

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 246 973 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

08.10.2003 Patentblatt 2003/41

(51) Int Cl.7: **E02F 3/43**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP00/13310

(21) Anmeldenummer: **00991646.1**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 01/051717 (19.07.2001 Gazette 2001/29)

(22) Anmeldetag: **28.12.2000**

(54) **MOBILE ARBEITSMASCHINE MIT VORRICHTUNG ZUR LAGEREGLUNG VON
ARBEITSEINRICHTUNGEN UND VERFAHREN ZUR LAGEREGLUNG**

MOBILE MACHINE WITH DEVICE FOR CONTROLLING THE POSITION OF WORKING DEVICES
AND METHOD FOR CONTROLLING THE POSITION

EQUIPEMENTS DE TRAVAIL MOBILES AVEC DISPOSITIF POUR REGULER LA POSITION
D'ENSEMBLES DE TRAVAIL ET PROCEDE POUR REGULER LA POSITION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

(30) Priorität: **11.01.2000 DE 10000771**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.10.2002 Patentblatt 2002/41

(73) Patentinhaber: **BRUENINGHAUS HYDROMATIK
GMBH**
89275 Elchingen (DE)

(72) Erfinder:

- **VONNOE, Reinhard**
89264 Weissenhorn (DE)
- **BRAND, Michael**
89075 Ulm (DE)

(74) Vertreter: **Körfer, Thomas, Dipl.-Phys.**
Mitscherlich & Partner,
Patent- und Rechtsanwälte,
Sonnenstrasse 33
80331 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 604 402 **US-A- 3 905 500**
US-A- 5 257 177

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 064 (M-565), 26. Februar 1987 (1987-02-26) -& JP 61 221424 A (KUBOTA LTD), 1. Oktober 1986 (1986-10-01)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 336 (M-739), 9. September 1988 (1988-09-09) -& JP 63 097729 A (KUBOTA LTD), 28. April 1988 (1988-04-28)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 246 973 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mobile Arbeitsmaschine mit einer Vorrichtung zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen der mobilen Arbeitsmaschine und ein Verfahren zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen der mobilen Arbeitsmaschine.

[0002] Aus der DE 197 52 439 A1 ist ein mikromechanischer Neigungssensor, insbesondere für Kraftfahrzeuge, als solches bekannt, welcher eine Trägerplatte aufweist, deren Neigung zur Horizontalen bestimmt wird. Ferner sind mindestens zwei auf die Trägerplatte integrierte Drucksensoreinheiten zur Bestimmung eines auf die Trägerplatte an den jeweiligen Punkten aufgetragenen Drucks vorgesehen. Eine Masseplatte ist mit der Trägerplatte über die Drucksensoreinheiten verbunden. Aus den von den Drucksensoreinheiten produzierten Daten ermittelt eine Auswertungseinheit die Neigung der Trägerplatte zur Horizontalen. Die Masseplatte übt dabei je nach Neigung des Gerätes, in welches der Neigungssensor eingebaut ist, eine unterschiedlich starke Kraft auf die jeweilige Drucksensoreinheit aus. Zur Messung des Neigungswinkels müssen mindestens zwei Drucksensoren vorgesehen sein. Diese sind in der DE 197 52 439 A1 als piezoresistive Druckaufnehmer ausgebildet.

[0003] Aus der DE 40 30 954 A1 und der US 5,257,177 A ist eine mobile Arbeitsmaschine bekannt, welche eine Vorrichtung zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen aufweist. Die Vorrichtung zur Lageregelung umfaßt eine Meßeinrichtung mit Positionssensoren zur Messung eines Winkels, welcher zwischen einer durch die Lage der Arbeitseinrichtung bestimmten Ebene und der Richtung der Gravitationskraft gebildet ist, einen Winkelgeber zur Vorgabe eines Winkels, welcher zwischen einer durch die Lage der Arbeitseinrichtung bestimmten Ebene und der Richtung der Gravitationskraft gebildet ist, und eine Regeleinrichtung zum Regeln des Winkels zwischen der Ebene der Arbeitseinrichtung und der Richtung der Schwerkraft, so daß der gemessene Winkel mit dem vorgegebenen Winkel in Übereinstimmung gebracht wird.

[0004] Eine Vorrichtung zur Niveauregelung bei einem Hafenkran ist aus der DE 39 38 766 A1 bekannt. Hier wird eine Niveauregelung unter Verwendung eines hydraulischen Steuerventils zum Ansteuern eines oder mehrerer hydraulischer Stellorgane für ein bestimmtes Niveau beizubehaltendes Teil vorgeschlagen, wobei das Teil mit einem anderen seine Lage beliebig veränderbaren Teil gekoppelt ist. Um eine hohe Betriebssicherheit ohne Verwendung teurerer Elektronik zu gewährleisten, steht das Steuerventil mit einem in seiner Lage durch die Schwerkraft festgelegten Pendel als Betätigungseinrichtung in mechanischer Stellverbindung.

[0005] Bei einer Neigung der Vorrichtung erfolgt ein gedämpfter Pendelausschlag in einer festgelegten Raumrichtung, der über das Steuerventil auf das hydraulische Stellglied übertragen wird. In der DE 39 38

766 A1 wird durch diese Maßnahme ein Be- und Entladekran, welcher insbesondere zum Be- und Entladen von Schiffen geeignet ist, so ausgerichtet, daß bei Heben und Senken des Kranbaumes eine daran befindliche Be- und Entladungseinrichtung in einer festgelegten Lage relativ zum restlichen Aufbau verbleibt.

[0006] Nachteilig an der aus der DE 39 38 766 A1 bekannten Niveauregelung ist insbesondere die eindimensionale Ausführung. Für das in der oben genannten Offenlegungsschrift offenbarte Ausführungsbeispiel der Niveauregelung an einem Be- und Entladekran vorzugsweise für Schiffe ist die Vorrichtung durchaus ausreichend, für mobile Arbeitsmaschinen wie z. B. Erdbewegungsmaschinen, welche sich vorzugsweise auf Baustellen und demnach auf unebenem Untergrund bewegen, ist eine eindimensionale Lagekorrektur jedoch nicht ausreichend.

[0007] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist somit, eine mobile Arbeitsmaschine mit einer Vorrichtung zur Lageregelung von Arbeitseinrichtungen der mobilen Arbeitsmaschine und ein Verfahren zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen der mobilen Arbeitsmaschine zu schaffen, wodurch die Arbeitseinrichtungen sowohl in mehreren Richtungen als auch auf dem befahrenen Untergrund gemäß der jeweiligen Lage der Arbeitsmaschine zuverlässig angepaßt werden kann, ohne daß in unebenem Terrain Ladungsverlust auftritt.

