regelung, die beispielsweise eine Computer umfasst, aufweist, die eingerichtet ist, die erste Kraftaufbringeinrichtung und/oder die zweite Kraftaufbringeinrichtung derart einzustellen, dass die Arbeitsplatte durch die erste Kraft und die zweite Kraft in eine Sollposition gebracht wird. Dies umfasst sowohl das Halten der Arbeitsplatte in einer bereits erreichten Position als auch das Bewegen der

Arbeitsplatte in eine neue Position bzw. mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit in eine bestimmte Richtung. Ein derartiger Positionssensor kann beispielsweise ein optischer Linearencoder sein. Vorteilhafterweise weist dieser eine besonders gute Auflösung, beispielsweise 0,125 nm auf. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die Position der Arbeitsplatte genau und sicher feststellbar ist, so dass die elektrische Regelung, die beispielsweise den durch die erste Tauchspule und durch die zweite Tauchspule geleiteten elektrischen Strom regelt, die durch die erste Kraftaufbringeinrichtung und die zweite Kraftaufbringeinrichtung aufgebrauchte erste Kraft bzw. zweite Kraft genau einstellen kann.

[0022] Alternativ dazu ist es beispielsweise auch denkbar, die von der ersten Kraftaufbringeinrichtung oder der zweiten Kraftaufbringeinrichtung auf die Arbeitsplatte aufgebrauchte Kraft von der Position der Arbeitsplatte abhängig zu machen. Dies lässt sich besonders einfach realisieren, wenn eine der beiden Kraftaufbringeinrichtungen in Form einer mechanischen Feder ausgebildet wird. Die von der Feder aufgebrauchte Kraft ist abhängig von dem Grad der Verformung der Feder, die beispielsweise in einer Stauchung oder Streckung bestehen kann. Damit ist die Federkraft unmittelbar von der Position der Arbeitsplatte abhängig. Alternativ dazu ist es beispielsweise auch möglich, den durch eine der beiden Tauchspulen geleiteten elektrischen Strom beispielsweise als lineare Funktion der Position der Arbeitsplatte einzustellen. Auf diese Weise kann auch der anliegende Strom als Positionssensor verwendet werden. Da der Zusammenhang zwischen der Position der Arbeitsplatte und dem durch eine der beiden Tauchspulen fließenden Stroms bekannt ist, kann aus dem gemessenen Strom auf die Position rückgeschlossen werden.

[0023] Die Antriebseinrichtung, die die beiden Kraftaufbringeinrichtungen umfasst, kann die Arbeitsplatte in einer ersten Richtung bewegen. Dabei bedeutet ein Bewegen in einer Richtung sowohl ein Hin- als auch ein wieder Zurückbewegen. Für viele Anwendungen ist es jedoch vorteilhaft, wenn über die Oberfläche einer Probe oder eines Werkstückes in zwei Dimensionen gescannt werden kann. Für diese Fälle ist es vorteilhaft, wenn der Verfahrtisch eine zweite Antriebseinrichtung zum Bewegen der Arbeitsplatte in einer zweiten Richtung umfasst. Diese kann baugleich mit der ersten Antriebseinrichtung ausgestaltet sein. Um auch in dieser Richtung ein möglichst rausch- und reibungsarmes Verhalten zu garantieren, ist es jedoch auch dann, wenn die beiden Antriebseinrichtungen nicht baugleich sind, von Vorteil, wenn beide über jeweils zwei Kraftaufbringeinrichtungen verfügen, durch die jeweils eine Kraft auf die Arbeitsplatte aufbringbar ist. Die beiden Kraftaufbringeinrichtungen einer jeden Antriebseinrichtung bringen dabei Kräfte auf, die jeweils einander entgegengerichtet

sind. Damit werden die Vorteile der vorliegenden Erfindung in beiden Raumrichtungen voll ausgenutzt.

[0024] Als insbesondere vorteilhaft hat sich herausgestellt, wenn die erste Richtung und die zweite Richtung, in der die erste Antriebseinrichtung und die zweite Antriebseinrichtung die Arbeitsplatte bewegen kann, senkrecht aufeinander stehen. Damit ist ein besonders einfaches und unkompliziertes Scannen der Oberfläche des Werkstückes bzw. der Probe möglich. Natürlich ist jedoch auch jeder andere Winkel zwischen den beiden Richtungen denkbar, sofern sie nicht parallel zueinander ausgerichtet sind.

