(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
06. September 2019 (06.09.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/166229 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B25J 9/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/053689

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Februar 2019 (14.02.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 203 078.2
01. März 2018 (01.03.2018) DE

(71) Anmelder: **KUKA DEUTSCHLAND GMBH** [DE/DE]; Zugspitzstraße 140, 86165 Augsburg (DE).

(72) Erfinder: **KOGAN, Yevgen**; Wertachbrucker-Tor-Str. 3a, 86152 Augsburg (DE).

(74) Anwalt: **OELKE, Jochen**; Zugspitzstr. 140, 86165 Augsburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

WO 2019/166229 A1

(54) **Title:** METHOD FOR AUTOMATICALLY GENERATING A MOVEMENT TRAJECTORY AND ASSOCIATED COMPUTER PROGRAM PRODUCT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM AUTOMATISCHEN ERZEUGEN EINER BEWEGUNGSTRAJEKTORIE UND ZUGEHÖRIGES COMPUTERPROGRAMMPRODUKT

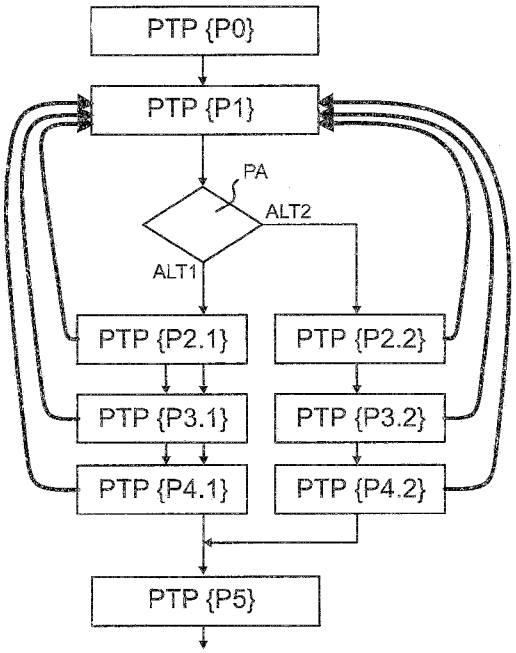


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for automatically generating a movement trajectory (BT) of a reference point of a machine to be controlled automatically, wherein the machine has drives (M1-M6) which are designed to move the reference point of the machine in space, specifically controlled by a control device (1), which is designed to control the drives (M1-M6) of the machine on the basis of the automatically generated movement trajectory (BT) as a reference variable by means of a movement controller (BS), wherein the movement trajectory (BT) is generated automatically by means of a path planning program (BP) on the basis of a first movement instruction (P1) to be executed in an approximate positioning mode, and at least one second movement instruction (P2.1, P2.2), following the first movement instruction (P1), of a machine movement program (MP) to be executed by the control device (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie (BT) eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine, wobei die Maschine Antriebe (M1-M6) aufweist, die ausgebildet sind, den Bezugspunkt der Maschine im Raum zu bewegen und zwar angesteuert durch eine Steuervorrichtung (1), die ausgebildet ist, die Antriebe (M1-M6) der Maschine auf Grundlage der automatisch erzeugten Bewegungstrajektorie (BT) als Führungsgröße mittels einer Bewegungssteuerung (BS) anzusteuern, wobei die Bewegungstrajektorie (BT) auf Grundlage wenigstens einer in einem Überschleifmodus auszuführenden ersten Bewegungsanweisung (P1) und wenigstens einer der ersten Bewegungsanweisung (P1) folgenden zweiten Bewegungsanweisung (P2.1, P2.2) eines von der Steuervorrichtung (1) ausführenden Maschinenbewegungsprogramms (MP) mittels eines Bahnplanungsprogramms (BP) automatisch erzeugt wird.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie und zugehöriges Computerprogrammprodukt

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine, wobei die Maschine Antriebe aufweist, die ausgebildet sind, den Bezugspunkt der Maschine im Raum zu bewegen und zwar angesteuert durch eine Steuervorrichtung, die ausgebildet ist, die Antriebe der Maschine auf Grundlage der automatisch erzeugten Bewegungstrajektorie als Führungsgröße mittels einer Bewegungssteuerung anzusteuern, wobei die Bewegungstrajektorie auf Grundlage wenigstens einer in einem Überschleifmodus auszuführenden ersten Bewegungsanweisung und wenigstens einer der ersten Bewegungsanweisung folgenden zweiten Bewegungsanweisung eines von der Steuervorrichtung ausführenden Maschinenbewegungsprogramms mittels eines Bahnplanungsprogramms automatisch erzeugt wird, wobei im Maschinenbewegungsprogramm in Ablaufrichtung zwischen der ersten Bewegungsanweisung und einer folgenden zweiten Bewegungsanweisung sich eine bedingte Programmabzweigung befindet, die in Abhängigkeit eines auslösenden Ereignisses eine erste Alternative einer zweiten Bewegungsanweisung oder wenigstens eine zweite Alternative einer zweiten Bewegungsanweisung vorgibt. Die Erfindung betrifft außerdem ein zugehöriges Computerprogrammprodukt.

EP 2 022 608 B1 beschreibt ein Verfahren zum Erzeugen einer Trajektorie eines Bewegungssystems, bei dem eine Trajektorie als eine Folge von einem oder mehreren Pfadsegmenten (Bewegungsschritten) festgelegt ist, wobei ein Ausblenden eines Ausblendgebietes eines ersten Geschwindigkeitsprofils erfolgt und ein Einblenden eines Einblendgebiets eines nachfolgenden zweiten Geschwindigkeitsprofils innerhalb eines dort sogenannten Mischungsradius erfolgt.

Ein solches Ausblenden eines ersten Geschwindigkeitsprofils und ein solches Einblenden eines nachfolgenden zweiten Geschwindigkeitsprofils wird im Allgemeinen auch als „Überschleifen“ bezeichnet. Ein Überschleifen wird beispielsweise in der Robotertechnik und bei Werkzeugmaschinen in Rahmen einer sogenannten PTP-Steuerung (engl.: point-to-point) angewendet, bei der als Bewegungsanweisungen beispielsweise Punkt-zu-Punkt-Bewegungsanweisungen ausgeführt werden. Bei der Ausführung von Bewegungsanweisungen wird ein Bezugspunkt der anzusteuernden Maschine (beispielsweise ein Roboterarm oder eine Werkzeugmaschine) schrittweise von einem ersten Raumpunkt zu einem zweiten Raumpunkt und gegebenenfalls nacheinander zu weiteren folgenden Raumpunkten bewegt. Neben einer asynchronen PTP-Steuerung ist eine synchrone PTP-Steuerung allgemein bekannt, bei der nicht nur alleine die anzufahrenden Zielpunkte der einzelnen Bewegungsanweisungen rücktransformiert werden, um die Achsen der Maschine dann allein auf dieser Grundlage auf Achskoordinateneben anzusteuern, sondern auch die Bewegungsprofile von Startpunkt zu Zielpunkt in einem Bahnplanungsprogramm geplant werden und zwar hinsichtlich ihrer Geschwindigkeitsprofile und/oder Beschleunigungsprofile. So kann beispielsweise bei einer Bahnplanung bei Bewegungsanweisungen vorgesehen sein, dass für jeden angetriebenen Freiheitsgrad der Maschine, beispielsweise jedes angetriebene Gelenk eines Roboterarms, die maximale Geschwindigkeit und unter Berücksichtigung von Startpunkt zu Zielpunkt der Bewegung eine Bewegungsdauer für das jeweilige Gelenk berechnet wird, das Gelenk mit der längsten Bewegungsdauer als eine Leitachse definiert wird und die jeweils anderen, verbleibenden Freiheitsgrade oder Gelenke in ihren Geschwindigkeitsprofilen und/oder Beschleunigungsprofilen so angepasst werden, dass alle Freiheitsgrade oder Gelenke gleichzeitig mit ihren individuellen Bewegungen beginnen und auch gleichzeitig mit ihren individuellen Bewegungen enden. Um dies zu ermöglichen werden die Bewegungsanweisungen des

Maschinenbewegungsprogramms, welches in einer Ablaufsteuerung implementiert sein kann, an eine Bewegungssteuerung übergeben und dort in einem Bahnplanungsprogramm transformiert in einzelne Geschwindigkeitsprofile und/oder Beschleunigungsprofile der Freiheitsgrade der Maschine oder Gelenke des Roboterarms, um die Antriebe der Maschine bzw. die angetriebenen Gelenke des Roboterarms den Geschwindigkeitsprofilen und/oder den Beschleunigungsprofilen entsprechend von einer Bewegungssteuerung angesteuert zu bewegen. Die Bewegungssteuerung kann insoweit das Bahnplanungsprogramm, d.h. eine Bahnsteuerung umfassen und eine die Bewegungen ausführende Bewegungsausführungssteuerung umfassen. Das Maschinenbewegungsprogramm hingegen kann Teil der Ablaufsteuerung sein. Je nach Systemarchitektur der Steuerung bzw. der Steuerungen können die Bewegungssteuerung und die Ablaufsteuerung separate Steuerungsteile sein oder in einer gemeinsamen Steuerung zusammengefasst sein. Üblicherweise ist die Ablaufsteuerung jedoch in einem vorzugsweise nicht-echtzeitfähigem Steuerungsteil implementiert, wo hingegen zumindest die Bewegungsausführungssteuerung oder die gesamte Bewegungssteuerung, umfassen die Bewegungsausführungssteuerung und die Bahnsteuerung, in einem echtzeitfähigen Steuerungsteil implementiert ist.

