



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 36 844 A1 2004.04.22**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 36 844.9**
 (22) Anmeldetag: **08.08.2002**
 (43) Offenlegungstag: **22.04.2004**

(51) Int Cl.7: **B25J 9/16**
G05B 19/401, G05B 23/02, G08B 21/00

(71) Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(74) Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489 Berlin

(72) Erfinder:
Hüttenhain, Frank, 38440 Wolfsburg, DE; Mikulla, Arnold, 38165 Lehre, DE; Fischer, Frank, 38442 Wolfsburg, DE

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

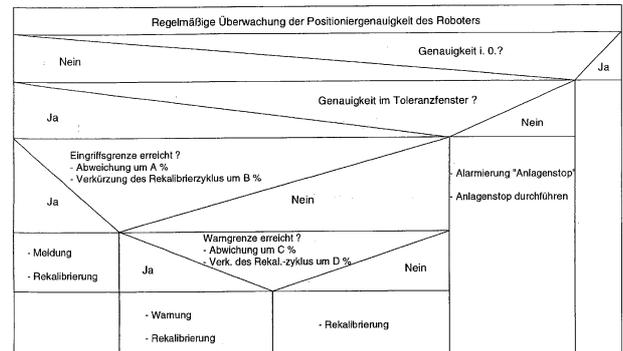
DE 199 60 834 A1
DE 198 21 873 A1
DE 196 34 055 A1
DE 34 08 173 A1
DE 27 29 372 A1
US 43 62 977 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Überwachung der Prozessgenauigkeit**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Überwachung von Robotern, wobei eine Positionierungsgenauigkeit des Roboters erfasst und bewertet wird, wobei mindestens eine Einhaltung einer Sollvorgabe überprüft wird, wobei bei Abweichungen von der Sollvorgabe mindestens eine Einhaltung eines Toleranzfensters überprüft wird, bei Überschreiten des Toleranzfensters ein Aktionsprogramm ausgeführt wird, innerhalb des Toleranzfensters eine Rekalibrierung des Roboters durchgeführt wird und mindestens eine Einhaltung einer Eingriffsgrenze überprüft wird, bei Überschreiten der Eingriffsgrenze mindestens eine Meldung ausgelöst wird, wobei mindestens eine zuständige Person benachrichtigt wird, und unterhalb der Eingriffsgrenze mindestens eine Einhaltung einer Warngrenze überprüft wird, wobei bei Überschreiten der Warngrenze mindestens eine Meldung ausgelöst wird, wobei mindestens eine zuständige Person benachrichtigt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Überwachung und Einhaltung der Prozessgenauigkeit eines Roboters.

[0002] Als Roboter werden in diesem Zusammenhang allgemeine Arbeitsmaschinen bezeichnet, umfassend mindestens eine Achse, welche translatorisch und/oder rotatorisch beweglich mit mindestens einer weiteren beweglichen oder starren Achse verbunden ist. In der automatisierten Fertigung sind für eine Vielzahl von Aufgaben Roboter eingesetzt, wobei durch den Roboter ein Werkzeug, beispielsweise eine Schweißzange, ein Greifer, eine Klebe- oder eine Bolzenpistole, geführt wird. Die Positioniergenauigkeit derartiger Roboter lässt erfahrungsgemäß mit der Betriebsdauer nach. Ursächlich hierfür sind beispielsweise nicht im Regelmodell berücksichtigte Effekte aufgrund von Getriebezahnspielen, Materialermüdung, Kupplungsspiel, mech. Verschleiß oder Temperatureinflüssen.

Stand der Technik

[0003] Es ist daher bekannt, nach längerer Betriebsdauer eine Rekalibrierung des Roboters durchzuführen. Nachteil bekannter Verfahren ist jedoch, dass diese manuell angestoßen werden müssen und oftmals erst dann durchgeführt werden, wenn die Prozesssicherheit schon nicht mehr gewährleistet ist.

Aufgabenstellung

[0004] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, durch welche die Prozessgenauigkeit eines Roboters automatisch überwacht und einhaltbar ist.

