



(10) **DE 10 2009 034 529 B4** 2018.06.28

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 034 529.9**
(22) Anmeldetag: **22.07.2009**
(43) Offenlegungstag: **04.02.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.06.2018**

(51) Int Cl.: **B25J 9/22 (2006.01)**
G05B 19/401 (2006.01)

Innerhalb von neun 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:
12/177,529 22.07.2008 US

(73) Patentinhaber:
Comau LLC, Southfield, Mich., US; Recognition Robotics, Inc., Westlake, Ohio, US

(74) Vertreter:
Pfening, Meinig & Partner mbB Patentanwälte, 10719 Berlin, DE

(72) Erfinder:
Melikian, Simon, Westlake, Ohio, US; Falcone, Maximiliano A., Southfield, Mich., US; Cyrek, Joseph, Southfield, Mich., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2007 009 851	B3
DE	103 51 669	A1
DE	10 2004 005 380	A1
US	2009 / 0 257 655	A1
US	5 784 282	A
US	4 753 569	A
EP	0 151 417	A1

(54) Bezeichnung: **Automatisches Führungs- und Erkennungssystem sowie Verfahren für dieses**

(57) Hauptanspruch: System zum Bewegen eines servobetätigten Manipulators (20) ohne ein Kalibrierungsziel, aufweisend:

einen servobetätigten Manipulator (20), der zum Durchführen einer Funktion konfiguriert ist;

eine Kamera (30), die auf oder in fester Beziehung zu einer Planscheibe (65) des Manipulators (20) befestigt ist;

eine Manipulator-Steuervorrichtung (40), die zum Bewegen des Manipulators (20) konfiguriert ist; und

ein Erkennungssystem (10), das konfiguriert ist zum:

Signalisieren der Manipulator-Steuervorrichtung (40), den Manipulator (20) von einer in der Manipulator-Steuervorrichtung (40) gespeicherten Arbeitsposition, in der der Manipulator (20) die Funktion ausübt,

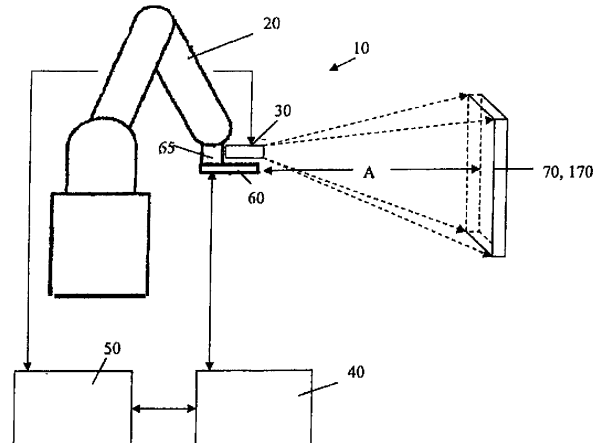
an einem Bezugswerkstück (70) über einen Abstand „A“ zwischen dem Bezugswerkstück (70) und dem Manipulator (20) entlang einer Koordinatenachse des Bezugswerkstücks (70) zu bewegen,

Erwerben eines zweidimensionalen Bilds über die Kamera (30) von zumindest einem Bereich des Bezugswerkstücks (70),

Erlernen des Bezugswerkstücks (70) auf der Grundlage des zweidimensionalen Bilds und des mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstands „A“, und Speichern in einer Datenbank, und

mit der Einführung eines Produktionswerkstücks (170), Signalisieren der Manipulator-Steuervorrichtung (40), den Manipulator (20) zu einer Arbeitsposition an dem Produkti-

onswerkstück (170) auf der Grundlage des Erlernens des Bezugswerkstücks (70) und des mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstands „A“ zu bewegen, ...



Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein automatisches Führungs- und Erkennungssystem zum Erkennen eines Werkstücks in einem dreidimensionalen Raum, das in der Lage ist, einen servobetätigten Manipulator relativ zu dem Werkstück auszurichten.

HINTERGRUND

[0002] Aufgrund der Nachfrage von Herstellern von Teilen höherer Qualität und erhöhter Produktion wurde eine Automatisierung zunehmend in Herstellungs- und Montagevorgänge eingeführt. Roboter sind eine derartige Automatisierungstechnik, die in vielen Herstellungsindustrien extensiv verwendet wurde. Roboter können einen weiten Bereich von Funktionen ausüben wie Inspektion, Schweißen, Bewegen und Manipulieren von Teilen, Anstreichen, usw. Um eine bestimmte Funktion durchzuführen, muss ein Roboter programmiert werden, um die Funktion an einem bestimmten Werkstück auszuüben. Jedoch beruht diese Programmierung auf einem Satz von „idealen“ Parametern. Die tatsächlichen Parameter zwischen einem industriellen Roboter und einem bestimmten Werkstück unterscheiden sich von den Idealen aufgrund von beispielsweise geringfügigen Änderungen in der Positionierung des Roboters und Änderungen in der Positionierung des Werkstücks. Folglich muss jeder Roboter für einen bestimmten Typ von Werkstück kalibriert werden und bei jedem individuellen Werkstück auf der Grundlage der Position des Werkstücks und der Kalibrierung eingestellt werden. Zusätzlich muss, wenn der Typ von Werkstück geändert wird, ob zwischen Verschiebungen oder während einer Verschiebung, der Roboter entweder neu kalibriert werden oder der Typ von Werkstück in die Robotersteuervorrichtung eingegeben werden, so dass der Roboter auf die neue Geometrie eines unterschiedlichen Werkstücks eingestellt werden kann.

[0003] Es gibt viele bekannte Systeme zum Verbessern der Erkennung und der Positionsgenauigkeit eines industriellen Roboters. Einige Systeme verwenden Algorithmen auf der Grundlage eines mathematischen Modells der Geometrien des Roboters und des Werkstücks. Mehrere Bildsensoren oder ein einzelner bewegbarer Bildsensor werden verwendet, um Bilder des Werkstücks von dem Roboter unter ausreichenden Winkeln, um eine dreidimensionale Darstellung zu erzeugen, zu erfassen. Bildsensoren werden auch verwendet, die Laser oder andere Quellen zum Projizieren von schlitzartigem Licht auf das Werkstück enthalten, wodurch ein dreidimensionales Bild durch die Segmentierung und Reflexion des Lichts erhalten wird. Diese Systeme sind typischerweise mit

komplizierten mathematischen Formeln und langwierigen Kalibrierungsvorgängen verbunden.

[0004] Diese bestehenden Systeme können gegenwärtig eine lange Zeit für jeden Typ von Werkstück erfordern und sie können häufig Fachkräfte benötigen, um sie zu kalibrieren. Weiterhin kann die Änderung des Typs von Werkstücken nicht unmittelbar durchführbar sein aufgrund von Kalibrierungsanforderungen zwischen Werkstücken, abnehmbarer Flexibilität und Produktivität der Herstellungs- oder Produktionseinrichtung. Eine Verbesserung in diesen Bereichen wird aktiv von den Herstellern und Produzenten, die industrielle Roboter für ihre Operationen verwenden, gesucht.

[0005] DE 10 2007 009 851 B3 offenbart ein Verfahren zum Bestimmen der Lage eines Industrieroboters relativ zu einem Objekt. Bei diesem werden eine am Industrieroboter befestigte 2-D-Kamera in wenigstens zwei unterschiedliche Positionen bewegt, in jeder der Positionen ein Bild von einem bezüglich der Umgebung des Industrieroboters unbeweglichen Objekt erzeugt, die Bilder angezeigt, in die Bilder ein grafisches Modell des Objekts eingeblendet, Punkte des grafischen Modells entsprechenden Punkten in den beiden Bildern manuell zugeordnet und die Lage des Industrieroboters relativ zum Objekt aufgrund der den entsprechenden Punkten zugeordneten Punkte des Modells ermittelt.