Maschinenbewegungsprogramme können ganz allgemein bedingte Programmabzweigungen enthalten. Bei einer bedingten Programmabzweigung, die beispielsweise eine IF-Anweisung oder eine WHILE-Anweisung sein kann, ist der als nächster anzufahrende Zielpunkt von dem auslösenden Ereignis abhängig, so dass zeitlich vor dem Eintritt des Ereignisses nicht eindeutig vorbestimmt ist, welcher Zielpunkt von ggf. mehreren alternativ möglichen Zielpunkten tatsächlich zur Anwendung kommen soll. Aufgrund dieser Unbestimmtheit im Vorhinein können Zielpunkte von Bewegungsanweisungen über eine Programmabzweigung hinweg im Allgemeinen nicht angefahren werden. Bekannt ist es, in einem solchen Fall die Planung eines Überschlei-

fens zu unterbrechen, beispielsweise im Rahmen eines sogenannten Vorlaufstopps, d.h. eines Abbruchs einer rechnerischen zeitlichen Vorausplanung von tatsächlich durch den Roboter noch nicht erreichten, aber im Programm vorgesehenen anzufahrenden Punkten, um den letzten vor der bedingten Programmabzweigung liegenden Zielpunkt ohne Überschleifen direkt anzufahren, um nach der bedingten Programmabzweigung eine neue Sequenz eines Überschleifens zu beginnen. In vielen Fällen ist jedoch ein Unterbrechen des Überschleifens nachteilig, da es dadurch zu Zeitverzögerungen, zu Rucken und/oder zu unstetigen Bahnverläufen kommen kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine zu schaffen, mit dem ein Überschleifen der Zielpunkte von Bewegungsanweisungen auch über bedingte Programmabzweigungen hinweg möglich wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine, wobei die Maschine Antriebe aufweist, die ausgebildet sind, den Bezugspunkt der Maschine im Raum zu bewegen und zwar angesteuert durch eine Steuervorrichtung, die ausgebildet ist, die Antriebe der Maschine auf Grundlage der automatisch erzeugten Bewegungstrajektorie als Führungsgröße mittels einer Bewegungssteuerung anzusteuern, wobei die Bewegungstrajektorie auf Grundlage wenigstens einer in einem Überschleifmodus auszuführenden ersten Bewegungsanweisung und wenigstens einer der ersten Bewegungsanweisung folgenden zweiten Bewegungsanweisung eines von der Steuervorrichtung ausführenden Maschinenbewegungsprogramms mittels eines Bahnplanungsprogramms automatisch erzeugt wird, wobei im Maschinenbewegungsprogramm in Ablaufrichtung zwischen der ersten Bewegungsanweisung und einer folgenden zweiten Bewegungsanweisung sich eine bedingte

Programmabzweigung befindet, die in Abhängigkeit eines auslösenden Ereignisses eine erste Alternative einer zweiten Bewegungsanweisung oder wenigstens eine zweite Alternative einer zweiten Bewegungsanweisung vorgibt, aufweisend die Schritte:

- Bestimmen von Eigenschaften der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, die gemäß der bedingten Programmabzweigung möglich sind,

- Bestimmen eines Zeitpunkts, an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss,

- Übermitteln der Eigenschaften der ersten Bewegungsanweisung und der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen an ein Bahnplanungsprogramm, das unter Berücksichtigung des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen entsprechende wenigstens zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte erstellt,

- wenn das auslösende Ereignis für die bedingte Programmabzweigung stattgefunden hat, Auswählen desjenigen vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts, welcher der dem auslösenden Ereignis entsprechenden alternativen zweiten Bewegungsanweisung der bedingten Programmabzweigung entspricht, auf die aufgrund des auslösenden Ereignisses abgezweigt wird,

- Übermitteln des ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts an die Bewegungsausführung zum Ausführen einer Bewegung der Maschine derart, dass sich der Bezugspunkt der Maschine dem ausgewählten, vorausgeplanten Be-

wegungstrajektorien-Abschnitt entsprechend automatisch bewegt.

Die mittels des Verfahrens automatisch anzusteuernde Maschine kann eine Werkzeugmaschine oder insbesondere ein Roboter sein. Der Roboter kann einen Roboterarm aufweisen, der mehrere Glieder aufweist, die über Gelenke verbunden sind, wobei die Gelenke mittels Antrieben bewegbar sind, um die Glieder des Roboterarms automatisch gemäß eines Roboterprogramms gegeneinander verstellen zu können.

Die Antriebe der Maschine, insbesondere des Roboters können insbesondere elektrische Motoren umfassen, die von einer Steuervorrichtung, insbesondere einer Antriebsteuerung der Steuervorrichtung, gesteuert, insbesondere geregelt antreibbar sind. Die Motoren können mit Getrieben versehen sein.

Die Steuervorrichtung kann die Antriebsteuerung, eine Bewegungssteuerung und eine Ablaufsteuerung umfassen. Die Steuerungskomponenten können, wie bereits erwähnt, in einer gemeinsamen Steuerungseinheit zusammengefasst sein oder als separate Steuerungskomponenten ausgebildet und über Kommunikationsverbindungen miteinander verbunden sein. Auf der Steuervorrichtung, insbesondere auf der Ablaufsteuerung kann wenigstens ein Maschinenbewegungsprogramm gespeichert und zur Ausführung eingerichtet sein. Insoweit kann die Steuervorrichtung ein Computerprogrammprodukt aufweisen, das einen maschinenlesbaren Träger umfasst, auf dem Programmcode gespeichert ist, der von der Maschine, insbesondere von einer Robotersteuerung des Roboters auslesbar ist, sodass die Maschine bzw. der Roboter ausbildet und/oder einrichtet ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen, wenn der Programmcode von der Maschine oder dem Roboter bzw. dessen Steuerung ausgeführt wird.

Das Maschinenbewegungsprogramm, das insoweit ein Roboterprogramm sein kann, enthält Bewegungsanweisungen, insbesondere die Bewegungsanweisungen, gemäß denen ein vorab definierter Bezugspunkt im Raum durch die Maschine bzw. den Roboterarm bewegt werden soll. Der Bezugspunkt kann ein Werkzeugbezugspunkt sein, der unter anderem auch als TCP (Tool-Center-Point) bezeichnet wird. Ein Werkzeugbezugspunkt kann ein realer oder virtueller Punkt an einem Werkzeug sein, das von der Maschine, insbesondere dem Roboterarm gehandhabt wird. In einem einfachen Fall kann der Bezugspunkt beispielsweise auch ein mit dem Flansch des Roboterarms fest verbundenes Handflanschkoordinatensystem sein.

Das Bahnplanungsprogramm der Bahnsteuerung stellt Algorithmen, Modelle und/oder Rechenvorschriften bereit, die auf Grundlage der im Maschinenbewegungsprogramm enthaltenen Bewegungsanweisungen eine Bewegungstrajektorie für den Bezugspunkt unmittelbar erstellen oder mittelbar dadurch erstellen, dass Bewegungsprofile, insbesondere Geschwindigkeitsprofile und/oder Beschleunigungsprofile achsbezogen oder kartesisch durch das Bahnplanungsprogramm generiert werden. Die entsprechenden Bewegungsprofile, insbesondere Geschwindigkeitsprofile und/oder Beschleunigungsprofile werden dann insbesondere in achsbezogener Form an die Bewegungsausführungssteuerung übergeben, welche ihrerseits die Antriebe d.h. die Motoren der Maschine oder des Roboterarms auch auf Antriebsebene ansteuern oder regeln.

Im Falle von Bewegungsanweisungen, die grundsätzlich mit asynchronen Achsbewegungen oder mit synchronen Achsbewegungen durchgeführt werden können, wird die Bahn der Trajektorie zwar nicht in ihrem genauen Bahnverlauf exakt geplant, allerdings findet insoweit eine Bewegungsplanung statt, bei der die Geschwindigkeitsprofile und/oder die Beschleunigungsprofile der einzelnen Achsbewegungen durchaus geplant werden,

wodurch sich in Abhängigkeit des jeweiligen Startpunktes und des angenommenem Zielpunktes bzw. der angenommenen mehreren aufeinanderfolgenden Zielpunkten ein reproduzierbarer stetiger Bahnverlauf ergibt. Wie bereits erwähnt, werden in einem Überschleifmodus die von den Bewegungsanweisungen definierten genauen Zielpunkte nicht exakt angefahren, sondern unter Vermeiden eines Anhaltens in einem parametrierbaren Abstandsbereich von dem jeweiligen Zielpunkt umfahren, um eine Bewegungstrajektorie mit einem stetigen Geschwindigkeitsverlauf zu erhalten.

Die Bewegungstrajektorie ist eine grafische Repräsentation des Verlaufs der Bewegung, die der Bezugspunkt im Raum durchläuft. Die Bewegungstrajektorie ist insoweit die Spur auf der sich der Bezugspunkt bewegt, wenn die Maschine oder der Roboter gemäß dem Maschinenbewegungsprogramm automatisch angesteuert wird. Die Bewegungstrajektorie kann auch Geschwindigkeitsdaten, insbesondere bezogen auf Interpolationspunkte des Verlaufs der Bewegung bzw. der Spur umfassen.

Ein Bewegungstrajektorien-Abschnitt stellt im Allgemeinen eine Teilstrecke der gesamten Bewegungstrajektorie dar. Im Speziellen werden erfindungsgemäß unter den jeweiligen Bewegungstrajektorien-Abschnitten diejenigen Teile von mehreren möglichen Bewegungstrajektorien verstanden, die im Maschinenbewegungsprogramm aufgrund der bedingten Programmabzweigung alternativ auftreten können, solange das für die bedingten Programmabzweigung auslösende Ereignis noch nicht stattgefunden hat und es deshalb noch nicht feststeht, welche der zwei oder mehreren möglichen Bewegungstrajektorien-Abschnitte tatsächlich zur Ausführung kommen.

