

(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  
12. Oktober 2017 (12.10.2017)



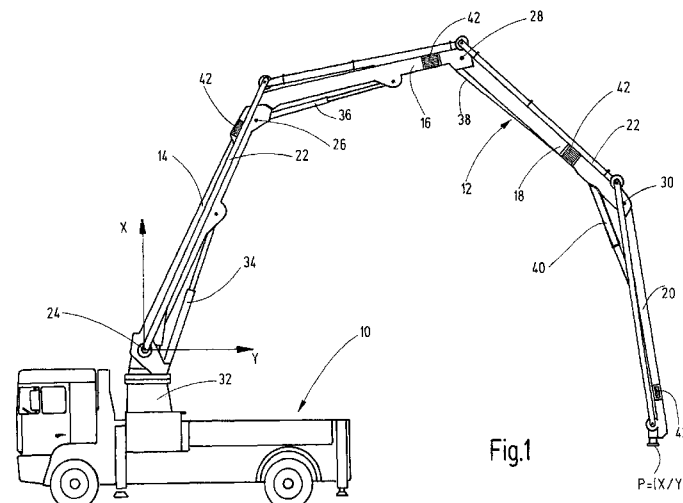
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2017/174184 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*B25J 9/16* (2006.01) *G05B 19/4103* (2006.01)  
*E04G 21/04* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2017/000398
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
31. März 2017 (31.03.2017)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
10 2016 004 466.7 8. April 2016 (08.04.2016) DE
- (71) **Anmelder:** HYDAC ELECTRONIC GMBH [DE/DE];  
Hauptstraße 27, 66128 Saarbrücken (DE).
- (72) **Erfinder:** KOHL, Peter; Waldstr. 7, 66440 Blieskastel  
(DE). PFEIFFER, Felix; Pasteurstraße 26, 14482 Potsdam  
(DE).
- (74) **Anwalt:** BARTELS UND PARTNER; Lange Straße 51,  
70174 Stuttgart (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, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR MOVING THE LAST ELEMENT OF A KINEMATIC CHAIN, AS WELL AS DEVICE AND WORKING MACHINE FOR CARRYING OUT THE METHOD

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM BEWEGEN DES LETZTEN GLIEDES EINER KINEMATISCHEN KETTE SOWIE VORRICHTUNG UND ARBEITSMASCHINE ZUM DURCHFÜHREN DES VERFAHRENS



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for moving the last element (20) of a kinematic chain (12) or an end-effector (P) from a position (X, Y), wherein the chain is formed of at least three elements (14, 16, 18, 20), each pivotally connected to one another via joint points (26, 28, 30) and moved via at least one actuator (34, 36, 38, 40), wherein the inclination and rotational speed of at least one portion of the respective elements are detected as sensor measurement values by means of sensors (42), and wherein an evaluation electronics system converts the sensor measurement values into a sequence of movements for each actuator in such a way that, within the kinematic chain (12), a continuous movement from the current position (X, Y) occurs with a speed and direction specified by an operator.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/174184 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bewegen des letzten Gliedes (20) einer kinematischen Kette (12) oder eines Endeffektors (P) ausgehend von einer Position (X, Y), wobei die Kette aus mindestens drei Gliedern (14, 16, 18, 20) besteht, die jeweils über Gelenkstellen (26, 28, 30) schwenkbar miteinander verbunden sind und die über mindestens einen Aktuator (34, 36, 38, 40) bewegt werden, wobei mittels Sensoren (42) die Neigung sowie die Drehrate zumindest eines Teils der jeweiligen Glieder als Sensormesswerte erfasst werden, und wobei eine Auswerteelektronik die Sensormesswerte in eine Bewegungsabfolge für den jeweiligen Aktuator derart umsetzt, dass innerhalb der kinematischen Kette (12) eine stetige Bewegung aus der aktuellen Position (X, Y) mit von einer Bedienperson vorgegebener Geschwindigkeit und Richtung erfolgt.

Verfahren zum Bewegen des letzten Gliedes einer kinematischen Kette sowie Vorrichtung und Arbeitsmaschine zum Durchführen des Verfahrens

Durch die WO 2014/165888 A1 ist ein elektrohydraulischer Steuerkreis zum Ansteuern eines hydraulisch betätigbaren Stellorgans bekannt, mittels dessen ein Glied einer kinematischen Kette eines Manipulators, insbesondere in Form eines Großmanipulators für Autobetonpumpen, hinsichtlich seiner Orientierung einstellbar ist. Dabei ist ein elektrisch angesteuertes  
5 erstes Ventil, welches mit hydraulischen Arbeitsleitungen des Stellorgans zu dessen Ansteuerung verbunden ist, sowie in den Arbeitsleitungen des Stellorgans vorgesehene Sperrventile vorhanden, die an dem Stellorgan oder dem diesem Stellorgan zugeordneten Glied angeordnet und für den Normalbetrieb des Stellorgans entsperrbar sind, wobei das Entsperren der  
10 Sperrventile durch eine von dem ersten Ventil und den Sperrventilen gesonderte elektronische Auswerteelektronik (ECU) angesteuert wird.

Zum Stand der Technik verweist diese Lösung auf derzeit eingesetzte elektrohydraulische Steuerkreise und damit in Zusammenhang stehende Regelsysteme, wie diese beispielsweise zum Ansteuern von mehrgliedrigen  
15 Großmanipulatoren für Autobetonpumpen verwendet werden, die im Allgemeinen über einen zentralen Steuerblock verfügen, mit dem einzelne Segmente oder Glieder einzeln angesteuert werden können. Hierzu sind  
20 den Segmenten hydraulische Stellorgane oder Aktuatoren zugeordnet, welche wahlweise elektrohydraulisch mittels Pilotventilen oder manuell über