[0025] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Bewegen einer Arbeitsplatte eines Verfahrtisches in eine Sollposition umfasst die folgenden Schritte:

- a) Aufbringen einer ersten Kraft auf die Arbeitsplatte;
- b) Aufbringen einer zweiten Kraft auf die Arbeitsplatte, wobei die erste Kraft der zweiten Kraft entgegengerichtet ist,
- c) Einstellen der ersten Kraft und der zweiten Kraft derart, dass sich die Arbeitsplatte in die Sollposition bewegt.

[0026] Besonders vorteilhafterweise werden die Verfahrensschritte a) und b) gleichzeitig durchgeführt, so dass sowohl die erste Kraft als auch die zweite Kraft gleichzeitig auf die Arbeitsplatte aufgebracht werden. Damit kann verhindert werden, dass die Arbeitsplatte an einen an einer Seite vorgesehen Anschlag anschlägt, was zu Erschütterungen und im schlimmsten Fall zu Beschädigungen des Aufbaus führen kann.

[0027] Durch einen oben beschriebenen Verfahrtisch ist es möglich, die Arbeitsplatte beispielsweise mit Geschwindigkeiten von 0,1 bis 0,5 mm/s zu bewegen. Werden als Kraftaufbringeinrichtungen Tauchspulen verwendet, hat dies den zusätzlichen Vorteil, dass keine Führungsfehler entstehen, da diese Tauchspulen keine seitwärts gerichteten Kräfte auf die Arbeitsplatte aufbringen. Ein oben beschriebener Verfahrtisch kann beispielsweise Teil einer Diamantfräsvorrichtung sein, mit der mittels einer Diamantfräse eine Struktur in die Oberfläche eines Werkstückes eingefräst wird. Ein derartiger Verfahrtisch kann jedoch auch Teil eines Rasterkraftmikroskops sein, in dem die Arbeitsplatte des Verfahrtisches als Unterlage für eine zu untersuchende Probe verwendet wird. Damit kann mittels des Verfahrtisches die Probe sehr exakt und insbesondere rausch- und reibungsarm unter der Spitze (tip) des Rasterkraftmikroskops angeordnet werden. Zudem kann der Verfahrtisch Teil einer Halbleiterbelichtungseinrichtung sein. Hier kann es insbesondere von Vorteil sein, wenn der Verfahrtisch derart ausgebildet ist, dass die Arbeitsplatte in zumindest einer Richtung sehr weit verschoben werden kann, um zu gewährleisten, dass

beispielsweise ein Halbleiterwaver und eine Maske, durch die der Waver mit geeigneter Strahlung be-
lichtet wird, aufeinander zu laufen und erst in dem
Moment die Belichtung stattfindet, wenn beide de-
ckungsgleich übereinander liegen. Natürlich kann ein
derartiger Verfahrtsch auch Teil eines Tastschnitt-
messgerätes sein, mit dem die Oberflächenstruktur
und insbesondere die Rauheit einer Oberfläche eines
Werkstückes ermittelt werden kann. Bei diesen
Vorrichtungen wird, ähnlich einem Plattenspieler, eine
Nadel oder ein Taster mechanisch auf die Ober-
fläche des zu untersuchenden Werkstückes gesetzt.

[0028] Anschließend wird mit mittels der bewegli-
chen Arbeitsplatte des Verfahrtsches das Werkstück
bzw. die Probe unter dem Tastelement des Messgerä-
tes bewegt, so dass die Struktur und insbesondere
die Rauheit der Oberfläche durch das Tastelement
aufgenommen werden kann.

[0029] Mit Hilfe einer Zeichnung wird nachfolgend
ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung
näher erläutert. Es zeigt:

[0030] Fig. 1 – eine schematische Darstellung eines
Verfahrtsches gemäß dem Stand der Technik,

[0031] Fig. 2 die schematische Darstellung eines
Verfahrtsches gemäß einem ersten Ausführungsbei-
spiel der vorliegenden Erfindung und

[0032] Fig. 3 – eine schematische Darstellung eines
Verfahrtsches gemäß einem weiteren Ausführungs-
beispiel der vorliegenden Erfindung.

