



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/047588**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 007 987.5**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/035404**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.09.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **30.03.2023**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **23.05.2024**

(51) Int Cl.: **B25J 9/16 (2006.01)**
B25J 13/08 (2006.01)

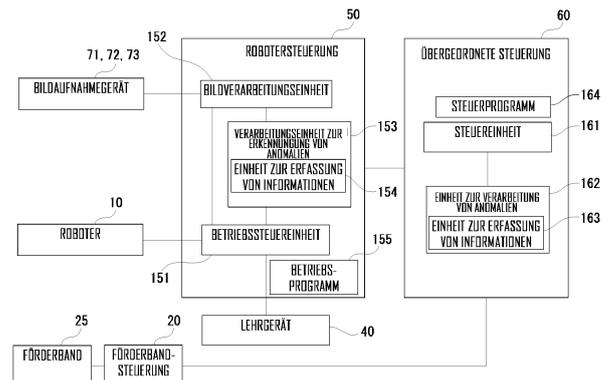
(71) Anmelder:
**FANUC CORPORATION, Oshino-mura,
Yamanashi, JP**
(74) Vertreter:
**Wuesthoff & Wuesthoff Patentanwälte und
Rechtsanwalt PartG mbB, 81541 München, DE**

(72) Erfinder:
**Koga, Kentaro, Oshino-mura, Yamanashi, JP;
Miyazaki, Wataru, Oshino-mura, Yamanashi, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Robotersystem**

(57) Zusammenfassung: Das Robotersystem (100, 500) umfasst einen Roboter (10, 520) und eine Robotersteuervorrichtung (50, 530) zum Durchführen einer Steuerung, um den Roboter (10, 520) zu veranlassen, eine vorgeschriebene Arbeit auf der Grundlage des Ergebnisses der Erfassung eines zu erfassenden Gegenstands durch einen Sensor auszuführen, wobei die Robotersteuerung (50, 530) mit einer Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien (153, 636) versehen ist, um den Roboter (10, 520) in Übereinstimmung mit dem Erfassen einer Anomalie, die zu dem durch den Sensor ausgeführten Erfassungsvorgang gehört, so zu steuern, dass er zu der Position eines Zeitpunkts zurückkehrt, zu dem die als Quelle der Anomalie dienende Erfassung ausgeführt wurde, und dann anhält.



Beschreibung

FELD

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Robotersystem.

HINTERGRUND

[0002] Ein Robotersystem mit einer Fördereinrichtung, die einen Gegenstand befördert, einem Roboter, der eine bestimmte Arbeit an einem beförderten Gegenstand ausführt, einer Robotersteuerung und einem Bildaufnahmegerät zum Erfassen eines Gegenstands usw. ist bereits bekannt (siehe z. B. PTL 1).

[0003] Im Hinblick auf eine Steuerung eines Arbeitsroboters, der eine vorbestimmte Arbeit an einem Fließband ausführt, beschreibt PTL 2 „eine Steuerung eines Arbeitsroboters, die die Funktion hat, wenn eine Überwachungs Vorrichtung, die einen Arbeitszustand einer Arbeitsvorrichtung überwacht, die eine vorbestimmte Arbeit an einem Werkstück ausführt, eine Anomalie eines Arbeitszustandes erkennt, die Arbeitsvorrichtung vorübergehend in die Position zurückzubringen, in der die Anomalie erkannt wurde, und die Arbeit von der Position aus wieder aufzunehmen“ (S. 2, untere rechte Spalte, Zeile 14 bis 20).

[ZITIERLISTE]

[PATENTLITERATUR]

[PTL 1] Ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 2019-188508A

[PTL 2] Ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. S62-278610A

ZUSAMMENFASSUNG

[TECHNISCHES PROBLEM]

[0004] Es wird eine Situation betrachtet, in der ein Bediener den Betrieb eines Robotersystems anlernt und einstellt, das eine Fördereinrichtung, einen Roboter, der eine vorbestimmte Arbeit an einem geförderten Gegenstand ausführt, eine Robotersteuerung und ein Bildaufnahmegerät, wie oben beschrieben, umfasst. Im Allgemeinen wird die Verarbeitung des Erfassens eines Bildes eines Gegenstands oder einer Fördereinrichtung durch das Bildaufnahmegerät und das Erfassen der Position desselben mit einer hohen Geschwindigkeit wiederholt, und der Roboter führt die Arbeit aus, während er den Gegenstand in einem solchen Robotersystem verfolgt. Für einen Bediener ist es schwierig zu überprüfen, ob die Bearbeitung an jeder Position des Roboters, des Gegenstands oder der Fördereinrichtung

ohne Probleme in einem solchen Prozess durchgeführt wird. Daher ist die Einlern- und Einstellarbeit zur Wiederherstellung des Robotersystems aus einem anormalen Zustand, wenn ein Problem im Robotersystem auftritt, zeitaufwändig, und die Hochfahrzeit des Robotersystems verlängert sich.

(LÖSUNG DES PROBLEMS)

[0005] Eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ist ein Robotersystem, das Folgendes umfasst: einen Roboter; und eine Robotersteuerung, die so konfiguriert ist, dass sie den Roboter so steuert, dass er auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Erfassungsziels durch einen Sensor eine vorbestimmte Arbeit ausführt, wobei die Robotersteuerung eine Einheit zur Erfassung von Anomalien umfasst, die so konfiguriert ist, dass sie als Reaktion auf das Erfassen einer Anomalie, die sich auf einen Erfassungsvorgang durch den Sensor bezieht, den Roboter so steuert, dass er zu einer Position zum Zeitpunkt der Erfassung, die eine Ursache für die Anomalie ist, zurückkehrt und den Roboter an der Position anhält.

[VORTEILHAFTE WIRKUNGEN DER ERFINDUNG]

[0006] Gemäß der vorgenannten Konfiguration kehrt der Roboter zu der Position zurück und hält dort an, die zum Zeitpunkt der Erkennung der Ursache einer Anomalie eingenommen wurde, und daher kann ein Bediener das Einlernen und Einstellen des Betriebs des Robotersystems in einem Zustand durchführen, in dem jede Vorrichtung des Robotersystems zu einer Stelle zurückgekehrt ist, an der ein Problem aufgetreten ist, ohne dass der Roboter zu der Stelle, an der das Problem aufgetreten ist, bewegt werden muss, was eine schwere Arbeit darstellt. Dementsprechend kann die Zeit, die zum Einlernen und Einstellen des Betriebs des Robotersystems erforderlich ist, wenn ein Problem im Robotersystem auftritt, erheblich reduziert werden, und die Zeit, die zum Hochfahren des Robotersystems usw. erforderlich ist, kann verkürzt werden.

[0007] Die Ziele, die Merkmale und die Vorteile der vorliegenden Erfindung sowie andere Ziele, Merkmale und Vorteile werden aus der detaillierten Beschreibung typischer Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die in den beigefügten Zeichnungen dargestellt sind, deutlicher.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration eines Robotersystems gemäß einer Ausführungsform zeigt.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Hardwarekonfiguration einer Robotersteuerung und einer übergeordneten Steuerung zeigt.

Fig. 3 ist ein funktionelles Blockdiagramm der Robotersteuerung und der übergeordneten Steuerung.

Fig. 4 ist ein Beispiel für ein Standardbild, wenn die Erkennung durch ein Bildaufnahmegerät durchgeführt wird.

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm der Ausrichtungskontrolle unter Verwendung des Bildaufnahmegeräts.

Fig. 6 ist ein Beispiel für ein aufgenommenes Bild zum Zeitpunkt der Ausrichtungskontrolle.

Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, das die Verarbeitung des Auftretens von Anomalien zeigt.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Anzeige von detaillierten Informationen über eine Anomalie zeigt.

Fig. 9 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration eines Robotersystems gemäß einer anderen Ausführungsform zeigt.

Fig. 10 ist ein funktionelles Blockdiagramm einer Robotersteuerung im Robotersystem in **Fig. 9**.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0008] Im Folgenden werden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. In den referenzierten Zeichnungen sind ähnliche Komponenten oder Funktionsteile mit ähnlichen Bezugszeichen versehen. Um das Verständnis zu erleichtern, werden in den Zeichnungen unterschiedliche Maßstäbe verwendet. Ferner sind die in den Zeichnungen dargestellten Konfigurationen Beispiele für die Umsetzung der vorliegenden Erfindung, und die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten Konfigurationen beschränkt.

[0009] **Fig. 1** ist ein Diagramm, das eine Konfiguration eines Robotersystems 100 gemäß einer Ausführungsform zeigt. Wie in **Fig. 1** dargestellt, umfasst das Robotersystem 100 einen Roboter 10 mit einer Armspitze, die mit einer Hand 30 ausgestattet ist, eine Robotersteuerung 50, die den Roboter 10 steuert, eine Fördereinrichtung (ein Förderband 25 und eine Förderbandsteuerung 20), die einen Artikel befördert, drei Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 und eine übergeordnete Steuerung 60. Die Robotersteuerung 50 und die Förderbandsteuerung 20 sind mit der übergeordneten Steuerung 60 verbunden, und die übergeordnete Steuerung 60 steuert die Robotersteuerung 50 und die Förderbandsteuerung 20 zentral so, dass vorgegebene Arbeiten im Robotersystem 100 ausgeführt werden. An die Robotersteuerung 50 kann, wie in **Fig. 1** dargestellt, ein Lehrgerät 40 angeschlossen werden.

[0010] Die übergeordnete Steuerung 60 ist z. B. eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) und steuert zentral die Betriebszeiten usw. der Robotersteuerung 50 und der Förderbandsteuerung 20 gemäß einem Steuerprogramm zur Steuerung der Betriebsabläufe.

[0011] Die Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 sind mit der Robotersteuerung 50 verbunden und arbeiten unter der Kontrolle der Robotersteuerung 50. Die Robotersteuerung 50 gemäß der vorliegenden Ausführungsform hat eine Funktion zur Steuerung jedes Bildaufnahmegeräts und eine Funktion zur Durchführung der Bildverarbeitung von Bilddaten, die von jedem Bildaufnahmegerät erfasst wurden. Jedes der Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 kann eine Kamera sein, die ein Graubild und/oder ein Farbbild aufnimmt, oder eine Stereokamera oder ein dreidimensionaler Sensor, der ein Entfernungsbild und/oder eine dreidimensionale Punktgruppe erfassen kann. In der vorliegenden Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass jedes Bildaufnahmegerät eine Kamera ist, die ein zweidimensionales Bild erfasst.