[0005] Die Lösung des Problems ergibt sich durch den Gegenstand mit den Merkmalen der Ansprüche 1 und 6. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0006] Die Prozessgenauigkeit von Robotern wird überwacht und eingehalten durch ein Erfassen und eine Bewertung der Positioniergenauigkeit des Roboters und ein Ergreifen von Maßnahmen bei Abweichungen der Positioniergenauigkeit von Sollvorgaben. Bei Abweichung von den Sollvorgabe wird zunächst eine Einhaltung eines festgelegten Toleranzfensters überprüft. Liegt die Abweichung außerhalb des Toleranzfensters, ist die Prozesssicherheit nicht weiter gewährleistet, so dass ein Aktionsprogramm ausgelöst wird. Innerhalb des Toleranzfenster wird eine automatische Rekalibrierung des Roboters angestoßen, so dass die ursprüngliche Genauigkeit wieder herstellbar ist. Außerdem wird innerhalb des Toleranzfenster ein Einhalten einer Eingriffsgrenze überprüft. Bei Überschreiten der Eingriffsgrenze wird eine Meldung ausgelöst, wobei mindestens eine zuständige Person benachrichtigt wird. Ist die Eingriffsgrenze nicht überschritten, wird das Erreichen einer

Warngrenze überprüft. Bei Überschreiten der Warngrenze wird ein entsprechendes Signal an eine zuständige Person übermittelt. Durch eine Überwachung einer Warn- und/oder Eingriffsgrenze ist ein frühzeitiges Ergreifen von Maßnahmen möglich, so dass die Prozesssicherheit erhöht wird. Die Rekalibrierung des Robotersystems wird automatisch angestoßen. Dabei ist sichergestellt, dass die Rekalibrierung nur innerhalb eines definierten Toleranzfensters erfolgt. Eine jeweils zuständige Person wird über die automatisch ausgelösten Maßnahmen informiert, so dass bei Bedarf durch sie weitere Aktionen anstoßbar sind.

[0007] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Erfassung und Bewertung zyklisch durchgeführt. Dabei ist es denkbar, den Roboter nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne in eine definierte Position des Arbeitsbereichs zu bewegen, in welcher die Positioniergenauigkeit durch geeignete Sensoren erfassbar ist, beispielsweise durch taktile Sensoren und/oder Lasersensoren zur exakten Messung der Werkzeugposition. Es ist jedoch auch denkbar, eine Positioniergenauigkeit jeweils nach Durchführung einer festgelegten Anzahl an Arbeitsschritten durch eine Qualitätsbewertung der durchgeführten Arbeit zu bewerten, beispielsweise durch Überprüfen einer Schweißnaht.

[0008] In einer weiteren Ausführungsform wird durch das Aktionsprogramm ein Anlagenstop ausgelöst und die zuständige Person durch ein Alarmsignal benachrichtigt. Liegt die Abweichung der Positioniergenauigkeit des Roboters außerhalb des Toleranzfensters, so ist eine Prozesssicherheit nicht weiter gewährleistet. Eine automatische Kalibrierung ist daher nicht durchzuführen, sondern ein manueller Eingriff oder mindestens eine manuelle Überprüfung der Anlage zwingend. Je nach Prozess kann auch ein Bewegen des Roboters in eine vermeintlich sichere Position und ein Auslösen eines Alarmsignal anstelle eines Anlagenstops ausreichend sein.

[0009] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird eine Zeitdauer eines störfreien Arbeitsintervalls sowie eine Änderung gegenüber der vorangegangenen Zeitdauer ermittelt und die Eingriffs- und/oder Warngrenze dynamisch in Abhängigkeit der Änderung der Zeitdauer ermittelt. In Abhängigkeit der Positioniergenauigkeit sowie der Häufigkeit der notwendigen Rekalibrierungen werden somit unterschiedliche Eskalationsstufen angestoßen. Das Überschreiten einer Warngrenze kann dabei beispielsweise nur zur Information des Bearbeiters dienen, während ein Erreichen der Eingriffsgrenze sofortige Aktionen verlangt.