[0033] Fig. 1 zeigt eine schematische Draufsicht auf
einen Verfahrtsch gemäß dem Stand der Technik.
Der Verfahrtsch verfügt über eine luftgelagerte Ar-
beitsplatte 2, die im gezeigten Ausführungsbeispiel
nach rechts und links bewegbar ist. Diese Bewe-
gung erfolgt entlang eines Führungslineals 4. Dabei
wird die aktuelle Position der Arbeitsplatte 2 relativ
zum Führungslineal 4 mittels eines Positionssensors
6, der beispielsweise als Linearencoder ausgestaltet
sein kann, ermittelt. Eine elektrische Steuerung, die in
Fig. 1 nicht gezeigt ist, ist eingerichtet, um die ermit-
telten Positionsdaten mit Sollwerten zu vergleichen
und eine Antriebseinrichtung 8 so anzusteuern, dass
die Arbeitsplatte 2 sich in die Sollposition bewegt.

[0034] Dafür umfasst die Antriebseinrichtung 8 eine
Kraftaufbringeinrichtung, die in Fig. 1 in Form einer
schematisch dargestellten ersten Tauchspule 10
ausgebildet ist. In dieser erstreckt sich eine magne-
tische Struktur 12. Wird nun ein elektrischer Strom
durch die erste Tauchspule 10 geleitet, führt dies
zu einer Bewegung zwischen der ersten Tauchspule
10 und der magnetischen Struktur 12. Da die erste
Tauchspule 10 über eine Befestigung 14 an der Ar-
beitsplatte 2 befestigt ist, während die magnetische

Struktur 12 über eine nicht gezeigte Befestigung bei-
spielsweise mit dem Fußboden oder dem Rest des
Verfahrtsches, beispielsweise dem Führungslineal 4
verbunden ist, führt die Bewegung der ersten Tauch-
spule 10 relativ zu der magnetischen Struktur 12 auch
zu einer Bewegung der Arbeitsplatte 2 relativ zum
Führungslineal 4.

[0035] Fig. 2 zeigt einen Verfahrtsch gemäß einem
ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfin-
dung. Auch dieser Verfahrtsch verfügt über eine Ar-
beitsplatte 2, die insbesondere luftgelagert ist. Die
Verschiebung erfolgt wieder entlang eines Führungs-
lineals 4, und wird über einen Positionssensor 6, der
die von ihm ermittelten Positionsdaten an eine elek-
trische Steuerung oder Regelung weiterleitet, über-
wacht. Anders als der in Fig. 1 gezeigte Verfahrtsch
gemäß dem Stand der Technik weist der in Fig. 2 ge-
zeigte Verfahrtsch eine Antriebseinrichtung 8 auf, die
eine erste Tauchspule 10 und eine zweite Tauchspu-
le 16 umfasst. Beide sind im gezeigten Ausführungs-
beispiel über Befestigungen 14 mit der Arbeitsplatte 2
fest verbunden. Sowohl in der ersten Tauchspule 10
als auch in der zweiten Tauchspule 16 befindet sich
jeweils eine magnetische Struktur 12.

[0036] Sowohl die erste Tauchspule 10 als auch die
zweite Tauchspule 16 sind in der Lage, eine Kraft
auf die Arbeitsplatte 2 auszuüben, sofern durch die
erste Tauchspule 10 und die zweite Tauchspule 16
ein Strom fließt. Eine der beiden Tauchspulen 10,
16, beispielsweise die erste Tauchspule 10 wird bei-
spielsweise mit einem konstanten Gleichstrom betrie-
ben. Der durch die zweite Tauchspule 16 fließende
Strom, muss, sofern sich die Arbeitsplatte 2 nicht be-
wegen soll, so geregelt werden, dass die von der
zweiten Tauchspule 16 auf die magnetische Struktur
12 übertragene Kraft betraglich genauso groß ist, wie
der von der ersten Tauchspule 10 übertragene Kraft.

[0037] Kommt es nun zu Abweichungen der Position
der Arbeitsplatte relativ zum Führungslineal 4 im Ver-
gleich zur Sollposition, kann durch eine nicht gezeig-
te elektrische Steuerung der Strom durch die zwei-
te Tauchspule 16 so angepasst werden, dass die Ar-
beitsplatte 2 sich entlang des Führungslineals 4 ver-
schiebt, bis sie sich in der Sollposition befindet. Da-
bei kann der durch die zweite Tauchspule 16 fließe-
nde Strom entweder erhöht oder verringert werden, je
nachdem, in welche Richtung die Arbeitsplatte 2 ent-
lang des Führungslineals 4 verschoben werden soll.

