



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 013 046.6**

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

(22) Anmeldetag: **25.10.2016**

(43) Offenlegungstag: **26.04.2018**

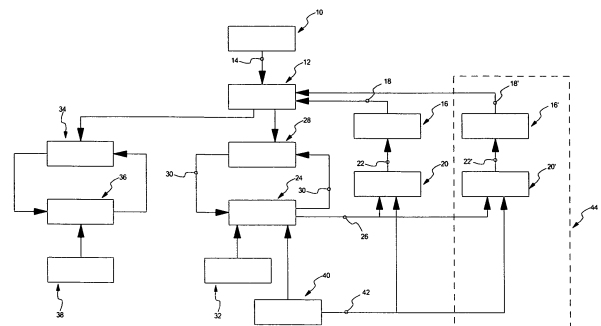
(71) Anmelder:  
**Ice Field Dry Ice Engineering GmbH, 65929  
Frankfurt, DE; Wiedemann, Bernd, Prof. Dr., 38442  
Wolfsburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Wiedemann, Bernd, Prof. Dr., 38442 Wolfsburg,  
DE; Kunstmann, Jürgen, 65812 Bad Soden, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren eines Robotersystems**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Anpassung der Operationen eines Roboters an einen in seinem jeweiligen Arbeitsbereich vorgegebenen Sicherheitslevel beschrieben, wobei ein Sensor- d.h. Erfassungssystem eine kontinuierliche Bilddatenerfassung durchführt, die kontinuierlich erfassten Bilddaten aller Ereignisse im Arbeitsbereich des Roboters in einer Echtzeitbilddaten-Auswerteeinheit ausgewertet werden, und die ausgewerteten Bilddaten mindestens einen Betriebsmodus des Roboters initiieren.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anpassung der Operationen eines Roboters an einen in seinem Arbeitsbereich vorgegebenen Sicherheitslevel und zum gleichzeitigen autonomen Ist-Sollwertvergleich der durchgeführten Operationen zur Qualitätsüberwachung.

**[0002]** Beim autonomen Arbeiten eines Roboters sowie bei der Kollaboration zwischen Mensch und Maschine (=HMI) gelten strenge Regeln zum Abschalten des Roboters bei möglichen Kollisionen. Die Grundprinzipien sind hierbei:

- 1.) Sicherheitsgerichteter Stillstand des Roboters, d.h. der Roboter wird automatisch gestoppt, wenn Mitarbeiter den Arbeitsraum, in dem sich der Roboter befindet, betreten, und Fortsetzung des Programmablaufs des Roboters, wenn die Mitarbeiter den Arbeitsraum verlassen,
- 2.) Leistungs- und Kraftbegrenzung, wobei die Kontaktkräfte auf ein ungefährliches Maß beschränkt sind,
- 3.) Abstandsüberwachung, wobei Sensoren eine Kollision mit Mitarbeitern verhindern,
- 4.) Handführung des Roboters, wobei ein Mitarbeiter die Bewegung des Roboters steuert.

**[0003]** Das Sicherheitskonzept beruht bislang maßgeblich auf dem Fernhalten des Roboters, d.h. dem körperlichen Vermeiden von Kollisionen, und dem Abschalten des Roboters. Wenn eine Kollision möglich erscheint, wird der Roboter abgeschaltet. Das zuerst genannte Fernhalten wird durch mechanische Barrieren wie Zäune, Wände o.dgl. verwirklicht. Das Abschalten des Roboters, um Kollisionen zu verhindern, wird mit Hilfe von Sensoren erreicht, bei welchen es sich bspw. um Lichtschranken, Schalter bei Zaun- und Wandtüren, Kameras zur Objekterfassung, um Ultraschallsensoren o.dgl. handelt.