- Handhebel bedient werden können. Die hydraulischen Stellorgane sind in der Regel als Hydraulikzylinder ausgeführt, wobei die Auslenkung eines im Zylinder aufgenommenen Kolbens mit der Auslenkung eines zugeordneten Segmentes oder Gliedes der kinematischen Kette korreliert. Zur Dämpfung von elastischen Schwingungen werden in den derzeit eingesetzten Systemen Algorithmen eingesetzt, gemäß welchen die Druckdifferenz des Kammerdruckes des jeweiligen Hydraulikzylinders auf das dem Zylinder zugehörige Steuerventil rückgeführt wird.
- 10 Bei den bekannten Lösungen werden für die Bewegungssteuerung des letzten Gliedes einer solchen kinematischen Kette und mithin des Endpunkts, der fachsprachlich auch mit Endeffektor bezeichnet wird, bei vier Armsegmenten oder Gliedern insgesamt fünf Achsen mit einbezogen, wobei für das Verschwenken der kinematischen Kette mit den einzelnen Gliedern oder Armsegmenten um eine Hochachse ein Drehgelenk verwendet wird, und zwischen den Gliedern oder Armsegmenten sind vier Gelenkstellen vorhanden, wobei für die Schwenkbewegung jedes Gliedes oder Armsegmentes um die jeweilige Gelenkstelle jeweils ein Aktuator in Form eines Hydraulikzylinders zum Einsatz kommt. Jede angesprochene Bewegungsachse wird dabei regelmäßig durch ein 4/3-Wegeventil angesteuert, wobei hier auch andere Ventilkonstruktionen zum Einsatz kommen können. Der Bediener der Arbeitsmaschine hat dabei zwei Joysticks zum Steuern der gesamten kinematischen Kette zur Verfügung, wobei die Joysticks mehrfach belegt sind, und die Auswahl der jeweils angesteuerten Glieder oder Armsegmente der kinematischen Kette erfolgt über Wahlschalter am Bedienelement. Da dergestalt nicht alle Glieder respektive Armsegmente der kinematischen Kette gleichzeitig bewegt werden können, ist eine harmonische Bewegung des Gesamtarbeitsarmes, sprich also der kinematischen Kette als Ganzes nicht möglich, und insgesamt sind schon sehr erfahrene Bediener notwendig, um auch einfachste Bewegungen bezogen auf das letzte Glied der Kette in Form des Endeffektors realisieren zu können.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine vereinfachte Bedienung für den Bediener zu realisieren, damit dieser das letzte Glied einer kinematischen Kette respektive den Endeffektor ruck- und hemmnisfrei verfahren kann.

Eine dahingehende Aufgabe löst ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 in seiner Gesamtheit. Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Bewegen des letzten Gliedes einer kinematischen Kette oder eines Endeffektors ausgehend von einer Position (X, Y), wobei die Kette aus mindestens drei Gliedern besteht, die jeweils über Gelenkstellen schwenkbar miteinander verbunden sind und die über mindestens einen Aktuator bewegt werden, wobei mittels Sensoren die Neigung sowie die Drehrate zumindest eines Teils der jeweiligen Glieder als Sensormesswerte erfasst werden, und wobei eine Auswerteelektronik die Sensormesswerte in eine Bewegungsabfolge für den jeweiligen Aktuator derart umsetzt, dass innerhalb der kinematischen Kette eine stetige Bewegung aus der aktuellen Position (X, Y) mit von einer Bedienperson vorgegebener Geschwindigkeit und Richtung erfolgt.

Die vorstehend beschriebene Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung gemäß der Merkmalsausgestaltung des Patentanspruches 8 gelöst sowie mit einer vorzugsweise mobil gehaltenen Arbeitsmaschine gemäß der Merkmalsausgestaltung des Patentanspruches 10.

Der Begriff „Endeffektor“ ist der Robotik entlehnt und wird dort laut Wikipedia-Eintrag als das letzte Element einer kinematischen Kette bezeichnet. Bei Industrie-Robotern kann es sich hierbei z.B. um eine Einheit zum Schweißen von Autokarosserien oder allgemein um einen einfachen Greifer handeln. Der im Englischen als „TCP (tool center point)“ bezeichnete Punkt am Ende der kinematischen Kette ist das Zielsystem, für das die aus der ge-

stellten Aufgabe resultierenden Positionieranforderungen gelten. Aufgabenspezifisch kann der TCP dabei auch außerhalb der eigentlichen kinematischen Kette liegen; Beispiele wären der Fokus eines gegriffenen Lasers oder auch die Mitte des gerade transportierten Objekts.

5

Sofern nach der vorliegenden Erfindung von dem sogenannten letzten Glied der kinematischen Kette die Rede ist, schließt dies auch die folgenden Bedeutungen mit ein. Das letzte Glied kann ein Armsegment eines mehrgliedrigen betätigbaren Arbeitsarmes sein; es kann aber auch ausschließlich als das freie Ende des dahingehend letzten Endgliedes in der kinematischen Kette betrachtet werden. Das dahingehend freie Ende kann dann unmittelbar den Endeffektor darstellen; es besteht aber auch die Möglichkeit, dass das letzte Glied das freie Ende eines flexiblen Abgabeschlauches oder einer Abgabeöffnung für Fluidmedium, wie Beton, darstellt, so dass insoweit das freie Ende des Abgabeschlauchs respektive die Abgabeöffnung den vorstehend beschriebenen Endeffektor darstellen.

Dabei ist insgesamt die Steuerung und die Regelung für den genannten Endeffektor oder das letzte Glied der kinematischen Kette, die den Arbeitsarm einer mobilen Arbeitsmaschine bildet, u.a. dadurch charakterisiert, dass man jedem Glied oder Arbeitsarmsegment einen Sensor zuordnet, der direkt oder indirekt zur Bestimmung des Winkels geeignet ist, der sich einstellt, wenn zwei einander benachbarte Glieder oder Armsegmente sich um die zwischen ihnen liegende Gelenkstelle unter der Einwirkung eines zugeordneten Aktuators bewegen. Die Ansteuerung der Aktuatoren mittels einer Steuer- oder Auswerteelektronik erfolgt dabei derart, dass sich Einstellwinkel ergeben, die im Rahmen einer sogenannten inversen Kinematik es erlauben, dass das letzte Glied der kinematischen Kette oder der Endeffektor frei im kartesischen Koordinatensystem bewegt werden kann. Eine Vorgabe über die Steuerung für eine Änderung der Position des Endeffektors oder des letzten Gliedes erfolgt in mindestens einem dahingehenden karte-

30

sischen Koordinatensystem. Dergestalt lässt sich mit nur einem Joystick und einer Steuereingabe an ihm durch die Bedienperson zielgerichtet und auf direktem Weg der Endeffektor respektive das letzte Glied in der kinematischen Kette an die gewünschte Position bringen.

