(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 854 943 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.06.2022 Patentblatt 2022/23

(21) Anmeldenummer: **20153275.1**

(22) Anmeldetag: **23.01.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
E02D 7/16 *(2006.01)* ***E02D 7/18*** *(2006.01)*
E02D 7/22 *(2006.01)* ***E02D 13/04*** *(2006.01)*
E02D 13/06 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
E02D 7/16; E02D 7/18; E02D 7/22; E02D 13/04; E02D 13/06

(54) TIEFBAUGERÄT

EXCAVATION DEVICE

ENGIN DE GÉNIE CIVIL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.07.2021 Patentblatt 2021/30

(73) Patentinhaber: **ABI Anlagentechnik-Baumaschinen-Industriebedarf Maschinenfabrik und Vertriebsgesellschaft mbH**
63843 Niedernberg (DE)

(72) Erfinder:
- **Heichel, Christian**
  63843 Niedernberg (DE)
- **Schmidt, Tobias**
  63741 Aschaffenburg (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte Dörner & Kötter PartG mbB**
Körnerstrasse 27
58095 Hagen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 655 415
EP-A1- 3 584 370
WO-A1-2017/174861
DE-U1-202011 001 120

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 854 943 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Tiefbaugerät, insbesondere ein Ramm-, oder Bohrgerät, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, so wie es aus der EP 16 554 15 A bekannt ist. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur mehrdimensionalen freien Positionierung eines Positionierers eines Tiefbaugerätes nach dem Patentanspruch 16.

[0002] Bei der Bedienung eines Tiefbaugerätes, insbesondere eines Spezialtiefbaugerätes wie ein Ramm- oder Bohrgerät, ist die exakte Positionierung des Arbeitsgerätes oder sonstiger Arbeitsmittel wie Winde oder Hilfswinde von besonderer Bedeutung. So ist beispielsweise die Klemmzange eines Rammgerätes möglichst exakt im Raum zu positionieren, um ein Spundwandelement aufzunehmen und um dieses nachfolgend an einer definierten Position im Boden zu platzieren und in diesen einzubringen. Auch das Arbeitsgerät eines Bohrgerätes ist beispielsweise zunächst an einer definierten Stelle zu positionieren, um eine Bohrung zu initiieren. Während der Bohrung muss das Erdmaterial in bestimmten Abständen aus den Gewindegängen des Bohrers entfernt werden, wozu das Bohrwerkzeug aus dem Bohrloch gezogen, anschließend zu einer definierten Position zum Abschleudern des Erdmaterials bewegt und sodann wieder in das Bohrloch zurück positioniert werden muss.

[0003] Rammgeräte verfügen über mehrere Bewegungsfreiheitsgrade. Diese sind regelmäßig: Verfahren des Fahrwerks (wobei hier zur Vereinfachung nur lineares Vor- und Zurückfahren angenommen wird), Drehen des Oberwagens, Neigen des Mäklers (vor und zurück), Neigen des Mäklers (links, rechts), Verschwenken des Mäklers um eine vertikale Achse, Vorschub des Arbeitsgeräteschlittens, Verschwenken des Grundarms zur Veränderung der Reichweite, lineare Verschiebung des Mastes. Gegenüber diesen acht Freiheitsgraden weisen Bohrgeräte üblicherweise nur sechs Freiheitsgrade auf, da ein Verschwenken des Mäklers um eine vertikale Achse sowie eine lineare Verschiebung des Mastes nicht erforderlich sind.

[0004] Für eine freie Positionierungen des Arbeitsgerätes eines Spezialtiefbaugerätes im Raum mit sechs oder acht Freiheitsgraden ist ein erfahrener Bediener erforderlich, der hier als wesentliches "Steuer- und Regelelement" in das Spezialtiefbaugerät eingebunden wird. Durch eine visuelle Positionserfassung führt der Bediener permanent einen Soll-Ist-Abgleich durch und leitet über Steuerhebel des Spezialtiefbaugeräts Steuerbefehle an dessen Aktoren weiter. Durch die komplexen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Bewegungsbahnen der Aktoren stellt die exakte Positionierung des Arbeitsgerätes einen interaktiven Vorgang dar, bei dem einzelne Ansteuerungen von Aktoren ausgeführt werden. Die einzelnen Aktoren beschreiben regelmäßig keine linearen Bewegungen in einem kartesischen Koordinatensystem, sondern Bewegungskurven mit zeitgleicher Variation mehrerer Koordinaten.

[0005] Über die Positionierung eines Arbeitsgerätes (bzw. des Arbeitsgeräteschlittens) hinaus kann bei einem Spezialtiefbaugerät auch die Positionierung weiterer Bauteile erforderlich sein, beispielsweise die Positionierung einer Seilrolle, über die ein Seil einer Seilwinde geführt ist. Nachfolgend werden zu positionierende Bauteile des Spezialtiefbaugerätes wie bspw. Schlitten oder Seilrollen unter dem Begriff "Positionierer" zusammengefasst.

[0006] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Tiefbaugerät, insbesondere ein Spezialtiefbaugerät wie beispielsweise ein Ramm- oder Bohrgerät bereitzustellen, das eine automatisierte freie Positionierung eines Positionierers im Raum ermöglicht. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Tiefbaugerät mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Mit der Erfindung ist ein Tiefbaugerät, insbesondere ein Spezialtiefbaugerät wie beispielsweise ein Rammgerät bereitgestellt, das eine automatisierte freie Positionierung eines aufgenommenen Arbeitsgerätes ermöglicht. Dabei weist ein solches Rammgerät insbesondere acht Freiheitsgrade bzw. ein solches Bohrgerät insbesondere sechs Freiheitsgrade auf (jeweils unter der vereinfachten Annahme eines lediglich linear verfahrbaren Fahrwerks). Dadurch, dass die Steuer- und Regeleinrichtung ein Eingabemodul zur Vorgabe einer Zielposition wenigstens eines Positionierers aufweist und mit einem Rechnermodul verbunden ist, das eingerichtet ist, wenigstens einen Verfahrweg zu ermitteln, entlang dessen der Positionierer von seiner aktuellen Position (Startposition) zu der Zielposition verfahrbar ist und mittels inverser Kinematik die hierzu erforderlichen Lagen der einzelnen Aktoren zur Realisierung des Verfahrweges des Positionierers zu ermitteln und zu deren Ansteuerung an die Steuer- und Regeleinrichtung zu übergeben, ist eine definierte Positionierung eines Positionierers lediglich durch Vorgabe einer Zielposition ermöglicht. Die Anforderungen an die sensorischen und motorischen Fähigkeiten des Bedieners des Tiefbaugeräts sind hierdurch reduziert. Es ist lediglich eine Zielkoordinate vorzugeben; die Ansteuerung der einzelnen Aktoren erfolgt durch Ermittlung einzelner Lagen der einzelnen Aktoren mit Hilfe der inversen Kinematik.

[0008] Die inverse Kinematik (auch Rückwärtstransformation genannt) ist ein Begriff aus der Robotik. Sie ermöglicht bei einem Roboter die Bestimmung der Gelenkwinkel der Armelemente anhand der Pose (Position und Orientierung) des Endeffektors. Bei der inversen Kinematik wird das letzte Glied der kinematischen Kette, der sogenannte Endeffektor, bewegt und in die gewünschte Lage gebracht. Die übrigen Glieder der Kette müssen dann entsprechend den Freiheitsgraden ihrer Gelenke passende Lagen einnehmen. Methoden der inversen Kinematik sind dem Fachmann aus dem Bereich der Robotik hinreichend bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht weiter vertieft.

[0009] In Weiterbildung der Erfindung ist das Rechner-

modul eingerichtet, Bewegungsabläufe der einzelnen Aktoren zur Erzielung des Verfahrweges des Arbeitsgerätes zu ermitteln und zu deren Ansteuerung an die Steuer- und Regeleinrichtung zu übergeben. Hierdurch ist eine gezielte oder auch zeitlich abfolgende Ansteuerung der einzelnen Aktoren zur Bewegung des Positionierers an die vergebene Zielposition ermöglicht.

[0010] In Ausgestaltung der Erfindung sind die wenigstens eine Aufnahme und/oder die Bewegungsglieder und/oder die Gelenke und/oder die Linearversteller mit einem Sensor zur Detektion der Position und/oder der Lage und/oder der Winkelstellung versehen, die mit der Steuer- und Regeleinrichtung verbunden sind. Hierdurch ist eine kontinuierliche Rückmeldung des tatsächlichen Bewegungszustandes ermöglicht. Unter dem Begriff "Gelenk" sind vorliegend Verbindungsstellen zwischen zwei Bauteilen bzw. Bewegungsgliedern zu verstehen, die eine Relativbewegung dieser Bauteile zueinander, insbesondere eine Schwenkbewegung, ermöglichen. Bei Linearverstellern handelt es sich um solche Verbindungsstellen, die eine ausschließlich lineare Bewegung zwischen zwei Bauteilen bzw. Bewegungsgliedern ermöglichen.

[0011] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist in der Steuer- und Regeleinrichtung ein geometrisch beschreibendes Modell des Tiefbaugerätes und/oder wenigstens ein mathematisches Modell des Systemverhaltens des Tiefbaugerätes hinterlegt. Hierdurch ist die Erfassung des kinematischen Systemverhaltens und dessen Regelung vereinfacht.