**[0004]** Die DE 10 2014 207 067 A1 offenbart ein Verfahren zum teilautomatisierten Fertigen von Werkstücken an einem Mensch-Roboter-Kollaboration (=MRK)-Arbeitsplatz, der ein manuell zu bearbeitendes Werkstück und einen das Werkstück haltenden Roboter mit einer Robotersteuerung und mit einem mehrere Gelenke und die Gelenke verbindende Glieder aufweisenden Manipulatorarm umfasst, dessen Gelenke von der Robotersteuerung automatisch auf Basis eines vorgegebenen Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind. Dabei kann der Manipulatorarm durch die Robotersteuerung in einer Nachgiebigkeitsregelung betrieben werden, insbesondere nachdem ein manuelles Schaltmittel durch einen Werker betätigt wird, und das Werkstück durch manuell geführtes Bewegen des

Werkstücks und/oder des Manipulatorarms in seiner Bearbeitungsposition korrigiert wird.

**[0005]** Die DE 10 2016 002 781 A1 beschreibt eine Arbeitsstation zum Durchführen wenigstens eines Arbeitsvorgangs, mit wenigstens einem Roboter, der eine Mehrzahl von gelenkig miteinander verbundenen und relativ zueinander bewegbaren Roboterachsen aufweist, wobei ein Wagen mit Bodenkontaktsegmenten, über die der Wagen entlang eines Bodens bewegbar ist, und mit wenigstens einer Arbeitsplatte vorgesehen ist, die eine Mehrzahl von Befestigungselementen aufweist, mittels welchen der Roboter in unterschiedlichen Positionen an der Arbeitsplatte befestigbar ist. Damit soll ein besonders flexibler und bedarfsgerechter Einsatz der Arbeitsstation realisierbar sein.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, wobei am Ende kein Dualismus mehr zwischen einer operativen Steuerung und Sicherheitseinrichtungen, die letzten Endes eine Konsequenz aller Autonomiebestrebungen eines Robotersystems darstellen, gegeben ist.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruches 1, d.h. dadurch gelöst, dass ein Sensor- d.h. Erfassungs-System eine kontinuierliche Bilddatenerfassung durchführt, die kontinuierlich erfassten Bilddaten aller Ereignisse im Arbeitsbereich des Roboters in einer Echtzeitbilddaten-Auswerteeinheit ausgewertet werden, und die ausgewerteten Bilddaten mindestens einen Betriebsmodus des Roboters initiieren.

**[0008]** Bei dem Sensor- d.h. Erfassungs-System kann es sich um ein im sichtbaren Bereich elektromagnetischer Strahlung arbeitendes Kamerasystem handeln. Desgleichen ist es möglich, dass das Sensor- d.h. Erfassungs-System im IR-Bereich, im UV-Bereich, im Radarbereich o.dgl. arbeitet. Des Weiteren ist es möglich, dass das Sensor- d.h. Erfassungs-System mindestens zwei voneinander verschiedene Frequenzbereiche der elektromagnetischen Strahlung kombiniert, um zu funktionieren.

**[0009]** Erfindungsgemäß erfolgt eine Implementierung von Steuerungssystemen in der Robotik, die mittels einer Echtzeitbilddatenverarbeitung mit einer damit zusammenschalteten Reglergruppenstruktur in einem Sollwertregelungsprozessor mit adaptiven Regelungsalgorithmen zur dynamischen Anpassung der durchgeführten Operationen des Roboters an die jeweilige Situation in der Lage sind, um eine kontinuierliche Kollaboration zwischen Mensch und Maschine unter Einhaltung aller geltenden Sicherheitsbestimmungen zu ermöglichen und darüber hinaus einen präzisen Soll- Istwertvergleich der Manipulatorposi-

tionen und/oder eines positionierten und/oder zu bearbeitenden Werkstücks durchführt.

**[0010]** Bei der Echtzeitbilddatenverarbeitung handelt es sich um ein System zur Erfassung elektromagnetischer Strahlung im Frequenzbereich des sichtbaren Lichtes und/oder in mindestens einem Frequenzbereich unterhalb oder oberhalb des sichtbaren Lichts mindestens im zweidimensionalen Raum.

