

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
5. Februar 2015 (05.02.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/014970 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B23Q 1/48 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/066559

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Juli 2014 (31.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 108 312.9
1. August 2013 (01.08.2013) DE
10 2013 114 836.0
23. Dezember 2013 (23.12.2013) DE

(71) Anmelder: **GROB-WERKE GMBH & CO. KG**
[DE/DE]; Industriestraße 4, 87719 Mindelheim (DE).

(72) Erfinder: **GROB, Burkhardt**; Römerstraße 68, 86825 Bad
Wörishofen (DE).

(74) Anwälte: **BAUMANN, Rüdiger**, et al.; PATENT- &
RECHTSANWÄLTE PFISTER & PFISTER, Hallhof 6 -
7, 87700 Memmingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: MACHINE TOOL

(54) Bezeichnung : BEARBEITUNGSMASCHINE

(57) Abstract: The invention relates to a machine tool comprising a motor spindle for rotatably driving a tool around a spindle axis. The motor spindle is supported by a stand, on which a rotary bearing is provided and the motor spindle can be pivoted and positioned on the rotary bearing about a first rotational axis by a controllable rotary drive. The motor spindle is provided with a linear guide which permits a linear motion of the tool, parallel to the spindle axis, by means of a controllable linear drive. During the machining process, the rotary motion and the linear motion can be superimposed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungsmaschine mit einer Motorspindel für den rotativen Antrieb eines Werkzeuges um eine Spindelachse. Die Motorspindel ist von einem Ständer getragen, wobei an dem Ständer ein Drehlager vorgesehen ist, und die Motorspindel an dem Drehlager um eine ersten Drehachse durch einen steuerbaren Drehantrieb verschwenk- und positionierbar ist. An der Motorspindel ist eine Linearführung vorgesehen, welche durch einen steuerbaren Linearantrieb eine Linearbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse gestattet. Während der spanabhebenden Bearbeitung ist eine Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung vorgesehen.



WO 2015/014970 A2

"Bearbeitungsmaschine"

Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungsmaschine für die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstücks, wobei die Bearbeitungsmaschine eine Motorspindel für den rotativen Antrieb eines Werkzeugs um eine Spindelachse aufweist und die Motorspindel von einem Ständer getragen ist.

Gattungsgemäße Bearbeitungsmaschinen sind hinlänglich bekannt. Sie dienen dazu, an Werkstücken, zum Beispiel an Zylinderköpfen oder Getriebegehäusen, eine Vielzahl von oftmals auch komplizierten spanabhebenden Bearbeitungen durchzuführen. Die gattungsgemäßen Bearbeitungsmaschinen werden dabei als Teil von Bearbeitungslinien, die durch entsprechende Verkettungs- oder Transportmittel

miteinander verbunden sind, oder auch als Universalmaschinen alleinstehend eingesetzt. Für ein effektives Bearbeiten des Werkstücks ist es dabei von Vorteil, dass das Werkstück relativ zum Werkzeug entlang einer Mehrzahl von Achsen hochgenau positioniert und bearbeitet werden kann. Es ist dabei auch bekannt, die Linear- und Rotationsachsen zwischen dem Werkstück und der Motorspindel aufzuteilen. Die Bearbeitung erfolgt zum Beispiel durch ein Bohr- oder Fräs Werkzeug, welches von einer Motorspindel gehalten und angetrieben wird. Es wird dabei oftmals eine kartesische Ausgestaltung gewählt, das heißt die drei rechtwinklig zueinander stehenden Raumachsen beschreiben auch die drei Linearachsen, entlang der das Werkzeug und/oder das Werkstück positionierbar ist. Zusätzlich sind auch Rotationsachsen vorgesehen, um ein Umspannen des Werkstücks, zum Beispiel bei einer Mehrseitenbearbeitung, zu vermeiden, was die Bearbeitungsdauer eines Werkstücks entsprechend verkürzt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die bekannten Bearbeitungsmaschinen dahingehend zu verbessern, dass diese flexibler einsetzbar bzw. kostengünstiger realisiert werden können.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 1. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Anmeldegegenstand ist eine Bearbeitungsmaschine, bei der an dem Ständer ein Drehlager vorgesehen ist, und die Motorspindel an dem Drehlager um eine ersten Drehachse durch einen steuerbaren Drehantrieb verschwenk- und positionierbar ist und an der Motorspindel eine Linearführung vorgesehen ist, welche durch einen steuerbaren Linearantrieb eine Linearbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse gestattet und während der spanabhebenden Bearbeitung eine Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung vorgesehen ist.

Durch die Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung wird eine hohe Flexibilität der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine erreicht, wobei diese Flexibilität mit kleinbauenden und daher kostengünstigen Antrieben realisiert werden kann, da die zu bewegenden Massen gering sind. Einerseits muss nur die Masse der Motorspindel gedreht und andererseits auch nur ein Teil der Masse der Motorspindel linear bewegt werden. Sowohl der Drehantrieb, wie auch der Linearantrieb sind jeweils steuerbar ausgestattet und erlauben so eine sehr hohe Bearbeitungsgenauigkeit. Mit Hilfe der im Stand der Technik bekannten NC-Steuerungen, die als Maschinensteuerung eingesetzt werden, können kostengünstig auch hochkomplexe Bearbeitung ausgeführt werden.

Es ist klar, dass für die Positionierungen der Motorspindel um eine erste Drehachse des Drehlagers ein entsprechender Drehantrieb für die Bewegung und Positionierung vorgesehen ist.

Im Stand der Technik ist es bekannt, die Rotationsachsen im Werkstücktisch zu realisieren. Dies führt insbesondere bei großen, schweren Werkstücken zu erheblichem konstruktivem Aufwand. Die große Masse des Werkstückes ist bei der Auslegung dieser Rotationsachse entsprechend zu berücksichtigen, was zu entsprechendem Aufwand führt. Letztendlich wird aber durch diese Rotationsachse nur eine relative Lage des Werkstückes zur Spindelachse der Motorspindel beziehungsweise dem Werkzeug zur Verfügung gestellt, wobei sich hier der Vorteil ergibt, dass eine deutlich geringere Masse zu bewegen ist, was kostengünstig in der Realisierung, aber auch kostengünstiger im Betrieb der erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschine ist.

Die Bearbeitungsmaschine kann dahingehend modifiziert werden, dass an dem Ständer ein Drehlager vorgesehen ist, und die Motorspindel an dem Drehlager eine erste Drehachse verschwenk- und positionier-

bar ist und an der Motorspindel eine Linearführung vorgesehen ist, welche eine Vortriebsbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse gestattet und die Bearbeitungsmaschine eine Werkstückauflage aufweist, die Werkstückauflage entlang einer, eine erste Linearachse beschreibenden, bevorzugt horizontal orientierten Werkstückführung beweg- und positionierbar ist und an dem Ständer in Richtung einer, bevorzugt vertikal orientierten zweiten Linearachse eine Führung oder eine Doppelführung für das Drehlager vorgesehen ist und das Drehlager entlang dieser Führung oder Doppelführung beweglich und positionierbar ist und insbesondere die Werkstückauflage um eine zweite Drehachse dreh- und positionierbar ist. Diese Art der Ausführung teilt die jeweiligen Linearachsen auf in eine Bewegung des Werkzeuges und eine Bewegung der Werkstückauflage. Somit wird der jeweilige konstruktive Aufwand reduziert, da die konstruktive Realisierung von verschiedenen Bewegungen bzw. Drehachsen in unterschiedlichen Elementen letztendlich günstiger kommt wie die Realisierung einer Linear- und Drehachse in einem Element. Werkzeugseitig, also am Ständer, sind dabei zwei Linearbewegungen und eine Drehbewegung vorgesehen. Das Werkstück ist zumindest entlang einer Linearachse beweglich. In einem verbesserten Vorschlag ist für das Werkstück auch noch eine Drehachse vorgesehen, wobei hier vorgesehen ist, dass eine vertikal orientierte zweite Drehachse realisiert ist, wodurch das Werkstück in einer horizontalen Ebene dreh- und positionierbar ist. Ein solches Konzept bietet sich besonders bei schweren Werkstücken an, bei welchen das Anheben erhebliche Kraft und auch Energie erfordert. Bei solchen Anwendungsfällen ist es geschickter, die höhenenergieaufzehrende Achse in das leichtere Element, in diesem Fall in die Motorspindel, zu legen.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass in der Motorspindel eine Linearführung vorgesehen ist, welche eine Vortriebsbewegung des Werkzeuges z.B. parallel zur Spindelachse gestattet. Geschickter Weise ist an der Motorspindel eine Linearführung vorgesehen, welche

durch einen steuerbaren Linearantrieb eine Linearbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse gestattet. Die zum Beispiel pinolenartige Ausgestaltung hat erhebliche Vorteile, weil die Motorspindel nur entlang einer Achse zu bewegen ist, um den Vorschub des Werkzeugs im Werkstück zu bewirken. Wiederum sind die zu bewegendenden Massen sehr gering, das heißt bei verhältnismäßig kleinen und günstigen Antrieben ist es möglich, große Geschwindigkeiten und hohe Effizienz zu erreichen.

Die Beweglichkeit der Motorspindel entlang der Linearführung, realisiert durch den eigenen Antrieb, stellt in jeder Drehwinkellage der Motorspindel relativ zur Drehachse eine effiziente Lösung zur Verfügung. Es werden dabei auch nur die Massen bewegt, die tatsächlich für die Vortriebsbewegung benötigt werden. Der Ständer und/oder andere, schwerere Elemente der Bearbeitungsmaschine müssen hierzu nicht bewegt werden, wie es bei der auch bekannten Überlagerung der Bewegung zweier Achsen im Stand der Technik vorgesehen ist. Hierbei wird durch das Überlagern zweier unabhängiger Bewegungen eine resultierende Bewegung erreicht, allerdings müssen zwei Antriebe aktiviert und entsprechend größere Massen bewegt werden, was zu höheren Kosten und schlechterer Effizienz und Genauigkeit führt.

Darüber wird eine Kombination mit einer Dreh- bzw. Rotationsachse des Werkstücks im Werkstücktisch ermöglicht. Hierdurch wird mit geringem Aufwand eine spanabhebende Mehrseitenbearbeitung unter schrägen Winkeln möglich.

Des Weiteren ist in dem Vorschlag vorteilhafter Weise vorgesehen, dass an der Motorspindel eine Linearführung vorgesehen ist, welche durch einen steuerbaren Linearantrieb eine Linearbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse gestattet.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Vorschlages ist vorgesehen, dass während der spanabhebenden Bearbeitung eine Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung vorgesehen ist. Durch die vorteilhaft vorgeschlagene Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung wird eine hohe Flexibilität der Bearbeitungsmaschine erreicht, wobei diese Flexibilität mit kleinbauenden und daher kostengünstigen Antrieben realisiert werden kann, da die zu bewegenden Massen gering sind. Einerseits muss nur die Masse der Motorspindel gedreht werden und andererseits auch nur ein Teil der Masse der Motorspindel linear bewegt werden. Sowohl der Drehantrieb, wie auch der Linearantrieb sind jeweils steuerbar ausgestattet und erlauben so eine sehr hohe Bearbeitungsgenauigkeit. Mit Hilfe der im Stand der Technik bekannten NC-Steuerungen, die als Maschinensteuerung eingesetzt werden, können kostengünstig auch hochkomplexe Bearbeitung ausgeführt werden. Hierbei ist zu beachten, dass der Begriff Linearbewegung dabei sowohl die Vortriebsbewegung wie auch eine Rückzugsbewegung umfasst, wobei Vortrieb bzw. Rückzug bezogen ist auf eine Bewegung auf das Werkstück zu, oder von diesen weg.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass bei horizontaler Ausrichtung der Spindelachse sich die Drehachse des Drehlagers unterhalb der Spindelachse befindet. Üblicher Weise ist vorgesehen, dass die Drehachse und die Spindelachse zueinander rechtwinklig orientiert sind. Dies bedingt aber nicht automatisch, dass sich die Drehachse und die Spindelachse auch schneiden müssen. Die Lage der Achsen ist variabel wählbar derart, dass sich die Drehachse und die Spindelachse schneiden, in einer anderen Variante die Drehachse oberhalb der Spindelachse angeordnet ist, oder, wie bevorzugt ausgeführt, die Drehachse unterhalb der Spindelachse angeordnet ist. Eine solche Ausgestaltung hat insbesondere dann Vorteile, wenn eine Bearbeitung des Werkstückes von oben erfolgen soll, also eine Bearbeitung zum Beispiel in vertikaler Richtung von oben nach unten. Da die Drehachse in diesem Fall unterhalb der Spindelachse

angeordnet ist, wird durch die Schwenkbewegung keine Hublänge in vertikaler Richtung verschenkt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass sich die Drehachse in Nähe der Werkzeugaufnahme der zurückgezogenen Motorspindel befindet. Die Motorspindel besitzt an ihrem, dem Werkstück zugewandten Ende eine Werkzeugaufnahme, die gebildet ist von einer Spannvorrichtung, die das Werkzeug festhält. Des Weiteren ist vorgesehen, dass die Motorspindel eine parallel zur Spindelachse verlaufende Linearführung aufweist, durch welche ein steuerbarer Drehantrieb in der Lage ist, das Werkzeug parallel zur Spindelachse zu positionieren. Durch die Positionierung des Werkzeuges wird natürlich auch die Werkzeugaufnahme entsprechend bewegt und positioniert. Somit nimmt das Werkzeug relativ zum Werkstück eine vorgeschobene oder eine zurückgezogene Endlage ein. Die zurückgezogene Position der Motorspindel beschreibt somit die Stellung der Motorspindel, bei welchem das Werkzeug maximal von dem Werkstück entfernt ist. In einem Ausführungsbeispiel wird die Lage der Drehachse relativ zur Werkzeugaufnahme durch eine axiale Position, bezogen auf die Spindelachse, und durch eine radiale Position, ebenfalls bezogen auf die Spindelachse, beschrieben. So liegt in dem beispielhaften Vorschlag die Drehachse maximal ein bis zwei Durchmesser der Motorspindel unterhalb der Spindelachse. Die axiale Lage definiert sich zum Beispiel über die Gesamtlänge der zurückgezogenen, also der nicht ausgefahrenen Motorspindel, zum Beispiel zwischen 0 und 50 % dieser Länge, bezogen auf das vordere Ende der Motorspindel der Werkzeugaufnahme. Dabei kann die axiale Lage der Drehachse sowohl zwischen dem Mittelpunkt der Motorspindel und der Werkzeugaufnahme, wie auch vor der Werkzeugaufnahme sein, wodurch sich bei der Verschwenkung, insbesondere in vertikaler Position, ein Hochklappen der Motorspindel ergibt, wodurch Hublänge in vertikaler Richtung gewonnen wird.