[0006] Die DE 103 51 669 A1 beschreibt ein Verfahren zum Steuern eines Industrieroboters relativ zu einem Objekt. Hierbei wird zunächst ein erwartetes Bild des Objekts in einem Arbeitsbereich des Roboters mit einem realen Bild des Objekts verglichen. Anschließend werden eine Stellungsabweichung des Roboters bestimmt und daraufhin Bewegungen zur Minimierung der Stellungsabweichung durchgeführt.

[0007] Die US 5 784 282 A betrifft ein Verfahren zum Identifizieren der Position eines in einer bestimmten dreidimensionalen Zone bewegbaren Objekts mittels einer an dem Objekt befestigten Videokamera. Die Kamera kann zu Sichtzielen geschwenkt werden, die um das Objekt herum angeordnet sind, und ermöglichen, dass die Position und die Orientierung des Objekts durch Tringulation bestimmt werden.

[0008] Die DE 10 2004 005 380 A1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Objekts im Raum beschrieben, bei dem Messmerkmale des Objekts mit einer auf ein Raum-Koordinatensystem kalibrierten optischen Aufnahmeeinrichtung aufgenommen werden und anhand dieser Messmerkmale in einer Bildverarbeitungseinrichtung die Lage des Objekts in dem Raum-Koordinatensystem bestimmt wird.

[0009] Die EP 0 151417 A1 beschreibt ein Robotersystem, welches aufweist: einen Roboter mit einem ersten Koordinatensystem, einen visuellen Sensor mit einem zweiten Koordinatensystem zum Erfassen einer Position oder einer Stellung eines Objekts, Mittel zum Messen von Parametern, die eine Beziehung zwischen dem ersten und dem zweiten Koordinatensystem definieren und Mittel zum Transformieren einer erfassten Position und/oder Stellung in dem zweiten Koordinatensystem in eine Information in dem ersten Koordinatensystem anhand der gemessenen Parameter.

[0010] Schließlich offenbart die US 4 753 569 A ein Verfahren zum Kalibrieren eines computergesteuerten Roboters. Eine an dem Roboter befestigte Kamera betrachtet ein in einer Arbeitsstation fixiertes Muster mit drei Punkten. Bei Annäherung des Roboters an die Arbeitsstation wird jede Abweichung relativ zu einem Zielmuster erfasst und durch den Computer korrigiert.

ZUSAMMENFASSUNG

[0011] Ausführungsbeispiele des visuellen Führungs- und Erkennungssystems zum Erkennen von Werkstücken und zum Führen eines servobetätigten Manipulators ohne ein Kalibrierungsziel werden hier offenbart. Ein Ausführungsbeispiel des visuellen Führungs- und Erkennungssystems weist auf: einen servobetätigten Manipulator, der zur Durchführung einer Funktion ausgebildet ist, eine Kamera, die befestigt ist auf oder in fester Beziehung zu einer Planscheibe des Manipulators, ein Erkennungssystem, das ausgebildet ist zum Erfassen eines zweidimensionalen Bildes über die Kamera von zumindest einem Bereich von zumindest einem Bezugswerkstück, und eine Manipulator-Steuervorrichtung, die ausgebildet ist zum Empfangen und zum Speichern einer Position der Planscheibe in einem Abstand „A“ zwischen dem Bezugswerkstück und dem Manipulator entlang einer Koordinatenachse des Bezugswerkstücks, wenn das Bild des Bezugswerkstücks erfasst wird. Das Erkennungssystem ist weiterhin ausgebildet zum Erlernen des Bezugswerkstücks auf der Grundlage des zweidimensionalen Bildes und des Abstands „A“, der mit dem Bezugswerkstück assoziiert ist.

[0012] Ein anderes Ausführungsbeispiel des visuellen Führungs- und Erkennungssystems zum Erkennen von Werkstücken und zum Führen eines servobetätigten Manipulators ohne ein Kalibrierungsziel weist auf: eine Erkennungs-Steuervorrichtung, die eine Datenbank von zumindest einem Bezugswerkstück aufweist, einen servobetätigten Manipulator, der zur Durchführung einer Funktion ausgebildet ist, eine Kamera, die befestigt ist auf oder in fester Beziehung zu einer Planscheibe des Manipulators, und eine Manipulator-Steuervorrichtung, die ausgebildet

ist zum Steuern der Bewegung des servobetätigten Manipulators. Das Erkennungssystem ist ausgebildet zum Erfassen eines zweidimensionalen Bildes über die Kamera von zumindest einem Bereich eines Produktionswerkstücks, Abgleichen des Bildes des Produktionswerkstücks mit dem Bezugswerkstück in der Datenbank, Berechnen einer dimensionsgerechten Datenversetzung zwischen dem Bild des Produktionswerkstücks und einem mit dem Bezugswerkstück assoziierten Bild, und Signalisieren an die Manipulator-Steuervorrichtung, um den Manipulator so zu bewegen, dass die Versetzung verringert wird, bis die Versetzung unterhalb einer Schwellengrenze ist.

[0013] Es werden hier auch Verfahren zur visuellen Führung und Erkennung eines Werkstücks unter Verwendung einer Kamera und eines Manipulators ohne das Erfordernis einer Kalibrierung offenbart. Ein derartiges, hier offenbartes Verfahren weist auf: Positionieren eines Bezugswerkstücks, Speichern einer Manipulator-Arbeitsposition bei dem Bezugswerkstück in einer Manipulator-Steuervorrichtung, Bewegen des Manipulators entlang einer Koordinatenachse des Bezugswerkstücks zu einem Abstand „A“, wobei zumindest ein Bereich des Bezugswerkstücks in einem für die Kamera interessanten Bereich ist, Speichern der Position einer Planscheibe des Manipulators in dem Abstand „A“ in der Manipulator-Steuervorrichtung, Erfassen eines zweidimensionalen Bildes mit einer Erkennungs-Steuervorrichtung über die Kamera von zumindest einem Bereich von zumindest einem Bezugswerkstück und Erlernen des Bezugswerkstücks mit der Erkennungs-Steuervorrichtung auf der Grundlage des zweidimensionalen Bildes und des Abstands „A“, der mit dem Bezugswerkstück assoziiert ist.

Figurenliste

[0014] Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf die begleitenden Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszahlen sich auf gleiche Teile in den mehreren Ansichten beziehen, und in denen:

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels des hier offenbarten visuellen Führungs- und Erkennungssystems;

Fig. 2 ist ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur visuellen Führung und Erkennung eines Werkstücks; und

Fig. 3 ist ein Flussdiagramm eines anderen Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur visuellen Führung und Erkennung eines Werkstücks.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0015] **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines visuellen Führungs- und Erkennungssystems **10**, das keine Kalibrierung erfordert, wie hier offenbart wird. Das visuelle Führungs-

und Erkennungssystem **10** weist einen servobetätigten Manipulator **20**, eine Kamera **30**, eine Manipulator-Steuervorrichtung **40** und eine Erkennungs-Steuervorrichtung **50** auf. Der Manipulator **20** hat einen Endeffektor **60**, der sich körperlich ändert in Abhängigkeit von der Funktion, zu deren Durchführung der Manipulator programmiert wurde. Nicht beschränkende Beispiele für Endeffektoren **60** enthalten Arme, Schweißvorrichtungen, Greifer, Farb pistolen und andere Werkzeuge, die für den Manipulator **20** erforderlich oder erwünscht sind, um die Funktion durchzuführen. Der Endeffektor **60** erstreckt sich typischerweise von einer Planscheibe **65** des Manipulators **20**. Die Kamera **30** ist typischerweise befestigt auf oder in fester Beziehung zu der Planscheibe **65** des Manipulators **20**. Das visuelle Erkennungssystem **10** arbeitet, um ein Werkstück **70** zu erkennen und den Manipulator **20** genau in Beziehung zu dem Werkstück **70** zu positionieren. Das Werkstück **70** kann jedes Teil, jede Komponente, jedes Produkt usw. sein, bei dem der Manipulator **20** die Funktion durchführt. Als nicht beschränkende Beispiele von Funktionen werden Manipulatoren typischerweise verwendet zur Durchführung einer Schweißung, Materialhandhabung, Maschinenführung und dergleichen.