**[0011]** Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, dass es sicherheitstechnisch möglich ist, bislang statische und nach festgelegten Parametersätzen gesteuerte Prozesse eines Roboters in dynamisch adaptiv geregelte Prozesse (feedback loop) zu überführen.

**[0012]** Ein erheblicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die freie Konfigurierbarkeit eines Roboters in Bezug zu allen Projekt- und Arbeitsraum relevanten Anforderungen ohne Hardware-Aufwand sowie die Möglichkeit, auch komplexe autonome HMI-Prozesse zu realisieren.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet den Einsatz mindestens eines optischen Kamerasystems mit Echtzeitbilddatenverarbeitung mit einem integrierten adaptiven dynamischen Ablauf sowie eine Abstand- und/oder Momentenregelung der Produktions- und/oder Prozessabläufe eines Roboters zur Realisierung sicherer HMI-Interfaces entsprechend der jeweils geltenden Arbeitsplatznorm.

**[0014]** Bei dem mindestens einen Betriebsmodus des Roboters handelt es sich um die sichere Erkennung von Personen und/oder Tieren und deren Unterscheidung von Gegenständen, wie bewegten und/oder ruhenden Maschinenteilen, und/oder ein Abschalten des Roboters bei Eindringen mindestens einer Person und/oder mindestens eines Gegenstands in den Arbeitsbereich und/oder um ein dynamisches Fernhalten (Umfahren) des Roboters von mindestens einem potentiellen Kollisionspunkt und/oder um eine Annäherung des Roboters an eine Person mit einer reduzierten Verfahrensgeschwindigkeit unterhalb eines Mindestabstands und/oder um eine Momentbegrenzung (bspw. bei einer Werkstückübergabe o. dgl.) (= HMI-Modus) und/oder um eine dynamische Positionierung des Roboters (wenn bspw. ein Werkstück nicht genau positioniert ist, o.dgl.) durch einen Abgleich gespeicherter Zielkoordinaten und einer aktuellen Istwerterfassung.

**[0015]** Zentrales Element bei der Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens bildet die kontinuierliche Bilddatenerfassung und die Echtzeitbilddatenauswertung aller Ereignisse im Arbeitsbereich des Roboters in Verbindung mit einem Sollwertregelungsprozessor, der mit adaptiven Regelungsalgorithmen ausgestattet ist.

**[0016]** Neben der Erfassung von Bewegungsprofilen und der Prognose des Zeitpunktes und der räumlichen Koordinaten einer möglichen Kollision oder einer gewollten Interaktion ist erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise auch eine sichere Unterscheidung zwischen Personen und Gegenständen möglich.

**[0017]** Der weiteren Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens dient die anliegende Zeichnung.

**Fig. 1** zeigt in einer Blockbilddarstellung eine Steuerdatenprozessoreinheit 10 zur Eingabe und Abarbeitung von CNC Steuerparametern in einem Robotersystem. Die Einrichtung 10 ist mit einem Sollwertregelungs-Prozessor 12 verbunden, was durch den Pfeil 14 angedeutet ist. Eine Einrichtung 16, die zur Echtzeitbilddatenverarbeitung vorgesehen ist, ist mit dem Sollwertregelungs-Prozessor 12 zusammengeschaltet. Das ist durch den Pfeil 18 angedeutet. Ein Kamerasystem 20, das im Frequenzbereich des sichtbaren Lichtes und/oder in einem Frequenzbereich unterhalb oder oberhalb des Frequenzbereiches des sichtbaren Lichtes funktioniert, ist mit der Echtzeitbilddatenverarbeitungs-Einrichtung 16 zusammengeschaltet, was durch den Pfeil 22 verdeutlicht ist.

**[0018]** Das Kamerasystem 20 dient dazu, eine Positions-Regelstrecke 24 des Robotersystems optisch zu erfassen. Das ist durch den Pfeil 26 angedeutet. Ein Positionsregler 28 regelt die Positions-Regelstrecke 24, was durch die Pfeile 30 verdeutlicht ist.

