

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. Januar 2020 (30.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/021059 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

E02F 3/30 (2006.01) *G01B 1/00* (2006.01)
E02F 3/32 (2006.01) *E02F 3/43* (2006.01)
E02F 3/345 (2006.01) *G01C 21/16* (2006.01)
E02F 9/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/070168

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juli 2019 (26.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 118 147.7
26. Juli 2018 (26.07.2018) DE

(71) Anmelder: **LIEBHERR-MINING EQUIPMENT COLMAR SAS** [FR/FR]; 49 rue Frédéric Hartmann, 68025 ColmarCedex (FR).

(72) Erfinder: **JAEGY, Adrien**; 12 rue des Hirondelles, 68190 Ungersheim (FR).

(74) Anwalt: **LAUFHÜTTE, DIETER / LORENZ SEIDLER GOSSEL**; Widenmayerstr. 23, 80538 München (DE).

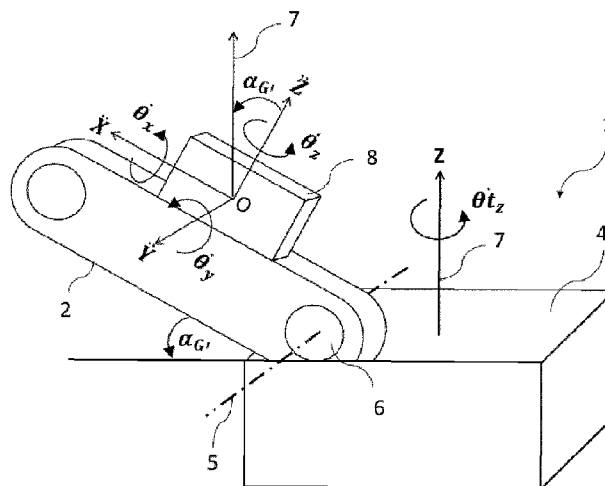
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING AN ANGLE OF A TOOL OF A MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES WINKELS EINES ARBEITSGERÄTS EINER MASCHINE

$(\dot{\theta}_y)$ (I)
 $(\dot{\theta}_{t_z})$ (II)

Fig. 1



(57) Abstract: The present invention relates to a method for determining an angle of a tool of a machine, the machine having an undercarriage and a superstructure which can be rotated relative thereto, the tool being fastened to the superstructure via a revolute joint such that the axis of rotation of the revolute joint is orthogonal to the axis of rotation of the rotatable superstructure, the tool being provided with an IMU, i.e. an inertial measurement unit, which is designed to sense an angular velocity in three dimensions (x, y, z) which are preferably perpendicular to one another, and a first of the three dimensions (y), the angular velocity (I) of which can be sensed by the IMU, being parallel to the axis of rotation of the revolute joint. The method is characterised in that an angular velocity (II) occurring during rotation of the superstructure is sensed by the IMU, and an angle of the tool relative to the axis of rotation of the

WO 2020/021059 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

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

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

superstructure is determined on the basis of the sensed superstructure angular velocity (II).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Winkels eines Arbeitsgeräts einer Maschine, wobei die Maschine einen Unterwagen und einen dazu drehbaren Oberwagen aufweist, das Arbeitsgerät über ein Drehgelenk an dem Oberwagen derart befestigt ist, dass die Drehachse des Drehgelenks orthogonal zur Drehachse des drehbaren Oberwagens ist, das Arbeitsgerät mit einer IMU, d.h. einer inertialen Messeinheit, versehen ist, die dazu ausgelegt ist, eine Winkelgeschwindigkeit in drei Raumrichtungen (x, y, z) zu erfassen, die vorzugsweise senkrecht zueinander sind, und eine erste der drei Raumrichtungen (y), deren Winkelgeschwindigkeit (I) durch die IMU erfassbar ist, parallel zur Drehachse des Drehgelenks ist. Da Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass eine bei einer Drehung des Oberwagens auftretende Winkelgeschwindigkeit (II) durch die IMU erfasst wird, und ein Winkel des Arbeitsgeräts relativ zur Drehachse des Oberwagens auf Grundlage der erfassten Oberwagen-Winkelgeschwindigkeit (II) bestimmt wird.

Verfahren zum Bestimmen eines Winkels eines Arbeitsgeräts einer Maschine

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Winkels eines Arbeitsgeräts einer Maschine, sowie eine entsprechende Maschine. Für Arbeitsmaschinen, insbesondere für Bagger, ist es von Vorteil, wenn sie den Winkel eines Arbeitsgeräts bspw. die Winkel der Baggerarmelemente exakt bestimmen
5 können. Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Wege bekannt, einen solchen Winkel zu bestimmen, jedoch ist keine davon sowohl robust, preiswert, präzise und leicht zu integrieren. In diesem Zusammenhang ist es auch wünschenswert, wenn eine Umsetzung zum Bestimmen eines Winkels, eines Arbeitsgeräts auch leicht nachrüstbar ist.

10

Die Winkelberechnung mit Hilfe von Inertialeinheiten (IMU, englisch: Inertial Measurement Unit) erfüllt dabei nicht alle der vorgenannten Kriterien, da deren Genauigkeit bei hohen Geschwindigkeiten nachlässt. Zudem wirken für Arbeitsmaschinen, insbesondere für Bagger, besondere Einflüsse, sodass nicht
15 einfach inertielle Navigationssysteme, wie sie beispielsweise bei Fluggeräten oder auch in PKWs genutzt werden, verwendet werden können.

20

Typischerweise wird dennoch auf eine IMU, eine inertielle Messeinheit, zurückgegriffen, die dann verwendet wird, eine Beschleunigung entlang von drei Achsen zu messen. Die Gravitationskraft stellt dabei eine vertikale Beschleunigung

dar und kann daher mittels einer IMU gemessen werden. Betrachtet man die Lage dieser Gravitationskraft aus ihrer Projektion auf die drei Achsen des Beschleunigungsmessers, ist es möglich, den Winkel der IMU in Bezug auf eine Vertikale abzuleiten. Ein solches Vorgehen ist beispielsweise in der
5 US 9618338 B2 beschrieben. Daher ist es durch das Installieren von IMUs auf dem Arbeitsgerät möglich, den Winkel des Arbeitsgeräts mehr oder weniger exakt zu bestimmen.