[0038] Dabei ist jedoch das Vorzeichen des durch
die zweite Tauchspule 16 fließenden Stroms immer
dasselbe. Ein Aufschaukeln des Systems ist daher
wirksam ausgeschlossen. Daher kann die Ansteuerung
des durch die erste Tauchspule 10 und die
zweite Tauchspule 16 fließenden Stroms auf analoge
Weise erfolgen, wodurch die Rauschquelle der Puls-
weitenmodulation wirksam ausgeschlossen wird.

[0039] Fig. 3 zeigt einen weiteren Verfahrtsch gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. An der dort gezeigten Arbeitsplatte **2** sind sowohl die erste Tauchspule **10** als auch die zweite Tauchspule **16** über die gleichen Befestigungen **14** befestigt. Durch beide Tauchspulen **10**, **16** verläuft die gleiche magnetische Struktur **12**. Auf diese Weise ist eine besonders platzsparende und konstruktiv einfache Ausgestaltung eines Verfahrtsches gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung möglich. Ansonsten ist die Funktionsweise des in Fig. 3 gezeigten Verfahrtsches der des in Fig. 2 gezeigten Verfahrtsches identisch.

Bezugszeichenliste

2	Arbeitsplatte
4	Führungslinial
6	Positionsmesser
8	Antriebseinrichtung
10	erste Tauchspule
12	magnetische Struktur
14	Befestigung
16	zweite Tauchspule

Patentansprüche

1. Verfahrtsch, der eine luftgelagerte Arbeitsplatte (**2**) und eine Antriebseinrichtung (**8**) zum Bewegen der Arbeitsplatte (**2**) in einer ersten Richtung umfasst, die eine erste Kraftaufbringeinrichtung, die eine erste Tauchspule (**10**) mit einer magnetischen Struktur (**12**) umfasst, zum Aufbringen einer ersten Kraft auf die Arbeitsplatte (**2**) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinrichtung (**8**) eine zweite Kraftaufbringeinrichtung zum Aufbringen einer zweiten Kraft auf die Arbeitsplatte (**2**) umfasst, wobei die erste Kraft und die zweite Kraft einander entgegengerichtet sind.

2. Verfahrtsch nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Kraftaufbringeinrichtung eine zweite Tauchspule (**16**) mit einer magnetischen Struktur (**12**) umfasst.

3. Verfahrtsch nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Kraftaufbringeinrichtung und die zweite Kraftaufbringeinrichtung die gleiche magnetische Struktur (**12**) umfassen.

4. Verfahrtsch nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Tauchspule (**10**) und/oder die zweite Tauchspule (**16**) starr mit der Arbeitsplatte (**2**) verbunden sind.

5. Verfahrtsch nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch wenigstens einen Positionssensor (**6**) zum Ermitteln der Position der Arbeitsplatte (**2**) und eine elektrische Regelung, die eingerichtet ist, die erste Kraftaufbringeinrichtung und/oder die zweite Kraftaufbringeinrichtung derart ein-

zustellen, dass die Arbeitsplatte (**2**) durch die erste Kraft und die zweite Kraft in eine Sollposition gebracht wird.

6. Verfahrtsch nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zweite Antriebseinrichtung zum Bewegen der Arbeitsplatte in einer zweiten Richtung.

7. Verfahrtsch nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Antriebseinrichtung (**8**) und die zweite Antriebseinrichtung baugleich sind.

8. Verfahrtsch nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Richtung und die zweite Richtung senkrecht aufeinander stehen.

9. Verfahren zum Bewegen einer Arbeitsplatte (**2**) eines Verfahrtsches nach einem der vorstehenden Ansprüche in eine Sollposition, das die folgenden Schritte umfasst:

- a) Aufbringen einer ersten Kraft auf die Arbeitsplatte (**2**)
- b) Aufbringen einer zweiten Kraft auf die Arbeitsplatte (**2**), wobei die erste Kraft der zweiten Kraft entgegengerichtet ist,
- c) Einstellen der ersten Kraft und der zweiten Kraft derart, dass sich die Arbeitsplatte in die Sollposition bewegt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