5

Die Steuerung ist vorzugsweise derart ausgeführt, dass ein interner Regelkreis vorhanden ist und dass der zeitliche Verlauf der von den Armsegmenten oder Gliedern eingeschlossene Winkel stetig differenzierbar ist. Alternativ kann beim Verfahren des letzten Gliedes oder des Endeffektors die Winkelgeschwindigkeit auch stetig sein. Die Geschwindigkeitsvorgaben, X und Y-Richtung für den Endeffektor, kann bevorzugt über den Joystick einer Arbeitsmaschine oder Arbeitsvorrichtung erfolgen oder die Vorgaben für die Position X und Y werden über eine andere Eingabemethode vorgegeben, beispielsweise, indem man den Endeffektor oder das letzte Glied von Hand in vorgebbare Positionen verbringt, was auch von außen über Steuereingaben an einem Eingabependel oder dergleichen erfolgen kann. Eine Regelung mittels PTP ist somit nicht notwendig. Die jeweiligen Drehraten werden direkt gemessen. Die erfindungsgemäße Lösung sieht vor, dass man sich von einer Position mit einer Geschwindigkeit in eine Richtung bewegt bei an sich unbekannter Endposition, wobei die Bewegung solange erfolgt, wie die Bedienperson diese vorgibt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lösung ergeben sich aus den Unteransprüchen. Im Folgenden wird die erfindungsgemäße Lösung anhand eines Ausführungsbeispiels nach der Zeichnung näher erläutert.

Dabei zeigen in prinzipieller und nicht maßstäblicher Darstellung die

30 Fig. 1 in Prinzipdarstellung eine Autobetonpumpe;

- Fig. 2 in abstrakter Darstellung eine Kinematik mit vier schwenkbaren Gliedern  $l_1, l_2 \dots l_{n-1}, l_n$ , entsprechend den schwenkbaren Armsegmenten oder Gliedern der Autobetonpumpe nach der Fig. 1;
- 5 Fig. 3 und 4 in Form einer Regeldarstellung eine Geschwindigkeitsregelung bzw. eine Positionsregelung mit Geschwindigkeitsregelung für das letzte Glied respektive den Endeffektor einer kinematischen Kette, insbesondere gebildet aus Gliedern oder Armsegmenten eines Arbeitsarmes für eine Autobetonpumpe
- 10 nach der Fig. 1.

Die Fig. 1 zeigt in prinzipieller Darstellung eine Betonpumpeneinrichtung, die als Autobetonpumpe ausgebildet ist, mit einer mobilen Arbeitsmaschine, wie einem Lastkraftwagen 10. Der Lastkraftwagen 10 trägt einen Arbeitsarm 12, der mit seinen einzelnen Armsegmenten oder Gliedern 14, 16, 18, 20 bei abstrakter Betrachtungsweise eine Art kinematische Kette ausbildet. Entlang des Arbeitsarmes 12 ist ein durchgehender Schlauch 22 geführt, der in Blickrichtung auf die Fig. 1 gesehen an seinem unteren freien Ende der Abgabe von Beton dient, das den Endeffektor P bildet. Die Zufuhr des Betons für den Lastkraftwagen 10 erfolgt in üblicher und daher nicht mehr näher beschriebener Art und Weise. Die einzelnen Glieder 14, 16, 18, 20 der kinematischen Kette in Form des Arbeitsarmes 12 sind schwenkbar entlang einzelner Gelenkstellen 24, 26, 28 und 30 endseitig gelagert.

25 In die Fig. 1 ist in Analogie zur prinzipiellen Gliederdarstellung einer kinematischen Kette nach der Fig. 2 ein kartesisches Koordinatensystem X, Y eingezeichnet. Der Arbeitsarm 12 lässt sich über eine nicht näher dargestellte Mastdreheinrichtung 32 um die vertikal verlaufende Hochachse X in Blickrichtung auf die Fig. 1 gesehen aus der Bildebene heraus und hinein verschwenken. Ferner ist für jedes Armsegment oder Glied zu dessen Verschwenken um eine zuordenbare Gelenkstelle ein Aktuator 34, 36, 38 und

30

40 vorgesehen in Form hydraulischer Arbeitszylinder respektive Hydraulikzylinder, die der einfacheren Darstellung wegen in der Fig. 1 nicht vollständig abgebildet sind. Jeder Aktuator ist sowohl kolben- als auch stangenseitig schwenkbar mit dem jeweiligen Armsegment verbunden, wobei die  
5 Kolbenseite des ersten Aktuators 34 schwenkbar mit der Mastdreheinrichtung 32 verbunden ist. Des Weiteren weist jedes Armsegment oder Glied an geeigneter Position Sensoren 42 auf, die in der Art einer Blackbox-Darstellung für die einzelnen Armsegmente oder Glieder schematisch wiedergegeben sind.

10

Jeder Sensor 42, der auch an einer anderen Stelle am jeweiligen Armsegment platziert sein könnte, ermöglicht bei aktueller Messwerterfassung die Feststellung der Neigung sowie der Drehrate eines jeweiligen Gliedes oder Armsegmentes 14, 16, 18, 20. Als besonders geeignet für die dahingehende  
15 Messwerterfassung erweisen sich sogenannte Neigungsgeber, die die Schutzrechtsinhaberin unter den Bestellnummern HIT 1000 und HIT 1500 anbietet. Die angesprochenen Neigungsgeber dienen der präzisen, schnellen und langzeitstabilen Erfassung der aktuellen Neigungen respektive Neigungswinkel der angesprochenen Armsegmente oder Glieder in zwei Achsen X, Y. Die eingesetzten Neigungsgeber als Sensoren 42 basieren dabei  
20 auf einem Multisensorsystem, das die Messwerte von sechs Freiheitsgraden erfasst. Anschließend werden die erfassten Messdaten digitalisiert und über ein sogenanntes CANopen-Protokoll einem CAN-Feldbussystem hochdynamisch aufbereitet zur Weiterverarbeitung durch eine nicht näher dargestellte Auswerteelektronik zur Verfügung gestellt. Die Neigungs-  
25 Messwerterfassung des jeweiligen Sensors 42 erfolgt dabei über eine Beschleunigungswerterfassung in drei Achsen bezogen auf das Erdschwerefeld, und die Drehraten oder Winkelgeschwindigkeiten für die einzelnen Glieder werden über ein sogenanntes Gyroskop in drei Achsen erfasst.