Problematisch hieran ist, dass sobald eine Bewegung auftritt, beispielsweise eine
10 Oberwagenrotation eines Baggers oder einer anderen Baumaschine, Zentrifugalkräfte zu den durch die IMU gemessenen Beschleunigungen hinzukommen. Daher ist die Berechnung des Winkels fehlerhaft, da die projizierte Kraft nicht länger lediglich vertikal ist, sondern eine Kombination der Gravitationskraft und der Zentrifugalkräfte darstellt. Um diese Effekte zu
15 kompensieren ist es aus dem Stand der Technik bekannt, ein geometrisches Modell der Maschine beziehungsweise des Baggers zu nutzen, um in Echtzeit die Zentrifugalkräfte an den Sensoren zu schätzen und diese beim Berechnen der Orientierung der vertikalen Gravitationskraft zu berücksichtigen. Ein solches Vorgehen ist beispielsweise in der AR 10 4232 A1 offenbart, das zwar relativ
20 verlässliche Ergebnisse ergibt, jedoch nur zu dem Preis, dass man das geometrische Modell der Maschine, beziehungsweise des Baggers, mit all seinen Längen, Abständen sowie der Positionen der mehreren IMUS erstellen und simulieren muss. Zudem erfordert diese Lösung eine mehr oder weniger komplexe Kalibrierphase.

25 Weiter ist aus dem Stand der Technik auch bekannt, die dynamischen Effekte (Zentrifugalkraft etc.) herauszufiltern, beispielsweise unter Verwendung eines Kalman-Filters oder einer Kombination eines Hoch- und eines Tiefpassfilters. Dadurch lassen sich die dynamischen Effekte auf Grund einer Bewegung des
30 Arbeitsgeräts beziehungsweise des Fahrzeugs abschwächen. Diese Umsetzung führt jedoch nicht in allen Fällen zu der gewünschten genauen Lösung. Darüber

hinaus sind sämtliche am Markt verfügbaren Verfahren so ausgebildet, dass sie eine initiale Kalibrierung erfordern, die zusätzliche Ressourcen in Anspruch nimmt.

5 Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass existierende Verfahren darauf gerichtet sind, die unerwünschten Effekte der Zentrifugalkräfte, insbesondere bei einer Rotation eines Oberwagens, abzuschwächen, um das verwendete Messprinzip in seiner Genauigkeit zu stärken.

10 Es ist das Ziel der vorliegenden Erfindung eine Winkelbestimmung eines Arbeitsgeräts bereitzustellen, die die oben aufgeführten Nachteile überwindet. Dies gelingt mit einem Verfahren, das sämtliche Merkmale des Anspruchs 1 aufweist oder eine Maschine, die sämtliche Merkmale des Anspruchs 9 besitzt.

15 Vorteilhafte Ausgestaltungen sind dabei in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Winkels eines Arbeitsgeräts einer Maschine, insbesondere eines Baggers, wobei die Maschine einen Unterwagen und einen dazu drehbaren Oberwagen aufweist, das 20 Arbeitsgerät über ein Drehgelenk an dem Oberwagen derart befestigt ist, dass die Drehachse des Drehgelenks orthogonal zur Drehachse des drehbaren Oberwagens ist, das Arbeitsgerät mit einer IMU, das heißt einer inertialen Messeinheit, versehen ist, die dazu ausgelegt ist, eine Winkelgeschwindigkeit in drei Raumrichtungen zu erfassen, die vorzugsweise senkrecht zueinander sind, und eine erste der drei 25 Raumrichtungen, deren Winkelgeschwindigkeit durch die IMU erfassbar ist, parallel zur Drehachse des Drehgelenks ist. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass eine bei einer Drehung des Oberwagens auftretende Winkelgeschwindigkeit durch die IMU erfasst wird, und ein Winkel des Arbeitsgeräts relativ zur Drehachse des Oberwagens auf Grundlage der erfassten Winkelgeschwindigkeit des Oberwagens 30 bestimmt wird.

Im Unterschied zu den vorbekannten Ansätzen zum Bestimmen des Winkels des Arbeitsgeräts versucht die vorliegende Erfindung die Effekte einer Drehung des Oberwagens nicht zu unterdrücken, sondern nutzt deren Charakteristika zur Winkelbestimmung.

5

Bei näherer Betrachtung ist die Drehung des Oberwagens eine Winkelgeschwindigkeit die konstant nach oben (oder nach unten) zeigt, wenn man den Blickpunkt der Maschine, beziehungsweise des Baggers annimmt. Die Winkelgeschwindigkeit beziehungsweise der Vektor der Winkelgeschwindigkeit steht dabei immer senkrecht zu der durch die Rotation des Oberwagens definierten Ebene. Die Gyrometer der IMU, also diejenigen Vorrichtungen, die die Winkelgeschwindigkeit für eine jeweilige Raumrichtung erfassen, sind dabei so angeordnet, dass zwei von ihnen orthogonal zur Drehachse des Drehgelenks des Arbeitsgeräts sind. Schließlich ist eine erste der drei Raumrichtungen, deren Winkelgeschwindigkeit durch die IMU erfasst wird, parallel zur Drehachse des Drehgelenks, sodass sich die anderen beiden Raumrichtungen orthogonal dazu befinden müssen. Mit Hilfe der beiden zur Drehachse orthogonal angeordneten Raumrichtungen, deren Winkelgeschwindigkeit mit Hilfe des IMUs erfasst werden kann, kann man nun die Projektion der Winkelgeschwindigkeit, die durch eine Drehung des Oberwagens hervorgerufen wird, präzise messen. Es ist daher möglich, den Winkel eines Arbeitsgeräts, an dem eine IMU montiert ist, in Bezug auf die Drehachse des Oberwagens unter Verwendung der gemessenen Winkelgeschwindigkeiten präzise zu bestimmen.