Bevorzugter Weise liegt somit die Drehachse des Drehlagers vorne, nahe der Werkzeugaufnahme, unterhalb der Spindelachse. Die Lage der Drehachse vorne, nahe der Werkzeugaufnahme, unterhalb der Spindelachse bewirkt, dass Querkräfte, wie sie zum Beispiel beim Fräsen mit einem Messerkopf entstehen, nur geringe Momente erzeugen. Diese Momente müssen zuverlässig abgestützt werden, um eine hohe Bearbeitungsgenauigkeit zu erreichen. Außerdem nähert sich die Spindelachse beim Schwenken in vertikaler Lage dem Werkstück an, dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn die Drehachse nicht über das vordere Ende der Werkzeugaufnahme hervorsteht. Somit ist in horizontaler Lage der Abstand von der Spindelnase (der Werkzeugaufnahme) zur vertikalen Führung gering, in vertikaler Lage kann weit über die Mitte der Werkstückauflage hinaus bearbeitet werden.

In einer bevorzugten Variante ist vorgesehen, dass an dem Ständer in Richtung einer zweiten Linearachse (Y) eine Führung für das Drehlager vorgesehen ist und das Drehlager entlang dieser Führung beweglich und positionierbar ist. Für die Bewegung des Drehlagers entlang dieser zweiten Linearachse ist ein regel- und steuerbarer Antrieb vorgesehen, durch den eine genaue Positionierung des Drehlagers und damit auch der Lage der Motorspindel erreicht wird.

Üblicherweise beschreibt diese zweite Linearachse die vertikale bzw. Y-Achse. Dadurch erreicht dieser Vorschlag, dass die Motorspindel in ihrer Höhenlage und in ihrer Neigung gegen die Horizontale, aufgrund der Verschwenkbarkeit um das Drehlager, einstellbar und positionierbar ist.

Geschickter Weise ist vorgesehen, dass der Ständer aus zwei beabstandeten Teilständern gebildet ist und das Drehlager über Führungsschlitten auf Führungen der Teilständer synchron beweglich und positionierbar ist. Die Ausgestaltung mit zwei beabstandeten Teilständern führt zu einer hohen Stabilität des Ständers. Das

Drehlager stützt sich dabei über mindestens je einen Führungsschlitten auf beiden Teilständern ab, wobei jeder Teilständer einen eigenen Antrieb aufweist, die zueinander synchronisiert sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Drehlager zwischen den beiden Teilständern bzw. zwischen den Einzelführungen der Doppelführung angeordnet ist. Die beiden parallel verlaufenden Teilständer beschreiben eine Ebene. Die Führungsschlitten sind zum Beispiel an den Teilständern an den jeweils zugewandten Innenseiten angeordnet. Somit befindet sich auch das Drehlager in oder auf der vorbeschriebenen Ebene. Hierauf ist die Bearbeitungsmaschine aber nicht beschränkt. Es ist auch möglich, dass das Drehlager vor der vorbeschriebenen Ebene angeordnet ist und eine brückenartige Verbindung zwischen den beiden Teilständern bildet.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass der Ständer entlang einer ersten Linearachse beschreibenden Führung beweglich und positionierbar ist. Bei der Festlegung der Geometrie der gattungsbzw. erfindungsgemäßen Bearbeitungsmaschinen wird die Rotationsachse der Motorspindel parallel zu einer der Linearachsen gewählt, was aber die Erfindung nicht beschränkt. Es ist natürlich möglich, dass die Rotationsachse der Motorspindel auch mit den Linearachsen, die bevorzugt einem kartesischen Koordinationssystem entsprechen, einen Winkel einschließen. Für eine einfache Bezugnahme sei aber nun angenommen, dass zumindest in einer Lage die Rotationsachse der Motorspindel parallel ist zu einer ersten Linearachse, wobei diese erste Linearachse in der Nomenklatur der Bearbeitungsmaschine auch als Z-Achse beschrieben ist.

Zu beachten ist, dass die Verteilung der einzelnen Linearachsen frei ist. In einer ersten Variante ist es möglich, dass das Drehlager ortsfest am Ständer angeordnet ist und alle Bewegungen, insbesondere entlang der Linearachsen, vom Werkstück ausgeführt wer-

den. Üblicherweise ist die erste Linearachse (die Z-Achse) horizontal orientiert und wird durch eine Linearführung, die durch mindestens zwei parallel verlaufende Führungsschienen realisiert wird, erreicht.

In einer weiteren Variante ist vorgesehen, dass die Bearbeitungsmaschine eine Ständerführung entlang einer dritten Linearachse für die Positionierung des Ständers aufweist. In diesem Ausführungsbeispiel werden durch die Motorspindel alle Bewegungen entlang der drei Raumachsen ausgeführt, wobei die erste (Z) Linearachse und die dritte (X) Linearachse in einer horizontalen Ebene liegen. Durch die Neigbarkeit der Motorspindel um eine erste Drehachse (A) wird erreicht, dass auch (gegenüber der Horizontalen) schräge Bearbeitungen möglich sind.

Neben der Konzentration aller Bewegungen entlang der Linearachsen in der Motorspindel ist es natürlich möglich, diese Beweglichkeiten zwischen der Motorspindel und dem Werkstück, insbesondere einer das Werkstück tragenden Werkstückauflage, zu verteilen. Hieraus resultiert der weitere Vorschlag, dass die Bearbeitungsmaschine eine Werkstückauflage aufweist und die Werkstückauflage entlang einer eine dritte Linearachse beschreibenden Werkstückführung beweg- und positionierbar ist.

Alternativ bzw. zusätzlich ist auch vorgesehen, dass die Anordnung der Werkstückauflage so wählbar ist, dass diese auch entlang einer eine erste Linearachse (Z) beschreibenden Werkstückführung beweg- und positionierbar ist. Für die Bewegung und Positionierung der Werkstückauflage auf der jeweiligen Werkstückführung entlang der auf der bevorzugt horizontalen Ebene liegenden ersten (Z) Linearachse und/oder der dritten (X) Linearachse sind entsprechend steuer- und regelbare Antriebe vorgesehen.

Für die Beweglichkeit beziehungsweise Positionierbarkeit der ein-

zelenen Elemente auf ihren jeweiligen Führungen sind Antriebe, bevorzugt Elektromotoren vorgesehen. Diese sind mit entsprechend hochgenauen Positionssensoren und Regelalgorithmen ausgestattet, um eine schnelle und hochgenaue Positionierung der Motorspindel relativ zum Werkstück, realisiert durch die Positionierung des Ständers und/oder der Motorspindel und/oder der Lage der Motorspindel um die Drehachse und/oder Lage der das Werkstück tragenden Werkstückauflage zu erreichen. Diese Eigenschaft gilt für alle Bewegungen entlang der Linearachsen, egal ob von der Motorspindel, dem Ständer oder der Werkstückauflage sowie auch für jede Dreh-, Rotations- oder Schwenkbewegung eines Elements um eine entsprechende Dreh- oder Rotationsachse.

In einer weiteren Variante ist vorgesehen, dass die Werkstückauflage um eine zweite Drehachse dreh- und positionierbar ist. Die zweite Drehachse ist dabei parallel zur zweiten Linearachse und bevorzugt vertikal orientiert. Hierdurch wird eine mehrseitige Bearbeitung des einmal aufgespannten Werkstückes erreicht.

Vorteilhafter Weise weist die Motorspindel eine, auf der Linearführung in Richtung der Spindelachse gelagerte, gegenüber dem Motorspindelgehäuse verschiebbare und positionierbare Pinole auf. Eine Pinole erlaubt eine axiale Bewegung des Werkzeuges in Richtung der Rotationsachse des Werkzeuges. Eine Pinole beziehungsweise Werkzeugpinole erlaubt daher zwei Bewegungen, die Rotationsbewegung des Werkzeuges und Des Weiteren eine eigenständige lineare Bewegung, um das Werkzeug entsprechend voranzuschieben. Durch die Realisierung der Pinole an der Motorspindel ist es in einfacher Weise möglich, das Werkzeug, das an der um das Drehlager verschwenkten Motorspindel angeordnet ist, gegen das Werkstück zu bewegen, wobei durch diesen eigenständigen Antrieb ein deutlich geringeres Gewicht zu bewegen ist und mit dieser Vorschubachse der Motorspindel daher schnelle Bewegungen zum Bearbeiten, insbesondere von kleinen Bohrungen und auch zum Werkzeugwechsel, möglich

sind.

Des Weiteren ist günstiger Weise vorgesehen, dass neben der ersten Motorspindel mindestens eine weitere Motorspindel angeordnet ist, die an dem Drehlager um die erste Drehachse verschwenk- und positionierbar ist. Durch die Anordnung weiterer Motorspindeln auf dem Drehlager, welches in gleicher Weise um die Drehachse verschwenk- und positionierbar ist, ist es möglich, mit einer so ausgestatteten Bearbeitungsmaschine gleichzeitig mehrere (gleichartige oder auch unterschiedliche) Werkstücke zu bearbeiten wodurch sich die Zerspanleistung entsprechend erhöht.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass die jeweiligen Spindelachsen der mindestens zwei Motorspindeln parallel zueinander orientiert sind. Oftmals ist es günstig, mit Bearbeitungsmaschinen, die wie vorbeschrieben ausgestattet sind, an gleichen Werkstücken (oder an einem Werkstück) gleichartige Bearbeitungsschritte auszuführen. In einem solchen Fall ist es günstig, die Spindelachsen der mindestens zwei Motorspindeln parallel zu orientieren, wodurch dann auch entsprechende Linearantriebe nicht redundant vorgehalten werden müssen, was zu entsprechenden Masseneinsparungen führt. Bei entsprechender Bearbeitungsplanung kann es aber auch von Vorteil sein, dass die Spindelachsen der Motorspindeln zueinander unterschiedlich orientiert sind, weil diese zum Beispiel unterschiedliche Bearbeitungen an unterschiedlichen oder gleichen Werkstücken ausführen.

Des Weiteren ist in dem Vorschlag vorteilhafter Weise vorgesehen, dass eine Einstellvorrichtung vorgesehen ist, um den Abstand zwischen den Motorspindeln einzustellen. Die Einstellvorrichtung umfasst dabei zum Beispiel entsprechende Führungen sowie einen Feststellmechanismus, mit welchem die Motorspindeln in der gewählten Lage fixierbar sind. Dabei ist die Einstellvorrichtung zum Beispiel nur manuell betätigbar, weil eine solche Einstellung nur

selten erfolgt oder aber eine solche Einstellvorrichtung ist mit einem elektrischen, steuerbaren Antrieb ausgeführt, wodurch sich diese Einstellbarkeit auch während der Bearbeitung eröffnet.

An dem Drehlager ist ein um die erste Drehachse verschwenkbares und positionierbares Spindelbett vorgesehen. Für die Drehbewegung ist ein entsprechend steuer- und regelbarer Rotationsantrieb oder Drehantrieb vorgesehen. Die Motorspindel ist über die Linearführung in Richtung der Spindelachse auf oder an dem Spindelbett gelagert.

Das Spindelbett beschreibt somit eine Aufnahme der Motorspindel an dem Drehlager, wobei das Spindelbett auf die Aufnahme nur einer Motorspindel nicht beschränkt ist. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Spindelbett mindestens zwei Motorspindeln aufnimmt.

Des Weiteren ist vorgesehen, dass für die mindestens zwei Motorspindeln ein gemeinsamer Linearantrieb vorgesehen ist oder für jede der mindestens zwei Motorspindeln je ein eigener Linearantrieb vorgesehen ist. Der Einsatz eines gemeinsamen Linearantriebes für die mehreren Motorspindeln hat den Vorteil, dass die Motorspindeln zum Beispiel eine Einheit bilden, die in sich steifer und stabiler aufbaubar ist und nur ein Antrieb notwendig ist. Es ist aber auch möglich, jeder an dem Spindelbett angeordneten Motorspindel einen eigenen Linearantrieb zuzuordnen, wodurch dann zum Beispiel auch unabhängige Bewegungen voneinander möglich sind.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass das Spindelbett käfig- oder tunnelartig, insbesondere einteilig bzw. biegesteif ausgebildet ist. Eine tunnelartige Ausgestaltung des Spindelbetts ist zum Beispiel in Fig. 7 gezeigt. Eine solche Ausgestaltung ist ausgesprochen biegestabil, was für eine hohe Bearbeitungsgenauigkeit von Vorteil ist.

Geschickter Weise ist vorgesehen, dass am vorderen, insbesondere unteren Spindelbettende das Lagerelement des Drehlagers angeordnet ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Spindelbett an dem, dem Lagerelement gegenüberliegenden Spindelbettende Klemmflächen aufweist. Das Spindelbett ist somit einerseits am Drehlager und andererseits über die Klemmflächen und einer daran angreifenden Klemmvorrichtung mit dem Drehlager verbunden. Da diese beiden Lagerungsbereiche relativ weit zueinander distanziert sind, ergibt sich eine entsprechende stabile Lagerung, da ein Großteil der Motorspindeln zwischen diesen beiden Lagerungsbereichen angeordnet ist.

