

DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

International application number:	PCT/EP2017/070653
International filing date:	15 August 2017 (15.08.2017)
Document type:	Certified copy of priority document
Document details:	Country/Office: DE
	Number: 10 2016 215 683.7
	Filing date: 22 August 2016 (22.08.2016)
Date of receipt at the International Bureau:	22 September 2017 (22.09.2017)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung DE 10 2016 215 683.7 über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2016 215 683.7

Anmeldetag: 22. August 2016

Anmelder/Inhaber: VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT,
38440 Wolfsburg, DE

Bezeichnung: Verfahren zur Steuerung einer robotergestützten
Bearbeitung eines Werkstückes mittels einer
Mensch-Roboter-Kollaboration-Schnittstelle

IPC: B25J 9/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 22. August 2016 eingereichten elektronischen Dokumente dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Druckverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 24. August 2017
Deutsches Patent- und Markenamt
Die Präsidentin
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rüschemschmidt'.

Rüschemschmidt

Beschreibung

Verfahren zur Steuerung einer robotergestützten Bearbeitung eines Werkstückes mittels einer Mensch-Roboter-Kollaboration-Schnittstelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer robotergestützten Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines Endeffektors innerhalb eines Arbeitsraumes, bei dem die Robotersteuerung des den Endeffektor führenden Roboters mittels einer Mensch-Roboter-Kollaboration-Schnittstelle (MRK-Schnittstelle) für eine Interaktionen zwischen Mensch und Roboter ausgestattet ist, wobei die Ausführung des Arbeitsprogrammes durch den Roboter von der Robotersteuerung nur dann freigegeben wird, wenn sich keine Bedienperson innerhalb des Arbeitsraumes befindet.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, großtechnische Anlagen mit Manipulatoren oder Robotern, insbesondere Industrierobotern, auszustatten. So werden beispielsweise seit langem im Fahrzeugbau Manipulatoren und Roboter für vollautomatische Bearbeitungs- und Montageprozesse eingesetzt.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Roboter, insbesondere Multifunktionsroboter, können zwar grundsätzlich unterschiedliche Aufgaben wahrnehmen, ihre Funktionalität ist jedoch in der Regel auf den vollautomatischen Einsatz gerichtet.

Bei konventionellen, vollautomatischen Industrierobotern ist es aufgrund von Industrienormen, beispielsweise der ISO 10218-1:2006, der ISO 10218-2:2008 oder der Richtlinie 2006/42/EG notwendig, eine Abtrennung des Arbeits- und Bewegungsbereiches des Roboters vom Aufenthaltsort von Personen vorzusehen. Insbesondere müssen während der Tätigkeit und im Betriebszustand des Roboters der Arbeitsraum und der Bewegungsraum von Roboter und Bedienperson zu jedem Zeitpunkt getrennt bleiben, um eine Gefährdung durch den Roboter auszuschließen.

Weiterhin ist es bekannt Menschen mit Robotern interagieren, also zusammenarbeiten zu lassen. Diese Art der Zusammenarbeit, bei der innerhalb des Arbeitsraumes ein Schutzbereich eingerichtet wird, um den Menschen vor einer unerwünschten Kollision mit dem Roboter zu schützen, wird als Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) bezeichnet. Hierfür geeignete Roboter

sind beispielsweise aus der DE 10 2007 063 099 A1, der DE 10 2007 014 023 A1 sowie der DE 10 2007 028 758 B4 bekannt.

Bei der Einzelteilfertigung stoßen derartige Systeme hinsichtlich der für ihre Realisierung notwendigen Kosten, hinsichtlich der Systemstabilität und hinsichtlich der Prozesssicherheit an ihre Grenzen.

Gerade im Werkzeugbau tritt während bestimmter manueller Arbeiten oftmals die Notwendigkeit auf, eine qualifizierte und schnelle Entscheidung über das weitere Vorgehen aufgrund einer Beobachtung durch die in dem jeweiligen Arbeitsbereich tätigen Bedienpersonen zu treffen.

Aus der DE 10 2009 051 146 A1 ist eine Vorrichtung umfassend einen Roboter mit einer Robotersteuerung mit einer zugeordneten Mensch-Roboter-Schnittstelle bekannt, bei dem der erfasste Schutzbereich hinsichtlich seiner Ausdehnung und Funktionalität Roboter-tätigkeitsbezogen und/oder Roboter-arbeitspositionsbezogen variierbar ausgebildet ist. Die Robotersteuerung ist entsprechend um diese Betriebsmodi erweitert. Die verschiedenen Interaktionsformen definieren dabei die Ebenen der zeitlichen und örtlichen Trennung.

