



(10) **DE 10 2009 060 062 A1** 2011.06.30

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 060 062.0**

(22) Anmeldetag: **22.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **30.06.2011**

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

(71) Anmelder:

**Weber Maschinenbau GmbH Breidenbach, 35236,
Breidenbach, DE**

DE 39 24 537 A1
US 2007/02 44 599 A1
US 2004/02 65 110 A1
US 2003/01 08 415 A1

(74) Vertreter:

**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336,
München, DE**

**ZHANG,D.B.et.al.:Stochastic Predictive Control
of Robot Tracking Systems With Dynamic Visual
Feedback.In:IEEE Int. Conf. on Robotics and
Automation,1990,S.610-615**

(72) Erfinder:

Erfinder wird später genannt werden

**SARTORI NATAL,G.,et.al.:Nonlinear Dual Mode
Adaptive Control of PAR2:a 2-dof Planar Parallel
manipulator, with Real-time experiments.In:
ZHANG,D.B.,et.al.:Stochastic Predictive Control
of Robot Tracking Systems With Dynamic Visual
Feedback:IEEE/RSJ, Int .Conf.on Intelligent
Robots and Systems,11.-15.Okt.,St.Louis,USA,
2009,S.2114-2119**

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

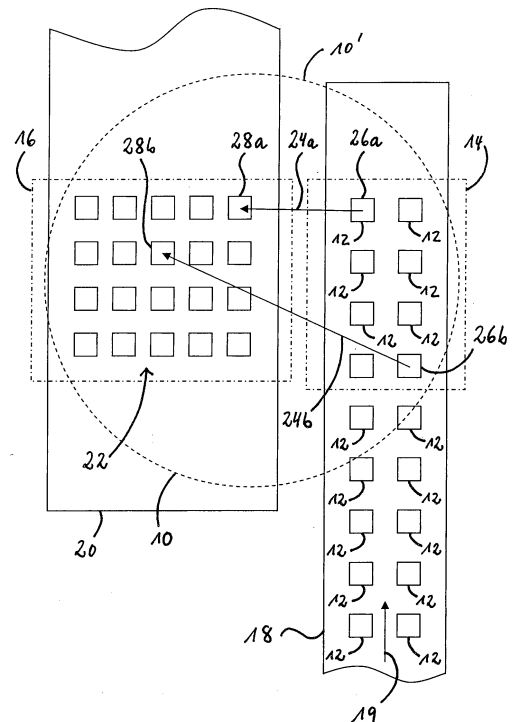
DE 10 2006 031178 B4
DE 198 59 169 A1
DE 103 00 606 A1
DE 101 62 967 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Geschwindigkeitsoptimierung eines Roboters**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Geschwindigkeitsoptimierung eines Roboters, welcher dazu ausgebildet ist, eine Vielzahl von aufeinander folgenden Produktumsetzvorgängen auszuführen, bei denen Produkte aus einem Aufnahmebereich in einen Ablagebereich umgesetzt werden, wobei wenigstens ein erster Umsetzvorgang, bei dem eine erste Art von Produkt an einem ersten vorbestimmten Aufnahmeort des Aufnahmebereichs aufgenommen und an einem ersten vorbestimmten Ablageort des Ablagebereichs abgelegt wird, wiederholt ausgeführt wird, bei welchem Verfahren eine Obergrenze für die zulässige kinematische Belastung des Roboters definiert wird und die Geschwindigkeit, mit welcher der erste Umsetzvorgang ausgeführt wird, ausgehend von einer Ausgangsgeschwindigkeit, bei welcher die resultierende kinematische Belastung des Roboters jedenfalls unterhalb der definierten Obergrenze liegt, während einer Lernphase mit jeder Wiederholung des ersten Umsetzvorgangs bis zu einer optimalen Arbeitsgeschwindigkeit erhöht wird, bei welcher die resultierende kinematische Belastung zumindest annähernd der definierten Obergrenze entspricht. Die Erfindung betrifft auch einen Roboter mit einer Robotersteuerung zur Durchführung des Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Geschwindigkeitsoptimierung eines Roboters, welcher dazu ausgebildet ist, eine Vielzahl von aufeinander folgenden Produktumsetzvorgängen auszuführen, bei denen Produkte aus einem Aufnahmebereich in einen Ablagebereich umgesetzt werden, wobei wenigstens ein erster Umschritzvorgang, bei dem eine erste Art von Produkt an einem ersten vorbestimmten Aufnahmeort des Aufnahmebereichs aufgenommen und an einem ersten vorbestimmten Ablageort des Ablagebereichs abgelegt wird, wiederholt ausgeführt wird.