Ein Überschleifen wird beispielsweise in der Robotertechnik und bei Werkzeugmaschinen in Rahmen einer sogenannten PTP-Steuerung angewendet, bei der Bewegungsanweisungen ausgeführt

werden. Bei der Ausführung von Bewegungsanweisungen wird ein Bezugspunkt der anzusteuernden Maschine (beispielsweise ein Roboterarm oder eine Werkzeugmaschine) schrittweise von einem ersten Raumpunkt zu einem zweiten Raumpunkt und gegebenenfalls nacheinander zu weiteren folgenden Raumpunkten bewegt, wobei in einem Überschleifmodus die jeweiligen Stützpunkte der Bewegungsanweisungen unter Umständen nicht mehr direkt erreicht werden, sondern unter Vermeiden eines vollständigen Anhaltes der Maschine oder des Roboterarms bzw. dessen Bezugspunktes, der Bezugspunkt lediglich in der Nähe eines solcher überschliffenen Stützpunktes vorbeibewegt wird, um sogleich in Richtung des nächsten Stützpunktes der nächsten Bewegungsanweisung zu fahren. Eine solche Überschleifbewegung kennzeichnet sich also dadurch, dass an solchen Zwischenstellungen (überschleifende Stützpunkte) ohne Anhalten des Bezugspunktes vorbeigefahren wird.

Die anzufahrenden Zielpunkte sind zwar durch die jeweilige Bewegungsanweisung fest vorbestimmt, allerdings werden diese Zielpunkte im Überschleifmodus demgemäß oftmals tatsächlich nicht erreicht.

Maschinenbewegungsprogramme können ganz allgemein bedingte Programmabzweigungen enthalten. Bei einer bedingten Programmabzweigung, die beispielsweise eine IF-Anweisung oder eine WHILE-Anweisung sein kann, ist der als nächster anzufahrende Zielpunkt von dem auslösenden Ereignis abhängig, so dass zeitlich vor dem Eintritt des Ereignisses nicht eindeutig vorbestimmt ist, welcher Zielpunkt von ggf. mehreren alternativ möglichen Zielpunkten tatsächlich zur Anwendung kommen soll. Aufgrund dieser Unbestimmtheit im Vorhinein können Zielpunkte von Bewegungsanweisungen über eine Programmabzweigung hinweg im Allgemeinen nicht durchgeführt werden. Bekannt ist es, in einem solchen Fall die Planung eines Überschleifens zu unterbrechen, beispielsweise im Rahmen eines soge-

nannten Vorlaufstopps, um den letzten vor der bedingten Programmabzweigung liegenden Zielpunkt ohne Überschleifen direkt anzufahren, um nach der bedingten Programmabzweigung eine neue Sequenz eines Überschleifens zu beginnen. In vielen Fällen ist jedoch ein Unterbrechen des Überschleifens nachteilig, da es dadurch zu Zeitverzögerungen, zu Rucken und/oder zu unstetigen Bahnverläufen kommen kann.

Das auslösende Ereignis kann demgemäß ein physikalisches Ereignis sein, auf welches das Maschinenbewegungsprogramm in programmierter Weise reagieren soll und zwar mittels der bedingten Programmabzweigung. Das auslösende Ereignis ist für das Maschinenbewegungsprogramm insoweit eine beliebige zu prüfende Bedingung, bei deren Eintreten oder Vorhandensein in den jeweils vorgesehen Programmzweig abgezweigt wird. Das auslösende Ereignis muss dabei nicht notwendiger Weise erst kurz vor dem zeitlichen Erreichen der Programmabzweigung eintreten, sondern kann ggf. schon länger vorher eingetreten sein und somit schon weit vor dem Erreichen der Programmabzweigung eingetreten sein. Es kann dann unmittelbar vor der Programmabzweigung oder zeitlich kurz vor der Programmabzweigung das auslösende Ereignis bzw. die zu prüfende Bedingung abgefragt und/oder ausgewertet werden, beispielsweise dahingehend, ob die zu prüfende Bedingung oder das Ereignis immer noch vorliegt. Insoweit kann die zu prüfende Bedingung oder das Ereignis schon weit vorher vorhanden sein, aber erst zum Zeitpunkt bzw. kurz vor dem Zeitpunkt des Erreichens der Programmabzweigung abgefragt werden. Das auslösende Ereignis kann insoweit auch schon allein die Abfrage bzw. die Überprüfung einer bereits vorliegenden Bedingung und/oder eines bereits vorliegenden physikalischen Zustands sein. Die Bedingung und/oder der Zustand kann beispielsweise mittels wenigstens eines Sensors erfasst werden, der im einfachsten Fall einen booleschen Zustand liefert, der einen Parameter für eine Wartefunktion im Maschinenbewegungsprogramm bildet, die

ein Ergebnis erst dann liefert, wenn der definierte Zeitpunkt für die Programmabzweigung erreicht ist.

Indem das erfindungsgemäße Verfahren die folgenden Schritte vorsieht:

- Bestimmen von Eigenschaften der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, die gemäß der bedingten Programmabzweigung möglich sind,

- Bestimmen eines Zeitpunkts, an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss,

- Übermitteln der Eigenschaften der ersten Bewegungsanweisung und der zwei oder mehreren Zielpunkte der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen an ein Bahnplanungsprogramm, das unter Berücksichtigung des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen entsprechende wenigstens zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte erstellt,

- wenn das auslösende Ereignis für die bedingte Programmabzweigung stattgefunden hat, Auswählen desjenigen vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts, welcher der dem auslösenden Ereignis entsprechenden alternativen zweiten Bewegungsanweisung der bedingten Programmabzweigung entspricht, auf die aufgrund des auslösenden Ereignisses abgezweigt wird,

- Übermitteln des ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts an die Ablaufsteuerung zum Ausführen einer Bewegung der Maschine derart, dass sich der Bezugspunkt

der Maschine dem ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt entsprechend automatisch bewegt, kann ein Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine bereitgestellt werden, mit dem ein Überschleifen der Zielpunkte von Bewegungsanweisungen auch über bedingte Programmabzweigungen hinweg möglich ist.

Das Bestimmen eines Zeitpunkts, an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, und das Übermitteln der Eigenschaften der ersten Bewegungsanweisung und der zwei oder mehreren Zielpunkte der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen an ein Bahnplanungsprogramm, das unter Berücksichtigung des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen entsprechende wenigstens zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte erstellt, können gleichzeitig oder in gewissem Rahmen zeitlich versetzt zueinander ausgeführt werden. Die Reihenfolge kann insoweit nahezu beliebig sein und ggf. auch in der Reihenfolge vertauscht sein.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann die Funktion des Überschleifens bei Bewegungsanweisungen im Rahmen einer adaptiven Bahnführung in einem Onlinebetrieb auch über bedingte Programmabzweigungen hinweg stoppfrei, in einem stetigen Geschwindigkeitsverlauf und/oder ggf. ruckfrei ausgeführt werden.

Eine im Allgemeinen mögliche offline-Planung des Überschleifens von Bewegungsanweisungen ist im Falle von bedingten Programmabzweigungen meist nicht möglich, da das die bedingte

Programmabzweigung triggernde d.h. auslösende Ereignis im Vorhinein nicht bekannt ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist auch keine vollständige Planung der Bewegungstrajektorie unter Echtzeitbedingungen nötig. Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in einer Vorschau über ein, zwei oder mehrere Bewegungsanweisungen hinweg zu planende Überschleifbewegung kann hingegen in einer nicht-echtzeitfähigen Bahnsteuerung erfolgen. Die Bahnsteuerung kann somit auch in einer nicht-echtzeitfähigen Programmiersprache erstellt sein.

Die bedingte Programmabzweigung kann in wenigstens einer durch das auslösende Ereignis bestimmten Alternative außer einer zweiten Bewegungsanweisung zusätzlich wenigstens eine weitere Bewegungsanweisung aufweisen, wobei

- ein Bestimmen des Zeitpunkts, an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, erfolgt unter Einbeziehen der jeweils weiteren Bewegungsanweisungen zu der jeweiligen zweiten Bewegungsanweisung erfolgt, und

- ein Übermitteln der Eigenschaften der zu überschleifenden ersten Bewegungsanweisung und der zwei oder mehreren Zielpunkte der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen und der jeweiligen weiteren Bewegungsanweisungen an das Bahnplanungsprogramm erfolgt, wobei das Bahnplanungsprogramm unter Berücksichtigung der Eigenschaften der zu überschleifenden ersten Bewegungsanweisung den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen und den jeweils weiteren Bewegungsanweisungen entsprechende wenigstens

zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte erstellt erfolgt.

In dieser Ausführungsvariante wird demgemäß nicht nur die im Programmablauf unmittelbar vor der bedingten Programmabzweigung liegende erste Bewegungsanweisung und die unmittelbar nach der bedingten Programmabzweigung liegende zweite Bewegungsanweisung für den Überschleifmodus über die bedingten Programmabzweigung hinweg berücksichtigt bzw. herangezogen, sondern auch mindestens eine weitere Bewegungsanweisung, also beispielsweise eine dritte Bewegungsanweisung und eine vierte Bewegungsanweisung, die der zweiten Bewegungsanweisung unmittelbar nachfolgen. Die Anzahl der hinzuzuziehenden Bewegungsanweisungen kann sich nach der Zeit richten, die bis zur bedingten Programmabzweigung noch zur Verfügung steht, um die zwei oder mehreren möglichen Bewegungstrajektorien-Abschnitte rechtzeitig vor Erreichen der bedingten Programmabzweigung vorausplanen zu können.

Das Bahnplanungsprogramm kann demgemäß eingerichtet sein, außer den zu überschleifenden ersten Stützpunkt der ersten Bewegungsanweisung, zusätzlich wenigstens einen zweiten Stützpunkt der zweiten Bewegungsanweisung und/oder jeden dritten oder weiteren Stützpunkt einer im Programmablauf folgenden, weiteren zweiten Bewegungsanweisung überschleifend zu planen.

Eine spezielle Ausführungsform des Verfahren kann gekennzeichnet sein durch ein automatisches oder manuelles Referenzieren im Maschinenbewegungsprogramm der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen und/oder der weiteren Bewegungsanweisungen, die der bedingten Programmabzweigung im Maschinenbewegungsprogramm in Ablaufrichtung folgen, in einer in Ablaufrichtung vor der Programmabzweigung auftretenden Bewegungsanweisung, insbesondere vor der ersten Bewegungsanweisung oder in der ersten Bewegungsanweisung, die der

bedingten Programmabzweigung im Maschinenbewegungsprogramm in Ablaufrichtung unmittelbar vorausgeht.

