



(10) **DE 101 62 967 B4** 2013.08.14

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 62 967.2**
(22) Anmeldetag: **20.12.2001**
(43) Offenlegungstag: **25.07.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.08.2013**

(51) Int Cl.: **B25J 9/16 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
392392/2000 25.12.2000 JP

(73) Patentinhaber:
Seiko Epson Corp., Tokyo, JP

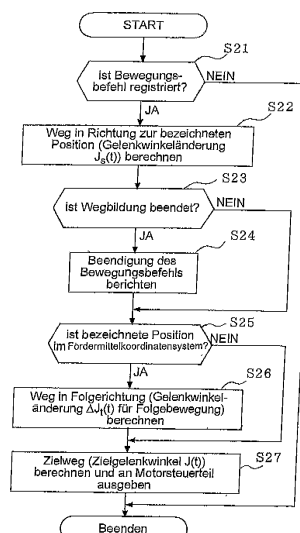
(74) Vertreter:
Hoffmann, Eckart, Dipl.-Ing., 80336, München, DE

(72) Erfinder:
**Okuyama, Masayuki, Suwa, Nagano, JP;
Kameyama, Takayuki, Chiba, JP; Setsuda,
Nobuyuki, Chiba, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung eines Roboters und dieses Verfahren verwendende Robotersteuerung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4), der einem sich auf einem Fördermittel befördernden, sich bewegenden Gegenstand folgt und eine vorbestimmte Handlung an dem sich bewegenden Gegenstand ausführt, wobei das Verfahren folgende Schritte umfaßt:
Erfassen des sich bewegenden Gegenstands;
Ermitteln einer Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands in einem Fördermittelkoordinatensystem aus dem Ergebnis der Erfassung;
aufeinanderfolgendes Aktualisieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands in dem Fördermittelkoordinatensystem auf der Basis der Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands und des Ausmaßes an Bewegung des Fördermittels;
Transformieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige in einem Roboterkoordinatensystem;
Bilden eines Folgewegs für den Roboter (4) auf der Basis der transformierten Position, damit er dem sich bewegenden Gegenstand folgen kann;
gekennzeichnet durch
Ausführen eines einen Bewegungsbefehl enthaltenden Benutzerprogramms und Ermitteln, ob eine bezeichnete Position, die in dem Bewegungsbefehl in einem Benutzerprogramm enthalten ist, in dem Fördermittelkoordinatensystem angegeben ist oder nicht;
Bilden eines Folgeweges für den Roboter (4), um dem sich bewegenden Gegenstand zu einer Position zu folgen, die durch die ermittelte bezeichnete Position gegeben ist, wenn ermittelt wurde, dass die bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem angegeben ist; und Veranlassen, dass der Roboter (4) eine Folgebewegung entlang des Folgewegs startet.



(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	195 12 575	A1
US	5 243 690	A
US	5 727 132	A
US	5 568 593	A
WO	91/ 11 885	A1
JP	H09- 131 683	A
JP	S60- 221 805	A

CHENG, R.M.H., POON, S.C.L., MONTOR, T.:
"Adaptive Synchronization Control of a Robotic
Manipulator Operating in an Intelligent Workcell",
In: IEEE Transaction on Industrial Electronics,
Vol. 37, No. 2, April 1990, S. 119-126

KONUKSEVEN, I., KAFTANOGLU, B., BALKAN,
T.: "Multisensor Controlled Robotic Tracking and
Automatic Pick and Place", In: Proceedings of the
1997 IEEE/ RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots
and System, 7-11 Sept. 1997, Vol. 3, S. 1356-1362

NOMURA, H., NAITO, T.: "Integrated visual
servoing system to grasp industrial parts moving
on conveyer by controlling 6DOF arm", In:
Proceedings of the IEEE Conference on Systems,
Man and Cybernetics, 8-11 Oct. 2000, Vol. 3, S.
1768-1775

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Roboters, der einem sich bewegenden Gegenstand folgt, der auf einem Fördermittel oder ähnlichem befördert wird und der eine vorbestimmte Handlung an dem sich bewegenden Gegenstand vornimmt. Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem eine Robotersteuerung unter Verwendung dieses Verfahrens.

2. Beschreibung des technischen Hintergrunds

[0002] Bisher ermittelt beim Nachverfolgen eines Fördermittels, bei dem einem derartigen sich bewegenden Gegenstand (nachstehend als "Werkstück" bezeichnet) gefolgt wird, ein externer Sensor wie beispielsweise ein Näherungsschalter, ob das Werkstück in einen Bereich, in dem sich ein Roboter bewegen kann, gekommen ist oder nicht, und der Roboter beginnt nach Maßgabe eines Ermittlungssignals, dem Werkstück bei seiner Fingerspitze (Werkzeug) zu folgen und er nimmt eine Handlung an dem Werkstück vor, wenn die Hände das Werkstück erreichen. Das bekannte Nachverfolgen von Fördermitteln ist hauptsächlich beim Schweißen von auf einem Förderband angeordneten Automobilkarosserien angewendet worden. Das bekannte System des Nachverfolgens von Fördermitteln ist so ausgebildet, daß sich das Fördermittel mit niedriger Geschwindigkeit bewegt und jeweils eine kleine Anzahl an Werkstücken (im allgemeinen ein Werkstück) bearbeitet wird.

[0003] In jüngerer Zeit haben verschiedene Anwendungen die Nachverfolgung von Fördermitteln erfordert, und es wurde eine Verarbeitung einer Mehrzahl von Werkstücken erforderlich, während sie auf einem Förderband mit einer bestimmten Geschwindigkeit transportiert werden. Es war jedoch schwierig, Anwendungen unter Verwendung eines Systems wie dem oben beschriebenen zu realisieren, bei dem eine kleine Anzahl an Werkstücken verarbeitet wird.

[0004] Wenn sich die Positionen der Werkstücke ändern, ist ein bestimmter Rechenumfang in Proportion zur Anzahl an Werkstücken erforderlich. Daher müssen, wenn beispielsweise der Roboter so positioniert ist, daß er bezüglich des Förderbands geneigt ist, anstatt parallel zu ihm angeordnet zu sein, die aktuellen Positionen der Werkstücke durch Ausführen trigonometrischer Berechnungen auf der Basis des Neigungswinkels des Roboters bezüglich des Ausmaßes der Bewegung des Förderbands berechnet werden. Dadurch nimmt der Rechenumfang beträchtlich zu, daß es erforderlich ist, einen x-Koordinatenwert und einen y-Koordinatenwert in einem Roboter-

koordinatensystem (einem rechtwinkligen Koordinatensystem (x, y, z), bei dem die z-Achse eine vertikale Achse mit Ursprung an der Montagebasis des Roboters ist) zu berechnen. Daher besteht das Problem, daß die Anzahl an Werkstücken, die gleichzeitig verarbeitet werden kann, beschränkt ist, daß eine sehr schnelle CPU zum Verarbeiten einer Anzahl an Werkstücken erforderlich ist, etc.

[0005] Bei einem Betriebsprogramm für den Roboter zum Folgen der Werkstücke auf einem Förderband wird eine Zielposition des Werkzeugs des Roboters in dem Roboterkoordinatensystem angegeben. Daher ist es schwierig, die Position auf der Basis des Förderbands zu bezeichnen (beispielsweise eine Position 5 mm in Bewegungsrichtung oberhalb der Mitte eines Werkstücks oder eine Position 10 mm oberhalb in der Breitenrichtung des Förderbands von der Mitte des Werkstücks entfernt), und daher wird die Beschreibung des Programms komplex.

[0006] In jüngerer Zeit wurde ein System bekannt, das eine Kamera zum Erfassen der Werkstücke verwendet. Es wird erwartet, daß das System verwendet werden kann, wenn eine Mehrzahl von Werkstücken über ein Förderband verteilt ist, da die Kamera die Positionen und die Orientierung der Werkstücke ermitteln kann. Das Problem des großen Rechenumfangs zum Aktualisieren der aktuellen Positionen der Werkstücke ist in einem solchen System jedoch nicht gelöst worden.

[0007] Bei diesen bekannten Systemen müssen die Benutzer Prozesse zum Überprüfen programmieren, ob ein Werkstück in einer Betriebsreichweite des Roboters oder außerhalb der Betriebsreichweite positioniert ist. Daher muß in dem Benutzerprogramm eine Prozeßschleife zum Überwachen beschrieben werden, ob sich die aktuelle Position des Werkstücks in der Betriebsreichweite befindet oder nicht.

[0008] [Fig. 20](#) zeigt ein Beispiel der Beschreibung eines Benutzerprogramms. [Fig. 21](#) ist ein Flußdiagramm entsprechend dem in [Fig. 20](#) gezeigten Benutzerprogramm. Die gleichen Bezugszeichen werden für die entsprechenden Schritte in den [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) verwendet.

[0009] Bei diesen Benutzerprogramm wird durch eine Prozeßschleife (DO..LOOP) überprüft, ob das Werkstück in einer Betriebsreichweite positioniert ist oder nicht (Schritt S101), und wenn das Werkstück in der Betriebsreichweite positioniert ist, wird ein Folgeweg gebildet, und der Roboter folgt dem Werkstück (Schritt S102). Der Folgeweg wird bis zur Beendigung der Handhabung des Werkstücks wiederholt gebildet (Schritt S104), während eine Prozeßschleife (REPEAT..UNTIL) überprüft, ob sich das Werkstück aus der Betriebsreichweite heraus bewegt oder nicht (Schritt S103). Wenn sich der Roboter aus der

Betriebsreichweite herausbewegt, wird die Folgebewegung unterbrochen, und es wird ein Fehlerprozeß ausgeführt (Schritt S105).

[0010] Bei der bekannten Technologie wird, da auf der Basis eines Benutzerprogramms überprüft wird, ob das Werkstück in der Betriebsreichweite (Handhabungsbereich) des Roboters ankommt oder nicht, vom Benutzer eine arbeitsreiche Tätigkeit wie die Schaffung eines Programms verlangt, und das Programm wird komplex und daher schlecht lesbar.

[0011] Wenn das Programm aus irgendeinem Grund abgebrochen wird, während der Roboter die Folgebewegung ausführt, besteht das Risiko, daß der Roboter mit anderen Vorrichtungen kollidiert, die sich in Betriebsreichweite des Roboters befinden, oder daß ein Fehler von dem Roboter verursacht wird, der versucht, über seine Betriebsreichweite hinaus zu arbeiten.

[0012] Eine Robotersteuerung, die eine Mehrzahl von Vorrichtungen wie beispielsweise eine Kamera und einen Roboter steuert, ist mit einer Multi-Tasking-Fähigkeit versehen, um mit hoher Geschwindigkeit eine Parallelverarbeitung einer Mehrzahl von Programmen wie beispielsweise eines die Ermittlung der Position des Werkstücks betreffenden Programms und eines Betriebsprogramms des Roboters auszuführen. Einige Prozesse wie beispielsweise die Überprüfung der Ankunft oder der Abweichung des Werkstücks, die sogar bei einer einfachen Überprüfung zu gegebenen Intervallen gut genug funktionieren, werden jedoch aufgrund der Prozeßschleifen zu aufwendig verarbeitet, wodurch die Betriebsgeschwindigkeit der anderen Programme abnimmt und die Leistungsfähigkeit der Robotersteuerung als ganzes gesenkt wird, des heißt, die Multi-Tasking-Fähigkeit wird nicht effizient eingesetzt.

[0013] Das bekannte Handhabungssystem umfaßt im allgemeinen ein geradliniges Förderband, und es ist schwierig, eine Folgebewegung von Werkstücken zu steuern, die auf einem Förderband befördert werden, das einen gekrümmten Förderweg für die Werkstücke aufweist, wie es beispielsweise bei einem Drehtisch oder einem bogenförmigen Förderband der Fall ist. Eine Technologie ist beispielsweise in der japanischen Offenlegungsschrift JP 60-221805 A offenbart, welche diesen Nachteil beseitigt. Der Nachteil des zum Ermitteln der Position des Werkstücks erforderlichen großen Rechenumfanges wurde jedoch nicht beseitigt.

[0014] Aus der US 5 727 132 A ist ein Verfahren zur Steuerung eines Roboters bekannt, welches mittels eines optischen Sensors und anhand eines Referenzobjekts einen Bewegungsablauf erlernt und diesen erlernten Bewegungsablauf bei der anschließenden Bearbeitung von Werkstücken wiederholt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0015] Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung eines Roboters und eine dieses Verfahren verwendende Robotersteuerung zu schaffen, bei denen der Rechenumfang zum Ermitteln der aktuellen Position eines auf einem Förderband beförderten Werkstücks unabhängig vom Bewegungsweg gesenkt wird, ein Roboterbetrieb an einem sich bewegenden Gegenstand in einfacher Weise beschrieben werden kann und ein intuitives Lernen ermöglicht wird.

[0016] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung eines Roboters und eine dieses Verfahren verwendende Robotersteuerung zu schaffen, bei denen ein Programm einfach beschrieben und die Ausführungsgeschwindigkeit des Programms erhöht werden kann, indem ein Handhabungsbereich (Folgebereich) des Roboters eingestellt wird und eine Funktion zum Überprüfen der Beziehung der Positionen zwischen dem Folgebereich und dem Werkstück geschaffen wird.

[0017] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

(1) Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Steuerung eines Roboters geschaffen, der einem sich auf einem Fördermittel beförderten, sich bewegenden Gegenstand folgt und eine vorbestimmte Handlung an dem sich bewegenden Gegenstand ausführt. Das Verfahren umfaßt folgende Schritte: Erfassen des sich bewegenden Gegenstands; Ermitteln einer Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands in einem Fördermittelkoordinatensystem aus dem Ergebnis der Erfassung; aufeinanderfolgendes Aktualisieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands in dem Fördermittelkoordinatensystem auf der Basis der Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands und des Ausmaßes an Bewegung des Fördermittels; Transformieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige in einem Roboterkoordinatensystem; und Bilden eines Folgewegs für den Roboter auf der Basis der transformierten Position, damit er dem sich bewegenden Gegenstand folgen kann.

(2) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann das Fördermittelkoordinatensystem aus einer x-Achse in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands, einer zusammen mit der x-Achse eine Tragfläche des Fördermittels bildenden y-Achse und einer zur x-Achse sowie zur y-Achse senkrechten z-Achse bestehen.

(3) Das erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters umfaßt ferner folgenden Schritt: Veranlassen, daß der Roboter eine Folge-

bewegung nach Maßgabe eines Bewegungsbefehls startet, um dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position zu folgen, die durch die in dem Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, vorausgesetzt, daß die bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem angegeben ist.

(4) Das erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann ferner folgende Schritte umfassen: Einstellen eines Folgebereichs in dem Fördermittelkoordinatensystem; Ermitteln, auf der Basis des Folgebereichs und der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands, ob der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist oder nicht; Erzeugen eines Ereignisses der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands, wenn ermittelt wird, daß der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist; und Veranlassen, daß der Roboter eine Folgebewegung nach Maßgabe eines Bewegungsbefehls startet, um dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position zu folgen, die durch die in dem Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, wenn das Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt wird.

(5) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann mit einer bestimmten Häufigkeit ermittelt werden, ob der sich bewegende Gegenstand im Folgebereich positioniert ist oder nicht.

(6) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann der Folgebereich durch zwei zur Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands parallele erste Linien und zwei zu den ersten Linien senkrechte zweite Linien auf einer Tragefläche des Fördermittels begrenzt sein.