**[0019]** Wird im Robotersystem eine Störgröße 32 bezüglich der Regelstrecken-Position festgestellt, so wird diese mittels des Kamerasystems 20 erfasst, in der Echtzeitbilddatenverarbeitung verarbeitet und die entsprechenden Daten dem Sollwertregelungs-Prozessor 12 zugeleitet, der auf den Positionsregler 28 geeignet wirkt. Entsprechendes gilt für einen Momenten-Regler 34, der eine Momenten-Regelstrecke 36 regelt. Eine Störgröße 38 des Robotersystems wirkt auf die Momenten-Regelstrecke 36. Die Störgröße 38 wird durch den Momenten-Regler 34 ausgeglichen.

**[0020]** Eine sicherheitsrelevante Störgröße 40 der Positions-Regelstrecke 34 wird mittels des Kamerasystems 20 optisch erfasst, was durch den Pfeil 42 angedeutet ist, und mit Hilfe der Echtzeitbilddatenverarbeitung 16 verarbeitet und dem Sollwertregelungs-Prozessor 12 zugeführt. In diesem werden mittels adaptiver Softwarealgorithmen die nötigen, der CNC Steuerung überlagerten Regelungsprozesse zur Ausregelung aller sicherheitsrelevanter Störgrößen 40 ausgeführt.

**[0021]** Aus sicherheitstechnischen Aspekten ist bspw. eine Redundanz vorgesehen, die durch den strichlierten Block 44 angedeutet ist und die ein dem

Kamerasystem **20** entsprechendes Kamerasystem  
20' und eine damit zusammenwirkend Echtzeitbilddatenverarbeitung 16' aufweist.

Bezugszeichenliste

- 10** Steuerdatenprozessoreinheit
- 12** Sollwertregelungs-Prozessor
- 14** Pfeil (zwischen 10 und 12)
- 16** Echtzeitbilddatenverarbeitungs- Einrichtung
- 18** Pfeil (zwischen 16 und 12)
- 20** Kamerasystem
- 22** Pfeil (zwischen 20 und 16)
- 24** Positions-Regelstrecke
- 26** Pfeil (zwischen 24 und 20)
- 28** Positionsregel (für 24)
- 30** Pfeile (zwischen 24 und 28)
- 32** Positions-Störgröße
- 34** Momenten-Regler
- 36** Momenten-Regelstrecke
- 38** Momenten-Störgröße
- 40** sicherheitsrelevante Störgröße
- 42** Pfeil (zwischen 40 und 20 bzw. 20')
- 44** Redundanz (enthaltend 20' und 16')

**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**

- DE 102014207067 A1 [0004]
- DE 102016002781 A1 [0005]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Anpassung der Operationen eines Roboters an einen in seinem jeweiligen Arbeitsbereich vorgegebenen Sicherheitslevel, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Sensor- d.h. Erfassungssystem eine kontinuierliche Bilddatenerfassung durchführt, die kontinuierlich erfassten Bilddaten aller Ereignisse im Arbeitsbereich des Roboters in einer Echtzeitbilddaten-Auswerteeinheit ausgewertet werden, und die ausgewerteten Bilddaten mindesten einen Betriebsmodus des Roboters initiieren.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Echtzeitbilddatenauswertung aller Ereignisse im Arbeitsbereich des Roboters in Verbindung mit einem Sollwertregelungsprozessor erfolgt, der mit mindestens einem adaptiven Regelungsalgorithmus ausgestattet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sollwertregelungsprozessor mit einer Anzahl adaptiver Regelungsalgorithmen ausgestattet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Echtzeitbilddaten-Auswerteeinheit mit einer damit zusammenschalteten Reglergruppenstruktur in einem Sollwertregelungsprozessor mit adaptiven Regelungsalgorithmen eine dynamische Anpassung der Operationen des Roboters an die jeweils gegebene Situation durchführt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Betriebsmodus