Eine bevorzugte Variante ist gekennzeichnet durch eine Mittellage der um die Drehachse des Lagers verschwenkbaren Spindelachse, bei welcher die Spindelachse parallel zur ersten Linearachse (Z- beziehungsweise Horizontalachse) ist und gegenüber dieser Mittellage in einem Verschwenkbereich von -25° bis $+100^\circ$, bevorzugt von -20° bis $+95^\circ$, bevorzugt von -15° bis $+90^\circ$ verschwenk- und positionierbar ist. Allgemein wird dieser Verschwenkbereich durch eine untere und obere Grenze beschrieben. Die untere Grenze ist zum Beispiel -25° , -20° , -15° , -10° , die obere Grenze ist $+90^\circ$, $+95^\circ$, $+100^\circ$, $+105^\circ$, $+110^\circ$. Die Anmeldung offenbart jede Kombination der unteren mit der oberen Grenze, dem Fachmann ist klar, wie eine solche Ausgestaltung des Verschwenkbereiches am Drehlager zu realisieren ist. Negative Winkelangaben beschreiben dabei ein Anheben oder Verschwenken der Spindelachse gegenüber der Horizontalen nach oben, wodurch Bearbeitungen von unten beziehungsweise schräg unten (nach oben) möglich werden. Die positiven Winkelangaben senken den Spindelkopf und das daran befestigten Werkzeug ab, wodurch eine Bearbeitung von oben oder schräg von oben (nach unten) auf das Werkstück ermöglicht wird. Der Vorzug der Anordnung der eigenen

Linearführung beziehungsweise Pinole in der verschwenkten Motorspindel liegt darin, dass unabhängig von dem Verschwenkwinkel eine Vorschubachse mit gleichbleibender Genauigkeit für das Werkzeug zur Verfügung steht.

Ein weiterer Vorzug liegt darin, dass die eigenständige Vorschubachse in der Motorspindel auch den Werkzeugwechselprozess unterstützt. So ist in einer Variante vorgesehen, dass die Bearbeitungsmaschine ein Werkzeugmagazin mit einer Werkzeugwechsellvorrichtung umfasst und für die Anstellbewegung der Motorspindel zum Wechseln des Werkzeuges an der Werkzeugwechsellvorrichtung eine Positionierung der Motorspindel oder der Pinole entlang der zur Spindelachse parallelen Linearführung dient. Der deutlich kleiner dimensionierte und daher auch leistungsschwächere Antrieb in der Pinole beziehungsweise der gesamten Motorspindel (zum Beispiel ist die Motorspindel als Ganzes auf einer Linearführung angeordnet und in Richtung parallel zur Spindelachse beweglich und nicht nur ein Teil der Werkzeugspindel, wie bei der Pinole) erlaubt es unter geringem Energieverbrauch, einen Werkzeugwechsel durchzuführen. Da deutlich geringere Massen zu bewegen sind, erfolgt der Wechselprozess auch schneller und schonender.

Dabei ist es günstig, dass die Werkzeugwechsellvorrichtung gebildet ist von einem durch einen Schwenkantrieb bewegbaren Schwenkarm, wobei der Schwenkarm entlang der ersten (Z) und/oder zweiten (Y) Linearachse durch je einen eigenen Antrieb beweglich und positionierbar ist. Geschickter Weise sind die Linearachsen, um welche der Schwenkarm längsverschiebbar ist, jeweils parallel zu den jeweiligen Linearachsen, die in Bezug auf die Motorspindel und/oder die Werkstückauflage vorgesehen sind. Dadurch wird die geometrische Anordnung erleichtert. Das Werkzeugmagazin befindet sich dabei seitlich (zum Beispiel in X-Richtung gesehen) neben dem Ständer, wodurch die Schwenkbewegung des an der Werkzeugwechsellvorrichtung vorgesehenen Schwenkarmes für das Herein- und Heraus-

schwenken von Werkzeugen von oder in das Werkzeugmagazin erleichtert wird. Der Schwenkarm selbst besitzt zwei miteinander gekoppelte Greifer. In der Regel ist ein Greifer leer zur Aufnahme des aus der Motorspindel auszuwechselnden Werkzeuges und der zweite Greifer trägt das einzuwechselnde Werkzeug.

Eine weitere Variante sieht vor, dass das Drehlager durch zwei zueinander beabstandete Drehlagerstützen gabel- oder klauenartig ausgebildet und zwischen den Drehlagerstützen die Motorspindel beziehungsweise das Spindelbett angeordnet ist. Die Lage von Werkzeug zu Werkstück ist für die genaue und effiziente Bearbeitung bei möglichst geringem Ausschuss von entscheidender Bedeutung. Durch die Ausgestaltung des Drehlagers durch zwei zueinander beabstandeten Drehlagerstützen wird ein sehr stabiler Aufbau, der eine entsprechend hochgenaue Bearbeitung gestattet, für die Realisierung des Drehlagers vorgeschlagen.

Des Weiteren ist günstiger Weise vorgesehen, dass das Drehlager ein bogenförmiges, insbesondere einstückig angeformtes Klemmsegment aufweist, welches dazu dient, die Klemmfläche des Spindelbetts mit Hilfe einer Klemmvorrichtung an dem Klemmsegment festzulegen. Durch die bogenförmige Ausgestaltung des Klemmsegments wird in jeder beliebigen Winkellage der Verdrehung um die Drehachse der an dem Spindelbett bzw. Motorspindel vorgesehenen Klemmfläche ein parallel verlaufender Bereich des Klemmsegmentes zum Festklemmen angeboten. Hieraus resultiert in jeder beliebigen Winkellage ein stabiles und lagegenaues Festlegen der verschwenkten Motorspindel. Das einstückig ausgebildete Klemmsegment bietet in sich eine stabile Konstruktion, die ebenfalls ein lagegenaues Festlegen unterstützt.

Vorteilhafter Weise ist vorgesehen, dass das Drehlager ein mit dem Lagerelement des Spindelbettes zusammenwirkendes Lagergegenelement aufweist.

Des Weiteren ist in dem Vorschlag vorteilhafter Weise vorgesehen, dass als Drehantrieb mindestens ein, bevorzugt zwei, mit Antrieben antreibbare Kugelgewindetriebe vorgesehen sind, die seitlich am Spindelbett angreifen. Bevorzugt werden die Kugelgewindetriebe von Torque-Motoren angetrieben. Daneben stehen natürlich auch Direktantriebe als Drehantrieb zur Verfügung. Für den Fall, dass zwei Kugelgewindetriebe vorgesehen sind, befindet sich das Spindelbett zwischen diesen beiden. Hieraus resultiert eine sehr stabile Anordnung. Die Ausgestaltung als Kugelgewindetriebe ist von Vorteil, weil diese gerade bei der Überlagerung der Bewegung um die Drehachse und der Linearbewegung sehr stabil und lagegenau sind.

Bevorzugt bilden die erste (Z), die zweite (Y) und die dritte (X) Linearachse ein kartesisches System, das heißt, diese drei Achsen stehen in einem rechtsdrehenden System rechtwinklig aufeinander. Das Drehlager bildet die erste Drehachse aus, die bevorzugt rechtwinklig orientiert ist zur ersten Linearachse (Z). Die zweite Linearachse (Y, in vertikaler Richtung) ist bevorzugt rechtwinklig orientiert zur ersten Drehachse (A) und auch rechtwinklig orientiert zur ersten Linearachse (Z). Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Vorschlages ist vorgesehen, dass die zweite Linearachse vertikal verläuft.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des Vorschlages ist von einer Bearbeitungsmaschine für die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstückes gebildet, wobei die Bearbeitungsmaschine eine Motorspindel für den rotativen Antrieb eines Werkzeuges um eine Spindelachse aufweist, und die Motorspindel von einem Ständer getragen ist, wobei an dem Ständer ein Drehlager vorgesehen ist, und die Motorspindel in einem Spindelbett gelagert, an dem Drehlager um eine erste Drehachse verschwenk- und positionierbar ist und an der Motorspindel eine Linearführung vorgesehen ist, welche eine Vortriebsbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse gestattet, und das Spindelbett käfig- oder tunnelartig, insbesondere einteilig bzw. biegesteif ausgebildet ist, wobei das Spindelbett an dem,

dem Lagerelement des Drehlagers gegenüberliegenden Spindelbettende Klemmflächen aufweist und das Drehlager ein bogenförmiges, insbesondere einstückig angeformtes Klemmsegment aufweist, welches dazu dient, die Klemmfläche des Spindelbetts mit Hilfe einer Klemmvorrichtung an dem Klemmsegment festzulegen.

Dieser Vorschlag zeichnet sich durch hohe Flexibilität einerseits, andererseits aber auch einer hohen Stabilität aus, da das Drehlager und die Klemmflächen weit voneinander entfernt sind und so die Anordnung in der Lage ist, sehr hohe Bearbeitungskräfte aufzunehmen und dabei in keinsten Weise die hohe Bearbeitungsgenauigkeit einer solchen Ausgestaltung der Bearbeitungsmaschine negativ zu beeinflussen.

In der Zeichnung ist die Erfindung insbesondere in einem Ausführungsbeispiel schematisch dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1a, b, 4a, 4b je in einer dreidimensionalen Ansicht die Bearbeitungsmaschine in verschiedenen Stellungen,
- Fig. 2, 5a, 5b in einer Seitenansicht die Bearbeitungsmaschine in einer weiteren Bearbeitungsstellung,
- Fig. 3 eine Frontansicht auf die Bearbeitungsmaschine (in Richtung der Z-Achse nach Fig. 1a).
- Fig. 6 in einer Seitenansicht ein vergrößertes Detail der Lagerung der Motorspindel der Bearbeitungsmaschine

Fig. 7 in einer dreidimensionalen Ansicht eine Realisierungsvariante des Spindelbetts einer Bearbeitungsmaschine

In den Figuren sind gleiche oder einander entsprechende Elemente jeweils mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet und werden daher, sofern nicht zweckmäßig, nicht erneut beschrieben. Die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sind sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragbar. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiterhin können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Die Bearbeitungsmaschine 1 ist in Fig. 1a, b in zwei verschiedenen Bearbeitungsstellungen beispielhaft gezeigt. Die Bearbeitungsmaschine 1 dient für die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstückes 9, welches auf einer Werkstückauflage 90 angeordnet ist. Die Bearbeitungsmaschine 1 umfasst unter anderem eine Motorspindel 2 für den rotativen Antrieb eines Werkzeuges um eine Spindelachse 20. Die Bearbeitungsmaschine 1 weist unter anderem auch einen Ständer 3 auf, der die Motorspindel 2 trägt. An dem Ständer 3 ist ein Drehlager 4 vorgesehen und dieses bildet eine erste Drehachse A aus, um welche die Motorspindel 2 verschwenk- und positionierbar ist.

Die geometrische Auslegung ist dabei vorzugsweise so gewählt, dass die Drehachse A die Spindelachse 20 schneidet, ohne hierauf aber die Erfindung zu beschränken.

In Fig. 1a ist rechts neben der Bearbeitungsmaschine 1 auch ein beschriftetes kartesisches Koordinatensystem angedeutet, welches die verwendete Nomenklatur verdeutlicht. Dieses kartesische System wird primär beschrieben von den Linearachsen X, Y und Z, wobei die Z-Achse bevorzugt horizontal verlaufend ist und (bei Maschinen, die keine verschwenkbare Motorspindel aufweisen) zumindest parallel ist zur Spindelachse 20 der Motorspindel 2. Die Linearachse Z wird in dieser Anmeldung auch als erste Linearachse beschrieben. Die Y-Achse wird als zweite Linearachse und die X-Achse als dritte Linearachse verwendet.

Des Weiteren umfasst die Nomenklatur auch eine Festlegung für die Kennzeichnung der verschiedenen möglichen Rotationsachsen A, B, wobei eine Rotation um die Y-Achse als Rotation um die B-Achse bezeichnet wird. Eine solche Rotation wird auch gleichzeitig als Rotation um eine zweite Drehachse im Rahmen dieser Anmeldung beschrieben. Eine Rotation oder Verschwenkbarkeit um die X-Achse wird als Rotation um die A-Achse beschrieben, dies entspricht auch einer Rotation um die erste Rotationsachse im Rahmen der Offenbarung dieser Anmeldung. Zu beachten ist, dass ein Verschwenken der Motorspindel 2 um eine erste Drehachse vorgesehen ist, was die Erfindung nicht darauf beschränkt, dass diese Drehachse zwingend parallel ist mit einer horizontal oder vertikal verlaufenden Raumachse beziehungsweise Linearachse. Grundsätzlich ist es möglich, auch hiervon abweichende geometrische Anordnungen zu wählen, also eine erste Drehachse vorzusehen, die zum Beispiel X-Achse, der Y-Achse oder Z-Achse einen spitzen Winkel einschließt. Auch diese Varianten sind von der Erfindung und Offenbarung umfasst.

Die in Fig. 1a gezeigte Aufteilung der verschiedenen Linearachsen, das heißt Längsbeweglichkeiten entlang der verschiedenen Raumrichtungen, ist wie folgt.

Die Werkstückauflage 90 ist längs der (horizontalen oder dritten) Linearachse X beweglich und positionierbar. Hierzu ist ein Werkstückbett 92 vorgesehen, welches zwei parallel verlaufende Werk-

stückführungen 91 aufweist, die parallel verlaufend und in X-Richtung orientiert sind. In dem Werkstückbett 92 ist ein regel- und steuerbarer Antrieb für die Werkstückauflage 90 vorgesehen, die auf den Werkstückführungen 91 entsprechend verfahrbar und positionsgenau positionierbar ist.