[0010] Die Benachrichtigung der zuständigen Person kann dabei mittels verschiedener Medien erfolgen. Bevorzugt werden hierfür Kommunikationsmittel eingesetzt, welche eine Übertragung von Informationen über größere Entfernungen zulässt. So sind Benachrichtigungen per SMS, Mobiltelefonruf und/oder

e-mail denkbar. Ist die zuständige Person jedoch in der direkten Umgebung des Roboters, so können auch optische und/oder akustische Signale für eine Benachrichtigung ausreichend sein.

[0011] Der Roboter kann dabei mit einer integrierten Steuer- und/oder Recheneinheit ausgebildet sein, welche beispielsweise ein gemeinsames Gehäuse teil aufweisen. Es ist jedoch auch denkbar, daß Roboter, Steuereinheit und/oder Recheneinheit separate ausgebildet sind.

Ausführungsbeispiel

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Überwachung und Einhaltung der Prozessgenauigkeit von Robotern

[0013] **Fig. 1** zeigt den Ablauf einer regelmäßigen Überwachung der Positioniergenauigkeit. Die Bearbeitung des Roboters wird in regelmäßigen Intervallen unterbrochen und eine Positioniergenauigkeit des Roboters ermittelt. Im ersten Schritt wird überprüft, ob die Positioniergenauigkeit des Roboters festgelegten Sollvorgaben entspricht. Ist keine Abweichung erkennbar, so kann die Bearbeitung durch den Roboter wieder aufgenommen werden.

[0014] Weicht die Positioniergenauigkeit des Roboters jedoch von den Sollvorgaben ab, so sind weitere Maßnahmen zu ergreifen. In diesem Fall wird in einem zweiten Schritt eine Einhaltung eines Toleranzfensters überprüft. Liegt die Genauigkeit außerhalb des Toleranzfensters, so wird ein Alarmsignal ausgelöst, durch welche eine zuständige Person informiert wird. Außerdem wird ein Anlagestop ausgelöst, da eine notwendige Prozesssicherheit nicht gewährleistet ist.

[0015] Liegen die Abweichungen von den Sollvorgaben innerhalb des Toleranzfensters, so wird eine Rekalibrierung durchgeführt. Dabei ist durch geeignete Maßnahmen im Kalibrierungsprogramm darauf zu achten, dass sich keine weiteren Roboter und/oder Montagebauteile in dem für die Rekalibrierungsbewegung erforderlichen Bereich befinden. Durch die Rekalibrierung wird die gewünschte Genauigkeit wieder hergestellt.

[0016] In Abhängigkeit der Größe der Positioniergenauigkeit sowie der Häufigkeit der notwendigen Rekalibrierungen ist die zuständige Person über die getroffenen und/oder erforderlichen Maßnahmen zu informieren. Die Zeitdauer des störungsfreien Arbeitsablaufs zwischen zwei Rekalibrierungen wird zu diesem Zweck ermittelt und eine prozentuale Veränderung zu der vorangegangenen Zeitdauer berechnet. In Abhängigkeit dieser Veränderung werden eine Eingriffs- und eine Warngrenze ermittelt. Liegt die ungewünschte Abweichung in der Positioniergenauigkeit innerhalb des Toleranzfensters, so wird ein Überschreiten der Eingriffs- und/oder der Warngrenze überprüft. Die Warngrenze liegt dabei unterhalb der

Eingriffsgrenze. Daher wird zunächst das Überschreiten der Eingriffsgrenze überprüft.

[0017] Bei Überschreiten der Eingriffsgrenze wird die zuständige Person durch eine Benachrichtigung darüber informiert, dass eine sofortige Aktion notwendig ist. Die geforderte Prozessgenauigkeit ist in diesem Fall oftmals nicht automatisch durch die Anlage wieder herstellbar, sondern kann einen manuellen Eingriff und/oder eine Überprüfung der Anlage erfordern, um die geforderte Positioniergenauigkeit des Roboters wieder herzustellen.