[0008] Die Aufgabe wird bezüglich der Arbeitsmaschine durch die Merkmale der Anspruchs 1 und bezüglich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 10 gelöst.

[0009] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Ausrichtung einer Arbeitseinrichtung einer mobilen Arbeitsmaschine nicht allein in unbeweglichem Zustand oder bei der Aufnahme von Material, sondern insbesondere beim Transport des aufgenommenen Materials im Gelände zur Vermeidung von Ladungsverlusten von Bedeutung ist. Dementsprechend muß eine Vorrichtung, die für diesen Zweck geeignet ist, eine Ausrichtung bezüglich einer zur Gravitationskraft definierten Ebene und in einer zufriedenstellend kurzen Zeit ermöglichen. Die erfindungsgemäße mobile Arbeitsmaschine mit der Vorrichtung bzw. das entsprechende Verfahren stellt eine Anordnung zur Verfügung, welche eine Lagekorrektur bezüglich einer zur Gravitationskraft und ggf. inversen Beschleunigungskraft senkrechten Ebene ermöglicht.

[0010] Die Unteransprüche 2 bis 9 beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0011] Insbesondere die Möglichkeit, die Vergleichseinrichtung sowohl in herkömmlicher analoger Bauweise als auch in integrierter schaltungstechnik auszuführen, ist von Vorteil, da so den speziellen Anforderungen einzelner Arbeitsmaschinen genügt werden kann.

[0012] Die Anordnung ist einfach herzustellen und leicht mit handelsüblichen Sensoren auszustatten.

[0013] Die Anordnung ist sowohl zur Ausführung in einer Raumrichtung als auch in zwei Raumrichtungen ge-

eignet. Insbesondere bei Erdbewegungsmaschinen ist eine Lagekorrektur in Längs- und Querrichtung vorteilhaft. Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung werden die durch die Regellaufzeit hervorgerufenen Eigenschwingungen und deren Vielfache eliminiert.

[0014] Besonders bevorzugt wird der vorgegebene Winkel so eingestellt, daß die durch die Lage der Arbeitseinrichtung definierte Ebene senkrecht zu der Resultierenden aus Gravitationskraft und inverser Beschleunigungskraft steht.

[0015] Dadurch wird auch bei Beschleunigungen der Arbeitseinrichtung, z. B. durch Fahrbewegungen, die Arbeitseinrichtung so positioniert, daß Ladungsverlust vermieden wird. In der Zeichnung werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine dargestellt und nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

[0016] In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 in einem ersten Schaltbild ein erstes Ausführungsbeispiel der Vorrichtung der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine zur Regelung und Ansteuerung von hydraulischen Stellelementen zur Lageregelung beweglicher Arbeitseinrichtungen der mobilen Arbeitsmaschine;

Fig. 2 in einem zweiten Schaltbild ein zweites Ausführungsbeispiel der Vorrichtung der erfindungsgemäßen Arbeitsmaschine;

Fig. 3A-3B den prinzipiellen Aufbau einer als Bandsperre 2. Ordnung ausgelegten digitalen Filtereinheit sowie den zugehörigen Amplitudengang;

Fig. 4A-4B in einer vereinfachten Darstellung die Bewegung einer mobilen Arbeitsmaschine im Gelände gemäß dem Stand der Technik sowie einer erfindungsgemäßen mobilen Arbeitsmaschine bei Bewegung im Gelände;

Fig. 5 in einer perspektivischen Darstellung ein Beispiel für eine Arbeitseinrichtung einer mobilen Arbeitsmaschine mit den möglichen Schwenkrichtungen;

Fig. 6 eine schematische erfindungsgemäße mobile Arbeitsmaschine mit der Vorrichtung zur Lageregelung in unebenem Gelände; und

Fig. 7 eine Skizze bezüglich einer die Beschleunigung berücksichtigenden Lageregelung.

[0017] In Fig. 1 ist in einem ersten Blockschaltbild ein

erstes Ausführungsbeispiel der Vorrichtung zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen der erfindungsgemäßen mobilen Arbeitsmaschine dargestellt. Die Schaltung umfaßt einen ersten Sensor 1, welcher einen ersten Winkel in einer ersten Raumrichtung, im Folgenden mit x bezeichnet, mißt. Dieser erste Winkel wird im Folgenden mit α_x bezeichnet. Ein zweiter Sensor 2 mißt entsprechend einen zweiten Winkel in einer zweiten Raumrichtung y . Der zweite Winkel wird im Folgenden mit α_y bezeichnet. Die gemessenen Winkel α_x und α_y werden über einen ersten Komparator 3 und einen zweiten Komparator 4 mit einem von einem Winkelgeber 5 festgelegten Winkel α_x' für die Raumrichtung x und α_y' für die Raumrichtung y , welcher beispielsweise jeweils 90° betragen kann, verglichen. Die Komparatoren 3 und 4 bilden eine Vergleichseinrichtung 6. Der Winkelgeber 5 kann dabei entweder einen fest vorgegebenen oder auch einen von Hand über einen Handsteuergeber 5a einstellbaren Winkel α_x' bzw. α_y' zur Verfügung stellen.

[0018] Das Signal in x -Richtung durchläuft nach dem ersten Komparator 3 eine erste Bandsperre 7, das Signal in y -Richtung nach dem zweiten Komparator 4 eine zweite Bandsperre 8. Die Bandsperren 7 und 8 haben den Zweck, die durch die Regellaufzeit τ im System hervorgerufene Eigenschwingung f_R und gegebenenfalls deren Vielfache $2 f_R, 3 f_R, \dots$ zu eliminieren, damit das dynamische Verhalten des Systems kontrollierbar bleibt und keine Resonanzen auftreten.

[0019] Nach Durchlaufen der Bandsperre 7 wird das Signal in x -Richtung durch einen ersten Verstärker 9 verstärkt, um damit einen ersten Elektromagneten 10 ansteuern zu können. Der erste Elektromagnet 10 wird zur Betätigung eines ersten Steuerventils 11 benötigt, welches wiederum ein erstes hydraulisches Stellelement 12 zur Lagekorrektur in der ersten Raumrichtung x ansteuert. Entsprechend wird das Signal in y -Richtung nach Durchlaufen der Bandsperre 8 durch einen zweiten Verstärker 13 verstärkt, um einen zweiten Elektromagneten 14 und damit ein zweites Steuerventil 15 anzusteuern. Das zweite Steuerventil 15 betätigt ein zweites hydraulisches Stellelement 16. Dadurch wird die Arbeitseinrichtung in der zweiten Raumrichtung y ausgerichtet.