(7) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann der Folgeweg für den Roboter zum Folgen des sich bewegenden Gegenstands durch Addieren eines zusätzlichen Wegs in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands zu einem direkten Weg eines Werkzeugs des Roboters in einer Richtung zu einer Startposition hin gebildet sein, wo der sich bewegende Gegenstand beim Start der Folgebewegung positioniert ist, wobei der zusätzliche Weg durch Transformieren der Änderung der Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige im Roboterkoordinatensystem und außerdem in diejenige in einem Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird und der direkte Weg durch Transformieren von Positionen des Werkzeugs des Roboters und des sich bewegenden Gegenstands beim Start der Folgebewegung im Roboterkoordinatensystem bzw. im Fördermittelkoordinatensystem in diejenigen im Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird.

(8) Das erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann ferner folgende Schritte umfassen: Erzeugen eines Folgebewegungsabbruchereignisses, wenn ermittelt wird, daß der sich bewegende Gegenstand sich nicht im Folgebereich befindet; und Ausführen eines Prozesses in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis.

(9) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann der Prozeß in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis ein Prozeß zum Abbrechen der Bildung des zusätzlichen Wegs sein.

(10) Das erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann ferner folgende Schritte umfassen: Abbrechen der Bildung des zusätzlichen Wegs nach Maßgabe eines die bezeichnete Position enthaltenden Bewegungsbefehls, vorausgesetzt, daß die bezeichnete Position in dem Roboterkoordinatensystem angegeben ist; und Bilden des Folgewegs, der aus dem direkten Weg in einer Richtung zu der bezeichneten Position besteht.

(11) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann für jedes einer Mehrzahl von Fördermitteln ein Fördermittelkoordinatensystem vorgesehen sein.

(12) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann für jeden einer Mehrzahl von Robotern das Fördermittelkoordinatensystem und der Folgebereich vorgesehen sein.

(13) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann das Fördermittel ein geradliniges Fördermittel umfassen.

(14) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung eines Roboters kann das Fördermittel entweder ein bogenförmiges Fördermittel oder einen Drehtisch umfassen und das Koordinatensystem des Fördermittels eine durch einen Drehwinkel repräsentierte x-Koordinate, eine durch die Drehachse des Fördermittels repräsentierte z-Koordinate und eine durch den Abstand von der Drehachse repräsentierte y-Koordinate umfassen.

(15) Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Robotersteuerung zum Steuern eines Roboters, der einem von einem Fördermittel beförderten, sich bewegenden Gegenstand folgt und eine vorbestimmte Handlung an dem sich bewegenden Gegenstand ausführt: einen Speicherteil für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands zum Speichern der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands; einen Detektor zum Erfassen des sich bewegenden Gegenstands; einen Aktualisierungsteil für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands zum Ermitteln einer Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands in einem Fördermittelkoordinatensystem aus dem Ergebnis der Erfassung durch den De-

tektor, zum Berechnen der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands auf der Basis der Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands und des Ausmaßes an Bewegung des Fördermittels, und zum Aktualisieren des Speicherteils für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands mit den berechneten Daten; und einen Wegbildungsteil zum Transformieren der im Speicherteil für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands gespeicherten aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands in dem Fördermittelkoordinatensystem in diejenige in einem Roboterkoordinatensystem und zum Bilden eines Folgewegs für den Roboter auf der Basis der transformierten Position, damit er dem sich bewegenden Gegenstand folgen kann.

(16) Bei einer erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann das Fördermittelkoordinatensystem aus einer x-Achse in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands, einer zusammen mit der x-Achse eine Tragefläche des Fördermittels bildende y-Achse und einer zur x-Achse sowie zur y-Achse senkrechten z-Achse bestehen.

(17) Die erfindungsgemäße Robotersteuerung kann ferner umfassen: einen Benutzerprogrammausführteil, der ein mit einem Bewegungsbefehl beschriebenes Benutzerprogramm ausführt und ermittelt, ob die in dem Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem beschrieben ist oder nicht, wobei der Wegbildungsteil einen Folgeweg für den Roboter bildet, damit er dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position folgt, die durch die im Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, wenn der Benutzerprogrammausführteil ermittelt, daß die bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem beschrieben ist.

(18) Die erfindungsgemäße Robotersteuerung kann ferner umfassen: einen Folgebereichspeicherteil zum Speichern eines durch Koordinaten im Fördermittelkoordinatensystem repräsentierten Folgebereichs; und einen Ereigniserfassungsteil, der auf der Basis der im Speicherteil für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands gespeicherten aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands und dem im Folgebereichspeicherteil gespeicherten Folgebereich ermittelt, ob der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist oder nicht, der ein Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt, wenn er ermittelt, daß der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist, und der ein Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt, wenn er ermittelt, daß der sich bewegende Gegenstand nicht in dem Folgebereich positioniert ist. Der Wegbildungsteil kann einen Folgeweg bilden, damit der Roboter dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position folgen kann, die durch die im Bewegungsbe-

fehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, wenn das Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt wird.

(19) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann der Ereigniserfassungsteil in gegebenen Intervallen ermitteln, ob der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist oder nicht.

(20) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann der Folgebereich durch zwei zur Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands parallele erste Linien und zwei zu den ersten Linien senkrechte zweite Linien auf einer Tragefläche des Fördermittels begrenzt sein.

(21) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann der Wegbildungsteil den Folgeweg für den Roboter zum Folgen des sich bewegenden Gegenstands durch Addieren eines zusätzlichen Wegs in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands zu einem direkten Weg eines Werkzeugs des Roboters in einer Richtung zu einer Startposition hin bilden, wo der sich bewegende Gegenstand beim Start der Folgebewegung positioniert ist, wobei der zusätzliche Weg durch Transformieren der Änderung der Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige im Roboterkoordinatensystem und außerdem in diejenige in einem Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird und der direkte Weg durch Transformieren von Positionen des Werkzeugs des Roboters und des sich bewegenden Gegenstands beim Start der Folgebewegung im Roboterkoordinatensystem bzw. im Fördermittelkoordinatensystem in diejenigen im Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird.

(22) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann der Benutzerprogrammausführteil das Ausführen eines Prozesses in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis starten, wenn der Ereigniserfassungsteil das Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt.

(23) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann der Prozeß in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis ein Prozeß zum Abbrechen der Bildung des zusätzlichen Wegs sein.

(24) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann der Wegbildungsteil die Bildung des zusätzlichen Wegs abbrechen und den aus dem direkten Weg in einer Richtung zu der bezeichneten Position hin bestehenden Folgeweg bilden, wenn der Benutzerprogrammausführteil ermittelt, daß die im Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position in dem Roboterkoordinatensystem angegeben ist.

(25) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann für jedes einer Mehrzahl von Fördermitteln ein Fördermittelkoordinatensystem vorgesehen sein.

(26) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann für Jeden einer Mehrzahl von Robotern das Fördermittelkoordinatensystem und der Folgebereich vorgesehen sein.

(27) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann das Fördermittel ein geradliniges Fördermittel umfassen.

(28) Bei der erfindungsgemäßen Robotersteuerung kann das Fördermittel entweder ein bogenförmiges Fördermittel oder einen Drehtisch umfassen und das Koordinatensystem des Fördermittels eine durch einen Drehwinkel repräsentierte x-Koordinate, eine durch die Drehachse des Fördermittels repräsentierte z-Koordinate und eine durch den Abstand von der Drehachse repräsentierte y-Koordinate umfassen.

[0018] Bei der oben unter (1) und (15) beschriebenen Anordnung wird durch Aktualisieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands in dem Fördermittelkoordinatensystem die Berechnung für die Aktualisierung im Vergleich zum Fall der Aktualisierung im Roboterkoordinatensystem einfach. Wenn eine vorbestimmte Bewegung zu den sich bewegenden Gegenstand beschrieben wird, ist eine einfache und intuitive Bezeichnung der Position möglich, indem das Fördermittelkoordinatensystem als Referenz verwendet wird, und die Programmbeschreibung wird einfach.

[0019] Bei der oben unter (2) und (16) beschriebenen Anordnung variiert, da die x-Achse des Fördermittel koordinatensystems in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands angeordnet ist, nur der x-Koordinatenwert der Position des sich bewegenden Gegenstands. Daher muß zur Aktualisierung der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands nur der x-Koordinatenwert aktualisiert werden, wodurch der Rechenumfang im Vergleich zum Fall der Aktualisierung im Roboterkoordinatensystem reduziert werden kann.

[0020] Bei der oben unter (3) und (17) beschriebenen Anordnung kann die Folgebewegung ohne einen Folgebewegungsstartbefehl nur durch einen Bewegungsbefehl gestartet werden, der die bezeichnete Position des Fördermittelkoordinatensystems enthält. Daher wird die Programmbeschreibung durch den Benutzer ohne Berücksichtigung der Bewegung des Fördermittels ermöglicht.

[0021] Bei der oben unter (4), (5), (6), (18), (19) und (20) beschriebenen Anordnung wird ein Folgebereich im Fördermittelkoordinatensystem eingestellt, und es wird auf der Basis des Folgebereichs und der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands ermittelt, ob der sich bewegende Gegenstand im Folgebereich positioniert ist oder nicht. Wenn ermittelt ist, daß der sich bewegende Gegenstand im Folgebereich positioniert ist, wird ein Ereignis der An-

kunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt, und wenn das Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt wird, wird für den Roboter ein Prozeß zum Folgen des sich bewegenden Gegenstands an einer Position ausgeführt, die durch die in dem Bewegungsbefehl enthaltenen Positionsbestimmungsdaten bezeichnet ist. Daher ist es nicht erforderlich, eine Prozeßschleife in einem Benutzerprogramm zu beschreiben, während die Position des sich bewegenden Gegenstands überwacht wird, wodurch das Programm lesbar ist und die Prozeßgeschwindigkeit erhöht werden kann.

[0022] Bei der oben unter (7) und (21) beschriebenen Anordnung wird der zusätzliche Weg in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands auf der Basis der Änderung der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands gebildet, wodurch der Folgeweg so gebildet werden kann, daß die Variationen der Geschwindigkeit des Fördermittels kompensiert werden können.

[0023] Bei der oben unter (8) und (22) beschriebenen Anordnung wird, wenn ermittelt wird, daß der sich bewegende Gegenstand nicht im Folgebereich positioniert ist, ein Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt, und ein Prozeß entsprechend dem Folgebewegungsabbruchereignis startet. Daher wird ein Betriebsprogramm zum Vermeiden des Risikos eines Fehlers, der dadurch hervorgerufen wird, daß der Roboter die Folgebewegung über seine Betriebsreichweite hinaus fortsetzt, ausgeführt. Das heißt, der Benutzer braucht nur eine Bewegung zum Vermeiden des obigen Risikos als einen Prozeß entsprechend dem Folgebewegungsabbruchereignis zu beschreiben.

[0024] Bei der oben unter (9) und (23) beschriebenen Anordnung wird, wenn des Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt wird, die Bildung des zusätzlichen Wegs abgebrochen. Daher kann das Risiko, daß der Roboter die Folgebewegung über den Folgebereich hinaus fortsetzt, automatisch und zuverlässig vermieden werden.

[0025] Bei der oben unter (10) und (24) beschriebenen Anordnung wird beim Ausführen eines Bewegungsbefehls, der die im Roboterkoordinatensystem angegebene bezeichnete Position enthält, die Bildung des zusätzlichen Wegs abgebrochen und der direkte Weg zur bezeichneten Position hin gebildet. Daher kann, wenn die Zielposition (bezeichnete Position) außerhalb des Fördermittels liegt, die Bildung des zusätzlichen Wegs automatisch abgebrochen und der Roboter automatisch zu der bezeichneten Position bewegt werden, indem der Benutzer die bezeichnete Position in dem Roboterkoordinatensystem beschreibt, wodurch der Benutzer ein Programm ohne Berücksichtigung des aktuellen Zu-

stands des Roboters oder der Bewegung des Fördermittels schaffen kann.

[0026] Bei der oben unter (11) und (25) beschriebenen Anordnung ist, wenn eine Mehrzahl an Fördermitteln verwendet wird, für jedes der Mehrzahl von Fördermitteln ein Fördermittelkoordinatensystem vorgesehen, wodurch in einfacher Weise ein Programm zum Befördern des sich bewegenden Gegenstands von einem der Fördermittel zu einem anderen Fördermittel geschaffen werden kann, indem ein Bewegungsbefehl beschrieben wird, der die bezeichnete Position enthält, die in dem entsprechenden Koordinatensystem angegeben ist.

[0027] Bei der oben unter (12) und (26) beschriebenen Anordnung kann eine Mehrzahl an Robotern für ein Fördermittel verwendet werden, indem für jeden Roboter das Fördermittelkoordinatensystem und der Folgebereich vorgesehen werden.

[0028] Bei der oben unter (13), (14), (27) und (28) beschriebenen Anordnungen können die oben beschriebenen Vorteile durch Verwendung entweder eines geradlinigen Fördermittels, eines bogenförmigen Fördermittels oder eines Drehtischs als Fördermittel genutzt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] [Fig. 1](#) ist ein Funktionsblockschaltbild eines Handhabungssystems, das eine Robotersteuerung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet;

[0030] [Fig. 2](#) ist eine Darstellung, welche die Konfiguration der Software gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0031] [Fig. 3](#) ist eine Darstellung einer Übersicht des Systems gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0032] [Fig. 4](#) ist eine Darstellung, die ein Fördermittelkoordinatensystem zeigt;

[0033] [Fig. 5](#) ist eine Darstellung, die eine hierarchische Struktur von Koordinatensystemen zeigt;

[0034] [Fig. 6](#) ist eine Darstellung eines Folgebereichs;

[0035] [Fig. 7](#) ist ein Flußdiagramm des Betriebs eines in [Fig. 1](#) gezeigten Ereigniserfassungsteils, der in gegebenen Abtastintervallen ausgeführt wird;

[0036] [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm des Betriebs eines in [Fig. 1](#) gezeigten Benutzerprogrammausführungsteils;

[0037] [Fig. 9](#) ist ein Graph, der die Positionsbeziehungen bei der ersten Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0038] [Fig. 10](#) ist ein Flußdiagramm des Betriebs eines in [Fig. 1](#) gezeigten Wegbildungsteils;

[0039] [Fig. 11](#) ist eine Beschreibung eines Benutzerprogramms gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in dem "XQT task 1" oder "XQT task 2" einen Befehl zum Aktivieren eines Programms bezeichnet, das mit dem Aufgabennamen "task 1" bzw. "task 2" bezeichnet ist, und "ABORT task 1" bezeichnet einen Befehl zum Beenden des Programms, das mit dem Aufgabennamen "task 1" bezeichnet ist;

[0040] [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) sind Flußdiagramme zum Bearbeiten der in [Fig. 11](#) gezeigten Aufgabe 1 bzw. der Aufgabe 2;

[0041] [Fig. 13](#) ist eine Darstellung einer Übersicht eines Handhabungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0042] [Fig. 14](#) ist eine Darstellung, welche die Positionsbeziehungen eines Werkstücks in dem in [Fig. 13](#) gezeigten Handhabungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt;

[0043] [Fig. 15](#) ist eine Darstellung einer Übersicht eines Handhabungssystems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0044] [Fig. 18](#) ist eine Darstellung, die ein Fördermittelkoordinatensystem und einen Folgebereich in dem in [Fig. 15](#) gezeigten Handhabungssystem gemäß der dritten Ausführungsform zeigt;

[0045] [Fig. 17](#) ist eine Darstellung einer Übersicht eines Handhabungssystems gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0046] [Fig. 18](#) ist eine Darstellung einer Übersicht über ein Handhabungssystem gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; [Fig. 19A](#) und [Fig. 19B](#) sind Graphen, die ein anderes Fördermittelkoordinatensystem und einen Folgebereich zeigen;

[0047] [Fig. 20](#) ist eine Beschreibung eines bekannten Benutzerprogramms, in dem "workpos.x" die x-Koordinate der aktuellen Position eines Werkstücks repräsentiert, "workpos.y" die y-Koordinate der aktuellen Position des Werkstücks repräsentiert, ein Folgebetrieb in einem Bereich (100, 300) bis (200, 400) ausgeführt wird, "TRACK ON/OFF" einen Befehl repräsentiert, dem Fördermittel zu folgen/nicht zu folgen, und "HANDLING" eine Funktion repräsentiert,

die zurückgibt, ob die Handhabung beendet ist oder nicht, und "1" zurückgibt, wenn sie beendet ist; und

[0048] Fig. 21 ist ein Flußdiagramm zum Ausführen des in Fig. 20 gezeigten Programms.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Erste Ausführungsform

[0049] Fig. 1 ist ein Funktionsblockschaltbild eines Handhabungssystems unter Verwendung einer Robotersteuerung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 2 ist eine Darstellung, welche die Konfiguration von Software gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Fig. 3 ist eine Darstellung einer Übersicht über das Handhabungssystem gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung.