[0012] Die Förderbandsteuerung 20 steuert die Beförderung eines Werkstücks durch das Förderband 25, indem sie den Antrieb eines Motors 26 des Förderbands 25 steuert,

[0013] Das Lehrgerät 40 dient zum Beispiel zur Einstellung der Lehrinhalte und eines Programms. Das Lehrgerät 40 kann beispielsweise ein Programmierhandgerät, ein Tablet-Terminal, ein Smartphone oder eine andere Art von Informationsverarbeitungsgerät sein.

[0014] Im Robotersystem 100 führt die Robotersteuerung 50 als Reaktion auf das Erkennen einer Anomalie im Erfassungsvorgang durch die Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 eine Steuerung durch, die den Roboter 10 in die Position zum Zeitpunkt des Erkennens der Anomalie zurückführt und den Roboter 10 an dieser Position anhält. Auf diese Weise kann ein Bediener die Einstellung des Betriebs des Robotersystems in einem Zustand vornehmen, in dem der Roboter zu einer Position zurückgekehrt ist und dort angehalten hat, in der ein Problem aufgetreten ist, ohne dass eine manuelle Bedienung zum Bewegen des Roboters erforderlich ist.

[0015] Während die Konfiguration gemäß der vorliegenden Ausführungsform auf ein Robotersystem anwendbar ist, das verschiedene Arten der Verarbeitung (wie z. B. Erkennung und Bestimmung) unter Verwendung eines Bildsensors ausführen kann, wird als Beispiel eine Konfiguration beschrieben, in der der Roboter 10 die Arbeit des Greifens eines Werkstücks 91, das an einem Ständer 2 platziert ist, und des Anbringens des Werkstücks 91 an einem Werkstück 81, das auf dem Förderband 25 befördert

wird, ausführt. Es wird als Beispiel angenommen, dass das Werkstück 91 eine Tür eines Fahrzeugs und das Werkstück 81 eine Fahrzeugkarosserie ist, an der die Tür befestigt ist. Der Roboter 10 führt wiederholt die Arbeit des Anbringens eines Werkstücks 91 an jedem der Werkstücke 81 aus, die nacheinander auf dem Förderband 25 in Pfeilrichtung in **Fig. 1** befördert werden, und ein Bildaufnahme-Erfassungsvorgang an einem Erfassungsziel durch die Bildaufnahme-Meräte 71 bis 73 wird wiederholt während der Ausführung der Arbeit ausgeführt.

[0016] **Fig. 2** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Hardwarekonfiguration der übergeordneten Steuerung 60 und der Robotersteuerung 50 zeigt. Die übergeordnete Steuerung 60 kann als gemeinsamer Computer konfiguriert sein, der einen Speicher 62 (z. B. ein ROM, ein RAM oder einen nichtflüchtigen Speicher), eine Anzeigeeinheit 63, eine mit einem Eingabgerät wie einer Tastatur (oder Softwaretasten) konfigurierte Betriebseinheit 64, eine Eingangs-/Ausgangsschnittstelle 65 usw. umfasst, die über einen BUS mit einem Prozessor 61 verbunden sind. Die Robotersteuerung 50 kann als gewöhnlicher Computer konfiguriert sein, der einen Speicher 52 (z. B. einen ROM, einen RAM oder einen nichtflüchtigen Speicher), eine Eingangs-/Ausgangsschnittstelle 53, eine Betriebseinheit 54 mit verschiedenen Bedienschaltern usw. enthält, die über einen BUS mit einem Prozessor 51 verbunden sind. Das Lehrgerät 40 kann auch als gewöhnlicher Computer konfiguriert sein, der einen Prozessor, einen Speicher, eine Anzeigeeinheit, eine Betriebseinheit, verschiedene Eingangs-/Ausgangsschnittstellen usw. umfasst.

[0017] **Fig. 3** ist ein funktionelles Blockdiagramm der Robotersteuerung 50 und der übergeordneten Steuerung 60. Wie in **Fig. 3** dargestellt, enthält die Robotersteuerung 50 eine Betriebssteuereinheit 151, die den Betrieb des Roboters 10 (und der Hand 30) in Übereinstimmung mit einem Befehl von dem Lehrgerät 40 oder einem Betriebsprogramm 155 steuert, eine Bildverarbeitungseinheit 152, die die Steuerung der Bildaufnahme-Meräte 71 bis 73 und die Bildverarbeitung eines erfassten Bildes durchführt, und eine Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153, die als Reaktion auf die Erkennung einer Anomalie bei einem Aufnahmevorgang durch eines der Bildaufnahme-Meräte 71 bis 73 eine Steuerung in der Weise durchführt, dass der Roboter 10 in die Position zum Zeitpunkt der Erkennung der Anomalie zurückkehrt. Eine Einheit zur Erfassung von Informationen 154 erfasst und speichert die Position des Roboters 10 zum Zeitpunkt der Erfassung der Anomalie und andere Informationen. Die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153 hat auch die Funktion, als Reaktion auf die Erkennung einer Anomalie in einem Aufnahmevorgang durch eines der Bildaufnahme-Meräte 71 bis 73

ein Signal, das die Erkennung der Anomalie anzeigt, an die übergeordnete Steuerung 60 zu übertragen.

[0018] Die übergeordnete Steuerung 60 umfasst eine Steuereinheit 161, die Betriebsabläufe der Robotersteuerung 50 und der Förderbandsteuerung 20 gemäß einem Steuerprogramm 164 steuert, und eine Einheit zur Verarbeitung von Anomalien 162, die als Reaktion auf den Empfang eines Signals, das die Erfassung der oben genannten Anomalie von der Robotersteuerung 50 anzeigt, die Steuerung so durchführt, dass das Förderband 25 in die Position zum Zeitpunkt der Erfassung der Anomalie zurückkehrt. Eine Einheit zur Erfassung von Informationen 163 erfasst und speichert die Position des Förderbandes 25 zum Zeitpunkt der Erfassung der Anomalie und andere Informationen.

[0019] Es wird ein Beispiel für einen Aufnahmevorgang eines Ziels durch die Bildaufnahme-Meräte 71 bis 73 beschrieben, der durchgeführt wird, während der Roboter 10 die vorgegebene Arbeit ausführt. Das Bildaufnahme-Merät 71 ist eine feststehende Kamera, die, wenn der Roboter 10 ein gegen den Ständer 2 gelegtes Werkstück 81 ergreift, nur einmal ein Bild des Zustands aufnimmt und einen falsch ausgerichteten Griff erkennt.

[0020] Das Bildaufnahme-Merät 72 und 73 sind an einer Armspitze des Roboters 10 befestigt. Die Bildaufnahme-Merichtung jedes der Bildaufnahme-Meräte 72 und 73 ist so eingestellt, dass die Vorrichtung ein Bild eines Bereichs um eine Befestigungsposition herum aufnimmt, wenn der Roboter 10 ein Werkstück 91 an einem Werkstück 81 befestigt. Die Bildaufnahme-Meräte 72 und 73 wiederholen die Bildaufnahme, während der Roboter 10 die Arbeit des Anbringens eines Werkstücks 91 an einem Werkstück 81 durchführt und dabei das Werkstück 91 bewegt.

[0021] Beschrieben wird die Ausrichtungskontrolle eines Werkstücks 91 relativ zu einem Werkstück 81 mit Hilfe des Bildaufnahme-Meräts 72 oder 73, wobei die Kontrolle im Rahmen solcher Befestigungsarbeiten erfolgt. Es wird ein Fall beschrieben, in dem ein von dem Bildaufnahme-Merät 72 aufgenommenes Bild verwendet wird. In einem Stadium, in dem der Roboter 10 das Werkstück 91 in eine Position bewegt, in der das Werkstück 91 an dem Werkstück 81 befestigt werden kann, wird die Steuerung des Erfassens eines Bildes des Zustands durch das Bildaufnahme-Merät 72 und des Einstellens der Position des Roboters 10 in der Ausrichtungssteuerung ausgeführt.

[0022] **Fig. 4** zeigt ein Bild, das von dem Bildaufnahme-Merät 72 im Normalbetrieb aufgenommen wurde, wenn sich der Roboter 10 in einer Position befindet, in der das Werkstück 91 an dem Werkstück 81 befestigt werden kann (angenommen, es handelt sich um

eine Position, in der ein Stift an dem Werkstück 91 in ein Loch an dem Werkstück 81 eingeführt werden kann, indem das Werkstück 91 in vertikaler Richtung nach unten bewegt wird). Das Bild ist ein Bild, wenn sich der Roboter 10 in einer korrekten Position befindet und wird daher im Folgenden auch als Standardbild 261 bezeichnet.

[0023] Die Bildverarbeitungseinheit 152 in der Robotersteuerung 50 hat die Funktion, Merkmalswerte von Merkmalsteilen zu erfassen, die vorbestimmte charakteristische Teile in dem Werkstück 81 und dem Werkstück 91 sind. Die Bildverarbeitungseinheit 152 hat ferner die Funktion, die Differenz zwischen dem Merkmalswert des Werkstücks 81 und dem Merkmalswert des Werkstücks 91 als einen relativen Wert zu berechnen. Die Bildverarbeitungseinheit 152 erzeugt auf der Grundlage des berechneten Relativwertes einen Befehl zum Betrieb des Roboters 10.

[0024] Im Robotersystem 100 erfolgt die Ausrichtung des Werkstücks 91 relativ zu dem vom Förderband 25 beförderten Werkstück 81 auf der Grundlage von Bildern, die von den Bildaufnahmegegeräten 72 und 73 aufgenommen werden. Insbesondere wird die Ausrichtung durchgeführt, wenn die (nicht abgebildeten) Stifte des Werkstücks 91 (eine Tür) in die Löcher 82a und 83a (siehe **Fig. 6**) eingeführt werden, die in den vorstehenden Teilen 82 und 83 des Werkstücks 81 (eine Fahrzeugkarosserie) ausgebildet sind.

[0025] Die Bildverarbeitungseinheit 152 berechnet einen relativen Positionswert im Standardbild 261 durch die folgenden Verfahren (A1) bis (A3), bevor die eigentliche Arbeit durch den Roboter 10 ausgeführt wird.

