



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.06.2009 Patentblatt 2009/26**

(51) Int Cl.:  
**B22D 37/00 (2006.01) B22D 39/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08171100.4**

(22) Anmeldetag: **09.12.2008**

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

(72) Erfinder: **Kroth, Dr. Eberhard**  
**63785, Obernburg (DE)**

(74) Vertreter: **Stoffregen, Hans-Herbert**  
**Patentanwalt**  
**Friedrich-Ebert-Anlage 11b**  
**63450 Hanau (DE)**

(30) Priorität: **17.12.2007 DE 102007047926**

(71) Anmelder: **Reis Robotics GmbH & Co.**  
**Maschinenfabrik**  
**63785 Obernburg (DE)**

Bemerkungen:  
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels zum Ausgießen eines Schmelzgutes wie Metallschmelze in eine Gießform wie Kokille, wobei eine gießformspezifische Eingießkennlinie (A) in Abhängigkeit eines in die Gießform (14) eingegossenen Schmelzgutvolumens (12) über dem Zeitverlauf vorgegeben und gespeichert wird. Damit die Ausgießbewegung vollständig automatisiert, geplant und gesteuert werden kann und um die Rüstzeiten nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie zu verkürzen werden folgende Verfahrensschritte vorgeschlagen:

- Ermittlung einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie (B) als Funktion eines aus dem Gießlöffel (14) ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Neigung (G) des Gießlöffels (14) und Speichern der zumindest einen Ausgießkennlinie (B),
- automatische Generierung des zeitlichen Verlaufs der Ausgießbewegung, wobei auf der Grundlage der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt das notwendige Eingießschmelzgutvolumen bestimmt wird, welches einem optimalen Ausgießschmelzgutvolumen gleichgesetzt wird, dem über die Ausgießkennlinie (B) eine optimale Neigung (G) zu jedem Zeitpunkt zugeordnet ist.

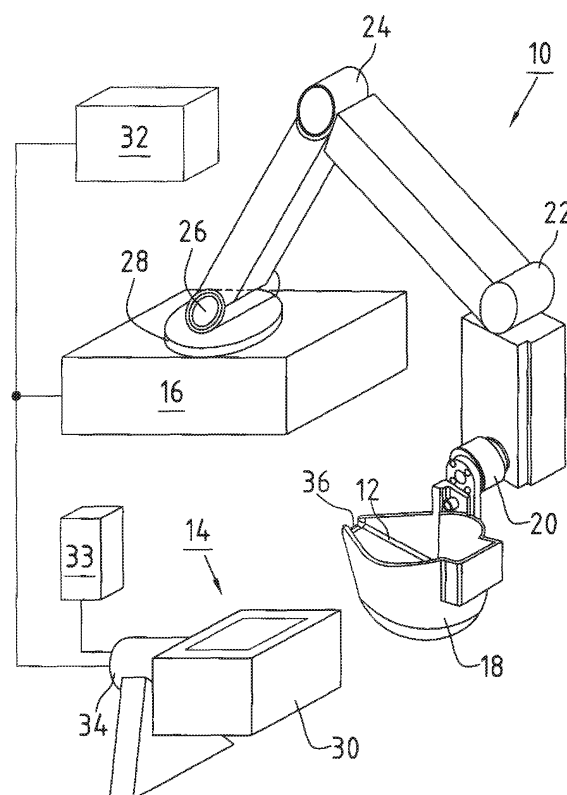


Fig.1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels zum Ausgießen eines Schmelzgutes wie Metallschmelze in eine Gießform wie Kokille, wobei eine gießformspezifische Eingießkennlinie in Abhängigkeit eines in die Gießform eingegossenen Schmelzgutvolumens über dem Zeitverlauf vorgegeben und gespeichert wird.

**[0002]** Ein Verfahren der oben genannten Art ist in der DE-A-10 2006 034 044 beschrieben. Dabei wird eine Gießkurve für eine Robotersteuerung eines Roboters erfasst, der einen Gießlöffel führt. Mit einem Fernbedienungsgerät wird ein manuelles Abgießen einer Schmelze aus dem Gießlöffel durchgeführt. Während des Abgießens wird der zeitliche Verlauf der Roboterbewegung oder/und der zeitliche Verlauf der Abgussgewichte erfasst und gespeichert. Der gespeicherte zeitliche Verlauf wird für die Verwendung in der Robotersteuerung bereitgestellt. Ferner wird ein Verfahren zum Gießen von Gussteilen und ein Robotersystem zum Erfassen einer Gießkurve beschrieben. Änderungen der Gießlöffelgeometrie beispielsweise bei Verwendung verschiedener Gießlöffel werden bei dem bekannten Verfahren nicht berücksichtigt.

**[0003]** In der WO-A-85/04607 ist ein Verfahren zur Steuerung des wiederholten Abgießens von Gießformen und eine Gießanlage beschrieben. Während eines manuell oder nach einer empirisch vorgegebenen Kurve gesteuerten Gießvorgangs wird laufend das Gewicht der Gießpfanne und damit der darin befindlichen Schmelze sowie das Niveau in einem Gusstrichter bestimmt. Der mittels Messdosen erfasste Verlauf des Pfannengewichts während des Gießvorgangs wird mittels einer elektronischen Steuerung gespeichert. Weitere Gießvorgänge werden hierauf automatisch gesteuert, in denen die Gießpfanne so gekippt wird, dass sich der gleiche Verlauf des Gewichts ergibt. Auch bei diesem Verfahren wird die Änderung einer Gießlöffelgeometrie nicht berücksichtigt.

**[0004]** Im Kokillenguss werden Metallformen mit flüssiger Aluminiumschmelze gefüllt, um Teile mit komplexen Geometrien herstellen zu können. Das Befüllen mit Metallschmelzgut kann u. a. auch automatisiert mit Robotern oder anderen Automationsgeräten realisiert werden.

**[0005]** Für die Qualität von Kokillengussteilen ist der zeitliche Verlauf der Materialbefüllung von größter Bedeutung. Um den optimalen Verlauf des Materialfüllvorgangs zu ermitteln, gibt es Simulationssysteme, die als Ausgangsinformation die Einfüllmenge (Materialstrom) über dem Zeitverlauf in Form einer Eingießkennlinie liefern.

**[0006]** Das Automationsgerät zum Einfüllen des flüssigen Metalls in die Kokille ist mit einem Gießlöffel ausgerüstet. Der Gießlöffel ist an einer numerisch gesteuerten Achse befestigt und wird beim Eingießvorgang über die Gießachse geneigt. Je nach kinematischer An-

ordnung des Gießlöffels am Automationsgerät kann es erforderlich sein, die Bewegung mehrerer Achsen so zu koordinieren, dass die geforderte Ausgießbewegung erreicht wird.