[0050] Fig. 1 und Fig. 3 zeigen ein Fördermittel (Band) 1, das eine Beförderungsvorrichtung ist, eine Kamera 2 zum Erfassen eines auf dem Band 1 beförderten Werkstücks, einen Codierer 3, der an dem Band 1 montiert ist und des Ausmaß der Bewegung des Bands 1 erfaßt, und einen Roboter 4. Das Band 1, die Kamera 2, der Codierer 3 und der Roboter 4 sind an eine Robotersteuerung 5 angeschlossen, und bilden ein Handhabungssystem.

[0051] Die Robotersteuerung 5 enthält einen Benutzerprogrammspeicherteil 11 zum Speichern eines Benutzerprogramms, einen Benutzerprogramm-ausführteil 12 zum Ausführen des im Benutzerprogrammspeicherteil 11 gespeicherten Benutzerprogramms, einen Speicherteil 13 für die aktuelle Position des Werkstücks zum Speichern der aktuellen Position eines Werkstücks, das von der Kamera erkannt worden ist, einen Teil 14 zum Aktualisieren der in dem Speicherteil 13 für die aktuelle Position des Werkstücks gespeicherten aktuellen Position des Werkstücks nach Maßgabe des Ausmaßes der Bewegung des Bandes 1, einen Speicherbereich 15 für den Folgebereich, in dem ein Folgebereich eingestellt ist, und einen Wegbildungsteil 16, der einen Weg eines Betriebspunkts (eines Werkzeugs des Roboters) durch Einstellen eines Winkels für jedes Gelenk bildet, den gebildeten Weg in einen Motorbefehlswert (Impulse) umsetzt und den Wert an einen Motorsteuerteil 18 ausgibt, der unten beschrieben wird. Die Robotersteuerung 5 enthält des weiteren einen Ereigniserfassungsteil 17, der ein Ereignis des Werkstücks bezüglich des Folgebereichs erfaßt, und den Motorsteuerteil 18 zum Steuern eines Motors 4a der jeweiligen Gelenke in Antwort auf die Motorbefehlswerte von dem Wegbildungsteil 16. Der Wegbildungsteil 16 und der Ereigniserfassungsteil 17 werden jeweils nach einer gegebenen Abtastzeit von externer Hardware wie beispielsweise einem Zeitgeber und einem

Betriebssystem (OS) aktiviert, was unten beschrieben wird.

[0052] In Fig. 2 ist die Software der Robotersteuerung 5 mit einem Benutzerprogramm, einem Betriebssystem (OS) mit einer Ereignisfunktion, einer Multi-Tasking-Fähigkeit, etc. zum Steuern der Robotersteuerung 5 sowie mit einem Steuerprogramm zum Erfassen von Positionen des Roboters 4 und des Bands 1 gebildet.

[0053] Das Fördermittelkoordinatensystem (das Koordinatensystem der Beförderungsvorrichtung), das in der Robotersteuerung 5 verwendet wird, wird unten beschrieben.

[0054] Fig. 4 ist eine Darstellung, die das Fördermittelkoordinatensystem zeigt.

[0055] Das Fördermittelkoordinatensystem ist definiert durch die zur Bewegung des Werkstücks parallele x-Achse, die y-Achse, die zusammen mit der x-Achse eine Werkstückebene (Transport- bzw. Tragfläche des Bands 1) bildet, wobei die y-Achse in einem geraden Band senkrecht zur x-Achse ist, und die zur x-Achse und zur y-Achse senkrechte z-Achse. Das Fördermittelkoordinatensystem ist eindeutig in das Roboterkoordinatensystem transformierbar. Der Ursprung des Fördermittelkoordinatensystems kann die Position des Werkstücks zu einem bestimmten Zeitpunkt sein oder kann auf eine gegebene Position eingestellt sein. Das Roboterkoordinatensystem ist ein rechtwinkeliges Koordinatensystem, dessen Ursprung sich auf der Installationsbasis des Roboters 4 befindet.

[0056] Die Position in dem Fördermittelkoordinatensystem und die Position in dem Roboterkoordinatensystem werden in dem Benutzerprogramm wie folgt beschrieben.

Die Daten der Position in dem Roboterkoordinatensystem: $P_R = x, y, z, u, v, w$

Die Daten der Position in dem Fördermittelkoordinatensystem: $P_c = xc, yc, zc, uc, vc, wc/CNV$

[0057] Die Symbole x, y und z repräsentieren Komponenten einer Position auf der x-, y- bzw. z-Achse im Roboterkoordinatensystem, und die Symbole xc, yc und zc repräsentieren Komponenten der Position auf der x-, y- bzw. z-Achse im Fördermittelkoordinatensystem. Die Symbole u, v und w bezeichnen die Orientierung an der Position in dem Roboterkoordinatensystem, und die Symbole uc, vc und wc repräsentieren die Orientierung an der Position in dem Fördermittelkoordinatensystem. Das Symbol "/CNV", das an das Ende der Reihe von Koordinatenwerten angehängt ist, gibt an, daß sie Bandkoordinaten sind.

[0058] Das Fördermittelkoordinatensystem ist eindeutig in das Roboterkoordinatensystem transfor-

mierbar, wie oben beschrieben. Die Transformationen vom einen zum anderen sind nachstehend ausgedrückt, wobei T eine Transformationsmatrix repräsentiert.

$$(x, y, z, u, v, w, 1) = T \cdot (x_c, y_c, z_c, u_c, v_c, w_c, 1)$$

$$(x_c, y_c, z_c, u_c, v_c, w_c, 1) = T^{-1} \cdot (x, y, z, u, v, w, 1)$$

[0059] Durch Verwendung eines derartigen Fördermittelkoordinatensystems variiert nur die x-Koordinate der Position des Werkstücks nach Maßgabe der Bewegung des Bands. Durch Berechnen der aktuellen Position des Werkstücks unter Verwendung des Fördermittelkoordinatensystems kann die Berechnung der y-Koordinate und der z-Koordinate weggelassen werden, wodurch eine große Anzahl sich auf dem Band bewegendes Werkstücke verarbeitet werden kann, ohne der Robotersteuerung 5 eine große Belastung aufzuerlegen.

[0060] Fig. 5 ist eine Darstellung, die eine hierarchische Struktur von Koordinatensystemen zeigt.

[0061] Das Roboterkoordinatensystem, ein Gelenkwinkelkoordinatensystem und ein Motorimpulskoordinatensystem sind bekannte Koordinatensysteme. Das erfindungsgemäß neu eingeführte Fördermittelkoordinatensystem und die bekannten Koordinatensysteme bilden die in Fig. 5 gezeigte hierarchische Struktur. Diese Koordinatensysteme sind ineinander transformierbar. Ein in irgendeinem Koordinatensystem eingegebener Befehlswert für den Roboter 4 wird in die anderen Koordinatensysteme transformiert, eines nach dem anderen, die in den nachfolgenden Hierarchien angeordnet sind, und er wird schließlich auf der Basis des Motorimpulskoordinatensystems in Impulse transformiert, die an den Motorsteuerteil 18 auszugeben sind.

[0062] Beispiele der einen Bewegungsbefehl GO beschreibenden Anweisung in den einzelnen Koordinatensystemen sind unten angegeben.

[0063] Der Benutzer beschreibt den Bewegungsbefehl durch Verwendung der Daten der Position P_c in dem Fördermittelkoordinatensystem, wenn die Zielposition des Werkzeugs des Roboters eine Position auf dem Band 1 ist, beispielsweise wenn ein sich bewegendes Werkstück angepeilt wird. Der Benutzer beschreibt den Bewegungsbefehl durch Verwendung der Daten der Position PR in dem Roboterkoordinatensystem, wenn die Zielposition des Werkzeugs des Roboters eine Position außerhalb des Bands 1 ist, beispielsweise wenn ein Werkstück auf einem seitlich des Roboters 4 angeordneten Tisch angepeilt wird.
Befehl in dem Fördermittelkoordinatensystem: GO $x_c, y_c, z_c, u_c, v_c, w_c/CNV$
Befehl in dem Roboterkoordinatensystem: GO x, y, z, u, v, w

Befehl in dem Gelenkwinkelkoordinatensystem: GO JA (J1, J2, J3, J4, J5, J6)

Befehl in dem Motorimpulskoordinatensystem: GO PULSE (p1, p2, p3, p4, p5, p6)

[0064] Die obigen J1 bis J6 in dem Gelenkwinkelkoordinatensystem repräsentieren jeweils einen Gelenkwinkel, und p1 bis p6 in dem Motorimpulskoordinatensystem repräsentieren jeweils die Anzahl an Impulsen, die für jedes Gelenk des Roboters bezeichnet sind. In dem Fördermittelkoordinatensystem kann die Bestimmung erfolgen, indem "GO workpos" unter Verwendung einer Variablen "workpos" beschrieben wird, welche die aktuelle Position des Werkstücks angibt, beispielsweise auf dem Band 1, anstatt eine Bezeichnung unter Verwendung der Daten der Position P_c vorzunehmen.

[0065] Gemäß Fig. 1 beobachtet die Kamera 2 das Werkstück auf dem Band 1. Der Teil 14 zum Aktualisieren der aktuellen Position des Werkstücks ermittelt die Position des Werkstücks in dem Fördermittelkoordinatensystem aus dem von der Kamera aufgenommenen Bild und speichert die Daten der Position in dem Speicherteil 13 für die aktuelle Position des Werkstücks. Dieser Prozeß wird als "Werkstückregistrierung" bezeichnet. Andererseits gibt der Codierer 3 Bandimpulse aus. Der Teil 14 zum Aktualisieren der aktuellen Position des Werkstücks berechnet das Ausmaß an Bewegung des Werkstücks auf dem Band 1 nach Maßgabe der Bandimpulse und aktualisiert nacheinander die Daten der im Speicherteil 13 für die aktuelle Position des Werkstücks gespeicherten Daten. Das Ausmaß an Bewegung des Werkstücks kann durch Ermittlung der Differenz zwischen der Anzahl an bis zur Bildaufnahme angesammelten Bandimpulsen und der Anzahl an bis zum Moment der Berechnung angesammelten Bandimpulsen und durch Ermittlung des Produkts der Differenz mit dem vorab eingestellten Ausmaß an Bewegung pro Bandimpuls in dem Fördermittelkoordinatensystem gewonnen werden. Der Teil 14 zum Aktualisieren der aktuellen Position des Werkstücks ermittelt die aktuelle Position des Werkstücks in dem Fördermittelkoordinatensystem durch Addieren des so berechneten Ausmaßes an Bewegung des Werkstücks zu dem bei der Bildaufnahme berechneten Koordinatenwert und aktualisiert die in dem Speicherteil 13 für die aktuelle Position des Werkstücks gespeicherten Daten. Da die y-Koordinate und die z-Koordinate nicht variieren, berechnet der Teil 14 zum Aktualisieren der aktuellen Position des Werkstücks nur die x-Koordinate und unterläßt die Berechnung der y-Koordinate und der z-Koordinate.

[0066] Fig. 6 ist eine Darstellung des Folgebereichs, der im Speicherteil 15 für den Folgebereich gespeichert ist. Das in Fig. 6 gezeigte Koordinatensystem ist das Fördermittelkoordinatensystem (die z-Achse ist nicht gezeigt).

[0067] Der Folgebereich ist ein Bereich, in dem der Roboter **4** einen Folgevorgang ausführt, und er wird durch den Benutzer durch Eingabe von Koordinatenwerten (Folgebereichskordinaten) in dem Fördermittelkoordinatensystem unter Berücksichtigung der Betriebsreichweite des Roboters eingestellt. Des heißt, wenn der schraffierte Bereich in **Fig. 6** bezeichnet wird, werden Folgebereichskordinaten ($x_a, y_a, 0$) und ($x_b, y_b, 0$) von zwei Punkten a bzw. b in dem Folgebereichspeicherteil **15** als Folgebereichseinstellwerte gespeichert.

[0068] **Fig. 7** ist ein Flußdiagramm des Betriebs des in **Fig. 1** gezeigten Ereigniserfassungsteils **17**.

[0069] Der Ereigniserfassungsteil **17** greift, wenn er zu den gegebenen Abständen aufgerufen wird, auf den Speicherteil **13** für die aktuelle Position des Werkstücks zu und überprüft, ob das Werkstück registriert ist oder nicht (Schritt S1). Wenn das Werkstück registriert ist, überprüft der Ereigniserfassungsteil **17** auf der Basis der aktuellen Werkstückposition und der in dem Folgebereichspeicherteil **15** gespeicherten Folgebereichseinstellwerte, ob das Werkstück im Folgebereich positioniert ist oder nicht (Schritt S2). Wenn das Werkstück im Folgebereich positioniert ist, erzeugt der Ereigniserfassungsteil **17** ein Werkstückankunftsereignis (Schritt S3), und wenn das Werkstück nicht im Folgebereich positioniert ist und der Roboter **4** dem Werkstück gerade folgt (Schritt S4), erzeugt der Ereigniserfassungsteil **17** ein Folgebewegungsabbruchereignis (Schritt S5) und beendet den Prozeß.

[0070] **Fig. 8** ist ein Flußdiagramm der Betriebsweise des in **Fig. 1** gezeigten Benutzerprogrammausführteils **12**.

[0071] Der Benutzerprogrammausführteil **12** liest eine Zeile der im Benutzerprogramm beschriebenen Anweisung ein (Schritt S11) und ermittelt, ob der Befehl der eingelesenen Anweisung ein Bewegungsbefehl ist oder nicht (Schritt S12). Wenn ermittelt wird, daß der Befehl kein Bewegungsbefehl ist, führt der Benutzerprogrammausführteil **12** einen Prozeß in Antwort auf den Befehl aus (Schritt S13). Wenn ermittelt wird, daß der Befehl ein Bewegungsbefehl ist, überprüft der Benutzerprogrammausführteil **12**, ob die Daten der durch den Bewegungsbefehl bezeichneten Position für das Fördermittelkoordinatensystem oder Roboterkoordinatensystem sind (Schritt S14). Wenn sie für das Fördermittelkoordinatensystem sind, setzt der Benutzerprogrammausführteil **12** ein Flag auf 1 (Schritt S15), und wenn sie für das Roboterkoordinatensystem sind, setzt der Benutzerprogrammausführteil **12** das Flag auf 0 (Schritt S16). Dann wird der Bewegungsbefehl registriert (Schritt S17). Die Registrierung des Bewegungsbefehls wird so ausgeführt, daß zur Bildung eines Wegs in dem Wegbildungsteil **16** erforderliche Daten berechnet

werden und die berechneten Daten in dem Wegbildungsteil **16** registriert werden, was nachstehend ausführlich beschrieben wird.