[0012] Bevorzugt ist der Positionierer durch einen Arbeitsschlitten zur Aufnahme eines Arbeitsgerätes gebildet, der an einem Mäkler verfahrbar angeordnet ist, der über eine Schwenk- und/oder Neigevorrichtung mit dem Trägergerät, bevorzugt einem Trägerfahrzeug, verbunden ist.

[0013] In Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens ein System zur Erfassung der Arbeitsumgebung angeordnet, das mit einem Auswertungsmodul verbunden ist, dass zur Ermittlung von Hindernissen eingerichtet ist, und das mit dem Rechnermodul verbunden ist, wobei das Rechnermodul eingerichtet ist, wenigstens einen Verfahrweg unter Vermeidung von durch das Auswertungsmodul identifizierten Hindernissen zu ermitteln. Hierdurch ist einer Kollision eines Positionierers, beispielsweise eines Arbeitsschlittens mit einem von diesem aufgenommenen Arbeitsgerät, mit in der Arbeitsumgebung befindlichen Hindernissen vermieden. Bevorzugt weist das System zur Erfassung der Arbeitsumgebung wenigstens eine Kamera und/oder wenigstens einen Ultraschallsensor und/oder wenigstens einen Radarsensor und/oder wenigstens einen Lidarsensor und/oder wenigstens einem Lasersensor auf. Hierdurch ist eine kontinuierliche, detaillierte Erfassung der Arbeitsumgebung ermöglicht.

[0014] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist wenigstens eine Kamera und/oder wenigstens ein Ultraschallsensor und/oder wenigstens ein Radarsensor und/oder wenigstens ein Lidarsensor und/oder wenigstens ein Lasersensor an wenigstens einem Positionierer und/oder einem Arbeitsgerät und/oder an wenigstens einem mit einem Positionierer verbundenen Bewegungsglied angeordnet. Hierdurch ist eine lückenlose Erfassung der Arbeitsumgebung auch bei verschiedensten Bewegungszuständen des Tiefbaugeräts ermöglicht.

[0015] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist das Rechnermodul mit einem Speichermodul verbunden, in dem definierte Sperrbereiche hinterlegt sind, die bei der Ermittlung von Verfahrwegen wie Hindernisse zu behandeln sind. Hierdurch ist eine Einschränkung möglicher Verfahrwege des von einer Aufnahme aufgenommenen Arbeitsgerätes ermöglicht.

[0016] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist das Auswertemodul zur kontinuierlichen Ermittlung von Hindernissen auch während der Positionierung eines Positionierers entlang eines Verfahrweges eingerichtet, wobei das Rechnermodul zur kontinuierlichen Kollisionsprüfung ermittelter Hindernisse mit dem Verfahrweg und erforderlichenfalls Korrektur dieses Verfahrweges eingerichtet ist. Hierdurch ist einer Kollision bei veränderten Umgebungssituationen vermieden.

[0017] In vorteilhafter Ausgestaltung ist das Rechnermodul mit einem optischen und/oder akustischen Signalgeber verbunden und eingerichtet, diesen Signalgeber in dem Fall, dass eine Korrektur des Verfahrweges ohne Kollision nicht möglich ist, zu betätigen.

[0018] In Weiterbildung der Erfindung umfasst das Eingabegerät einen Bildschirm, auf dem die aktuelle Umgebung wiedergegeben ist, wobei ein Transformationsmodul angeordnet ist, das eingerichtet ist, eine Eingabeanweisung in Koordinaten eines vorgegebenen Koordinatensystems umzuwandeln und diese an die Steuer- und Regeleinrichtung als Zielkoordinaten zu übergeben. Vorzugsweise umfasst das Eingabegerät einen Touchscreen, auf den durch Berührung eine Zielposition eingebbar ist. Alternativ kann der Bildschirm auch Bestandteil eines Virtual Reality (VR)-Systems sein, in dem durch definierte Aktionen, beispielsweise Zeigen mit einem Finger, eine gewünschte Zielposition eingebbar ist.

[0019] In Ausgestaltung der Erfindung ist wenigstens einem Aktor, vorzugsweise allen Aktoren ein separater Aktorregler zugeordnet, über den der jeweilige Aktor auf Basis einer Sollposition und/oder Sollgeschwindigkeit und/oder Sollbeschleunigung als Eingangswert ansteuerbar ist. Die Aktorregler können speziell auf die Bewegungsformen und Freiheitsgrade eines Aktors abgestimmt werden und ermöglichen so eine einfachere Ansteuerung und Regelung des jeweiligen Aktors.

[0020] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Steuer- und Regeleinrichtung zur direkten Lageregelung eingerichtet, bei der den Aktorreglern zeitgleich die Sollpositionen der Gelenke und/oder der Linearversteller vorgegeben werden. Hierdurch ist eine beschleunigte Positionierung eines Positionierers, beispielsweise eines Arbeitsschlitten mit einem von diesem aufgenommenen Arbeitsgerät, ermöglicht.

[0021] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist die Steuer- und Regeleinrichtung zur Kaskadenregelung eingerichtet, bei dem aus der Zielpositionsvorgabe ein zeitabhängiges Geschwindigkeitsprofil mit definierter Beschleunigung und Geschwindigkeit berechnet wird, mit dem die Sollposition angefahren werden soll und diese den Aktorreglern übergeben wird. Dabei ist vorzugsweise ein Lageregelkreis zur Überwachung der aktuellen Position und eine Regelung der jeweiligen Sollposition zu einem jeweiligen Zeitpunkt, die sich aus dem Geschwindigkeitsprofil ergibt, angeordnet.

[0022] Der vorliegenden Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur mehrdimensionalen freien Positionierung eines Positionierers eines Tiefbaugerätes bereitzustellen, das eine automatisierte Positionierung des Positionierers, beispielsweise eines Arbeitsschlittens mit einem von diesem aufgenommenen Arbeitsgerät, lediglich durch Vorgabe einer Zielposition ermöglicht. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 16 gelöst. Zur Positionierung des Positionierers, der über mehrere relativ zueinander bewegliche, über Gelenke und/oder Linearversteller verbundene Bewegungsglieder innerhalb einer kinematischen Kette mit einem Trägergerät verbunden ist, wobei die Bewegungsglieder mit wenigstens sechs Aktoren verbunden sind, über die ihre jeweilige Position und/oder Orientierung veränderbar ist, wird auf Basis einer Zielposition des Positionierers, beispielsweise des Arbeitsschlittens mit dem von diesem aufgenommenen Arbeitsgerät, ein Verfahrweg ermittelt, auf Basis dessen die Gelenkpositionen der einzelnen Gelenke sowie die Linearpositionen der Linearversteller ermittelt werden. Weiterhin werden die zur Realisierung der einzelnen Gelenkpositionen und Linearpositionen erforderlichen Aktorbewegungen ermittelt und nachfolgend die einzelnen Aktoren zur Durchführung der ermittelten Aktorbewegungen angesteuert.

[0023] In Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens ein System zur Erfassung der Arbeitsumgebung angeordnet, wobei mittels eines Auswertungsmoduls Hindernisse detektiert werden und wobei die Ermittlung des Verfahrweges unter Berücksichtigung der Kollisionsvermeidung mit den detektierten Hindernissen erfolgt. Hierdurch sind Kollisionen mit in der Arbeitsumgebung befindlichen Hindernissen vermieden.

[0024] In Ausgestaltung der Erfindung werden mehrere mögliche Verfahrwege ermittelt und nachfolgend wird durch Vergleich der ermittelten Verfahrwege auf Basis vorgegebener Parameter wie bspw. "schnellster Weg", "kürzester Weg", "minimale Anzahl an Richtungsänderungen" oder "maximaler Abstand von Punkt (x, y, z)" ein Verfahrweg ausgewählt. Hierdurch ist, je nach Vorgabe, ein besonders schneller oder auch ein besonders schonender Verfahrweg ermöglicht.

[0025] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Ermittlung der Gelenkpositionen der einzelnen Gelenke und der Linearpositionen der Linearversteller durch Anwendung eines Algorithmus auf Basis einer inversen Kinematik. Die aus dem Bereich der Robotik stammende inverse Kinematik, auch als Rückwärtstransformation bezeichnet, ermöglicht die Bestimmung der Gelenkwinkel der Bewegungsglieder innerhalb der kinematischen Kette anhand der Position und Orientierung der gewählten Aufnahme.

[0026] Andere Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen angegeben. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in den Zeichnungen dargestellt und ist nachfolgend im Einzelnen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 die schematische Darstellung einer Drehbohranlage;

Figur 2 die Darstellung der Drehbohranlage aus Figur 1 in einer vereinfachten Ersatzdarstellung;

Figur 3 die Detaildarstellung der Stützstrebenzylinderanordnung der Drehbohranlage aus Figur 2;

Figur 4 eine weiter vereinfachte Ersatzdarstellung der Drehbohranlage aus Figur 2

a) in der Position "Mäkler angehoben";
b) in der Position "Mäkler abgesenkt";
c) in der Position "Mäkler geneigt";

Figur 5 die Darstellung eines vereinfachten Gelenkschemas der Drehbohranlage aus Figur 2

Figur 6 die schematische Darstellung der Lageregelung der mit dem Rechnermodul verbundenen Steuer- und Regeleinrichtung der Bohranlage aus Figur 1.

[0027] Die als Ausführungsbeispiel gewählte Drehbohranlage besteht im Wesentlichen aus einem Trägergerät 1, das über eine Schwinge 2 mit einem Mäkler 3 verbunden ist, an dem ein Arbeitsschlitten 4 verfahrbar angeordnet ist, an dem ein Bohrgerät 5 befestigt ist.