**[0007]** Da der zeitliche Verlauf des Ausgießstroms entscheidend von der Gießlöffelgeometrie abhängt, ist es notwendig, die Ausgießbewegung für eine gegebene Gießlöffelgeometrie anzupassen. Dies wird in der Regel empirisch durchgeführt. Nach einem Gießlöffelwechsel, insbesondere bei einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie, muss die Ausgießbewegung erneut optimiert werden.

**[0008]** Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass die Ausgießbewegung vollständig automatisiert, geplant und gesteuert werden kann. Auch sollen die Rüstzeiten nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie verkürzt werden.

**[0009]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß im Wesentlichen durch folgende Verfahrensschritte gelöst:

- Ermittlung einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie als Funktion eines aus dem Gießlöffel ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Neigung des Gießlöffels und Speichern der (zumindest einen) Ausgießkennlinie,
- automatische Generierung des zeitlichen Verlaufs der Ausgießbewegung, wobei auf der Grundlage der Eingießkennlinie zu jedem Zeitpunkt das notwendige Eingießschmelzgutvolumen bestimmt wird, welches einem optimalen Ausgießschmelzgutvolumen gleichgesetzt wird, dem über die Ausgießkennlinie eine optimale Neigung zu jedem Zeitpunkt zugeordnet ist.

**[0010]** Die Ausgießbewegung wird ausgehend von einer gegebenen gießformspezifischen Eingießkennlinie sowie zumindest einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie automatisch generiert. Die generierten Daten sind Position und Neigung des Gießlöffels als Zeitfunktion. Die Bewegung wird so gesteuert, dass sich ein kontinuierlicher Geschwindigkeitsverlauf aller am Gießvorgang beteiligten Achsen beispielsweise eines Roboters ergibt.

**[0011]** Grundlage für die automatische Bewegungsgenerierung ist die Eingießkennlinie, welche die erforderliche Füllmenge (Materialstrom) über den Zeitverlauf definiert. Die Kennlinie wird in die Steuerung des Automationsgeräts eingelesen und kann dort visualisiert und ggfs. manuell wie grafisch und/oder numerisch angepasst werden.

**[0012]** Die Eingießkennlinie muss in der Form "eingegossenes Materialvolumen über dem Zeitverlauf", d. h. akkumuliertes Volumen, vorliegen. Sie kann von einer Simulationssoftware oder manuell vorgegeben werden.

**[0013]** Liegt die Eingießkennlinie lediglich als "Materi-

alstrom pro Zeiteinheit" vor, muss daraus durch Integralbildung das akkumulierte Materialvolumen über dem Zeitverlauf berechnet werden. Da die Materialstromkennlinie nicht immer funktional beschreibbar ist, kommen hier numerische Integrationsverfahren zur Anwendung.

**[0014]** Die Ausgießkennlinie muss in der Form "ausgegossenes Materialvolumen über der Gießlöffelneigung", d. h. akkumuliertes Volumen vorliegen. Diese Kennlinie kann mit zwei unterschiedlichen Methoden erstellt werden.

**[0015]** Vorzugsweise wird die Ausgießkennlinie als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Gießlöffelneigung empirisch ermittelt. In einem automatischen Kalibriervorgang wird ein voll befüllter Gießlöffel schrittweise bis zu vollständigen Entleerung geneigt. Nach jedem Einzelschritt oder kontinuierlich wird die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und der Messwert an die Gießautomat-Steuerung übertragen. Die Steuerung protokolliert die Messwerte und erstellt unter Kenntnis des materialspezifischen Volumengewichtes daraus eine Kennlinie über das (akkumulierte) Materialvolumen. Nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie muss die Ausgießkennlinie erneut ermittelt werden.

**[0016]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Methode wird die Ausgießkennlinie als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Gießlöffelneigung, d. h. akkumuliertes Volumen, unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie wie 3D-Modell und unter Voraussetzung eines waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels analytisch berechnet.

**[0017]** Aus der Kenntnis der Eingießkennlinie und der Ausgießkennlinie lässt sich der zeitliche Verlauf der Ausgießbewegung automatisch errechnen und steuern.

**[0018]** Zusätzlich zur oben beschriebenen Vorgehensweise mit feststehender Gießmaschine kann bei einer anderen Verfahrensweise auch die Gießmaschine während der Eingießbewegung gekippt werden (Kippgießmaschine). In diesem Fall kann die Gießform während des Eingießvorgangs beispielsweise aus einer geneigten Anfangsstellung in eine senkrechte Endstellung überführt werden. Somit ist zusätzlich zur Steuerung des zeitlichen Verlaufes der Ausgießbewegung auch die räumliche Bewegung der Eingießposition durch die Bewegung der Kippgießmaschine so zu steuern, dass der Gießlöffel immer korrekt zur Eingießposition steht.

**[0019]** Der zeitliche Verlauf der Gießformbewegung kann in einer Kennlinie für die Kippbewegung über dem Zeitverlauf ermittelt und gespeichert werden.

**[0020]** Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise kann die Kennlinie für die Kippbewegung über dem Zeitverlauf durch eine Simulationssoftware ermittelt werden. Alternativ besteht auch die Möglichkeit, die Kennlinie für die Kippbewegung über dem Zeitverlauf durch Aufzeichnung der Gießformbewegung mit Hilfe eines angekoppelten Lagereglers während eines realen Eingießvorgangs zu ermitteln, nämlich dann, wenn die Gießform

durch eine externe Steuerung bewegt wird.

**[0021]** Eine erste Verfahrensweise sieht vor, dass sowohl die Ausgießbewegung des Gießlöffels als auch die Bewegung der Gießform von ein- und derselben Steuerung gesteuert wird, wobei der Eingießkennlinie und der Kennlinie für die Kippbewegung eine gemeinsame Zeitachse zu Grunde liegen, wobei ausgehend von der Eingießkennlinie zu jedem Zeitpunkt während des Eingießvorgangs aus der Kennlinie für die Kippbewegung die erforderliche Gießformstellung und ausgehend von dem optimalen Eingießvolumen über die Ausgießkennlinie die entsprechende Gießlöffelneigung ermittelt wird, wodurch eine automatische Steuerung der Neigung und der Position des Gießlöffels und der Gießform erfolgt.