30

Die vorstehenden Ausführungen lassen sich als allgemeine Systemanforderungen zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe wie folgt zusammenfassen:

- 5       - Arbeitsarm als kinematische Kette ausgebildet mit mehr als drei Armsegmenten oder Gliedern;
- Jedes Armsegment oder Glied besitzt einen eigenen Aktuator in Form eines Hydraulikzylinders;
- Jedes Armsegment oder Glied besitzt einen eigenen Neigungs- und  
10       Drehratensensor;
- Jeder Neigungssensor gibt den absoluten Winkel bezogen zum Horizont oder der Y-Achse über CAN-Bus aus;
- Jeder Drehratensensor gibt die Winkelgeschwindigkeit über CAN-Bus aus; und
- 15       - Ein zentrales Steuergerät respektive die Auswerteelektronik übernimmt eine Sollwertgenerierung über eine inverse Kinematik sowie die Regelung oder Ansteuerung der einzelnen Aktuatoren.

Zur Erläuterung der vorstehend genannten Begriffe inverse Kinematik und  
20 Sollwertgenerierung soll nunmehr auf die abstrakte Darstellung einer kinematischen Kette nach der Fig. 2 zurückgegriffen werden. Dabei entspricht das Glied  $l_1$  dem Armsegment 14, das Glied  $l_2$  dem Segment 16, das Glied  $l_{n-1}$  dem Armsegment 18 und das Glied  $l_n$  mit dem Endeffektor P dem letzten Armsegment 20 nach der Fig. 1. Zwischen den Gliedern  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_{n-1}$  und  $l_n$   
25 verlaufen die Gelenkstellen 26, 28 und 30, und das erste Glied  $l_1$  ist an seinem unteren Ende über die Gelenkstelle 24 innerhalb des kartesischen Koordinatensystems X, Y schwenkbar an der Mastdreheinrichtung 32 angeleitet. Die Schnittstellenwiedergabe zwischen dem Glied  $l_2$  und  $l_{n-1}$  über  
30 drei Punkte macht deutlich, dass hier modellgemäß weitere Glieder oder Armsegmente im Rahmen der Bildung der kinematischen Kette mit hinzutreten können.

Unter Bezugnahme auf die Modelldarstellung nach der Fig. 2 für die kinematische Kette respektive den Arbeitsarm 12 lässt sich nun die Position des Endeffektors P oder des letzten Gliedes 20 in X und Y-Richtung innerhalb des in Fig. 2 gezeigten kartesischen Systems wie folgt berechnen:

$$X = l_1 \sin(\phi_1) + l_2 \sin(\phi_1 + \phi_2) + \dots + l_n \sin(\phi_1 + \dots + \phi_n) = \sum_{i=1}^n \left( l_i \sin \left( \sum_{j=1}^i \phi_j \right) \right) \quad (1)$$

$$Y = l_1 \cos(\phi_1) + l_2 \cos(\phi_1 + \phi_2) + \dots + l_n \cos(\phi_1 + \dots + \phi_n) = \sum_{i=1}^n \left( l_i \cos \left( \sum_{j=1}^i \phi_j \right) \right)$$

Ziel der Ansteuerung in einer Art Automatikmodus ist es nun, durch Vorgabe der Werte X und Y die Winkel  $\phi_1 \dots \phi_n$  derart zu erhalten, dass die kinematische Kette mit ihren einzelnen Gliedern respektive der Arbeitsarm 12 eine stetige Bewegung ausführt. Eine analytische Lösung ist hier nicht möglich, da nur zwei Gleichungen zur Verfügung stehen, um n Unbekannte zu bestimmen. Um diesem Problem zu begegnen, denkt man sich jedes Gelenk durch Federn der Steifigkeit  $s_1 \dots s_n$  in den Positionen  $\phi_{1,0} \dots \phi_{n,0}$  gehalten. Dies ist nur ein möglicher Lösungsansatz; eine Alternative könnte auch darin bestehen, den Weg zwischen P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> zu minimieren, was im Folgenden jedoch nicht näher ausgeführt wird. Die Bewegung von P gestalten wir dann durch die Kräfte F<sub>x</sub> und F<sub>y</sub>, die im Punkt P am letzten Glied 20 der kinematischen Kette angreifen sollen. Unter Vernachlässigung von Reibung und Gewicht der Glieder oder Armsegmente ergeben sich dann die Bewegungsgleichungen:

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\phi}_1 &= (\phi_{1,0} - \phi_1) s_1 + (F_x \cos(\phi_1) - F_y \sin(\phi_1)) l_1 \\ J_2 \ddot{\phi}_2 &= (\phi_{2,0} - \phi_2) s_2 + (F_x \cos(\phi_1 + \phi_2) - F_y \sin(\phi_1 + \phi_2)) l_2 \\ &\vdots \end{aligned} \quad (2)$$

$$J_n \ddot{\phi}_n = (\phi_{n,0} - \phi_n) s_n + \left( F_x \cos\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) - F_y \sin\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) \right) l_n$$

Da wir nur stationäre Zustände betrachten wollen, gilt:

$$\begin{aligned}
 5 \quad 0 &= (\phi_{1,0} - \phi_1) s_1 + (F_x \cos(\phi_1) - F_y \sin(\phi_1)) l_1 \\
 0 &= (\phi_{2,0} - \phi_2) s_2 + (F_x \cos(\phi_1 + \phi_2) - F_y \sin(\phi_1 + \phi_2)) l_2 \\
 &\vdots \\
 0 &= (\phi_{n,0} - \phi_n) s_n + \left( F_x \cos\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) - F_y \sin\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) \right) l_n
 \end{aligned} \tag{3}$$

10 Zusammen mit den Gleichungen aus (1) erhält man so ein Gleichungssystem mit  $n + 2$  Gleichungen und den  $n + 2$  Unbekannten  $\phi_1 \dots \phi_n, F_x$  und  $F_y$ .  
 Zur Reduktion des Systems auf Ordnung  $n$  löst man die beiden letzten Gleichungen aus (3) nach  $F_x$  und  $F_y$  auf, wozu man sie in die Form bringt:

$$\begin{aligned}
 15 \quad 0 &= a_1 + F_x a_2 - F_y a_3 \\
 0 &= b_1 + F_x b_2 - F_y b_3
 \end{aligned} \tag{4}$$

mit

$$\begin{aligned}
 a_1 &= (\phi_{n-1,0} - \phi_{n-1}) s_{n-1}, \quad a_2 = \cos\left(\sum_{j=1}^{n-1} \phi_j\right) l_{n-1}, \quad a_3 = \sin\left(\sum_{j=1}^{n-1} \phi_j\right) l_{n-1} \\
 b_1 &= (\phi_{n,0} - \phi_n) s_n, \quad b_2 = \cos\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) l_n, \quad b_3 = \sin\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) l_n
 \end{aligned} \tag{5}$$