Ein automatisches Referenzieren beispielsweise kann in einer speziellen Variante des Verfahrens dadurch erfolgen, dass das Maschinenbewegungsprogramm Zugriffsfunktionen oder Zugriffsmethoden aufweist, die formale Parameter umfassen, in welche die zu referenzierenden zweiten Bewegungsanweisungen und/oder weiteren Bewegungsanweisungen als aktuelle Parameter automatisch eingetragen werden, welche aktuellen Parameter virtuelle Rückgabewerte bilden, die durch das Maschinenbewegungsprogramm als virtuelle Aufrufparameter der zweiten Bewegungsanweisungen und/oder weiteren Bewegungsanweisungen vor ihrer eigentlichen Ausführung automatisch auslesbar machen.

Das manuelle Referenzieren beispielsweise kann in einer anderen Variante des Verfahrens dadurch erfolgen, dass das Maschinenbewegungsprogramm über editierbare Bewegungsanweisungen verfügt, die Attribute umfassen, in denen die Eigenschaften der zu referenzierenden zweiten Bewegungsanweisungen und/oder der weiteren Bewegungsanweisungen als aktuelle Parameter der Bewegungsanweisungen manuell eingetragen werden können.

Generell, d.h. in allen Ausführungsformen können die Eigenschaften der jeweiligen Bewegungsanweisung nicht nur Parameter der Bewegungsanweisung sein, wie beispielsweise die Zielpunkte oder Koordinaten, die geforderten Geschwindigkeiten und/oder Beschleunigungen, sondern können auch andere Spezifikationen der Bewegungsanweisung sein, wie insbesondere die Art der Bewegungsanweisung, so z.B. PTP-Befehl, LIN-Befehl oder CIRC-Befehl als solches.

In allen entsprechend geeigneten Ausführungsformen kann das Bestimmen der Eigenschaften der zwei oder mehreren alternati-

ven zweiten Bewegungsanweisungen, die gemäß der bedingten Programmabzweigung möglich sind, dadurch erfolgen, dass die in der ersten Bewegungsanweisung referenzierten zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen und/oder weiteren Bewegungsanweisungen aufgrund der Verweise in der ersten Bewegungsanweisung ausgelesen werden. So können die im Programmablauf zeitlich hinter der bedingten Programmabzweigung liegenden Bewegungsanweisungen bereits zeitlich vor der bedingten Programmabzweigung ausgelesen und damit in der Vorlaufsteuerung berücksichtigt werden. Im Unterschied zum bisher Bekannten wird jedoch nicht nur ein einzelner prädiktiver weiterer Verlauf der Bewegungstrajektorie im Bahnplanungsprogramm bzw. in der Vorlaufsteuerung geplant, sondern alle gemäß der bedingten Programmabzweigung möglichen weiteren Verläufe der mehreren alternativen Bewegungstrajektorien im Bahnplanungsprogramm bzw. in der Vorlaufsteuerung über ein, zwei oder ggf. weitere Bewegungsanweisungen hinweg vorausgeplant.

Generell kann das Bestimmen des Zeitpunkts, an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, dadurch erfolgen, dass für alle individuellen Überschleifbewegungen eine jeweilige Zeitdauer aus den Bahnparametern und den physikalischen Eigenschaften automatisch bestimmt wird, aus allen entsprechenden Zeitdauern der individuellen Überschleifbewegungen der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, die längste Zeitdauer herausselektiert wird, und auf Grundlage des momentanen Zeitpunkts und der herausselektierten längsten Zeitdauer der späteste Zeitpunkt, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss, bestimmt wird.

In Kenntnis des spätesten Zeitpunkts, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss und des momentanen Zeitpunkts kann auch festgestellt werden, ob für alle alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, die aufgrund der bedingten Programmabzweigung die Ausführung einer Überschleifbewegung noch sichergestellt werden kann. Falls dies nicht der Fall ist, also festgestellt wird, dass der späteste Zeitpunkt, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss zeitlich bereits verstrichen ist, kann steuerungstechnisch und/oder programmtechnisch vorgesehen werden, dass ein laufender Überschleifmodus beendet, d.h. abgebrochen wird oder ein noch nicht begonnener Überschleifmodus erst gar nicht gestartet wird.

Es kann ergänzend vorgesehen sein, dass das Übermitteln des ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts an die Bewegungssteuerung zum Ausführen einer Bewegung der Maschine derart, dass sich der Bezugspunkt der Maschine dem ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt entsprechend automatisch bewegt, erst unmittelbar vor dem spätesten Zeitpunkt oder lediglich kurz vor dem spätesten Zeitpunkt ausgeführt wird. Alternativ oder ergänzend kann ein Abfragen und/oder ein Auswerten des auslösenden Ereignisses erst unmittelbar vor dem spätesten Zeitpunkt oder lediglich kurz vor dem spätesten Zeitpunkt ausgeführt werden. Das Abfragen kann beispielsweise ein Einlesen eines Sensorsignals in das Bahnplanungsprogramm oder das Maschinenbewegungsprogramm sein. Ein Auswerten kann einen Vorgang umfassen, bei dem ein eingelesenes Sensorsignal beispielsweise umgewandelt wird und/oder beispielsweise mit anderen Sensorsignalen gemeinsam ausgewertet und/oder kombiniert wird. So kann möglichst lange beispielsweise auf das Eingehen externer Signale gewartet werden, die für die weitere Programmausführung ggf. notwendig sind, bspw. um ein vom Roboter bewegtes Werkzeug prozessabhängig ansteuern zu können. Ganz allgemein können diejenigen Bewegungsanweisungen des Maschinenbewegungs-

programms, die von dem an die Bewegungssteuerung zum Ausführen einer Bewegung der Maschine bereits übermittelten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt erfasst sind, automatisch mit einer Kennzeichnung versehen werden, derart, dass bei geplantem Erreichen dieser Bewegungsanweisungen während des Ablaufs des Maschinenbewegungsprogramms diese Bewegungsanweisungen nicht erneut an das Bahnplanungsprogramm übermittelt werden.

In einer Variante kann bei geplantem Erreichen der Bewegungsanweisungen während des Ablaufs des Maschinenbewegungsprogramms, die mit der Kennzeichnung versehen sind, ein Übermitteln der Stützpunkte und/oder Zielpunkte dieser gekennzeichneten Bewegungsanweisungen an das Bahnplanungsprogramm unterbunden werden und statt dessen derjenige vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitt, welcher auf Grundlage dieser gekennzeichneten Bewegungsanweisungen bereits erzeugt wurde, direkt an die Bewegungssteuerung übergeben werden.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird außerdem gelöst durch ein Computerprogrammprodukt aufweisend einen maschinenlesbaren Träger, auf dem Programmcode gespeichert ist, der von einer Maschine auslesbar ist und der die Maschine ausbildet und/oder einrichtet, ein Verfahren wie erfindungsgemäße beschrieben durchzuführen, wenn der Programmcode von der Maschine ausgeführt wird.

Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der nachfolgenden Figurenbeschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Konkrete Merkmale dieser exemplarischen Ausführungsbeispiele können unabhängig davon, in welchem konkreten Zusammenhang sie erwähnt sind, gegebenenfalls auch einzeln oder auch in anderen Kombinationen der Merkmale betrachtet, allgemeine Merkmale der Erfindung darstellen.

Die Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines beispielhaften Aufbaus einer Maschinensteuerung, insbesondere Robotersteuerung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Bewegungstrajektorie im Bereich einer bedingten Programmabzweigung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines beispielhaften Verfahrens zum Überschleifen über eine bedingte Programmabzweigung hinweg,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines abgewandelten Verfahrens, bei dem die Zielpunkte der zweiten und weiteren Bewegungsanweisungen automatisch vor die bedingte Programmabzweigung geholt werden, und

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines abgewandelten Verfahrens, bei dem die Zielpunkte der zweiten und weiteren Bewegungsanweisungen manuell vor der bedingten Programmabzweigung manuell in eine erste Bewegungsanweisung editiert werden.

In der Fig. 1 ist eine beispielhafte Steuervorrichtung 1 und von dieser angesteuerte Antriebe M1-M6 gezeigt.

Die Antriebe M1-M6 können insbesondere elektrische Motoren umfassen, die von der Steuervorrichtung 1, insbesondere einer Antriebsteuerung der Steuervorrichtung 1, gesteuert, insbesondere geregelt antreibbar sind.

Die Steuervorrichtung 1 umfasst im Falle des vorliegend gezeigten Ausführungsbeispiels der Fig. 1 ein Ablaufsteuerung AS und eine Bewegungssteuerung BS. Die Ablaufsteuerung AS umfasst eine Programmsteuerung PS. Die Steuerungskomponenten können in einer gemeinsamen Steuerungseinheit zusammengefasst sein oder als separate Steuerungskomponenten ausgebildet und über Kommunikationsverbindungen miteinander verbunden sein. Auf der Steuervorrichtung 1, insbesondere auf der Programmsteuerung PS kann wenigstens ein Maschinenbewegungsprogramm MP gespeichert und zur Ausführung eingerichtet sein. Insoweit kann die Steuervorrichtung 1 ein Computerprogrammprodukt aufweisen, das einen maschinenlesbaren Träger umfasst, auf dem Programmcode gespeichert ist, der von der Maschine, insbesondere von einer Robotersteuerung des Roboters auslesbar ist, sodass die Maschine bzw. der Roboter ausbildet und/oder einrichtet ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen, wenn der Programmcode von der Maschine oder dem Roboter bzw. dessen Steuervorrichtung 1 ausgeführt wird.