10

15

20

25

Nach einer optionalen Modifikation der vorliegenden Erfindung findet die bei einer Drehung des Oberwagens auftretende Winkelgeschwindigkeit Niederschlag in den Winkelgeschwindigkeiten der beiden Raumrichtungen der IMU, die zu der ersten der drei Raumrichtungen verschieden sind, sodass hieraus der Winkel des Arbeitsgeräts bestimmt werden kann.

30

Vorzugsweise sind die beiden Winkelgeschwindigkeiten der IMU für die Raumrichtungen, die zu der ersten der drei Raumrichtungen verschieden sind, als

Argumente für die mathematische Funktion atan2 heranzuziehen, um den Winkel des Arbeitsgeräts zu bestimmen. Die Funktion atan2, auch genannt arctan2 ist eine Erweiterung der inversen Winkelfunktion Arkustangens und nimmt zwei reelle Zahlen als Argumente, sodass sie im Gegensatz zum normalen Arkustangens genügend Informationen hat, um den Funktionswert in einem Wertebereich von 360 Grad ausgeben zu können. Denknotwendigerweise ist damit also auch von der Erfindung erfasst, dass die Winkelgeschwindigkeiten zur Bestimmung des Winkels einer fallabhängigen Arkustangensfunktion unterzogen werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird der Winkel des Arbeitsgeräts unter Verwendung der Formel:

$$\alpha_G = \text{atan2}(\text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_x; \text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_z)$$

bestimmt wird, wobei α_G der Winkel des Arbeitsgeräts relativ zu einer Drehrichtungsachse des Oberwagens ist, $\dot{\theta}_z$ die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens ist, $\dot{\theta}_x$ die von der IMU erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer zweiten der drei Raumrichtungen ist, und $\dot{\theta}_z$ die von der IMU erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer dritten der drei Raumrichtungen ist.

Darüber hinaus kann nach einer weiteren Fortbildung der Erfindung vorgesehen sein, dass der Winkel des Arbeitsgeräts nur dann auf Grundlage der Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens bestimmt wird, wenn die Winkelgeschwindigkeit oberhalb eines Schwellenwerts liegt.

Weiter kann vorgesehen sein, dass dann, wenn die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens unterhalb des Schwellenwerts oder auf dem Schwellenwert liegt, der Winkel des Arbeitsgeräts über ein alternatives Verfahren bestimmt wird, vorzugsweise auf Grundlage von einer durch die IMU erfassten Beschleunigung.

Zudem kann vorgesehen sein, dass eine Gewichtung zum Bestimmen des Winkels des Arbeitsgeräts vorgesehen sein, und eine Bestimmung auf Grund der Winkelgeschwindigkeit mit einem Gewichtungsfaktor versehen ist, der in Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens variiert. So kann beispielsweise der Gewichtungsfaktor einen großen Wert annehmen, wenn die Winkelgeschwindigkeit der Drehung des Oberwagens groß ist und niedrig sein, wenn die Winkelgeschwindigkeit der Drehung des Oberwagens gering ist.

Die Erfindung umfasst ferner eine Maschine, aufweisend: einen Unterwagen, einen gegenüber dem Unterwagen drehbaren Oberwagen, ein Arbeitsgerät, das über ein Drehgelenk an den Oberwagen derart befestigt ist, dass die Drehachse des Drehgelenks orthogonal zur Drehachse des drehbaren Oberwagens ist, und eine IMU, das heißt eine inertielle Messeinheit, die in dem Arbeitsgerät vorgesehen ist und dazu ausgelegt ist, eine Winkelgeschwindigkeit in drei Raumrichtungen zu erfassen, wobei eine erste der drei Raumrichtungen, deren Winkelgeschwindigkeit durch die IMU erfassbar ist, parallel zur Drehachse des Drehgelenks ist. Die Maschine zeichnet sich dadurch aus, dass eine Winkelbestimmungseinheit zum Bestimmen eines Winkels des Arbeitsgeräts relativ zur Drehachse des Oberwagens vorgesehen ist, wobei die Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, den Winkel des Arbeitsgeräts auf Grundlage der durch die IMU erfasste, bei einer Drehung des Oberwagens auftretende Winkelgeschwindigkeit zu bestimmen.

Analog zum Gegenstand des Anspruchs 1 wird wieder der Kniff ausgenutzt, dass der Vektor der Winkelgeschwindigkeit orthogonal zur der durch die Drehung definierten Ebene ist, sodass derjenige Winkelgeschwindigkeitssensor, der die Raumrichtung erfasst, die parallel zur Drehachse des Drehgelenks ist, bei einer Drehung des Oberwagens keinen Ausschlag verzeichnet. Dies liegt darin begründet, da die Drehachse als auch die dazu parallel verlaufende Raumrichtung senkrecht zur Drehachse des drehbaren Oberwagens angeordnet sind. Im Ergebnis wird also die Winkelgeschwindigkeit, die sich durch ein Drehen des Oberwagens ergibt, in den zwei anderen Winkelgeschwindigkeitssensoren der

anderen Raumrichtungen abgebildet, sodass eine Lage der IMU und des damit fest verbundenen Arbeitsgeräts abgeleitet werden kann.

Vorzugsweise wird klargestellt, dass die von der IMU erfassten Raumrichtungen orthogonal zueinander sind.

Nach einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung findet die bei einer Drehung des Oberwagens auftretende Winkelgeschwindigkeit Niederschlag in den Winkelgeschwindigkeiten der beiden Raumrichtungen der IMU, die zu der ersten der drei Raumrichtungen verschieden sind, wobei die Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, den Winkel des Arbeitsgeräts hieraus zu bestimmen.