In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist auch eine Verschwenkbarkeit der Werkstückauflage 90 um die horizontal verlaufende zweite Rotationsachse B vorgesehen, durch die zusätzlich eine Mehrseitenbearbeitung und damit eine flexiblere Bearbeitung des Werkstückes 9 durch die Motorspindel 2 möglich ist. Realisiert wird dies durch einen Drehtisch, der in der verfahrbaren Werkstückauflage 90 angeordnet ist.

Der Ständer 3 ist entlang einer Linearführung 31 beweglich und positionierbar. Die Linearführung 31 wird dabei gebildet von zwei parallel verlaufenden Führungsschienen 32, über die sich der Ständer 3 über Ständerfüße 33 abstützt. Die Längserstreckung der Führung 31 ist dabei in Richtung der ersten Linearachse Z. Die Motorspindel 2 ist an dem Ständer 3 entlang einer Führung 30 beweglich und positionierbar, die Führung 30 ist ebenfalls gebildet von Führungsschienen, die hier nicht sichtbar sind, wobei genau genommen die Motorspindel 2 über das Drehlager 4 auf dieser Führung 30 ruht. Die Längserstreckung dieser Führung 30 ist dabei in vertikaler Richtung, parallel zur zweiten Linearachse Y.

Der konstruktive Aufbau am Ständer 3 ist wie folgt.

Für die Verfahrbarkeit der Motorspindel in Richtung der Y-Achse ist auf der Führung 30 des Ständers 3 ein Motorspindelschlitten 23 vorgesehen. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Motorspindelschlitten 23 identisch mit dem Drehlager 4, diese Baugruppe hat in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel mehrere Aufgaben, die durch die verschiedenen Begriffe beschrieben sind. Das Drehlager 4 kann auch ortsfest sein. Das Drehlager 4 selbst besteht aus zwei gabel-, klammer- oder jochartig angeordnete Dreh-

lagerstützen 40, die ein massives und stabiles Widerlager für die Drehbewegung der Motorspindel 2 bilden und zwischen sich die Motorspindel 2 beziehungsweise das Spindelbett 22 aufnehmen und lagern. Die Motorspindel 2 selbst ist in einem Spindelbett 22 gelagert, das die Anschlüsse zur Drehwelle vorhält, die die Drehachse A am Drehlager 4 ausbildet. Natürlich ist es möglich, die Motorspindel 2 ohne Anordnung eines Spindelbetts 22 in dem Drehlager 4 drehbar zu lagern. Der Rotationsantrieb für das Verschwenken der Motorspindel 2 um die Drehachse A des Drehlagers 4 befindet sich zum Beispiel in der Drehlagerstütze 40 oder auf Seiten der Motorspindel 2 beziehungsweise dem Spindelbett 22.

Die Motorspindel 2 besitzt einen Spindelkopf 24, welcher das Werkzeug 81 (siehe Fig. 3) aufnimmt, spannt und rotativ für Bearbeitungszwecke antreibt.

Ein wesentlicher Vorzug des Vorschlages besteht darin, dass an der Bearbeitungsmaschine 1 ein umfangreiches Werkzeugmagazin 8 vorgesehen ist, das sich, bezogen auf die Motorspindel 2, seitlich neben der Motorspindel 2 beziehungsweise im Ständer 3 befindet.

Das Werkzeugmagazin 8 wird gebildet von mehreren Werkzeugmagazinscheiben 82, die über beziehungsweise hintereinander anordenbar sind, in der hier gezeigten Ausgestaltung (Fig. 1a) sind insgesamt vier Werkzeugmagazinscheiben 82 vorgesehen, wobei zwei Werkzeugmagazinscheiben 82 übereinander und hiervon zwei Reihen hintereinander angeordnet sind. So ist es möglich, einen großen Vorrat an Werkzeugen 81 in dem Werkzeugmagazin 8 vorzuhalten. Für das Ein- und Auswechseln der Werkzeuge 81 in und aus dem Spindelkopf 24 der Motorspindel 2 ist eine Werkzeugwechsellvorrichtung 80 vorgesehen. Diese besteht aus einem Schwenkarm 83, der um eine zur Z-Achse parallele Schwenkachse 84 schwenkbar ist. Gleichzeitig ist der Schwenkarm 83 in Y-Richtung (siehe Doppelpfeil in Fig. 3) beweg- und positionierbar, hierfür ist ein entsprechender Antrieb vorgesehen. Des Weiteren ist auch eine Beweglichkeit des Schwenkarmes 83 in Z-Richtung vorgesehen, um die beiden hintereinander

angeordneten Werkzeugmagazinscheiben 82 zu erreichen. Durch die vertikale Verschiebbarkeit der Werkzeugwechsellvorrichtung ist es möglich, dass der Schwenkarm 83 die untere wie auch die obere Werkzeugmagazinscheibe 82 erreicht, um Werkzeuge 81 einzulagern oder zu entnehmen.

In Fig. 1b ist die Bearbeitungsmaschine 1 in einer anderen Gebrauchsstellung gezeigt.

Zunächst ist die Lage des Drehlagers 4 am Ständer 3 verändert, nämlich der Drehlager 4 ist am Ständer 3 ganz nach oben verfahren. Des Weiteren ist die Motorspindel 2 um die erste Rotationsachse oder Drehachse A derart geschwenkt, dass die Spindelachse 20 mit der Horizontalen einen spitzen Winkel einschließt und die Motorspindel 2 beziehungsweise deren Kopf 24 nach unten gerichtet ist. Durch diese Stellung ist eine Bearbeitung am Werkstück 9 von oben nach unten unter einem schrägen Winkel bis zum oberen Grenzwinkel möglich.

Des Weiteren ist gut zu erkennen, dass das vordere Ende 25 der Motorspindel 2 aus dem Spindelbett 22 herausgefahren ist. Es wird an der Motorspindel 2 eine Linearführung 21 (vgl. Fig. 2) vorgesehen, die mit der Motorspindel 2 um die erste Drehachse A verschwenkt und positionierbar ist und eine Vorschubbewegung des Werkzeuges 81 parallel zur Spindelachse 20 gestattet. Diese Linearführung 21 ist in verschiedenen Weisen realisierbar. In einer ersten Variante wird die gesamte Motorspindel 2 an einer Linearführung 21 gelagert und ist gegenüber dem Spindelbett 22 (oder dem Drehlager 4) längsverschiebbar. Bei der zweiten Variante ist in der Motorspindel 2 eine Linearführung vorgesehen, die zum Beispiel zur Ausprägung einer Pinole führt, bei welcher also die Werkzeugantriebswelle aus der Motorspindel 2 nach vorne herausgeschoben wird.

Beide Vorschläge erreichen, dass bei einer um die Drehachse A verschwenkten Motorspindel 2 ein Vorschub in Richtung der Spin-

delachse (die um die Drehachse A verschwenkt ist) zur Verfügung steht und dieser einfach ausgeprägte Linearantrieb für eine Anstellbewegung des mit dem Werkstück zusammenwirkenden Werkzeuges 81 dient.

Anstelle nun das unter Umständen sehr schwere, zum Beispiel mehrere Tonnen schwere, Werkstück um eine Drehachse A kippen zu müssen, wird nun die deutlich leichtere Motorspindel 2 um die erste Drehachse A geneigt, um eine entsprechende Bohrung oder eine andere spanabhebende Bearbeitung des Werkstückes auszuführen.

Die Verschiebbarkeit der Motorspindel 2 beziehungsweise eines Teils der Motorspindel 2 entlang der Linearführung 21 ist aber nicht nur für eine effiziente und schnelle Bearbeitung von Vorteil, sie kann auch bei dem Werkzeugwechselfvorgang genutzt werden, wenn zum Beispiel eine Rückzugsbewegung in den Spindelkopf 24 eingepreßt werden soll, um den Werkzeugschaft aus dem Spindelkopf 24 herauszuziehen. Auch hier ist diese zusätzliche Linearachse von Vorteil, da Antriebe deutlich kleiner auslegbar und damit auch kostengünstiger im Betrieb sind.

Die in Fig. 1b gezeigte Verschwenkung erfolgt dabei in einem Verschwenkbereich mit positiven Vorzeichen und kann bis zu 100° oder 110° gegenüber der Horizontalen erreichen ohne die Erfindung hierauf zu beschränken.

In Fig. 2 ist hingegen eine Verschwenkung in den negativen Bereich gezeigt, derart, dass der Spindelkopf 24 nach oben geneigt ist.

Mit dem Doppelpfeil 27 ist die bidirektionale Verschiebbarkeit der Motorspindel 2 beziehungsweise Teile der Motorspindel 2 entlang der Linearführung 21 angedeutet. Dies führt zu einer entsprechenden Anstellbewegung des Spindelkopfes 24 in Richtung des Werkstückes 9. Die Verdrehbarkeit des Spindelbettes 22 zusammen mit der Motorspindel 2 um die Drehachse A ist mit dem Doppelpfeil 26 gezeigt.

In Fig. 2 ist gut zu sehen, dass durch den Vorschlag für das Einbringen von schräg unten nach schräg oben verlaufenden Bohrungen und sonstigen spanabhebenden Bearbeitungen die Spindelachse 20 und somit auch die Spindel 2 um die horizontal orientierte Drehachse A in den negativen Winkelbereich gedreht wird. Da dadurch der Spindelkopf 24 höher liegt als der Schwerpunkt der Motorspindel 2 beziehungsweise deren Drehachse A, ist es günstig, die Anordnung so auszubilden, dass die Motorspindel 2 insgesamt sehr weit relativ zum Werkstück 9 nach unten verfahrbar ist. Dies wird durch die spezielle Anordnung der jeweiligen Führungen möglich, siehe hierzu Fig. 3. Es ist gut zu erkennen, dass der Motorspindelschlitten 23 zwischen den beiden Führungsschienen 32 der Führung 31 des Ständers 3 nach unten hindurch fahren kann und so Raum nach unten schafft, um auch im unteren Bereich des Werkstückes 9 entsprechende Bearbeitungen ausführen zu können. Realisiert wird dies insbesondere dadurch, dass die Führungsschienen 32 im Ständer 3, die den Motorspindelschlitten 23 tragen oder abstützen, einen geringeren Abstand zueinander aufweisen, als die Führungsschienen 32, auf denen sich der Ständer 3 über die Ständerfüße 33, die auch seitlich am Ständer 3 angeordnet sind, abstützt.

In Fig. 4a ist im wesentlichen das gleiche gezeigt wie in Fig. 1a. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Drehlagerstützen durch eine Verkleidung 47 verdeckt. Ein weiterer Unterschied zur Darstellung nach Fig. 1a liegt in der Anordnung der Drehachse A gegenüber der Spindelachse 20, die, wie hier dargestellt, unterhalb der Spindelachse 20 realisiert ist.

Fig. 4b ist vergleichbar mit Fig. 1b. Ähnlich wie in Fig. 1b ist in Fig. 4b das Drehlager 4 an dem Ständer 3 vertikal nach oben verschoben. Des Weiteren ist auch die Spindelachse 20 gegenüber der Orientierung nach Fig. 4a geschwenkt derart, dass das vordere Ende der Motorspindel 2, welche die Werkzeugaufnahme 28 trägt, nach unten geschwenkt ist. Auch ist gut zu erkennen, dass in Fig.

4b das vordere Ende der Motorspindel 2 gegenüber der Situation nach Fig. 4a aus dem Gehäuse 47 hervorgeschoben ist, dies wird dadurch erreicht, dass eine Linearführung vorgesehen ist, die eine Linearbewegung der Werkzeugaufnahme 28 parallel zur Spindelachse 20 erlaubt. Es ist klar, dass die Werkzeugaufnahme 28 das nicht dargestellte Werkzeug aufnimmt und während der spanabhebenden Bearbeitung ausreichend festhält.

Die in Fig. 5a gezeigte Situation ist mit der in Fig. 2 gezeigten Situationen vergleichbar. Unterschiedlich zur Fig. 2 ist in Fig. 5a gut zu erkennen, dass die Drehachse A unterhalb der Spindelachse 20 verläuft, auch wenn die Spindelachse 20 hier nicht horizontal, sondern leicht schräg nach oben geneigt ist. Auffallend in Fig. 5a (im Vergleich zur Fig. 2) ist auch die Ausgestaltung eines bogenförmigen Klemmsegmentes 41 am Drehlager 4. Dieses konstruktive Detail wird noch im Zusammenhang mit Fig. 6 beschrieben werden.

Im Vergleich zu Fig. 5a zeigt Fig. 5b zum einen einen Ständer 3, der in Z-Richtung ganz nach vorne gefahren ist derart, dass das Drehlager 4 über der Werkstückauflage 90 positioniert ist. Die Motorspindel 2 ist dabei um die Drehachse A in eine vertikale Position geschwenkt, ein auf der Werkstückauflage 90 aufliegendes Werkstück 9 könnte von oben bearbeitet werden.

Die in Fig. 5b gezeigte Bearbeitungsmaschine 1 ist hier auch komplett mit einem den Bearbeitungsraum 93 abschließenden Gehäuse 94 gezeigt, natürlich besitzt das Gehäuse 94 auch mindestens eine Türe 95 für den Ein- und Austransport der Werkstücke 9. Im unteren Bereich der Bearbeitungsmaschine 1, insbesondere unterhalb der Werkstückauflage 90, befindet sich, zwischen den beiden Werkstückführungen 91, ein Spänesammler bzw. Späneförderer.

Die Ausgestaltung des Drehantriebes wird noch in Fig. 6 beschrieben werden. Für die genaue Ausrichtung der Motorspindel 2 an dem

Drehlager 4 dient das Zusammenwirken einer Klemmvorrichtung 5, einer Klemmfläche 50, sowie dem bogenförmigen Klemmsegment 41. Das bogenförmige Klemmsegment 41 ist an dem Drehlager 4 ortsfest, bevorzugt einstückig, stabil ausgeführt und dient dazu, die an der Motorspindel 2 bzw. dem die Motorspindel 2 aufnehmenden Spindelbett 22 vorgesehene Klemmfläche 50 mit Hilfe der Klemmvorrichtung 5 hochpositionsgenau festzulegen.