[0016] Der servobetätigte Manipulator **20** kann beispielsweise jeder Typ von Roboter oder Montageturm sein, der im Stand der Technik bekannt ist. Nicht beschränkende Beispiele für Typen von Robotern enthalten gelenkige, kartesische, zylindrische, polare und SCARA. Typische industrielle Roboter und Montagetürme haben sechs Bewegungsachsen (**6** Freiheitsgrade), die eine maximale Flexibilität ermöglichen. Die beschriebenen servobetätigten Manipulatoren sind beispielhaft und nicht beschränkend vorgesehen, und andere servobetätigte Manipulatoren, die dem Fachmann bekannt sind, können verwendet werden.

[0017] Die in dem visuellen Erkennungssystem **10** enthaltene Kamera **30** kann jede zweidimensionale digitale Kamera oder Videokamera sein. Als ein nicht beschränkendes Beispiel kann die Kamera **30** eine typische zweidimensionale Bildvorrichtung wie eine Kamera vom CCD- oder CMOS-Typ sein. Eine derartige Kamera, die in dem visuellen Erkennungssystem verwendet werden kann, ist eine DALSA Genie. Die beschriebenen Kameras sind beispielhaft und nicht beschränkend vorgesehen, und andere zweidimensionale Kameras, die dem Fachmann bekannt sind, können verwendet werden. Obgleich nur eine zweidimensionale Kamera hier beschrieben ist, wird die Verwendung eines dreidimensionalen visuellen Sensors in Betracht gezogen, sowie die Verwendung von mehr als einer Kamera oder eines dreidimensionalen visuellen Sensors.

[0018] Die Manipulator-Steuervorrichtung **40** kann eine zentrale Verarbeitungseinheit sein, die die Bewegung des Manipulators auf der Grundlage der Manipulatorgeometrie, der Werkstückgeometrie, der Funktion, die der Manipulator an dem Werkstück durchführt, und jeglicher aktualisierter Daten, die während der Anfangsphase oder des Betriebs eingegeben werden, steuert. Manipulator-Steuervorrichtungen sind im Stand der Technik bekannt und eine detaillierte Beschreibung der Manipulator-Steuervorrichtung ist außerhalb des Bereichs dieser Offenbarung. Da die Kamera **30** auf der Planscheibe **65** des Manipulators **20** oder in fester Beziehung zu der Planscheibe **65** befestigt sein kann, steuert die Manipulator-Steuervorrichtung **40** auch die Position der Kamera **30**.

[0019] Die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** kann eine zentrale Verarbeitungseinheit sein, die ausgebildet ist zum Erfassen zweidimensionaler Bilder über die Kamera **30** und zum Kommunizieren mit der Manipulator-Steuervorrichtung **40**, um auf der Grundlage der von der Erkennungs-Steuervorrichtung **50** erfassten Bilder für eine Bewegung des Manipulators **20** zu signalisieren. Die zentrale Verarbeitungseinheit kann weiterhin mit der visuellen Führungs- und Erkennungs-Software ausgebildet sein, die nachfolgend einbezogen wird.

[0020] Die Kommunikationsverbindungen zwischen dem Manipulator **20**, der Manipulator-Steuervorrichtung **40**, der Erkennungs-Steuervorrichtung **50** und der Kamera **30** können Informationen übertragen, beispielsweise über von Einheit zu Einheit verlaufende Kabel. Alternativ können die Kommunikationsverbindungen drahtlos sein, wie Infrarot oder Hochfrequenz. Es wird auch in Betracht gezogen, dass eine Kommunikation durch von einer Bedienungsperson manuell eingegebene Daten und Signale erfolgt. Die beschriebenen Kommunikationsverbindungen sind beispielhaft und nicht beschränkend vorgesehen, und andere Verfahren zur Kommunikation können durch den Fachmann angewendet werden.

[0021] Das in **Fig. 1** illustrierte visuelle Führungs- und Erkennungssystem **10** braucht vor der Verwendung nicht kalibriert zu werden. Mit anderen Worten, es besteht keine Notwendigkeit, das Koordinatensystem der Kamera **30** mit dem Koordinatensystem des Manipulators **20** vor der Einstellung oder der Verwendung in Beziehung zu setzen aufgrund der visuellen Führungs- und Erkennungs-Software. Die Fähigkeit, ohne eine Kalibrierung zu arbeiten, verkürzt beträchtlich die für das System erforderliche Einstellzeit und verringert das Maß an Geschicklichkeit, das für die Bedienungsperson des Systems oder der Produktionslinie, in der das System verwendet wird, gefordert wird. Durch Eliminieren des Kalibrierungsschritts kann die Produktionsstillstandszeit ebenfalls verkürzt werden, da eine Wiederkalibrie-

zung während der Verwendung auch nicht erforderlich ist. Beträchtliche ökonomische Vorteile können durch das offenbarte System realisiert werden, teilweise aufgrund der Eliminierung der Kalibrierung, die bei dem gegenwärtig verwendeten System wiederholt durchgeführt werden muss.

[0022] Das visuelle Führungs- und Erkennungssystem **10** kann der Einstellung für eines oder mehrere verschiedene Werkstücke unterzogen werden. Die Anzahl von verschiedenen Bezugsstücken ist nur durch den Systemspeicher begrenzt. Weiterhin kann der Typ von Bezugswerkstücken in unbegrenzter Weise variieren, enthaltend die Länge, die Breite, die Tiefe, die Form, die Farbe, das Material usw. Der Begriff „Bezugs“ bedeutet einfach einen von einem Typ von Werkstück, der von dem visuellen Führungs- und Erkennungssystem **10** zu erlernen ist. Es ist kein spezielles Werkstück, sondern vielmehr nur eins aus einer Linie von Werkstücken, bei denen der Manipulator eine bestimmte Funktion durchführt. Wenn beispielsweise eine in einer Fabrik durchgeführte Operation das Setzen einer Schweißung bei einem Fahrzeug-Türrahmen ist, kann jeder der Fahrzeug-Türrahmen, der die Schweißung empfängt, als Bezugswerkstück gewählt werden.

[0023] Für jeden Typ oder jede Art von Werkstück, dem der Manipulator **30** während der Operation begegnen kann, muss das visuelle Führungs- und Erkennungssystem **10** das Werkstück „erlernen“. Dieser Vorgang wird als „Einstellung“ bezeichnet. Für die Einstellung für einen Typ von Werkzeug, der eine Linie von Werkstücken darstellt, denen der Manipulator **30** während der Operation begegnen kann, wird ein Bezugswerkstück **70** in einer Bezugsposition angeordnet. Die Bezugsposition kann diejenige Position sein, die die Position des Werkstücks während der tatsächlichen Operation simuliert. Der hier verwendete Begriff „Operation“ bezieht sich auf jeden Prozess, der unter Verwendung des Systems **10** und der hier offenbarten Verfahren durchgeführt wird. Als nicht beschränkende Beispiele können Operationen Prozesse, die Herstellung, die Montage, die Inspektion, die quantitative Analyse usw. enthalten.