Das Maschinenbewegungsprogramm MP, das insoweit ein Roboterprogramm sein kann, enthält Bewegungsanweisungen z.B. PTP1, PTP2, PTP3, PTP4, gemäß denen ein vorab definierter Bezugspunkt im Raum durch die Maschine bzw. den Roboterarm bewegt werden soll.

Ein Bahnplanungsprogramm BP der Steuervorrichtung 1, insbesondere der Bewegungssteuerung BS stellt Algorithmen, Modelle und/oder Rechenvorschriften bereit, die auf Grundlage der im Maschinenbewegungsprogramm MP enthaltenen Bewegungsanweisungen eine Bewegungstrajektorie T (Fig. 2) für den Bezugspunkt unmittelbar erstellen oder mittelbar dadurch erstellen, dass Bewegungsprofile, insbesondere Geschwindigkeitsprofile und/oder Beschleunigungsprofile achsbezogen oder kartesisch durch das Bahnplanungsprogramm BP generiert werden. Die entsprechenden Bewegungsprofile, insbesondere Geschwindigkeits-

profile und/oder Beschleunigungsprofile werden dann insbesondere in achsbezogener Form an eine Bewegungsausführung BA übergeben, welche ihrerseits die Antriebe d.h. die Motoren der Maschine oder des Roboterarms auf Antriebsebene mittels Antriebsregler AR ansteuern oder regeln. Insbesondere auf Ebene der Bahnsteuerung BAS kann eine Grobinterpolation GI der anzusteuernden Punkte stattfinden, wo hingegen bereits in der Bewegungsausführung BA und/oder in den Antriebsreglern AR eine weitere Feininterpolation FI durchgeführt werden kann.

Im Falle von Bewegungsanweisungen, die grundsätzlich mit asynchronen Achsbewegungen oder mit synchronen Achsbewegungen durchgeführt werden können, wird die Bahn der Trajektorie zwar nicht in ihrem genauen Bahnverlauf exakt geplant, allerdings findet insoweit eine Bewegungsplanung statt, bei der die Geschwindigkeitsprofile und/oder die Beschleunigungsprofile der einzelnen Achsbewegungen durchaus geplant werden, wodurch sich in Abhängigkeit des jeweiligen Startpunktes und des angenommenem Zielpunktes bzw. der angenommenen mehreren aufeinanderfolgenden Zielpunkten ein reproduzierbarer stetiger Bahnverlauf BV ergibt, wie dies durch Fig. 2 veranschaulicht ist. Wie bereits erwähnt, werden in einem Überschleifmodus die von den Bewegungsanweisungen definierten genauen Zielpunkte Z nicht exakt angefahren, sondern unter Vermeiden eines Anhaltens in einem parametrierbaren Abstandsbereich von dem jeweiligen Zielpunkt Z umfahren, um eine Bewegungstrajektorie BT mit einem stetigen Geschwindigkeitsverlauf zu erhalten.

In der Fig. 2 ist die Bewegungstrajektorie BT eine grafische Repräsentation des Verlaufs der Bewegung, die der Bezugspunkt im Raum durchläuft. Die Bewegungstrajektorie BT ist insoweit die Spur auf der sich der Bezugspunkt bewegt, wenn die Maschine oder der Roboter gemäß dem Maschinenbewegungsprogramm MP automatisch angesteuert wird.

Ein Bewegungstrajektorien-Abschnitt BA stellt im Allgemeinen eine Teilstrecke der gesamten Bewegungstrajektorie dar. Im Speziellen werden erfindungsgemäß unter den jeweiligen Bewegungstrajektorien-Abschnitten BA1,BA2, BA3 diejenigen Teile von mehreren möglichen Bewegungstrajektorien T2.1, T2.2, T2.3 verstanden, die im Maschinenbewegungsprogramm MP aufgrund der bedingten Programmabzweigung PA (Fig. 3 - Fig. 5) alternativ auftreten können (ALT1, ALT2), solange das für die bedingten Programmabzweigung PA auslösende Ereignis noch nicht stattgefunden hat und es deshalb noch nicht feststeht, welche der zwei oder mehreren möglichen Bewegungstrajektorien-Abschnitte BA1,BA2, BA3 tatsächlich zur Ausführung kommen.

Die Fig. 2 zeigt schematisch das Bestimmen des frühesten Zeitpunkts t1, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten t1, t2, t3 der beispielsweise drei alternativen zweiten Bewegungsanweisungen, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss. Dieses Verfahren erfolgt dadurch, dass für alle individuellen Überschleifbewegungen eine jeweilige Zeitdauer vorab parametriert ist, aus allen entsprechenden Zeitdauern der individuellen Überschleifbewegungen der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen der späteste Zeitpunkt herausselektiert wird, und auf Grundlage des momentanen Zeitpunkts t0 und der herausselektierten Zeitdauer t1 der späteste Zeitpunkt, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss, bestimmt wird.

Die Fig. 3 zeigt schematisch das grundlegende Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie BT eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine, wobei die Maschine Antriebe M1-M6 aufweist, die ausgebildet sind, den Bezugspunkt der Maschine im Raum zu bewegen und zwar angesteuert durch die Steuervorrichtung 1, die ausgebildet ist, die Antriebe M1-M6 der Maschine auf Grundlage der

automatisch erzeugten Bewegungstrajektorie BT als Führungsgröße mittels einer Ablaufsteuerung AL anzusteuern, wobei die Bewegungstrajektorie BT auf Grundlage wenigstens einer in einem Überschleifmodus auszuführenden ersten Bewegungsanweisung P1 und wenigstens einer der ersten Bewegungsanweisung P1 folgenden zweiten Bewegungsanweisung P2.1, P2.2 eines von der Steuervorrichtung 1 ausführenden Maschinenbewegungsprogramms MP mittels eines Bahnplanungsprogramms BP automatisch erzeugt wird, wobei im Maschinenbewegungsprogramm MP in Ablaufrichtung zwischen der ersten Bewegungsanweisung P1 und einer folgenden zweiten Bewegungsanweisung P2.1, P2.2 sich eine bedingte Programmabzweigung PA befindet, die in Abhängigkeit eines auslösenden Ereignisses eine erste Alternative ALT1 einer zweiten Bewegungsanweisung P2.1 oder wenigstens eine zweite Alternative ALT2 einer zweiten Bewegungsanweisung P2.2 vorgibt.

Das Verfahren umfasst die Schritte des Bestimmens der zwei oder mehreren Zielpunkte aller alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P3.1, P4.1 und P2.2, P3.2, P4.2, die gemäß der bedingten Programmabzweigung PA möglich sind,

- des Bestimmens des frühestens Zeitpunkts t1, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten t1, t2, t3 der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss,

- des Übermittelns des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung P1 und der zwei oder mehreren Zielpunkte der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 an ein Bahnplanungsprogramm BP, das unter Berücksichtigung des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung P1 den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 entspre-

chende wenigstens zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte T2.1, T2.2, T2.3 erstellt,

- wenn das auslösende Ereignis für die bedingte Programmabzweigung PA stattgefunden hat, Auswählen desjenigen vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts T2.1, welcher der dem auslösenden Ereignis entsprechenden alternativen zweiten Bewegungsanweisung P2.1 der bedingten Programmabzweigung PA entspricht, auf die aufgrund des auslösenden Ereignisses abgezweigt wird,

- des Übermittelns des ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts BA1 an die Ablaufsteuerung AL zum Ausführen einer Bewegung der Maschine derart, dass sich der Bezugspunkt der Maschine dem ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt BA1 entsprechend automatisch bewegt.

Wie aus Fig. 3 bis Fig. 5 ersichtlich kann die bedingte Programmabzweigung PA in wenigstens einer durch das auslösende Ereignis bestimmten Alternative z.B. ALT1 und/oder ALT2 außer einer zweiten Bewegungsanweisung P2.1, P2.2 zusätzlich beispielsweise eine dritte Bewegungsanweisung P3.1, P3.2 und eine vierte Bewegungsanweisung P4.1, P4.2 aufweisen.

Ein Bestimmen des frühesten Zeitpunkts t1, an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss, erfolgt dann aus allen Startzeitpunkten t1 und t2 der zwei alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2, zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, unter Einbeziehen der jeweils weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 zu der jeweiligen zweiten Bewegungsanweisung P2.1, P2.2.

Ein Übermitteln des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung P1 und der zwei oder mehreren Zielpunkte der zwei alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 und der jeweiligen weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 erfolgt dabei an das Bahnplanungsprogramm BP, wobei das Bahnplanungsprogramm BP unter Berücksichtigung des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung P1 den zwei alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 und den jeweils weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 entsprechende zwei vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte T2.1 und T2.2 erstellt.

Das Bahnplanungsprogramm BP kann somit eingerichtet sein, außer den zu überschleifenden ersten Stützpunkt der ersten Bewegungsanweisung P1, zusätzlich wenigstens einen zweiten Stützpunkt der zweiten Bewegungsanweisung P2.1 P2.2 und/oder jeden dritten oder weiteren Stützpunkt einer im Programmablauf folgenden, weiteren Bewegungsanweisung P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 überschleifend zu planen.

Die Fig. 4 und Fig. 5 zeigen eine Variante des Verfahren, gekennzeichnet durch automatisches oder manuelles Referenzieren im Maschinenbewegungsprogramm MP der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 und/oder der weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2, die der bedingten Programmabzweigung PA im Maschinenbewegungsprogramm MP in Ablaufrichtung folgen, in einer in Ablaufrichtung vor der Programmabzweigung PA auftretenden Bewegungsanweisung, insbesondere vor der ersten Bewegungsanweisung P1 oder in der ersten Bewegungsanweisung P1, die der bedingten Programmabzweigung PA im Maschinenbewegungsprogramm MP in Ablaufrichtung unmittelbar vorausgeht.