20

Die Kräfte ergeben sich dann zu

$$\begin{aligned}
 F_x &= \frac{b_1 a_3 - b_3 a_1}{a_2 b_3 - b_2 a_3} \\
 F_y &= \frac{b_1 a_2 - b_2 a_1}{a_2 b_3 - b_2 a_3}
 \end{aligned} \tag{6}$$

Die Divisionen sind jederzeit durchzuführen, denn Resubstitutieren und Anwenden der Additionstheoreme

5  $[\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \sin y \cos x]$

ergibt dann für den Nenner

$$\begin{aligned}
 a_2 b_3 - b_2 a_3 &= \cos\left(\sum_{j=1}^{n-1} \phi_j\right) l_{n-1} \sin\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) l_n - \cos\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) l_n \sin\left(\sum_{j=1}^{n-1} \phi_j\right) l_{n-1} = \\
 l_{n-1} l_n &\left( \cos\left(\sum_{j=1}^{n-1} \phi_j\right) \sin\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) - \cos\left(\sum_{j=1}^n \phi_j\right) \sin\left(\sum_{j=1}^{n-1} \phi_j\right) \right) = \\
 l_{n-1} l_n &\sin(\phi_n)
 \end{aligned} \tag{7}$$

10

Da durch die Winkelbegrenzung des Arbeitsarmes 12 mit dem Betonschlauch  $\phi_n \neq 0$  gilt, ist der Nenner von 0 verschieden, woraus sich folgendes Gleichungssystem ergibt:

15  $0 = f(x) =$  
$$\begin{bmatrix}
 \sum_{i=1}^n \left( l_i \sin\left(\sum_{j=1}^i \phi_j\right) \right) - X \\
 \sum_{i=1}^n \left( l_i \cos\left(\sum_{j=1}^i \phi_j\right) \right) - Y \\
 (\phi_{1,0} - \phi_1) s_1 + (F_x \cos(\phi_1) - F_y \sin(\phi_1)) l_1 \\
 \vdots \\
 (\phi_{n-2,0} - \phi_{n-2}) s_{n-2} + \left( F_x \cos\left(\sum_{j=1}^{n-2} \phi_j\right) - F_y \sin\left(\sum_{j=1}^{n-2} \phi_j\right) \right) l_{n-2}
 \end{bmatrix} \tag{8}$$

mit  $F_x$  und  $F_y$  aus (6) und  $x = [\phi_1 \dots \phi_n]^T$ . Dieses Gleichungssystem ist wiederum analytisch nicht lösbar, weshalb bei der Lösung ein Newton-Verfahren oder ein sonstiges adäquates Verfahren anzuwenden ist.

Dazu ersetzt man die Funktion  $f(x + \Delta)$  in der Gleichung durch eine Taylor-Reihenentwicklung erster Ordnung

$$5 \quad 0 = f(x_{k+1}) = f(x_k) + \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x_k} \underbrace{(x_{k+1} - x_k)}_{=\Delta} \quad (9)$$

und erhält die Iterationsvorschrift

$$\Delta = - \underbrace{\left( \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x_k} \right)}_{=J}^{-1} f(x_k) \quad (10)$$

$$10 \quad x_{k+1} = x_k + \Delta$$

mit der Jacobi-Matrix  $J$  von  $f$ . Statt der Berechnung der Inversen der Jacobi-Matrix wird das Gleichungssystem

$$15 \quad J\Delta = -f \quad (11)$$

mit Hilfe einer Gauß-Elimination oder einem anderen sonstigen adäquaten Verfahren nach  $\Delta$  gelöst.

20 Zur Vorsteuerung der Winkelgeschwindigkeit in den einzelnen Elementen kann durch Ableitung von

$$0 = f(x) = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \left( l_i \sin \left( \sum_{j=1}^i \phi_j \right) \right) \\ \sum_{i=1}^n \left( l_i \cos \left( \sum_{j=1}^i \phi_j \right) \right) \\ (\phi_{1,0} - \phi_1) s_1 + (F_x \cos(\phi_1) - F_y \sin(\phi_1)) l_1 \\ \vdots \\ (\phi_{1-2,0} - \phi_{n-2}) s_{n-2} + \left( F_x \cos \left( \sum_{j=1}^{n-2} \phi_j \right) \right) l_{n-2} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

nach der Zeit berechnet werden

$$0 = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt} = J\dot{x} - \begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

5

Durch Lösen des linearen Gleichungssystems

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = J\dot{x} \quad (13)$$

10 nach  $\dot{x}$  können aus den zeitlichen Änderungen der Positionen  $\dot{X}$  und  $\dot{Y}$  die Winkeländerungen  $\dot{x} = [\dot{\phi}_1 \dots \dot{\phi}_n]^T$  berechnet werden.

Von dem Endeffektor P oder dem letzten Glied 20 der kinematischen Kette 12 ausgehend, ist es also anhand der damit einhergehenden inversen Ki-

nematik und durch die mit der Regelung hinterlegten Steuerung möglich, eine gleichzeitige Ausführung von Bewegungen aller Glieder oder Armsegmente durchzuführen und dergestalt einen zeitlich stetig differenzierbaren Verlauf der Winkel zu erhalten, den die Armsegmente oder die Glieder jeweils miteinander einschließen. Dergestalt kann eine stetige Bewegung des Arbeitsarmes 12 im Raum entlang von kartesischen Koordinaten (X, Y-Ebene) mit der gezielten Ansteuerung nur eines Joy-Sticks durch eine Bedienerperson gewährleistet werden. Dies hat so keine Entsprechung im Stand der Technik.