[0002] Roboter kommen heutzutage in den unterschiedlichsten Bereichen zum Einsatz, um unter anderem die Ergonomie von Arbeitsplätzen zu verbessern, Personal einzusparen, schwere Lasten zu handhaben und/oder die Prozessgeschwindigkeit zu erhöhen.

[0003] Zur Erreichung einer höheren Prozessgeschwindigkeit müssen die Bewegungen eines Roboters mit maximaler Geschwindigkeit durchgeführt werden. Um dabei unnötig hohe kinematische Belastungen des Roboters zu vermeiden, sollten insbesondere die auftretenden Beschleunigungen und Drehmomente stets unterhalb jeweils zulässiger Grenzwerte gehalten werden.

[0004] Zu diesem Zweck ist es bekannt, zu erwartende kinematische Belastungen des Roboters anhand vorhandener Daten, wie beispielsweise der Bahnplanung, der Robotergeometrie, der bewegten Massen etc., im Vorfeld oder während einer jeweiligen Bewegung zu berechnen. Dabei gilt, dass die errechneten Belastungen zu keinem Zeitpunkt die zulässigen Grenzwerte überschreiten dürfen.

[0005] Diese Methode hat den Nachteil, dass relevante Daten, wie beispielsweise Massenschwerpunkte, Massenträgheiten etc., zuvor sehr genau bestimmt werden müssen. Darüber hinaus ist dieses Vorgehen sehr rechenintensiv. Um zu verhindern, dass der Berechnungsvorgang bereits für sich betrachtet eine geschwindigkeitsbegrenzende Einschränkung darstellt, sind hohe Rechenleistungen erforderlich.

[0006] Alternative Lösungswege sehen davon ab, die im Betrieb auftretenden kinematischen Belastungen des Roboters zu überwachen, was zwar hohe Arbeitsgeschwindigkeiten, dafür aber auch eine reduzierte Lebensdauer des Roboters zur Folge haben kann.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Arbeitsgeschwindigkeit eines Roboters zu optimie-

ren, ohne dabei die Lebensdauer des Roboters zu reduzieren.

[0008] Zur Lösung der Aufgabe ist ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgesehen.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Geschwindigkeitsoptimierung eines Roboters, welcher dazu ausgebildet ist, eine Vielzahl von aufeinander folgenden Produktumsetzvorgängen auszuführen, bei denen Produkte aus einem Aufnahmebereich in einen Ablagebereich umgesetzt werden, wobei wenigstens ein erster Umschritzvorgang, bei dem eine erste Art von Produkt an einem ersten vorbestimmten Aufnahmeort des Aufnahmebereichs aufgenommen und an einem ersten vorbestimmten Ablageort des Ablagebereichs abgelegt wird, wiederholt ausgeführt wird.

[0010] Bei einem derartigen Roboter kann es sich beispielsweise um einen Deltaroboter handeln, wie er in der Lebensmittelindustrie eingesetzt wird, um Lebensmittelprodukte von einem ersten Transportband auf ein zweites Transportband oder in eine Verpackung umzusetzen. Grundsätzlich kommen aber auch andere Typen von Robotern in Betracht, wobei es auf die konkrete Ausgestaltung des Roboters letztlich nicht ankommt. Entscheidend ist vielmehr, dass der Roboter dazu dient, einen Umschritzvorgang oder mehrere Umschritzvorgänge in vielfacher Wiederholung auszuführen.

[0011] Der Ausdruck "Umschritzvorgang" bezeichnet in diesem Kontext einen vorbestimmten Verfahrensweg des Roboters, der insbesondere durch den zugeordneten Aufnahme- und Ablageort definiert ist. So kann ein erster Umschritzvorgang beispielsweise durch einen ersten Aufnahmeort A1 und einen ersten Ablageort B1 definiert sein, während ein zweiter Umschritzvorgang durch einen zweiten Aufnahmeort A2 und einen zweiten Ablageort B2 definiert ist, wobei der zweite Aufnahmeort A2 mit dem ersten Aufnahmeort A1 identisch sein kann.