[0028] Die Schwinge 2 umfasst zwei parallel zueinander angeordnete, im Wesentlichen dreieckförmig ausgebildete Schwingenplatten 21, deren Ecken abgerundet sind. Die Schwingenplatten 21 der Schwinge 2 sind gegenüberliegend mit einer Ecke mit jeweils einem Ausleger 22 schwenkbar verbunden, der auf dem Trägergerät 1 schwenkbar befestigt ist. Die Ausleger 22 bilden den Grundarm aus. Mit einer zweiten Ecke sind die Schwingenplatten 21 gegenüberliegend schwenkbar mit dem Mäkler 3 verbunden. Die dritte Ecke der Schwingenplatten 21 ist jeweils mit einem Auslegerzylinder 23 verbunden, der auf dem Trägergerät 1 angeordnet ist. Beabstandet zu dem Auslegerzylinder 23 ist im Bereich der dritten Ecke der Schwingenplatten 21 jeweils ein Stützstrebenzylinder 24 schwenkbar befestigt, dessen Zylinderkolben jeweils schwenkbar an dem Mäkler 3 befestigt ist.

[0029] Zwischen den Schwingenplatten 21 und den Kolben der Stützstrebenzylinder 24 ist an dem Mäkler 3 eine Vorschubwinde 31 angeordnet, über die der Schlit-

ten 4 entlang dem Mäkler 3 verschiebbar ist. Beabstandet zur Vorschubwinde 31 ist auf der gegenüberliegenden Seite der Schwingenplatten 21 an dem Mäkler 3 eine Hilfswinde 32 sowie beabstandet zu dieser eine Kellywinde 33 an dem Mäkler 3 angeordnet. Das Kellyseil 34 der Kellywinde 33 ist über einen auf dem Mäkler 3 angeordneten Seilrollenkopf 35 geführt und endseitig mit der Kellystange 51 des Bohrgerätes 5 verbunden. Das Bohrgerät 5 weist in bekannter Weise einen Bohrantrieb 52 auf, sowie ein Druckrohr 53, das mit einem Bohrrohr 54 verbindbar ist.

[0030] In dem Trägergerät 1 ist eine Steuer-und Regeleinrichtung 6 angeordnet, die ein Eingabemodul 61 zur Vorgabe einer Zielposition des Arbeitsschlittens 4 als Positionierer aufweist und mit einem Rechnermodul 62 verbunden ist. Es kann auch vorgesehen sein, über das Eingabemodul einen spezifischen Punkt oder ein bestimmtes Element des Bohrgerätes, beispielsweise des Bohrwerkzeugs des Bohrgerätes 5 oder des das Kellyseil und das Hilfsseil aufnehmenden Seilrollenkopfes 35, als Positionierer auszuwählen, für das eine Zielposition angegeben wird. Die Eingabevorrichtung umfasst im Ausführungsbeispiel einen Touch-Bildschirm, auf dem die virtuelle Umgebung der Drehbohranlage darstellbar ist.

[0031] Die Steuer- und Regeleinrichtung 6 ist mit den Auslegerzylindern 23, den Stützstrebenzylindern 24, der Vorschubwinde 31, der Kellywinde 33, der Hilfswinde 32 sowie auch der Schwenkeinheit des Oberwagens 11 und dem Fahrantrieb des Fahrwerks 12 des Trägergerätes 1 verbunden, welche Aktoren bilden, die über die Steuer- und Regeleinrichtung ansteuerbar sind. Über die Ansteuerung eines oder mehrerer dieser Aktoren ist die Position eines Positionierers, vorliegend dem Arbeitsschlitten 4 mit dem von diesem aufgenommenen Bohrgerät, veränderbar.

[0032] Über die Aktoren ist eine Positionierung des Bohrgerätes in sechs Freiheitsgraden ermöglicht: Verfahren des Fahrwerks 12 (wobei hier zur Vereinfachung nur lineares Vor- und Zurückfahren angenommen wird), Drehen des Oberwagens 11, Neigen des Mäklers 3 (vor und zurück), Neigen des Mäklers 3 (links, rechts), Vorschub des Arbeitsschlittens 4 entlang des Mäklers 3, Verschwenken der den Grundarm bildenden Ausleger 22 zur Veränderung der Reichweite.

[0033] Die Steuer- und Regeleinrichtung 6 ist mit Sensoren 7 verbunden, die zur Detektion von Position, Lage und Winkelstellung an dem Arbeitsschlitten 4 angeordnet sind. Zusätzlich können Sensoren 7 an weiteren Elementen des Bohrgerätes angeordnet sein. Weiterhin ist die Steuer- und Regeleinrichtung mit einem Rechnermodul 62 verbunden, das zur Ermittlung von Verfahrwegen und der zur deren Realisierung erforderlichen Lagen der einzelnen Aktoren mittels inverser Kinematik eingerichtet ist. Hierzu ist in dem Rechnermodul 62 im Ausführungsbeispiel ein geometrisch beschreibendes Modell der Drehbohranlage sowie ein mathematisches Modell des Systemverhaltens der Drehbohranlage hinterlegt.

[0034] Das Rechnermodul 62 ist mit einem Auswertungsmodul 63 verbunden, das zur Ermittlung von Hindernissen eingerichtet ist und hierzu mit einem System zur Erfassung der Arbeitsumgebung verbunden ist. Im Ausführungsbeispiel umfasst das System zu Erfassung der Arbeitsumgebung Kameras 81 sowie Lidar-Sensoren 82, die auf dem Trägergerät 1 sowie dem Arbeitsschlitten 4 angeordnet und mit dem Auswertungsmodul 63 verbunden sind.

[0035] Das Rechnermodul 62 ist weiterhin mit einem Speichermodul 63 verbunden, in dem definierte Sperrbereiche hinterlegt sind, die bei der Ermittlung von Verfahrwegen wie Hindernisse zu behandeln sind. Entsprechende Sperrbereiche sind über das Eingabemodul 61 definierbar. Das Rechnermodul 62 ist zur kontinuierlichen Kollisionsprüfung ermittelter und definierter Hindernisse mit ermittelten Verfahrwegen und erforderlichenfalls Korrektur eines Verfahrweges eingerichtet.

[0036] In Figur 2 ist ein vereinfachtes Schaubild der Drehbohranlage gezeigt, bei dem die wesentlichen Funktionsbauteile zur Positionierung des Arbeitsschlittens 4 dargestellt sind. Die Lage des Mäklers 3 mit dem an diesem verfahrbar angeordneten Arbeitsschlitten 4 ist über die Position der Schwinge 2 veränderbar, die über die Ausleger 22 mit dem Oberwagen 11 des Trägergerätes 1 verbunden ist. Die Ausleger 22 bilden Bewegungsglieder, die über Gelenke um eine horizontale Achse schwenkbar mit der Schwinge 2 sowie mit dem Oberwagen 11 des Trägergerätes 1 verbunden sind. Die Schwinge 2 ist über die Ausleger 22 zwangsgeführt und über die Auslegerzylinder 23 entlang einer Kurvenbahn bewegbar. Die Ausleger 22 und die Auslegerzylinder 23 sind gemeinsam mit dem Oberwagen 11 auf dem Fahrwerk 12 um eine vertikale Achse verschwenkbar sowie durch das Fahrwerk 12 horizontal linear verfahrbar.

[0037] Der Mäkler 3 ist mit der Schwinge 2 über Gelenke um zwei horizontale Achsen schwenkbar verbunden. Die Einstellung der Schwenklage des Mäklers 3 an der Schwinge 2 erfolgt über die Stützstrebenzylinder 24, die mit dem Mäkler 3 sowie mit der Schwinge 2 über Gelenke um zwei horizontale Achsen schwenkbar verbunden sind. Die Positionierung des Arbeitsschlittens 4, der über einen Linearversteller mit dem Mäkler 3 verbunden ist, erfolgt durch Linearverschiebung entlang des Mäklers 3 über die Vorschubwinde 31.

[0038] In Figur 4 a) ist zur Veranschaulichung der Kinematik dieses Schaubild weiter vereinfacht, ohne Auslegerzylinder 23, Stützstrebenzylinder 24 und Vorschubwinde 31 dargestellt. In Figur 4 b) ist beispielhaft ein Ablassen des durch die Ausleger 22 gebildeten Grundarms dargestellt. Dabei bewegt sich die der Arbeitsschlitten 4 auf einer Kreisbahn um den Drehpunkt der Ausleger 22 herum und erfährt hierdurch Positionsveränderungen durch Vergrößerung des Abstandes zum Trägergerät 1 (Erhöhung der Reichweite) und zeitgleich einer Positionsänderung durch Verkleinerung des Abstandes zum Erdboden. Soll beim Ablassen der Ausleger 22 nur die horizontale Position des Arbeitsschlittens 4 (delta y) verändert werden, wohingegen dessen vertikale Position

(detla z) gleich bleiben soll, ist zum Ausgleich der vertikalen Positionsänderung der Arbeitsschlitten 4 über die Vorschubwinde 31 entlang des Mäklers 3 linear nach oben zu verschieben. In Figur 4 c) ist zusätzlich der Mäkler 3 über die Stützstrebenzylinder 24 in einem Winkel zum Boden angestellt. Hierdurch ist die horizontale sowie auch die vertikale Position des Arbeitsschlittens 4 verändert.