**[0022]** Alternativ besteht die Möglichkeit, die Gießform von einer unabhängigen Steuerung zu steuern, wobei die aktuelle Stellung der Gießform von einem daran angekoppelten Positionsgeber erfasst und an die Steuerung des Gießlöffels übertragen wird, wobei aus der Eingießkennlinie zu jedem Zeitpunkt ein Eingießvolumen entnommen und über das zugehörige Ausgießvolumen mittels der Ausgießkennlinie die zugehörige Neigung und Position des Gießlöffels ermittelt wird, wobei das Nachführen der Ausgießbewegung des Gießlöffels durch eine kinematische Transformation erfolgt, wobei die aktuelle Stellung der Gießform berücksichtigt wird und wobei ein Tool Center Point (TCP) so nachgeführt wird, dass eine Schnauze des Gießlöffels stets über eine Einführöffnung der Gießform bewegt wird.

**[0023]** Eine weitere bevorzugte Verfahrensweise sieht vor, dass zwischen diskret abgegriffenen Kennlinienwerten jeweils Zwischenwerte interpoliert werden und von der Steuerung des Gießautomaten an einen Antrieb der Gießform und/oder einen Gießlöffelantrieb ausgegeben werden, so dass sich eine kontinuierliche Bewegung ergibt.

**[0024]** Eine weitere bevorzugte Verfahrensweise stellt eine Offline-Programmgenerierung dar, wobei über einen Algorithmus aus Informationen der Eingießkennlinie, Ausgießkennlinie und ggfs. Kennlinie für die Kippbewegung ein Bewegungsprogramm für die Steuerung des Automationsgeräts erzeugt wird. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass das generierte Programm archiviert, manuell verändert und ggfs. auf andere Gießautomaten übertragen werden kann.

**[0025]** Eine weitere bevorzugte Verfahrensweise zeichnet sich durch eine Online-Bewegungsgenerierung aus, wobei aus den gegebenen Kennliniendaten bzw. Kennlinientabellen über dem Zeitverlauf kontinuierlich die erforderliche Stellung bzw. Neigung des Gießlöffels und/oder der Gießform ermittelt und durch die Steuerung des Automatisierungsgeräts wie Gießautomat sofort eingestellt wird.

**[0026]** Die vorgestellten Verfahren bieten den Vorteil, dass eine Gießaufgabe vollständig automatisiert, geplant und durchgeführt werden kann. Insbesondere die automatische Kalibrierung nach einem Wechsel der

Gießlöffelgeometrie reduziert die Rüstzeiten erheblich.

**[0027]** Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination -, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

**[0028]** Es zeigen:

Fig. 1 schematische Darstellung eines Gießautomaten mit Gießlöffel und Kokille,

Fig. 2a eine Eingießkennlinie als Funktion eines in eine Gießform einzugießenden Schmelzgutvolumens über dem Zeitverlauf,

Fig. 2b eine Ausgießkennlinie als Funktion eines aus dem Gießlöffel ausgegossenen Schmelzgutvolumens über der Neigung des Gießlöffels,

Fig. 2c eine Kennlinie für die Kippbewegung als Funktion der Gießformstellung über dem Zeitverlauf,

Fig. 3 Generierung der Gießlöffelbewegung auf der Grundlage von Eingießkennlinie, Ausgießkennlinie und Kennlinie für die Kippbewegung bei Steuerung der Gießform durch die Gießautomatsteuerung und

Fig. 4 Ermittlung der Gießformstellung auf der Grundlage der Eingießkennlinie, der Ausgießkennlinie sowie der Kennlinie für die Kippbewegung, wobei die Gießform von einer unabhängigen Steuerung bewegt wird.

**[0029]** Fig. 1 zeigt rein schematisch eine Vorrichtung 10 zum Einfüllen eines Schmelzgutes 12 wie Metallschmelze in eine Gießform wie Kokille 14 zur Herstellung eines Formteils. Die Vorrichtung 10 umfasst ein Automationsgerät 16 wie Gießautomat oder Roboter, der zum Einfüllen des flüssigen Metalls 12 mit einem Gießlöffel 18 ausgerüstet ist. Der Gießlöffel 18 ist an einer numerisch gesteuerten Achse 20 befestigt und wird beim Eingießvorgang über diese Achse geneigt. Um die erforderliche Ausgießbewegung des Gießlöffels 18 zu erreichen, können weitere kinematische Achsen 22, 24, 26, 28 des Roboters 16 koordiniert werden.

**[0030]** Die Kokille 14 kann eine Kippvorrichtung 30 aufweisen, mit der die Kokille 14 beim Eingießvorgang aus einer beispielsweise geneigten Anfangsstellung in eine beispielsweise senkrechte Endstellung kippbar ist. Die Steuerung des Roboters 16 erfolgt über eine Steuerung 32, die gleichzeitig auch die Kippvorrichtung 30 der Kokille steuern kann. Alternativ kann die Kippvorrichtung 30 auch von einer unabhängigen Steuerung 33 gesteuert werden. In diesem Fall wird über einen externen Positionsmessgeber 34 die Position der Kokille 14 erfasst und

an die Steuerung des Roboters 16 geleitet.

**[0031]** Der Erfindung liegt die Idee zu Grunde, ausgehend von einer gegebenen kokillenspezifischen Eingießkennlinie A, einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie B und ggfs. Kennlinie für die Kippbewegung der Kokille C, nachfolgend Kokillenkennlinie C genannt, die Ausgießbewegung des Gießlöffels automatisch zu generieren.

**[0032]** Fig. 2a zeigt die Eingießkennlinie A als Funktion eines eingegossenen Schmelzgutvolumens  $V_e[\text{Liter}]$  1 über dem Zeitverlauf  $t[\text{sec}]$ . Die Eingießkennlinie A kann von einer Simulationssoftware oder manuell vorgegeben werden. Sie beschreibt den optimalen Verlauf des Schmelzgut-Füllvorgangs und liefert als Ausgangsinformation die Einfüllmenge  $V_e[\text{Liter}]$  (Schmelzgutstrom bzw. Materialstrom) über dem Zeitverlauf.

**[0033]** Fig. 2b zeigt eine Ausgießkennlinie B als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens  $V_a[\text{Liter}]$  über der Gießlöffelneigung  $G[^\circ]$ . Dabei ist das akkumulierte Schmelzgutvolumen dargestellt.