Die Fig. 4 zeigt, wie das Referenzieren dadurch erfolgt, dass das Maschinenbewegungsprogramm MP eine Zugriffsfunktion oder Zugriffsmethode Z aufweist, die formale Parameter umfassen, in welche die zu referenzierenden zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 und/oder weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 als aktuelle Parameter eingetragen werden, welche aktuellen Parameter virtuelle Rückgabewerte bilden, die durch das Maschinenbewegungsprogramm MP als virtuelle Aufrufparameter der zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 und/oder weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 vor ihrer eigentlichen Ausführung automatisch auslesbar machen.

Die Fig. 5 zeigt, wie das Referenzieren dadurch erfolgt, dass das Maschinenbewegungsprogramm MP über editierbare Bewegungsanweisungen A verfügt, die Attribute umfassen, in denen die Zielpunkte der zu referenzierenden zweiten Bewegungsanweisungen P2.1, P2.2 und/oder der weiteren Bewegungsanweisungen P3.1, P3.2 und P4.1, P4.2 als aktuelle Parameter der Bewegungsanweisung P1 manuell eingetragen werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum automatischen Erzeugen einer Bewegungstrajektorie (BT) eines Bezugspunktes einer automatisch anzusteuernden Maschine, wobei die Maschine Antriebe (M1-M6) aufweist, die ausgebildet sind, den Bezugspunkt der Maschine im Raum zu bewegen und zwar angesteuert durch eine Steuervorrichtung (1), die ausgebildet ist, die Antriebe (M1-M6) der Maschine auf Grundlage der automatisch erzeugten Bewegungstrajektorie (BT) als Führungsgröße mittels einer Bewegungssteuerung (BS) anzusteuern, wobei die Bewegungstrajektorie (BT) auf Grundlage wenigstens einer in einem Überschleifmodus auszuführenden ersten Bewegungsanweisung (P1) und wenigstens einer der ersten Bewegungsanweisung (P1) folgenden zweiten Bewegungsanweisung (P2.1, P2.2) eines von der Steuervorrichtung (1) ausführenden Maschinenbewegungsprogramms (MP) mittels eines Bahnplanungsprogramms (BP) automatisch erzeugt wird, wobei im Maschinenbewegungsprogramm (MP) in Ablaufrichtung zwischen der ersten Bewegungsanweisung (P1) und einer folgenden zweiten Bewegungsanweisung (P2.1, P2.2) sich eine bedingte Programmabzweigung (PA) befindet, die in Abhängigkeit eines auslösenden Ereignisses eine erste Alternative (ALT1) einer zweiten Bewegungsanweisung (P2.1) oder wenigstens eine zweite Alternative (ALT2) einer zweiten Bewegungsanweisung (P2.2, P2.3) vorgibt, aufweisend die Schritte:

   - Bestimmen von Eigenschaften der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.2, P2.3), die gemäß der bedingten Programmabzweigung (PA) möglich sind,

   - Bestimmen eines Zeitpunkts (t1), an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten (t1, t2, t3) der zwei oder mehreren al-

ternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2), zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss,

- Übermitteln der Eigenschaften der ersten Bewegungsanweisung (P1) und der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) an ein Bahnplanungsprogramm (BP), das unter Berücksichtigung des zu überschleifenden Stützpunktes der ersten Bewegungsanweisung (P1) den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) entsprechende wenigstens zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte (BA1, BA2, BA3) erstellt,

- wenn das auslösende Ereignis für die bedingte Programmabzweigung (PA) stattgefunden hat, Auswählen desjenigen vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts (BA1), welcher der dem auslösenden Ereignis entsprechenden alternativen zweiten Bewegungsanweisung (P2.1, P2.2) der bedingten Programmabzweigung (PA) entspricht, auf die aufgrund des auslösenden Ereignisses abgezweigt wird,

- Übermitteln des ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts (BA1) an die Bewegungsausführung(BA) zum Ausführen einer Bewegung der Maschine derart, dass sich der Bezugspunkt der Maschine dem ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt (BA1) entsprechend automatisch bewegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die bedingte Programmabzweigung (PA) in wenigstens einer durch das auslösende Ereignis bestimmten Alternative (ALT1, ALT2) außer einer zweiten Bewegungsanweisung (P2.1,P2.2) zusätzlich wenigstens eine weitere Bewegungsanweisung (P3.1,P3.2, P4.1, P4.2) aufweist und

- ein Bestimmen des Zeitpunkts (t1), an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1,P2.2), zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, erfolgt unter Einbeziehen der jeweils weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1,P3.2, P4.1, P4.2) zu der jeweiligen zweiten Bewegungsanweisung (P2.1,P2.2), und

- ein Übermitteln der Eigenschaften der zu überschleifenden ersten Bewegungsanweisung (P1) und der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und der jeweiligen weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) an das Bahnplanungsprogramm (BP) erfolgt, wobei das Bahnplanungsprogramm (BP) unter Berücksichtigung der Eigenschaften der zu überschleifenden ersten Bewegungsanweisung (P1), den zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und den jeweils weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) entsprechende wenigstens zwei oder mehrere vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitte (T2.1, T2.2, T2.3) erstellt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bahnplanungsprogramm (BP) eingerichtet ist, außer der zu überschleifenden ersten Bewegungsanweisung (P1), zusätzlich wenigstens eine zweite Bewegungsanweisung (P2.1, P2.2) und/oder jede dritte oder weitere im Programmablauf folgende Bewegungsanweisung (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) überschleifend zu planen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch automatisches oder manuelles Referenzieren im Maschinenbewegungsprogramm (MP) der zwei oder mehreren

alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und/oder der weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2), die der bedingten Programmabzweigung (PA) im Maschinenbewegungsprogramm (MP) in Ablaufrichtung folgen, in einer in Ablaufrichtung vor der Programmabzweigung (PA) auftretenden Bewegungsanweisung, insbesondere vor der ersten Bewegungsanweisung (P1) oder in der ersten Bewegungsanweisung (P1), die der bedingten Programmabzweigung (PA) im Maschinenbewegungsprogramm (MP) in Ablaufrichtung unmittelbar vorausgeht.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzieren dadurch erfolgt, dass das Maschinenbewegungsprogramm (MP) Zugriffsfunktionen (Z) oder Zugriffsmethoden (Z) aufweist, die formale Parameter umfassen, in welche die zu referenzierenden zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und/oder weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) als aktuelle Parameter eingetragen werden, welche aktuellen Parameter virtuelle Rückgabewerte bilden, die durch das Maschinenbewegungsprogramm (MP) als virtuelle Aufrufparameter der zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und/oder weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) vor ihrer eigentlichen Ausführung automatisch auslesbar machen.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzieren dadurch erfolgt, dass das Maschinenbewegungsprogramm (MP) über editierbare Bewegungsanweisungen (A) verfügt, die Attribute umfassen, in denen die Eigenschaften der zu referenzierenden zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und/oder der weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1,P3.2, P4.1, P4.2) als aktuelle Parameter der Bewegungsanweisungen manuell eingetragen werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen der Eigenschaften der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2, P3.1, P3.2, P4.1, P4.2), die gemäß der bedingten Programmabzweigung (PA) möglich sind, dadurch erfolgt, dass die in der ersten Bewegungsanweisung (P1) referenzierten zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) und/oder weiteren Bewegungsanweisungen (P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) aufgrund der Verweise in der ersten Bewegungsanweisung (P1) ausgelesen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen des Zeitpunkts (t1), an dem eine Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, aus allen Startzeitpunkten der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2), zu denen die jeweils individuelle Überschleifbewegung spätestens beginnen muss, dadurch erfolgt, dass für alle individuellen Überschleifbewegungen eine jeweilige Zeitdauer aus den Bahnparametern und den physikalischen Eigenschaften automatisch bestimmt wird, aus allen entsprechenden Zeitdauern (t1, t2, t3) der individuellen Überschleifbewegungen der zwei oder mehreren alternativen zweiten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2, P3.1, P3.2, P4.1, P4.2) die längste Zeitdauer herausselektiert wird, und auf Grundlage des momentanen Zeitpunkts und der herausselektierten längsten Zeitdauer der späteste Zeitpunkt (t1), an dem eine Überschleifbewegung beginnen muss, bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Übermitteln des ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitts (BA1) an die Bewegungssteuerung (BS) zum Ausführen einer Bewegung der Maschine

derart, dass sich der Bezugspunkt der Maschine dem ausgewählten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt (BA1) entsprechend automatisch bewegt, erst unmittelbar vor dem spätesten Zeitpunkt (t1) oder lediglich kurz vor dem spätesten Zeitpunkt (t1) ausgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abfragen und/oder ein Auswerten des auslösenden Ereignisses erst unmittelbar vor dem spätesten Zeitpunkt (t1) oder lediglich kurz vor dem spätesten Zeitpunkt (t1) ausgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass diejenigen Bewegungsanweisungen des Maschinenbewegungsprogramms (MP), die von dem an die Bewegungssteuerung (AB) zum Ausführen einer Bewegung der Maschine bereits übermittelten, vorausgeplanten Bewegungstrajektorien-Abschnitt (BA1) erfasst sind, automatisch mit einer Kennzeichnung versehen werden, derart, dass bei geplantem Erreichen dieser Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) während des Ablaufs des Maschinenbewegungsprogramms (MP) diese Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) nicht erneut an das Bahnplanungsprogramm (BP) übermittelt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei geplantem Erreichen der Bewegungsanweisungen während des Ablaufs des Maschinenbewegungsprogramms (MP), die mit der Kennzeichnung versehen sind, ein Übermitteln der Stützpunkte und/oder Zielpunkte dieser gekennzeichneten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) an das Bahnplanungsprogramm (BP) unterbunden wird und statt dessen derjenige vorausgeplante Bewegungstrajektorien-Abschnitt

(T2.1), welcher auf Grundlage dieser gekennzeichneten Bewegungsanweisungen (P2.1, P2.2) bereits erzeugt wurde, direkt an die Bewegungssteuerung (BS) übergeben wird.