(A1) Die Bildverarbeitungseinheit 152 detektiert die Oberseite des vorstehenden Teils 82 als ein erstes Merkmalsteil zur Erfassung der Position des Werkstücks 81 und detektiert die Oberseite des vorstehenden Teils 92 des Werkstücks 91 als ein zweites Merkmalsteil zur Erfassung der Position des Werkstücks 91. Es sollte beachtet werden, dass zum Beispiel ein Teil eines Werkstücks, ein auf der Oberfläche eines Werkstücks gebildetes Muster oder eine Linie oder ein auf der Oberfläche eines Werkstücks beschriebenes Diagramm als Merkmalsteil verwendet werden kann. Als Erkennungsverfahren zum Erkennen eines Merkmalsteils kann ein Basisbild, das ein Standard für jedes der Werkstücke 81 und 91 ist, im Voraus vorbereitet werden, und unter Verwendung des Basisbildes und eines von dem Bildaufnahmegegerät 72 erfassten Bildes kann ein Merkmalsteil in dem von dem Bildaufnahmegegerät 72 erfassten Bild durch ein Verfahren wie den Schablonenabgleich erkannt werden.

(A2) Als nächstes erkennt die Bildverarbeitungseinheit 152 einen ersten Merkmalswert, der sich auf die Position des ersten Merkmalsteils bezieht, und einen zweiten Merkmalswert, der sich auf die Position des zweiten Merkmalsteils bezieht. Ein Bildschirm-Koordinatensystem 252 wird auf das von dem Bildaufnahmegegerät 72 aufgenommene Bild eingestellt. Das Bildschirm-Koordinatensystem 252 ist ein Koordinatensystem, das definiert wird, wenn ein beliebiger Punkt im Bild auf den Ursprung gesetzt wird. Das Bildschirm-Koordinatensystem 252 umfasst eine u-Achse und eine v-Achse, die orthogonal zueinander stehen. Das Bildschirm-Koordinatensystem 252 steht in Beziehung zu einem visuellen Sensorkoordinatensystem an dem Bildaufnahmegegerät 72. Ein Merkmalswert, der sich auf eine Position gemäß der vorliegenden Ausführungsform bezieht, ist ein Koordinatenwert der u-Achse und ein Koordinatenwert der v-Achse in dem Bildschirm-Koordinatensystem 252 in dem Bild. Basierend auf den im Standardbild 261 detektierten Merkmalsteilen kann die Bildverarbeitungseinheit 152 die Positionen der den Merkmalsteilen zugeordneten Sollpunkte P1 und P2 erkennen. Die Bildverarbeitungseinheit 152 erkennt einen Koordinatenwert (u1b, v1b) des Sollpunkts P1 im Bildschirm-Koordinatensystem 252 als den ersten Merkmalswert. Ferner erfasst eine Einheit zur Erfassung von Merkmalswerten einen Koordinatenwert (u2b, v2b) des Einstellpunkts P2 im Bildschirm-Koordinatensystem 252 als zweiten Merkmalswert.

(A3) Als nächstes berechnet die Bildverarbeitungseinheit 152 einen relativen Wert zwischen dem ersten Merkmalswert und dem zweiten Merkmalswert in dem Standardbild. Um die Position des Roboters 10 zu steuern, errechnet die Bildverarbeitungseinheit 152 einen relativen Positionswert als relativen Wert. Der relative Positionswert ist die Differenz zwischen dem ersten Merkmalswert und dem zweiten Merkmalswert. Zum Beispiel berechnet die Bildverarbeitungseinheit 152 die Differenz (u1b - u2b, v1b - v2b) zwischen dem Koordinatenwert des ersten Merkmalswertes und dem Koordinatenwert des zweiten Merkmalswertes als relativen Positionswert. Der berechnete relative Positionswert wird in dem Standardbild 261 als relativer Standardpositionswert gespeichert.

[0026] So kann die Bildverarbeitungseinheit 152 den relativen Positionswert im Standardbild 261 berechnen. In der vorliegenden Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass der relative Positionswert im Standardbild 261 zuvor berechnet und in einer Speichereinheit gespeichert wurde.

[0027] Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm der Ausrichtungskontrolle. Diese Verarbeitung wird unter der Kontrolle des Prozessors 51 in der Robotersteuerung 50 ausgeführt. Nachdem die Robotersteuerung 50 die Steuerung der Annäherung des Werkstücks 91 an eine Position durchgeführt hat, in der das Werkstück 91 am Werkstück 81 befestigt werden kann, erfasst die Betriebssteuereinheit 151 in Schritt S101 ein Bild der Werkstücke 81 und 91 durch das Bildaufnahmegerät 72.

[0028] Fig. 6 zeigt ein Bild 262, das von dem Bildaufnahmegerät 72 in Schritt S101 aufgenommen wurde. Das Bild 262 enthält ein Bild der oberen Oberfläche des vorstehenden Teils 82, das das erste Merkmalsteil ist, und ein Bild der oberen Oberfläche des vorstehenden Teils 92, das das zweite Merkmalsteil ist. Das Werkstück 91 ist auf der positiven Seite der u-Achse des Bildschirm-Koordinatensystems 252 relativ zum Werkstück 81 verschoben, wie durch einen Pfeil 201 im Bild 262 angezeigt.

[0029] In Schritt S102 erkennt die Bildverarbeitungseinheit 152 den ersten Merkmalsteil und den zweiten Merkmalsteil des von dem Bildaufnahmegerät 72 aufgenommenen Bildes 262. Die Oberseite des vorstehenden Teils 82 des Werkstücks 81 wird als erstes Merkmalsteil erkannt, und die Oberseite des vorstehenden Teils 92 des Werkstücks 91 wird als zweites Merkmalsteil erkannt.

[0030] Als nächstes, in Schritt S103, erkennt die Bildverarbeitungseinheit 152 einen ersten Merkmalswert und einen zweiten Merkmalswert in dem von dem Bildaufnahmegerät 72 erfassten Bild. Die Bildverarbeitungseinheit 152 erfasst den Koordinatenwert $(u1m, v1m)$ des Einstellpunkts P1 im Bildschirm-Koordinatensystem 252 als den ersten Merkmalswert, der sich auf den ersten Merkmalsteil bezieht, und berechnet den Koordinatenwert $(u2m, v2m)$ des Einstellpunkts P2 im Bildschirm-Koordinatensystem als den zweiten Merkmalswert, der sich auf den zweiten Merkmalsteil bezieht.

[0031] Als nächstes berechnet die Bildverarbeitungseinheit 152 in Schritt S104 die Differenz zwischen dem ersten Merkmalswert und dem zweiten Merkmalswert als einen relativen Positionswert. Der relative Positionswert in dem von dem Bildaufnahmegerät 72 aufgenommenen Bild 262 ist die Differenz $(u1m - u2m, v1m - v2m)$ zwischen dem Koordinatenwert des ersten Merkmalswertes und dem Koordinatenwert des zweiten Merkmalswertes.

[0032] Als nächstes berechnet die Bildverarbeitungseinheit 152 in Schritt S105 eine Differenz der relativen Positionswerte, die die Differenz zwischen dem relativen Positionswert im Bild 262 und dem relativen Positionswert im Standardbild 261 ist. Die Differenz der relativen Positionswerte kann durch

$[(u1m - u2m) - (u1b - u2b), (v1m - v2m) - (v1b - v2b)]$ als Werte in Bezug auf die u-Achse bzw. die v-Achse ausgedrückt werden.

[0033] Als nächstes wird in Schritt S106 ermittelt, ob die Differenz der relativen Positionswerte innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt. Wenn die Differenz der relativen Positionswerte innerhalb des zuvor festgelegten Bereichs liegt (S120: JA), wird die Ausrichtung des Werkstücks 91 in Bezug auf das Werkstück 81 als abgeschlossen betrachtet, und dieser Vorgang wird beendet.

[0034] Liegt die Differenz der relativen Positionswerte hingegen außerhalb des zuvor festgelegten Bereichs (S120: NEIN), kann festgestellt werden, dass das Werkstück 91 eine gewünschte Position relativ zum Werkstück 81 nicht erreicht hat. In diesem Fall wird die Bearbeitung zu Schritt S107 fortgesetzt.

[0035] In Schritt S107 legt die Bildverarbeitungseinheit 152 ein Verfahren zum Fahren des Roboters 10 fest, das auf der Differenz der relativen Positionswerte basiert. Die Bildverarbeitungseinheit 152 legt eine Bewegungsrichtung und einen Bewegungswert des Roboters in einem Standard-Koordinatensystem fest. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird die Bewegungsrichtung der Position des Roboters 10 in Bezug auf die Differenz der relativen Positionswerte zuvor auf der Grundlage einer relativen Positionsbeziehung zwischen dem Bildschirm-Koordinatensystem 252 und dem Standard-Koordinatensystem des Roboters 10 bestimmt. Zum Beispiel wird die Bewegungsrichtung der Position des Roboters für einen positiven Wert oder einen negativen Wert auf der u-Achse des Bildschirm-Koordinatensystems im Standard-Koordinatensystem wie folgt bestimmt. Wenn die Differenz der relativen Positionswerte in Bezug auf die u-Achse ein positiver Wert ist, wird eine Bewegungsrichtung von $(1, 1, 0)$ bestimmt, indem Koordinatenwerte auf einer X-Achse, einer Y-Achse und einer Z-Achse des Standard-Koordinatensystems verwendet werden. Wenn die Differenz der relativen Positionswerte in Bezug auf die Y-Achse positiv ist, wird eine Bewegungsrichtung von $(0, 0, 1)$ bestimmt, indem Koordinatenwerte auf der X-Achse, der Y-Achse und der Z-Achse des Standard-Koordinatensystems verwendet werden.