[0072] Der Benutzerprogrammausführteil **12** geht nach der Registrierung des Bewegungsbefehls in einen Wartezustand, um auf eine Bewegungsbefehlbeendigungsnachricht von dem Wegbildungsteil **16** zu warten (Schritt S18). D. h., der Benutzerprogrammausführteil **12** wartet, bis das Werkzeug des Roboters **4** eine durch den Bewegungsbefehl bezeichnete Position erreicht. Wenn das Erreichen des Werkzeugs durch die Bewegungsbefehlbeendigungsnachricht von dem Wegbildungsteil **16** mitgeteilt ist, ermittelt der Benutzerprogrammausführteil **12**, ob der ausgeführte Prozeß für den letzten Befehl ausgeführt wird oder nicht (Schritt S19). Wenn ermittelt wird, daß der Bewegungsbefehl nicht der letzte ist, geht der Prozeß zurück zu Schritt S11 und wird wiederholt, bis das Programm beendet ist.

[0073] Der Registrierungsprozeß des Bewegungsbefehls wird unten beschrieben.

[0074] Der Prozeß wird so ausgeführt, daß eine Gelenkwinkeländerung ΔJ , die zum Bewegen des Werkzeugs des Roboters **4** von der aktuellen Position zu einer durch den Bewegungsbefehl bezeichneten Position (d. h. die Position des Werkstücks vor dem Starten einer Folgebewegung) erforderlich ist, und eine Zeit T, die zum Bewegen des Werkzeugs des Roboters **4** aus der aktuellen Position in die bezeichnete Position erforderlich ist, berechnet werden, und des Ergebnis wird in dem Wegbildungsteil **16** registriert.

[0075] Die Gelenkwinkeländerung ΔJ ist aus der Differenz zwischen dem aktuellen Gelenkwinkel des Roboters **4** und einem Gelenkwinkel des Roboters **4** mit dem in der bezeichneten Position positionierten Werkzeug ermittelbar. **Fig. 9** ist ein Graph, der die Beziehung zwischen der Position des Werkstücks und dem Gelenkwinkel des Roboters **4** zeigt, wobei die aktuelle Position des Roboters **4** durch P0 repräsentiert und die bezeichnete Position auf dem Band **1** durch P1 repräsentiert ist (die aktuelle Position P0 ist im Roboterkoordinatensystem und die bezeichnete Position P1 ist im Fördermittelkoordinatensystem). Die Gelenkwinkeländerung ΔJ wird aus dem folgenden Ausdruck ermittelt, wobei aus der bezeichneten Position P1 des Werkstücks gewonnene Gelenkwinkelkoordinaten J1, die in das Roboterkoordinatensystem und dann in das Gelenkwinkelkoordinatensystem transformiert werden, und aus der aktuellen Position P0 des Roboters **4** gewonnene Gelenkwinkelkoordinaten J0, die in das Gelenkwinkelkoordinatensystem transformiert werden, verwendet werden.

$$\Delta J = J1 - J0$$

[0076] Die Zeit T wird unter Berücksichtigung der Beschränkungen des Motors der einzelnen Gelenke und ähnlichem durch ein vorab eingestelltes Berechnungsverfahren berechnet. Die Gelenkwinkeländerung ΔJ und die so berechnete Zeit T werden als Bewegungsbefehl im Wegbildungsteil **16** registriert.

[0077] [Fig. 10](#) ist ein Flußdiagramm des Betriebs des in [Fig. 1](#) gezeigten Wegbildungsteils **16**.

[0078] Der Wegbildungsteil **16** überprüft, wenn er zu den gegebenen Abtastintervallen aufgerufen wird, ob der Bewegungsbefehl registriert ist oder nicht (Schritt S21). Wenn der Bewegungsbefehl registriert ist, d. h., die Bewegung des Roboters **4** ist angewiesen, bildet der Wegbildungsteil **16** einen Folgeweg, längs dem die Bewegung ausgeführt wird. Um den Folgeweg zu bilden, wird zuerst ein Direktgelenkwinkel $J_s(t)$ berechnet (Schritt S22), der einen direkten Weg in einer Richtung zur Bewegung des Werkzeugs des Roboters **4** von einer aktuellen Position zu einer bezeichneten Position repräsentiert, die in einem Bewegungsbefehl enthalten ist (in eine Richtung zur Position des Werkstücks zur Zeit, wenn der Roboter **4** die Folgebewegung startet). Der Gelenkwinkel $J_s(t)$ wird durch den folgenden Ausdruck unter Verwendung der Gelenkwinkeländerung ΔJ und der Zeit T gewonnen.

$$J_E(t) = J_0 + \Delta J \cdot (t - t_0) / T \quad (t_0 \leq t \leq t_0 + T)$$

[0079] In dem obigen Ausdruck bezeichnet J_0 einen Gelenkwinkel des Roboters **4** an der aktuellen Position P_0 , und t_0 bezeichnet die Zeit, wenn die Folgebewegung startet.

[0080] Dann wird auf der Basis der aktuellen Zeit t ermittelt, ob die Wegbildung beendet ist oder nicht (Schritt S23). Wenn die aktuelle Zeit t kleiner als $t_0 + T$ ist, wird bestimmt, daß die Wegbildung nicht beendet ist, und es wird nach Maßgabe des Flags überprüft, ob die bezeichnete Position durch die Bandkoordinaten oder die Roboterkoordinaten gegeben ist (Schritt S25). Wenn Flag 1 erkannt wird, wird bestimmt, daß die bezeichnete Position durch die Bandkoordinaten gegeben ist, und eine zusätzliche Gelenkwinkeländerung $\Delta J_i(t)$ für einen zusätzlichen Weg in der Bewegungsrichtung des Werkstücks, d. h. für eine zusätzliche Folgebewegung unter Berücksichtigung der Bewegung des Bands **1**, wird berechnet (Schritt S26).

[0081] Die Berechnung der zusätzlichen Gelenkwinkeländerung $\Delta J_i(t)$ für die zusätzliche Folgebewegung wird unter Bezug auf [Fig. 9](#) beschrieben.

[0082] In [Fig. 9](#) ist die durch die Bandkoordinaten angegebene Position des Werkstücks zur Zeit t durch $P_i(t)$ repräsentiert, und die Änderung von $P_i(t)$ wird durch den Codierer **3** erfaßt. Wenn $P_i(t)$ überprüft wird, beispielsweise in vorbestimmten Intervallen, kann eine Änderung $\Delta P_i(t)$ während eines In-

tervals ermittelt werden. Die Gelenkwinkeländerung $\Delta J_i(t)$ für die zusätzliche Folgebewegung entspricht der Änderung $\Delta P_i(t)$ von $P_i(t)$ und wird auf der Basis von Gelenkwinkeln $J_i(t)$, die durch Transformieren der Positionen $P_i(t)$ im Fördermittelkoordinatensystem in diejenigen im Gelenkwinkelkoordinatensystem über diejenigen im Roboterkoordinatensystem gewonnen werden, durch den folgenden Ausdruck berechnet:

$$\Delta J_i(t) = J_i(t) - J_1$$

[0083] Die zusätzliche Gelenkwinkeländerung $\Delta J_i(t)$ zeigt die Bewegung des Werkstücks in dem Gelenkwinkelkoordinatensystem und wird zur Bildung des Folgewegs in der Folgerichtung des Roboters **4** verwendet, so daß der Folgeweg unter Berücksichtigung des Ausmaßes an Bewegung (der Geschwindigkeit) des Bandes **1** gebildet wird.

[0084] Der Wegbildungsteil **16** berechnet einen Zielgelenkwinkel $J(t)$ für einen Folgeweg als Ziel durch Addieren des Direktgelenkwinkels $J_s(t)$ in einer Richtung zur bezeichneten Position hin und der zusätzlichen Gelenkwinkeländerung $\Delta J_i(t)$ in der Bewegungsrichtung des Werkstücks, für jedes Gelenk (Schritt S27). Der Zielgelenkwinkel $J(t)$ wird durch den folgenden Ausdruck gewonnen.

$$J(t) = J_s(t) + \Delta J_i(t)$$

[0085] Der Wegbildungsteil **16** überträgt den Zielgelenkwinkel $J(t)$ in die Motorimpulskordinaten und gibt diese an den Motorsteuerteil **18** aus (Schritt S27). Wenn in Schritt S25 ermittelt wird, daß die bezeichnete Position in dem Roboterkoordinatensystem angegeben ist, geht der Prozeß unter Überspringen von Schritt S26 zu Schritt S27 weiter. Durch Weglassen der Berechnung der zusätzlichen Gelenkwinkeländerung $\Delta J_i(t)$ wird Rein zusätzlicher Weg gebildet, und es wird nur ein direkter Weg zur bezeichneten Position gebildet. Der Wegbildungsteil **16** bildet nacheinander Wege nach Maßgabe des Koordinatensystems, in dem die in dem Befehl enthaltene bezeichnete Position angegeben ist, und überträgt Zielgelenkwinkel der Folgewege in die Motorimpulskordinaten und gibt diese mit einer gegebenen Abtastfrequenz aus.

[0086] Wenn die Zeit $t_0 + T$ verstrichen ist und die Handhabung des Werkstücks beendet worden ist, wird festgelegt, daß die Wegbildung in Schritt S23 beendet worden ist, um eine Nachricht von der Beendigung des Bewegungsbefehls an den Benutzerprogrammausführteil **12** zu geben (Schritt S24). Selbst wenn die Zeit $t_0 + T$ verstrichen ist, wird die zusätzliche Gelenkwinkeländerung (der zusätzliche Weg) $\Delta J_i(t)$ kontinuierlich gebildet, um den Roboter **4** bei der Ausführung der Folgebewegung zu halten, außer es wird ein Abbruch der Folgebewegung angewiesen. Wenn das Werkstück aus dem Folgebe-

reich herausgeht und der Roboter 4 die Folgebewegung fortsetzt, erzeugt der Ereigniserfassungsteil 17 ein Folgebewegungsabbruchereignis. Indem das Programm so ausgeführt wird, daß es nach Maßgabe des Folgebewegungsabbruchereignisses die Folgebewegung abbricht, wird daher die Bildung des zusätzlichen Wegs abgebrochen, um einen Fehler dahingehend zu vermeiden, daß eine Folgebewegung außerhalb des Folgebereichs ausgeführt wird.

[0087] Bei dieser Anordnung kann der Benutzer, wenn er das Werkzeug des Roboters 4 dem Werkstück auf dem Band 1 folgen lassen will, veranlassen, daß der Roboter 4 automatisch die Folgebewegung unter Berücksichtigung einer zusätzlichen Bewegung des Werkstücks auf dem Band startet, indem die Position des Werkstücks in dem Fördermittelkoordinatensystem angegeben wird (beispielsweise dessen Angabe mit der Variablen "workpos", welche die aktuelle Position des Werkstücks angibt). Ferner kann der Benutzer, wenn er die Werkstücke nach deren Handhabung auf dem Band 1 auf einem seitlich des Roboters 4 angeordneten Tisch anordnen will, die Bildung des zusätzlichen Wegs automatisch abbrechen und das Werkzeug des Roboters 4 zu einer Zielposition auf dem Tisch bewegen, indem die Zielposition in dem Roboterkoordinatensystem angegeben wird. Daher kann der Benutzer ein Programm so leicht auslegen wie ein Programm zur Bearbeitung stationärer Werkstücke ohne Berücksichtigung der Bewegung des Bandes 1.

[0088] Fig. 11 ist ein Beispiel eines Benutzerprogramms gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung. Die Fig. 12A und Fig. 12B sind Flußdiagramme für die Verarbeitung der in Fig. 11 gezeigten Aufgabe 1 bzw. Aufgabe 2. Entsprechende Prozessschritte in den Fig. 11, Fig. 12A und Fig. 12B werden unter Verwendung der gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0089] In einer Hauptaufgabe (FUNCTION MAIN) dieses Programms werden Aufgabe 1 und Aufgabe 2 in der ersten Zeile bzw. in der zweiten Zeile durch einen Befehl (XQT) aktiviert, der die Ausführung anderen Funktionen anweist. In Aufgabe 1 wird auf die Ankunft des Werkstücks gewartet (Schritt S31). Wenn ein Werkstückankunftereignis von dem Ereigniserfassungsteil 17 erzeugt wird und die Ankunft des Werkstücks erkannt wird, wird der Roboter 4 so gesteuert, daß er dem Werkstück folgt (Schritt S32). Wenn die Handhabung beendet ist (Schritt S33), wird das Werkzeug des Roboters 4 zu einer Position P2 (einer Position im Roboterkoordinatensystem) bewegt (Schritt S34). In Aufgabe 2 wird in der ersten Zeile auf ein Folgebewegungsabbruchereignis gewartet (Schritt S41). Wenn das Folgebewegungsabbruchereignis von dem Ereigniserfassungsteil 17 erzeugt worden ist, d. h., wenn das Werkstück aus dem Folgebereich austritt, wird in der zweiten Zeile

von Aufgabe 2 die Aufgabe 1 abgebrochen (Schritt S42), in der dritten Zeile wird die Folgebewegung abgebrochen (Schritt S43), und in der vierten Zeile wird eine Fehlerbehandlung ausgeführt (Schritt S44).

[0090] Der Betrieb gemäß der ersten Ausführungsform wird unten beschrieben, wobei das in Fig. 11 gezeigte Benutzerprogramm so ausgeführt wird, daß der Roboter 4 von der aktuellen Position P0 (vergleiche Fig. 3) aus startet, dem sich auf dem Band 1 bewegendes Werkstück zu folgen (P1 ist eine Position des Werkstücks zur Zeit der Ausgabe eines Betriebsbefehls (vergleiche Fig. 3)), um das Werkstück zu handhaben, und das Werkstück auf eine Palette legt, die auf einem Tisch angeordnet ist, der seitlich des Roboters 4 an der Position P2 (vergleiche Fig. 3) angeordnet ist.

[0091] Der Benutzer speichert den Folgebereich vorab im Folgebereichspeicherteil 15, führt dann ein Programm aus, um das Werkstück unter Verwendung der Kamera 2 zu erkennen, wodurch die Kamera 2 die Bildaufnahme beginnt. Die Position des Werkstücks wird aus der Bildaufnahme ermittelt, in dem Speicherteil 13 für die aktuelle Position des Werkstücks gespeichert und anschließend in dem Teil 14 zum Aktualisieren der aktuellen Position des Werkstücks aktualisiert. Bei dem Aktualisierungsvorgang wird die Position in dem Fördermittelkoordinatensystem berechnet. Im Vergleich zu einem bekannten Verfahren wird der Rechenumfang beträchtlich reduziert. Der Ereigniserfassungsteil 17 überprüft zu gegebenen Abtastintervallen die aktuelle Position des Werkstücks und den im Folgebereichspeicherteil 15 gespeicherten Einstellwert des Folgebereichs und erzeugt, seit das Werkstück im Folgebereich ankommt und bis das Werkstück den Folgebereich verläßt, wiederholt Werkstückankunftereignisse. Wenn das Werkstück den Folgebereich verläßt, erzeugt der Ereigniserfassungsteil 17 ein Folgebewegungsabbruchereignis.

[0092] Die obigen Prozesse starten durch das Ausführen eines die Erkennung des Werkstücks betreffenden Programms, nach bevor das Betriebsprogramm des Roboters 4 vom Benutzer aktiviert wird. Die Prozesse werden auf der Seite der Robotersteuerung 5 unabhängig vom Betrieb des Roboters 4 ausgeführt.