[0020] Zur Betätigung der hydraulischen Stellglieder 12 und 16 wird eine in einem Tank 17 befindliche Hydraulikflüssigkeit durch eine Pumpe 18 in einen vorderen oder hinteren Zylinderraum eines ersten Zylinders 19 des ersten hydraulischen Stellelements 12 bzw. in der vorderen oder hinteren Zylinderraum eines zweiten Zylinders 20 des zweiten hydraulischen Stellelements 16 gedrückt. Dadurch erfährt ein erster Kolben 21 bzw. ein zweiter Kolben 22 eine Lageänderung, welche wiederum für die Lageregelung der Arbeitseinrichtung 41 sorgt.

[0021] Die Lageregelung erfolgt so lange, bis die Komparatoren 3 und 4 keinen Unterschied zwischen dem gemessenen Winkel α_x bzw. α_y und dem voreingestellten Winkel α_x' bzw. α_y' feststellen. Dabei werden

die Differenzen $\alpha_x' - \alpha_x$ bzw. $\alpha_y' - \alpha_y$ betragsmäßig fast Null oder liegen zumindest unter einem Wert, welcher für eine Winkelabweichung $\Delta\alpha$ noch toleriert werden kann, beispielsweise $\pm 3^\circ$.

[0022] Ist dieser Zustand erreicht, erfolgt keine Signalländerung mehr an die Steuerventile 11 und 15, welche daraufhin in eine Mittelstellung zurückschalten, ohne dabei die Position der Stellglieder 12 und 16 weiter zu verändern. Das System bleibt in der Mittelstellung, bis wieder ein geändertes Signal von den Komparatoren 3 und 4 eingeht.

[0023] Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen der erfindungsgemäßen mobilen Arbeitsmaschine. Bauteile, die bereits in Fig. 1 beschrieben wurden, sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und werden im Folgenden nicht nochmals beschrieben. Während es sich in Fig. 1 um ein Ausführungsbeispiel in Analogtechnik handelt, ist das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel in Digitaltechnik ausgeführt.

[0024] Die in Fig. 2 dargestellte Vorrichtung unterscheidet sich von der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung hauptsächlich durch die Verwendung einer digitalen Steuereinheit 34, welche sowohl die Funktion der Bandsperren 7 und 8 als auch die der Vergleichseinrichtung 6 übernimmt.

[0025] Die Vergleichseinrichtung 6 ist demnach folgendermaßen aufgebaut: Der von dem Sensor 1 ausgegebene Winkel α_x wird durch einen ersten Vorverstärker 30 vorverstärkt und danach durch einen ersten Analog-Digital-Wandler 32 von einem analog gemessenen Winkelwert auf einen digitalen, von einer digitalen Steuereinheit 34 verarbeitbaren Wert umgesetzt. Ebenso wird der Winkel α_y durch einen zweiten Vorverstärker 31 verstärkt und durch einen zweiten Analog-Digital-Wandler 33 in einen digitalen Wert umgesetzt. Um den vorgegebenen Winkel α_x' bzw. α_y' mit den von den Sensoren 1 und 2 ermittelten Winkeln α_x und α_y vergleichen zu können, wird vom Winkelgeber 5 der vorgegebene Winkel α_x' bzw. α_y' durch einen dritten Analog-Digital-Wandler 35 ebenfalls umgesetzt und der digitalen Steuereinheit 34 zugeführt, die als Mikroprozessor ausgebildet sein kann.

[0026] Die digitale Steuereinheit 34 ist neben dem Vergleichen der Winkelwerte auch für das Filtern der Signale zuständig. Dazu ist die Filtereinheit als digitales Filter mit Bandsperrencharakteristik ausgeführt. Die Bandsperrencharakteristik entspricht wie in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel beispielsweise der in Fig. 3A und 3B dargestellten digitalen Bandsperre zweiter Ordnung und wird durch ein entsprechendes Programm in der Steuereinheit 34 bereitgestellt. Die digitale Steuereinheit 34 weist einen Speicher 36 auf, welcher z. B. die Möglichkeit bietet, die gemessenen und abgeglichenen Daten zu speichern und für eine spätere externe Weiterverarbeitung zur Verfügung zu stellen.

[0027] Die abgeglichenen Signale der Sensoren 1 und 2 werden durch einen ersten Digital-Analog-Wand-

ler 37 und einen zweiten Digital-Analog-Wandler 38 in analoge Signale zurückgewandelt. Die analogen Signale werden durch Verstärker 9 und 13 verstärkt und den Elektromagneten 10 und 14 zugeführt. Durch die Steuerventile 11 und 15, die Pumpe 18 und den Tank 17 werden analog zum ersten Ausführungsbeispiel hydraulische Stellglieder 12 und 16 angesteuert. Diese sorgen dann für die korrekte Lage der Arbeitseinrichtung 41.

[0028] In Fig. 3A ist ein digitales Bandpaßfilter zweiter Ordnung und in Fig. 3B der dazugehörige Frequenzgang prinzipiell erläutert. Fig. 3A zeigt ein digitales Filter, welches durch verschiedene Verzögerungsglieder zum Verzögern der Abtastwerte (in Fig. 3A mit z^{-1} bezeichnet) sowie Koeffizientenglieder a_0 , a_1 und a_2 zum Verändern der Amplitude der Abtastwerte eine Bandsperre mit der in Fig. 3B gezeigten Resonanzfrequenz f_R erzeugt. Dies führt dazu, daß die Eigenschwingung f_R des Systems, welche durch die Regellaufzeit τ hervorgerufen wird, sowie ihre ungeradzahigen Vielfachen ($3f_R$, $5f_R$ usw.) ausgefiltert werden. Dies verhindert ein Aufschaukeln des Systems. Dadurch kann eine einerseits hochdynamische und andererseits äußerst präzise Funktion der erfindungsgemäßen Vorrichtung erreicht werden. Zum Ausfiltern der doppelten Resonanzfrequenz $2f_R$ kann ein weiteres digitales Filter vorgesehen sein.

[0029] In Fig. 4 wird anhand einer schematisch dargestellten Arbeitsmaschine 40 mit einer Baggerschaufel als Arbeitseinrichtung 41 eine Anwendung der Erfindung in einer Dimension näher erläutert.

[0030] Fig. 4A verdeutlicht dabei den bisherigen Stand der Technik. In der unteren Stellung der Baggerschaufel 41 (links im Bild) ist die Baggerschaufel 41 so ausgerichtet, daß eine gedachte Ebene 42, welche durch die obenliegende Öffnung der Baggerschaufel 41 gelegt ist, sich stets parallel zur Erdoberfläche befindet. Gängige Arbeitsmaschinen 40 weisen dabei einen Hebemechanismus für die Arbeitseinrichtung 41 auf, welcher so konzipiert ist, daß die Baggerschaufel 41 so angehoben wird, daß die Ebene 42, welche durch die Öffnung der Baggerschaufel 41 festgelegt ist, weiterhin stets parallel zum Erdboden bleibt.