[0012] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Obergrenze für die zulässige kinematische Belastung des Roboters definiert und die Geschwindigkeit, mit welcher der erste Umschritzvorgang ausgeführt wird, ausgehend von einer Ausgangsgeschwindigkeit, bei der die resultierende kinematische Belastung des Roboters jedenfalls unterhalb der definierten Obergrenze liegt, während einer Lernphase des Roboters mit jeder Wiederholung des ersten Umschritzvorgangs bis zu einer optimalen Geschwindigkeit erhöht, bei welcher die resultierende kinematische Belastung zumindest annähernd der definierten oberen Grenze entspricht.

[0013] Erfindungsgemäß ist es nicht erforderlich, die Masse und den Massenschwerpunkt eines umzuset-

zenden Produkts zu bestimmen und in Kenntnis des Verfahrenweges und einer nicht zu überschreitenden Obergrenze für die kinematische Belastung aus diesen Daten eine maximal zulässige Arbeitsgeschwindigkeit zu berechnen. Vielmehr sieht die Erfindung nach jedem Neustart des Roboters eine Lernphase vor, während der der Roboter ausgehend von einer vergleichsweise langsamen Ausgangsgeschwindigkeit mit jeder Wiederholung eines Umsetzungsvorgangs schneller wird, bis er seine optimale Arbeitsgeschwindigkeit erreicht hat, bei welcher die resultierenden kinematischen Belastungen möglichst nahe an der definierten Belastungsobergrenze liegt, vorzugsweise ohne sie zu überschreiten. Der Roboter stellt sich während der Lernphase gewissermaßen also selber ein.

[0014] Im Ergebnis ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren also auf einfache Weise und insbesondere mit einem minimalen Rechenaufwand eine Maximierung der Arbeitsgeschwindigkeit eines Roboters, ohne dass dabei die Gefahr einer Überlastung der Robotermechanik besteht, durch welche die Lebensdauer des Roboters herabgesetzt würde. Die Erfindung führt somit zu einem besonders effizienten und verschleißarmen Betrieb eines Roboters, wodurch letztlich die Wirtschaftlichkeit des Roboters verbessert wird.

[0015] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung zu entnehmen.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform wird ein zweiter Umsetzungsvorgang, bei dem eine zweite Art von Produkt an einem zweiten vorbestimmten Aufnahmeort des Aufnahmebereichs aufgenommen und an einem zweiten vorbestimmten Ablageort des Ablagebereichs abgelegt wird, wiederholt ausgeführt.

[0017] Dabei wird die Geschwindigkeit, mit welcher der zweite Umsetzungsvorgang ausgeführt wird, ausgehend von einer Ausgangsgeschwindigkeit, bei welcher die resultierende kinematische Belastung des Roboters jedenfalls unterhalb der definierten Obergrenze liegt, während einer Lernphase mit jeder Wiederholung des zweiten Umsetzungsvorgangs bis zu einer optimalen Geschwindigkeit erhöht, bei welcher die resultierende kinematische Belastung zumindest annähernd der definierten Obergrenze entspricht.

[0018] Mit anderen Worten ist nicht nur für den ersten Umsetzungsvorgang, sondern auch für den zweiten Umsetzungsvorgang und gegebenenfalls für weitere Umsetzungsvorgänge jeweils eine eigene Lernphase vorgesehen. Wie bereits erwähnt wurde, unterscheiden sich die verschiedenen Umsetzungsvorgänge in ihrem Aufnahmeort und/oder Ablageort. Außerdem können die erste Art von Produkt und die zweite Art von Pro-

dukt je nach Anwendung gleich oder unterschiedlich sein.

[0019] Vorteilhafterweise erfolgt die Erhöhung der Geschwindigkeit, mit welcher der zweite Umsetzungsvorgang ausgeführt wird, unabhängig von der Erhöhung der Geschwindigkeit, mit welcher der erste Umsetzungsvorgang ausgeführt wird. Allgemein gesprochen werden die Geschwindigkeiten verschiedener Umsetzungsvorgänge bevorzugt also unabhängig voneinander optimiert. Dies ermöglicht eine optimale Einstellung der Geschwindigkeit jedes einzelnen Umsetzungsvorgangs, was letztlich zu einer besonders effizienten und verschleißarmen Arbeitsweise des Roboters beiträgt und dessen Wirtschaftlichkeit noch weiter erhöht.