[0036] Darüber hinaus wird beispielsweise ein Verfahren zur Berechnung eines Bewegungswertes der Position des Roboters für die Differenz der relativen Positionswerte wie folgt festgelegt. Ein Wert, der durch Multiplikation eines Wertes $[(u1m - u2m) - (u1b - u2b)]$ in Bezug auf die u-Achse mit einem vorbestimmten Koeffizienten ermittelt wird, kann als Bewegungswert der Position des Roboters in einer Richtung in Bezug auf die u-Achse verwendet werden. Ferner kann ein Wert, der durch Multiplikation

eines Wertes $[(v1m - v2m) - (v1b - v2b)]$ in Bezug auf die v-Achse mit einem vorbestimmten Koeffizienten erhalten wird, als der Bewegungswert der Position des Roboters in einer Richtung in Bezug auf die v-Achse verwendet werden. Somit kann der Bewegungswert der Position des Roboters 10 in der Richtung berechnet werden, die sich auf jede Achse des Bildschirm-Koordinatensystems 252 bezieht.

[0037] Als nächstes wird in Schritt S108 der Roboter 10 auf der Grundlage der Bewegungsrichtung und des Bewegungswerts der Position des Roboters, die wie oben beschrieben berechnet wurden, gefahren. Die Bildverarbeitungseinheit 152 erzeugt einen Fahrbefehl zum Fahren des Roboters 10 auf der Grundlage der Bewegungsrichtung und des Bewegungswerts der Position des Roboters. Die Bildverarbeitungseinheit 152 überträgt den Fahrbefehl an die Betriebssteuereinheit 151. Die Betriebssteuereinheit 151 steuert die Position des Roboters 10 in Übereinstimmung mit dem Fahrbefehl. Dann wird die Verarbeitung ab Schritt S115 wiederholt. Durch eine solche Steuerung kann die Position des Werkstücks 91 schrittweise an eine gewünschte Position herangeführt werden.

[0038] Die Bildverarbeitungseinheit 152 hat die Aufgabe, eine Anomalie bei einem Erfassungsvorgang durch eines der Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 zu erkennen. Die folgenden Situationen können als Beispiele für die Erkennung von Anomalien betrachtet werden.

(B1) Ein Zustand, in dem ein Erkennungsziel (z. B. ein Merkmalsteil) in einem Bild nicht erkannt wird, dauert an.

(B2) Wenn ein Bild eines sich bewegenden Erfassungsziels kontinuierlich aufgenommen wird, kommt es zu einer Situation, in der die erfassten Positionen des Erfassungsziels nicht kontinuierlich sind (an unerwarteten Positionen liegen).

[0039] Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, das die Verarbeitung der Anomalie-Erkennung veranschaulicht, die ausgeführt wird, wenn eine Anomalie bei einem Aufnahmevorgang durch ein Bildaufnahmegerät im Robotersystem 100 festgestellt wird. Ein durch die Schritte S1 bis S6 beschriebener Ablauf in der Anomalie-Erkennungsverarbeitung wird unter der Steuerung des Prozessors 51 in der Robotersteuerung 50 ausgeführt, und ein durch die Schritte S7 bis S10 beschriebener Ablauf wird unter der Steuerung des Prozessors 61 in der übergeordneten Steuerung 60 ausgeführt.

[0040] Es wird davon ausgegangen, dass eine Anomalie in einem Aufnahmevorgang durch eines der Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 aufgrund des Auftre-

tens der oben beschriebenen Situation (B1) oder (B2) erfasst wird (Schritt S1).

[0041] In Schritt S2 sendet die Robotersteuerung 50 (die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153) ein Signal, das die Erkennung einer Anomalie anzeigt, an die übergeordnete Steuerung 60.

[0042] Als nächstes erfasst die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153 (die Einheit zur Erfassung von Informationen 154) die aktuelle Position des Roboters 10 (eine Position A) (Schritt S3). Die Position des Roboters 10 umfasst eine Haltung. Dann bremst die Robotersteuerung 50 (die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153) den Roboter 10 ab und hält ihn an, um ihn sicher anzuhalten (Schritt S4).

[0043] Als Nächstes bestimmt die Robotersteuerung 50 (die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153), ob der Roboter 10 angehalten hat (Schritt S5). Die Robotersteuerung 50 (die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien) wartet darauf, dass der Roboter anhält (S5: NEIN).

[0044] Wenn der Roboter anhält (S5: JA), fährt die Robotersteuerung 50 (die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153) den Roboter 10 zum Zeitpunkt der Erkennung der Anomalie an die Position A und hält den Roboter 10 an der Position A an.

[0045] Wenn die übergeordnete Steuerung 60 (die Einheit zur Erfassung von Informationen 163) das Signal von der Robotersteuerung 50 empfängt, das die Erkennung der Anomalie anzeigt, erfasst sie Informationen über die aktuelle Position des Förderbands (eine Position B) (Schritt S7). Als nächstes bremst die übergeordnete Steuerung 60 (die Einheit zur Verarbeitung von Anomalien 162) das Förderband 25 unter Berücksichtigung des Sicherheitsaspekts ab und hält ihn an (Schritt S8).

[0046] Als Nächstes bestimmt die übergeordnete Steuerung 60 (die Einheit zur Verarbeitung von Anomalien 162), ob das Förderband 25 angehalten hat (Schritt S9). Die übergeordnete Steuerung 60 (die Einheit zur Verarbeitung von Anomalien 162) wartet, bis das Förderband 25 anhält (S9: NEIN). Wenn das Förderband 25 anhält (S9: JA), bewegt die übergeordnete Steuerung 60 (die Einheit zur Verarbeitung von Anomalien 162) das Förderband 25 zu der Position B, die die Position zum Zeitpunkt des Auftretens der Anomalie ist, und hält das Förderband 25 an der Position B an (Schritt S10). Durch die oben beschriebene Verarbeitung können der Roboter 10 und das Förderband 25 in die Position zum Zeitpunkt der Erfassung der Anomalie zurückgebracht werden, wenn eine Anomalie beim Aufnahmevorgang durch ein Bildaufnahmegerät festgestellt wird.

[0047] Zusätzlich zur Rückführung des Roboters 10 und des Förderbands 25 in die Position zum Zeitpunkt der Feststellung einer Anomalie können im Robotersystem 100 eine oder mehrere der folgenden Operationen (C1) bis (C3) durchgeführt werden.

(C1) Durchführen einer Bildaufnahme durch jedes Bildaufnahmegerät in einem Zustand jedes Ausrüstungsteils, aus dem das Robotersystem besteht, das in den Zustand zum Zeitpunkt des Erkennens der Anomalie zurückversetzt wird, und Darstellen des aufgenommenen Bildes.

(C2) Wiedergeben von detaillierten Informationen über die Anomalie.

(C3) Darstellung von Informationen über die Betriebsbedingungen des Robotersystems zum Zeitpunkt der Erkennung der Anomalie.

[0048] Der vorgenannte Vorgang (C1) kann dadurch erreicht werden, dass nach der Rückkehr des Roboters 10 und des Förderbands 25 in die Position zum Zeitpunkt des Erkennens der Anomalie die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153 so arbeitet, dass sie jedes der Bildaufnahmegeräte 71 bis 73 über die Bildverarbeitungseinheit 152 betätigt und eine Anzeigeeinheit 41 in dem Lehrgerät 40 veranlasst, ein erfasstes Bild anzuzeigen. Da der Zustand der Anomalie in einem solchen aufgenommenen Bild wiedergegeben werden kann, kann ein Bediener beispielsweise die Einstellung der Position des Roboters 10 im Betriebsprogramm, die Einstellung eines Betriebszeitpunkts des Roboters 10 oder die Einstellung der Installationsposition eines Bildaufnahmegeräts angemessen verfolgen, während er ein solches aufgenommenes Bild beobachtet.

[0049] Der vorgenannte Vorgang (C2) kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Einheit zur Erfassung von Informationen 154 in der Robotersteuerung 50 detaillierte Informationen über eine Anomalie erfasst, wenn die Anomalie durch den Betrieb in Koordination mit der Bildverarbeitungseinheit 152 oder der Betriebssteuereinheit 151 erfasst wird, und dass die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153 die von der Einheit zur Erfassung von Informationen 154 erfassten detaillierten Informationen über die Anomalie auf dem Lehrgerät 40 anzeigt. **Fig. 8** zeigt ein Beispiel für die Anzeige von Einzelheiten einer Anomalie auf einem Bildschirm des Lehrgeräts 40 (der Anzeigeeinheit 41) durch die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 153, wenn eine Anomalie bei einem Aufnahmevorgang durch ein Bildaufnahmegerät erkannt wird. In diesem Beispiel wird ein Fehlerbildschirm 145 mit einer Meldung angezeigt, die besagt, dass die Ursache für die Anomalie ein Zielobjekt ist, das von dem Bildaufnahmegerät (in diesem Beispiel eine Kamera #2) nicht erkannt wird. In diesem Fall kann ein Bediener die Einstellung der Position des

Roboters 10 im Betriebsprogramm, die Einstellung eines Betriebszeitpunkts des Roboters 10, die Einstellung der Installationsposition des Bildaufnahmegeräts usw. mit detaillierten Informationen über die Anomalie, die hier als Hinweis angezeigt wird, in geeigneter Weise verfolgen.

[0050] Mit anderen Worten, eine solche Konfiguration, in der dem Bediener detaillierte Informationen über eine Anomalie präsentiert werden, ermöglicht eine effiziente Verfolgung der Anpassung zur Behebung der Anomalie.

[0051] Als Beispiel für den oben genannten Vorgang (C3) kann die Einheit zur Erfassung von Informationen 154 in der Robotersteuerung 50 so konfiguriert sein, dass sie Informationen über die Betriebsbedingungen des Roboters 10 (wie die Position, die Haltung und die Betriebsgeschwindigkeit des Roboters) zum Zeitpunkt der Erfassung einer Anomalie aufzeichnet. Darüber hinaus kann die Einheit zur Erfassung von Informationen 163 in der übergeordneten Steuerung 60 so konfiguriert sein, dass sie Informationen über die Betriebsbedingungen des Förderbands 25 (z. B. die Position und die Geschwindigkeit) zum Zeitpunkt der Erkennung einer Anomalie aufzeichnet. Die Informationen über die Betriebsbedingungen des Roboters 10 und des Förderbands 25 können zum Beispiel auch auf der Anzeigeeinheit 41 des Lehrgeräts 40 angezeigt werden. Solche Informationen über die Betriebsbedingungen können auch die Effizienz der Einstellung durch einen Bediener verbessern.