**[0034]** Die Ausgießkennlinie B kann mittels zwei unterschiedlicher Methoden erstellt werden. Zum einen kann unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie beispielsweise eines 3D-Modells, und des stets waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels die ausgegossene Schmelzgutmenge in Abhängigkeit der Gießlöffelneigung  $G$  analytisch berechnet werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, in einem automatischen Kalibriervorgang einen voll befüllten Gießlöffel schrittweise bis zur vollständigen Entleerung zu neigen. Während der Kippbewegung wird die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und der Messwert an die Gießautomat-Steuerung 32 übertragen. Die Steuerung 32 protokolliert die Messwerte und erstellt unter Kenntnis des materialspezifischen Volumengewichts daraus die Ausgießkennlinie B über das (akkumulierte) Schmelzgutvolumen. Dabei handelt es sich um eine gießlöffelspezifische Ausgießkennlinie B. Nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie muss die Ausgießkennlinie B erneut ermittelt werden.

**[0035]** Schließlich ist in Fig. 2c die Kokillenkennlinie C dargestellt. Bei manchen Gießverfahren ist es erforderlich, die Kokille 14 während des Eingießvorgangs z. B. aus einer geneigten Anfangsstellung in eine senkrechte Endstellung zu überführen. Der zeitliche Verlauf der Kokillenbewegung kann in der Kokillenkennlinie als Funktion der Kokillenstellung  $K[^\circ]$  über dem Zeitverlauf  $t[\text{sec}]$  beschrieben werden.

**[0036]** Die Kokillenkennlinie C kann entweder durch eine Simulationssoftware oder wenn die Kokille 14 durch die externe Steuerung 33 bewegt wird - durch Aufzeichnung der Kokillenbewegung mit Hilfe des angekoppelten Lagereglers 34 während eines realen Eingießvorgangs ermittelt werden.

**[0037]** Aus den oben beschriebenen Kennlinien, nämlich Eingießkennlinie A, Ausgießkennlinie B sowie Kokillenkennlinie C lässt sich der zeitliche Verlauf der Ausgießbewegung automatisch steuern. Dabei können fol-

gende Fälle unterschieden werden.

**[0038]** Fig. 3 zeigt ein Verfahren, wobei die Kokille 14 von der Gießautomat-Steuerung 32 gesteuert wird. Der Eingießkennlinie A und der Kokillenkenlinie C liegt eine gemeinsame Zeitachse  $t$  [sec] zu Grunde. Beim Eingießvorgang wird über die, seit dem Gießbeginn verstrichene Zeit Tact mit Hilfe der Gießformkennlinie C die erforderliche Gießformstellung Kact und aus der Eingießkennlinie A das erforderliche Eingießvolumen Vact abgegriffen. Über das nun bekannte Eingießvolumen Vact wird in der Ausgießkennlinie B die entsprechende Gießlöffelneigung Gact abgegriffen. Die Gießautomat-Steuerung 32 stellt darüber die erforderliche Neigung G, K für Gießlöffel und Kokille ein.

**[0039]** Fig. 4 zeigt einen Verfahrensablauf, wobei die Kokille 14 von der unabhängigen, externen Steuerung 33 gesteuert wird. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die Kokillenneigung  $K$  [°Grad] nicht exakt eingestellt werden muss und die Kokille 14 von einer externen Steuerung 33 zeitgesteuert nachgestellt wird. Die aktuelle Stellung der Kokille 14 wird von dem daran angekoppelten Positionsgeber 34 erfasst und an die Gießautomat-Steuerung übertragen.

**[0040]** In diesem Fall kommen nur die Eingießkennlinie A und die Ausgießkennlinie B zur Anwendung. Über die kontinuierlich verlaufende Gießzeit  $t$  [sec] wird aus der Eingießkennlinie A die Volumenmenge Vact entnommen und über die Ausgießkennlinie B die Gießlöffelstellung Gact entnommen. Das Nachführen des Gießautomaten bzw. Roboters 16 erfolgt durch eine kinematische Transformation, die die aktuelle Stellung der Kokille 14 gemäß Positionsgeber 34 berücksichtigt (Conveyor Synchronisation). Dabei wird eine Schnauze 36 des Gießlöffels 18 als TCP (Tool Center Point) ohne Orientierung so nachgeführt, dass die Schnauze 36 des Gießlöffels 18 immer über eine Einfüllöffnung der Kokille 14 bewegt wird. Die zusätzlich erforderliche Neigung G des Gießlöffels 18 und somit die Dosierung erfolgt über Gießlöffelneigung Gact aus der Ausgießkennlinie D.

**[0041]** In beiden Fällen bewegt das Automationsgerät 10 den Gießlöffel 18 so, dass die Gießlöffelposition immer optimal zur Einfüllöffnung der Kokille nachgeführt wird. Zwischen den diskret abgegriffenen Kennlinienwerten werden jeweils Zwischenwerte interpoliert und von der Gießautomat-Steuerung 32 an den Kokillenantrieb 30 und/oder Gießlöffelantrieb 16 ausgegeben, so dass eine kontinuierliche Bewegung generiert wird.

**[0042]** Bei der automatischen Bewegungsgenerierung für den Roboter können zwei verschiedene Verfahren zur Anwendung kommen.

**[0043]** Bei einer Offline-Programmierung erzeugt ein Algorithmus aus den oben genannten Informationen ein Bewegungsprogramm für den Roboter 16. Hierbei werden Zwischenpositionen mit jeweils einer Geschwindigkeitsvorgabe für jede Zwischenposition generiert. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass das generierte Programm archiviert, manuell verändert und ggfs. auf andere Roboter bzw. Gießautomaten übertragen werden kann.

**[0044]** Bei der Online-Bewegungsgenerierung wird aus den gegebenen Kennlinientabellen bzw. Kennlinienwerten über den Zeitverlauf kontinuierlich die erforderliche Stellung des Gießlöffels 18 ermittelt und am Roboter bzw. Gießautomaten eingestellt. Dabei werden die anderen Achsen 20, 22, 24, 26, 28 des Roboters durch eine kinematische Transformation so nachgeführt, dass die Schnauze 36 des Gießlöffels 18 eine definierte Bahnbewegung (Gießbewegung) ausführt. Eine veränderte Neigung K der Kokille 14 geht ebenfalls in die Berechnung der Roboterbewegung ein.

**[0045]** Das vorgestellte Verfahren bietet den Vorteil, dass nach einem Austausch des Gießlöffels 18 oder bei Verwendung unterschiedlicher Gießlöffelgeometrien die Steuerung, nach einer automatischen Kalibrierung, selbstständig eine Bewegung für den Roboter bzw. Gießautomaten berechnen kann.