10

Unter Einsatz der vorstehend vorgestellten inversen Kinematik ist es nun möglich, beispielsweise gemäß der Darstellung nach der Fig. 3 eine Geschwindigkeitsregelung für den Endeffektor P zu realisieren. Als Eingangswerte für den Regler, beispielsweise in Form eines Proportionalreglers dienen die aus der inversen Kinematik erhaltene Soll-drehrate [rad/s] sowie die mittels den Sensoren 42 aktuell gemessenen Winkelgeschwindigkeiten oder Drehraten [rad/s] für die einzelnen Armsegmente oder Glieder. Dabei ist vorgesehen, dass jedes Armsegment oder Glied 14, 16, 18, 20 einen eigenen Regler besitzt, welcher anhand von Soll- und Ist-Größe das jeweils zuzuordnende Hydraulikventil für einen Aktuator so stellt, dass sich der Soll-Winkel sowie die Soll-Winkelgeschwindigkeit am jeweiligen Armsegment oder Glied einstellen.

15

Bei der Regelungsausführung nach der Fig. 4 ist die bereits vorgestellte Geschwindigkeitsregelung noch um eine Positionsregelung ergänzt, bei der für einen weiteren oben dargestellten Regler als Eingangsgröße über die inverse Kinematik eine Sollwinkel-Vorgabe für jedes Armsegment oder Glied erfolgt, unter Einbezug von aktuell gemessenen Neigungs- oder Sensorwinkeln ( $^{\circ}$ ) für jedes Armsegment oder Glied 14, 16, 18, 20. Die Ausgabegrößen beider Regler bilden dann zusammen die bereits angesprochene Sollwertvorgabe ( $\text{‰}$ ).

25

30

Die jeweilige Steuerung oder Regelung lässt sich auch derart ausführen,  
dass der Endeffektor P in X- und Y-Richtung sich unabhängig steuern lässt.  
Ferner kann der Endeffektor P sich auch von einer ersten Position in eine  
5 vorgebbare zweite Position auf der kürzesten Wegstrecke bewegen.

Die vorliegende Lösung ist nicht auf die Verwendung von Autobetonpum-  
pen eingeschränkt. Sie lässt sich auch für mehrgliedrige Telehandlersysteme  
einsetzen sowie für Handhabungsgeräte und Roboter einschließlich in Be-  
10 reichen der Prothetik.

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Bewegen des letzten Gliedes (20) einer kinematischen Kette (12) oder eines Endeffektors (P) ausgehend von einer Position (X, Y), wobei die Kette aus mindestens drei Gliedern (14, 16, 18, 20) besteht, die jeweils über Gelenkstellen (26, 28, 30) schwenkbar miteinander verbunden sind und die über mindestens einen Aktuator (34, 36, 38, 40) bewegt werden, wobei mittels Sensoren (42) die Neigung sowie die Drehrate zumindest eines Teils der jeweiligen Glieder als Sensormesswerte erfasst werden, und wobei eine Auswerteelektronik die Sensormesswerte in eine Bewegungsabfolge für den jeweiligen Aktuator derart umsetzt, dass innerhalb der kinematischen Kette (12) eine stetige Bewegung aus der aktuellen Position (X, Y) mit von einer Bedienperson vorgegebener Geschwindigkeit und Richtung erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteelektronik aus den Sensormesswerten der Neigungssensoren (42) zweier benachbarter, über eine Gelenkstelle (26, 28, 30) miteinander verbundener Glieder (14, 16; 16, 18; 18, 20), deren Winkelstellungen ( $\phi_1, \phi_2 \dots \phi_{n-1}, \phi_n$ ) zueinander ermittelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Neigungssensor (42) den absoluten Neigungswinkel (grad) bezogen auf den Horizont und jeder Drehratensensor (42) die Winkelgeschwindigkeit (rad/s) über ein CAN-BUS-System an die Auswerteelektronik weitergibt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteelektronik eine Sollwertgenerierung für eine Regelstrecke über eine inverse Kinematik ausgehend von dem letzten zu positionierenden Glied (20) oder dem Endeffektor (P) der ki-

nematischen Kette (12) und die Regelung für die einzelnen Aktuatoren (34, 36, 38, 40) vornimmt.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Geschwindigkeitsregelung unter Einsatz der einzelnen Aktuatoren (34, 36, 38, 40) als Eingangsgrößen für die Regelstrecke die Soll-Drehrate (rad/s) für jedes Glied (14, 16, 18, 20) der kinematischen Kette aus der inversen Kinematik erhalten sowie die von den Sensoren (42) gemessenen Ist-Drehraten (rad/s) von jedem Glied (14, 16, 18, 20) verwendet werden.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Positions- und Geschwindigkeitsregelung unter Einbezug der einzelnen Aktuatoren (34, 36, 38, 40) neben den Eingangsgrößen für die Geschwindigkeitsregelung als Eingangsgrößen für die Positionsregelung der Soll-Neigungswinkel (grad) für jedes Glied (14, 16, 18, 20) der kinematischen Kette (12) aus der inversen Kinematik erhalten sowie der von den Sensoren (42) gemessene Ist-Neigungswinkel (grad) von jedem Glied (14, 16, 18, 20) verwendet werden.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteelektronik die jeweiligen Aktuatoren (34, 36, 38, 40) derart ansteuert, dass
  - ein interner Regelkreis realisiert wird, und/oder
  - der zeitliche Verlauf der von den Gliedern (14, 16, 18, 20) begrenzten Neigungswinkel stetig differenzierbar sind, und/oder
  - beim Verfahren des letzten Gliedes (20) oder des Endeffektors (P) der kinematischen Kette (12) die Drehraten stetig gehalten werden.

8. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Glieder (14, 16, 18, 20) einer kinematischen Kette, die über Gelenkstellen (26, 28, 30) schwenkbar miteinander verbunden sind, jeweils einen Neigungssensor (42) und einen Drehratensensor (42) aufweist.
- 5
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungs- und der Drehratensensor zu einem Neigungsgeber (42) zusammengefasst sind und ein Multisensorsystem ausbilden, das unter Einsatz eines bewegungs- und beschleunigungskompensierten Messverfahrens die Messwerte von sechs Freiheitsgraden miteinander kombiniert, und dass die Messwerte an ein CAN-BUS-System weiterleitbar sind.
- 10
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem jeweiligen Drehratensensor (42) die jeweilige Drehrate für die einzelnen Armsegmente oder Glieder (14, 16, 18, 20) der kinematischen Kette (12) direkt gemessen wird.
- 15
11. Arbeitsmaschine mit einer Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9 zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Glieder ( $l_1, l_2, l_{n-1}, l_n$ ) der kinematischen Kette aus Armsegmenten (14, 16, 18, 20) eines Arbeitsarmes (12) und die Aktuatoren aus hydraulischen Arbeitszylindern (34, 36, 38, 40) gebildet sind.
- 20
- 25