[0024] Der Manipulator **20** wird in einer Arbeitsposition angeordnet, die die Position ist, in der der Endeffektor **60** seine Funktion an dem Werkstück **70** ausübt. Diese Arbeitsposition ist in der Manipulator-Steuervorrichtung **40** gespeichert. Der Mittelpunkt der Planscheibe **65** des Manipulators **20** wird dann bis zu einem Abstand „A“ von dem Bezugswerkstück **70** entlang einer Koordinatenachse zwischen der Planscheibe des Manipulators **20** und dem Werkstück **70** bewegt. Der Abstand „A“ wird bestimmt, wenn das Bezugswerkstück **70** ausreichend innerhalb des interessierenden Bereichs (ROI) der Kamera **30** ist. Das Bezugswerkstück **70** kann ausreichend innerhalb des ROI sein, wenn das gesamte Bild des Be-

zugswerkstücks **70** innerhalb des ROI ist, oder wenn ein Bereich eines Bildes des Bezugswerkstücks **70** innerhalb des ROI ist. Ein Beispiel für einen ROI ist in **Fig. 1** durch die gestrichelten Pfeile gezeigt. Das Werkstück **70** oder ein Bereich hiervon kann weiterhin innerhalb des ROI zentriert werden durch Bewegung des Manipulators **20** in der Ebene parallel zu dem Bezugswerkstück **70**.

[0025] Wenn der gewünschte Bereich des Bezugswerkstücks **70** ausreichend innerhalb des ROI der Kamera **30** ist, speichert die Manipulator-Steuervorrichtung **40** die Position der Planscheibe **65** in dem Abstand „A“ für dieses Bezugswerkstück **70**. Ein zweidimensionales Bild kann durch die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** über die Kamera **30** erfasst werden, während die Planscheibe **65** im Abstand „A“ positioniert ist. Die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** kann das Bezugswerkstück für eine künftige Erkennung von ähnlichen Werkstücken erlernen. Die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** kann das zweidimensionale Bild mit dem assoziierten Abstand „A“ für das Bezugswerkstück **70** in der Datenbank der Erkennungs-Steuervorrichtung speichern.

[0026] Es ist festzustellen, dass der Abstand „A“ nicht auf einen Abstand zwischen dem Werkstück und der Planscheibe entlang einer Koordinatenachse beschränkt ist. Vielmehr kann der Abstand „A“ der Abstand zwischen zwei Punkten auf dem Bezugswerkstück, der für diesen Typ von Werkstück konstant ist, sein. Der entsprechende Abstand auf dem entsprechenden Bild wird in der Manipulator-Steuervorrichtung **40** gespeichert und mit diesem Bezugswerkstück assoziiert.

[0027] Das Erlernen des Bezugswerkstücks durch die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** und die Fähigkeit zum Speichern mehrerer erlernter Bezugswerkstücke und zum Erkennen der individuellen Werkstücke anhand der Datenbank können durchgeführt werden unter Verwendung des Systems und des Verfahrens, die in der US 2009/0257655 A1 für Melikian offenbart sind, die am 11. April **2008** eingereicht wurde und den Titel „SYSTEM UND VERFAHREN FÜR VISUELLE ERKENNUNG“ trägt. In diesem System wird ein Bild eines Objekts erlernt oder erkannt durch Herausziehen eindeutiger Punkte, die für Objektdarstellungen unveränderlich sind. Diese eindeutigen Punkte werden erhalten durch Kreuzkorrelation des Bildes mit einer Struktur. Im Allgemeinen können die Struktur und/oder die Größe der Struktur variieren, um Extreminformationen zu erfassen, die mit dem erlernten Objekt und/oder Zielobjekt assoziiert sind. Ein Bild entsprechend jedem der eindeutigen Punkte wird herausgezogen. Die Größe des Bildes entspricht dem Maßstab des eindeutigen Punktes. Nach dem Herausziehen der verschiedenen Bilder wird ein Objekt eine Sammlung von Bildern. Jedes dieser Bilder ist ungedreht und normiert oder auf eine

konstante Größe gebracht, so dass es mit anderen Bildern verglichen werden kann. Eine der eindeutigen Eigenschaften dieser Bilder ist ihre Stabilität hinsichtlich Maßstab und Winkel. Dies ermöglicht die sehr schnelle Erkennung eines oder mehrerer Bilder oder Objekte aus einer großen Anzahl von gelernten Bildern oder Objekten.

[0028] Das Ausführungsbeispiel des visuellen Führungs- und Erkennungssystems **10** in **Fig. 1** kann während der Operation wie folgt verwendet werden. Im Arbeitsbetrieb wird ein Produktionswerkstück **170** in den Manipulator **20** durch einen Förderer, eine Zahnstange, einen Trichter, eine Palette und dergleichen eingeführt. Ein Produktionswerkstück **170** kann in jeder im Stand der Technik bekannten Weise in den Manipulator eingeführt werden und ist nicht auf die gegebenen Beispiele beschränkt. In der vorliegenden Verwendung bezieht sich ein Produktionswerkstück auf jedes Werkstück, an dem der Manipulator **20** während der Operation eine Funktion ausübt.

[0029] Das visuelle Führungs- und Erkennungssystem **10** kann an individuelle Einrichtungen und individuelle Operationen wie gewünscht oder gefordert angepasst werden. Bei bestimmten Operationen wird in Betracht gezogen, dass ein bestimmter Manipulator einem bestimmten Typ von Werkstück zugewiesen wird. In anderen Situationen kann der vollständige Bereich von Möglichkeiten des Systems **10** ausgenutzt werden, wodurch ein Manipulator **20** Funktionen an verschiedenen Werkstücken in keiner bestimmten Folge ausübt. Beide Situationen sind hier offenbart.

[0030] Wenn der Typ von Produktionswerkstück dem System **10** bekannt ist, kann das System **10** die Position des Werkstücks in Beziehung auf den Manipulator **20** bestimmen, wenn es im Betrieb eingeführt wird. Das System **10** stellt den Manipulator **20** in Beziehung zu dem Produktionswerkstück **170** so ein, dass die Funktion an dem Werkstück **170** durch den Manipulator **20** genau ausgeführt wird.

[0031] Im Betrieb hat der Manipulator eine Ruheposition. Die Ruheposition kann die Position der Planscheibe **65** in dem Abstand „A“, der mit dem Typ von Werkstück im Betrieb assoziiert ist, sein. Jedoch ist die Ruheposition nicht auf diese Position beschränkt und kann jede durch die Operation gewünschte oder geforderte Position sein. Die geringste Anzahl von Programmierungsschritten kann jedoch realisiert werden, wenn die Ruheposition die Position der Planscheibe **65** im Abstand „A“, der mit dem Typ von Werkstück im Betrieb assoziiert ist, ist. Wenn das Produktionswerkstück **170** betriebsmäßig in Beziehung auf den Manipulator **20** in seiner Ruheposition positioniert ist, wird ein zweidimensionales Bild des Produktionswerkstücks **170** durch die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** über die Kamera **30** erfasst.

Das durch die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** erfasste zweidimensionale Bild des Produktionswerkstücks **170** wird mit dem während der Einstellung erfassten zweidimensionalen Bild des assoziierten Bezugswerkstücks **70** verglichen.

[0032] Während des Vergleichs berechnet die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** eine Versetzung zwischen den beiden Bildern und teilt der Manipulator-Steuervorrichtung **40** mit, den Manipulator **20** so zu bewegen, dass die Versetzung unterhalb einer annehmbaren Schwellengrenze verringert wird. Der Betrag der Verschiebung, Drehung und Skalierung, der zum Transformieren des Bildes des Produktionswerkstücks benötigt wird, wird so berechnet, dass das Bild entsprechend jedem der eindeutigen Punkte des Produktionswerkstücks das Bild entsprechend jedem der eindeutigen Punkte des Bezugswerkstücks überlappt. Der Manipulator **20** wird auf der Grundlage dieser Berechnungen bewegt.