13. Computerprogrammprodukt aufweisend einen maschinenlesbaren Träger, auf dem Programmcode gespeichert ist, der von einer Maschine auslesbar ist und der die Maschine ausbildet und/oder einrichtet, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen, wenn der Programmcode von der Maschine ausgeführt wird.

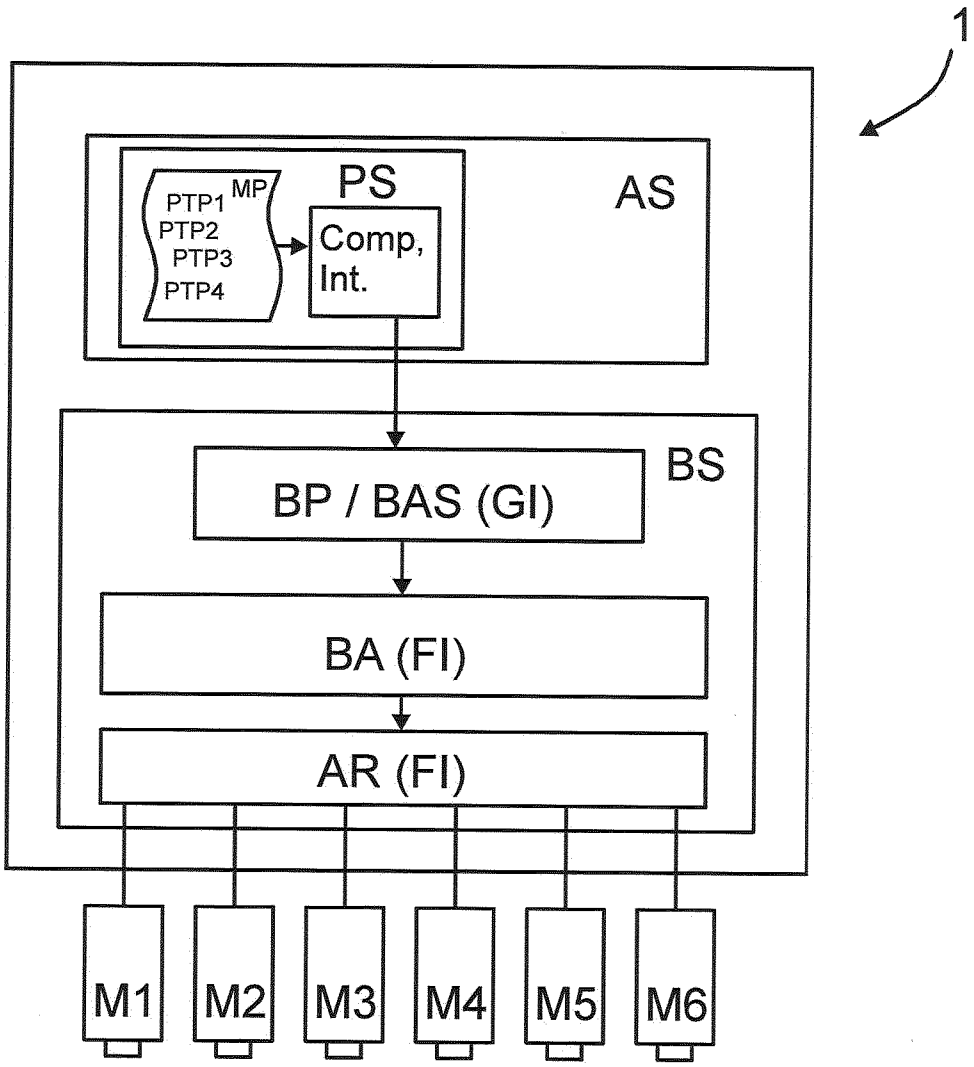

1
PS
AS
MP
PTP1
PTP2
PTP3
PTP4
Comp,
Int.
BS
BP / BAS (GI)
BA (FI)
AR (FI)
M1
M2
M3
M4
M5
M6

Fig. 1

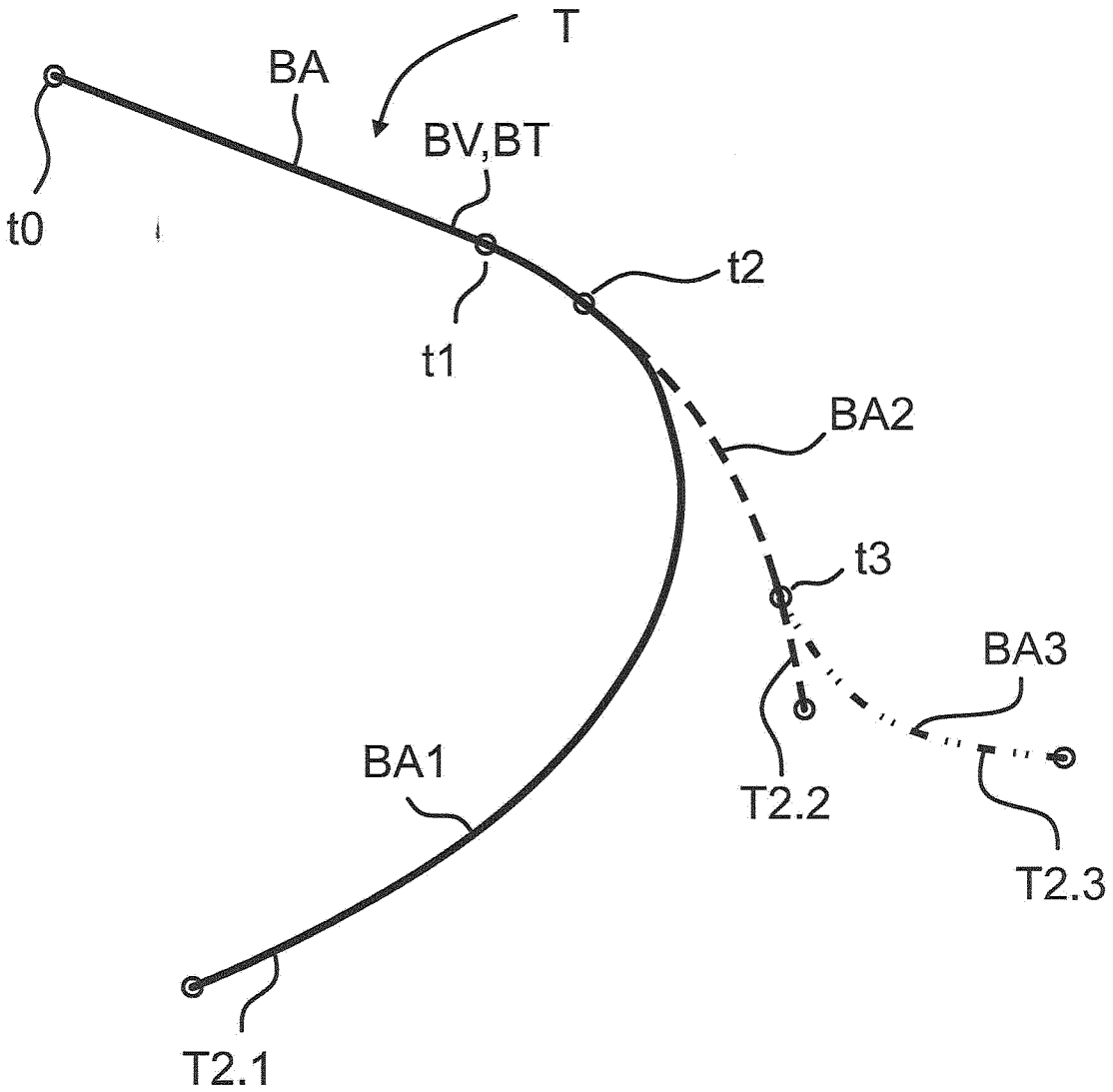


Fig. 2

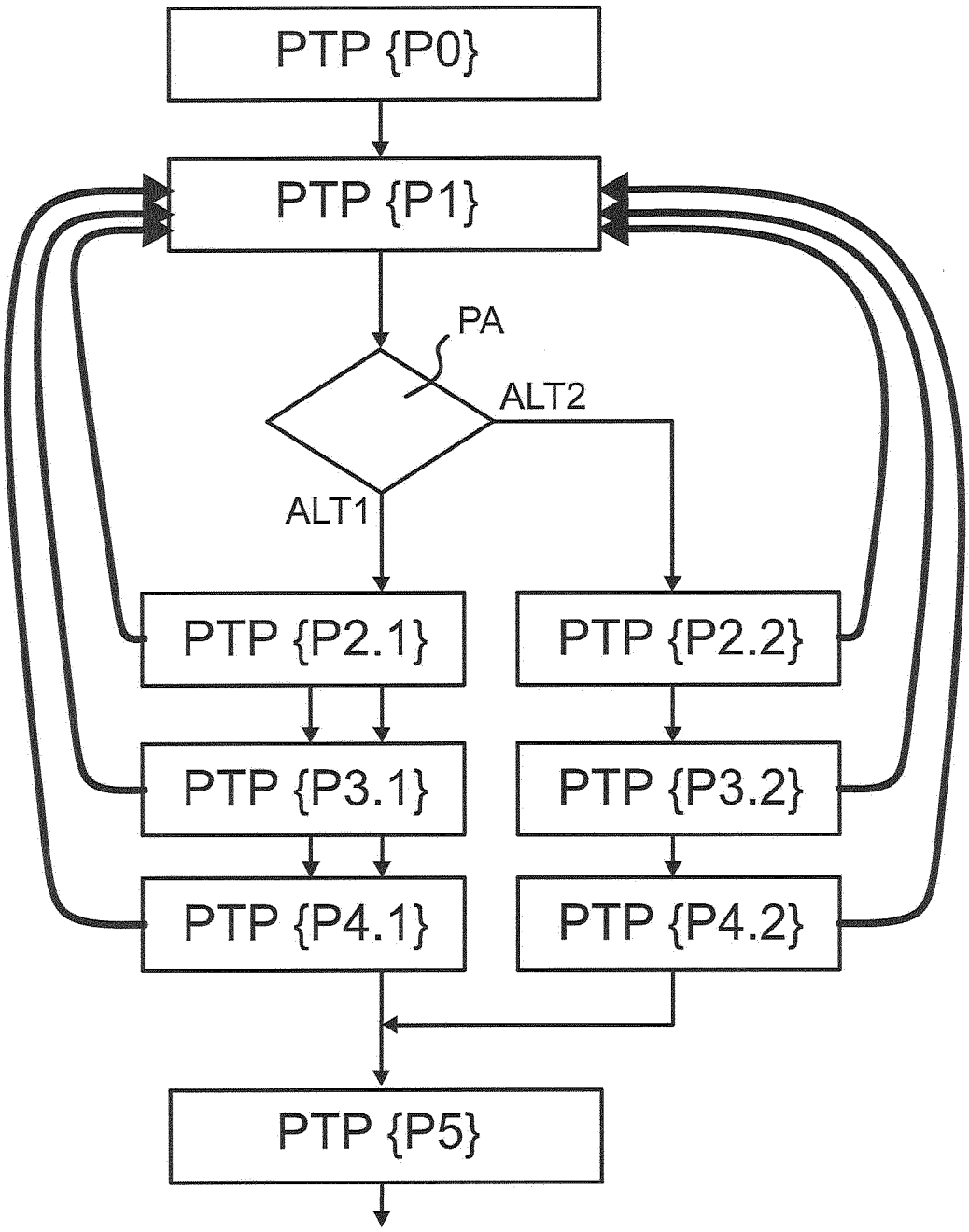

PTP {P0}
PTP {P1}
PA
ALT2
ALT1
PTP {P2.1}
PTP {P2.2}
PTP {P3.1}
PTP {P3.2}
PTP {P4.1}
PTP {P4.2}
PTP {P5}

Fig. 3

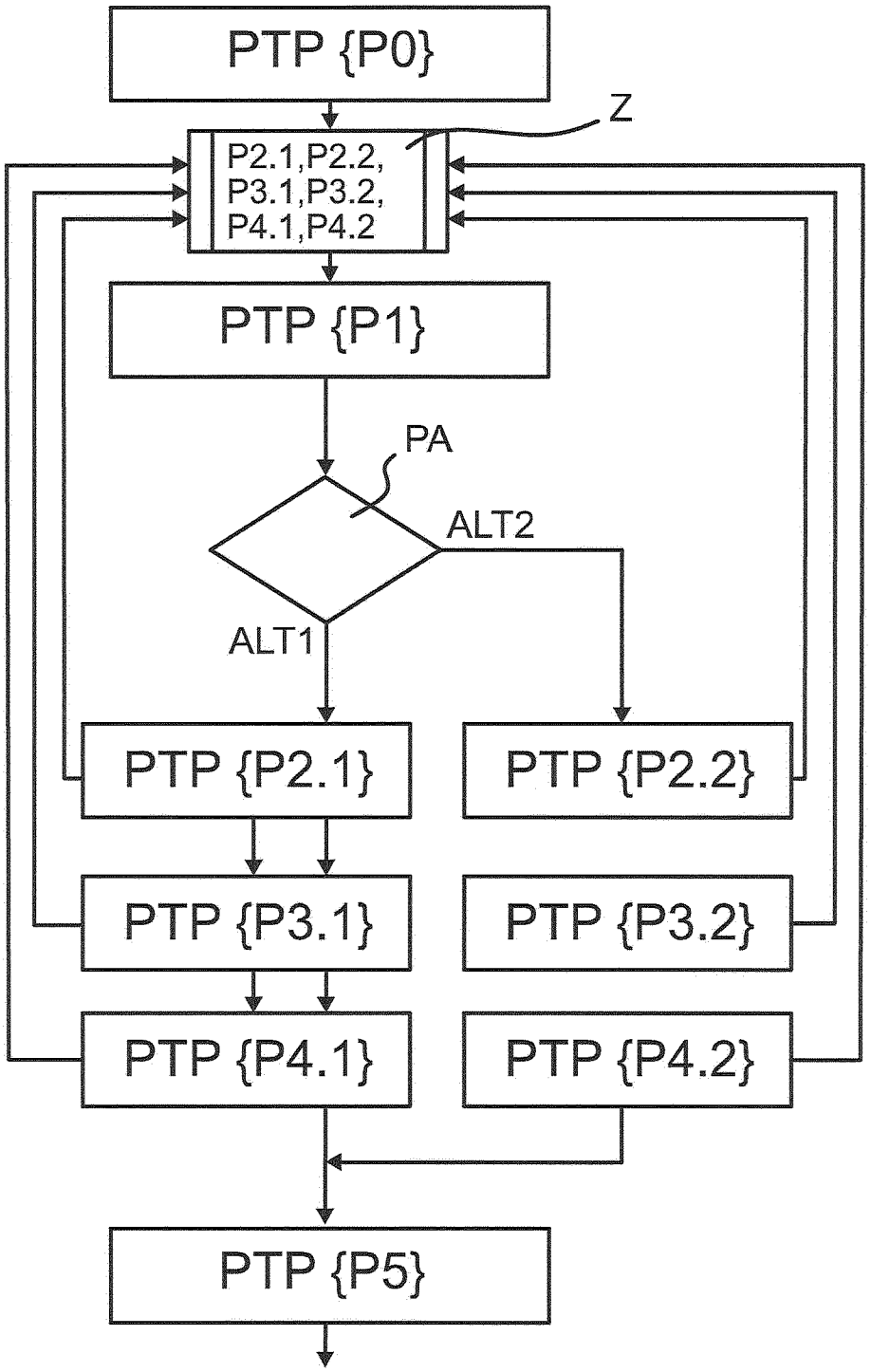