[0031] Solange sich die Arbeitsmaschine 40 auf ebener Strecke bewegt, ist damit auch kein Problem verbunden. Sobald sich jedoch die Arbeitsmaschine 40 eine Steigung hinauf oder wie in Fig. 4A rechts dargestellt hinunter bewegt, geht Material 43 verloren, da sich die durch die Baggerschaufel 41 festgelegte Ebene 42 nach wie vor parallel zum Erdboden befindet und daher ab einer bestimmten Steigung das in der Baggerschaufel 41 transportierte Material 43 herausrutscht. Der Steigungswinkel, ab welchem mit Ladungsverlust zu rechnen ist, ist dabei hauptsächlich von der Form der Baggerschaufel 41 und der Befüllung bestimmt.

[0032] Erfindungsgemäß wird, wie in Fig. 4B dargestellt, eine andere Bezugsebene 42' für die Ausrichtung der Baggerschaufel 41 vorgeschlagen. Wie in Fig. 4A wird auch an der Arbeitseinrichtung 41 der in Fig. 4B

dargestellten Arbeitsmaschine 40 eine gedachte Ebene 42' durch die obenliegende Öffnung der Baggerschaufel 41 definiert. Diese ist nun nicht mehr zwingend parallel zum Erdboden, sondern stets annähernd senkrecht zur Richtung der Erdanziehungskraft, in Fig. 4B mit dem Vektor g gekennzeichnet, gerichtet. Dies läßt sich sowohl in der unteren wie auch in der oberen Stellung der Baggerschaufel 41 realisieren. Dies bietet den Vorteil, daß die Baggerschaufel 41 erfindungsgemäß bei Bergauf- oder Bergabfahrten wie auch bei Fahrten in unebenem Gelände so nachreguliert wird, daß die durch die Baggerschaufel 41 verlaufende Ebene 42 stets senkrecht zur Richtung der Erdbeschleunigung g ausgerichtet wird. Dadurch werden Transportverluste aus der Baggerschaufel 41 vermieden.

[0033] Die in Fig. 4 dargestellte, eindimensionale Korrektur der Lage der Baggerschaufel 41 kann problemlos auch in zwei zueinander senkrechten Richtungen, beispielsweise längs und quer zur Bewegungsrichtung, erfolgen.

[0034] In Fig. 5 ist hierzu eine schematische Baggerschaufel 41 perspektivisch dargestellt. Durch die zur Bewegungsrichtung parallelen und senkrechten Achsen A und B kann die Baggerschaufel 41 sowohl quer zur Fahrtrichtung als auch in Fahrtrichtung auf- und abgeschwenkt werden. So können bei Fahrten in unebenem Gelände Ladungsverlusten nach vorne oder zur Seite aus der Baggerschaufel 41 vermieden werden.

[0035] In Fig. 6 ist schematisch eine erfindungsgemäße Arbeitsmaschine 40 bei der Fahrt durch unebenes Gelände dargestellt, wobei auch hier die Lage der Arbeitseinrichtung 41 durch ihre relative Lage bezüglich der Erdanziehungskraft g geregelt wird. Es ist in diesem Zusammenhang sinnvoll, für den Winkel α zwischen der durch die Baggerschaufel 41 definierten Ebene 42 und der Richtung der Erdanziehungskraft g einen Grenzwert für die Winkelabweichung $\Delta\alpha$ anzunehmen, ab welchem die Lageregelung entfallen kann. Dadurch wird ein sinnvoller Mittelweg zwischen einer ununterbrochenen Lagekorrektur, welche viel Energie fordert und aufgrund der Regelverzögerung ungünstig sein kann, und Ladungsverlust aufgrund fehlender Lagekorrektur gefunden. Resonanzüberhöhungen, die auftreten können, wenn die durch die Bodenunebenheit hervorgerufene Regelungsanregung mit der Resonanzfrequenz f_R des Systems zusammenfällt, werden durch das beschriebene Filter unterdrückt.

[0036] Während bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel die durch die Ausrichtung der Baggerschaufel 41 definierte Ebene 42 senkrecht zur Richtung der Gravitationskraft g ausgerichtet ist, besteht weiter eine verbesserte Lagekorrektur darin, die durch die Baggerschaufel 41 definierte Ebene 42 nicht senkrecht zu der Gravitationskraft g , sondern senkrecht zu der Resultierenden r aus der Gravitationskraft g und der Inversen b' der Beschleunigungskraft b auszurichten. In Fig. 7 ist die Baggerschaufel 41 vergrößert dargestellt. Es sei angenommen, daß die mobile Arbeitsmaschine 40

einer Verzögerung bedingt durch einen Abbremsvorgang unterworfen ist. Auf die Baggerschaufel 41 wirkt deshalb die verzögernde Beschleunigungskraft b . Auf das in die Baggerschaufel 41 eingebrachte Schüttgut wirkt bezogen auf das Bezugssystem der Baggerschaufel 41 aufgrund der Massenträgheitskraft eine inverse Beschleunigungskraft b' in inverser Richtung zur die Baggerschaufel 41 verzögernden Beschleunigungskraft b , d. h. die auf das Schüttgut im Bezugssystem der Baggerschaufel 41 einwirkende Beschleunigungskraft b' hat den gleichen Betrag, wie die auf die Baggerschaufel 41 in Verzögerungsrichtung einwirkende Beschleunigungskraft b , ist jedoch um 180° gedreht.

[0037] Auf das in der Baggerschaufel 41 befindliche Schüttgut wirkt deshalb die Resultierende r aus der Gravitationskraft g und der inversen Beschleunigungskraft b' . Es ist deshalb vorteilhaft, die Ebene 42 durch die erfindungsgemäße Lageregelung so einzuregulieren, daß die Ebene 42 senkrecht zu der Resultierenden r steht. Dazu ist bei den in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispielen eine weitere Meßeinrichtung 29 zur Messung der Beschleunigung bzw. Verzögerung der mobilen Arbeitsmaschine 40 vorgesehen. Die Messung der Beschleunigung bzw. Verzögerung kann auch hier getrennt in den Dimensionen x und y erfolgen. Während bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel in Analogtechnik die Meßeinrichtung 29 zur Messung der Beschleunigung unmittelbar mit dem Winkelgeber 5 verbunden ist und den von dem Winkelgeber 5 vorgegebenen Winkel α_x , in x -Richtung und den in y -Richtung vorgegebenen Winkel α_y , übersteuert, ist die Meßeinrichtung 29 zur Messung der Beschleunigung bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel in Digitaltechnik über einen Analog-Digital-Wandler 28 mit der Steuereinheit 34 verbunden, die eine rechnerische Korrektur der vorgegebenen Winkel α_x' und α_y' in Abhängigkeit von der gemessenen Beschleunigung vornimmt.