[0093] Wenn der Benutzer beispielsweise das in Fig. 11 gezeigte Benutzerprogramm (Roboterbetriebsprogramm) ausführt, aktiviert der Benutzerprogrammausführteil 12 Aufgabe 1 und Aufgabe 2. In Aufgabe 1 wird in der ersten Zeile auf die Ankunft des Werkstücks gewartet, und der Benutzerprogrammausführteil 12 führt den nachfolgenden Befehl aus, wenn der Ereigniserfassungsteil 17 ein Werkstückankunftereignis erzeugt. Der Befehl in der zweiten Zeile ist ein Bewegungsbefehl, der Positionsdaten ent-

hält, welche die Variable "workpos" sind, welche die aktuelle Position des Werkstücks auf dem Band **1** bezeichnen. Daher setzt der Benutzerprogrammausführteil **12** das Flag auf 1, berechnet die Gelenkwinkeländerung ΔJ und die Zeit T und registriert den Bewegungsbefehl im Wegbildungsteil **16**. Dann bewegt sich der Prozeß in einen Modus des Wartens auf eine Nachricht von der Beendigung des Bewegungsbefehls von dem Wegbildungsteil **16**.

[0094] Der Wegbildungsteil **16** bildet einen Folgeweg nach Maßgabe des registrierten Bewegungsbefehls. Da dieser Befehl Positionsdaten in dem Fördermittelkoordinatensystem enthält, werden der direkte Gelenkwinkel $J_s(t)$ und die zusätzliche Gelenkwinkeländerung $\Delta J_t(t)$ berechnet, ein Folgeweg wird durch Addieren des direkten Gelenkwinkels $J_s(t)$ und der zusätzlichen Gelenkwinkeländerung $\Delta J_t(t)$ gebildet, und der Gelenkwinkel $J(t)$ für den Folgeweg wird in die Motorimpulskoordinaten transformiert und ausgegeben. Der Motorsteuerteil **18** steuert die Gelenke des Roboters **4** nach Maßgabe des aus dem Wegbildungsteil **16** ausgegebenen gepulsten Signals. Der Wegbildungsteil **16** bildet zu jedem gegebenen Abtastzeitpunkt wiederholt den Weg und gibt eine Nachricht von der Beendigung des Bewegungsbefehls an den Benutzerprogrammausführteil **12**, wenn die Handhabung beendet ist.

[0095] Wenn der Benutzerprogrammausführteil **12** die Nachricht von der Beendigung des Bewegungsbefehls vom Wegbildungsteil **16** empfängt, führt der Benutzerprogrammausführteil **12** den nachfolgenden Befehl aus. Bei einem anderen Bewegungsbefehl in der dritten Zeile ist die Position P2 im Roboterkoordinatensystem bezeichnet. Daher setzt der Benutzerprogrammausführteil **12** das Flag auf 0, berechnet die Gelenkwinkeländerung ΔJ und die Zeit T und registriert den Bewegungsbefehl. Der Wegbildungsteil **16** berechnet den direkten Gelenkwinkel $J_s(t)$ nach Maßgabe des registrierten Bewegungsbefehls. Wenn die Berechnung der zusätzlichen Gelenkwinkeländerung weggelassen wird, wird der direkte Gelenkwinkel $J_s(t)$ als Zielgelenkwinkel $J(t)$ angesehen, der in die Motorimpulskoordinaten transformiert und ausgegeben wird. Dadurch bricht der Roboter **4** die Folgebewegung ab, die der Roboter **4** nach der Handhabung des Werkstücks gerade ausgeführt hat, und bewegt sich zur Position P2.

[0096] In Aufgabe **2** wird in der ersten Zeile auf ein Folgebewegungsabbruchereignis gewartet. Wenn der Ereigniserfassungsteil **17** das Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt, wird Aufgabe **1** in der zweiten Zeile abgebrochen, und in der dritten Zeile wird die Folgebewegung abgebrochen.

[0097] Gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform wird der Rechenumfang hinsichtlich der aktuellen Position des Werkstücks durch Anwen-

den des Fördermittelkoordinatensystems reduziert, wodurch die Belastung der Robotersteuerung **5** reduziert werden kann.

[0098] Der zusätzliche Weg wird nur durch Ausführen eines Bewegungsbefehls mit Positionsdaten im Fördermittelkoordinatensystem automatisch ausgeführt (beispielsweise die Daten der Position, die Variablen enthalten, welche die Daten der Position im Fördermittelkoordinatensystem enthalten oder mit der angehängten Koordinatensystembezeichnung "/CNV"). Im Gegensatz dazu wird, wenn der Bewegungsbefehl, der Positionsdaten im Roboterkoordinatensystem enthält, ausgeführt wird, die Bildung des zusätzlichen Wegs automatisch unterbrochen. Daher kann der Benutzer Programme so einfach entwerfen wie ein Programm zum Bearbeiten eines stationären Werkstücks, ohne die Bewegung des Bands **1** zu berücksichtigen.

[0099] Da ein Folgebereich im Fördermittelkoordinatensystem eingestellt wird und die Ankunft des Werkstücks in dem Folgebereich und das Verlassen des Folgebereichs erfaßt werden und als Ereignisse in der Robotersteuerung **6** erzeugt werden (durch den Ereigniserfassungsteil **17**), kann die Belastung der Robotersteuerung **6** im Vergleich zu einem bekannten Verfahren reduziert werden, bei dem die Erfassung durch ein Benutzerprogramm ausgeführt wird, wodurch eine Abnahme der Verarbeitungsgeschwindigkeit verhindert und die Leistungsfähigkeit verbessert wird. Es ist nicht erforderlich, daß der Benutzer im Benutzerprogramm eine Prozeßschleife beschreibt, und es wird nur ein Befehl zum Warten auf ein vom Ereigniserfassungsteil **17** erzeugtes Ereignis beschrieben, wodurch die Beschreibung des Programms einfach wird.

[0100] Wie in einem in [Fig. 11](#) gezeigten Beispiel eines Benutzerprogramms gezeigt, kann das Programm so geschrieben werden, daß jeder auszuführende Prozeß für jedes erzeugte Ereignis modularisiert wird. Offensichtlich ist die Lesbarkeit des Programms im Vergleich zu derjenigen des in [Fig. 20](#) gezeigten bekannten Benutzerprogramms deutlich verbessert.

[0101] Da die Erfassung von Ereignissen von Software ausgeführt wird, kann beispielsweise die Modifikation des Folgebereichs in einfacher Weise durch Modifizieren von Folgebereichseinstellungen ausgeführt werden, so daß eine flexible Verarbeitung erzielt werden kann.

[0102] Wenn ermittelt wird, daß das Werkstück nicht im Folgebereich positioniert ist, wird ein Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt. Daher kann beispielsweise das Risiko, daß der Roboter **4** die Folgebewegung außerhalb des Folgebereichs fortsetzt, zuverlässig vermieden werden, wenn die Bildung des

zusätzlichen Wegs so erfolgt, daß sie entsprechend dem Folgebewegungsabbruchereignis abgebrochen wird. Der Benutzer kann in einfacher Weise ein Betriebsprogramm entwerfen, um das Risiko eines Fehlers zu vermeiden, der dadurch verursacht wird, daß sich der Roboter 4 aufgrund des Fortsetzens der Folgebewegung in einen Bereich außerhalb der Betriebsreichweite bewegt. Wenn ein Folgebewegungsabbruchereignis ohne Verwendung des Benutzerprogramms erzeugt wird, kann die Bildung des zusätzlichen Wegs automatisch abgebrochen werden. In diesem Fall können die vorbeschriebenen Risiken automatisch und zuverlässig vermieden werden.

[0103] Das Fördermittelkoordinatensystem enthält die x-Achse parallel zur Richtung der Bewegung des Bands 1 und die y-Achse in der Breitenrichtung des Bands 1, wodurch die Position in einfacher Weise durch Angabe der Position einige Millimeter in Antriebsrichtung nach vorn oder einige Millimeter in der Breitenrichtung des Bands 1 mitgeteilt werden kann.

[0104] In dem Prozeß wird ein Folgeweg als Ziel durch Addieren des direkten Wegs des Roboters 4 zur bezeichneten Position und eines zusätzlichen Wegs, der vom Ausmaß der Bewegung des Bands 1 abhängt, gebildet. Daher kann der Folgeweg mit Kompensation für die Bewegung des Bands 1 gebildet werden, was es somit ermöglicht, daß das Werkstück exakt gehandhabt wird.

Zweite Ausführungsform

[0105] Fig. 13 ist eine Darstellung der Anordnung eines Handhabungssystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0106] Bei dem Handhabungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform ist anstatt der in Fig. 3 gezeigten Kamera 2 ein Sensor 21 zum Erfassen der Ankunft eines sich bewegenden Werkstücks (eine Palette 23) vorgesehen.

[0107] Solch ein Handhabungssystem wird verwendet, wenn beispielsweise das Werkstück (die Palette 23) auf dem Band in der Breitenrichtung des Bands 1 orientiert ist. In diesem Handhabungssystem wird, wenn beispielsweise auf einem Tisch angeordnete Werkstücke 22 auf die Palette 23 bewegt werden sollen, die in 3×3 gleichförmige Abteile unterteilt ist, jedes Abteil der Palette 23 als die Zielposition des Roboter-Werkzeugs in einem Benutzerprogramm bezeichnet. In diesem Fall wird ein Fördermittelkoordinatensystem angewendet, und eine Position A ($x_A, y_A, 0$), in einem Fördermittelkoordinatensystem, des linken oberen Abteils der in Fig. 14 gezeigten Palette 23 wird als die aktuelle Position des Werkstücks registriert, wodurch beispielsweise eine Position B durch Bezeichnen der Position B als ($x_A + \Delta x, y_A - \Delta y, 0$) bezeichnet werden kann, was die

Position in einer Form ausdrückt, die bezüglich der aktuellen Position A einen Versatz aufweist (bezüglich ihr versetzt ist). Durch Verwendung des Fördermittelkoordinatensystems kann der Einfluß auf das sich bewegende Werkstück auf dem Band 1 in einfacher Weise beschrieben werden. Das in Fig. 13 gezeigte Handhabungssystem kann für einen Vorgang verwendet werden, bei dem zwei Arten von alternierend auf einer Palette angeordneten Teilen zu einem Körper auf dem Band 1 zusammengesetzt werden. Das Handhabungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform bietet im wesentlichen die gleichen Wirkungen und Vorteile wie bei dem System gemäß der ersten Ausführungsform.

Dritte Ausführungsform

[0108] Fig. 15 ist eine Darstellung einer Übersicht über ein Handhabungssystem gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 16 ist eine Darstellung, die ein Fördermittelkoordinatensystem und einen Folgebereich in dem Handhabungssystem gemäß der dritten Ausführungsform zeigt.

[0109] Bei dem Handhabungssystem gemäß der dritten Ausführungsform wird ein Drehtisch (mit einem bogenförmigen Fördermittel) 31 anstatt des in Fig. 1 gezeigten Bands 1 verwendet. Bei Verwendung des Drehtischs 31 enthält ein Fördermittelkoordinatensystem die durch einen Rotationswinkel repräsentierten x-Koordinate, eine durch die Drehachse des Fördermittels repräsentierte z-Koordinate und die durch einen Abstand von der Drehachse repräsentierte y-Koordinate, wie in Fig. 16 gezeigt. Die Koordinatenwerte sind angegeben durch (Rotationswinkel (in Grad), Radius (in Millimetern), Höhe (in Millimetern)). Die Folgebereicheinstellwerte des in Fig. 16 schraffiert dargestellten Folgebereichs werden durch $a(x_a, y_a, 0)$ und $b(x_b, y_b, 0)$ repräsentiert.

[0110] Bei Verwendung des Drehtischs 31 wird nur der x-Koordinatenwert der aktuellen Position des Werkstücks aktualisiert. Das Handhabungssystem gemäß der dritten Ausführungsform bietet im wesentlichen die gleichen Wirkungen und Vorteile wie jene des Antriebssystems gemäß der ersten oder der zweiten Ausführungsform.

Vierte Ausführungsform

[0111] Fig. 17 ist eine Darstellung einer Übersicht über ein Handhabungssystem gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0112] Dieses Handhabungssystem verwendet eine Mehrzahl von Robotern für ein Band. Für Jeden Roboter werden ein Fördermittelkoordinatensystem und ein Folgebereich eingestellt.

[0113] Dieses Handhabungssystem arbeitet so, daß, wenn es einem Roboter **4** nicht gelungen ist, ein Werkstück aus einer Mehrzahl von Werkstücken aufzunehmen, die sich mit hoher Geschwindigkeit bewegen, ein Roboter **43** das Werkstück handhabt, oder wenn zwei verschiedene Arten von Werkstücken durcheinandergemischt vorkommen, daß der Roboter **4** eine Art von Werkstücken handhabt und der Roboter **43** die andere Art von Werkstücken handhabt. Das Handhabungssystem gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bietet im wesentlichen die gleichen Wirkungen und Vorteile wie Jene, die von dem Handhabungssystem gemäß der ersten oder der zweiten Ausführungsform geboten werden.

Fünfte Ausführungsform

[0114] **Fig. 18** ist eine Darstellung einer Übersicht über ein Handhabungssystem gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Ein Roboter arbeitet bei diesem Handhabungssystem für eine Mehrzahl von Bändern. In diesem Fall kann der Vorgang des Bewegens eines Werkstücks von einem Band **9** zu beispielsweise einem Band **1a** in einfacher Weise programmiert werden, indem ein Fördermittelkoordinatensystem für jedes Band definiert wird. Anstatt der Koordinatensysteme gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen kann erfindungsgemäß auch ein in **Fig. 19A** gezeigtes schiefwinkliges Koordinatensystem oder ein in **Fig. 19B** gezeigtes anderes Koordinatensystem verwendet werden. Folgebereiche sind in den **Fig. 19A** und **Fig. 19B** schraffiert gezeigt. Folgebereichseinstellwerte sind durch Punkte $a(x_a, y_a, 0)$ und $b(x_b, y_b, 0)$ an entgegengesetzten Ecken, wie in dem in **Fig. 6** gezeigten rechtwinkligen Koordinatensystem, gezeigt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (**4**), der einem sich auf einem Fördermittel beförderten, sich bewegenden Gegenstand folgt und eine vorbestimmte Handlung an dem sich bewegenden Gegenstand ausführt, wobei das Verfahren folgende Schritte umfaßt:

Erfassen des sich bewegenden Gegenstands;
Ermitteln einer Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands in einem Fördermittelkoordinatensystem aus dem Ergebnis der Erfassung;
aufeinanderfolgendes Aktualisieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands in dem Fördermittelkoordinatensystem auf der Basis der Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands und des Ausmaßes an Bewegung des Fördermittels;
Transformieren der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige in einem Roboterkoordinatensystem;

Bilden eines Folgewegs für den Roboter (**4**) auf der Basis der transformierten Position, damit er dem sich bewegenden Gegenstand folgen kann;
gekennzeichnet durch

Ausführen eines einen Bewegungsbefehl enthaltenenden Benutzerprogramms und Ermitteln, ob eine bezeichnete Position, die in dem Bewegungsbefehl in einem Benutzerprogramm enthalten ist, in dem Fördermittelkoordinatensystem angegeben ist oder nicht;

Bilden eines Folgeweges für den Roboter (**4**), um dem sich bewegenden Gegenstand zu einer Position zu folgen, die durch die ermittelte bezeichnete Position gegeben ist, wenn ermittelt wurde, dass die bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem angegeben ist; und Veranlassen, dass der Roboter (**4**) eine Folgebewegung entlang des Folgewegs startet.

2. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (**4**) nach Anspruch 1, bei dem das Fördermittelkoordinatensystem aus einer x-Achse in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands, einer zusammen mit der x-Achse eine Tragefläche des Fördermittels bildenden y-Achse und einer zur x-Achse sowie zur y-Achse senkrechten z-Achse besteht.

3. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (**4**) nach Anspruch 1, ferner umfassend folgende Schritte;

Einstellen eines Folgebereichs in dem Fördermittelkoordinatensystem;

Ermitteln, auf der Basis des Folgebereichs und der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands, ob der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist oder nicht;

Erzeugen eines Ereignisses der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands, wenn ermittelt wird, daß der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist; und

Veranlassen, daß der Roboter (**4**) eine Folgebewegung nach Maßgabe eines Bewegungsbefehls startet, um dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position zu folgen, die durch die in dem Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, wenn das Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt wird.

4. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (**4**) nach Anspruch 3, bei dem mit einer bestimmten Häufigkeit ermittelt wird, ob der sich bewegende Gegenstand im Folgebereich positioniert ist oder nicht.

5. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (**4**) nach Anspruch 3 oder 4, bei dem der Folgebereich durch zwei zur Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands parallele erste Linien und zwei zu den ersten Linien senkrechte zweite Linien auf einer Tragefläche des Fördermittels begrenzt ist.

6. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei dem der Folgeweg für den Roboter (4) zum Folgen des sich bewegenden Gegenstands durch Addieren eines zusätzlichen Wegs in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands zu einem direkten Weg eines Werkzeugs des Roboters (4) in einer Richtung zu einer Startposition hin gebildet wird, wo der sich bewegende Gegenstand beim Start der Folgebewegung positioniert ist, wobei der zusätzliche Weg durch Transformieren der Änderung der Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige im Roboterkoordinatensystem und außerdem in diejenige in einem Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird und der direkte Weg durch Transformieren von Positionen des Werkzeugs des Roboters (4) und des sich bewegenden Gegenstands beim Start der Folgebewegung im Roboterkoordinatensystem bzw. im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige im Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird.

7. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach Anspruch 6, ferner umfassend folgende Schritte:
Erzeugen eines Folgebewegungsabbruchereignisses, wenn ermittelt wird, daß der sich bewegende Gegenstand sich nicht im Folgebereich befindet, und Ausführen eines Prozesses in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis.

8. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach Anspruch 7, bei dem der Prozeß in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis ein Prozeß zum Abbrechen der Bildung des zusätzlichen Wegs ist.

9. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, ferner umfassend folgende Schritte:
Abbrechen der Bildung des zusätzlichen Wegs nach Maßgabe eines die ermittelte bezeichnete Position enthaltenden Bewegungsbefehls, vorausgesetzt, daß die ermittelte bezeichnete Position in dem Roboterkoordinatensystem angegeben ist; und Bilden des Folgewegs, der aus dem direkten Weg in einer Richtung zu der ermittelten bezeichneten Position besteht.

10. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem für jedes einer Mehrzahl von Fördermitteln ein Fördermittelkoordinatensystem vorgesehen ist.

11. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach einem der Ansprüche 9 bis 9, bei dem für Jeden einer Mehrzahl von Robotern des Fördermittelkoordinatensystem und der Folgebereich vorgesehen sind.

12. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Fördermittel ein geradliniges Fördermittel umfaßt.

13. Verfahren zur Steuerung eines Roboters (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Fördermittel entweder ein bogenförmiges Fördermittel oder einen Drehtisch umfaßt und das Koordinatensystem des Fördermittels eine durch einen Drehwinkel repräsentierte x-Koordinate, eine durch die Drehachse des Fördermittels repräsentierte z-Koordinate und eine durch den Abstand von der Drehachse repräsentierte y-Koordinate umfaßt.

14. Robotersteuerung zum Steuern eines Roboters (4), der einem von einem Fördermittel beförderten, sich bewegenden Gegenstand folgt und eine vorbestimmte Handlung an dem sich bewegenden Gegenstand ausführt, umfassend:

einen Speicherteil (13) für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands zum Speichern der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands;

einen Detektor (2) zum Erfassen des sich bewegenden Gegenstands;

einen Aktualisierungsteil (14) für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands zum Ermitteln einer Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands in einem Fördermittelkoordinatensystem aus dem Ergebnis der Erfassung durch den Detektor, zum Berechnen der aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands auf der Basis der Erfassungsposition des sich bewegenden Gegenstands und des Ausmaßes an Bewegung des Fördermittels, und zum Aktualisieren des Speicherteils (13) für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands mit den berechneten Daten; und

einen Wegbildungsteil (16) zum Transformieren der im Speicherteil (13) für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands gespeicherten aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands in dem Fördermittelkoordinatensystem in diejenige in einem Roboterkoordinatensystem und zum Bilden eines Folgewegs für den Roboter (4) auf der Basis der transformierten Position, damit er dem sich bewegenden Gegenstand folgen kann; gekennzeichnet durch

einen Benutzerprogrammausführteil (12), der einen Bewegungsbefehl enthaltendes Benutzerprogramm ausführt und ermittelt, ob eine in dem Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem beschrieben ist oder nicht,

wobei der Wegbildungsteil (16) einen Folgeweg für den Roboter (4) bildet, damit er dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position folgt, die durch die im Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, wenn der Benutzerprogrammausführteil (12) ermittelt, daß die bezeichnete Position in dem Fördermittelkoordinatensystem beschrieben ist.

15. Robotersteuerung nach Anspruch 14, bei der das Fördermittelkoordinatensystem aus einer x-Achse in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands, einer zusammen mit der x-Achse eine Tragefläche des Fördermittels bildende y-Achse und einer zur x-Achse sowie zur y-Achse senkrechten z-Achse besteht.

16. Robotersteuerung nach Anspruch 14, ferner umfassend:

einen Folgebereichspeicherteil zum Speichern eines durch Koordinaten im Fördermittelkoordinatensystem repräsentierten Folgebereichs; und einen Ereigniserfassungsteil, der auf der Basis der im Speicherteil (13) für die aktuelle Position des sich bewegenden Gegenstands gespeicherten aktuellen Position des sich bewegenden Gegenstands und dem im Folgebereichspeicherteil gespeicherten Folgebereich ermittelt, ob der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist oder nicht, der ein Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt, wenn er ermittelt, daß der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist, und der ein Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt, wenn er ermittelt, daß der sich bewegende Gegenstand nicht in dem Folgebereich positioniert ist, wobei der Wegbildungsteil einen Folgeweg bildet, damit der Roboter dem sich bewegenden Gegenstand an einer Position folgen kann, die durch die im Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position gegeben ist, wenn das Ereignis der Ankunft des sich bewegenden Gegenstands erzeugt wird.

17. Robotersteuerung nach Anspruch 16, bei der der Ereigniserfassungsteil in gegebenen Intervallen ermittelt, ob der sich bewegende Gegenstand in dem Folgebereich positioniert ist oder nicht.

18. Robotersteuerung nach Anspruch 16 oder 17, bei der der Folgebereich durch zwei zur Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands parallele erste Linien und zwei zu den ersten Linien senkrechte zweite Linien auf einer Tragefläche des Fördermittels begrenzt ist.

19. Robotersteuerung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei der der Wegbildungsteil den Folgeweg für den Roboter (4) zum Folgen des sich bewegenden Gegenstands durch Addieren eines zusätzlichen Wegs in der Bewegungsrichtung des sich bewegenden Gegenstands zu einem direkten Weg eines Werkzeugs des Roboters (4) in einer Richtung zu einer Startposition hin bildet, wo der sich bewegende Gegenstand beim Start der Folgebewegung positioniert ist, wobei der zusätzliche Weg durch Transformieren der Änderung der Position des sich bewegenden Gegenstands im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige im Roboterkoordinatensystem und außerdem in diejenige in einem Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird und der direkte

Weg durch Transformieren von Positionen des Werkzeugs des Roboters und des sich bewegenden Gegenstands beim Start der Folgebewegung im Roboterkoordinatensystem bzw. im Fördermittelkoordinatensystem in diejenige im Roboter gelenkwinkelkoordinatensystem gewonnen wird.

20. Robotersteuerung nach Anspruch 19, bei der der Benutzerprogrammausführteil (12) das Ausführen eines Prozesses in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis startet, wenn der Ereigniserfassungsteil des Folgebewegungsabbruchereignis erzeugt.

21. Robotersteuerung nach Anspruch 20, bei der der Prozeß in Antwort auf das Folgebewegungsabbruchereignis ein Prozeß zum Abbrechen der Bildung des zusätzlichen Wegs ist.

22. Robotersteuerung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, bei der der Wegbildungsteil die Bildung des zusätzlichen Wegs abbricht und den aus dem direkten Weg in einer Richtung zu der ermittelten bezeichneten Position hin bestehenden Folgeweg bildet, wenn der Benutzerprogrammausführteil ermittelt, daß die im Bewegungsbefehl enthaltene bezeichnete Position in dem Roboterkoordinatensystem angegeben ist.

23. Robotersteuerung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, bei der für jedes einer Mehrzahl von Fördermitteln ein Fördermittelkoordinatensystem vorgesehen ist.

24. Robotersteuerung nach einem der Ansprüche 14 bis 22, bei der für jeden einer Mehrzahl von Robotern das Fördermittelkoordinatensystem und der Folgebereich vorgesehen sind.

25. Robotersteuerung nach einem der Ansprüche 14 bis 24, bei der das Fördermittel ein geradliniges Fördermittel umfaßt.

26. Robotersteuerung nach einem der Ansprüche 14 bis 24, bei der das Fördermittel entweder ein bogenförmiges Fördermittel oder einen Drehtisch umfaßt und des Koordinatensystem des Fördermittels eine durch einen Drehwinkel repräsentierte x-Koordinate, eine durch die Drehachse des Fördermittels repräsentierte z-Koordinate und eine durch den Abstand von der Drehachse repräsentierte y-Koordinate umfaßt.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