In dem in Fig. 5b gezeigten Ausführungsbeispiel gelingt es, dass in der vorgefahrenen Position der Motorspindel 2 Werkstückbereiche, die auf der dem ständerabgewandten Hälfte der Werkstückauflage 90 aufliegen, von oben zu bearbeiten. Dies wird dadurch erreicht, dass die Spindelachse 20 die Drehachse A nicht schneidet, sondern in der horizontalen Lage der Spindelachse 20 die Drehachse A unterhalb desselben angeordnet ist.

In Fig. 6 ist in einem vergrößerten Detail die Ausgestaltung der Motorspindel 2, die in dem Spindelbett 22 gehalten ist, gezeigt. Fig. 7 zeigt in einem vergrößerten Detail ein Ausführungsbeispiel des Spindelbettes 22. Das Spindelbett 22 ist tunnelartig ausgebildet, es ist an seinen Stirnseiten (bezogen auf die hier nicht dargestellte Spindelachse 20) offen und ist bevorzugt aus zwei Teilen gebildet, wobei das erste Teil, das Grundteil 200 in Richtung der Spindelachse bzw. rechtwinklig zur Öffnung U-förmig gebildet, bevorzugt aus einem Stück gearbeitet ist, um eine hohe Stabilität zu gewährleisten und welches oben mit einem Deckelteil 201 verschlossen ist. Das Deckelteil 201 verbindet dabei die beiden Stege 203, 203' des U-förmigen Grundteiles 200. Am vorderen Spindelbettende 29 ist im Grundteil 200 im unteren Bereich ein Lagerelement 42 vorgesehen, welches hier zum Beispiel als Durchdringungsöffnung ausgebildet ist, zur Aufnahme eines Drehbolzen oder Welle, der nicht gezeigt ist. An der dem Spindelbettenden 29 gegenüberliegenden Ende 204 ist die Klemmfläche 50 vorgesehen, die mit dem Klemmsegment 41 und der Klemmvorrichtung 5 zusammengewirkt. Um Gewicht

zu sparen, besitzt das Grundteil 200 eine Mehrzahl von Öffnungen 202, ohne dabei die Stabilität und Steifigkeit des Grundteiles 200 und des Spindelbettes 22 insgesamt zu verringern. Das Lagerelement 42 ist unterhalb der Motorspindel 2 angeordnet. Im oberen Bereich, im letzten Drittel, Viertel oder Fünftel der Steghöhe des Grundteiles 200 befindet sich, im hinteren Bereich, dem hintere Ende 28 zugeordnet oder in deren letzten Drittel oder Viertel oder Fünftel befindlich mindestens ein Anlenkpunkt 51, an dem der Drehantrieb 44 (siehe Fig. 6) ansetzt.

In Fig. 6 ist die Drehachse A realisiert in dem Drehbolzen 48, der das Lagerelement 42 mit dem Lagergegenelement 43 verbindet. Wie bereits ausgeführt, besitzt das Spindelbett 22 das Lagerelement 42, dass mit dem Lagergegenelement 43, welches am Drehlager 4 vorgesehen ist, und mit Hilfe des Drehbolzen 47 zusammengewirkt. Auch hier ist gut zu sehen, dass die Drehachse A unterhalb der Spindelachse 20 verläuft. Oberhalb der Spindelachse 20 befindet sich der Anlenkpunkt 51. An diesem Anlenkpunkt 51 greift eine Stange des Drehantriebes 44 an. Der Drehantrieb 44 bewirkt, dass die Motorspindel 2 um die Drehachse A steuerbar, positionsgenau, und höchststabil dreh- und fixierbar ist. Bevorzugter Weise ist der Drehantrieb realisiert von einem Kugelgewindetrieb 46, der von einem Antriebsmotor oder Antrieb 45 angetrieben wird und so eine Linearbewegung ausübt, der den Anlenkpunkt 51 um die Drehachse A verschwenkt.

Im folgenden werden die einzelnen bevorzugten Aspekte der Erfindung in Kurzform zusammengefasst. Diese Aspekte beinhalten (einzeln oder in Kombination), dass

die Motorspindel (2) an dem Drehlager (4) um eine erste Drehachse (A) durch einen steuerbaren Drehantrieb (44) verschwenk- und positionierbar ist;

an der Motorspindel (2) eine Linearführung (21) vorgesehen ist, welche durch einen steuerbaren Linearantrieb eine Linearbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse (20) gestattet;

während der spanabhebenden Bearbeitung eine Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung vorgesehen ist;

bei horizontaler Ausrichtung der Spindelachse (20) sich die Drehachse (A) des Drehlagers (4) unterhalb der Spindelachse (20) befindet;

sich die Drehachse (A) in Nähe der Werkzeugaufnahme der zurückgezogenen Motorspindel (2) befindet;

an dem Ständer (3) in Richtung einer, insbesondere vertikal verlaufenden zweiten Linearachse (Y) eine Führung (30) oder eine Doppelführung für das Drehlager (4) vorgesehen ist und das Drehlager (4) entlang dieser Führung (30) oder einer Doppelführung beweglich und positionierbar ist;

der Ständer (3) aus zwei beabstandeten Teilständern gebildet ist und das Drehlager (4) über Führungsschlitten auf Führungen der Teilständer synchron beweglich und positionierbar ist,

das Drehlager (4) zwischen den beiden Teilständern bzw. zwischen den Einzelführungen der Doppelführung angeordnet ist;

der Ständer (3) entlang einer ersten Linearachse (Z) beschreibenden Führung (31) beweglich und positionierbar ist;

die Bearbeitungsmaschine (1) eine Ständerführung entlang einer dritten Linearachse (X) für die Positionierung des Ständers (3) aufweist;

die Bearbeitungsmaschine (1) eine Werkstückauflage (90) aufweist, die Werkstückauflage (90) entlang einer eine dritte Linearachse (X) beschreibenden Werkstückführung (91) und/oder entlang einer eine erste Linearachse (Z) beschreibenden Werkstückführung beweg- und positionierbar ist;

die Werkstückauflage (90) um eine zweite Drehachse (B) dreh- und positionierbar ist;

die Motorspindel (2) eine auf der Linearführung (21) in Richtung der Spindelachse (20) gelagerte, gegenüber dem Motorspindelgehäuse verschiebbare und positionierbare Pinole aufweist;

neben der ersten Motorspindel (2) mindestens eine weitere Motorspindel angeordnet ist, die an dem Drehlager (4) um die erste Drehachse (A) verschwenk- und positionierbar ist;

die jeweiligen Spindelachsen der mindestens zwei Motorspindeln parallel zueinander orientiert sind;

eine Einstellvorrichtung vorgesehen ist, um den Abstand zwischen den Motorspindel einzustellen;

an dem Drehlager (4) ein um die erste Drehachse (A) verschwenkbares und positionierbares Spindelbett (22) vorgesehen ist und die Motorspindel (2) über die Linearführung (21) in Richtung der Spindelachse (20) auf oder an dem Spindelbett (22) gelagert ist;

das Spindelbett (22) mindestens zwei Motorspindeln aufnimmt;

für die mindestens zwei Motorspindeln ein gemeinsamer Linearantrieb vorgesehen ist oder für jede der mindestens zwei Motorspindeln je ein eigener Linearantrieb vorgesehen ist;

das Spindelbett (22) käfig- oder tunnelartig, insbesondere einteilig bzw. biegesteif ausgebildet ist;

am vorderen, insbesondere unteren Spindelbettende (29) das Lagerelement (42) des Drehlagers (4) angeordnet ist;

das Spindelbett (22) an dem, dem Lagerelement (42) gegenüberliegenden Spindelbettende Klemmflächen aufweist;

eine Mittellage der um die Drehachse (A) des Drehlagers (4) verschwenkbaren Spindelachse (20), bei welcher die Spindelachse (20) parallel zur ersten Linearachse (Z) ist und gegenüber dieser Mittellage in einem Verschwenkbereich von -25° bis $+100^\circ$, bevorzugt von -20° bis $+95^\circ$, insbesondere bevorzugt von -15° bis $+90^\circ$, verschwenk- und positionierbar ist;

die Bearbeitungsmaschine (1) ein Werkzeugmagazin (8) mit einer Werkzeugwechsellvorrichtung (80) umfasst und für die Anstellbewegung der Motorspindel (2) zum Wechseln des Werkzeuges an der Werkzeugwechsellvorrichtung (80) eine Positionierung der Motorspindel (2) oder der Pinole entlang der zur Spindelachse (20) parallelen Linearführung (21) dient;

die Werkzeugwechsellvorrichtung (80) gebildet ist von einem durch einen Schwenkantrieb bewegbaren Schwenkarm und der Schwenkarm entlang der ersten (Z) und/oder zweiten (Y) Linearachse durch einen Antrieb beweglich und positionierbar ist;

das Drehlager (4) durch zwei zueinander beabstandete Drehlagerstützen (40) gabel- oder klauenartig gebildet ist und zwischen Drehlagerstützen (40) die Motorspindel (2) beziehungsweise das Spindelbett (22) angeordnet ist;

das Drehlager (4) ein bogenförmiges, insbesondere einstückig angeformtes Klemmsegment (41) aufweist, welches dazu dient, die Klemmfläche (50) des Spindelbetts (22) mit Hilfe einer Klemmvorrichtung (5) an dem Klemmsegment (41) festzulegen;

das Drehlager (4) ein mit dem Lagerelement (42) des Spindelbetts (22) zusammenwirkendes Lagergegenelement (43) aufweist;

als Drehantrieb (44) mindestens ein, bevorzugt zwei, je mit einem Antrieb (45) antreibbare Kugelgewindetriebe (46) vorgesehen sind, die seitlich am Spindelbett (22) angreifen;

die erste Linearachse (Z) rechtwinklig orientiert ist zur ersten Drehachse (A);

die zweite Linearachse (Y) rechtwinklig orientiert ist zur ersten Linearachse (Z) sowie zur ersten Drehachse (A);

die erste (Z), die zweite (Y) und die dritte (X) Linearachse eine kartesisches System bilden;

die zweite Linearachse (Y) vertikal verläuft;

die Drehachse (A) und die Spindelachse (20) winklig, insbesondere spitz- oder rechtwinklig (zumindest in einer Projektion oder Blickrichtung, die Achsen müssen sich hierbei nicht zwingend schneiden) zueinander orientiert sind.

Die jetzt mit der Anmeldung und später eingereichten Ansprüche sind ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Schutzes.

Sollte sich hier bei näherer Prüfung, insbesondere auch des einschlägigen Standes der Technik, ergeben, dass das eine oder andere Merkmal für das Ziel der Erfindung zwar günstig, nicht aber entscheidend wichtig ist, so wird selbstverständlich schon jetzt eine Formulierung angestrebt, die ein solches Merkmal, insbesondere im Hauptanspruch, nicht mehr aufweist. Auch eine solche Unterkombination ist von der Offenbarung dieser Anmeldung abgedeckt.

Es ist weiter zu beachten, dass die in den verschiedenen Ausführungsformen beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausgestaltungen und Varianten der Erfindung beliebig untereinander kombinierbar sind. Dabei sind einzelne oder mehrere Merkmale beliebig gegeneinander austauschbar. Diese Merkmalskombinationen sind ebenso mit offenbart.

Die in den abhängigen Ansprüchen angeführten Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin. Jedoch sind diese nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Merkmale, die nur in der Beschreibung offenbart wurden oder auch Einzelmerkmale aus Ansprüchen, die eine Mehrzahl von Merkmalen umfassen, können jederzeit als von erfindungswesentlicher Bedeutung zur Abgrenzung vom Stande der Technik in den oder die unabhängigen Anspruch/Ansprüche übernommen werden, und zwar auch dann, wenn solche Merkmale im Zusammenhang mit anderen Merkmalen erwähnt wurden beziehungsweise im Zusammenhang mit anderen Merkmalen besonders günstige Ergebnisse erreichen.

Patentansprüche :

1. Bearbeitungsmaschine für die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstückes (9), wobei die Bearbeitungsmaschine (1) eine Motorspindel (2) für den rotativen Antrieb eines Werkzeuges um eine Spindelachse (20) aufweist, und die Motorspindel (2) von einem Ständer (3) getragen ist, wobei an dem Ständer (3) ein Drehlager (4) vorgesehen ist, und die Motorspindel (2) an dem Drehlager (4) um eine ersten Drehachse (A) durch einen steuerbaren Drehantrieb (44) verschwenk- und positionierbar ist und an der Motorspindel (2) eine Linearführung (21) vorgesehen ist, welche durch einen steuerbaren Linearantrieb eine Linearbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse (20) gestattet und während der spanabhebenden Bearbeitung eine Überlagerung von Drehbewegung und Linearbewegung vorgesehen ist.
2. Bearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei horizontaler Ausrichtung der Spindelachse (20) sich die Drehachse (A) des Drehlagers (4) unterhalb der Spindelachse (20) befindet.
3. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Drehachse (A) in Nähe der Werkzeugaufnahme der zurückgezogenen Motorspindel (2) befindet.
4. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehachse (A) und die Spindelachse (20) winklig, insbesondere rechtwinklig zueinander orientiert sind.

5. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** neben der ersten Motorspindel (2) mindestens eine weitere Motorspindel angeordnet ist, die an dem Drehlager (4) um die erste Drehachse (A) verschwenk- und positionierbar ist.
6. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweiligen Spindelachsen der mindestens zwei Motorspindeln parallel zueinander orientiert sind.
7. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einstellvorrichtung vorgesehen ist, um den Abstand zwischen den Motorspindel einzustellen.
8. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an dem Drehlager (4) ein um die erste Drehachse (A) verschwenkbares und positionierbares Spindelbett (22) vorgesehen ist und die Motorspindel (2) über die Linearführung (21) in Richtung der Spindelachse (20) auf oder an dem Spindelbett (22) gelagert ist.
9. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spindelbett (22) mindestens zwei Motorspindeln aufnimmt und/oder für die mindestens zwei Motorspindeln ein gemeinsamer Linearantrieb vorgesehen ist oder für jede der mindestens zwei Motorspindeln je ein eigener Linearantrieb vorgesehen ist.
10. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spindelbett (22) käfig- oder tunnelartig, insbesondere einteilig bzw. biegesteif ausgebildet ist.

11. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** am vorderen, insbesondere unteren Spindelbettende (29) das Lagerelement (42) des Drehlagers (4) angeordnet ist.
12. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Spindelbett (22) an dem, dem Lagerelement (42) gegenüberliegenden Spindelbettende Klemmflächen aufweist.
13. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Mittellage der um die Drehachse (A) des Drehlagers (4) verschwenkbaren Spindelachse (20), bei welcher die Spindelachse (20) parallel zur ersten Linearachse (Z) ist und gegenüber dieser Mittellage in einem Verschwenkbereich von -25° bis $+100^\circ$, bevorzugt von -20° bis $+95^\circ$, insbesondere bevorzugt von -15° bis $+90^\circ$, verschwenk- und positionierbar ist.
14. Bearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Drehlager (4) ein bogenförmiges, insbesondere einstückig angeformtes Klemmsegment (41) aufweist, welches dazu dient, die Klemmfläche (50) des Spindelbetts (22) mit Hilfe einer Klemmvorrichtung (5) an dem Klemmsegment (41) festzulegen und/oder als Drehantrieb (44) mindestens ein, bevorzugt zwei, je mit einem Antrieb (45) antreibbare Kugelgewindetriebe (46) vorgesehen sind, die seitlich am Spindelbett (22) angreifen.
15. Bearbeitungsmaschine für die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstückes (9), wobei die Bearbeitungsmaschine (1) eine Motorspindel (2) für den rotativen Antrieb eines Werkzeuges um

eine Spindelachse (20) aufweist, und die Motorspindel (2) von einem Ständer (3) getragen ist, wobei an dem Ständer (3) ein Drehlager (4) vorgesehen ist, und die Motorspindel (2) in einem Spindelbett (22) gelagert, an dem Drehlager (4) um eine erste Drehachse (A) verschwenk- und positionierbar ist und an der Motorspindel (2) eine Linearführung (21) vorgesehen ist, welche eine Vortriebsbewegung des Werkzeuges parallel zur Spindelachse (20) gestattet, und das Spindelbett (22) käfig- oder tunnelartig, insbesondere einteilig bzw. biegesteif ausgebildet ist, wobei das Spindelbett (22) an dem, dem Lagerelement (42) des Drehlagers (4) gegenüberliegenden Spindelbettende Klemmflächen aufweist und das Drehlager (4) ein bogenförmiges, insbesondere einstückig angeformtes Klemmsegment (41) aufweist, welches dazu dient, die Klemmfläche (50) des Spindelbetts (22) mit Hilfe einer Klemmvorrichtung (5) an dem Klemmsegment (41) festzulegen.