[0038] Durch diese Weiterbildung ist sichergestellt, daß die Lageregelung der Baggerschaufel bzw. allgemein der Arbeitseinrichtung 41 so erfolgt, daß Schüttgut auch bei einem stärkeren Beschleunigen bzw. Verzögern der mobilen Arbeitsmaschine 40 nicht verloren geht.

[0039] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern kann auch bei beliebigen Arbeitsmaschinen unter Verwendung unterschiedlicher Sensoren oder Filtereinrichtungen angewandt werden.

Patentansprüche

1. Mobile Arbeitsmaschine (40) mit einer Vorrichtung zur Lageregelung von Arbeitseinrichtungen (41) der mobilen Arbeitsmaschine (40), mit einer Meßeinrichtung (1, 2) zur Messung eines Winkels (α), welcher zwischen einer durch die Lage der Arbeitseinrichtung (41) bestimmten Ebene (42) und

der Richtung der Gravitationskraft (g) gebildet ist, einem Winkelgeber (5) zur Vorgabe eines Winkels (α'), welcher zwischen einer durch die Lage der Arbeitseinrichtung (41) bestimmten Ebene (42) und der Richtung der Gravitationskraft (g) gebildet ist, und einer Regeleinrichtung (3, 4, 6 - 16, 6, 34, 36, 9 - 16) zum Regeln des Winkels (α) zwischen der Ebene (42) der Arbeitseinrichtung (41) und der Richtung der Gravitationskraft (g), so daß der gemessene Winkel (α) mit dem vorgegebenen Winkel (α') in Übereinstimmung gebracht wird,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine weitere Meßeinrichtung (29) zur Messung der Beschleunigung und/oder Verzögerung der mobilen Arbeitsmaschine (40) vorgesehen ist und **daß** der vorgegebene Winkel (α') so eingestellt wird, daß sich die durch die Lage der Arbeitseinrichtung (41) bestimmte Ebene (42) senkrecht zu der Resultierenden (r) aus der Gravitationskraft (g) und der gemessenen inversen Beschleunigungskraft (b') erstreckt.

2. Mobile Arbeitsmaschine nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Regeleinrichtung (3, 4, 6 - 16; 6, 34, 36, 9 - 16) eine Vergleichseinrichtung (6) zum Vergleichen des gemessenen Winkels (α) mit dem vorgegebenen Winkel (α') und zumindest ein von der Vergleichseinrichtung (6) angesteuertes elektromagnetisches Steuerventil (11, 15), welches auf ein hydraulisches Stellelement (12, 16) einwirkt, aufweist.

3. Mobile Arbeitsmaschine nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Vergleichseinrichtung (6) als Komparator (3, 4) ausgeführt ist.

4. Mobile Arbeitsmaschine nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Vergleichseinrichtung (6) als digitale Steuereinheit (34, 36) ausgeführt ist.

5. Mobile Arbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Regeleinrichtung (3, 4, 6 - 16; 6, 34, 36, 9 - 16) eine Filtereinheit (7, 8; 34, 36) umfaßt, welche eine durch die Regellaufzeit (τ) hervorgerufene Eigenschwingung (f_R) eliminiert.

6. Mobile Arbeitsmaschine nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Filtereinheit (7, 8; 34, 36) als Bandsperre (7, 8) für die Eigenschwingung (f_R) und/oder deren Vielfache ausgeführt ist.

7. Mobile Arbeitsmaschine nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Filtereinheit (7, 8; 34, 36) als digitales Filter (34, 36) mit Bandsperrencharakteristik ausgeführt ist.

8. Mobile Arbeitsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Vorrichtung zur Lageregelung für Arbeitseinrichtungen (41) der mobilen Arbeitsmaschine (40) eine Neigungskompensation längs und quer zur Bewegungsrichtung der Arbeitsmaschine (40) ausführt, wobei ein erstes Stellelement (12) zur Lagekorrektur in einer ersten Raumrichtung (x) und ein zweites Stellelement (16) zur Lagekorrektur in einer zweiten Raumrichtung (y) angesteuert werden.

9. Mobile Arbeitsmaschine nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine Meßeinrichtung (1) zur Messung des Winkels (α_x) in der ersten Raumrichtung (x) und eine zweite Meßeinrichtung (2) zur Messung des Winkels (α_y) in der zweiten Raumrichtung (y) vorgesehen sind.

10. Verfahren zur Lageregelung von Arbeitseinrichtungen (41) mobiler Arbeitsmaschinen (40) mit folgenden Verfahrensschritten:

- Messen eines Winkels (α), welcher zwischen einer durch die Lage der Arbeitseinrichtung (41) bestimmten Ebene (42) und der Richtung der Gravitationskraft (g) gebildet ist,
- Vorgeben eines Winkels (α'), welcher zwischen einer durch die Lage der Arbeitseinrichtung (41) bestimmten Ebene (42) und der Richtung der Gravitationskraft (g) gebildet ist, und
- Regeln des Winkels (α) zwischen der Ebene (42) der Arbeitseinrichtung (41) und der Richtung der Gravitationskraft (g), so daß der gemessene Winkel (α) mit dem vorgegebenen Winkel (α') in Übereinstimmung gebracht wird,

dadurch gekennzeichnet,

daß der vorgegebene Winkel (α') so eingestellt wird, daß sich die durch die Lage der Arbeitseinrichtung (41) bestimmte Ebene (42) senkrecht zu der Resultierenden (r) aus der Gravitationskraft (g) und der inversen Beschleunigungskraft (b') erstreckt.

Claims

1. Mobile mechanical equipment (40), comprising a position-regulating device for tools (41) of the mobile mechanical equipment (40), comprising a measuring device (1, 2) for measuring an angle (α)

that is formed between a plane (42) determined by the position of the tool (41) and the direction of the gravitational force (g), an angle transducer (5) for setting an angle (α') that is formed between a plane (42) determined by the position of the tool (41) and the direction of the gravitational force (g), and a regulating device (3, 4, 6-16, 6, 34, 36, 9-16) for regulating the angle (α) between the plane (42) of the tool (41) and the direction of the gravitational force (g) so that the measured angle (α) is brought into coincidence with the set angle (α'),

characterized

in that a further measuring device (29) is provided for measuring the acceleration and/or retardation of the mobile mechanical equipment (40), and **in that** the set angle (α') is adjusted so that the plane (42) determined by the position of the tool (41) extends perpendicularly to the resultant (r) of the gravitational force (g) and the measured inverse acceleration force (b').