Vorzugsweise ist die Winkelbestimmungseinheit der Maschine dazu ausgelegt, die beiden Winkelgeschwindigkeiten für die Raumrichtungen, die zu der ersten der drei Raumrichtungen verschieden sind, als Argumente für die mathematische Funktion atan2 zu verwenden, um den Winkel des Arbeitsgeräts zu bestimmen. Nach einer bevorzugten Umsetzung geschieht dies unter Heranziehung der Formel:

$$\alpha_G = \text{atan2}(\text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_x; \text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_z),$$

wobei α_G der Winkel des Arbeitsgeräts relativ zu einer Drehrichtungsachse des Oberwagens ist, $\dot{\theta}_z$ die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens ist, $\dot{\theta}_x$ die von der IMU erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer zweiten der drei Raumrichtungen ist, und $\dot{\theta}_z$ die von der IMU erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer dritten der drei Raumrichtungen ist.

Ferner kann vorgehen sein, dass die Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, den Winkel des Arbeitsgeräts nur dann auf Grundlage der Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens zu bestimmen, wenn die Winkelgeschwindigkeit oberhalb eines Schwellenwerts liegt, und dann, wenn die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens unterhalb des Schwellenwerts oder auf dem Schwellenwert liegt, den Winkel des Arbeitsgeräts über ein alternatives Verfahren

zu bestimmen, vorzugsweise auf Grundlage von einer durch die IMU erfassten Beschleunigung.

Nach einer optionalen Modifikation der Erfindung ist die Maschine ein Bagger und das Arbeitsgerät ein Baggerarm, der einen Baggerlöffel, einen Baggerstiel und einen Baggerausleger aufweist, wobei die IMU an mindestens einem der Bestandteile des Baggerarms angeordnet ist, um einen Winkel des jeweiligen Bestandteils des Baggerarms zu bestimmen.

Ferner kann auch vorgesehen sein, dass am Oberwagen, am Baggerlöffel, am Baggerstiel und am Baggerausleger jeweils eine IMU vorgesehen ist, die vorzugsweise über eine Datenleitung mit der Winkelbestimmungseinheit verbunden sind. Diese Winkelbestimmungseinheit kann dann dazu ausgelegt sein, den Winkel jedes über eine eigene IMU verfügenden Elements zu berechnen beziehungsweise herzuleiten.

Nach einer vorteilhaften Modifikation der Erfindung sind die Bestandteile des Baggerarms über Drehgelenke miteinander verbunden, deren Drehachsen parallel zueinander sind und somit alle senkrecht auf die Drehachse einer Oberwagendrehung stehen.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Winkelbestimmungseinheit Teil eines elektronischen Steuergeräts ist, das in Verbindung mit der Steuerung der Maschine steht.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Figurenbeschreibung ersichtlich. Dabei zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Maschine mit einem Arbeitsgerät, das mit einer IMU versehen ist,

Fig. 2: eine Seitenansicht eines Minenbaggers mit unterschiedlichen Anordnungsposition verschiedener IMUs, und

Fig. 3: eine Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem abstrakten Schaubild.

Fig. 1 zeigt dabei eine schematische Darstellung der Erfindung. Man erkennt die Maschine 1, die schematisch nur durch den Oberwagen 4 und ein daran befestigtes Arbeitsgerät 2, beispielsweise ein Baggerausleger, dargestellt ist.

An dem Baggerausleger 2 ist fest daran eine IMU 8 montiert, die eine Winkelgeschwindigkeit in drei Raumrichtungen erfassen kann. Diese drei Raumrichtungen sind orthogonal zueinander, wobei eine der drei Raumrichtungen parallel zur Drehachse 5 des Drehgelenks 6 ist, mit dem das Arbeitsgerät 2 an dem Oberwagen 4 der Maschine 1 schwenkbar angeordnet ist. Das Drehgelenk 6 kann dabei einem Scharniergelenk entsprechen. Rotiert nun der Oberwagen 4 um die in der Figur 1 dargestellten Drehachse 7 mit der Geschwindigkeit $(\dot{\theta}_z)$, so führt dies zu einer Winkelgeschwindigkeit, deren Vektor parallel zur Drehachse 7 orientiert ist. Der entsprechende Vektor kann selbstverständlich auch gegenläufig zu dem Pfeil der Drehachse 7 verlaufen. Die IMU Gyrometer, also diejenigen Elemente, die die Winkelgeschwindigkeit erfassen, welche orthogonal zu der Drehachse 5 des Drehgelenks 6 angeordnet sind, können dann die Projektionen der Winkelgeschwindigkeit präzise messen. Vorwiegend geschieht dies mit Hilfe der Winkelgeschwindigkeiten $(\dot{\theta}_x, \dot{\theta}_z)$. Es ist daher möglich, den Winkel eines Arbeitsgeräts beziehungsweise einer mit dem Arbeitsgerät fest verbundenen IMU 8 zu bestimmen, in dem auf die Drehachse des Oberwagens 4 unter Heranziehung dieser beiden Geschwindigkeiten $(\dot{\theta}_x, \dot{\theta}_z)$ Bezug genommen wird. In der einfachsten Umsetzung kann die Berechnung gebildet werden durch:

$$\alpha_G = \text{atan2}(\text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_x; \text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_z)$$

bestimmt wird, wobei α_G der Winkel des Arbeitsgeräts relativ zu einer Drehrichtungsachse des Oberwagens ist, $\dot{\theta}_z$ die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens ist, $\dot{\theta}_x$ die von der IMU erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer zweiten der drei Raumrichtungen ist, und $\dot{\theta}_z$ die von der IMU erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer dritten der drei Raumrichtungen ist.

Das Vorgehen ist ziemlich ähnlich zu einem Verfahren zum Auffinden der Schwerkraft in den Beschleunigungsmessungen, jedoch werden hier nicht dieselben physikalischen Werte beobachtet, da es vorliegend das Ziel ist, die Drehgeschwindigkeit des Oberwagens in den Gyrometermessungen zu finden. Dieser Ansatz wurde in keinem bis zum Anmeldetag verfügbaren Stand der Technik verfolgt.