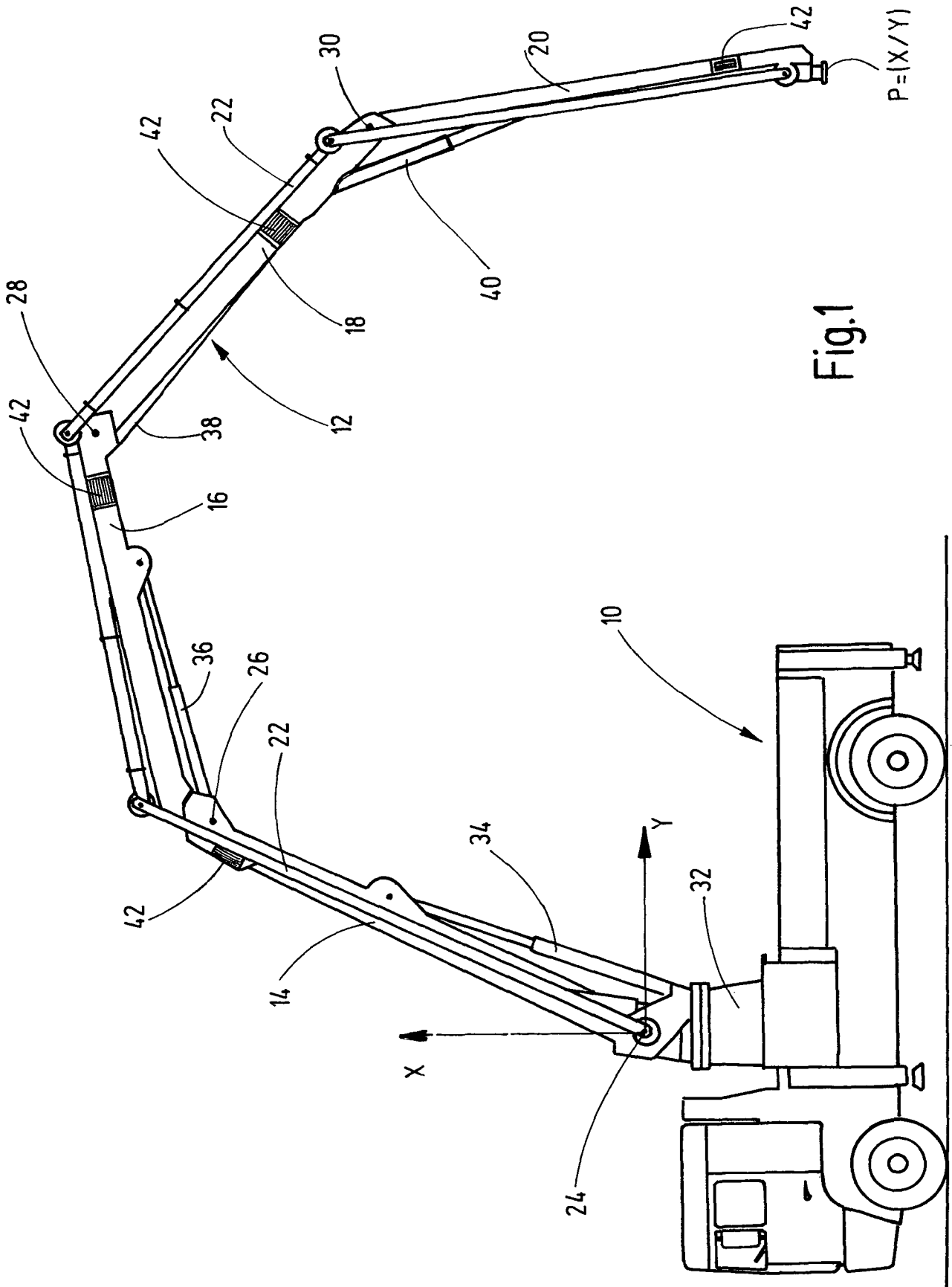


Fig.1

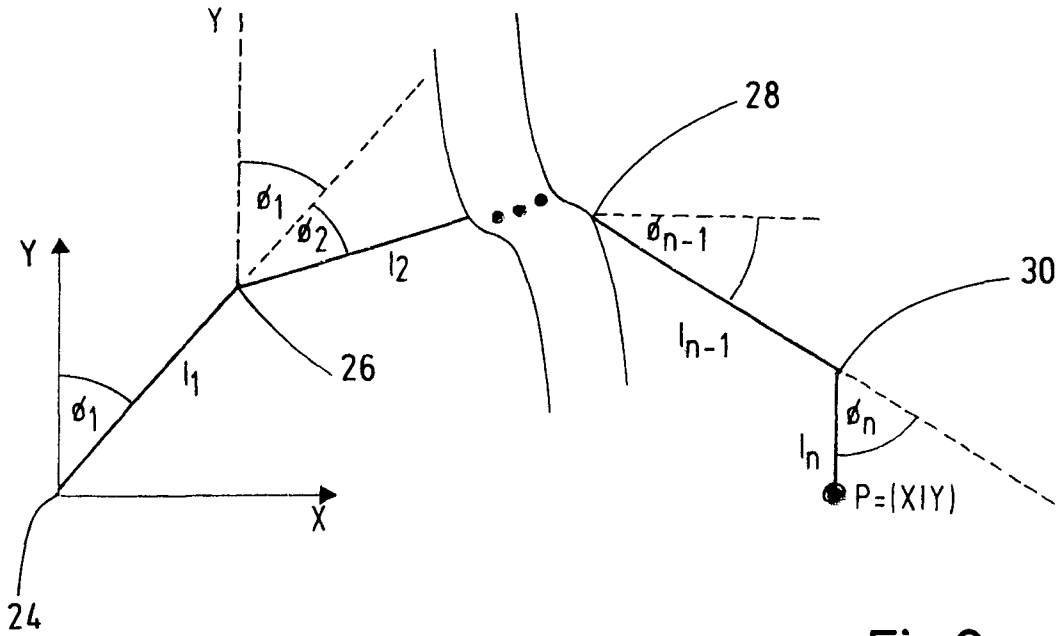


Fig.2

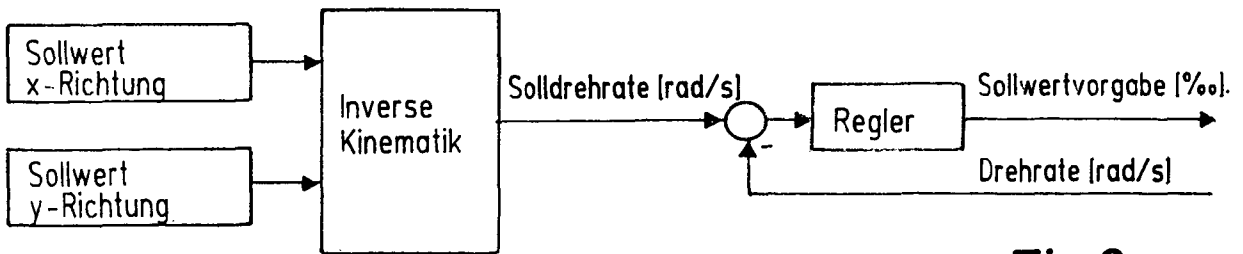


Fig.3

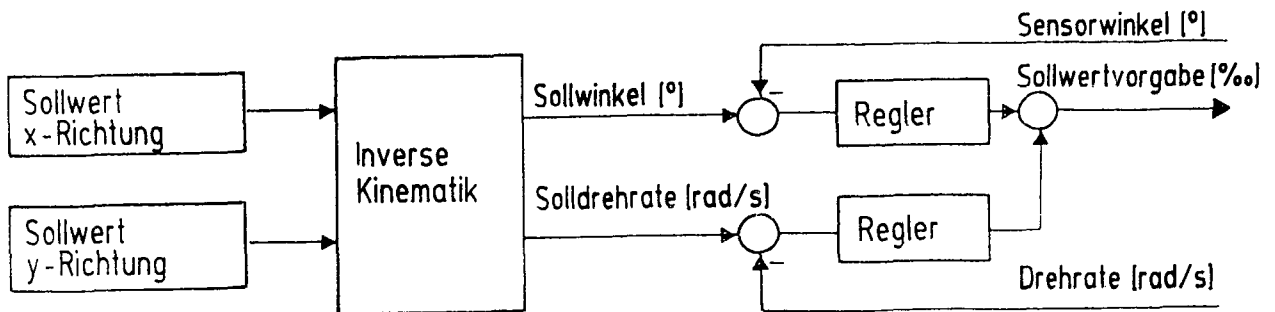


Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/000398

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. B25J9/16 E04G21/04 G05B19/4103  
ADD.  
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)  
B25J E04G G05B  
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, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHEN L A ET AL: "A new real-time iteration method based on geometry for inverse kinematics of truck mounted concrete pump", 2013 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHATRONICS, ROBOTICS AND AUTOMATION, ICMRA 2013; 20130613 TO 20130614; GUANGZHOU, CHINA IN: APPLIED MECHANICS AND MATERIALS; ISSN 1660-9336; VOL. 273-275, TRANS TECH PUBLICATIONS LTD, DEU, vol. 373-375, no. Pt. 3, 1 January 2013 (2013-01-01), pages 2109-2113, XP008184918, DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.373-375.2109 ISBN: 978-3-03785-806-6 [retrieved on 2013-08-01] the whole document -/--	1-11

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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
- "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 20 June 2017	Date of mailing of the international search report 07/08/2017
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Kielhöfer, Patrick
--	--

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/000398

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p style="text-align: center;">-----</p> <p>SHUWEN ZHOU ET AL: "Co-simulation on Automatic Pouring of Truck-mounted Concrete Boom Pump", AUTOMATION AND LOGISTICS, 2007 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 1 August 2007 (2007-08-01), pages 928-932, XP031138906, ISBN: 978-1-4244-1531-1 the whole document</p>	1-11
X	<p style="text-align: center;">-----</p> <p>Wildan Lalo: "Ein Beitrag zur Entwicklung von Assistenzsystemen für serielle und parallele Roboter am Beispiel von Autobetonpumpen und seilbasierten Regalbediengeräten",  1 January 2014 (2014-01-01), XP055383260, Retrieved from the Internet: URL:<a