**[0046]** Zu der Kokillenkenlinie B ist anzumerken, dass diese im Falle einer nicht gekippten Kokille 14 eine Gerade z. B. bei einem Kippwinkel um  $0^\circ$  darstellt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Ausgießbewegung eines Gießlöffels (18) zum Ausgießen eines Schmelzgutes (12) wie Metallschmelze in eine Gießform (14) wie Kokille, wobei eine gießformspezifische Eingießkennlinie (A) in Abhängigkeit eines in die Gießform (14) eingegossenen Schmelzgutvolumens (12) über dem Zeitverlauf vorgegeben und gespeichert wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:

- Ermittlung einer gießlöffelspezifischen Ausgießkennlinie (B) als Funktion eines aus dem Gießlöffel (14) ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Neigung (G) des Gießlöffels (14) und Speichern der zumindest einen Ausgießkennlinie (B),
- automatische Generierung des zeitlichen Verlaufs der Ausgießbewegung, wobei auf der Grundlage der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt das notwendige Eingießschmelzgutvolumen bestimmt wird, welches einem optimalen Ausgießschmelzgutvolumen gleichgesetzt wird, dem über die Ausgießkennlinie (B) eine optimale Neigung (G) zu jedem Zeitpunkt zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Eingießkennlinie (A) als Funktion des eingegossenen Schmelzgutvolumens (12) über dem Zeitverlauf, d. h. akkumuliertes Volumen, von einer Simulationssoftware oder manuell vorgegeben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ausgießkennlinie (B) als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Gießlöffelneigung empirisch ermittelt wird, wobei in einem automatischen Kalibriervorgang ein vollbefüllter Gießlöffel in Einzelschritten schrittweise bis zur vollständigen Entleerung geneigt wird und während der Kippbewegung die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und der Messwert an eine Steuerung (32) übertragen wird, wobei in der Steuerung (32) Messwerte protokolliert und unter Kenntnis des schmelzgutspezifischen Volumengewichts erstellt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ausgießkennlinie (A) als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Gießlöffelneigung, d. h. akkumuliertes Volumen, unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie wie 3D-Modell und unter Voraussetzung eines stets waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels analytisch berechnet wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie die Ausgießkennlinie (B) entsprechend der neuen Gießlöffelgeometrie ermittelt wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießform (14) während des Eingießvorgangs aus einer beispielsweise geneigten Anfangsstellung in eine beispielsweise senkrechte Endstellung bewegt wird, wobei der zeitliche Verlauf der Bewegung der Gießform (14) in einer Kennlinie (C) für die Kippbewegung (Gießformkennlinie) als Funktion der Gießformstellung über dem Zeitverlauf ermittelt und gespeichert wird.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießformkennlinie (C) durch ein Simulationsverfahren ermittelt wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießformkennlinie (C) insbesondere bei externer Steuerung durch Aufzeichnung der Gießformbewegung mit Hilfe eines angekoppelten Lagegebers (34) während eines realen Eingießvorgangs ermittelt wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sowohl die Ausgießbewegung des Gießlöffels (18) als auch die Bewegung der Gießform (14) von ein- und derselben Steuerung (32) gesteuert wird, wobei der Eingießkennlinie (A) und der Gießformkennlinie (B) eine gemeinsame Zeitachse zu Grunde liegen, wobei ausgehend von der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt während des Eingießvorgangs aus der Gießformkennlinie (B) die erforderliche Gießformstellung und ausgehend von dem optimalen Eingießvolumen über die Ausgießkennlinie (B) die entsprechende Gießlöffelneigung (G) ermittelt wird, wodurch eine automatische Steuerung der Neigung des Gießlöffels und der Gießform erfolgt.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießform von einer unabhängigen Steuerung (33) gesteuert wird, wobei die aktuelle Stellung der Gießform (14) von einem daran angekoppelten Positionsgeber (34) erfasst und an die Steuerung (32) des Gießlöffels (18) übertragen wird, wobei aus der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt ein Eingießschmelzvolumen entnommen und über das zugehörigen Ausgießschmelzvolumen mittels der Ausgießkennlinie (B) die zugehörige Gießlöffelstellung ermittelt wird, wobei das Nachführen der Ausgießbewegung des Gießlöffels (18) durch eine kinematische Transformation erfolgt, wobei die aktuelle Stellung der Gießform (14) berücksichtigt wird und wobei ein Tool Center Point so nachgeführt wird, dass eine Schnauze (36) des Gießlöffels immer über eine Einfüllöffnung der Gießform bewegt wird.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zwischen diskret abgegriffenen Kennlinienwerten jeweils Zwischenwerte interpoliert werden und von der Steuerung (32) des Gießautomaten an einen Antrieb (30) der Gießform (14) und/oder einen Gießlöffelantrieb (20) ausgegeben werden, so dass sich eine kontinuierliche Bewegung ergibt.
12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Offline-Programmgenerierung durchgeführt wird, wobei über einen Algorithmus aus Informationen der Eingießkennlinie (A), Ausgießkennlinie (B) und ggfs. Gießformkennlinie (C) ein Bewegungsprogramm für die Steuerung des Automationsgeräts erzeugt wird.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** eine Online-Bewegungsgenerierung durchgeführt wird, wobei aus den gegebenen Kennliniendaten bzw. Kennlinientabellen über dem Zeitverlauf kontinuierlich die erforderliche Stellung des Gießlöffels (18) und/oder der Gießform (14) ermittelt und durch die Steuerung (32) des Automatisierungsgärts wie Gießautomat sofort eingestellt wird.

#### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Eingießkennlinie (A) als Funktion des eingegossenen Schmelzgutvolumens (12) über dem Zeitverlauf, d. h. akkumuliertes Volumen, von einer Simulationssoftware oder manuell vorgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ausgießkennlinie (B) als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Gießlöffelneigung empirisch ermittelt wird, wobei in einem automatischen Kalibriervorgang ein vollbefüllter Gießlöffel in Einzelschritten schrittweise bis zur vollständigen Entleerung geneigt wird und während der Kippbewegung die ausgegossene Materialmenge von einer elektronischen Waage gemessen und die Messwerte an eine Steuerung (32) übertragen werden, wobei in der Steuerung (32) die Messwerte protokolliert werden und unter Kenntnis des schmelzgutspezifischen Volumengewichts daraus die Ausgießkennlinie (B) über das (akkumulierte) Materialvolumen erstellt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ausgießkennlinie (B) als Funktion des ausgegossenen Schmelzgutvolumens (12) über der Gießlöffelneigung, d. h. akkumuliertes Volumen, unter Kenntnis der Gießlöffelgeometrie wie 3D-Modell und unter Voraussetzung eines stets waagrecht liegenden Schmelzgutspiegels analytisch berechnet wird.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** nach einem Wechsel der Gießlöffelgeometrie die Ausgießkennlinie (B) entsprechend der neuen Gießlöffelgeometrie ermittelt wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorherge-