[0039] In Figur 5 ist die kinematische Kette der Anordnung aus Figur 4 dargestellt, die sich aus über Gelenke und Linearversteller verbundenen Bewegungsgliedern zusammensetzt. Danach ergeben sich vorliegend die vorstehend angeführten sechs Freiheitsgrade zur Positionierung des an dem Arbeitsschlitten 4 angeordneten Bohrgerätes 5.

[0040] Mathematisch wird die Positionierung eines in Form eines definierten Punktes zugrunde gelegten Positionierers, vorliegend des Arbeitsschlittens 4, der das Bohrgerät 5 aufnimmt, durch das Grundprinzip eines inversen kinematografischen Algorithmus in der Steuer- und Regeleinrichtung abgebildet. Dabei wird die Sollposition dieses Punktes relativ zu einem gewählten Grundkoordinatensystem, beispielsweise des Trägergerätes, an den Algorithmus übergeben. Über den Algorithmus werden dann über algebraische, geometrische und numerische Methoden die Sollgrößen der einzelnen Aktoren für die gewünschte Positionierung berechnet. Als Ausgabe des Algorithmus können direkte Positionsgrößen für die Aktoren erfolgen. Es können auch Ableitungen der Positionsgrößen nach der Zeit, beispielsweise Geschwindigkeit oder Beschleunigung verwendet werden. Algorithmen der inversen Kinematik sind aus dem Bereich des Werkzeugmaschinenbaus und der Robotik zur Positionierung bei komplexen Gelenkzusammenhängen bekannt.

[0041] Zur Vereinfachung des Systemdesigns sind in der Steuer- und Regelungseinrichtung 6 sowie dem mit dieser verbundenen Rechnermodul 61 für einzelne Gelenke und Linearversteller separate Regelmodule, die als Aktorregler bezeichnet werden, programmiert. Diese Module, in denen die Besonderheiten des jeweiligen Gelenkes oder Linearverstellers bzw. des mit diesem verbundenen Aktors berücksichtigt sind, erhalten als Eingangswert eine Sollposition oder eine Sollgeschwindgkeit.

[0042] Die Lageregelung des Positionierers ist in Figur 6 skizziert. Den Aktorreglern werden zeitgleich die Sollstellungen der Gelenke und Linearversteller vorgegeben. Über einen PID (Proportional-Integral-Differential)-Regler regeln sich die einzelnen Aktoren und damit das System auf die vorgegebene Sollposition ein. Dabei können die Positionierzeiten der einzelnen Aktoren stark differenzieren. Soll das Bohrgerät beispielsweise näher an das Trägergerät 1 platziert werden, muss zeitgleich der aus den Auslegern 22 gebildete Grundarm auffahren und die Vorschubwinde 31 abfahren. Da der Vorschub höhere Verfahrgeschwindigkeiten als der Grundarm mit sich bringt, erfolgt eine Vorgabe durch den langsamsten Aktor. Von allen Aktoren ist die maximale Geschwindigkeit bekannt. Vor der Positionierung kann berechnet werden, wieviel Zeit der langsamste Aktor maximal benötigt. Mit diesem Zeitwert wird für alle anderen Aktoren der Geschwindigkeits- und Beschleunigungswert linear angepasst, sodass diese dieselbe Zeit benötigen. Hierdurch werden unnötig hohe Geschwindigkeiten und Beschleunigungen vermieden. Gleichzeitig wird ein gleichzeitiges Positionieren aller Gelenke ermöglicht.

[0043] Bei der Anwendung des Kellybohrverfahrens ist es beispielsweise notwendig, in regelmäßigen Zyklen das Bohrwerkzeug aus dem Bohrloch herauszuziehen und auf einem geeigneten Platz zum Abschleudern zu positionieren. Hierzu wird vom Bediener über den Touchscreen des Eingabemoduls eine Zielposition des Bohrgerätes ausgewählt, die dem Rechnermodul als Koordinaten übergeben wird. Auf Basis dieser Koordinaten werden von dem Rechnermodul mögliche Verfahrwege ermittelt. Hierzu werden von dem Auswertungsmodul auf Basis der von den Kameras 81 und den Sensoren 82 übermittelten Echtzeitdaten Hindernisse detektiert und an das Rechnermodul übergeben. Auf Basis zuvor festgelegter Auswahlkriterien, wie beispielsweise minimierte Anzahl an Richtungsänderungen oder schnellster Weg, wird von der Rechnereinheit ein Verfahrweg ausgewählt. Nachfolgend werden durch das Rechnermodul durch Anwendung von Algorithmen der inversen Kinematik die zur Realisierung dieses Verfahrweges erforderlichen Gelenkpositionen und Linearverstellerpositionen und die hierfür erforderlichen Aktorbewegungen über die Zeit ermittelt und an die Steuer- und Regeleinrichtung übergeben, welche die Ansteuerung der Aktoren (Auslegerzylinder 23, Stützstrebenzylinder 24, Vorschubwinde 31, Schwenkantrieb des Oberwagens 11, Fahrwerk 12) zur Realisierung des zum Abschleudern des Bohrwerkzeugs ermittelten Verfahrweges vornimmt. Im Ausführungsbeispiel kann über das Eingabemodul die Rückführung des Bohrwerkzeugs zum Bohrloch auf demselben Verfahrweg ausgelöst werden.

Patentansprüche

1. Tiefbaugerät, insbesondere Ramm- oder Bohrgerät, mit wenigstens einem Positionierer, insbesondere einem Arbeitsschlitten zur Aufnahme eines Arbeitsgerätes, der über mehrere relativ zueinander bewegliche, über Gelenke und/oder Linearversteller verbundene Bewegungsglieder innerhalb einer kinematischen Kette mit einem Trägergerät (1) verbunden ist, wobei die Bewegungsglieder mit wenigstens sechs Aktoren verbunden sind, über die ihre jeweilige Position und/oder Orientierung veränderbar ist und die mit einer Steuer- und Regeleinrichtung (6) verbunden sind, über die sie ansteuerbar sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und Regeleinrichtung (6) ein Eingabemodul (61) zur Vorgabe einer Zielposition wenigstens eines Positionierers

aufweist und mit einem Rechnermodul (62) verbunden ist, das eingerichtet ist, wenigstens einen Verfahrweg zu ermitteln, entlang dessen der Positionierer von seiner aktuellen Position -der Startposition- zu der Zielposition verfahrbar ist und mittels inverser Kinematik die hierzu erforderlichen Lagen der einzelnen Aktoren zur Realisierung des Verfahrweges des Positionierers zu ermitteln und zu deren Ansteuerung an die Steuer- und Regeleinrichtung (6) zu übergeben.

2. Tiefbaugerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rechnermodul (62) eingerichtet ist, Bewegungsabläufe der einzelnen Aktoren zur Erzielung des Verfahrweges des Positionierers zu ermitteln und zu deren Ansteuerung an die Steuer- und Regeleinrichtung (6) zu übergeben.

3. Tiefbaugerät nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Positionierer und/oder die Bewegungsglieder und/oder die Gelenke und/oder die Linearversteller mit einem Sensor (7) zu Detektion der Position und/oder der Lage und/oder der Winkelstellung versehen sind, die mit der Steuer- und Regeleinrichtung (6) verbunden sind.

4. Tiefbaugerät nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Steuer und Regeleinrichtung (6) oder dem Rechnermodul (62) ein geometrisch beschreibendes Modell des Tiefbaugerätes und/oder wenigstens ein mathematisches Modell des Systemverhaltens des Tiefbaugerätes hinterlegt ist.

5. Tiefbaugerät nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Positionierer durch einen Arbeitsschlitten zur Aufnahme eines Arbeitsgerätes gebildet ist, der an einem Mäkler (3) verfahrbar angeordnet ist, der über eine Schwenk- und/oder Neigevorrichtung mit dem Trägergerät (1), bevorzugt einem Trägerfahrzeug verbunden ist.

6. Tiefbaugerät nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein System zur Erfassung der Arbeitsumgebung angeordnet ist, das mit einem Auswertungsmodul (63) verbunden ist, das zur Ermittlung von Hindernissen eingerichtet ist und das mit dem Rechnermodul (62) verbunden ist, wobei das Rechnermodul (62) eingerichtet ist, wenigstens einen Verfahrweg unter Vermeidung von durch das Auswertungsmodul (63) identifizierten Hindernisse zu ermitteln.

7. Tiefbaugerät nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System zur Erfassung der Arbeitsumgebung wenigstens eine Kamera (81) und/oder wenigstens einen Ultraschallsensor und/oder wenigstens einen Radarsensor und/oder wenigstens einen Lidarsensor (82) und/oder wenigstens einen Lasersensor umfasst.

8. Tiefbaugerät nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Kamera (81) und/oder wenigstens ein Ultraschallsensor und/oder wenigstens eine Radarsensor und/oder wenigstens ein Lidarsensor (82) und/oder wenigstens ein Lasersensor an wenigstens einem Positionierer und/oder einem Arbeitsgerät und/oder an wenigstens einem mit einem Positionierer verbundenen Bewegungsglied angeordnet ist.

9. Tiefbaugerät nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rechnermodul (62) mit einem Speichermodul (64) verbunden ist, in dem definierte Sperrbereiche hinterlegt sind, die bei der Ermittlung von Verfahrwegen wie Hindernisse zu behandeln sind.

10. Tiefbaugerät nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Auswertemodul (63) zur kontinuierlichen Ermittlung von Hindernissen auch während der Positionierung des Positionierers entlang eines Verfahrweges eingerichtet ist, wobei das Rechnermodul (62) zur kontinuierlichen Kollisionsprüfung ermittelter Hindernisse mit dem Verfahrweg und erforderlichenfalls Korrektur dieses Verfahrweges eingerichtet ist.