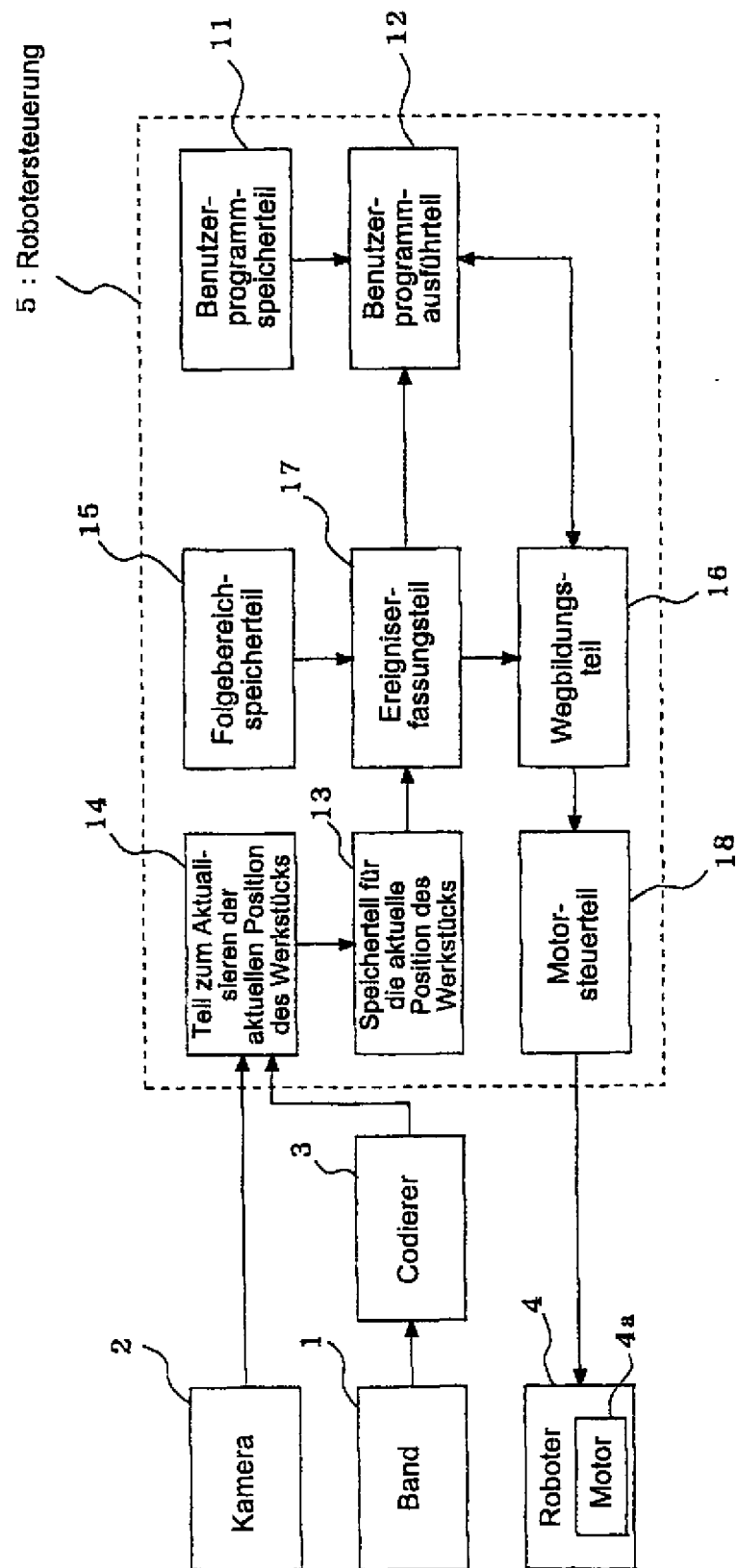


FIG. 2

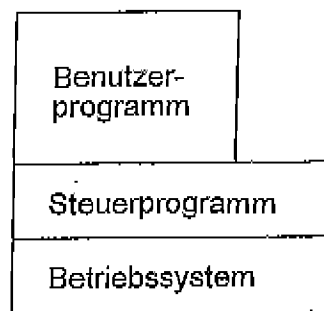


FIG. 3

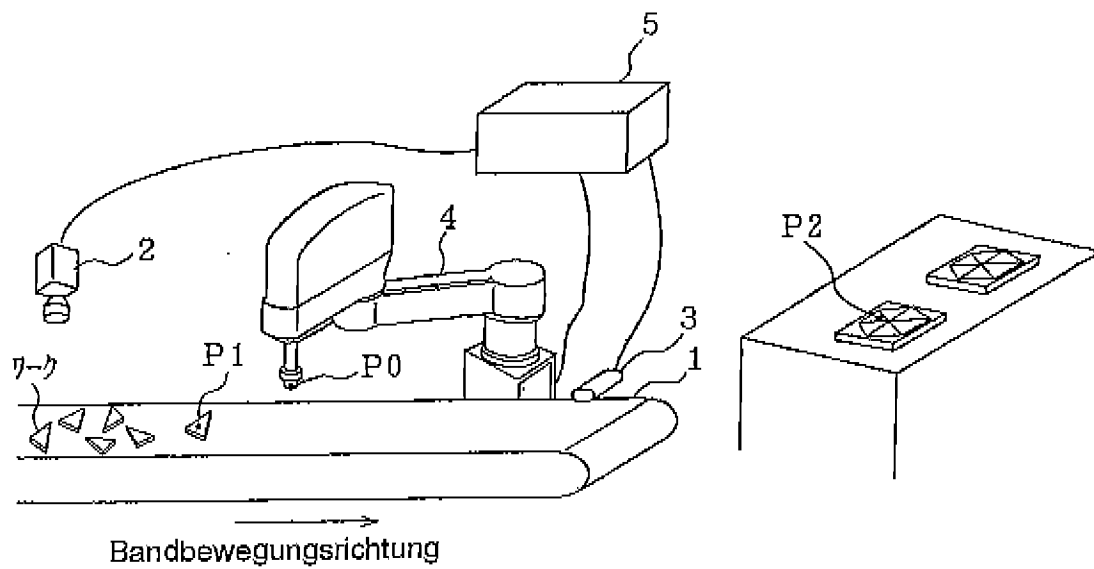


FIG. 4

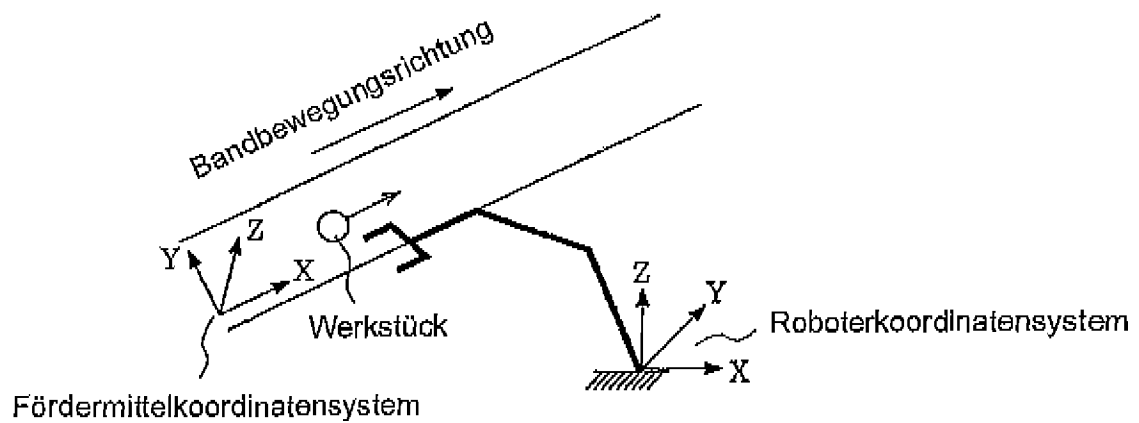


FIG. 5

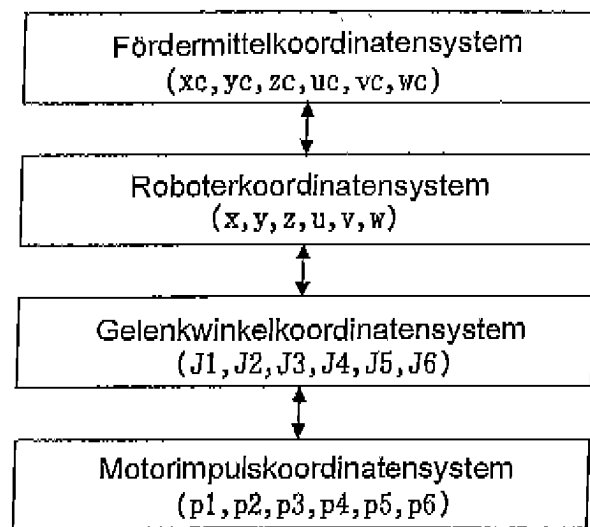


FIG. 6

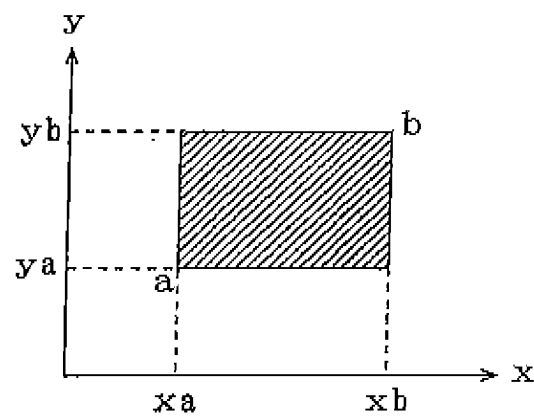


FIG. 7

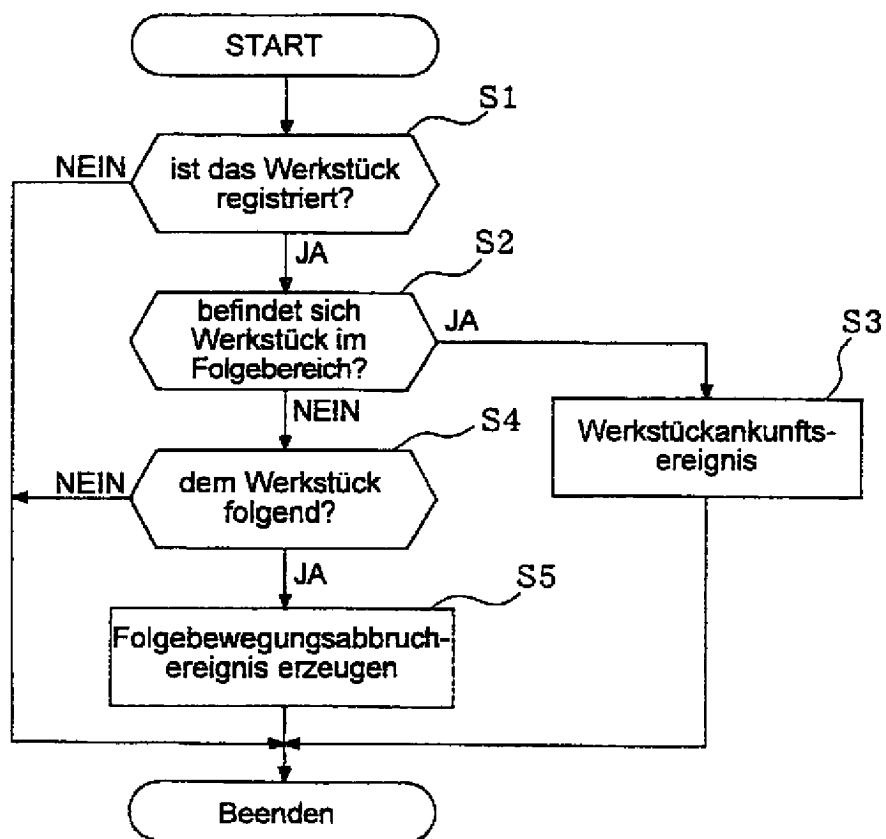


FIG. 8

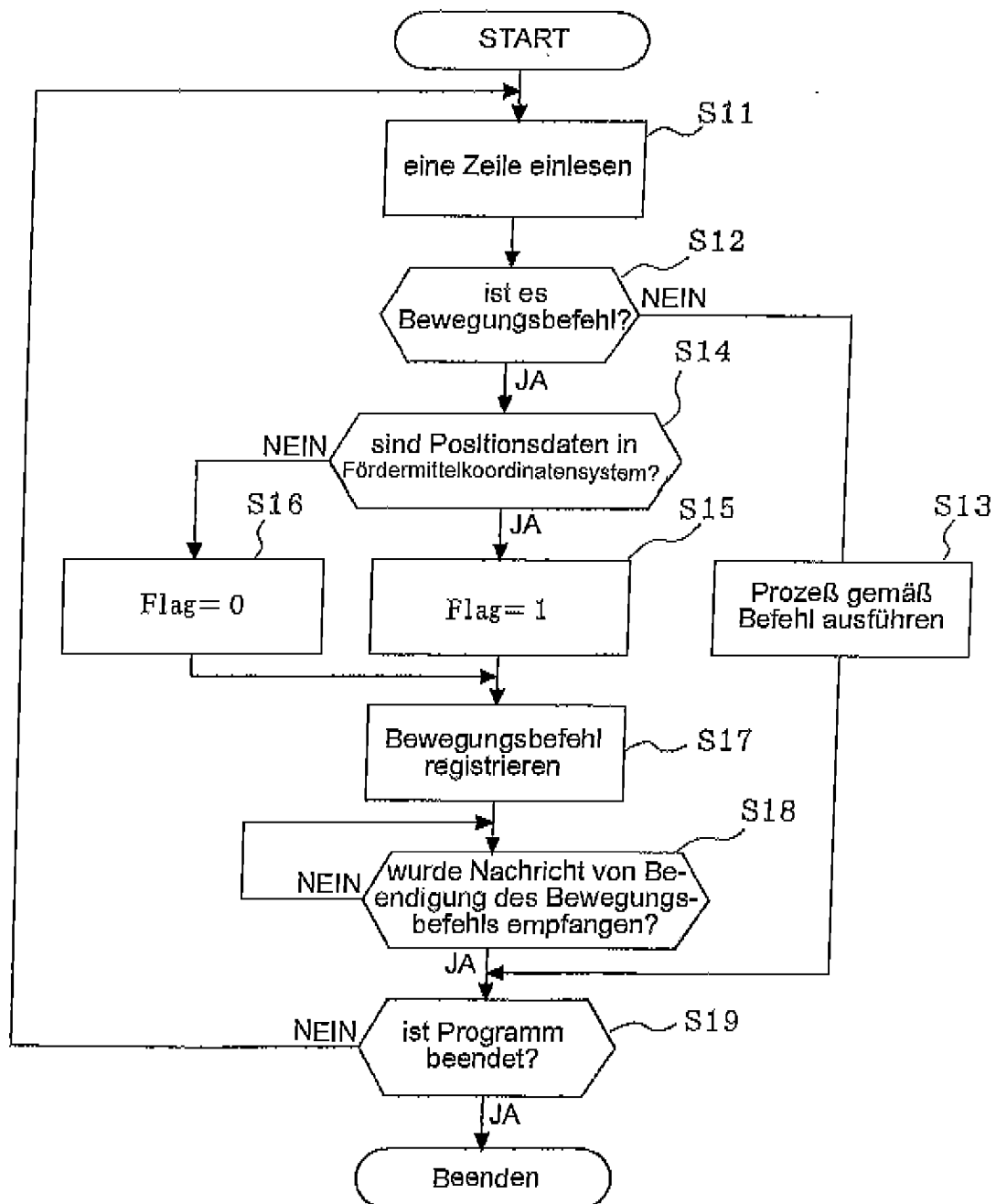


FIG. 10

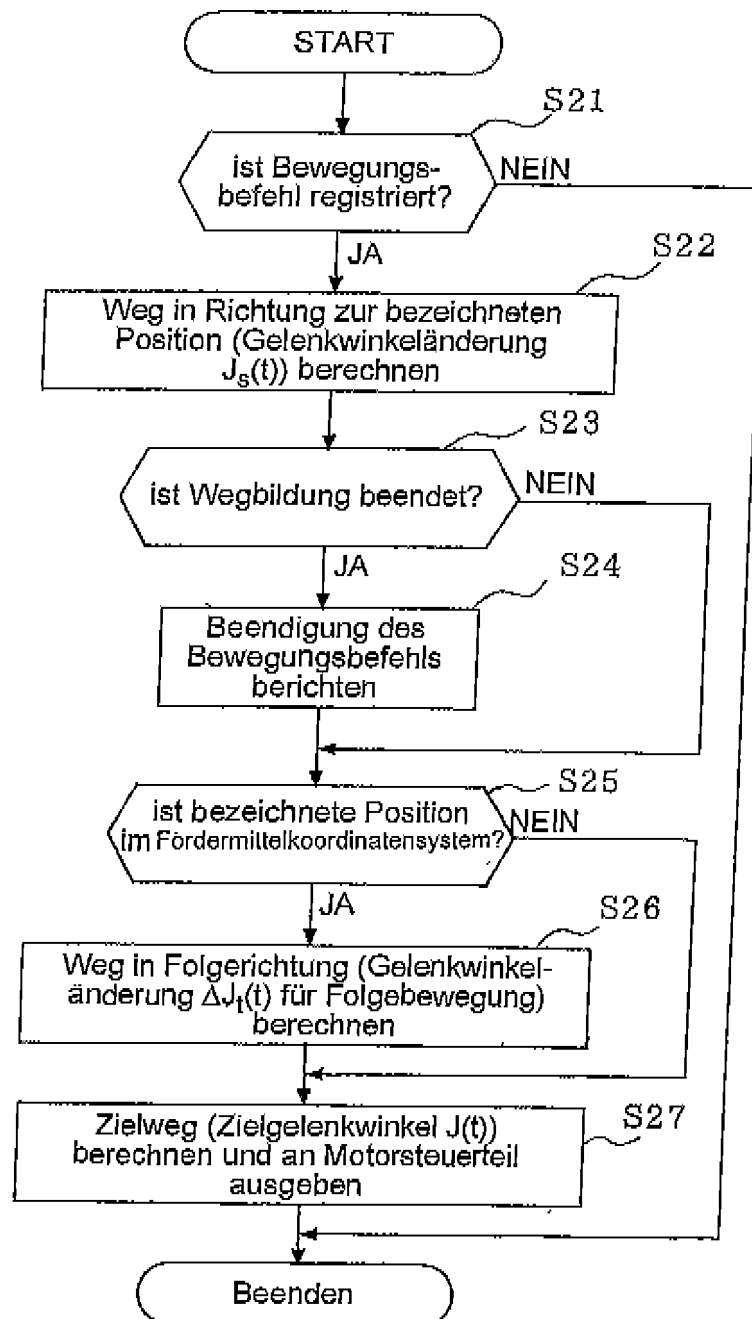


FIG. 11

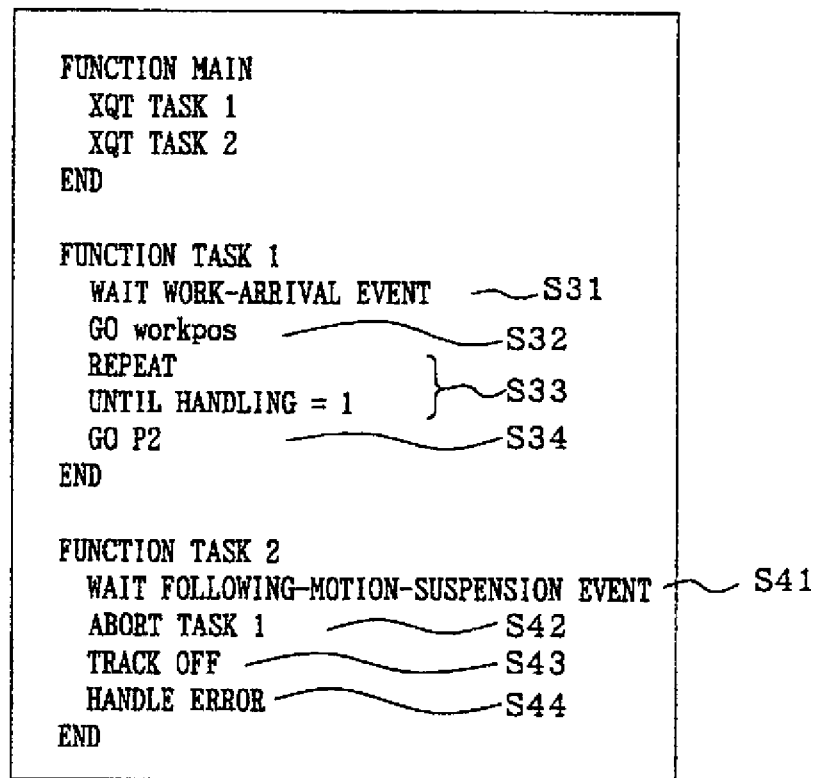


FIG. 12 A

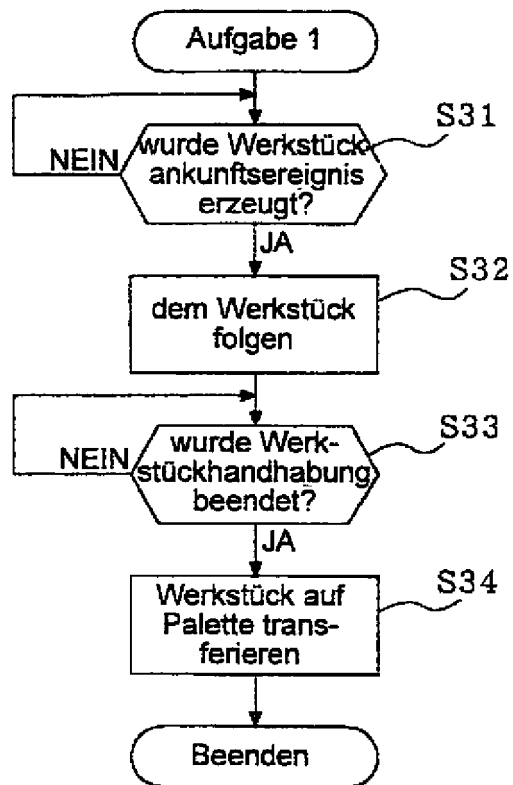