2. Mobile mechanical equipment according to Claim 1, **characterized in that** the regulating device (3, 4, 6-16; 6, 34, 36, 9-16) has a comparison device (6) for comparing the measured angle (α) with the set angle (α') and at least one electromagnetic control valve (11, 15) that is, activated by the comparison device (6) and that acts on a hydraulic actuator (12, 16).

3. Mobile mechanical equipment according to Claim 2, **characterized in that** the comparison device (6) is designed as a comparator (3, 4).

4. Mobile mechanical equipment according to Claim 2, **characterized in that** the comparison device (6) is designed as a digital control unit (34, 36).

5. Mobile mechanical equipment according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the regulating device (3, 4, 6-16; 6, 34, 36, 9-16) comprises a filter unit (7, 8; 34, 36) that eliminates self-oscillation (f_R) caused by the regulating delay time (π).

6. Mobile mechanical equipment according to Claim 5, **characterized in that** the filter unit (7, 8; 34, 36) is designed as band-stop filter (7, 8) for the self-oscillation (f_R) and/or its multiple.

7. Mobile mechanical equipment according to Claim 6, **characterized in that** the filter unit (7, 8; 34, 36) is designed as a digital filter (34, 36) having band-stop characteristics.

8. Mobile mechanical equipment according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the position-regulating device for tools (91) of the mobile mechanical equipment (40) performs a tilt compensa-

tion along and transversely to the movement direction of the mechanical equipment (40), wherein a first position-correcting actuator (12) is activated a first spatial direction (x) and a second position-correcting actuator (16) is activated in a second spatial direction (y).

9. Mobile mechanical equipment according to Claim 8, **characterized in that** a measuring device (1) is provided for measuring the angle (α_x) in the first spatial direction (x) and a second measuring device (2) is provided for measuring the angle (α_y) in the second spatial direction (y).

10. Method of regulating the position of tools (41) of mobile mechanical equipment (40), comprising the following method steps:

- measuring an angle (α) that is formed between a plane (42) determined by the position of the tool (41) and the direction of the gravitational force (g),
- setting an angle (α') that is formed between a plane (42) determined by the position of the tool (41) and the direction of the gravitational force (g), and
- regulating the angle (α) between the plane (42) of the tool (41) and the direction of the gravitational force (g) so that the measured angle (α) is brought into coincidence with the set angle (α'),

characterized in that the set angle (α') is adjusted so that the plane (42) determined by the position of the tool (41) extends perpendicularly to the resultant (r) of the gravitational force (g) and the inverse acceleration force (b').

Revendications

1. Engin mobile (40) comportant un dispositif pour réguler la position de dispositifs de travail (41) de l'engin mobile (40), avec un dispositif de mesure (1, 2) pour mesurer un angle (α) formé entre, d'une part, un plan (42) déterminé par la position de l'ensemble de travail (41) et, d'autre part, la direction de la force de gravitation (g), cet engin comportant également un capteur angulaire (5) servant à prédéfinir un angle (α'), lequel est formé entre un plan (42) défini par la position du dispositif de travail (41) et la direction de la force de gravitation (g), cet engin comportant en outre un dispositif de réglage (3, 4, 6 - 16, 6, 34, 36, 9 - 16) servant à régler l'angle (α) entre le plan (42) du dispositif de travail (41) et la direction de la force de gravitation (g), de sorte que l'angle mesuré (α) vienne coïncider avec l'angle prédéfini (α'), **caractérisé en ce qu'il** est prévu un autre dis-

positif de mesure (29) servant à mesurer l'accélération et/ou le ralentissement des équipements de travail mobiles (40) et **en ce que**

l'angle prédéfini (α') est paramétré de façon à ce que le plan (42) déterminé par la position de l'ensemble de travail (41) est perpendiculaire à la résultante (r) de la force de gravitation (g) et de la force d'accélération (b') inverse mesurée.

2. Engin mobile selon revendication 1, dans lequel le dispositif de réglage (3, 4, 6-16, 6, 34, 36, 9 - 16) présente un dispositif de comparaison (6) servant à comparer l'angle mesuré (α) avec l'angle prédéfini (α'), et au moins une vanne pilote (11, 15) électromagnétique amorcée par le dispositif de comparaison (6), vanne pilote qui agit sur un actuateur (12, 16) hydraulique. 10
3. Engin mobile selon revendication 2, dans lequel le dispositif de comparaison (6) est conçu comme un comparateur (3, 4). 20
4. Engin mobile selon revendication 2, dans lequel le dispositif de comparaison (6) se présente sous la forme d'un module de commande numérique (34, 36). 25
5. Engin mobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le dispositif de réglage (3, 4, 6 - 16, 6, 34, 36, 9 - 16) englobe un filtre (7, 8 ; 34, 36) qui élimine une auto-oscillation (fR) provoquée par le cycle de réglage (τ). 30
6. Engin mobile selon revendication 5, dans lequel le filtre (7, 8 ; 34, 36) se présente sous la forme d'un filtre coupe bande (7, 8) pour l'auto-oscillation (fR) et/ou un multiple de celle-ci. 35
7. Engin mobile selon revendication 6, dans lequel le filtre (7, 8 ; 34, 36) se présente sous la forme d'un filtre numérique (34, 36) avec les caractéristiques d'un filtre coupe-bande. 40
8. Engin mobile selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, le dispositif de régulation de la position des ensembles de travail (41) des équipements de travail mobiles (40) effectue une compensation de l'inclinaison longitudinalement et transversalement au sens de déplacement des équipements de travail mobiles (40), un premier actuateur (12) servant à corriger la position dans une première direction spatiale (x) et un deuxième actuateur (16) servant à corriger la position dans une deuxième direction spatiale (y) étant amorcés. 45 50
9. Engin mobile selon revendication 8, dans lequel il est prévu un module de mesure (1) servant à mesurer l'angle (αx) dans la première direction spatiale 55

(x) et un deuxième module de mesure (2) servant à mesurer l'angle (αy) dans la deuxième direction spatiale (y).

- 5 10. Procédé pour réguler la position de dispositifs de travail (41) d'un engin mobile (40) comportant les étapes suivantes :

- Mesure d'un angle (α) lequel est formé entre un plan (42) déterminé par la position du dispositif de travail (41) et la direction de la force de gravitation (g),
- Définition préalable d'un angle (α') lequel est formé entre un plan (42) défini par la position du dispositif de travail (41) et la direction de la force de gravitation (g) et
- Réglage de l'angle (α) entre le plan (42) défini du dispositif de travail (41) et la direction de la force de gravitation (g) de sorte que l'angle mesuré (α) vienne coïncider avec l'angle (α') prédéfini,

dans lequel l'angle prédéfini (α') est paramétré de façon à ce que le plan (42) déterminé par la position du dispositif de travail (41) est perpendiculaire à la résultante (r) de la force de gravitation (g) et de la force d'accélération (b') inverse.