Vorteilhaft ist dies, da es keine parasitären Geschwindigkeiten gibt, die die Berechnungen stören können. Dies liegt darin begründet, da die Drehgeschwindigkeit des Oberwagens senkrecht zu dem Drehgelenk 6 eines Arbeitsgeräts 2 ist. Zudem werden die Gyrometer nicht durch Schläge und Vibrationen gestört, sodass ein Auslesen der relevanten Daten einfacher erfolgen kann als ein Auslesen von Beschleunigungen und demnach auch weniger Filterung bedarf.

Während eines Arbeitszyklus der Maschine ist es mit der Erfindung demnach möglich, die Winkel des Arbeitsgeräts unter Heranziehung der vorliegend erklärten Idee präzise zu bestimmen, unabhängig von irgendwelchen dynamischen Geschwindigkeiten in Bezug auf das Drehgelenk 6 des Arbeitsgeräts 2.

Um auch einen Winkel des Arbeitsgeräts 2 bestimmen zu können, wenn der Oberwagen 4 keine Drehung ausführt, ist es erforderlich, einen Fusionsalgorithmus für mehrere Datenquellen vorzusehen, der einen Winkel zum einen aus Beschleunigungsmesseinheiten (herkömmliche Art der Winkelbestimmung) und zum anderen aus Gyrometern, also Winkelgeschwindigkeitsmeseinheiten bestimmt, wenn es eine Oberwagenrotationsgeschwindigkeit gibt. Zudem kann eine

gyroskopische Integration von kollinearen Gyrometern an den Drehgelenken beziehungsweise dem Drehgelenk 6 vorgesehen seien.

5 Dabei ist eine von mehreren Möglichkeiten zur Umsetzung in Fig. 3 dargestellt, wobei die Drehgeschwindigkeit des Oberwagens mit einem Schwellenwert B verglichen wird und wenn die Geschwindigkeit unterhalb eines Schwellenwerts liegt, die Berechnung eines Rohwinkels α_B nach herkömmlicher Art und Weise aus den Beschleunigungsmesseinheiten vollzogen wird, und dann, wenn die Geschwindigkeit den Schwellenwert übertrifft oder erreicht, der Rohwinkel α_B aus
10 den Gyrometern berechnet wird. Dabei kann auch vorgesehen sein, dass der Rohwinkel α_B mit Hilfe eines kollinearen Gyrometers an dem Drehgelenk geglättet wird. Ist zum Beispiel $\alpha(t)$ der zum Zeitpunkt t erhaltene Winkel, so kann der Winkel zum Zeitpunkt $\alpha(t+1)$ mit $\alpha(t) + \dot{\alpha}\Delta_t + c(-1)^x$ berechnet werden, wobei $\dot{\alpha}$ die relative Winkelgeschwindigkeit, Δ_t der Zeitschritt, c ein Koeffizient und $x = 0$
15 ist, falls der vorhergehende Winkel kleiner als der Rohwinkel α_B ist, oder $x = 1$ ist, falls das Gegenteil der Fall ist.

Eine komplette Umsetzung findet sich in Fig. 3, bei der eine Umschalteinheit 10 die Grundlage zur Berechnung des Winkels in Abhängigkeit der Geschwindigkeit einer
20 Drehung des Oberwagens ändert. In der dargestellten Stellung der Umschalteinheit 10 wird der Winkel auf Grundlage der Beschleunigung in herkömmlicher Art und Weise berechnet. Alternativ dazu ist es möglich, den Winkel mit Hilfe der Geschwindigkeiten zu berechnen, wobei dies nur dann gemacht wird, wenn die Oberwagenrotation eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat. $\theta \dot{p}_y$ stellt dabei die
25 durch die IMU gemessene Winkelgeschwindigkeit dar, die in einer kinematischen Kette vorläuft.

Ein komplettes System, das die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt, kann sich dabei wie in Fig. 2 dargestellt zusammensetzen. Eine IMU ist
30 sowohl an dem Baggerlöffel 11, als auch an dem Baggerstiel 12, und auch an dem Baggerausleger 13 vorgesehen. Eine weitere IMU 8 ist auch an dem Oberwagen 4 vorgesehen. Diese vier IMUs senden ihre Rohdaten (Beschleunigungen und

Winkelgeschwindigkeiten) an eine elektronische Einheit (ECU), die die Algorithmen zum Berechnen der Relativwinkel zwischen jeden Teil des Baggerarms beziehungsweise des Oberwagens enthält. Dies bedeutet, eine Berechnung des Baggerlöffelwinkels, des Baggerstielwinkels, des Baggerauslegerwinkels und einen
5 Oberwageneigungs- sowie einen Oberwagenrollwinkel. Die elektronische Steuereinheit ECU kann auch all die mit diesen Winkeln verknüpften Relativgeschwindigkeiten berechnen. Ferner kann vorgesehen sein, dass diese Steuereinheit mit einer Baggerelektronik in einer Kommunikationsverbindung steht, die über einen geeigneten Bus sämtliche Daten bereitstellt. In der Zeichnung ist
10 dies mit einer Steuerbox (Steering) dargestellt.

Ansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Winkels eines Arbeitsgeräts (2) einer Maschine (1), wobei

die Maschine (1) einen Unterwagen (3) und einen dazu drehbaren Oberwagen (4) aufweist,

5 das Arbeitsgerät (2) über ein Drehgelenk an dem Oberwagen (4) derart befestigt ist, dass die Drehachse (5) des Drehgelenks (6) orthogonal zur Drehachse (7) des drehbaren Oberwagens (4) ist,

das Arbeitsgerät (2) mit einer IMU (8), d.h. einer inertialen Messeinheit, versehen ist, die dazu ausgelegt ist, eine Winkelgeschwindigkeit in drei
10 Raumrichtungen (x, y, z) zu erfassen, die vorzugsweise senkrecht zueinander sind, und

eine erste der drei Raumrichtungen (y), deren Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_y$) durch die IMU (8) erfassbar ist, parallel zur Drehachse (5) des Drehgelenks (6) ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