FIG. 12 B

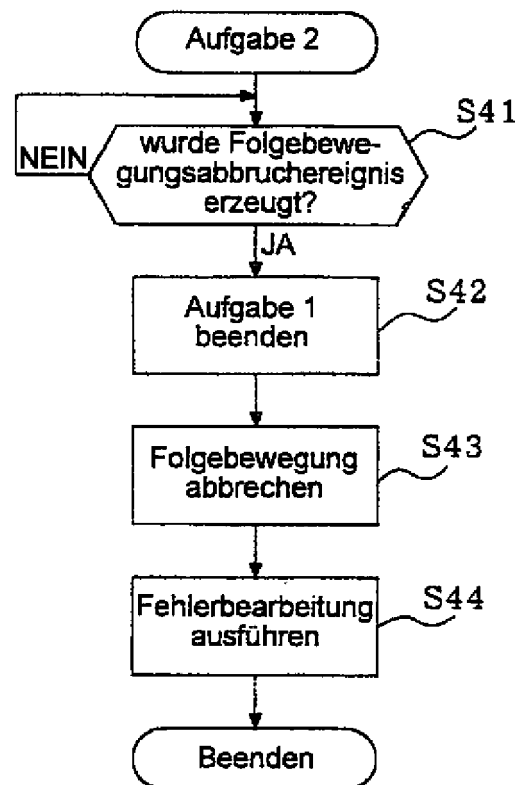


FIG. 13

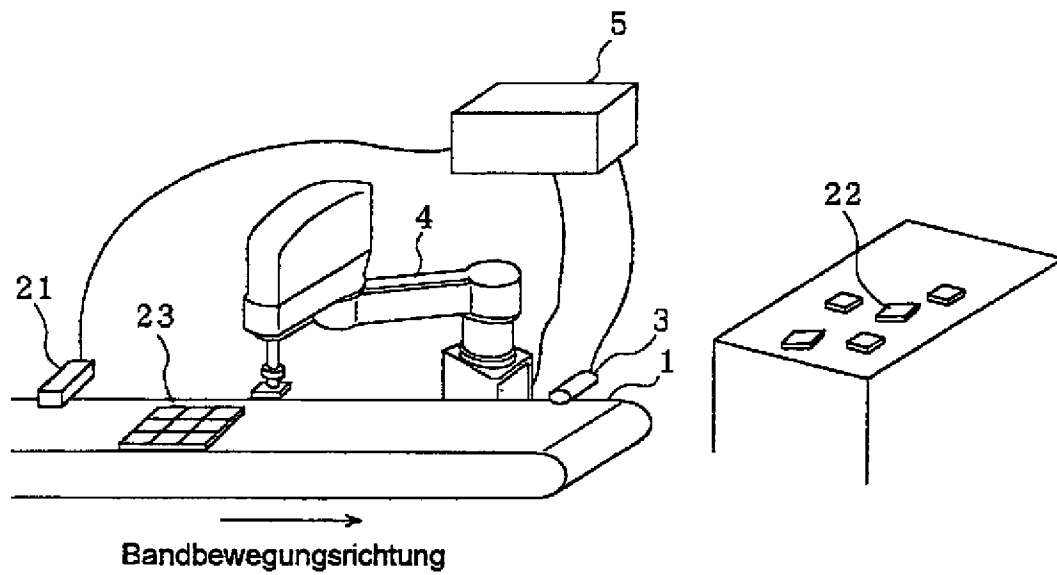


FIG. 14

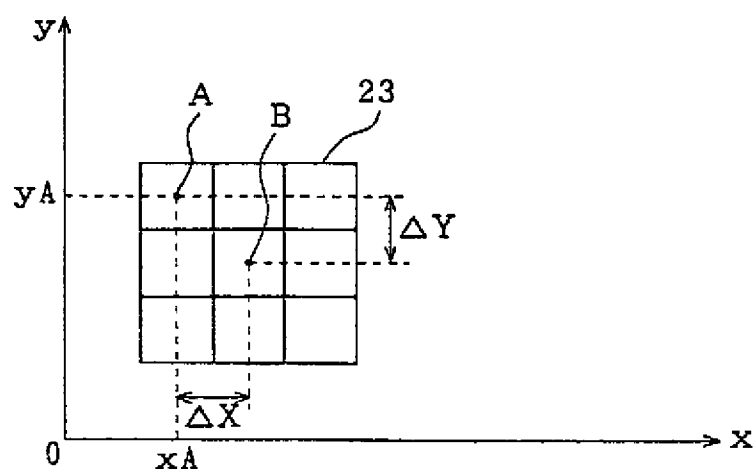


FIG. 15

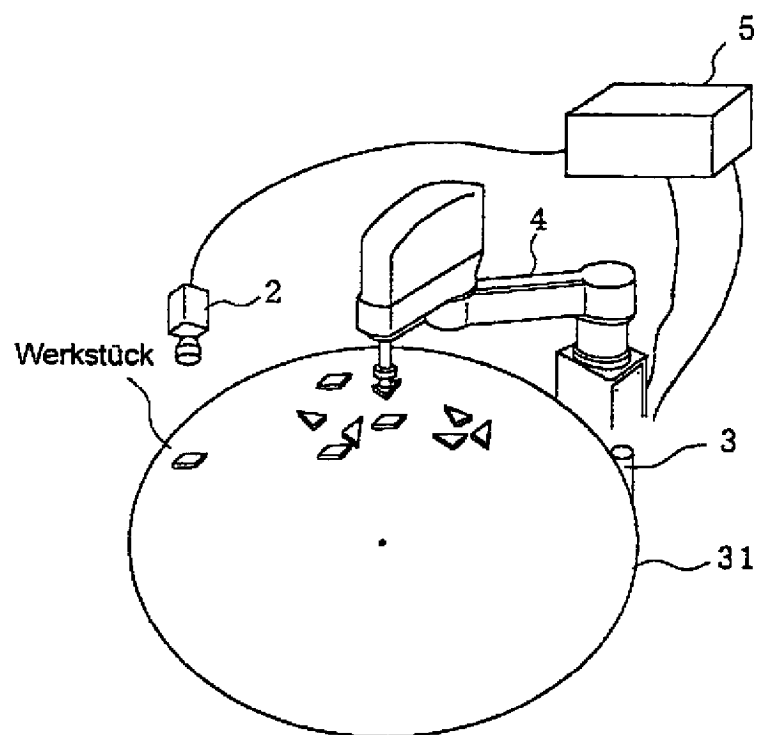


FIG. 16

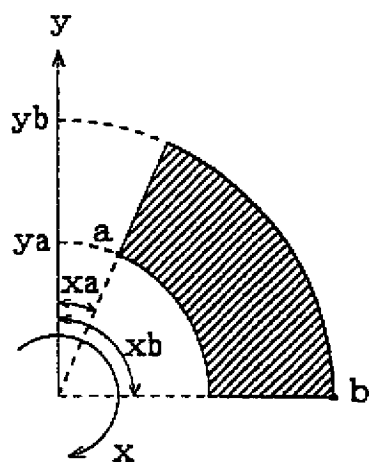


FIG. 17

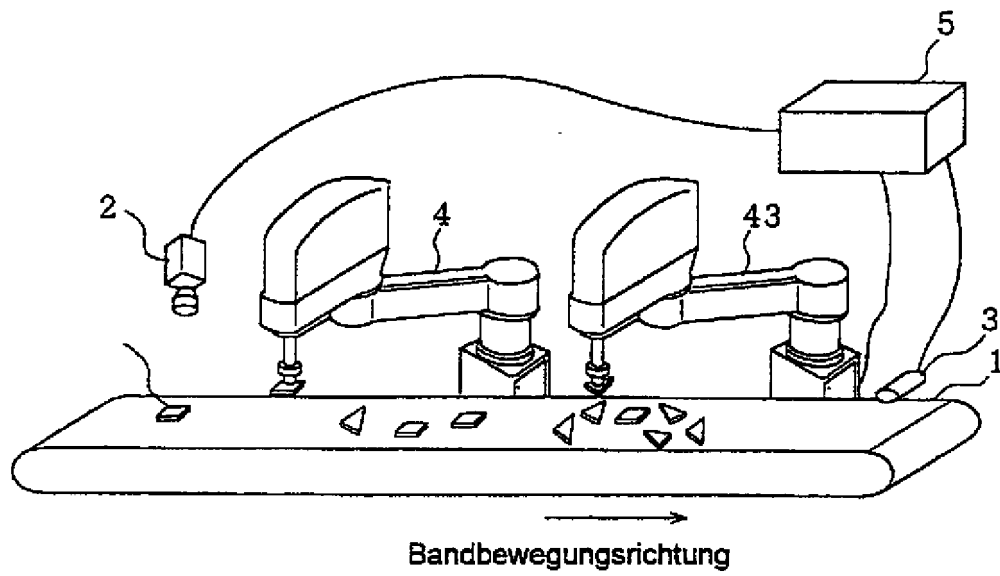


FIG. 18

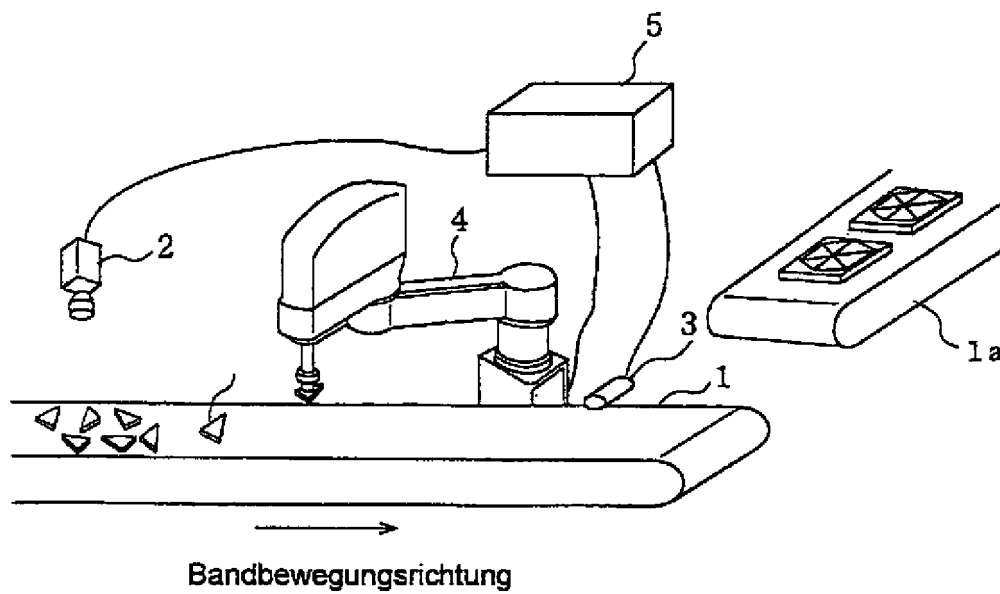


FIG. 19 A

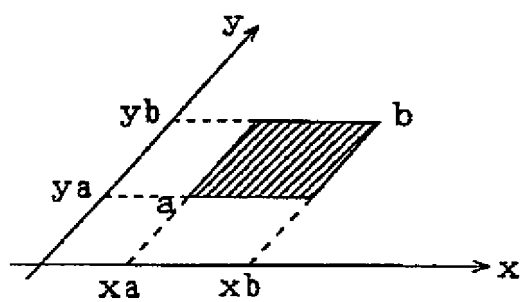


FIG. 19 B

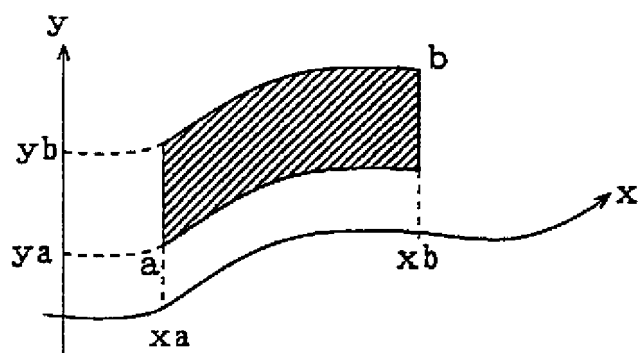


FIG. 20

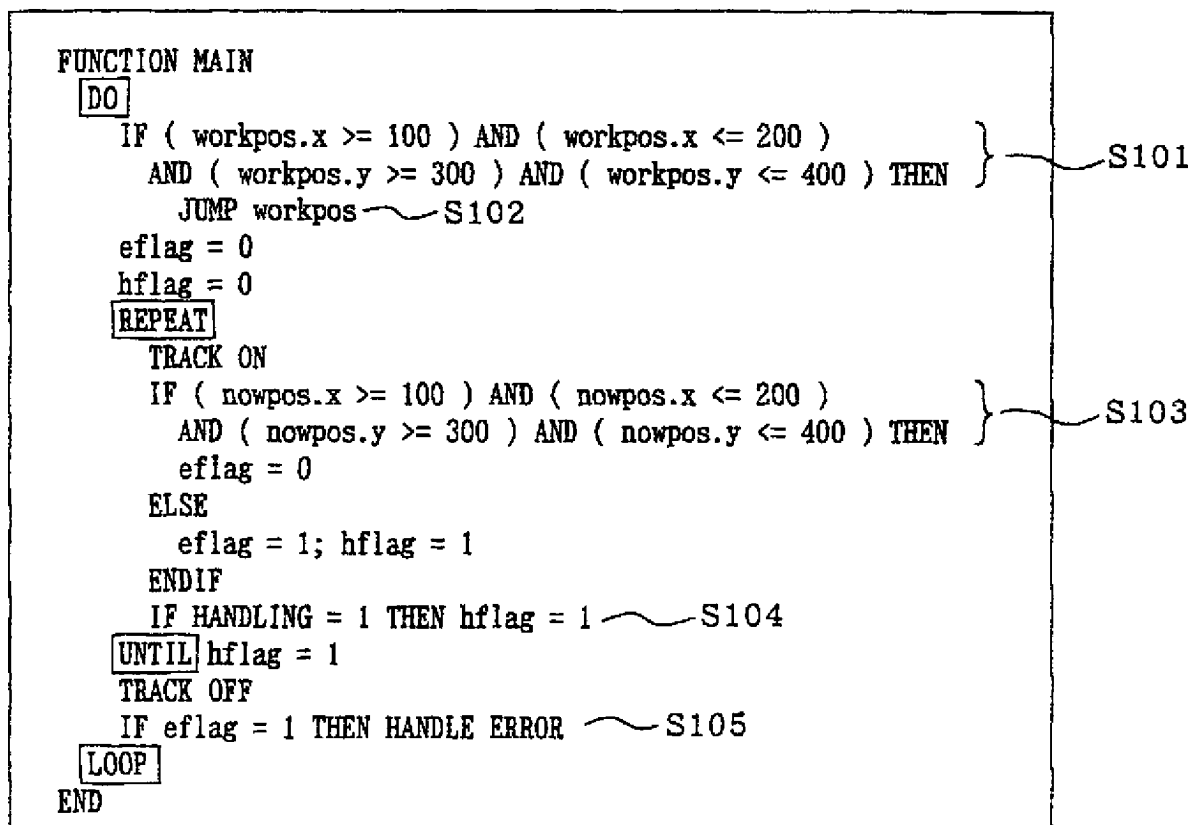


FIG. 21