[0020] Um überprüfen zu können, ob die Geschwindigkeit eines Umsetzungsvorgangs bei seiner nächsten Wiederholung noch weiter erhöht werden kann, wird zumindest während der Lernphase eines Umsetzungsvorgangs die resultierende kinematische Belastung des Roboters ermittelt und mit der definierten Belastungsobergrenze verglichen. Hat die ermittelte kinematische Belastung die definierte Belastungsobergrenze erreicht, wird die Geschwindigkeit des Umsetzungsvorgangs nicht weiter erhöht und die Lernphase ist beendet.

[0021] Grundsätzlich ist es nach Beendigung der Lernphase, d. h. im stationären Betrieb des Roboters, nicht erforderlich, die resultierende kinematische Belastung nochmals zu ermitteln. Es ist aber durchaus denkbar, die während eines Umsetzungsvorgangs auftretende kinematische Belastung zu Kontrollzwecken zu einem späterem Zeitpunkt zu überprüfen, damit sichergestellt werden kann, dass der Roboter dauerhaft im optimalen Bereich arbeitet.

[0022] Vorzugsweise wird die resultierende kinematische Belastung aus relevanten Roboterparametern ermittelt, die während des jeweiligen Umsetzungsvorgangs erfasst werden. Wie bereits erwähnt wurde, ist zur Ermittlung der resultierenden kinematischen Belastung also keine Kenntnis der Masse oder des Massenschwerpunkts des umzusetzenden Produkts nötig, was dazu beiträgt, dass die Optimierung der Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters mit einem minimalen Rechenaufwand auskommt.

[0023] Die relevanten Roboterparameter können beispielsweise umfassen: eine Maximalgeschwindigkeit eines zum Umsetzen des Produkts vorgesehenen beweglichen Teils des Roboters, eine Beschleunigung des beweglichen Teils, ein zur Bewegung des beweglichen Teils erforderliches Drehmoment und/oder eine Stromaufnahme eines Antriebs zur Bewegung des beweglichen Teils. Bei dem beweglichen Teil des Roboters kann es sich z. B. um einen verschwenkbaren Arm des Roboters handeln, an dem

ein Werkzeug zum Greifen des Produkts angebracht ist.

[0024] Vorteilhafterweise werden die während eines Umsetzvorgangs erfassten relevanten Roboterparameter gespeichert und zumindest während der Lernphase des Umsetzvorgangs als Grundlage für die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit bei der nächsten Wiederholung des Umsetzvorgangs herangezogen. Um sicherzustellen, dass die definierte Belastungsgrenze während der Lernphase zumindest nicht wesentlich überschritten wird, können maximal zulässige Grenzwerte für die einzelnen relevanten Roboterparameter definiert werden, die bei der Erhöhung der Geschwindigkeit eines Umsetzvorgangs einzuhalten sind.

[0025] Grundsätzlich ist es von Vorteil, wenn die Geschwindigkeit eines Umsetzvorgangs erhöht wird, indem die Maximalgeschwindigkeit und/oder Beschleunigung eines zum Umsetzen des Produkts vorgesehenen beweglichen Teils des Roboters gemäß einem vorbestimmten Schema erhöht werden bzw. wird. Denkbar ist hierbei eine Erhöhung in gleich bleibenden Schritten oder auch eine prozentuale Erhöhung.

[0026] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Roboter mit den Merkmalen des Anspruchs 10, insbesondere mit einer Robotersteuerung, die dazu ausgebildet ist, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen. Die voranstehend in Verbindung mit dem Verfahren beschriebenen Vorteile der Erfindung gelten für den Roboter folglich entsprechend.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft anhand einer vorteilhaften Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung beschrieben.

[0028] Die einzige Figur zeigt eine Arbeitsstation mit einem Roboter **10**, dessen Arbeitsgeschwindigkeit erfindungsgemäß optimierbar ist.

[0029] In diesem Beispiel handelt es sich bei dem Roboter **10**, welcher rein schematisch durch seinen Aktionskreis **10'** dargestellt ist, um einen Deltaroboter, wobei grundsätzlich auch andere Typen von Robotern in Betracht kommen. Der Roboter **10** dient dazu, Produkte **12** aus einem Aufnahmebereich **14** in einen Ablagebereich **16** umzusetzen.