henden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießform (14) während des Eingießvorgangs aus einer beispielsweise geneigten Anfangsstellung in eine beispielsweise senkrechte Endstellung bewegt wird, wobei der zeitliche Verlauf der Bewegung der Gießform (14) in einer Kennlinie (C) für die Kippbewegung (Gießformkennlinie) als Funktion der Gießformstellung über dem Zeitverlauf ermittelt und gespeichert wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießformkennlinie (C) durch ein Simulationsverfahren ermittelt wird.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Gießformkennlinie (C) insbesondere bei externer Steuerung durch Aufzeichnung der Gießformbewegung mit Hilfe eines angekoppelten Lagegebers (34) während eines realen Eingießvorgangs ermittelt wird.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** sowohl die Ausgießbewegung des Gießlöffels (18) als auch die Bewegung der Gießform (14) von ein- und derselben Steuerung (32) gesteuert wird, wobei der Eingießkennlinie (A) und der Gießformkennlinie (C) eine gemeinsame Zeitachse zu Grunde liegen, wobei ausgehend von der Eingießkennlinie (A) zu jedem Zeitpunkt während des Eingießvorgangs aus der Gießformkennlinie (C) die erforderliche Gießformstellung und ausgehend von dem optimalen Eingießvolumen über die Ausgießkennlinie (B) die entsprechende Gießlöffelneigung (G) ermittelt wird, wodurch eine automatische Steuerung der Neigung des Gießlöffels und der Gießform erfolgt.