Patentanwalt

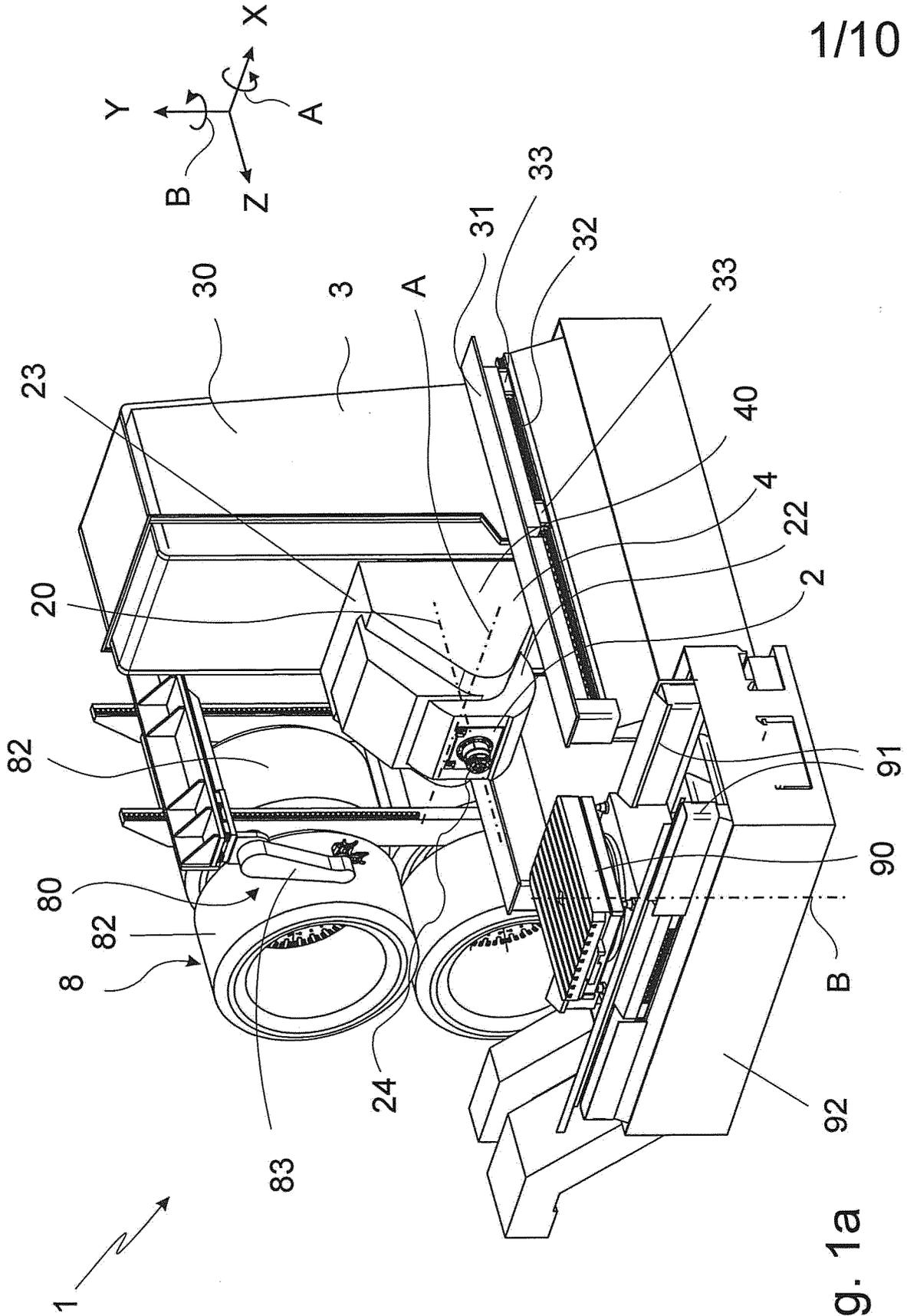


Fig. 1a

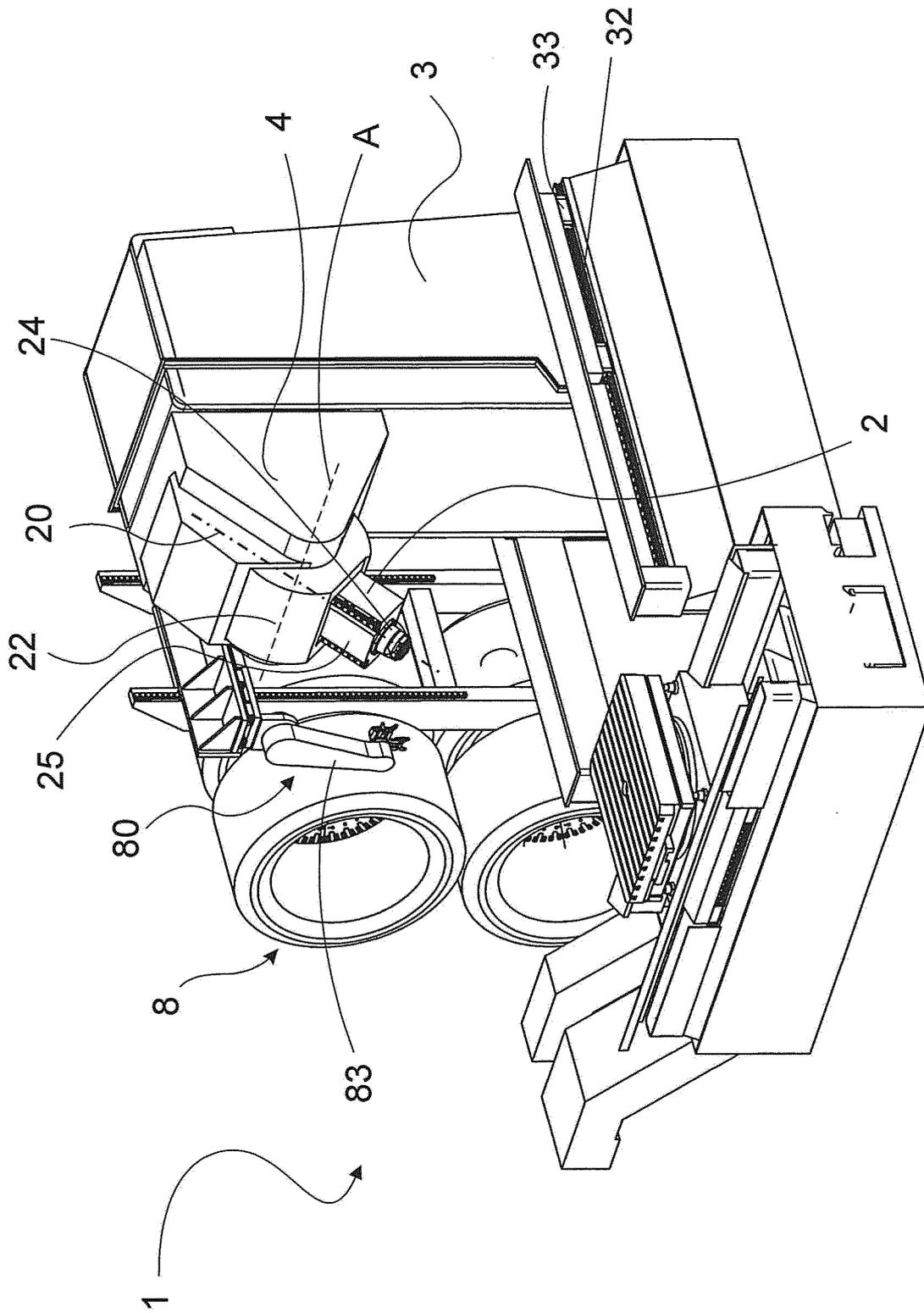


Fig. 1b

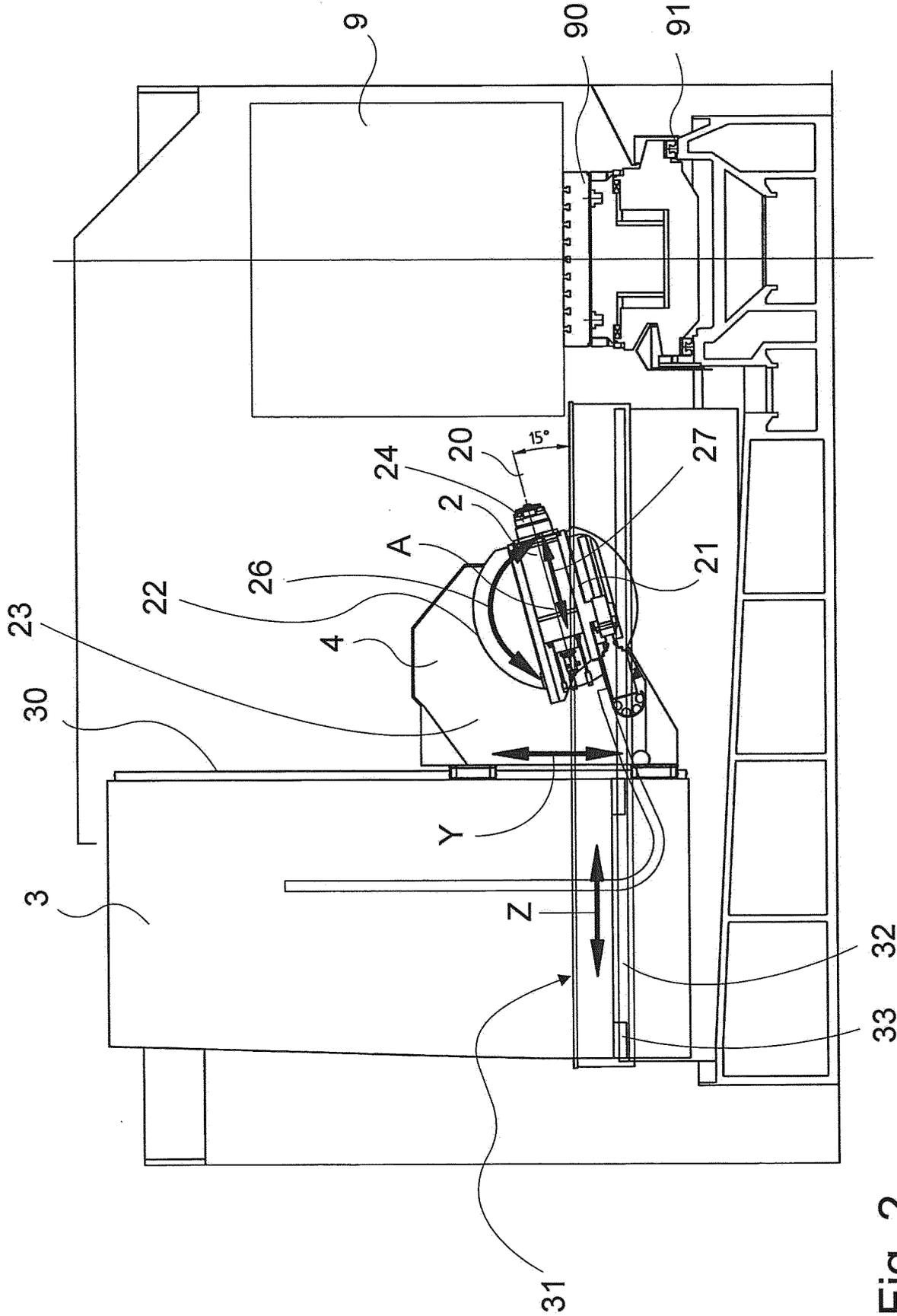


Fig. 2

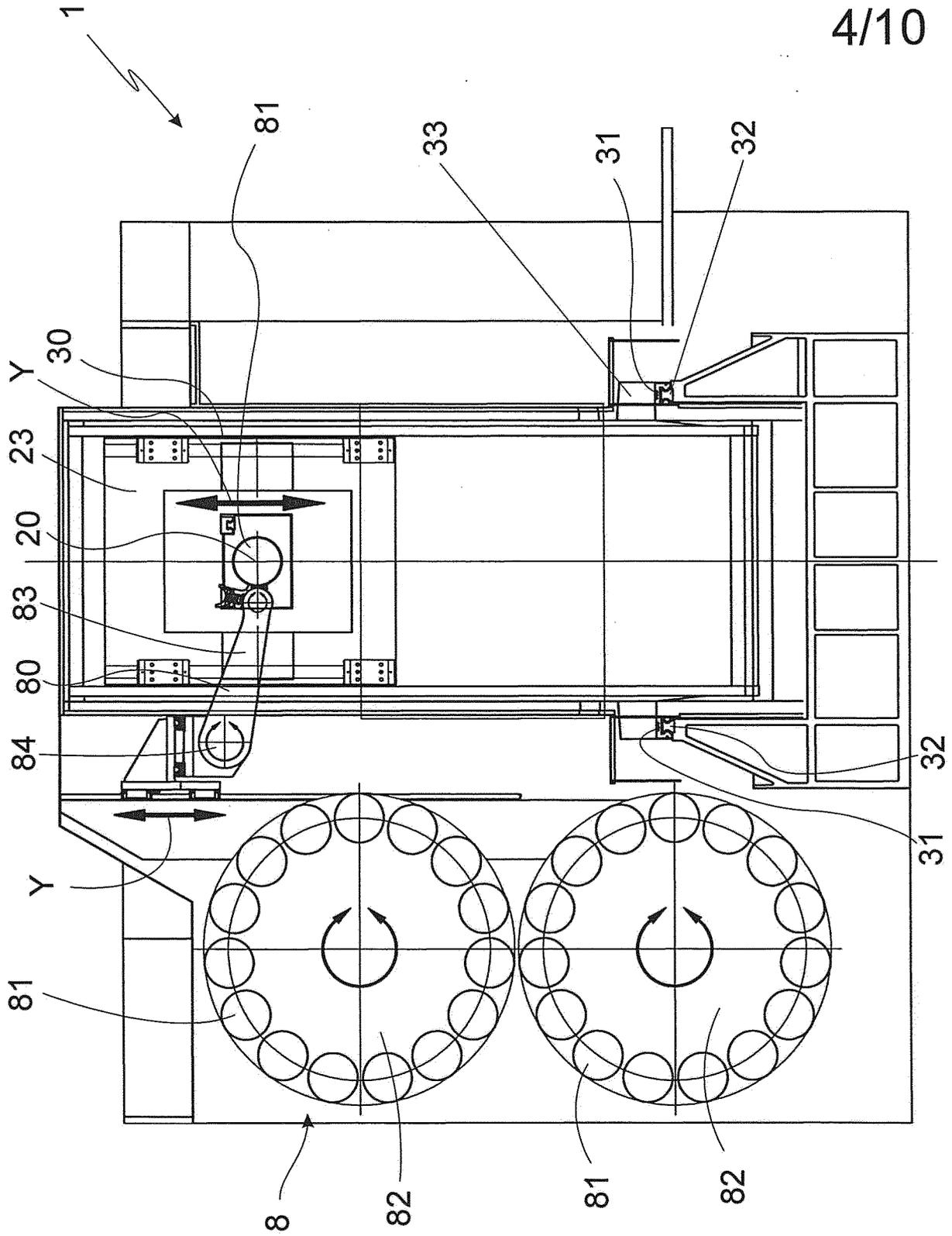


Fig. 3

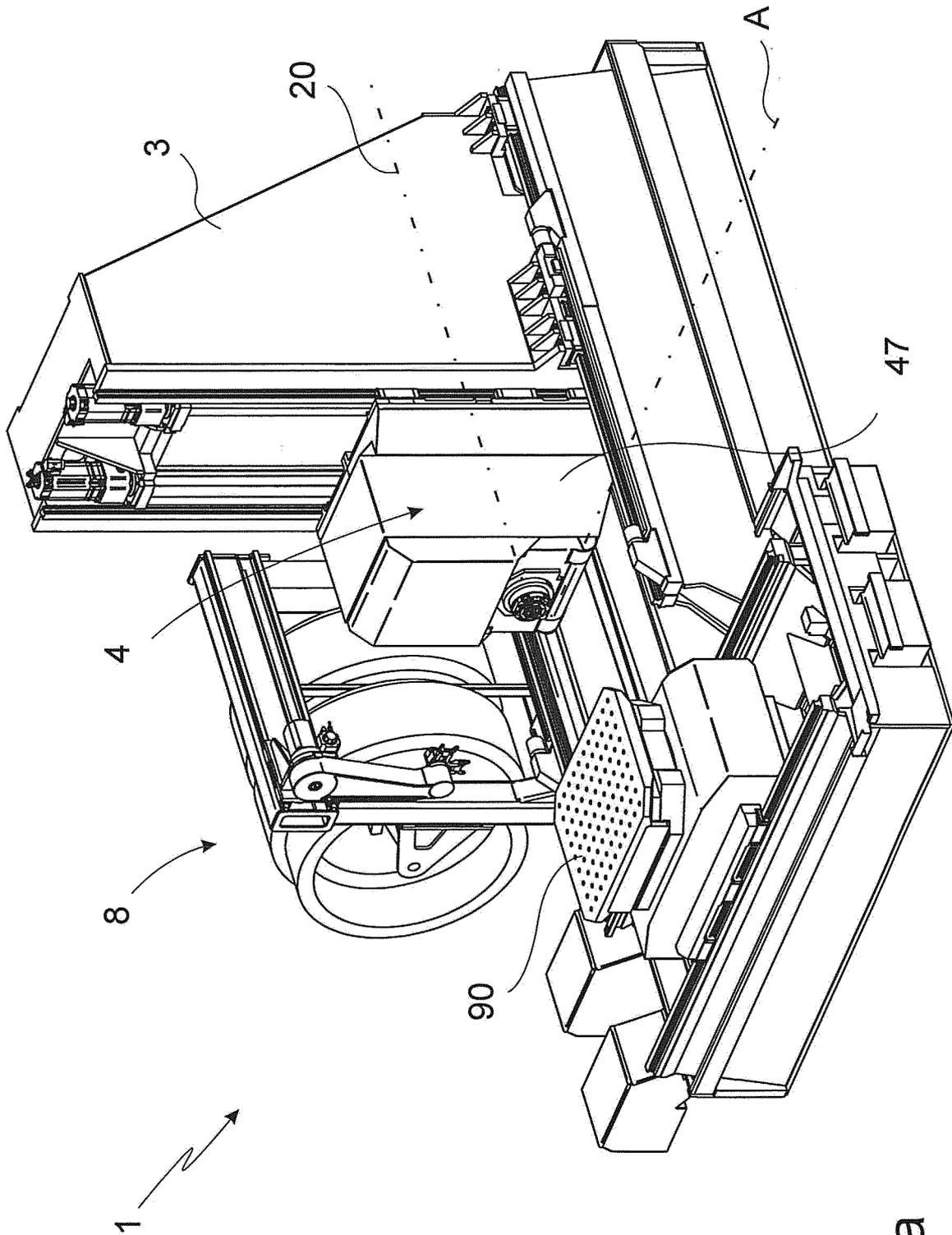