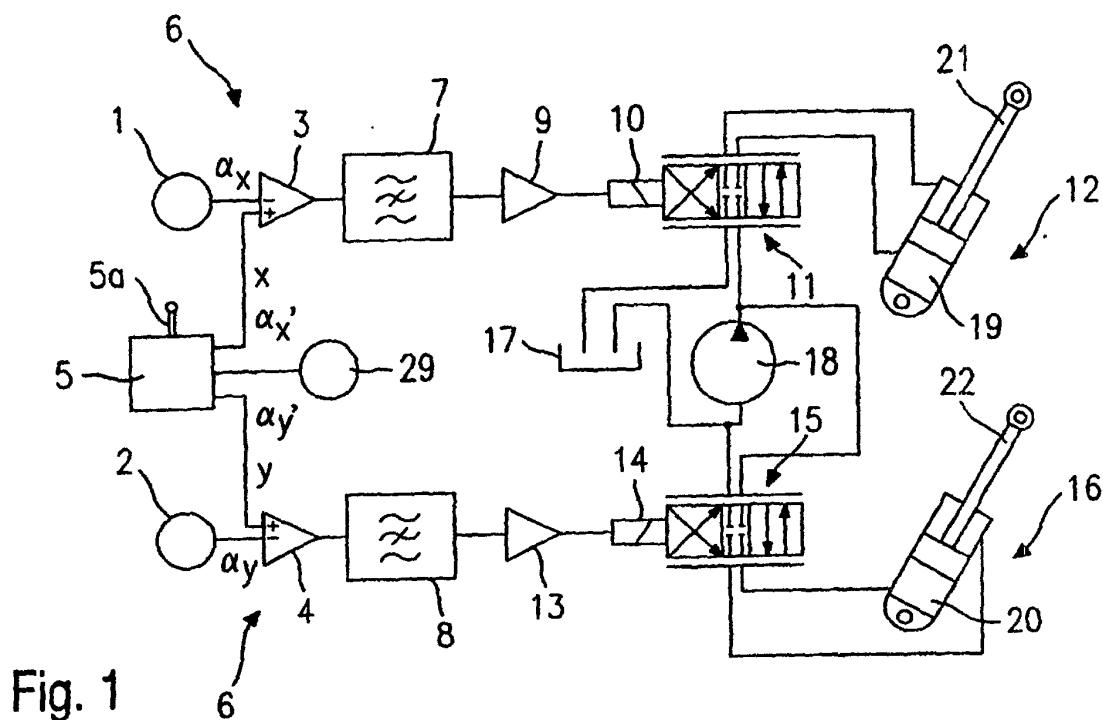


Fig. 1

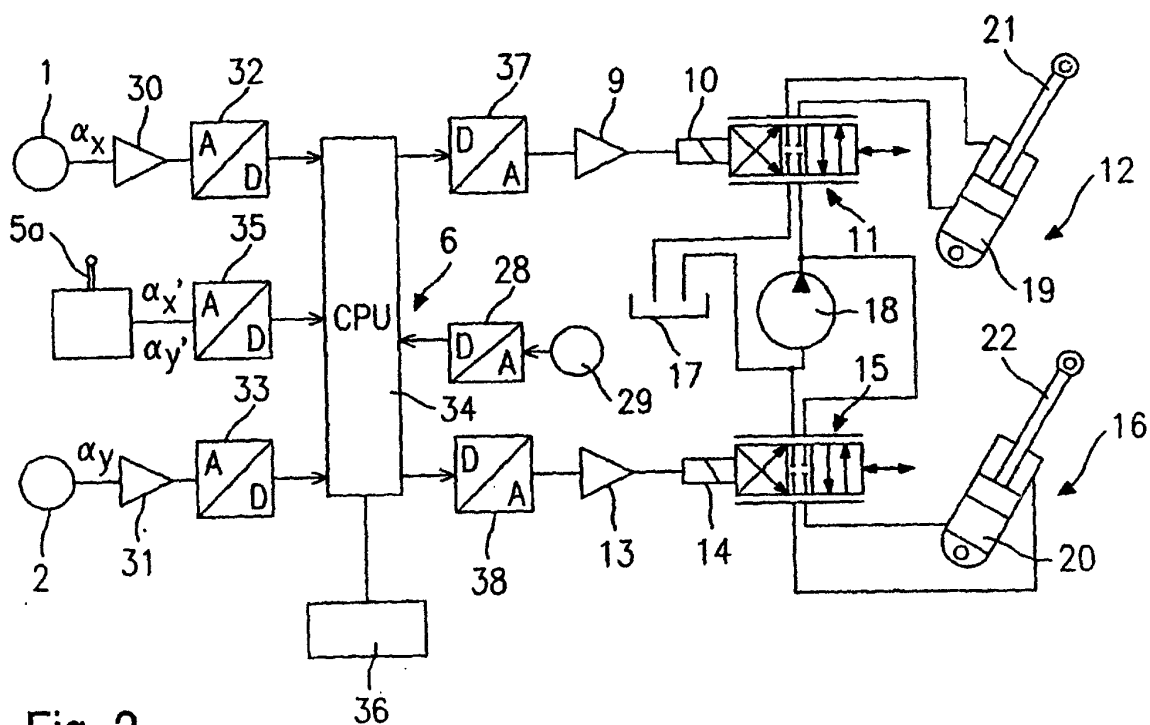


Fig. 2

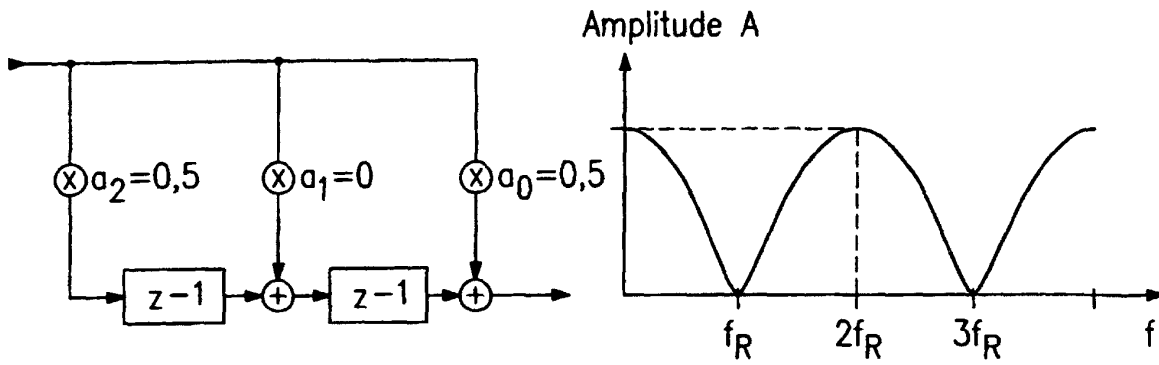


Fig. 3A

Fig. 3B

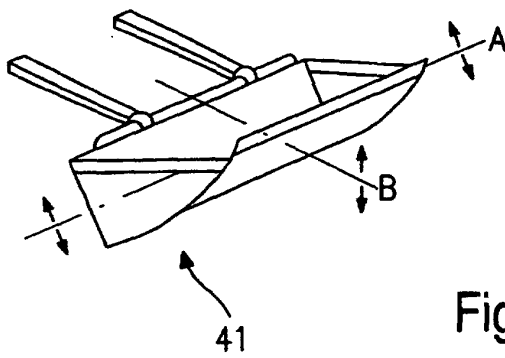