[0052] Die Darstellung von Informationen durch die vorgenannten Vorgänge (C1) bis (C3) kann auf einem Gerät mit einer Anzeigeeinheit im Robotersystem 100 (z. B. der übergeordneten Steuerung 60) erfolgen, ohne auf die vorgenannten Beispiele beschränkt zu sein.

[0053] Wie oben beschrieben, kehrt der Roboter gemäß der vorliegenden Ausführungsform zu der Position zurück und hält dort an, die zum Zeitpunkt der Erkennung der Ursache einer Anomalie erreicht wurde, und daher kann ein Bediener das Einlernen und Einstellen des Betriebs des Robotersystems in einem Zustand durchführen, in dem jede Vorrichtung des Robotersystems zu einer Stelle zurückgekehrt ist, an der ein Problem aufgetreten ist, ohne dass der Roboter zu der Stelle, an der das Problem aufgetreten ist, bewegt werden muss, was eine schwere Arbeit darstellt. Dementsprechend kann die Zeit, die zum Einlernen und Einstellen des Betriebs des Robotersystems erforderlich ist, wenn ein Problem im Robotersystem auftritt, erheblich reduziert werden, und die Zeit, die zum Hochfahren des Robotersystems usw. erforderlich ist, kann verkürzt werden.

[0054] Während die vorliegende Erfindung oben anhand der typischen Ausführungsformen beschrieben wurde, kann der Fachmann davon ausgehen, dass Änderungen und verschiedene andere Änderungen, Auslassungen und Ergänzungen an den vorgenannten Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne vom Anwendungsbereich der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0055] Es sollte klar sein, dass die in **Fig. 1** dargestellte Konfiguration des Robotersystems 100 ein Beispiel ist und nicht jede Komponente davon eine wesentliche Komponente ist. So kann beispielsweise auch eine Systemkonfiguration verwendet werden, bei der das Förderband 25 und die Förderbandsteuerung 20 aus dem Robotersystem 100 weggelassen werden.

[0056] Während sich die vorgenannte Ausführungsform auf ein Robotersystem bezieht, das ein Objekt durch ein Bildaufnahmegerät als Bildsensor erfasst und eine vorbestimmte Arbeit ausführt, kann die vorliegende Erfindung auf ein Robotersystem angewandt werden, das einen anderen Sensortyp (wie einen Näherungssensor oder einen Entfernungssensor) zur Erfassung eines Objekts enthält. Wenn ein solcher anderer Sensortyp in einem Robotersystem verwendet wird, wird ein Ausgangsergebnis des Sensors in der oben erwähnten Operation (C1) dargestellt.

[0057] Die in der vorgenannten Ausführungsform beschriebene Konfiguration, bei der die für das Hochfahren eines Systems erforderliche Zeit verkürzt werden kann, indem ein Roboter oder der Roboter und jede bewegliche Maschine in die Position zum Zeitpunkt des Auftretens eines Problems zurückgebracht und verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, ist auf Robotersysteme in verschiedenen Konfigurationen anwendbar.

[0058] Eine weitere Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf **Fig. 9** und **Fig. 10** beschrieben. Die hier beschriebene Ausführungsform bezieht sich auf ein Robotersystem, das so konfiguriert ist, dass es in der Lage ist, die Position eines Roboters relativ zu einem Arbeitsbereich zu korrigieren, indem es eine im Arbeitsbereich platzierte Markierung durch einen am Roboter angebrachten Bildsensor erfasst. **Fig. 9** ist ein Diagramm, das eine Ausrustungskonfiguration eines Robotersystems 500 zeigt. Das Robotersystem 500 umfasst eine Werkzeugmaschine 510, einen Roboter 520, eine Robotersteuerung 530, die den Roboter 520 steuert, und eine Fördereinrichtung 581 zum Transportieren des Roboters 520 und der Robotersteuerung 530. Der Roboter 520 wird an einer vorbestimmten Position vor der Werkzeugmaschine 510 in einem Zustand platziert, in dem er auf die Fördereinrichtung 581 geladen ist, und führt eine vorbestimmte Arbeit aus,

wie z. B. das Laden/Entladen eines Arbeitszielobjekts (im Folgenden als Werkstück bezeichnet) in/aus der Werkzeugmaschine 510. Mit anderen Worten, das Robotersystem 500 ist als Automatisierungssystem zum Automatisieren des Ladens/Entladens eines Werkstücks in die/aus der Werkzeugmaschine 510 durch den Roboter 520 konfiguriert. Die Fördereinrichtung 581 ist beispielsweise ein Wagen oder ein fahrerloses Transportsystem (FTS).

[0059] Ein Lehrgerät 550 ist drahtlos oder drahtgebunden mit der Robotersteuerung 530 verbunden und wird zum Einlernen von Positionen und Haltungen für den Roboter 520 verwendet. Da ein Steuerprogramm, das unter Verwendung der Lerneinrichtung 550 erzeugt wird, im tatsächlichen Betrieb des Robotersystems 500 in der Robotersteuerung 530 registriert wird, kann das Lehrgerät 550 im tatsächlichen Betrieb des Robotersystems 500 weggelassen werden.

[0060] Wenn der Roboter 520 im Robotersystem 500, wie in **Fig. 9** dargestellt, Arbeiten ausführt, wie z. B. das Be-/Entladen eines Werkstücks, ändert sich die Position der mit dem Roboter 520 beladenen Fördereinrichtung 581. Dementsprechend ist der Roboter 520 vorzugsweise so konfiguriert, dass er in der Lage ist, eine Fehlausrichtung des Roboters 520 relativ zur Werkzeugmaschine 510 zu messen und die Arbeit an der Werkzeugmaschine 510 korrekt auszuführen. Daher ist ein Bildsensor 571 an einer Armspitze 521 des Roboters 520 angebracht, und der Roboter 520 (die Robotersteuerung 530) ist so konfiguriert, dass er eine Fehlausrichtung des Roboters 520 relativ zum Arbeitsbereich (der Werkzeugmaschine 510) mit Hilfe des Bildsensors 571 erkennt, die Fehlausrichtung korrigiert und die Arbeit ausführt.

[0061] Das Lehrgerät 550 bietet eine Funktion zum Erzeugen eines Programms zum Messen der dreidimensionalen Position einer Markierung 504, die an einer vorbestimmten Position in einem Arbeitsbereich (der Werkzeugmaschine 510) installiert ist, durch den Bildsensor 571, der an der Armspitze 521 des Roboters 520 angebracht ist, und zum Messen einer Fehlausrichtung des Roboters 520 von einer beabsichtigten Position im Arbeitsbereich (ein solches Programm wird im Folgenden auch als ein Messprogramm bezeichnet). Ein Steuerprogramm, das das Messprogramm enthält, das unter Verwendung des Lehrgeräts 550 erzeugt wurde, wird in der Robotersteuerung 530 registriert, und von da an kann der Roboter 520 (die Robotersteuerung 530) so arbeiten, dass er eine Fehlausrichtung des Roboters 520 von der vorgesehenen Position im Arbeitsraum erkennt, eine Positionskorrektur durchführt und eine vorbestimmte Arbeit ausführt.

[0062] Der Bildsensor 571 kann eine zweidimensionale Kamera oder ein dreidimensionales Positionss-

detektor sein. In der vorliegenden Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass der Bildsensor 571 eine zweidimensionale Kamera ist. Der Bildsensor 571 ist mit der Robotersteuerung 530 verbunden. Es wird angenommen, dass die Robotersteuerung 530 eine Funktion zur Steuerung des Bildsensors 571, eine Funktion zur Durchführung verschiedener Arten von Bildverarbeitung an einem vom Bildsensor 571 erfassten Bild usw. hat. Es wird ferner angenommen, dass Kalibrierungsdaten einschließlich Daten, die die Position des Bildsensors 571 relativ zum Roboter 520 angeben, zuvor in einem Speicher in der Robotersteuerung 530 gespeichert werden.

[0063] Fig. 10 ist ein funktionelles Blockdiagramm der Robotersteuerung 530. Wie in Fig. 10 dargestellt, umfasst die Robotersteuerung 530 eine Speichereinheit 631, in der ein Steuerprogramm und verschiedene andere Arten von Informationen gespeichert sind, eine Betriebssteuereinheit 632, die den Betrieb des Roboters 520 in Übereinstimmung mit dem Steuerprogramm steuert, eine Einheit zur Messung der Markierungsposition 633, eine Einheit zur Berechnung der relativen Position 634, eine Einheit zur Bewertung der Messgenauigkeit 635 und eine Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 636.

[0064] Die Einheit zur Messung der Markierungsposition 133 misst die dreidimensionale Position einer Markierung 504 unter Verwendung des Bildsensors 571. Beispielsweise führt die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633 gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine Positionsmessung des Markers 504 durch ein Stereomessverfahren unter Verwendung des Bildsensors 571 als zweidimensionale Kamera durch. Mit anderen Worten, die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633 ändert die Position des Bildsensors 571, der mit einer zweidimensionalen Kamera konfiguriert ist, erfasst ein Bild der gleichen Markierung 504 aus zwei verschiedenen Positionen und berechnet die dreidimensionale Position der Markierung 504. Diese Technik hat den Vorteil, dass ein Positionsmesssystem durch die Verwendung einer relativ preiswerten zweidimensionalen Kamera zu geringen Kosten bereitgestellt werden kann. Eine andere auf dem Gebiet bekannte Technik zur Messung der Position einer Markierung (auch als Zielmarke oder visuelle Markierung bezeichnet) kann verwendet werden.

[0065] In der Speichereinheit 631 werden Kalibrierungsdaten gespeichert, die die Position der zweidimensionalen Kamera (des Bildsensors 571) in Bezug auf ein Koordinatensystem (ein mechanisches Schnittstellen-Koordinatensystem) angeben, das auf die Armspitze 521 des Roboters 520 eingestellt ist. Andererseits kann die Robotersteuerung 530 (die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633) die Position und die Haltung der Armspitze

521 während des Betriebs des Roboters 520 erkennen. Dementsprechend kann die Robotersteuerung 530 (die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633) ein Sensorkoordinatensystem der zweidimensionalen Kamera (der Bildsensor 571) zum Zeitpunkt der Bilderfassung mit einem Roboter-Koordinatensystem verknüpfen, indem sie das mechanische Schnittstellen-Koordinatensystem in das Roboter-Koordinatensystem entsprechend dem Betrieb des Roboters 520 transformiert. So kann die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633 die Position eines Ziels (die Markierung 504) als dreidimensionale Position im Roboter-Koordinatensystem ermitteln.