[0018] Ist die Eingriffsgrenze nicht erreicht, so wird das Überschreiten der Warngrenze überprüft. Ist dies der Fall, so wird eine entsprechende Warnmeldung an die zuständige Person übermittelt. Ein Überschreiten der Warngrenze erfordert keinen sofortigen Eingriff, eine Überprüfung der Anlage kann jedoch zweckdienlich sein.

[0019] Wird auch die Warngrenze nicht erreicht, so ist die Prozessgenauigkeit automatisch durch die Rekalibrierung wieder herstellbar, ohne dass eine Benachrichtigung notwendig ist.

[0020] Durch das Warn-, Eingriffs- und/oder Alarmsignal sind entweder die selbe Person oder verschiedenen Bearbeiter benachrichtigbar, welche für eine Ergreifen der jeweils notwendigen Maßnahmen zuständig sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung von Robotern, wobei eine Positioniergenauigkeit des Roboters erfasst und bewertet wird, wobei mindestens eine Einhaltung einer Sollvorgabe überprüft wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Abweichungen von der Sollvorgabe mindestens eine Einhaltung eines Toleranzfensters überprüft wird, bei Überschreiten des Toleranzfensters ein Aktionsprogramm ausgeführt wird, innerhalb des Toleranzfensters eine Rekalibrierung des Roboters durchgeführt wird, und innerhalb des Toleranzfensters mindestens eine Einhaltung einer Eingriffsgrenze überprüft wird, bei Überschreiten der Eingriffsgrenze mindestens eine Meldung ausgelöst wird, wobei mindestens eine zuständige Person benachrichtigt wird, und unterhalb der Eingriffsgrenze mindestens eine Einhaltung einer Warngrenze überprüft wird, wobei bei Überschreiten der Warngrenze mindestens eine Meldung ausgelöst wird, wobei mindestens eine zuständige Person benachrichtigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung und Bewertung der Positioniergenauigkeit zyklisch durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Aktionsprogramm ein An-

halten des Roboters und/oder ein Alarmsignal auslöst.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Zeitdauer eines störfreien Arbeitsintervalls sowie eine Änderung gegenüber der vorangegangenen Zeitdauer ermittelt wird und das Überschreiten der Eingriffs- und/oder Warngrenze in Abhängigkeit der Positioniergenauigkeit und der Änderung in der Zeitdauer ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingriffs- und/oder Warngrenze in Abhängigkeit der Änderung in der Zeitdauer ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Meldung mittels einer Kommunikationseinrichtung übertragen wird.

7. Vorrichtung zur Überwachung von Robotern, wobei dem Roboter mindestens ein Sensor, mindestens eine Recheneinheit und mindestens eine Steuereinheit zugeordnet sind, wobei eine Positioniergenauigkeit durch den Sensor erfassbar und durch die Recheneinheit bewertbar ist, wobei mindestens eine Einhaltung einer Sollvorgabe überprüfbar ist, und mindestens eine Rekalibrierung des Roboters mittels der Steuereinheit steuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die Einhaltung eines Toleranzfensters, einer Eingriffs- und einer Warngrenze durch die Recheneinheit überprüfbar sind, mindestens eine Zyklusdauer und eine Abweichung zu der vorangegangenen Zyklusdauer durch die Recheneinheit ermittelbar sind, der Recheneinheit mindestens eine Benachrichtigungseinheit zugeordnet ist, wobei mindestens eine zuständige Person benachrichtigbar ist, ein Aktionsprogramm durch die Steuereinheit durchführbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Recheneinheit mit einem Zähler ausgebildet ist, wobei die Positioniergenauigkeit zyklisch erfassbar und bewertbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Recheneinheit eine Notauseinrichtung und/oder ein Alarmsignalgeber zugeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Recheneinheit mindestens eine Zeitdauer eines störfreien Arbeitsintervalls sowie eine Änderung gegenüber der vorangegangenen Zeitdauer bestimmbar sind und

das Überschreiten der Eingriffs- und/oder Warngrenze in Abhängigkeit der Positioniergenauigkeit und der Änderung in der Zeitdauer ermittelbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingriffs- und/oder Warngrenze in Abhängigkeit der Änderung in der Zeitdauer ermittelbar ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Recheneinheit eine Kommunikationseinrichtung zugeordnet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