[0033] Die Versetzung kann so oft wie erforderlich wiederberechnet werden, bis dem Schwellenwert genügt ist. Der Schwellenwert kann in Abhängigkeit von der für den Manipulator zur Beendigung seiner bezeichneten Funktion erforderlichen Genauigkeit variieren. Je geringer die erforderliche Genauigkeit ist, desto größer ist die Versetzungsschwellengrenze. Es wird in Betracht gezogen, dass einige Funktionen eine solche Genauigkeit erfordern, dass die Schwellengrenze gleich null ist. Nachdem die Versetzung unterhalb der Schwellengrenze ist, kann der Manipulator **20** die an dem Produktionswerkstück **170** vorzunehmende Funktion durchführen. Wenn die Funktion beendet ist, bewegt sich das Produktionswerkstück **170** weiter und ein neues Produktionswerkstück wird eingeführt.

[0034] Die Manipulator-Steuervorrichtung **40** kann den Manipulator **20** auf der Grundlage des Signals von der Erkennungs-Steuervorrichtung **50** gleichzeitig in allen sechs Freiheitsgraden bewegen. Es wird auch in Betracht gezogen, dass die Manipulator-Steuervorrichtung **40** den Manipulator **20** alternativ in Schritten bewegen kann, wie eine erste Schrittbewegung in drei Freiheitsgraden und eine zweite Schrittbewegung in drei Freiheitsgraden.

[0035] Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann das visuelle Führungs- und Erkennungssystem **10** verwendet werden, um zu bestimmen, welcher Typ von Werkstück eingeführt wurde, und dann den Manipulator **20** in Beziehung zum Werkstück genau positionieren, um die programmierte, mit dem Werkstück assoziierte Funktion durchzuführen. Das System **10** ist in der Lage, jedes Werkstück, das in den Manipulator **20** eingeführt ist, zu erkennen, vorausgesetzt, dass ein assoziiertes Bezugswerkstück dem Einstellvorgang unterzogen wurde. Eine Datenbank ist in der Erkennungs-Steuervorrichtung **50** für jedes

Bezugswerkstück **70**, das während des Einstellvorgangs erlernt wurde, gespeichert. Während der Operation wird ein Produktionswerkstück **170** in den Manipulator **20** in einer Ruheposition in der vorbeschriebenen Weise eingeführt. Ein zweidimensionales Bild des Produktionswerkstücks **170** wird durch die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** über die Kamera **30** erfasst. Die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** vergleicht das zweidimensionale Bild des Produktionswerkstücks **170** mit der Datenbank für Bezugswerkstücke. Die Erkennungs-Steuervorrichtung assoziiert das Produktionswerkstück **170** mit einem Bezugswerkstück aus der Datenbank durch eine gemeinsame Anzahl von Bezugspunkten zwischen den Bildern.

[0036] Es ist festzustellen, dass der mit jedem Bezugswerkstück assoziierte Abstand „A“ eng auf die Größe des Werkstücks bezogen ist. Für eine typische Operationslinie ist wahrscheinlich, dass die Typen von Werkstücken eine ähnliche Größe haben. Dies kann aus unterschiedlichen Gründen sein, einschließlich Stromabwärtsoperationen wie Palletieren, Beladen, usw. In einer derartigen Situation ändert sich die Ruheposition für den Manipulator **20** von Typ von Werkstück zu Typ von Werkstück nicht wesentlich. Eine Ruheposition ist ausreichend, um die verschiedenen Werkstücke zu erkennen, da ein ausreichender Teil des Bildes für den Vergleich erfasst wird. Mit anderen Worten, es ist nicht kritisch, dass das Bild des Produktionswerkstücks mit demselben ROI als das Bild des Bezugswerkstücks erfasst wird. Eine Erkennung findet noch statt aufgrund von ausreichenden gemeinsamen Bilddatenpunkten. Jedoch ist in Betracht zu ziehen, dass unter bestimmten Umständen starke Änderungen in der Größe von Werkstücken erwünscht oder erforderlich sein können. Wenn ein viel größeres Werkstück in einem Manipulator in einer Ruheposition, die mit einem viel kleineren Werkstück assoziiert ist, eingeführt wird, kann das in der Ruheposition erfasste Bild nicht ausreichend sein, um das Werkstück zu erkennen. An diesem Punkt teilt die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** der Manipulator-Steuervorrichtung **40** mit, den Abstand „A“ zwischen der Planscheibe und dem Werkstück so einzustellen, dass ein ausreichendes zweidimensionales Bild des Werkstücks erfasst wird, so dass genug Datenpunkte identifiziert werden in der Position der Planscheibe **65** im Abstand „A“, die mit dem Typ von Werkstück im Betrieb assoziiert sind, um das Werkstück zu erkennen.

[0037] Bei Erkennung des Produktionswerkstücks **170** hat die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** ein Bild des Bezugswerkstücks **70**, das mit dem gerade aufgenommenen Bild des Produktionswerkstücks **170** assoziiert ist. Die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** bestimmt nun die Position des Produktionswerkstücks **170** und stellt den Manipulator **20** in Bezug auf die Position auf der Grundlage des Bildes des Be-

zugswerkstücks ein, wie vorstehend diskutiert ist. Jede Versetzung zwischen den Bilddatenpunkten wird berechnet. Die Versetzung kann in jeder von einer oder mehreren der sechs Bewegungsachsen sein. Die Erkennungs-Steuervorrichtung **50** teilt der Manipulator-Steuervorrichtung **40** mit, die Position des Manipulators so einzustellen, dass die Versetzung verringert oder beseitigt wird. Dieser Schritt kann so oft wie erforderlich wiederholt werden, bis die Versetzung unterhalb der Schwellengrenze ist. Wenn die Versetzung gleich null oder unterhalb der vorbestimmten Schwellenversetzung ist, ist der Manipulator **20** genau positioniert, um seine Funktion an dem Produktionswerkstück **170** durchzuführen.

[0038] Bei diesem Ausführungsbeispiel zeigt das visuelle Führungs- und Erkennungssystem **10** menschliche Fähigkeiten. Nachdem die Einstellung für ein Werkstück durchgeführt wurde, kann das Werkstück zu jedem nachfolgenden Zeitpunkt durch das System erkannt werden. Das System muss zu keiner Zeit kalibriert werden. Werkstücke können in Echtzeit in einer Produktionslinie geändert werden ohne eine Stillstandszeit zur Neuprogrammierung oder Wiederkalibrierung. Jedes von verschiedenen Werkstücken kann in der Manipulatorstation positioniert und durch das visuelle Führungs- und Erkennungssystem erkannt werden, wobei der Manipulator in Sekunden positioniert wird, um eine Funktion an dem Werkstück genau durchzuführen.

[0039] Es ist festzustellen, dass die Kamera **30** während der Ausrichtung individuelle Bilder zu der Erkennungs-Steuervorrichtung **50** senden kann, wobei die Versetzung für jedes Bild berechnet wird, oder das Bild kann kontinuierlich zu der Erkennungs-Steuervorrichtung übertragen werden, wobei die Versetzung kontinuierlich neu berechnet wird, bis die Versetzung unterhalb der Schwellengrenze ist.

[0040] Es werden hier auch Verfahren zur visuellen Erkennung und Führung eines Werkstücks offenbart. **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm, das ein derartiges Ausführungsbeispiel für ein hier offenbartes Verfahren darstellt, wobei das Erlernen der Bezugswerkstücke illustriert wird. Das Verfahren zur visuellen Führung und Erkennung eines Werkstücks umfasst eine erste Positionierung eines Bezugswerkstücks (S1). Die Position des Bezugswerkstücks kann die Arbeitsposition eines Produktionswerkstücks in Beziehung zu dem Roboter simulieren.