Fig. 4a

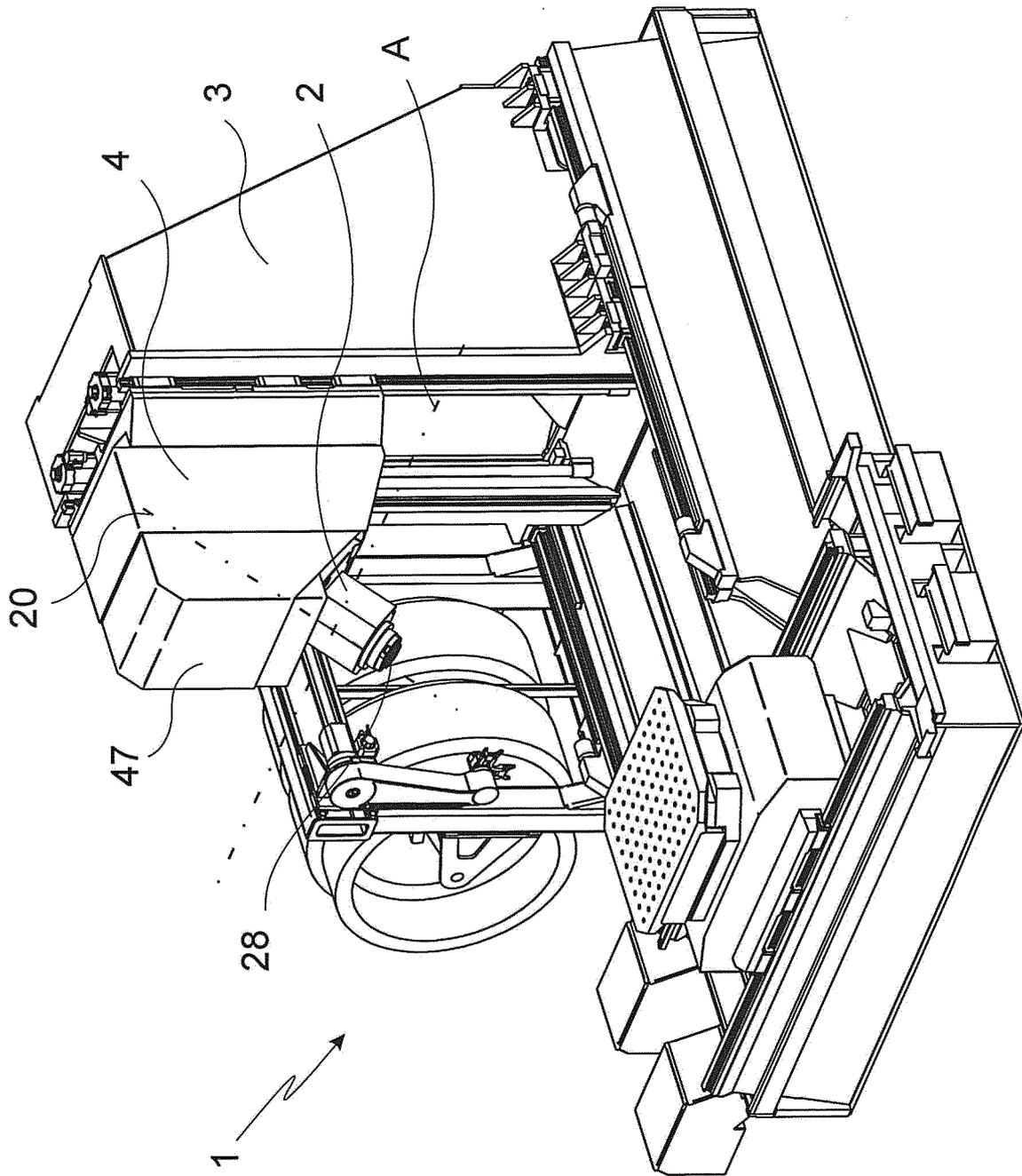


Fig. 4b

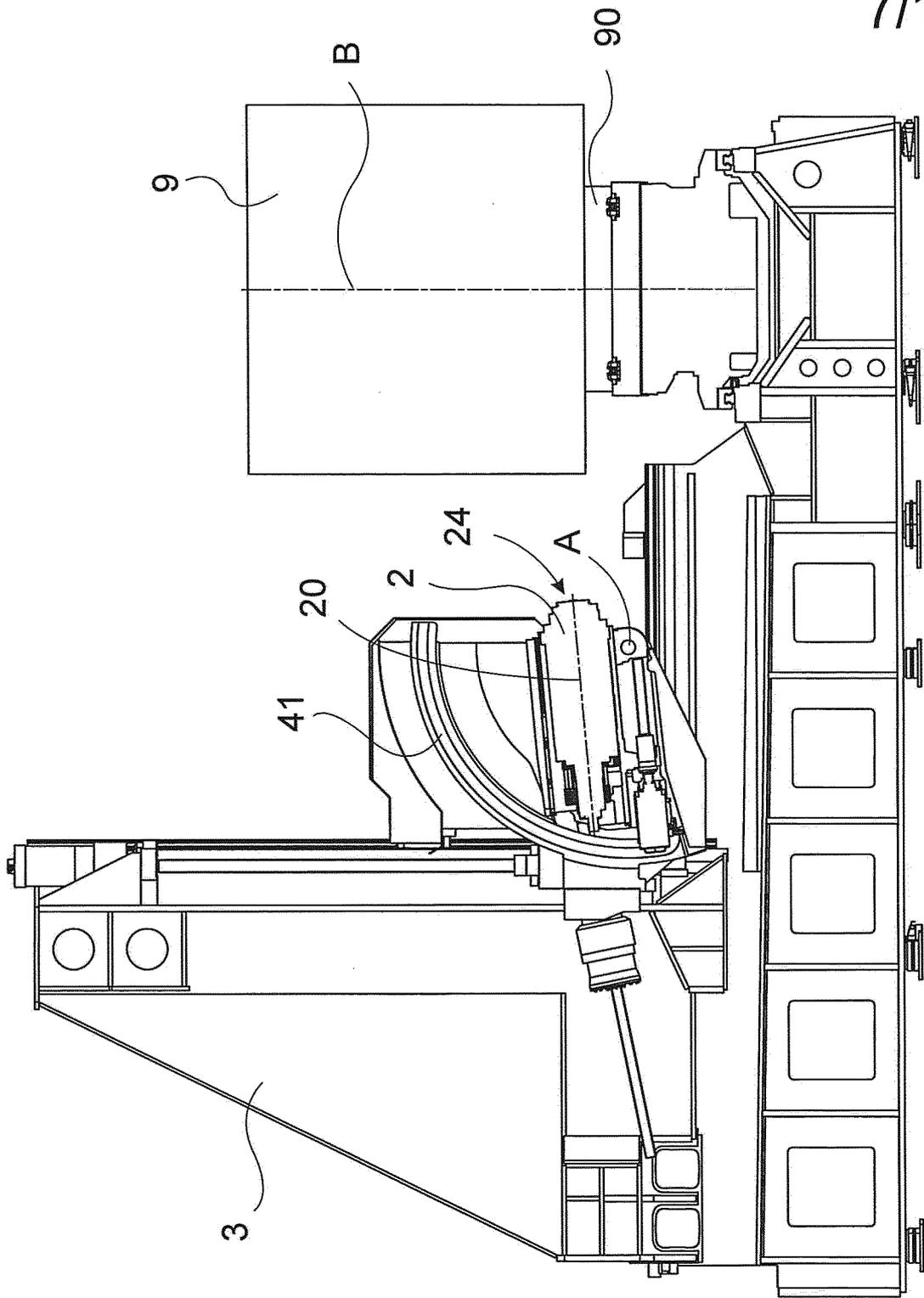


Fig. 5a

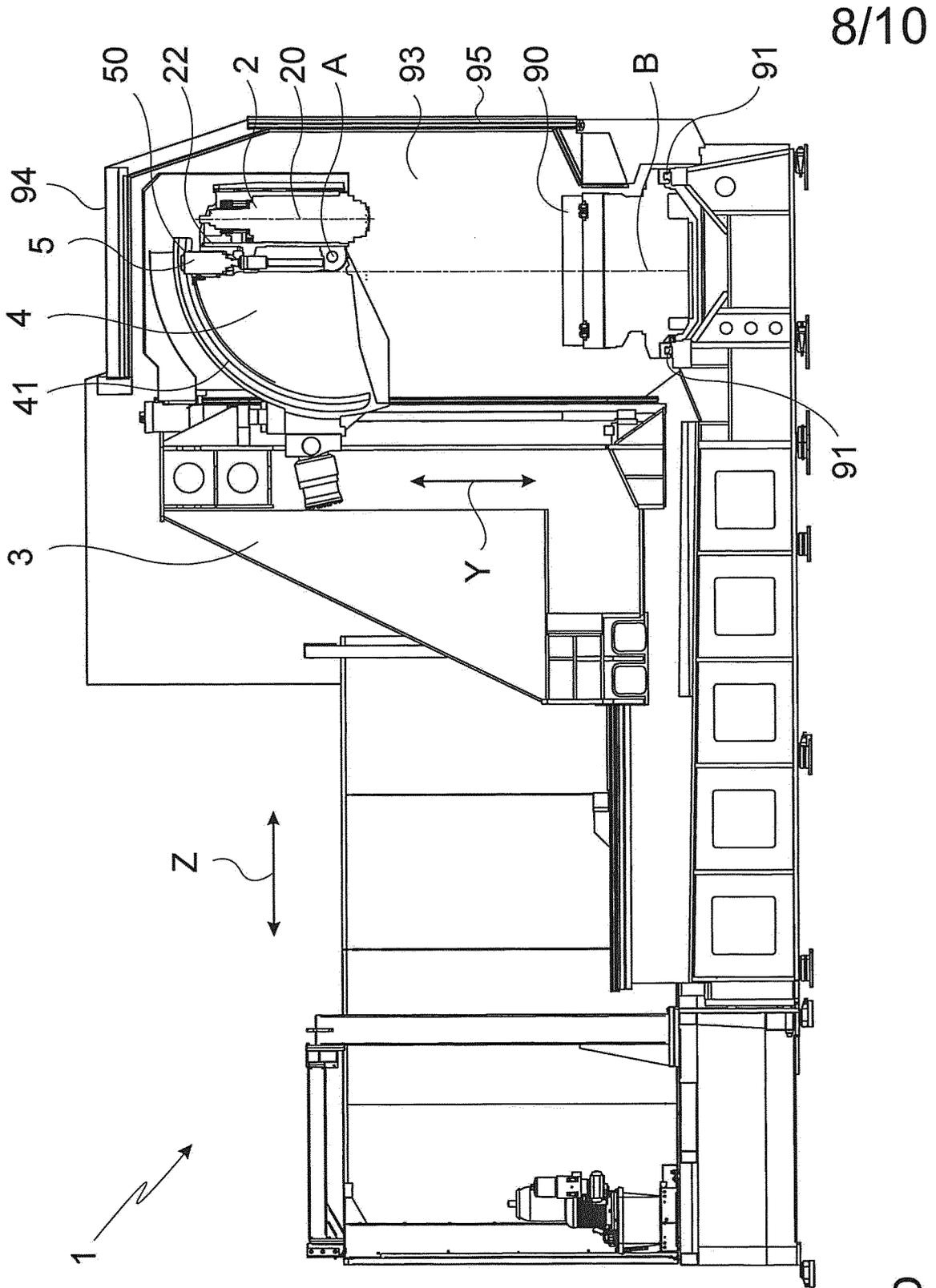


Fig. 5b

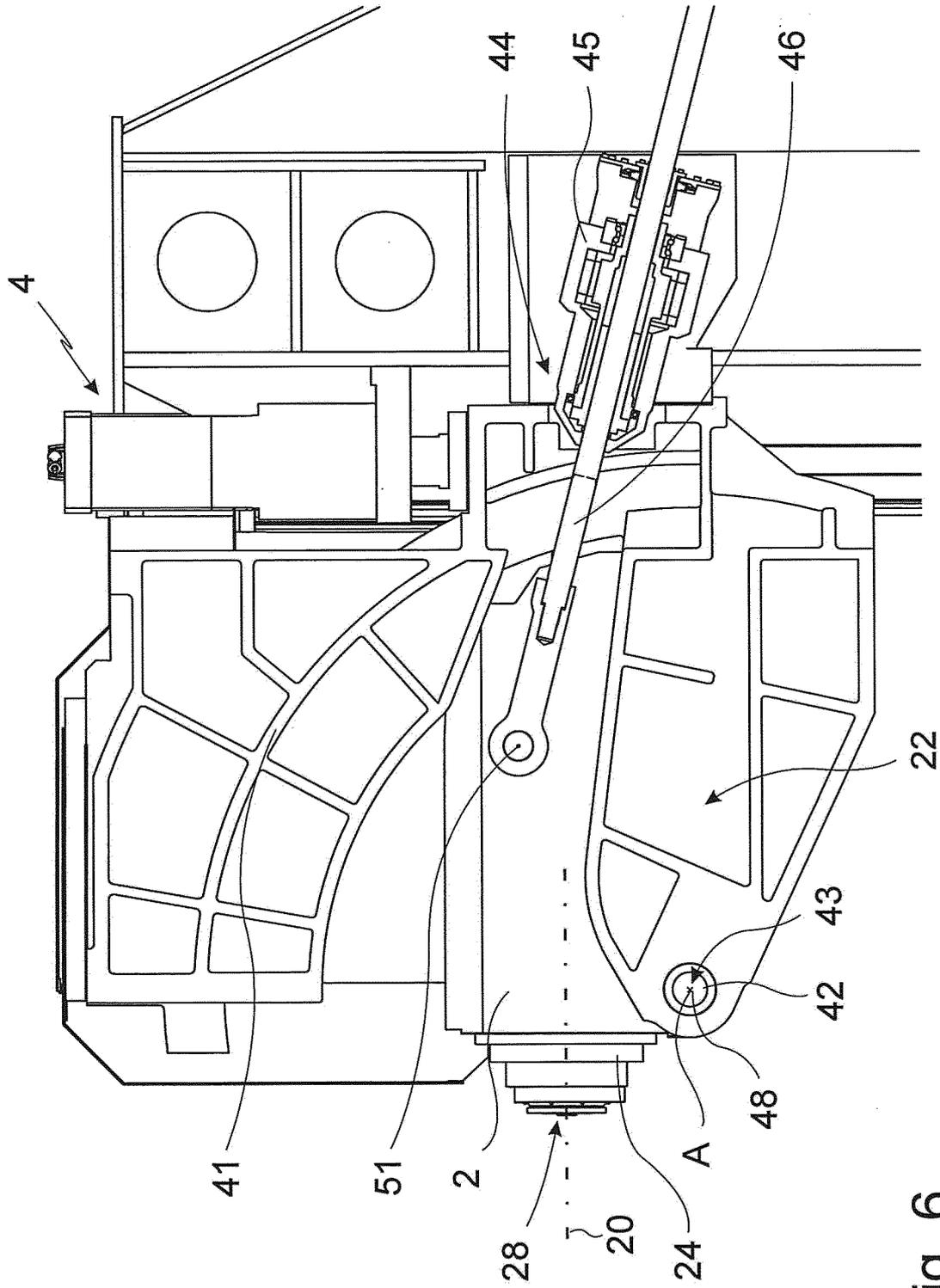


Fig. 6

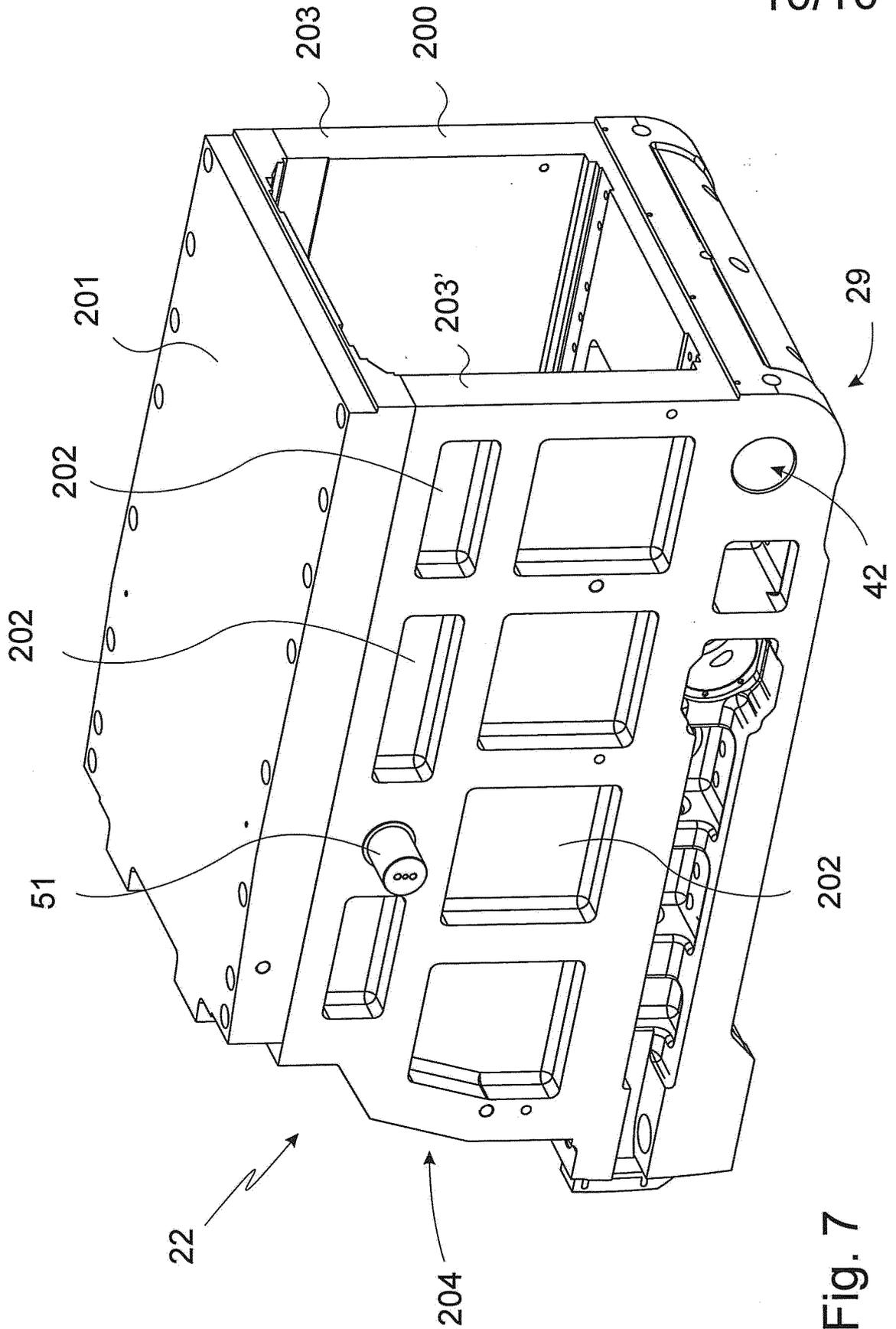


Fig. 7