Fig. 5

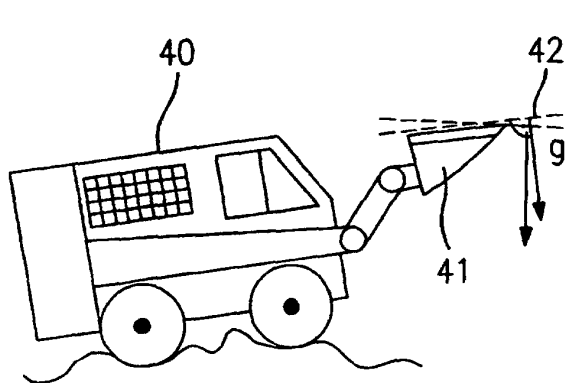


Fig. 6

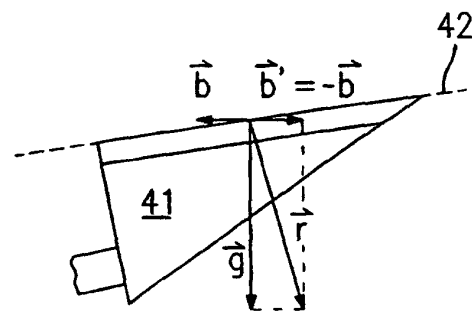


Fig. 7

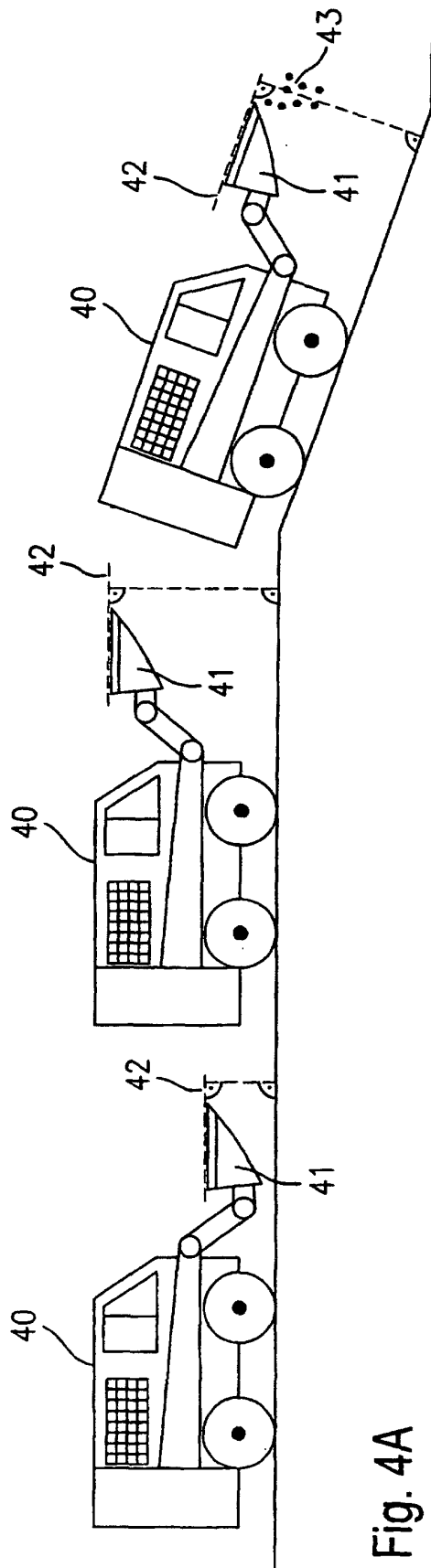


Fig. 4A

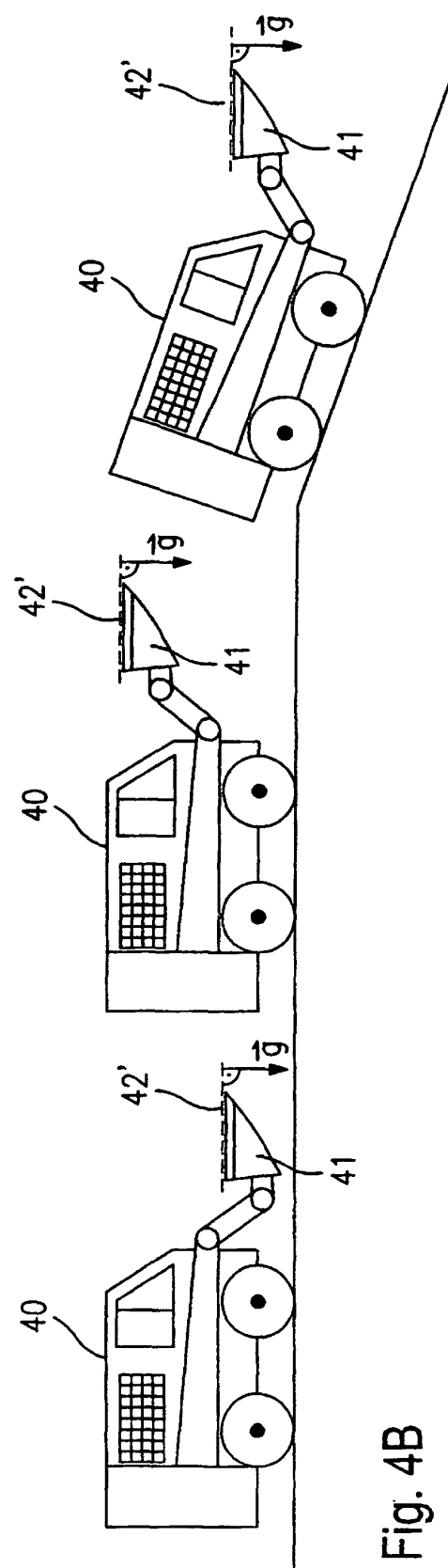


Fig. 4B