11. Tiefbaugerät nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Eingabemodul (61) einen Bildschirm, insbesondere einen Touchscreen umfasst, auf dem die aktuelle Umgebung wiedergegeben ist, wobei ein Transformationsmodul angeordnet ist, das eingerichtet ist, eine durch eine Eingabeanweisung, insbesondere eine auf einem Touchscreen detektierte Berührung, in Koordinaten eines vorgegebenen Koordinatensystems umzuwandeln und diese an die Steuer- und Regeleinrichtung (6) als Zielkoordinaten zu übergeben.

12. Tiefbaugerät nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einem Aktor, vorzugsweise allen Aktoren ein separater Aktorregler zugeordnet ist, über den der Aktor auf Basis einer Sollposition und/oder Sollgeschwindigkeit und/oder Sollbeschleunigung als Eingangswert ansteuerbar ist.

13. Tiefbaugerät nach Anspruch 12 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer-und Regeleinrichtung (6) zur direkten Lageregelung eingerichtet ist, bei der den Aktorreglern zeitgleich die Sollpositionen der Gelenke und/oder der Linearversteller vorgegeben werden.

14. Tiefbaugerät nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer-und Regeleinrichtung (6) zur Kaskadenregelung eingerichtet ist, bei dem aus der Zielpositionsvorgabe ein zeitabhängiges Geschwindigkeitsprofil mit definierter Beschleunigung und Geschwindigkeit berechnet wird, mit dem die Sollposition angefahren werden soll und diese den Aktorreglern übergeben wird.

15. Tiefbaugerät nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Lageregelkreis zur Überwachung der aktuellen Position und Einregelung der jeweiligen Sollposition zu einem jeweiligen Zeitpunkt, die sich aus dem Geschwindigkeitsprofil ergibt, angeordnet ist.

16. Verfahren zur mehrdimensionalen freien Positionierung eines Positionierers eines Tiefbaugerätes, insbesondere eines Tiefbaugerätes nach einem der vorgenannten Ansprüche, der über mehrere relativ zueinander bewegliche, über Gelenke und/oder Linearversteller verbundene Bewegungsglieder innerhalb einer kinematischen Kette mit einem Trägergerät (1) verbunden ist, wobei die Bewegungsglieder und/oder die Linearversteller mit wenigstens sechs Aktoren verbunden sind, über die ihre jeweilige Position und/oder Orientierung veränderbar ist, wobei auf Basis einer Zielposition des Positionierers ein Verfahrweg ermittelt wird, auf Basis dieses Verfahrweges die Gelenkpositionen der einzelnen Gelenke sowie die Linearpositionen der Linearversteller ermittelt werden, die zur Realisierung der einzelnen Gelenkpositionen und Linearpositionen erforderlichen Aktorbewegungen ermittelt werden und nachfolgend die einzelnen Aktoren zur Durchführung der ermittelten Aktorbewegungen angesteuert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein System zur Erfassung der Arbeitsumgebung angeordnet ist, wobei mittels eines Auswertungsmoduls Hindernisse detektiert werden und wobei die Ermittlung des Verfahrweges unter Berücksichtigung der Kollisionsvermeidung mit den detektierten Hindernissen erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere mögliche Verfahrwege ermittelt werden und nachfolgend durch Vergleich der ermittelten Verfahrwege auf Basis vorgegebener Parameter ein Verfahrweg ausgewählt wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung der Gelenkpositionen der einzelnen Gelenke und der Linearpositionen der Linearversteller durch Anwendung eines Algorithmus auf Basis einer inversen Kinematik erfolgt.

Claims

1. Excavation device, in particular pile driving or drilling device, having at least one positioner, in particular a work carriage for receiving an implement, which is connected within a kinematic chain to a carrier apparatus (1) via a plurality of movement members, which are movable relative to one another and are connected via joints and/or linear adjusters, wherein the movement members are connected to at least six actuators, via which their respective position and/or orientation can be varied and which are connected to a control and regulating device (6), via which they can be controlled, **characterised in that** the control and regulating device (6) has an input module (61) for presetting a target position of at least one positioner and is connected to a computer module (62), which is set up to determine at least one travel path, along which the positioner can be moved from its current position - the starting position - to the target position and to determine, by means of inverse kinematics, the positions of the individual actuators required for this purpose in order to implement the travel path of the positioner and to transfer them to the control and regulating device (6) in order to control them.

2. Excavation device according to claim 1, **characterised in that** the computer module (62) is set up to determine movement sequences of the individual actuators in order to achieve the travel path of the positioner and to transfer them to the control and regulating device (6) in order to control them.

3. Excavation device according to claim 1 or 2, **characterised in that** the at least one positioner and/or the movement members and/or the joints and/or the linear adjusters are provided with a sensor (7) for the detection of the position and/or location and/or the angular position, which are connected to the control and regulating device (6).

4. Excavation device according to one of the previous claims, **characterised in that** in the control and regulating device (6) or the computer module (62) a geometrically descriptive model of the excavation device and/or at least one mathematical model of the system behaviour of the excavation device is stored.

5. Excavation device according to one of the previous claims, **characterised in that** a positioner is formed by a work carriage for receiving an implement, which is movably arranged on a leader (3), which is connected to the carrier apparatus (1), preferably a carrier vehicle, via a swivelling and/or tilting device.

6. Excavation device according to one of the previous claims, **characterised in that** at least one system

for detecting the working environment is arranged, which is connected to an evaluation module (63), which is arranged to detect obstacles and which is connected to the computer module (62), wherein the computer module (62) is arranged to determine at least one travel path while avoiding obstacles identified by the evaluation module (63).

7. Excavation device according to claim 6, **characterised in that** the system for detecting the working environment comprises at least one camera (81) and/or at least one ultrasonic sensor and/or at least one radar sensor and/or at least one lidar sensor (82) and/or at least one laser sensor.

8. Excavation device according to claim 7, **characterised in that** at least one camera (81) and/or at least one ultrasonic sensor and/or at least one radar sensor and/or at least one lidar sensor (82) and/or at least one laser sensor is arranged on at least one positioner and/or an implement and/or at least one movement member connected to a positioner.

9. Excavation device according to one of claims 6 to 8, **characterised in that** the computer module (62) is connected to a memory module (64), in which defined blocking areas are stored, which are to be treated as obstacles when determining travel paths.

10. Excavation device according to one of claims 6 to 9, **characterised in that** the evaluation module (63) for the continuous detection of obstacles is arranged for continuously detecting obstacles even during the positioning of the positioner along a travel path, wherein the computer module (62) is arranged for continuously collision-checking detected obstacles with the travel path and, if necessary, correcting this travel path.

11. Excavation device according to one of the previous claims, **characterised in that** the input module (61) comprises a screen, in particular a touch screen, on which the current environment is reproduced, wherein a transformation module is arranged, which is set up to convert a touch detected by an input instruction, in particular a touch detected on a touch screen, into coordinates of a predetermined coordinate system and to transfer these to the control and regulating device (6) as target coordinates.

12. Excavation device according to the previous claims, **characterised in that** a separate actuator controller is assigned to at least one actuator, preferably to all actuators, via which the actuator can be controlled on the basis of a setpoint position and/or setpoint speed and/or setpoint acceleration as input value.

13. Excavation device according to claim 12, **characterised in that** the control and regulating device (6) is set up for direct position control, in which the setpoint positions of the joints and/or the linear adjusters are simultaneously specified to the actuator controllers.

14. Excavation device according to claim 12, **characterised in that** the control and regulating unit (6) is set up for cascade control, in which a time-dependent speed profile with defined acceleration and speed is calculated from the target position specification, by means of which the setpoint position is to be approached and this is transmitted to the actuator controllers.

15. Excavation device according to claim 14, **characterised in that** a position control loop is arranged for monitoring the current position and regulating the respective setpoint position at a respective point in time, which results from the speed profile.

16. Method for the multi-dimensional free positioning of a positioner of an excavation device, in particular an excavation device according to one of the previous claims, which is connected within a kinematic chain to a carrier apparatus (1) via a plurality of movement members which are movable relative to one another and are connected via joints and/or linear adjusters, wherein the movement members and/or the linear adjusters are connected to at least six actuators, by means of which their respective position and/or orientation can be changed, wherein a travel path is determined on the basis of a target position of the positioner, the joint positions of the individual joints and the linear positions of the linear adjusters are determined on the basis of this travel path, the actuator movements required to implement the individual joint positions and linear positions are determined, and subsequently the individual actuators are controlled in order to carry out the determined actuator movements.

17. Method according to claim 16, **characterised in that** at least one system for detecting the working environment is arranged, wherein obstacles are detected by means of an evaluation module and wherein the determination of the travel path takes place taking into account the collision avoidance with the detected obstacles.

18. Method according to claim 16 or 17, **characterised in that** several possible travel paths are determined and a travel path is subsequently selected by comparing the determined travel paths on the basis of predetermined parameters.

19. Method according to one of claims 16 to 18, **characterised in that** the determination of the joint positions of the individual joints and the linear positions

of the linear adjusters is performed by applying an algorithm on the basis of inverse kinematics.