[0066] Die Einheit zur Berechnung der relativen Position 634 ermittelt eine relative Position des Roboters 520 zum Arbeitsbereich (der Werkzeugmaschine 510) (mit anderen Worten, eine Abweichung des Roboters 520 von einer beabsichtigten Position im Arbeitsbereich) auf der Grundlage der gemessenen Markierungsposition.

[0067] Die Betriebssteuereinheit 632 steuert den Roboter 520 so, dass der Roboter 520 die Arbeit an einer korrekten Position und in einer korrekten Haltung ausführt, korrigiert von einer bestimmten Position und einer bestimmten Haltung, basierend auf der berechneten relativen Positionsbeziehung zwischen dem Arbeitsbereich und dem Roboter (dem Ausrichtungsbetrag des Roboters 520 von der vorgesehenen Position im Arbeitsbereich).

[0068] Die Einheit zur Bewertung der Messgenauigkeit 635 hat die Funktion, die Genauigkeit eines Messergebnisses der Messung der Position einer Markierung 504 durch die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633 zu bewerten.

[0069] Die Einheit zur Messung der Markierungsposition 633 kann so konfiguriert werden, dass sie die Anzahl der gemessenen Marker erhöht, wenn die Messgenauigkeit von der Einheit zur Bewertung der Messgenauigkeit 635 als niedrig eingestuft wird. Ein Beispiel: Die Messung wird wie folgt durchgeführt, wenn die Messung mit drei Markern durchgeführt wird. Die drei Marker werden an Positionen um einen Lernpunkt herum platziert. Die Position und die Lage eines Koordinatensystems (ein Koordinatensystem des Arbeitsbereichs) wird unter der Annahme erkannt, dass die gemessene Position eines ersten Markers die Ursprungsposition ist, die gemessene Position eines zweiten Markers die Position auf einer X-Achse ist und die gemessene Position eines dritten Markers auf einer X-Y-Ebene liegt.

[0070] Nach dem Erkennen einer relativen Positionsbeziehung zwischen dem Roboter 520 und dem Arbeitsraum (der Werkzeugmaschine 510) durch die oben erwähnte Technik veranlasst die

Robotersteuerung 530 den Roboter 1, eine vorbestimmte Arbeit auszuführen (z. B. Laden/ Entladen eines Werkstücks in die/aus der Werkzeugmaschine 510), während er einen Korrekturvorgang in einer solchen Weise ausführt, dass die Positionsbeziehung zwischen dem Roboter 520 und dem Arbeitsraum als eine beabsichtigte Positionsbeziehung beibehalten wird.

[0071] Wenn eine Anomalie, die durch einen Korrekturvorgang unter Verwendung eines Erfassungsergebnisses einer Markierung verursacht wird, in einem Prozess der Ausführung einer vorbestimmten Arbeit durch den Roboter 1 erfasst wird, kehrt die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien 636 den Bildsensor 571 zu einer Bilderfassungsposition der Markierung zurück (d.h. zu einer Position, in der die Erfassung, die die Ursache der Anomalie ist, durchgeführt wurde) und stoppt den Bildsensor 571 an der Position durch Steuerung des Roboters 520. Eine durch einen Korrekturvorgang verursachte Anomalie bezieht sich beispielsweise auf einen Fall, in dem der Roboter 520 nicht in der Lage ist, ein Werkstück an einer korrekten Position zu platzieren (z. B. ein Sitzfehler). Daher kehrt der Roboter 520 (der Bildsensor 571) automatisch in die Bilderfassungsposition zurück (d.h. in eine Position, in der die Bild erfassung zur Ausführung des Korrekturvorgangs durchgeführt wurde), wenn eine durch den Korrekturvorgang verursachte Anomalie erkannt wird, und daher kann ein Bediener sofort und einfach eine Einstellung in Bezug auf eine Markierungserkennungsfunktion (wie z.B. eine Parametereinstellung) vornehmen.

[0072] Jedes der vorgenannten Robotersysteme 100, die unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **Fig. 8** beschrieben sind, und das vorgenannte Robotersystem 500, das unter Bezugnahme auf **Fig. 9** und **Fig. 10** beschriebene Robotersystem kann als ein Robotersystem positioniert werden, das einen Roboter und eine Robotersteuerung enthält, die eine Steuerung derart durchführt, dass der Roboter veranlasst wird, eine vorbestimmte Arbeit auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Erfassungsziels durch einen Sensor auszuführen, wobei die Robotersteuerung eine Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien enthält, die als Reaktion auf das Erfassen einer Anomalie, die mit einem Erfassungsvorgang durch den Sensor zusammenhängt, eine Steuerung derart durchführt, dass der Roboter zu der Position zum Zeitpunkt der Erfassung, die die Ursache der Anomalie ist, zurückkehrt und den Roboter an der Position anhält.

[0073] Die funktionalen Zuordnungen in den in **Fig. 3** und **Fig. 10** dargestellten funktionalen Blockdiagrammen sind beispielhaft, und es können verschiedene Beispiele für die funktionale Zuordnung verwendet werden. Beispielsweise kann eine Konfi-

guration verwendet werden, bei der eine Bildsensorsteuerung mit einer Funktion als Bildverarbeitungseinheit 152 gemäß der vorgenannten Ausführungsform als eine von der Robotersteuerung getrennte Vorrichtung platziert ist.

[0074] Die Funktionsblöcke der Robotersteuerung und der übergeordneten Steuerung, die in **Fig. 3** und **Fig. 10** dargestellt sind, können durch die Ausführung verschiedener Arten von Software, die in einem Speichergerät gespeichert sind, durch Prozessoren in den Geräten bereitgestellt werden, oder sie können durch eine Konfiguration bereitgestellt werden, die hauptsächlich auf Hardware wie einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (ASIC) usw. basiert.

[0075] Ein Programm, das verschiedene Arten der Verarbeitung gemäß der vorgenannten Ausführungsform ausführt, wie z. B. die Ausrichtungskontrolle in **Fig. 5** und die Anomalie-Erkennungsverarbeitung in **Fig. 7**, kann auf verschiedenen computerlesbaren Aufzeichnungsmedien aufgezeichnet werden (wie z. B. Halbleiterspeicher wie ROM, EEPROM und Flash-Speicher, magnetische Aufzeichnungsmedien und optische Platten wie CD-ROM und DVD-ROM).

REFERENZZEICHENLISTE

10	Roboter
20	Förderbandsteuerung
25	Förderband
30	Hand
40	Lehrgerät
41	Anzeigeeinheit
50	Robotersteuerung
51	Prozessor
52	Speicher
53	Eingangs-/Ausgangsschnittstelle
54	Betriebseinheit
60	Übergeordnete Steuerung
61	Prozessor
62	Speicher
63	Anzeigeeinheit
64	Betriebseinheit
65	Eingangs-/Ausgangsschnittstelle
71, 72, 73	Bildaufnahmegesetz
81, 91	Werkstück
100	Robotersystem

151	Betriebssteuereinheit
152	Bildverarbeitungseinheit
153	Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien
154	Einheit zur Erfassung von Informationen
155	Betriebsprogramm
161	Steuereinheit
162	Einheit zur Verarbeitung von Anomalien
163	Einheit zur Erfassung von Informationen
164	Steuerprogramm
500	Robotersystem
504	Markierung
510	Werkzeugmaschine
520	Roboter
530	Robotersteuerung
550	Lehrgerät
571	Bildsensor
631	Speichereinheit
632	Betriebssteuereinheit
633	Einheit zur Messung der Mar- kierungsposition
634	Einheit zur Berechnung der relativen Position
635	Einheit zur Bewertung der Messgenauigkeit
636	Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019188508 A [0003]
- JP S62278610 A [0003]

Patentansprüche

1. Ein Robotersystem mit:
 einem Roboter; und
 einer Robotersteuerung, die so konfiguriert ist, dass sie den Roboter so steuert, dass er auf der Grundlage eines Erfassungsergebnisses eines Erfassungsziels durch einen Sensor eine vorbestimmte Arbeit ausführt,
 wobei die Robotersteuerung eine Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien enthält, die so konfiguriert ist, dass sie als Reaktion auf die Erfassung einer Anomalie, die mit einem Erfassungsvorgang durch den Sensor zusammenhängt, den Roboter so steuert, dass er zu einer Position zum Zeitpunkt der Erfassung, die eine Ursache für die Anomalie ist, zurückkehrt und den Roboter an der Position anhält.

2. Das Robotersystem nach Anspruch 1, wobei die Robotersteuerung den Roboter steuert, um die vorbestimmte Arbeit auszuführen, während das Erfassungsziel durch den Sensor erfasst wird, und die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien so konfiguriert ist, dass sie als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie bei einem Erkennungsvorgang durch den Sensor den Roboter so steuert, dass er zu einer Position zum Zeitpunkt der Erkennung der Anomalie zurückkehrt und den Roboter an der Position anhält.

3. Das Robotersystem nach Anspruch 1 oder 2, das außerdem umfasst:
 eine Fördereinrichtung, die so konfiguriert ist, dass sie einen Artikel befördert; und
 eine übergeordnete Steuerung, die so konfiguriert ist, dass sie die Fördereinrichtung und die Robotersteuerung steuert, wobei die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie ein Signal, das die Erkennung der Anomalie anzeigt, an die übergeordnete Steuerung ausgibt, und die übergeordnete Steuerung eine Einheit zur Verarbeitung von Anomalien enthält, die so konfiguriert ist, dass sie als Reaktion auf den Empfang des Signals die Fördereinrichtung so steuert, dass sie zu einer Position zum Zeitpunkt des Erkennens der Anomalie zurückkehrt und die Fördereinrichtung an der Position anhält.

4. Das Robotersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, das ferner ein Lehrgerät umfasst, die so konfiguriert ist, dass sie dem Roboter Vorgänge beibringt, wobei das Lehrgerät mit der Robotersteuerung verbunden ist.

5. Das Robotersystem nach Anspruch 4, wobei die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien den Sensor so steuert, dass er in einem Zustand arbeitet, in dem der Roboter zum Zeitpunkt

der Erkennung der Anomalie in eine Position zurückkehrt, und bewirkt, dass ein Ausgangsergebnis des Sensors auf einem Bildschirm des Lehrgeräts angezeigt wird.