Es ist auch bekannt, einem Schutzbereich unterschiedliche Funktionalitäten zuzuordnen. So kann es möglich sein, dass in dem einen Falle dem Schutzbereich die Funktion sofortiges Abschalten des Roboters zugeordnet ist, wohingegen in einer anderen Arbeitsposition dem Schutzbereich lediglich die Funktion Reduzierung der Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters zugeordnet ist.

Während der Programmieraufwand für solche MRK-Prozesse bei Großserienprozessen wirtschaftlich sinnvoll ist, haben derartige Roboteranwendungen für individuelle oder einzelfallbezogene Bearbeitungsprogramme keinen oder einen lediglich sehr geringen wirtschaftlichen Nutzen.

Vor diesem Hintergrund liegt daher der Erfindung die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art derart auszuführen, dass dadurch auch für Kleinserien oder auch für einzelne Anwendungen ein vorteilhafter Einsatz eines MRK-fähigen Roboters ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1. Die Unteransprüche betreffen besonders zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung.

Erfindungsgemäß ist also ein Verfahren vorgesehen, bei dem die Programmierung des Roboters durch die Interaktion mit der Bedienperson mittels der MRK-Schnittstelle innerhalb des Arbeitsraumes nach Entfernung und/oder nach Deaktivierung des Endeffektors erfolgt und dass das Arbeitsprogramm ohne eine Interaktion mit einer Bedienperson ausgeführt wird, wenn sich keine Bedienperson innerhalb des Arbeitsraumes befindet. In verblüffend einfacher Weise wird hierbei die MRK-Schnittstelle nicht etwa für eine Interaktion des Roboters mit der Bedienperson während der Durchführung der Bearbeitung, sondern ausschließlich während der Programmierung, also der Anlernphase des Roboters genutzt. Die eigentliche Ausführung des erlernten Programmes erfolgt dann ohne Interaktion des Benutzers und nur dann, wenn sich keine Bedienperson innerhalb des Arbeitsraumes befindet. Anders als beim Stand der Technik wird also die MRK-Schnittstelle ausschließlich während der Lernphase genutzt, wobei sich herausgestellt hat, dass durch die MRK-Schnittstelle die Programmierung des Roboters wesentlich vereinfacht ist. In der Lernphase befindet sich die Bedienperson gemeinsam mit dem Roboter innerhalb des Arbeitsraumes, wobei in an sich bekannter Weise die Aktivierung des Endeffektors unterbrochen oder dieser zuvor entfernt und gegebenenfalls durch einen Platzhalter ersetzt wird. Der Benutzer führt dann einzelne Bewegungen aus oder markiert virtuell bestimmte Positionen, die beispielsweise eine Bearbeitung durch den Roboter erfordern. Auf der Basis hinterlegter Bearbeitungsparameter des Werkstücks kann die Programmierung sehr schnell erfolgen, weil nicht etwa das gesamte Bearbeitungsprogramm neu erlernt werden muss, sondern nur relevante Positionen programmiert, insbesondere also ausgewählt werden.

Dabei hat es sich bereits als besonders sinnvoll erwiesen, wenn die MRK Schnittstelle während der Durchführung des Arbeitsprogrammes deaktiviert wird, sodass die Programmierung bzw. jedweder Eingriff in das Bearbeitungsprogramm lediglich in einem Anlernmodus während der Deaktivierung des Endeffektors stattfindet. Somit ist sichergestellt, dass eine Interaktion des Roboters mit dem Menschen bei betriebsbereitem Endeffektor ausgeschlossen ist.

Die Programmierung kann darauf beruhen, dass die Robotersteuerung die Position eines Referenzierungselementes durch optische Sensoren erfasst, sodass die Programmierung berührungslos und ohne zusätzlichen Programmieraufwand durchgeführt werden kann.

Besonders praxisgerecht ist es hingegen, wenn die Programmierung des Roboters durch eine manuelle Führung des Roboters durch die Bedienperson erfolgt, indem die Bedienperson den Roboter manuell bewegt und zu der gewünschten Position führt. Hierdurch kann die Bedienperson die so erreichte Position in einfacher Weise selbst visuell überprüfen. Mehr noch

kann so die Bewegung weitgehend intuitiv durchgeführt werden, ohne dass hierzu vorhandene Restriktionen als zusätzliche Beschränkungen programmiert werden müssten.