[0041] Als Nächstes wird eine Roboterarbeitsposition an dem Bezugswerkstück in einer Manipulator-Steuervorrichtung gespeichert (S2). In diesem Schritt wird der Manipulator körperlich zu dem Bezugswerkstück zu dem Punkt, an dem der Manipulator seine Funktion ausübt, bewegt. Der Manipulator wird dann entlang einer Koordinatenachse zwischen dem Manipulator und dem Bezugswerkstück bis zu ei-

nem Abstand „A“ bewegt, an dem zumindest ein Bereich des Bezugswerkstücks in einem interessierenden Bereich (ROI) der Kamera ist (S3). Wie vorstehend festgestellt ist, kann das gesamte Werkstück in dem ROI der Kamera sein, oder nur ein Bereich des Werkstücks. Es muss ein ausreichender Teil des Werkstücks innerhalb des ROI sein, um das Werkstück von anderen zu unterscheiden. Die Position der Planscheibe des Manipulators in dem Abstand „A“ wird in der Manipulator-Steuervorrichtung gespeichert (S4). Ein Bild des Bezugswerkstücks wird durch die Erkennungs-Steuervorrichtung über die Kamera (S5) erfasst. Das zweidimensionale Bild wird in Verbindung mit dem Abstand „A“ für das Bezugswerkstück gespeichert (S6) und auf der Grundlage dieser Daten erlernt die Erkennungs-Steuervorrichtung das Bezugswerkstück (S7).

[0042] Das Verfahren kann weiterhin das Zentrieren des Bezugswerkstücks oder eines Bereichs des Bezugswerkstücks in dem ROI aufweisen, indem der Manipulator entlang Achsen parallel zu dem Werkstück vor der Erfassung des Bildes durch die Kamera bewegt wird.

[0043] Dieses Verfahren kann für ein Bezugswerkstück oder für mehrere Bezugswerkstücke durchgeführt werden. Das zweidimensionale Bild und der mit jedem Bezugswerkstück assoziierte Abstand „A“ können in einer Datenbank innerhalb der Erkennungs-Steuervorrichtung gespeichert werden.

[0044] Ein anderes Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur visuellen Führung und Erkennung eines Werkstücks bezieht sich auf ein während der Operation wie Herstellen, Produzieren oder Montieren verwendetes Verfahren, und ist in dem Flussdiagramm nach **Fig. 3** dargestellt. Dieses Verfahren umfasst zuerst die Einführung eines Produktionswerkstücks (S10). Abhängig von den Anforderungen eines bestimmten Operationssystems kann eine Positionsbestimmung des Werkstücks erforderlich sein, oder es können sowohl eine Erkennung eines Werkstücks als auch eine Positionsbestimmung des Werkstücks erforderlich sein (S12). Wenn der Manipulator nur mit einer Funktion bei einem Typ von Werkstück assoziiert ist, ist die Erkennung nicht erforderlich und die Position des Werkstücks kann bestimmt werden durch erste Erfassung eines Bildes von zumindest einem Bereich des Produktionswerkstücks mit der Erkennungs-Steuervorrichtung über die Kamera (S20). Wenn der Manipulator mit mehr als einem Typ von Werkstück assoziiert wird, ist eine Erkennung erforderlich. Die Erkennungs-Steuervorrichtung erfasst ein Bild von zumindest einem Bereich des Produktionswerkstücks (S14).

[0045] Die Erkennungs-Steuervorrichtung vergleicht das zweidimensionale Bild des Produktionswerkstücks mit der Datenbank für Bilder von Bezugswerk-

stücken. Eine Übereinstimmung zeigt an, dass die Erkennungs-Steuervorrichtung den Typ von Werkstück erkannt hat (S16), und kann ordnungsgemäß die erforderliche relevante Positionierung des Manipulators und Produktionswerkstücks so bestimmen, dass der Manipulator seine Funktion genau durchführen kann.

[0046] Wenn sich aus irgendeinem Grund der Manipulator in einem Abstand von dem Produktionswerkstück befindet, in welchem das Bild nicht ausreichend Datenpunkte für die Erkennung enthält, teilt die Erkennungs-Steuervorrichtung der Manipulator-Steuervorrichtung mit, den Manipulator entlang einer Koordinatenachse von dem Produktionswerkstück weg zu bewegen (S18) und ein neues Bild zu erfassen, bis das Bild ausreichend für eine Erkennung ist. Wenn das Werkstück anhand des Bildes erkannt wird, berechnet die Erkennungs-Steuervorrichtung die dimensionsmäßigen Datenversetzungen zwischen dem Bild des Produktionswerkstücks und dem Bild des Bezugswerkstücks (S22). Die Erkennungs-Steuervorrichtung teilt der Manipulator-Steuervorrichtung mit, den Manipulator in irgendeinem oder mehreren von sechs Freiheitsgraden, dx, dy, dz, rx, ry, rz, zu bewegen, um die Versetzung zu eliminieren oder unterhalb einen bestimmten Schwellenwert zu verringern (S24). Wenn dem Schwellenwert genügt ist, ist der Manipulator relativ zu dem Produktionswerkstück so positioniert, dass seine Funktion an dem Werkstück genau ausgeführt werden kann (S26). Wenn dem Schwellenwert nicht genügt ist, wird die Versetzung neu berechnet und der Manipulator wird bewegt, bis die Versetzung gleich null oder unterhalb der Schwellengrenze ist.

[0047] Die Verwendung des visuellen Führungs- und Erkennungssystems und der Verfahren, die hier offenbart sind, benötigt nur Minuten für die Durchführung und kann durch eine ungeübte Bedienungsperson durchgeführt werden. Die Einstellstufe kann zu jeder Zeit erfolgen, wenn ein neues Werkstück in das System eingeführt werden soll. Während der Operation können die Werkstücktypen kontinuierlich wie gewünscht oder gefordert geändert werden, da das visuelle Erkennungssystem unterschiedliche Werkstücke inline und in Echtzeit erkennen kann. Die Effizienz wird stark verbessert, wodurch die Produktivität und Profitabilität erhöht werden. Es wird in Betracht gezogen, dass das System und die Verfahren, die hier offenbart werden, in jeder hier offenbarten Kombination verwendet werden können, um Prozesse wie gewünscht oder gefordert zu optimieren.

[0048] Während die Erfindung in Verbindung damit beschrieben wurde, was gegenwärtig als das praktischste und bevorzugteste Ausführungsbeispiel angesehen wird, ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern demgegenüber beabsichtigt ist, dass sie verschiedene Modifikationen und äqui-

valente Anordnungen abdeckt, die innerhalb des Bereichs der angefügten Ansprüche enthalten sind, welchem Bereich die breiteste Interpretation zuzuteilen ist, um alle derartigen Modifikationen und Strukturen zu umfassen, die durch das Gesetz ermöglicht werden.

Patentansprüche

1. System zum Bewegen eines servobetätigten Manipulators (20) ohne ein Kalibrierungsziel, aufweisend:

einen servobetätigten Manipulator (20), der zum Durchführen einer Funktion konfiguriert ist;
eine Kamera (30), die auf oder in fester Beziehung zu einer Planscheibe (65) des Manipulators (20) befestigt ist;

eine Manipulator-Steuervorrichtung (40), die zum Bewegen des Manipulators (20) konfiguriert ist; und
ein Erkennungssystem (10), das konfiguriert ist zum: Signalisieren der Manipulator-Steuervorrichtung (40), den Manipulator (20) von einer in der Manipulator-Steuervorrichtung (40) gespeicherten Arbeitsposition, in der der Manipulator (20) die Funktion ausübt,

an einem Bezugswerkstück (70) über einen Abstand „A“ zwischen dem Bezugswerkstück (70) und dem Manipulator (20) entlang einer Koordinatenachse des Bezugswerkstücks (70) zu bewegen,

Erwerben eines zweidimensionalen Bilds über die Kamera (30) von zumindest einem Bereich des Bezugswerkstücks (70),

Erlernen des Bezugswerkstücks (70) auf der Grundlage des zweidimensionalen Bilds und des mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstands „A“, und Speichern in einer Datenbank, und

mit der Einführung eines Produktionswerkstücks (170), Signalisieren der Manipulator-Steuervorrichtung (40), den Manipulator (20) zu einer Arbeitsposition an dem Produktionswerkstück (170) auf der Grundlage des Erlernens des Bezugswerkstücks (70) und des mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstands „A“ zu bewegen, wobei das Produktionswerkstück (170) anhand der Datenbank erkannt wurde.