- sichere Erkennung von Personen und/oder Tieren und deren Unterscheidung von Gegenständen, wie bewegten und/oder ruhenden Maschinenteilen,
- Abschalten des Roboters bei Eindringen mindestens einer Person und/oder mindestens eines Gegenstands in den Arbeitsbereich und/oder
- dynamisches Fernhalten (Umfahren) des Roboters von mindestens einem potentiellen Kollisionspunkt und/oder
- Annäherung des Roboters an eine Person mit einer reduzierten Verfahrgeschwindigkeit unterhalb eines Mindestabstands und/oder eine Momentbegrenzung (bspw. bei einer Werkstückübergabe o. dgl.) (= HMI-Modus) und/oder
- dynamische Positionierung des Roboters (wenn bspw. ein Werkstück nicht genau positioniert ist, o.dgl.) durch einen Abgleich gespeicherter Zielkoordinaten und einer aktuellen Istwerterfassung initiiert wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

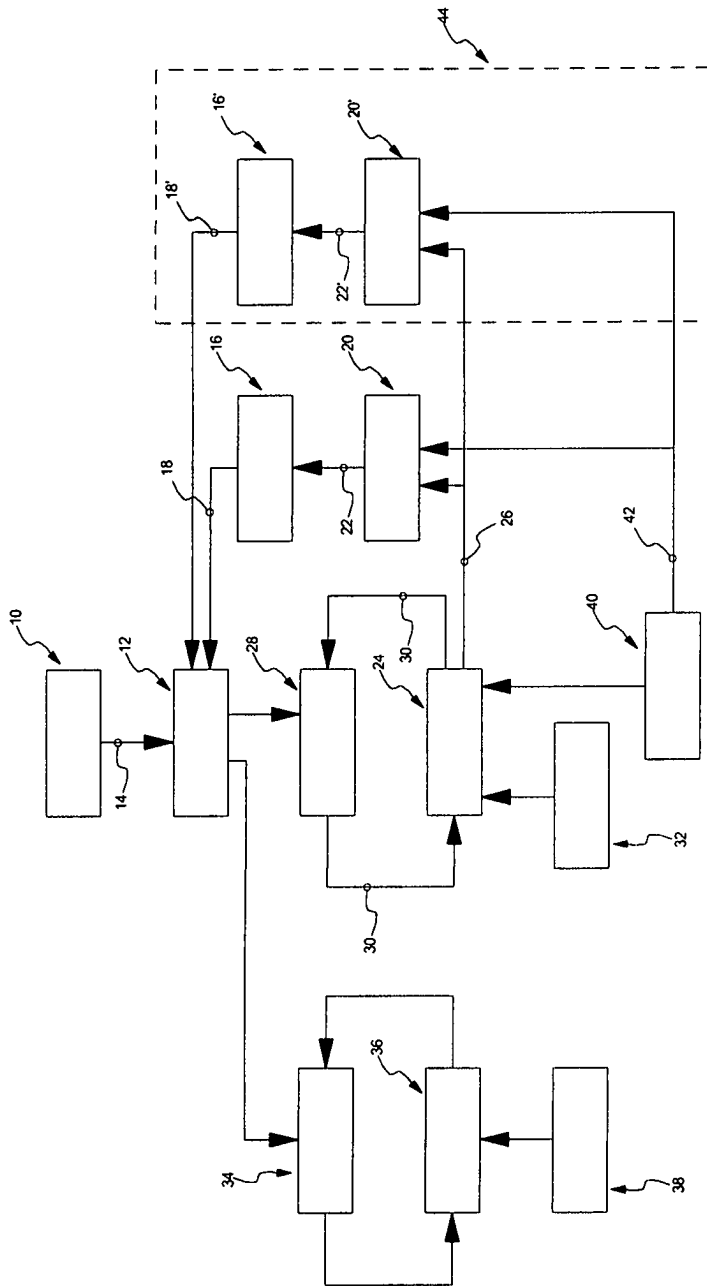


Fig.1