6. Das Robotersystem nach Anspruch 5, wobei der Sensor ein Bildaufnahmegerät ist, und das Ausgabeergebnis ein von dem Bildaufnahmegerät aufgenommenes Bild ist.

7. Das Robotersystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien bewirkt, dass als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie detaillierte Informationen über die Anomalie auf einem Anzeigebildschirm des Lehrgeräts angezeigt werden.

8. Das Robotersystem nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Verarbeitungseinheit zur Erkennung von Anomalien dafür sorgt, dass Informationen über einen Betriebszustand des Roboters zum Zeitpunkt der Erkennung der Anomalie auf einem Bildschirm des Lehrgeräts angezeigt werden.

9. Das Robotersystem nach Anspruch 1, wobei der Sensor ein Bildsensor ist, der am Roboter angebracht ist,
 die Robotersteuerung so konfiguriert ist, dass sie einen Korrekturvorgang zum Korrigieren einer Position des Roboters relativ zu einem Arbeitsbereich durch Erfassen einer oder mehrerer in dem Arbeitsbereich platzierter Markierungen durch den Bildsensor ausführt,
 die Anomalie durch den Korrekturvorgang verursacht wurde und,
 die Verarbeitungseinheit zur Erkennung der Anomalie als Reaktion auf die Erkennung der Anomalie den Roboter so steuert, dass der Roboter in eine Position zurückkehrt, in der die Markierung vom Bildsensor erkannt wurde.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