Revendications

1. Engin de génie civil, en particulier engin de battage ou de forage comprenant au moins un positionneur, en particulier un chariot de travail destiné à recevoir un engin de travail, qui est relié à un engin porteur (1) via plusieurs organes de mouvement mobiles les uns relativement aux autres, reliés entre eux par des articulations et/ou des dispositifs d'ajustage linéaire à l'intérieur d'une chaîne cinématique, sachant que les organes de mouvement sont reliés à au moins six actionneurs via lesquels leur position et/ou orientation respective est modifiable et qui sont reliés à un dispositif de commande et de régulation (6) via lequel ils sont pilotables, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande et régulation (6) présente un module de saisie (61) pour spécifier une position cible d'au moins un positionneur, et qu'il est relié à un module calculateur (62) configuré pour déterminer au moins un itinéraire de translation, le long duquel le positionneur est déplaçable de sa position actuelle - la position de départ - vers la position cible et pour déterminer par cinématique inverse les positions requises à cette fin des différents actionneurs pour réaliser l'itinéraire de translation du positionneur et, afin de les piloter, pour les transmettre au dispositif de commande et de régulation (6).

2. Engin de génie civil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le module calculateur (62) est configuré pour déterminer les séquencements des mouvements des différents actionneurs afin d'obtenir l'itinéraire de translation du positionneur et pour transmettre ces séquencements au dispositif de commande et régulation (6) en vue de piloter ces actionneurs.

3. Engin de génie civil selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**au moins un positionneur et/ou les organes de mouvement et/ou les articulations et/ou les dispositifs d'ajustage linéaire qui est/sont reliés avec le dispositif de commande et régulation (6) sont munis d'un capteur (7) pour détecter la position et/ou l'attitude et/ou la position angulaire.

4. Engin de génie civil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans le dispositif de commande et régulation (6) ou le module calculateur (62) est/sont mémorisé-e-s une maquette géométrique descriptrice de l'engin de génie civil et/ou au moins un modèle mathématique du comportement systémique de l'engin de génie civil.

5. Engin de génie civil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un positionneur est formé par un chariot de travail recevant un engin de travail, chariot qui est disposé déplaçable sur une jumelle (3) reliée via un dispositif pivotant et/ou inclinable avec l'engin porteur (1), de préférence un véhicule porteur.

6. Engin de génie civil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**est disposé au moins un système de saisie de l'environnement de travail, système qui est relié à un module d'analyse (63) configuré pour déterminer les obstacles et qui est relié au module calculateur (62), sachant que le module calculateur (62) est configuré pour déterminer au moins un itinéraire de translation en évitant des obstacles identifiés par le module d'analyse (63).

7. Engin de génie civil selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le système de saisie de l'environnement de travail comprend au moins une caméra (81) et/ou au moins un capteur ultrasonique et/ou au moins un capteur radar et/ou au moins un capteur lidar (82) et/ou au moins un capteur laser.

8. Engin de génie civil selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins une caméra (81) et/ou au moins un capteur ultrasonique et/ou au moins un capteur radar et/ou au moins un capteur lidar (82) et/ou au moins un capteur laser sont disposés contre au moins un positionneur et/ou un engin de travail et/ou au moins contre un organe de mouvement relié à un positionneur.

9. Engin de génie civil selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** le module calculateur (62) est relié à un module mémoire (64) dans lequel sont mémorisées des zones barrées définies, devant être traitées comme des obstacles lors de la détermination des itinéraires de translation.

10. Engin de génie civil selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** le module d'analyse (63) est configuré pour déterminer continuellement des obstacles, aussi pendant le positionnement du positionneur le long d'un itinéraire de translation, sachant que le module calculateur (62) est configuré pour contrôler continuellement en collision les obstacles déterminés sur l'itinéraire de translation et, si nécessaire, pour corriger cette course de translation.

11. Engin de génie civil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le module de saisie (61) comprend un écran, notamment un écran tactile sur lequel est reproduit l'environnement actuel, sachant qu'est disposé un module de transformation configuré pour convertir une instruction saisie, notamment un effleurement détecté sur un écran tactile, en coordonnées d'un système de coordon-

nées spécifié, et pour les communiquer au dispositif de commande et de régulation (6) sous la forme de coordonnées cibles.

12. Engin de génie civil selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à au moins un actionneur, de préférence à tous les actionneurs, est attribué un régulateur d'actionneurs séparé via lequel l'actionneur peut être piloté sur la base d'une position de consigne et/ou d'une vitesse de consigne et/ou d'une accélération de consigne en tant que valeur entrante.

13. Engin de génie civil selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande et régulation (6) est configuré pour réguler directement l'attitude sur laquelle sont simultanément spécifiés aux régulateurs des actionneurs les positions de consigne des articulations et/ou des dispositifs d'ajustage linéaire.

14. Engin de génie civil selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande et régulation (6) est configuré pour la régulation en cascade au cours de laquelle est calculé, à partir de la spécification de position cible, un profil de vitesse asservi en temps, assorti d'une accélération et d'une vitesse définies, profil avec lequel la position de consigne doit être approchée et cette dernière doit être transmise aux régulateurs d'actionneurs.

15. Engin de génie civil selon la revendication 14, **caractérisé en ce qu'**est disposé un circuit régulateur d'attitude pour surveiller la position et la régulation progressive actuelles de la position de consigne respective à un moment respectif, position qui résulte du profil de vitesse.

16. Procédé de positionnement libre pluridimensionnel d'un positionneur d'un engin de génie civil, notamment d'un engin de génie civil selon l'une des revendications précédentes, qui est relié à un engin porteur (1) via plusieurs organes mobiles les uns relativement aux autres, reliés entre eux par des articulations et/ou des dispositifs d'ajustage linéaire à l'intérieur d'une chaîne cinématique, sachant que les organes de mouvement et/ou les dispositifs d'ajustage linéaire sont reliés à au moins six actionneurs via lesquels leur position et/ou leur orientation respective(s) est(sont) modifiable(s) sachant que sur la base d'une position cible du positionneur est déterminé un itinéraire de translation, que sur la base de cet itinéraire de translation sont déterminées les positions des différentes articulations ainsi que les positions linéaires des dispositifs d'ajustage linéaire et que sont déterminés les mouvements d'actionneurs nécessaires pour réaliser les différentes positions des articulations et les positions linéaires, et qu'ensuite les différents actionneurs sont pilotés pour exécuter les mouvements d'actionneur déterminés.

17. Procédé selon la revendication 16, **caractérisé en ce qu'**est disposé au moins un système de saisie de l'environnement de travail, sachant qu'au moyen d'un module d'analyse sont détectés des obstacles et sachant que la détermination de l'itinéraire de translation a lieu en veillant à éviter des collisions avec les obstacles détectés.

18. Procédé selon la revendication 16 ou 17, **caractérisé en ce que** plusieurs itinéraires de translation possibles sont déterminés et qu'ensuite un itinéraire de translation est sélectionné en comparant les itinéraires de translation sur la base de paramètres spécifiés.

19. Procédé selon l'une des revendications 16 à 18, **caractérisé en ce que** la détermination des positions des différentes articulations et des positions des dispositifs d'ajustage linéaire a lieu en utilisant un algorithme basé sur une cinématique inverse.