href="https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-35035/Lalo_Diss.pdf">https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-35035/Lalo_Diss.pdf</a> [retrieved on 2017-06-20] page VIII - page IX page 2 - page 6 page 39 - page 79</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. B25J9/16 E04G21/04 G05B19/4103  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 B25J E04G G05B

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, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>CHEN L A ET AL: "A new real-time iteration method based on geometry for inverse kinematics of truck mounted concrete pump",            2013 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHATRONICS, ROBOTICS AND AUTOMATION, ICMRA 2013; 20130613 TO 20130614; GUANGZHOU, CHINA IN: APPLIED MECHANICS AND MATERIALS; ISSN 1660-9336; VOL. 273-275, TRANS TECH PUBLICATIONS LTD, DEU, Bd. 373-375, Nr. Pt. 3, 1. Januar 2013 (2013-01-01), Seiten 2109-2113, XP008184918, DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.373-375.2109            ISBN: 978-3-03785-806-6            [gefunden am 2013-08-01]            das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

20. Juni 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/08/2017

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

Kielhöfer, Patrick

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p style="text-align: center;">-----</p> <p>SHUWEN ZHOU ET AL: "Co-simulation on Automatic Pouring of Truck-mounted Concrete Boom Pump", AUTOMATION AND LOGISTICS, 2007 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 1. August 2007 (2007-08-01), Seiten 928-932, XP031138906, ISBN: 978-1-4244-1531-1 das ganze Dokument</p>	1-11
X	<p style="text-align: center;">-----</p> <p>Wildan Lalo: "Ein Beitrag zur Entwicklung von Assistenzsystemen für serielle und parallele Roboter am Beispiel von Autobetonpumpen und seilbasierten Regalbediengeräten",  1. Januar 2014 (2014-01-01), XP055383260, Gefunden im Internet: URL:<a href="https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-35035/Lalo_Diss.pdf">https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-35035/Lalo_Diss.pdf</a> [gefunden am 2017-06-20] Seite VIII - Seite IX Seite 2 - Seite 6 Seite 39 - Seite 79</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-11