[0030] Bei den Produkten **12** handelt es sich um Lebensmittelprodukte, beispielsweise um Portionen von Schinken-, Wurst- oder Käsescheiben, die in einer Schneidvorrichtung, z. B. einem Hochgeschwindigkeitsslicer, von einem beispielsweise stangenförmigen Produktlaib abgeteilt wurden und mittels einer Transportvorrichtung **18**, z. B. einem Förderband, in einer durch den Pfeil **19** dargestellten Richtung in den Aufnahmebereich **14** transportiert werden.

[0031] Gemäß der gezeigten Ausführungsform werden die Produkte **12** dem Aufnahmebereich **14** in zwei Reihen zugeführt. Grundsätzlich können die Produkte **12** aber auch in nur einer Reihe oder in mehr als zwei Reihen auf der Transportvorrichtung **18** transportiert werden.

[0032] Erreichen die Produkte den Aufnahmebereich **14**, werden sie von dem Roboter **10** aufgenommen und in dem Ablagebereich **16** abgelegt, in diesem Ausführungsbeispiel in einer Verpackungsmaschine **20**, wo sie gemäß einem vorbestimmten Schema zu einem Formatsatz **22** zusammengefügt werden, welcher in diesem Beispiel aus 5×4 Produkten **12** gebildet ist. Es versteht sich von selbst, dass die Gestalt des Formatsatzes **22** je nach Anwendung von einer "5 x 4"-Anordnung abweichen kann.

[0033] Ist ein Formatsatz **22** komplettiert, wird er aus dem Aktionskreis **10'** des Roboters **10** herausbewegt, damit die nachfolgenden Produkte **12** zu einem neuen Formatsatz **22** zusammengesetzt werden können. Auf diese Weise wird ein Formatsatz **22** nach dem anderen fertig gestellt.

[0034] Während der Bildung jedes Formatsatzes **22** führt der Roboter **10** eine Reihe von vorbestimmten Umsetzvorgängen **24** aus, die jeweils durch die Paarung von Aufnahmeort und Ablageort eines Produkts **12** definiert sind. Da der Formatsatz **22** im vorliegenden Ausführungsbeispiel 5×4 Produkte **12** umfasst, führt der Roboter **10** insgesamt zwanzig unterschiedliche Umsetzvorgänge **24** aus.

[0035] Der besseren Übersicht halber sind lediglich zwei von diesen in der Figur dargestellt, nämlich ein erster Umsetzvorgang **24a**, bei dem ein Produkt **12** an einem ersten Aufnahmeort **26a** aufgenommen und an einem ersten Ablageort **28a** abgelegt wird, sowie ein zweiter Umsetzvorgang **24b**, bei dem ein Produkt **12** an einem zweiten Aufnahmeort **26b** aufgenommen und an einem zweiten Ablageort **28b** abgelegt wird.

[0036] Zur Erzielung eines möglichst schnellen Umsetzens der Produkte **12** in die Verpackungsmaschine **20** muss der Roboter **10** mit maximaler Geschwindigkeit arbeiten. Um die Lebensdauer des Roboters **10** nicht unnötig zu verkürzen, sind hierbei aber übermäßige kinematische Belastungen des Roboters zu vermeiden. Es gilt also die Geschwindigkeit des Roboters **10** so zu optimieren, dass die einzelnen Umsetzvorgänge **24** mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt werden, ohne dass die Robotermechanik dabei überlastet wird.

[0037] Hierzu wird eine Obergrenze für die maximal zulässige kinematische Belastung des Roboters **10** definiert, die bevorzugt so gewählt ist, dass die Lebensdauer des Roboters **10** auch bei regelmäßigem

Erreichen der Belastungsbergrenze zumindest nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Der Einfachheit halber gilt die Belastungsbergrenze global, d. h. für alle möglichen Umsetzungsvorgänge **24** des Roboters **10**. Grundsätzlich ist es aber auch denkbar, für jeden einzelnen Umsetzungsvorgang **24** oder zumindest für Gruppen von Umsetzungsvorgängen **24** unterschiedliche Belastungsbergrenzen zu definieren.