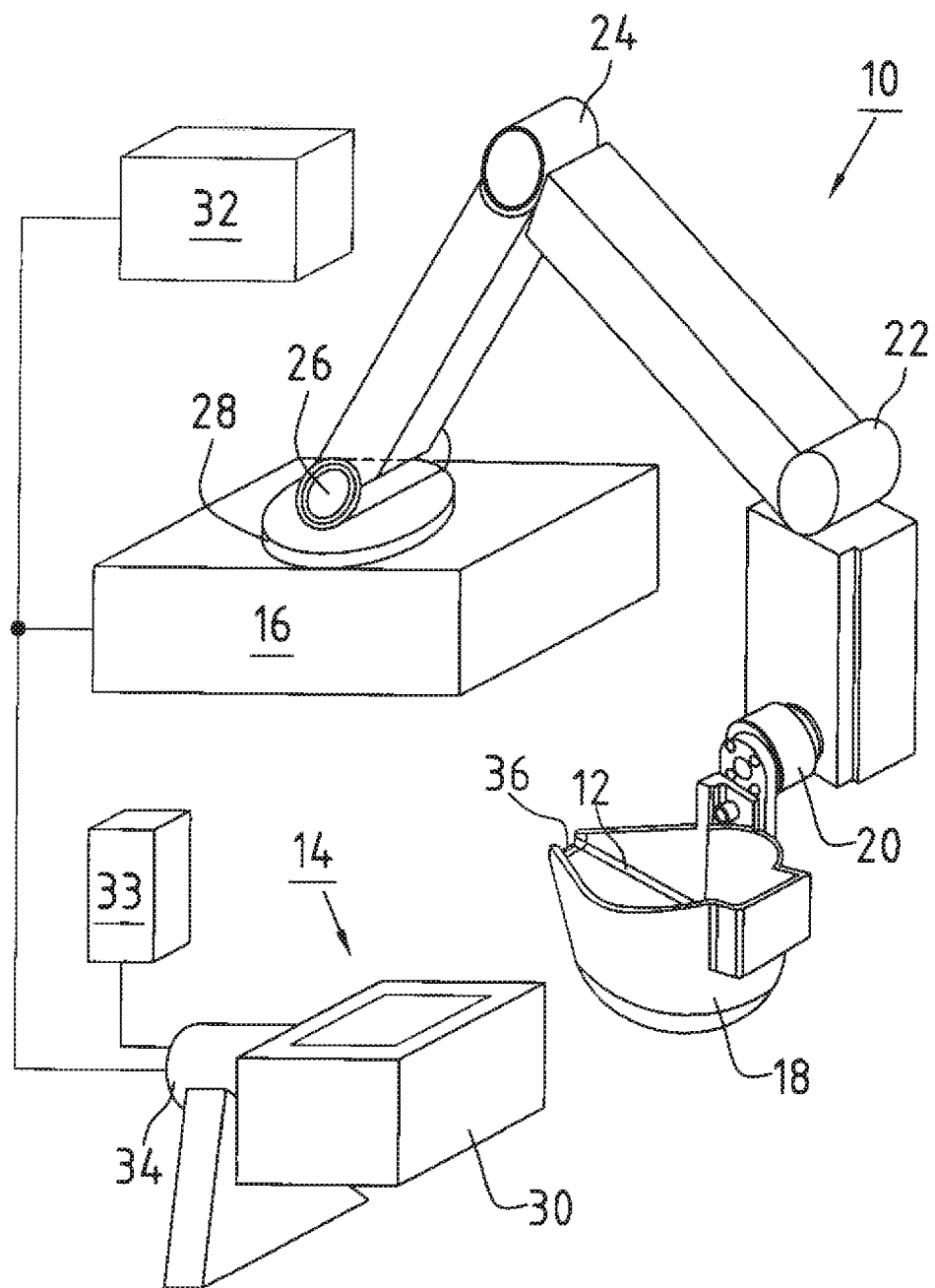


Fig.1

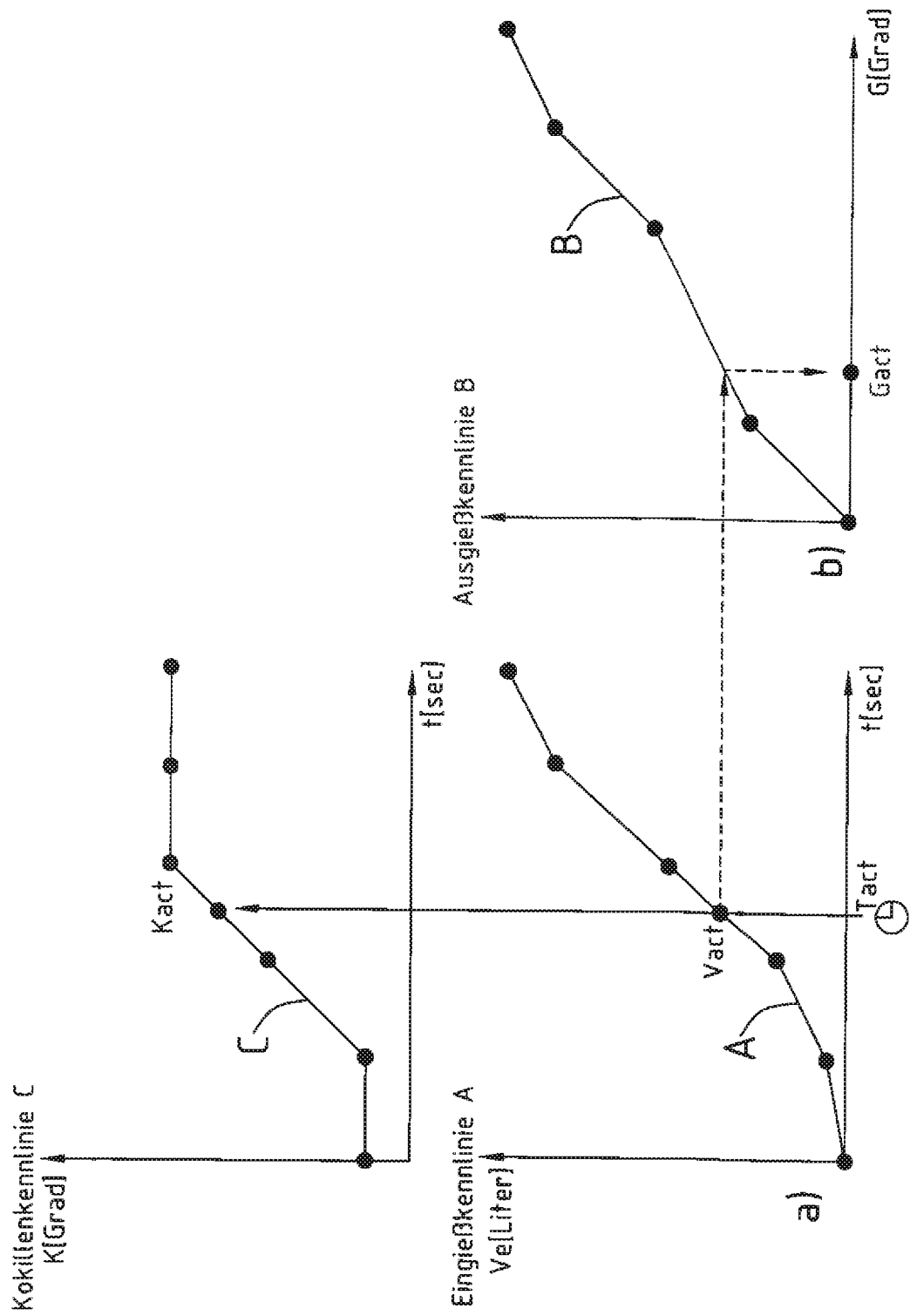


Fig.2

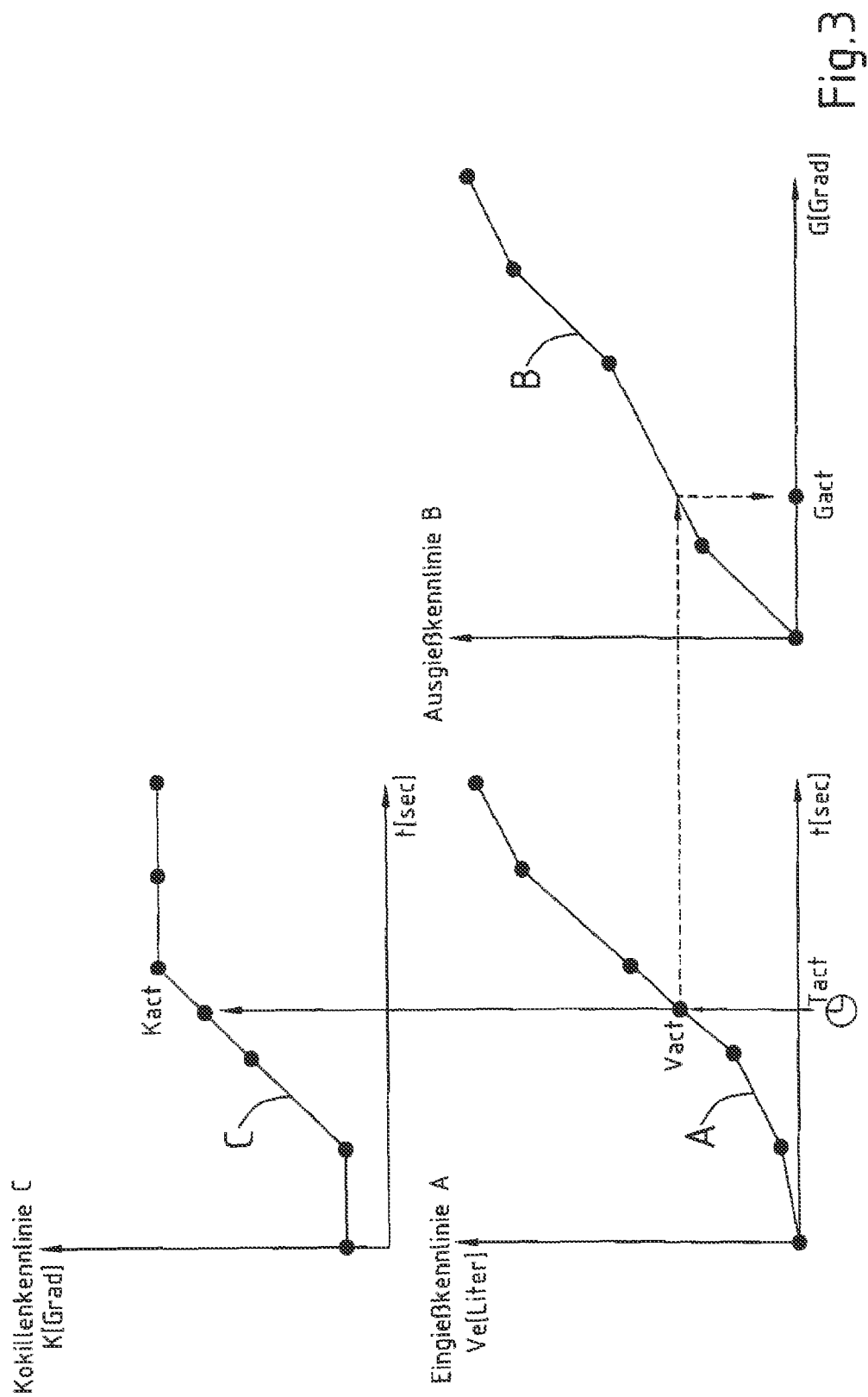
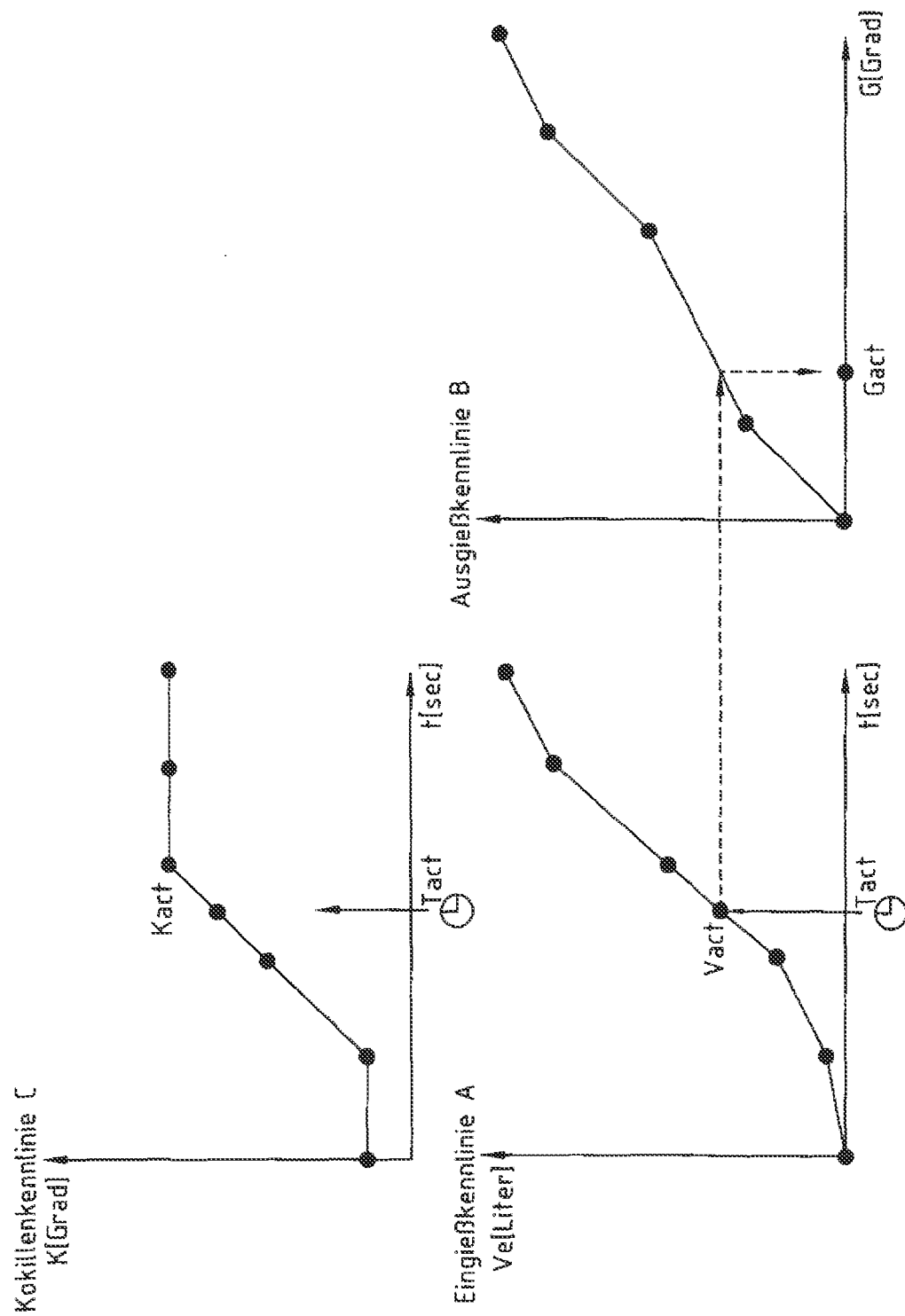


Fig. 3





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 08 17 1100

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 32 23 803 A1 (FISCHER AG GEORG [CH]) 20. Januar 1983 (1983-01-20) * Seite 3 - Seite 7 * * Abbildungen 1,3 *	1-13	INV. B22D37/00 B22D39/02
A	JP 10 058120 A (HITACHI METALS LTD) 3. März 1998 (1998-03-03) * Zusammenfassung *	1-13	
A	JP 07 227668 A (HITACHI METALS LTD) 29. August 1995 (1995-08-29) * Zusammenfassung *	1-13	
A	DE 10 2004 026062 A1 (ROBOTEC ENGINEERING GMBH [DE]) 30. Dezember 2004 (2004-12-30) * Absatz [0001] * * Absatz [0012] - Absatz [0027] *	1-13	
A	US 4 084 631 A (KUNZMANN KONRAD) 18. April 1978 (1978-04-18) * Abbildungen 1,2 * * Spalte 2, Zeile 10 - Spalte 3, Zeile 3 *	1-13	
A	JP 62 016869 A (SHIN MEIWA IND CO LTD) 26. Januar 1987 (1987-01-26) * Zusammenfassung *	1-13	
A,P	WO 2008/011978 A (ABB PATENT GMBH [DE]; HABLICK DIRK [DE]) 31. Januar 2008 (2008-01-31) * Seite 2 - Seite 6 * * Abbildung 1 *	1-13	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Februar 2009	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

 2  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 08 17 1100

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	KENICHI YANO ET AL: "Adaptive Feedforward Control of Automatic Pouring Robot Considering Influence of the Accumulating Disturbance" CONTROL APPLICATIONS, 2006 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1. Oktober 2006 (2006-10-01), Seiten 2820-2825, XP031011615 ISBN: 978-0-7803-9795-8 * Seite 2820 - Seite 2825 * -----	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Februar 2009	Prüfer Zimmermann, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 17 1100

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-02-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 3223803	A1	20-01-1983	KEINE		
JP 10058120	A	03-03-1998	JP	3632878 B2	23-03-2005
JP 7227668	A	29-08-1995	KEINE		
DE 102004026062	A1	30-12-2004	DE	20308509 U1	07-08-2003
US 4084631	A	18-04-1978	DE	2430835 A1	15-01-1976
			FR	2276126 A1	23-01-1976
			GB	1502186 A	22-02-1978
			JP	51018936 A	14-02-1976
JP 62016869	A	26-01-1987	KEINE		
WO 2008011978	A	31-01-2008	DE	102006034044 A1	31-01-2008

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102006034044 A [0002]
- WO 8504607 A [0003]