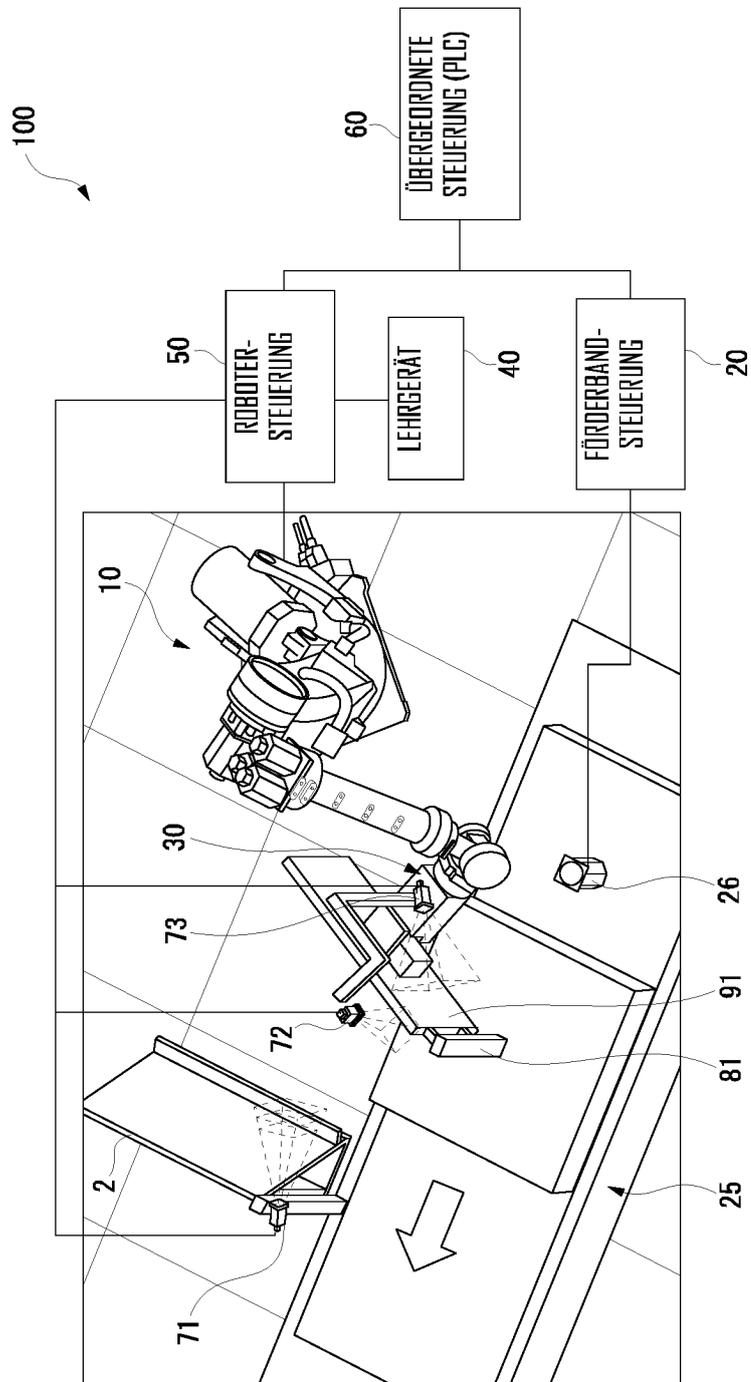


Fig. 2

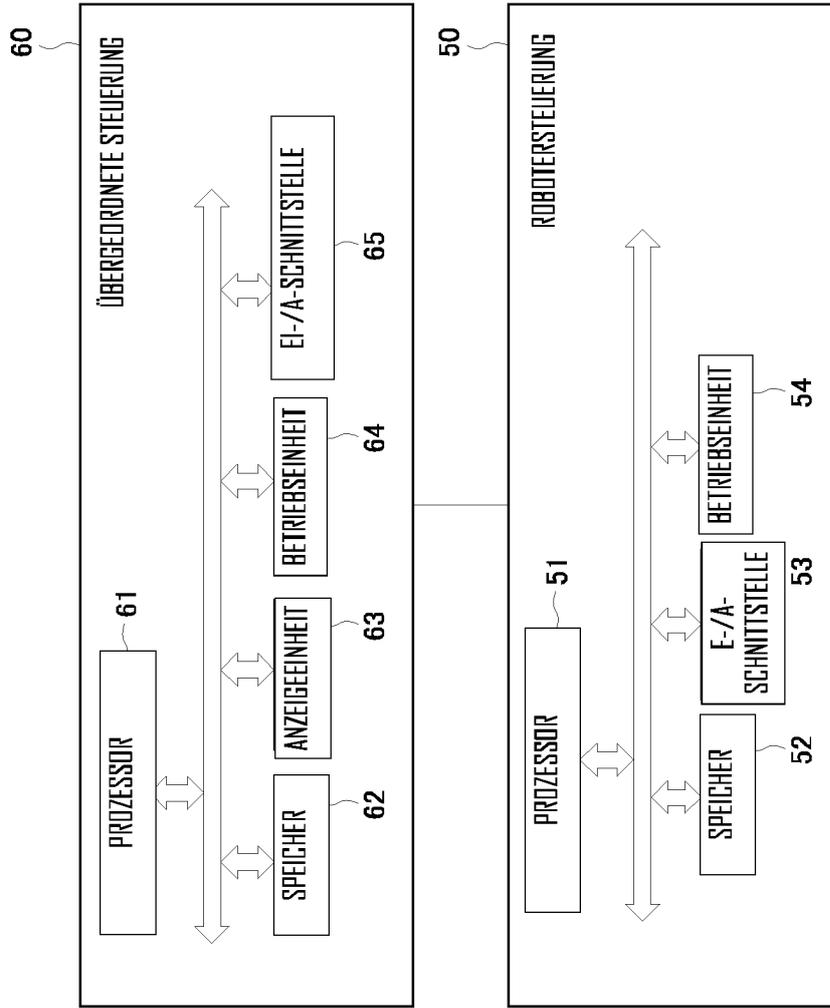


Fig. 3

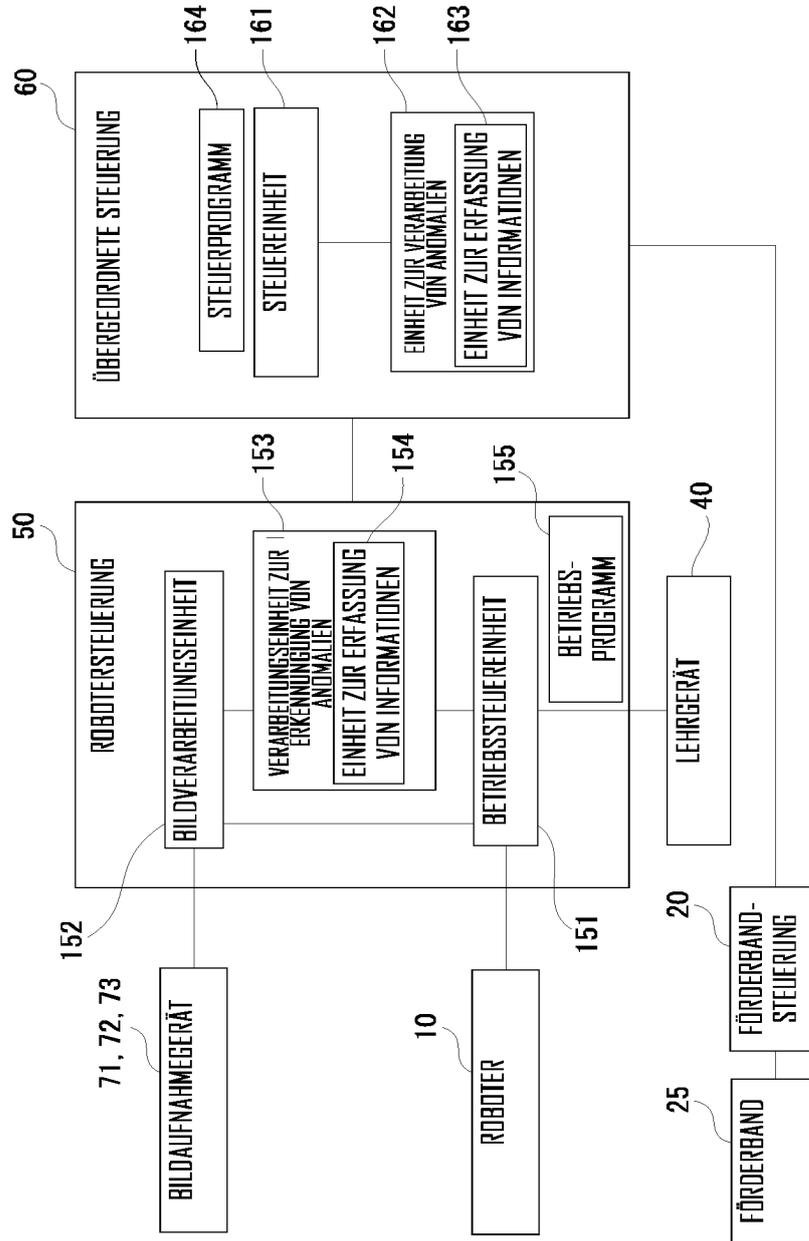


Fig. 4

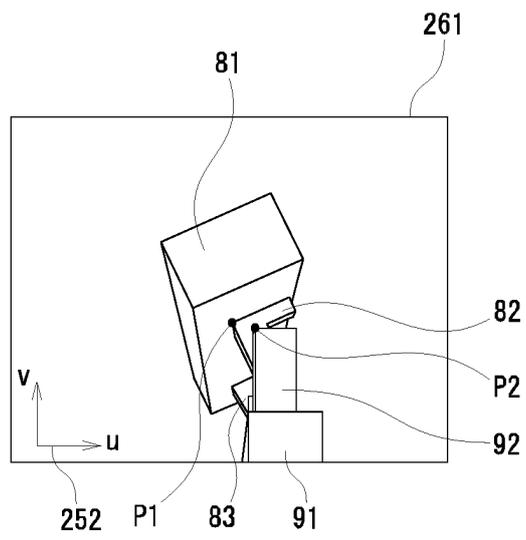


Fig. 5

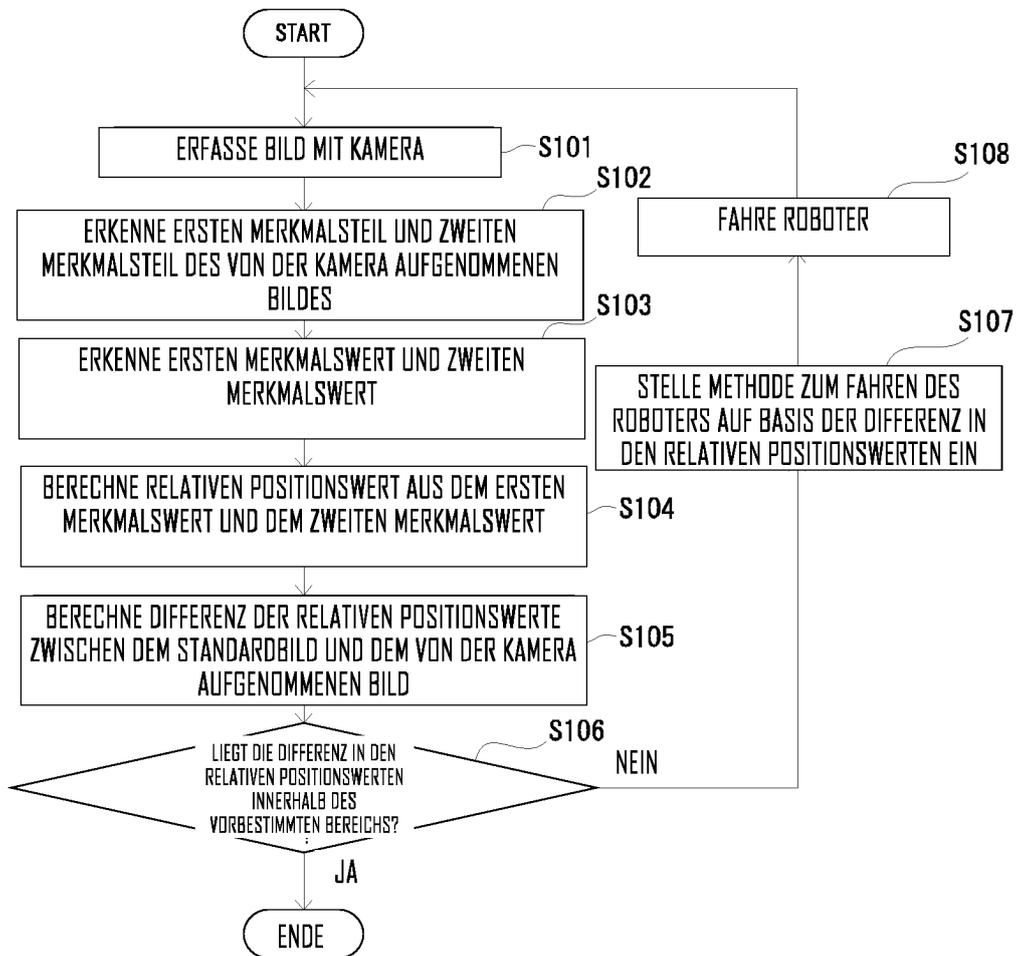


Fig. 6

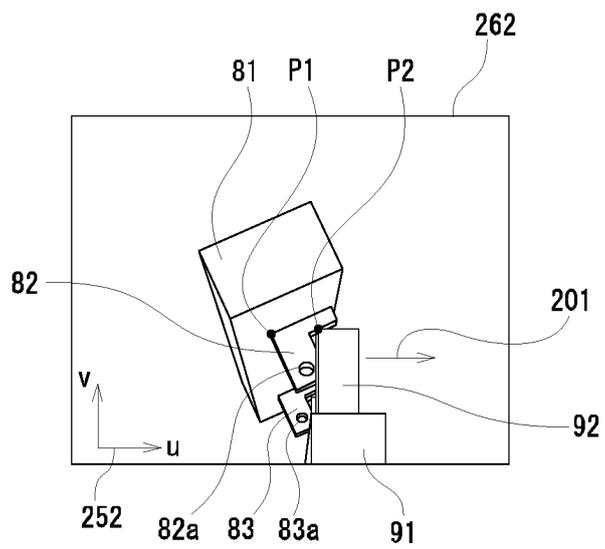


Fig. 7

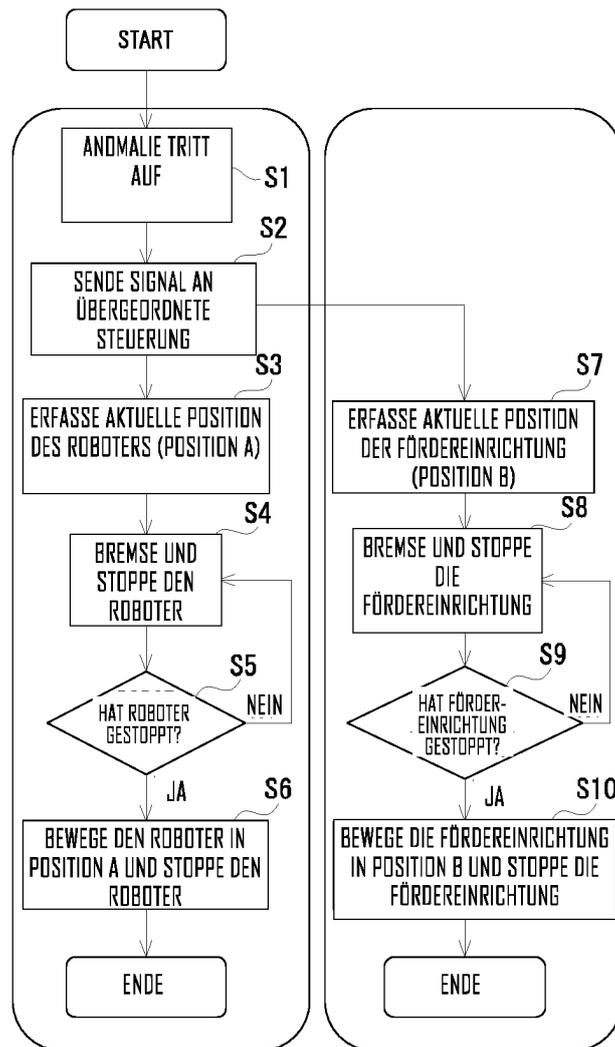


Fig. 8



Fig. 9

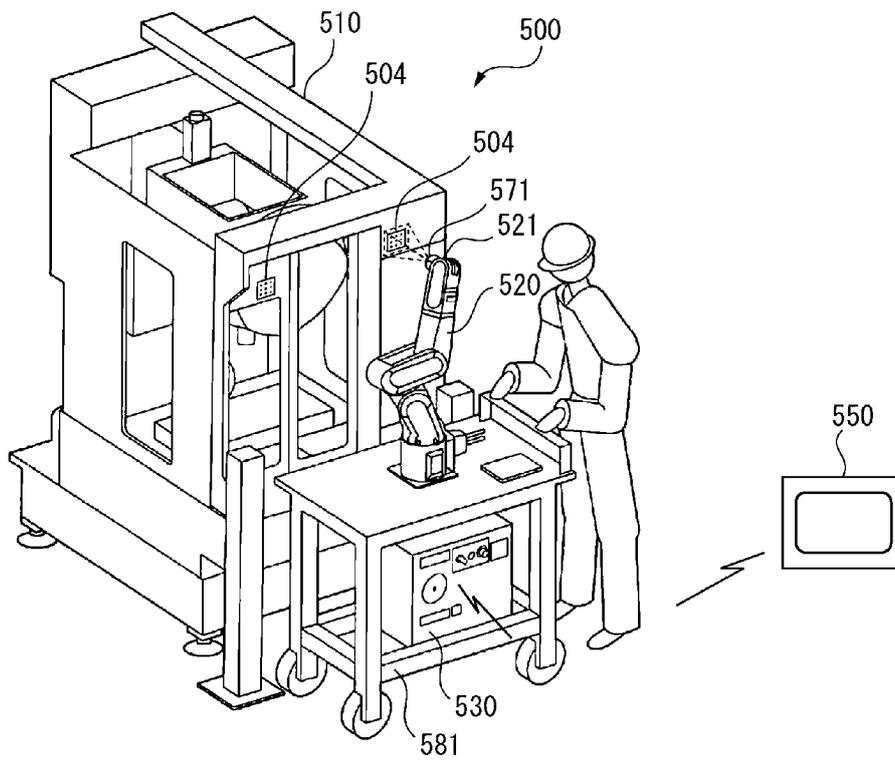


Fig. 10