[0038] Bei einem Start des Roboters **10** werden die zu dem ersten Formatsatz **22** gehörigen Umsetzungsvorgänge **24** zunächst jeweils mit einer vergleichsweise langsamen Ausgangsgeschwindigkeit ausgeführt, bei der jedenfalls sichergestellt ist, dass die jeweils resultierenden kinematischen Belastungen der Robotermechanik unterhalb der definierten Belastungsbergrenze liegen.

[0039] Während jedes dieser Umsetzungsvorgänge **24** werden relevante Roboterparameter gemessen, wie beispielsweise die erreichte Maximalgeschwindigkeit eines beweglichen Teils des Roboters **10**, z. B. eines Roboterarms, die auftretenden Beschleunigungen des beweglichen Teils, auftretende Drehmomente, die Stromaufnahme eines Antriebs zur Bewegung des beweglichen teils, etc., um daraus die während eines Umsetzungsvorgangs **24** jeweils auftretende kinematische Belastung der Robotermechanik zu berechnen. Die für jeden Umsetzungsvorgang **24** ermittelten relevanten Roboterparameter werden abgespeichert, und die berechnete kinematische Belastung wird mit der definierten Belastungsbergrenze verglichen.

[0040] Während der nachfolgenden Zyklen, d. h. also während der Bildung der nachfolgenden Formatsätze **22**, werden die Geschwindigkeiten, mit denen die einzelnen Umsetzungsvorgänge **24** ausgeführt werden, sukzessive erhöht, wobei auch hier jeweils die relevanten Roboterparameter erfasst und gespeichert und daraus die entsprechend auftretenden kinematischen Belastungen berechnet werden.

[0041] Die Geschwindigkeiten der Umsetzungsvorgänge **24** werden solange von Formatsatz **22** zu Formatsatz **22**, d. h. also von Wiederholung zu Wiederholung, erhöht, bis für jeden der verschiedenen Umsetzungsvorgänge **24** die ermittelte kinematische Belastung zumindest annähernd die definierte Belastungsbergrenze erreicht bzw. diese zumindest nicht wesentlich überschreitet. Die so erreichten Arbeitsgeschwindigkeiten stellen optimale Arbeitsgeschwindigkeiten dar, bei denen jeder einzelne Umsetzungsvorgang **24** mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt wird, ohne dass die Robotermechanik dabei übermäßig belastet wird.

[0042] Der Roboter **10** stellt sich durch das Durchlaufen einer Lernphase gewissermaßen also selber auf optimale Arbeitsgeschwindigkeiten ein. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Lernphasen der unterschiedlichen Umsetzungsvorgänge **24** nicht notwendiger-

weise gleich lang sein müssen. So ist es durchaus denkbar, dass die optimale Arbeitsgeschwindigkeit für einen Umsetzungsvorgang **24** schneller erreicht wird als für einen anderen Umsetzungsvorgang **24**. Beispielsweise kann die optimale Arbeitsgeschwindigkeit für den Umsetzungsvorgang **24a** bereits nach vier Formatsätzen **22** erreicht werden, während sie für den Umsetzungsvorgang **24b** erst nach sechs oder sieben Formatsätzen **22** erreicht wird.

Bezugszeichenliste

10	Roboter
10'	Aktionskreis
12	Produkt
14	Aufnahmebereich
16	Ablagebereich
18	Transportvorrichtung
19	Transportrichtung
20	Verpackungsmaschine
22	Formatsatz
24	Umsetzungsvorgang
26	Aufnahmeort
28	Ablageort