Vorzugsweise erfolgt die Programmierung des Roboters durch eine Markierung von Referenzpunkten an dem Werkstück durch die Bedienperson, sodass die Steuerung den Bewegungsverlauf zwischen den Referenzpunkten selbsttätig ergänzt bzw. interpoliert. Eine Programmierung eines vollständigen Bearbeitungsablaufs ist daher entbehrlich.

Hierbei hat es sich bereits als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Programmierung des Roboters dadurch erfolgt, dass mittels eines optischen Sensors Gesten der Bedienperson erfasst und mittels einer Steuereinheit identifiziert und einer bestimmten Programmsequenz zugeordnet wird. Hierdurch wird eine nahezu intuitive Bedienung und Programmierung auch für Laien ohne weiteres ermöglicht. Die Kenntnis von Programmcodes ist somit entbehrlich. Die Gesten der Bedienperson können dabei sowohl allgemeiner Art sein oder auch speziellen Bearbeitungsschritten zugeordnet sein.

Besonders bevorzugt wird der Endeffektor während der Programmierung deaktiviert oder durch einen Platzhalter ersetzt, dessen äußere Abmessungen dem später einzusetzenden Endeffektor zumindest weitgehend entsprechen. Ein solcher Platzhalter, bei dem zur Vermeidung einer Verletzungsgefahr insbesondere keine Schneiden vorhanden sind, weist zudem ein reduziertes Eigengewicht auf und kann dadurch von der Bedienperson mühelos geführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer robotergestützten Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines Endeffektors innerhalb eines Arbeitsraumes, bei dem die Robotersteuerung des den Endeffektor führenden Roboters mit einer Mensch-Roboter-Kollaboration-Schnittstelle (MRK-Schnittstelle) für eine Interaktionen zwischen Mensch und Roboter ausgestattet ist, wobei die Ausführung des Arbeitsprogrammes durch den Roboter von der Robotersteuerung nur dann freigegeben wird, wenn sich keine Bedienperson innerhalb des Arbeitsraumes befindet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Programmierung des Roboters durch die Interaktion mit der Bedienperson mittels der MRK-Schnittstelle innerhalb des Arbeitsraumes nach Entfernung und/oder nach Deaktivierung des Endeffektors erfolgt und dass das Arbeitsprogramm ohne eine Interaktion mit einer Bedienperson ausgeführt wird, wenn sich keine Bedienperson innerhalb des Arbeitsraumes befindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die MRK Schnittstelle während der Durchführung des Arbeitsprogrammes deaktiviert wird.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Programmierung des Roboters durch eine manuelle Führung des Roboters durch die Bedienperson erfolgt.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Programmierung des Roboters durch eine Markierung von Referenzpunkten an dem Werkstück durch die Bedienperson erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Markierung mittels eines optischen Sensors erfasst und eine Bildauswertung in einer Steuereinheit durchgeführt wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Programmierung des Roboters dadurch erfolgt, dass mittels eines optischen Sensors Gesten der Bedienperson erfasst und mittels einer Steuereinheit identifiziert und einer bestimmten Programmsequenz zugeordnet wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Endeffektor während der Programmierung deaktiviert wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Endeffektor während der Programmierung durch einen Platzhalter ersetzt wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Steuerung eine Bewegungsbahn zwischen verschiedenen Positionen an dem zu bearbeitenden Werkstück interpoliert wird.

Zusammenfassung

**Verfahren zur Steuerung einer robotergestützten Bearbeitung eines Werkstückes
mittels einer Mensch-Roboter-Kollaboration-Schnittstelle**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer robotergestützten Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines Endeffektors innerhalb eines Arbeitsraumes, bei dem die Robotersteuerung des den Endeffektor führenden Roboters mit einer Mensch-Roboter-Kollaboration-Schnittstelle (MRK-Schnittstelle) ausgestattet ist. Die Programmierung des Roboters erfolgt durch die Interaktion mit der Bedienperson mittels der MRK-Schnittstelle innerhalb des Arbeitsraumes nach Entfernung und/oder nach Deaktivierung des Endeffektors. Wenn sich keine Bedienperson innerhalb des Arbeitsraumes befindet kann das Arbeitsprogramm gestartet und ohne eine Interaktion mit einer Bedienperson ausgeführt werden. Somit wird die MRK-Schnittstelle ausschließlich während der Programmierung des Roboters genutzt.