15 eine bei einer Drehung des Oberwagens (4) auftretende Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) durch die IMU (8) erfasst wird, und

ein Winkel des Arbeitsgeräts (2) relativ zur Drehachse (7) des Oberwagens (4) auf Grundlage der erfassten Oberwagen-Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die bei einer Drehung des Oberwagens (4) auftretende Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) Niederschlag in den Winkelgeschwindigkeiten ($\dot{\theta}_x, \dot{\theta}_z$) der beiden Raumrichtungen (x, z) der IMU (8) findet, die zu der ersten der drei Raumrichtungen (y) verschieden sind, und der Winkel des Arbeitsgeräts (2) hieraus bestimmt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die beiden Winkelgeschwindigkeiten ($\dot{\theta}_x, \dot{\theta}_z$) der IMU (8) für die Raumrichtungen, die zu der ersten der drei Raumrichtungen verschieden sind, als Argumente für die mathematische Funktion atan2 verwendet werden, um den Winkel des Arbeitsgeräts (2) zu bestimmen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel des Arbeitsgeräts (2) unter Verwendung der Formel:

$$\alpha_G = \text{atan2}(\text{sign}(\dot{\theta}_{t_z}) \cdot \dot{\theta}_x; \text{sign}(\dot{\theta}_{t_z}) \cdot \dot{\theta}_z)$$

bestimmt wird, wobei

α_G der Winkel des Arbeitsgeräts (2) relativ zu einer Drehrichtungsachse des Oberwagens (4) ist,

$\dot{\theta}_{t_z}$ die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens (4) ist,

$\dot{\theta}_x$ die von der IMU (8) erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer zweiten der drei Raumrichtungen ist, und

$\dot{\theta}_z$ die von der IMU (8) erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer dritten der drei Raumrichtungen ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel des Arbeitsgeräts (2) nur dann auf Grundlage der Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) einer Drehung des Oberwagens (4) bestimmt wird, wenn die Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) oberhalb eines Schwellenwerts (B) liegt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei dann, wenn die Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) einer Drehung des Oberwagens (4) unterhalb des Schwellenwerts (B) oder

auf dem Schwellenwert (B) liegt, der Winkel des Arbeitsgeräts (2) über ein alternatives Verfahren bestimmt wird, vorzugsweise auf Grundlage von einer durch die IMU (8) erfassten Winkelbeschleunigung.

- 5 7. Maschine (1), insbesondere ein Bagger, umfassend:
einen Unterwagen (3),
einen gegenüber dem Unterwagen (3) drehbaren Oberwagen (4),
ein Arbeitsgerät (2), das über ein Drehgelenk (6) an dem Oberwagen (4)
derart befestigt ist, dass die Drehachse (5) des Drehgelenks (6) orthogonal zur
10 Drehachse (7) des drehbaren Oberwagens (4) ist, und
eine IMU (8), d.h. eine inertielle Messeinheit, die an dem Arbeitsgerät (2)
vorgesehen ist und dazu ausgelegt ist, eine Winkelgeschwindigkeit in drei
Raumrichtungen (x, y, z) zu erfassen, wobei
eine erste der drei Raumrichtungen (y), deren Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_y$)
15 durch die IMU (8) erfassbar ist, parallel zur Drehachse (5) des Drehgelenks (6) ist,
gekennzeichnet durch
eine Winkelbestimmungseinheit zum Bestimmen eines Winkels des
Arbeitsgeräts (2) relativ zur Drehachse (7) des Oberwagens (4), wobei
die Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, den Winkel des
20 Arbeitsgeräts (2) auf Grundlage der durch die IMU (8) erfasste, bei einer Drehung
des Oberwagens (4) auftretende Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) zu bestimmen.

8. Maschine (1) nach Anspruch 7, wobei die von der IMU (8) erfassten
Raumrichtungen orthogonal zueinander sind.

- 25 9. Maschine (1) nach Anspruch 7 oder 8, wobei die bei einer Drehung des
Oberwagens (4) auftretende Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_{t_z}$) Niederschlag in den
Winkelgeschwindigkeiten ($\dot{\theta}_x$, $\dot{\theta}_z$) der beiden Raumrichtungen (x, z) der IMU (8)
findet, die zu der ersten der drei Raumrichtungen (y) verschieden sind, und die
30 Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, den Winkel des Arbeitsgeräts (2)
hieraus zu bestimmen.

10. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, die beiden Winkelgeschwindigkeiten ($\dot{\theta}_x, \dot{\theta}_z$) für die Raumrichtungen (x, z), die zu der ersten der drei Raumrichtungen (y) verschieden sind, als Argumente für die mathematische Funktion atan2 zu verwenden, um den Winkel des Arbeitsgeräts (2) zu bestimmen, vorzugsweise unter Verwendung der Formel:

$$\alpha_G = \text{atan2}(\text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_x; \text{sign}(\dot{\theta}_z) \cdot \dot{\theta}_z), \text{ wobei}$$

α_G der Winkel des Arbeitsgeräts (2) relativ zu einer Drehrichtungssachse des Oberwagens (4) ist,

$\dot{\theta}_z$ die Winkelgeschwindigkeit einer Drehung des Oberwagens (4) ist,

$\dot{\theta}_x$ die von der IMU (8) erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer zweiten der drei Raumrichtungen ist, und

$\dot{\theta}_z$ die von der IMU (8) erfasste Winkelgeschwindigkeit in einer dritten der drei Raumrichtungen ist.

11. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei die Winkelbestimmungseinheit dazu ausgelegt ist, den Winkel des Arbeitsgeräts (2) nur dann auf Grundlage der Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_z$) einer Drehung des Oberwagens (4) zu bestimmen, wenn die Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_z$) oberhalb eines Schwellenwerts liegt, und dann, wenn die Winkelgeschwindigkeit ($\dot{\theta}_z$) einer Drehung des Oberwagens (4) unterhalb des Schwellenwerts (B) oder auf dem Schwellenwert (B) liegt, den Winkel des Arbeitsgeräts (2) über ein alternatives Verfahren zu bestimmen, vorzugsweise auf Grundlage von einer durch die IMU (8) erfassten Beschleunigung.

12. Maschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei die Maschine (1) ein Bagger (9) ist und das Arbeitsgerät (2) ein Baggerarm (10), der einen Baggerlöffel (11), einen Baggerstiel (12) und einen Baggerausleger (13) aufweist, wobei die IMU (8) an mindestens einem der Bestandteile des Baggerarms (10) angeordnet ist, um einen Winkel des entsprechenden Bestandteils des Baggerarms (10) zu bestimmen.

13. Maschine (1) nach Anspruch 12, wobei am Oberwagen (4), am Baggerlöffel (11), am Baggerstiel (12) und am Baggerausleger (13) jeweils eine IMU (8) vorgesehen ist, die vorzugsweise über eine Datenleitung mit der Winkelbestimmungseinheit verbunden sind.

14. Maschine (1) nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Bestandteile des Baggerarms (10) über Drehgelenke miteinander verbunden sind, deren Drehachsen parallel zueinander sind und somit alle senkrecht auf die Drehachse (7) einer Oberwagen-Drehung stehen.

15. Maschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 bis 14, wobei die Winkelbestimmungseinheit Teil eines elektronischen Steuergeräts ist, das in Verbindung mit der Steuerung der Maschine (1) steht.

15

Fig. 2

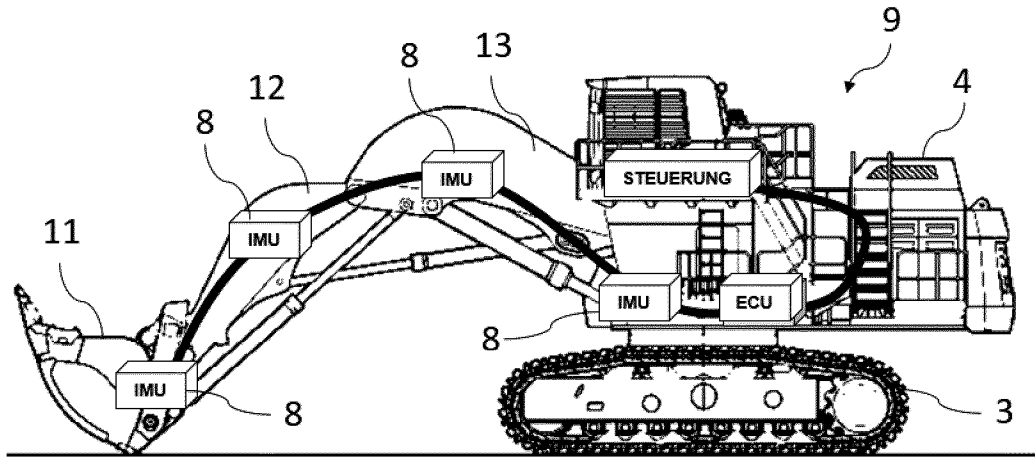
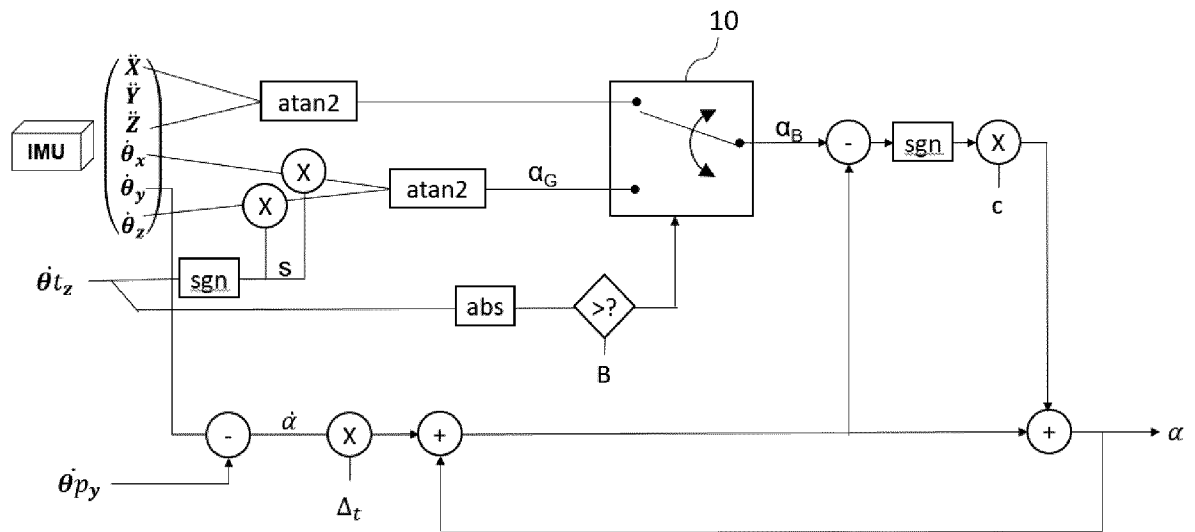


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/070168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>E02F 3/30</i> (2006.01)i; <i>E02F 3/32</i> (2006.01)i; <i>E02F 3/345</i> (2006.01)i; <i>E02F 9/26</i> (2006.01)i; <i>G01B 1/00</i> (2006.01)i; <i>E02F 3/43</i> (2006.01)i; <i>G01C 21/16</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) E02F; G01B; G01C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2016237655 A1 (BABA AKINORI [JP] ET AL) 18 August 2016 (2016-08-18) paragraphs [0070], [0089], [2103] - [0214]; figures 1A,1B,2,15,16,17	1,7,8,12-15
Y	EP 3235961 A1 (HITACHI CONSTRUCTION MACH CO [JP]) 25 October 2017 (2017-10-25) paragraphs [0020], [0030]; figures 1,2	1,7,8,12-15
Y	US 2014168009 A1 (PEAKE JOHN W [US]) 19 June 2014 (2014-06-19) paragraphs [0005], [0036] - [0039]; figure 7	13
A	DE 102016014759 A1 (HYDAC ELECTRONIC GMBH [DE]) 14 June 2018 (2018-06-14) paragraph [0014]; figure 2	1,7
A	US 2017321395 A1 (KANEMITSU YASUO [JP]) 09 November 2017 (2017-11-09) paragraphs [0042], [0061] - [0064]; figure 3	1,7
A	US 2018171580 A1 (HOWELL MARK NICHOLAS [NZ] ET AL) 21 June 2018 (2018-06-21) paragraph [0013]; figure 1	1,7
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 October 2019		Date of mailing of the international search report 16 October 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Papadimitriou, S Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/070168