Fig. 1

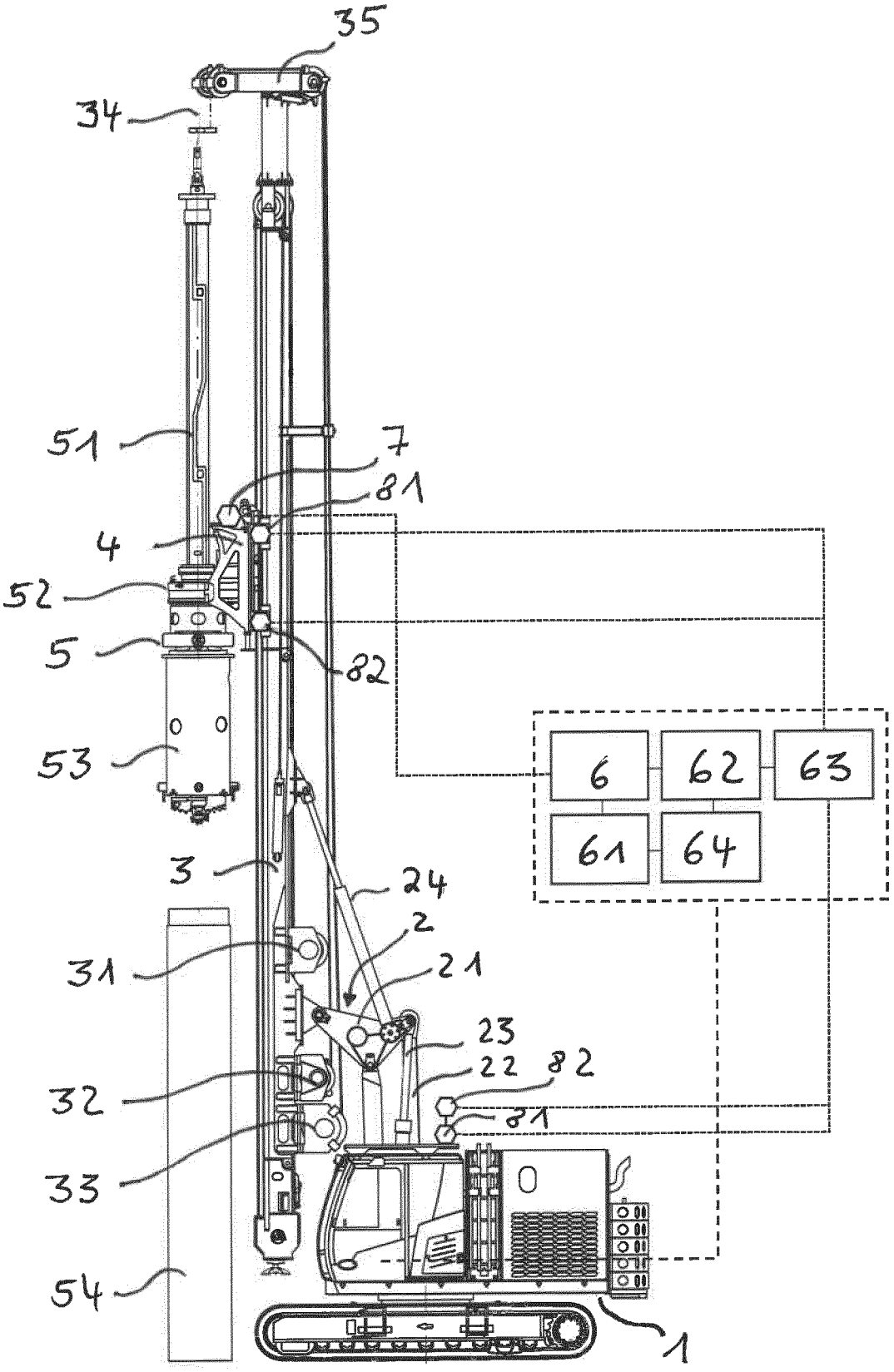


Fig. 2

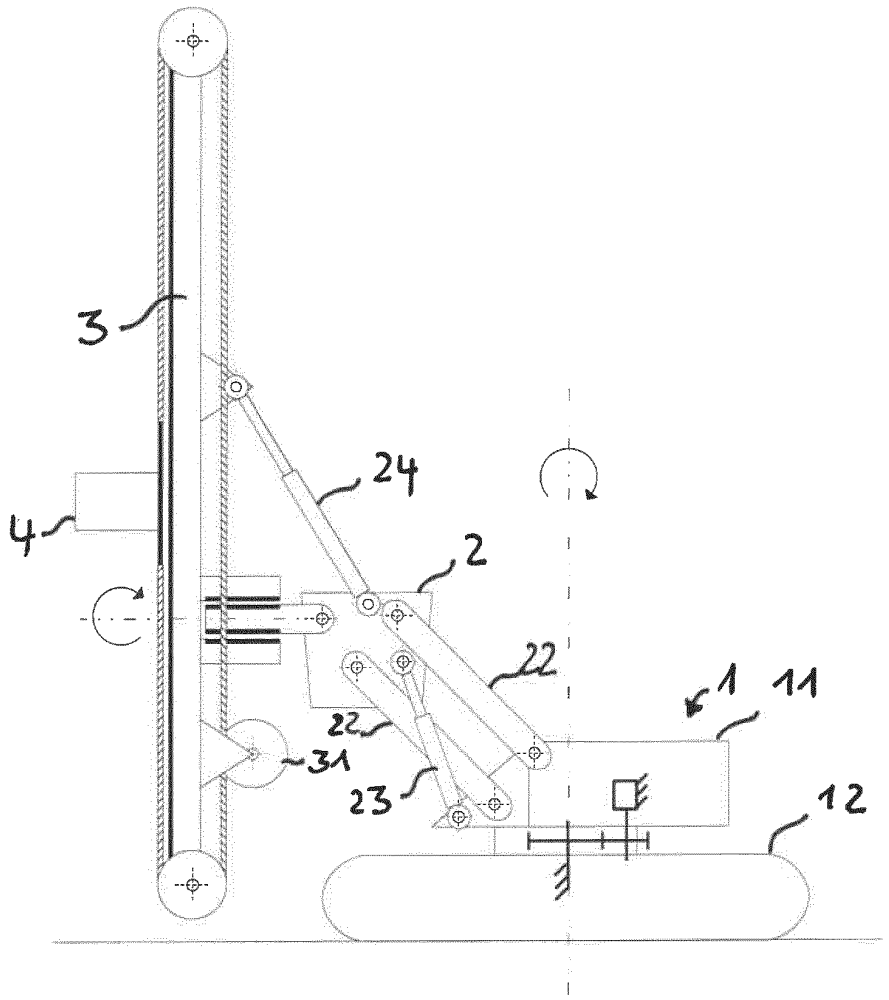


Fig. 3

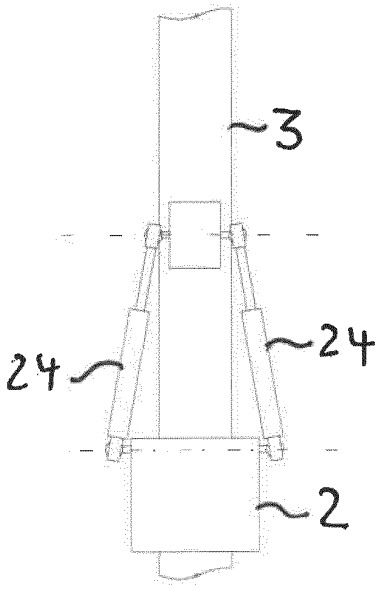
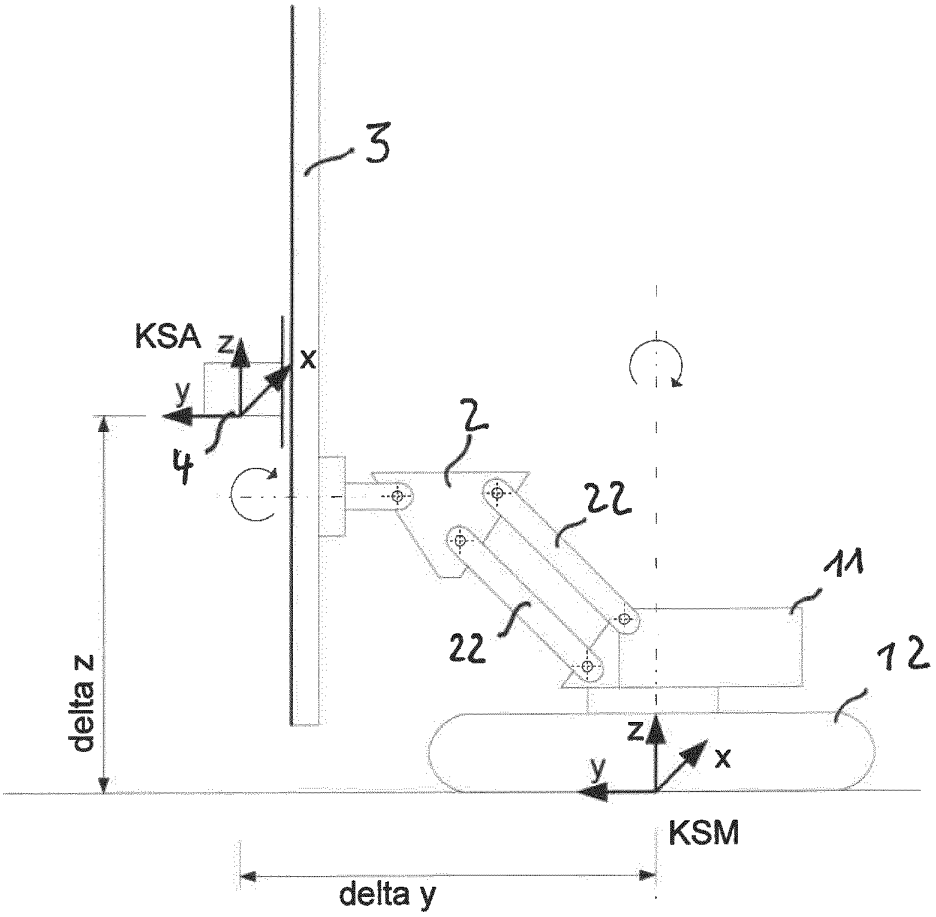


Fig. 4
a)


3
KSA
z
x
y
4
2
22
22
11
12
delta z
z
y
x
KSM
delta y

b)

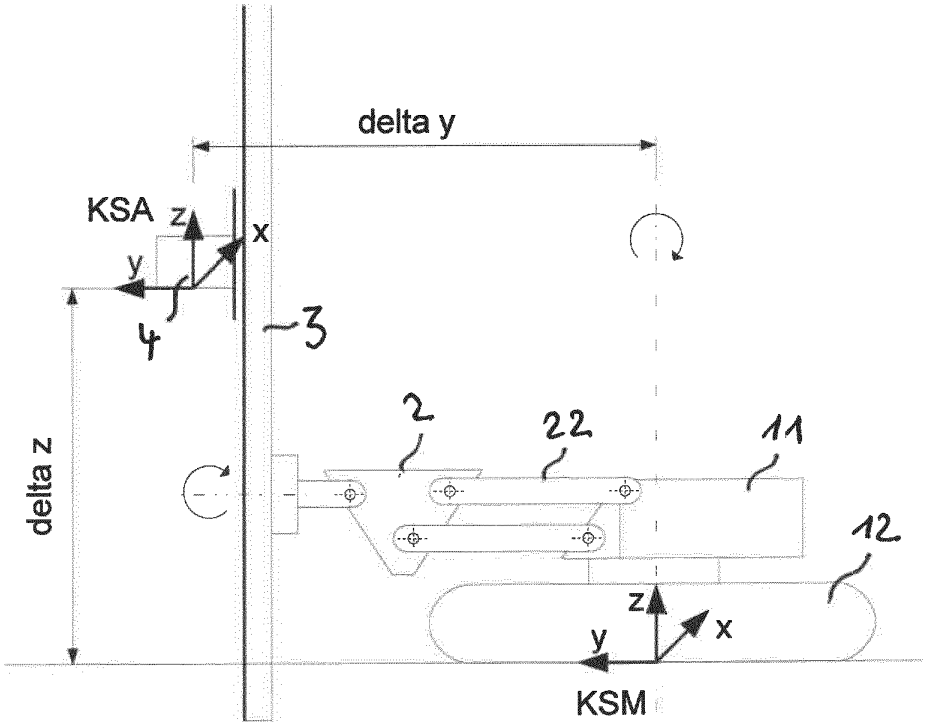

delta y
KSA
z
x
y
4
3
2
22
11
12
delta z
z
y
x
KSM

Fig. 4
c)