Patentansprüche

1. Verfahren zur Geschwindigkeitsoptimierung eines Roboters (**10**), welcher dazu ausgebildet ist, eine Vielzahl von aufeinander folgenden Produktumsetzungsvorgängen auszuführen, bei denen Produkte (**12**) aus einem Aufnahmebereich (**14**) in einen Ablagebereich (**16**) umgesetzt werden, wobei wenigstens ein erster Umsetzungsvorgang (**24a**), bei dem eine erste Art von Produkt (**12**) an einem ersten vorbestimmten Aufnahmeort (**26a**) des Aufnahmebereichs (**14**) aufgenommen und an einem ersten vorbestimmten Ablageort (**28a**) des Ablagebereichs (**16**) abgelegt wird, wiederholt ausgeführt wird, bei welchem Verfahren eine Obergrenze für die zulässige kinematische Belastung des Roboters (**10**) definiert wird und die Geschwindigkeit, mit welcher der erste Umsetzungsvorgang (**24a**) ausgeführt wird, ausgehend von einer Ausgangsgeschwindigkeit, bei welcher die resultierende kinematische Belastung des Roboters jedenfalls unterhalb der definierten Obergrenze liegt, während einer Lernphase mit jeder Wiederholung des ersten Umsetzungsvorgangs (**24a**) bis zu einer optimalen Geschwindigkeit erhöht wird, bei welcher die resultierende kinematische Belastung zumindest annähernd der definierten Obergrenze entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Umsetzungsvorgang (**24b**), bei dem eine zweite Art von Produkt (**12**) an einem zweiten vorbestimmten Aufnahmeort (**26b**) des Aufnahmebereichs (**14**) aufgenommen und an einem zweiten vorbestimmten Ablageort (**28b**) des Ablagebereichs (**16**) abgelegt wird, wiederholt ausgeführt wird, wobei die Geschwindigkeit, mit welcher der zweite

Umsetzvorgang **(24b)** ausgeführt wird, ausgehend von einer Ausgangsgeschwindigkeit, bei welcher die resultierende kinematische Belastung des Roboters **(10)** jedenfalls unterhalb der definierten Obergrenze liegt, während einer Lernphase mit jeder Wiederholung des zweiten Umsetzvorgangs **(24b)** bis zu einer optimalen Geschwindigkeit erhöht wird, bei welcher die resultierende kinematische Belastung zumindest annähernd der definierten Obergrenze entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhung der Geschwindigkeit, mit welcher der zweite Umsetzvorgang **(24b)** ausgeführt wird, unabhängig von der Erhöhung der Geschwindigkeit erfolgt, mit welcher der erste Umsetzvorgang **(24a)** ausgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest während der Lernphase eines Umsetzvorgangs **(24)** die resultierende kinematische Belastung des Roboters ermittelt und mit der definierten Obergrenze verglichen wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die resultierende kinematische Belastung aus relevanten Roboterparametern ermittelt wird, die während des jeweiligen Umsetzvorgangs **(24)** erfasst werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die relevanten Roboterparameter umfassen: eine Maximalgeschwindigkeit eines zum Umsetzen des Produkts **(12)** vorgesehenen beweglichen Teils des Roboters **(10)**, eine Beschleunigung des beweglichen Teils, ein zur Bewegung des beweglichen Teils erforderliches Drehmoment und eine Stromaufnahme eines Antriebs zur Bewegung des beweglichen Teils.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die während eines Umsetzvorgangs **(24)** erfassten relevanten Roboterparameter gespeichert werden und zumindest während der Lernphase des Umsetzvorgangs **(24)** als Grundlage für die Erhöhung der Geschwindigkeit bei der nächsten Wiederholung des Umsetzvorgangs **(24)** herangezogen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass maximal zulässige Grenzwerte für die relevanten Roboterparameter definiert werden, welche bei der Erhöhung der Geschwindigkeit eines Umsetzvorgangs **(24)** einzuhalten sind.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit eines Umsetzvorgangs **(24)** erhöht wird, indem die Maximalgeschwindigkeit und/oder

Beschleunigung eines zum Umsetzen des Produkts **(12)** vorgesehenen beweglichen Teils des Roboters gemäß einem vorbestimmten Schema erhöht werden bzw. wird.

10. Roboter **(10)**, welcher dazu ausgebildet ist, eine Vielzahl von aufeinander folgenden Produktumsetzvorgängen **(24)** auszuführen, bei denen Produkte **(12)** aus einem Aufnahmebereich **(14)** in einen Ablagebereich **(16)** umgesetzt werden, wobei wenigstens ein erster Umsetzvorgang **(24)**, bei dem eine erste Art von Produkt **(12)** an einem ersten vorbestimmten Aufnahmeort **(26)** des Aufnahmebereichs **(14)** aufgenommen und an einem ersten vorbestimmten Ablageort **(26)** des Ablagebereichs **(16)** abgelegt wird, wiederholt ausgeführt wird, umfassend eine Robotersteuerung, die dazu ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche auszuführen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