2. System nach Anspruch 1, bei dem das Erkennungssystem (10) weiterhin konfiguriert ist, den Bereich des Bezugswerkstücks (70) in einem interessierenden Bereich zu zentrieren durch Bewegen des Manipulators (20) entlang einer Koordinatenachse parallel zu dem Bezugswerkstück (70), bevor das zweidimensionale Bild erworben wird.

3. System nach Anspruch 1, bei dem, mit der Einführung eines Produktionswerkstücks (170) zu dem Manipulator (20), das Erkennungssystem (20) weiterhin konfiguriert ist zum:

Erwerben mit dem zu einer Position entsprechend dem mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Ab-

stand „A“ bewegten servobetätigten Manipulator (20), eines zweidimensionalen Bilds von zumindest einem Bereich des Produktionswerkstücks (170) über die Kamera (30), und

Signalisieren der Manipulator-Steuervorrichtung (40), den Manipulator (20) um einen Betrag dx , dy , dz , rx , ry , rz auf der Grundlage von dimensionsgemäßen Datenversetzungen zwischen den beiden dimensionsgemäßen Bildern des Bezugswerkstücks (70) und des Produktionswerkstücks (170) zu bewegen.

4. System nach Anspruch 3, bei dem die Erkennungssystem (10) weiterhin konfiguriert ist, die Berechnung der dimensionsgemäßen Datenversetzungen zu wiederholen, bis eine Versetzungsschwellenwertgrenze erreicht ist.

5. System nach Anspruch 3, bei dem der Manipulator (20) konfiguriert ist zum Bewegen um dx , dy , dz , rx , ry , rz um eine Drehmitte, die sich entweder auf der Planscheibe (65) oder entlang der Koordinatenachse befindet.

6. System nach Anspruch 3, bei dem, wenn das Erkennungssystem (10) der Manipulator-Steuervorrichtung (40) signalisiert, den Manipulator (20) zu bewegen, der Manipulator (20) sich in zwei Schritten bewegt, den ersten Schritt um einen Betrag dx , dy , dz , und den zweiten Schritt um einen Betrag rx , ry , rz , auf der Grundlage der dimensionsgemäßen Datenversetzungen zwischen den beiden dimensionsgemäßen Bildern des erkannten Bezugswerkstücks (70) und des Produktionswerkstücks (170).

7. System nach Anspruch 1, bei dem das Erkennungssystem (10) weiterhin konfiguriert ist, eine große Anzahl von verschiedenen Bezugswerkstätten (70) jeweils mit einem assoziierten zweidimensionalen Bild und einem Abstand „A“ zu erlernen und in einer Datenbank zu speichern.

8. System nach Anspruch 7, bei dem, wenn ein Produktionswerkstück (170) zu dem Manipulator (20) eingeführt ist, ein zweidimensionales Bildes von zumindest einem Bereich des Produktionswerkstücks (170) über die Kamera (30) zu erwerben und das Produktionswerkstück (170) als eines von der großen Anzahl von verschiedenen Bezugswerkstätten in der Datenbank zu erkennen.

9. System nach Anspruch 8, bei dem, wenn das Produktionswerkstück (170) nicht erkannt wird, die Manipulations-Steuervorrichtung (40) den Manipulator (20) entlang der Koordinatenachse bewegt, bis der Abstand „A“ derart ist, dass das Erkennungssystem (10) das Produktionswerkstück (170) erkennt.

10. System nach Anspruch 8, bei dem, nachdem das Produktionswerkstück (170) erkannt ist, das Erkennungssystem (10) weiterhin konfiguriert

ist zum Verwenden des bestehenden zweidimensionalen Bilds des Produktionswerkstücks (170) und zum Signalisieren der Manipulations-Steuervorrichtung (40), den Manipulator (20) um einen Betrag dx , dy , dz , rx , ry , rz auf der Grundlage von dimensionsgemäßen Datenversetzungen zwischen den zweidimensionalen Bildern des erkannten Bezugswerkstücks (70) und des Produktionswerkstücks (170) zu bewegen.

11. System nach Anspruch 10, bei dem das Erkennungssystem (10) weiterhin konfiguriert ist, die Berechnung der dimensionsgemäßen Datenversetzungen zu wiederholen, bis eine Versetzungsschwellenwertgrenze erreicht ist.

12. System zum nach Anspruch 1, weiterhin aufweisend:

das Erkennungssystem (10), das eine Datenbank für zumindest ein Bezugswerkstück (70) aufweist; und bei dem das Erkennungssystem (10) weiterhin konfiguriert ist, ein zweidimensionales Bild von zumindest einem Bereich eines Produktionswerkstücks (170) über die Kamera (30) zu erwerben, das Bild des Produktionswerkstücks (170) mit dem Bezugswerkstück (70) in der Datenbank abzugleichen, eine dimensionsgemäße Datenversetzung zwischen dem Bild des Produktionswerkstücks (170) und einem mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Bild zu berechnen, und der Manipulations-Steuervorrichtung (40) zu signalisieren, den Manipulator (20) zu bewegen, um die Versetzung zu verringern, bis die Versetzung unterhalb einer Schwellengrenze ist.

13. Verfahren zum Steuern der Bewegung eines servobetätigten Manipulators (20) ohne die Notwendigkeit einer Kalibrierung unter Verwendung einer Kamera (30), welches aufweist:

Positionieren eines Bezugswerkstücks (70);
Bewegen des Manipulators (20) zu einer Arbeitsposition an dem Bezugswerkstück (70);
Bewegen des Manipulators (20) entlang einer Koordinatenachse des Bezugswerkstücks (70) von der in einer Manipulator-Steuervorrichtung (40) gespeicherten Arbeitsposition, in der der Manipulator (20) eine Funktion ausübt, zu einem Abstand „A“, wobei zumindest ein Bereich des Bezugswerkstücks (70) in einem interessierendem Bereich der Kamera (30) ist;
Erwerben eines zweidimensionalen Bilds von zumindest einem Bereich des Bezugswerkstücks (70) über die Kamera (30);
Erlernen des Bezugswerkstücks (70) auf der Grundlage des zweidimensionalen Bilds und des mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstands „A“, und Speichern in einer Datenbank; und
Bewegen des Manipulators (20), mit der Einführung eines Produktionswerkstücks (170), zu einer Arbeitsposition an dem Produktionswerkstück (170) auf der Grundlage des Erlernens des Bezugswerkstücks (70) und des mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten

Abstands „A“, wobei das Produktionswerkstück (170) anhand der Datenbank erkannt wurde.

14. Verfahren nach Anspruch 13, weiterhin aufweisend:

Zentrieren des Bereichs des Bezugswerkstücks (70) in dem interessierenden Bereich durch Bewegen des Manipulators (20) entlang einer Koordinatenachse parallel zu dem Bezugswerkstück (70), bevor das zweidimensionale Bild erworben wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, weiterhin aufweisend mit der Einführung eines Produktionswerkstücks (170):

Bewegen des Manipulators (20) zu einer Position entsprechend dem mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstand „A“;
Erwerben eines zweidimensionalen Bilds von zumindest einem Bereich des Produktionswerkstücks (170) über die Kamera (30);
Berechnen von dimensionsmäßigen Datenversetzungen zwischen den zweidimensionalen Bildern des erkannten Bezugswerkstücks (70) und des Produktionswerkstücks (170); und
Bewegen des Manipulators (20) um einen Betrag dx , dy , dz , rx , ry , rz auf der Grundlage der dimensionsgemäßen Datenversetzungen.