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017218595 A1 (PADILLA CHRISTOPHER A [US]) 03 August 2017 (2017-08-03) paragraphs [0016], [0018], [0020]; figures 1,3-7	1,7
A	US 2009312974 A1 (DOUGLAS FRANK BEARD [US]) 17 December 2009 (2009-12-17) paragraph [0023]; figures 1,2	1,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/070168

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2016237655	A1	18 August 2016	CN	105339561	A	17 February 2016
				DE	112014000079	T5	18 February 2016
				JP	5807120	B1	10 November 2015
				JP	WO2015186215	A1	20 April 2017
				KR	20160002416	A	07 January 2016
				US	2016237655	A1	18 August 2016
				WO	2015186215	A2	10 December 2015
EP	3235961	A1	25 October 2017	CN	107268699	A	20 October 2017
				EP	3235961	A1	25 October 2017
				JP	6506205	B2	24 April 2019
				JP	2017179961	A	05 October 2017
				KR	20170113046	A	12 October 2017
				US	2017284057	A1	05 October 2017
US	2014168009	A1	19 June 2014	EP	2932194	A1	21 October 2015
				US	2014168009	A1	19 June 2014
				WO	2014099403	A1	26 June 2014
DE	102016014759	A1	14 June 2018	NONE			
US	2017321395	A1	09 November 2017	CN	105517645	A	20 April 2016
				DE	112014000060	T5	18 February 2016
				JP	5844465	B1	20 January 2016
				JP	WO2015177843	A1	20 April 2017
				KR	20160002721	A	08 January 2016
				US	2016244949	A1	25 August 2016
				US	2017321395	A1	09 November 2017
				WO	2015177843	A1	26 November 2015
US	2018171580	A1	21 June 2018	US	2018171580	A1	21 June 2018
				US	2018291587	A1	11 October 2018
US	2017218595	A1	03 August 2017	NONE			
US	2009312974	A1	17 December 2009	CN	102066875	A	18 May 2011
				DE	112009001466	T5	12 May 2011
				US	2009312974	A1	17 December 2009
				WO	2009155269	A2	23 December 2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/070168

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. E02F3/30 E02F3/32 E02F3/345 E02F9/26 G01B1/00 E02F3/43 G01C21/16 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) E02F G01B G01C Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2016/237655 A1 (BABA AKINORI [JP] ET AL) 18. August 2016 (2016-08-18) Absätze [0070], [0089], [2103] - [0214]; Abbildungen 1A,1B,2,15,16,17 -----	1,7,8, 12-15
Y	EP 3 235 961 A1 (HITACHI CONSTRUCTION MACH CO [JP]) 25. Oktober 2017 (2017-10-25) Absätze [0020], [0030]; Abbildungen 1,2 -----	1,7,8, 12-15
Y	US 2014/168009 A1 (PEAKE JOHN W [US]) 19. Juni 2014 (2014-06-19) Absätze [0005], [0036] - [0039]; Abbildung 7 -----	13
A	DE 10 2016 014759 A1 (HYDAC ELECTRONIC GMBH [DE]) 14. Juni 2018 (2018-06-14) Absatz [0014]; Abbildung 2 ----- -/--	1,7
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
7. Oktober 2019		16/10/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Papadimitriou, S

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2017/321395 A1 (KANEMITSU YASUO [JP]) 9. November 2017 (2017-11-09) Absätze [0042], [0061] - [0064]; Abbildung 3 -----	1,7
A	US 2018/171580 A1 (HOWELL MARK NICHOLAS [NZ] ET AL) 21. Juni 2018 (2018-06-21) Absatz [0013]; Abbildung 1 -----	1,7
A	US 2017/218595 A1 (PADILLA CHRISTOPHER A [US]) 3. August 2017 (2017-08-03) Absätze [0016], [0018], [0020]; Abbildungen 1,3-7 -----	1,7
A	US 2009/312974 A1 (DOUGLAS FRANK BEARD [US]) 17. Dezember 2009 (2009-12-17) Absatz [0023]; Abbildungen 1,2 -----	1,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/070168

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2016237655 A1	18-08-2016	CN 105339561 A	17-02-2016
		DE 112014000079 T5	18-02-2016
		JP 5807120 B1	10-11-2015
		JP W02015186215 A1	20-04-2017
		KR 20160002416 A	07-01-2016
		US 2016237655 A1	18-08-2016
		WO 2015186215 A2	10-12-2015
EP 3235961 A1	25-10-2017	CN 107268699 A	20-10-2017
		EP 3235961 A1	25-10-2017
		JP 6506205 B2	24-04-2019
		JP 2017179961 A	05-10-2017
		KR 20170113046 A	12-10-2017
		US 2017284057 A1	05-10-2017
US 2014168009 A1	19-06-2014	EP 2932194 A1	21-10-2015
		US 2014168009 A1	19-06-2014
		WO 2014099403 A1	26-06-2014
DE 102016014759 A1	14-06-2018	KEINE	
US 2017321395 A1	09-11-2017	CN 105517645 A	20-04-2016
		DE 112014000060 T5	18-02-2016
		JP 5844465 B1	20-01-2016
		JP W02015177843 A1	20-04-2017
		KR 20160002721 A	08-01-2016
		US 2016244949 A1	25-08-2016
		US 2017321395 A1	09-11-2017
		WO 2015177843 A1	26-11-2015
US 2018171580 A1	21-06-2018	US 2018171580 A1	21-06-2018
		US 2018291587 A1	11-10-2018
US 2017218595 A1	03-08-2017	KEINE	
US 2009312974 A1	17-12-2009	CN 102066875 A	18-05-2011
		DE 112009001466 T5	12-05-2011
		US 2009312974 A1	17-12-2009
		WO 2009155269 A2	23-12-2009