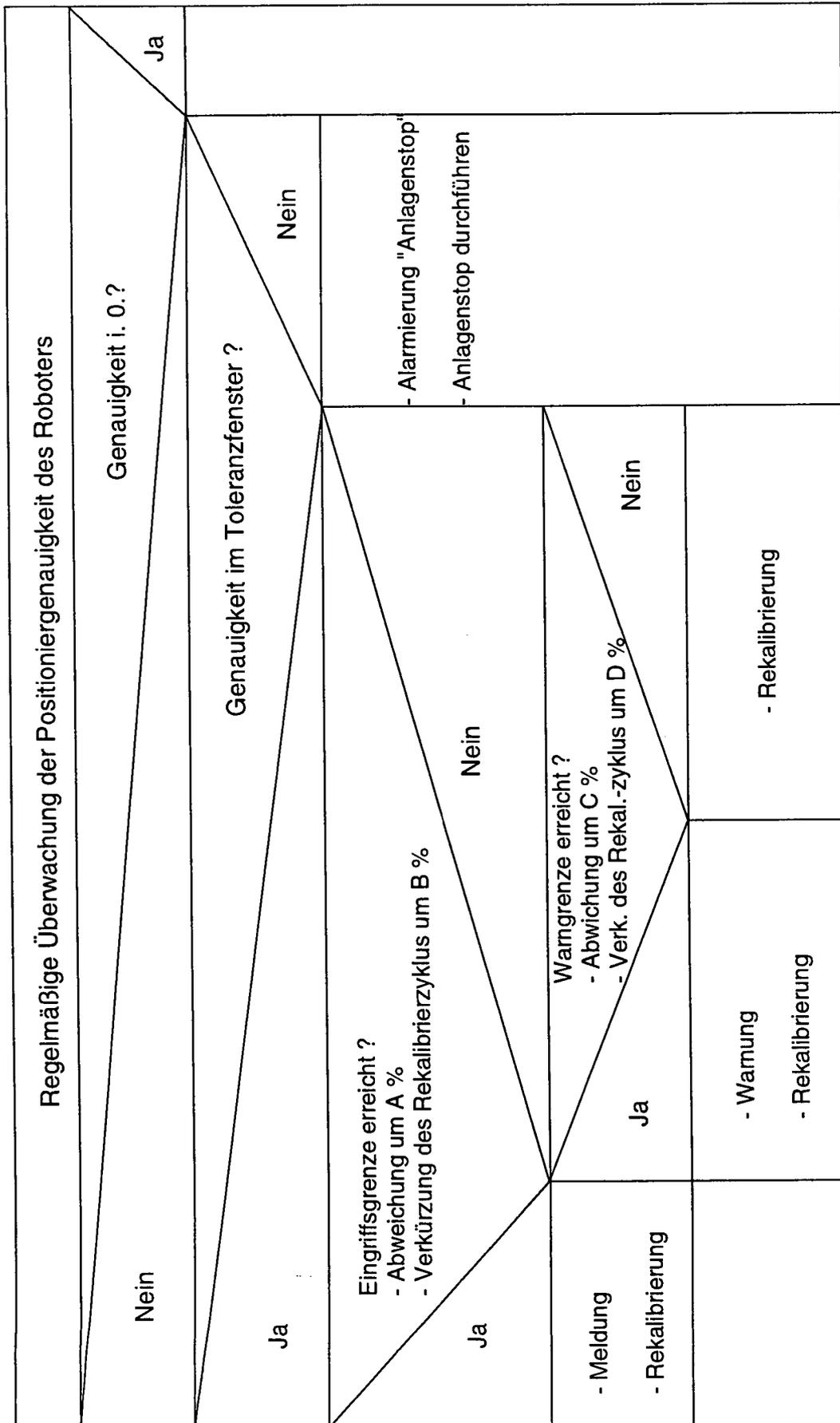


FIG. 1