16. Verfahren nach Anspruch 15, weiterhin aufweisend das Wiederholen des Berechnens der dimensionsgemäßen Datenversetzungen und des Bewegens des Manipulators (20), bis eine Versetzungsschwellenwertgrenze erreicht ist.

17. Verfahren nach Anspruch 13, weiterhin aufweisend:

Wiederholen des Verfahrens für jedes von mehreren verschiedenen Bezugswerkstücken (70); und
Schaffen einer Datenbank für jedes zweidimensionale Bild und den mit jedem der mehreren verschiedenen Bezugswerkstücke (70) assoziierten Abstand „A“.

18. Verfahren nach Anspruch 17, weiterhin aufweisend:

Bewegen des Manipulators (20), mit der Einführung eines Produktionswerkstücks (170), zu einer Position entsprechend dem mit dem Bezugswerkstück (70) assoziierten Abstand „A“;
Erwerben eines zweidimensionalen Bilds von zumindest einem Bereich des Produktionswerkstücks (170) über die Kamera (30);
Vergleichen des zweidimensionalen Bilds des Produktionswerkstücks (170) mit der Datenbank für Bezugswerkstücke (70);
Erkennen des Produktionswerkstücks (170) anhand eines Bezugswerkstücks (70) in der Datenbank;
Berechnen von dimensionsgemäßen Datenversetzungen zwischen den zweidimensionalen Bildern des

Bezugswerkstücks (70) und des Produktionswerkstücks (170); und
Bewegen des Manipulators (20) um einen Betrag dx , dy , dz , rx , ry , rz auf der Grundlage der dimensionsgemäßen Datenversetzungen.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem, wenn das Produktionswerkstück (170) nicht erkannt wird, der Manipulator (20) entlang der Koordinatenachse bewegt wird, um den Abstand „A“ so zu ändern, dass ein Bezugswerkstück (70) aus der Datenbank erkannt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 18, weiterhin aufweisend das Wiederholen des Berechnens der dimensionsgemäßen Datenversetzungen und des Bewegens des Manipulators (20), bis eine Versetzungsschwellenwertgrenze erreicht ist.

21. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem der Manipulator (20) in zwei Schritten bewegt wird, im ersten Schritt um einen Betrag dx , dy , dz , und im zweiten Schritt um einen Betrag rx , ry , rz , auf der Grundlage von dimensionsgemäßen Datenversetzungen zwischen den zweidimensionalen Bildern des Bezugswerkstücks (70) und des Produktionswerkstücks (170).

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

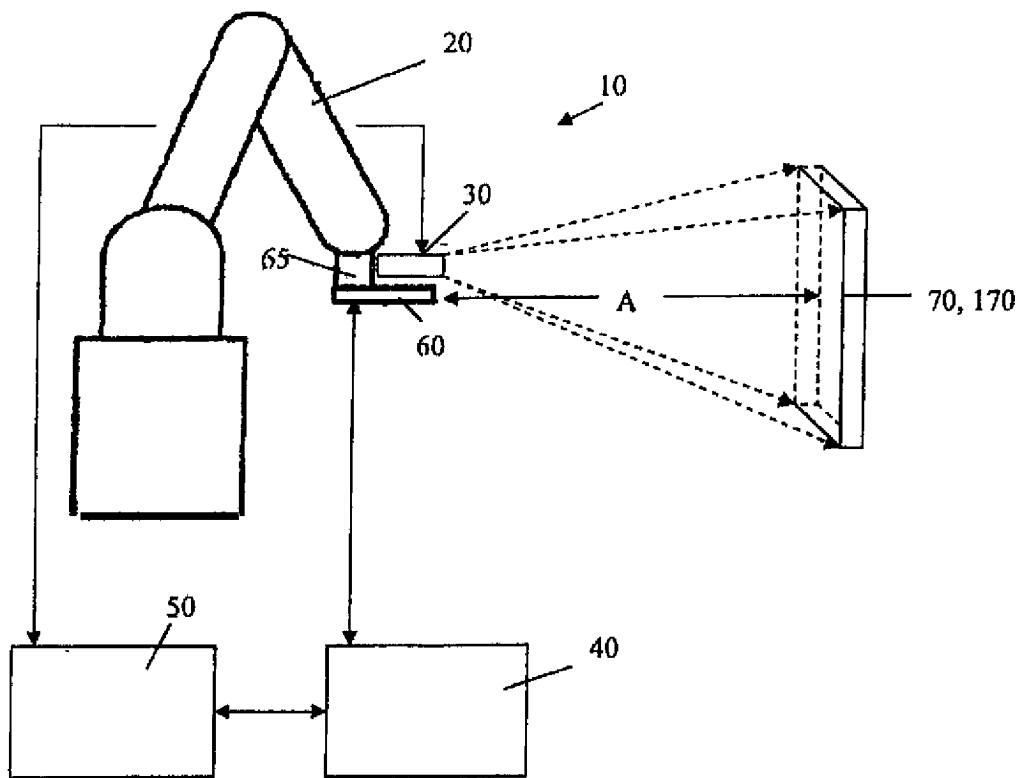


FIG. 1

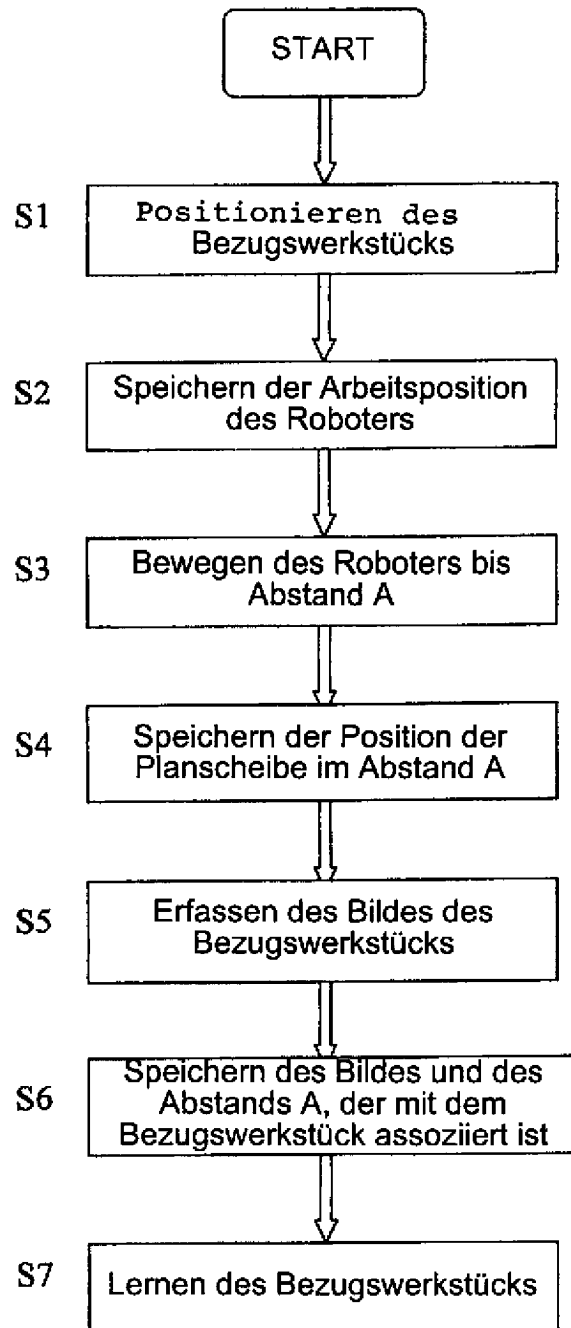


FIG. 2