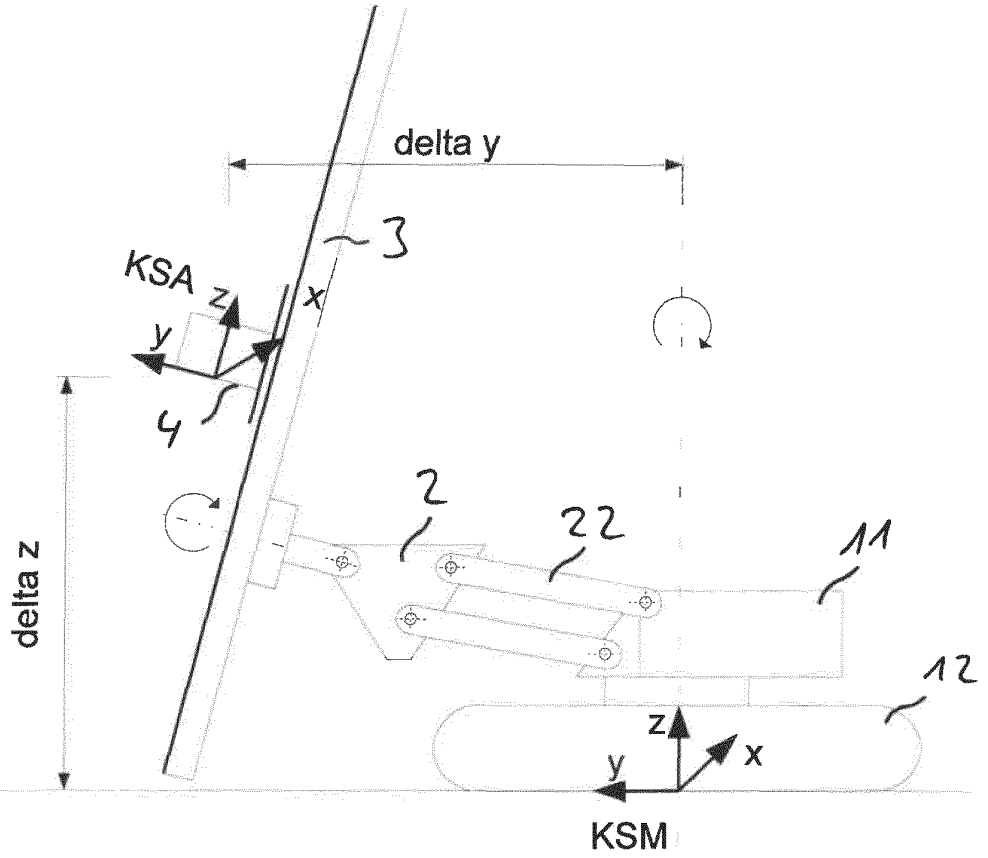

delta y
3
KSA
z
x
y
4
2
22
11
12
delta z
z
y
x
KSM

Fig. 5

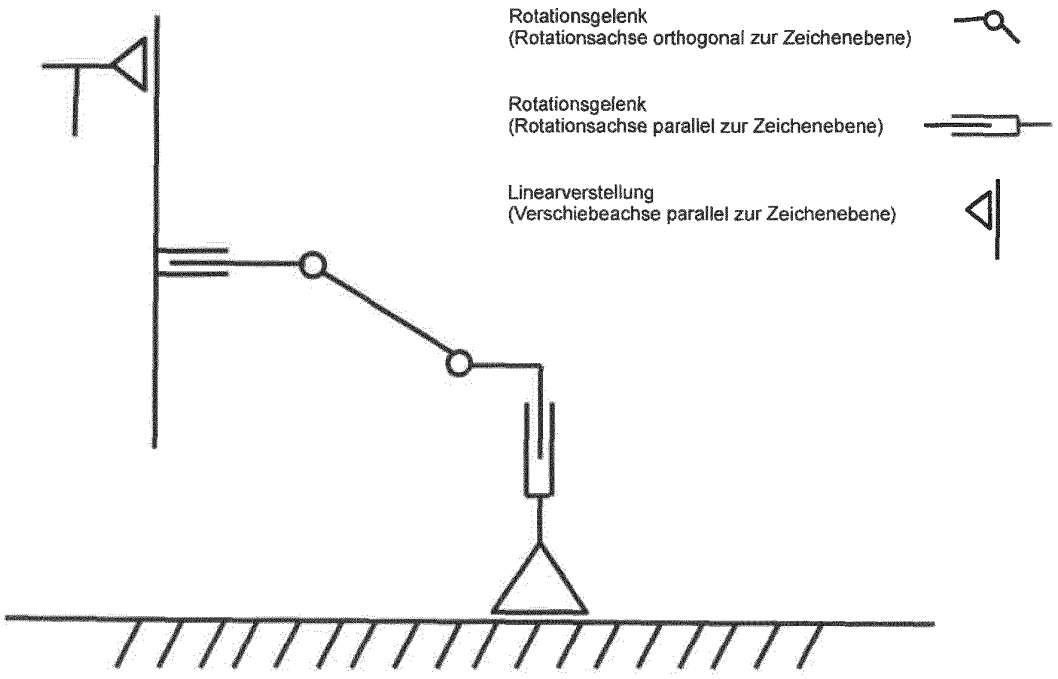
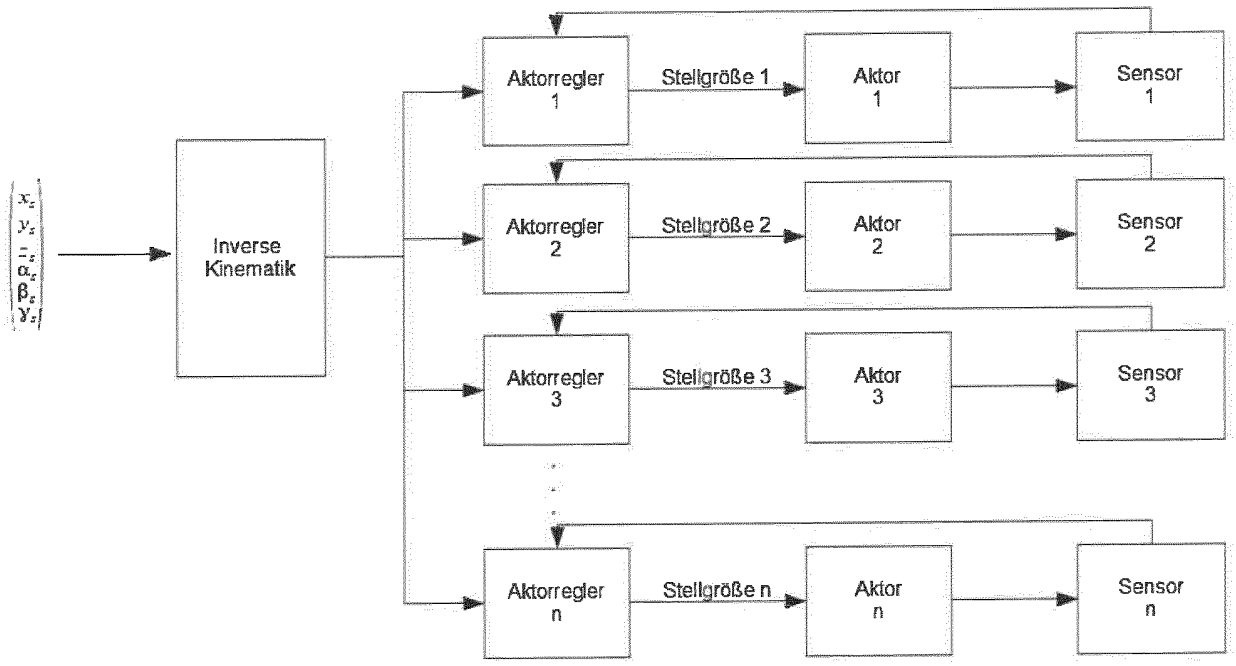

Rotationsgelenk
(Rotationsachse orthogonal zur Zeichenebene)
Rotationsgelenk
(Rotationsachse parallel zur Zeichenebene)
Linearverstellung
(Verschiebeachse parallel zur Zeichenebene)

Fig. 6


x_s
y_s
z_s
α_s
β_s
γ_s
Inverse Kinematik
Aktorregler 1
Stellgröße 1
Aktor 1
Sensor 1
Aktorregler 2
Stellgröße 2
Aktor 2
Sensor 2
Aktorregler 3
Stellgröße 3
Aktor 3
Sensor 3
Aktorregler n
Stellgröße n
Aktor n
Sensor n

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1655415 A **[0001]**