PTP {P0}
Z
P2.1,P2.2,
P3.1,P3.2,
P4.1,P4.2
PTP {P1}
PA
ALT2
ALT1
PTP {P2.1}
PTP {P2.2}
PTP {P3.1}
PTP {P3.2}
PTP {P4.1}
PTP {P4.2}
PTP {P5}

Fig. 4

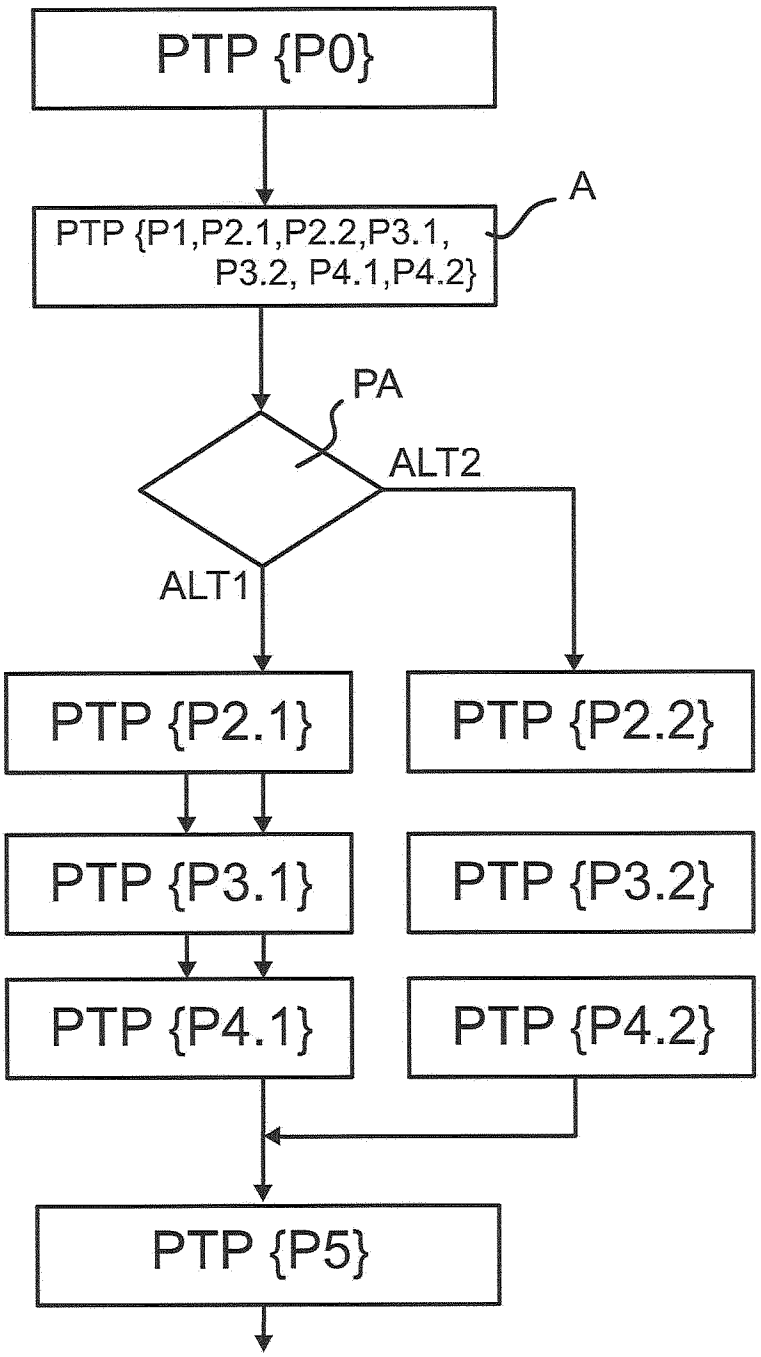

PTP {P0}
PTP {P1,P2.1,P2.2,P3.1,
P3.2, P4.1,P4.2}
A
PA
ALT2
ALT1
PTP {P2.1}
PTP {P2.2}
PTP {P3.1}
PTP {P3.2}
PTP {P4.1}
PTP {P4.2}
PTP {P5}

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2019/053689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 9/16(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B; B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2008119383 A1 (ABB TECHNOLOGY AB [SE]; ADNER ANDREAS [SE] ET AL.) 09 October 2008 (2008-10-09) abstract page 4, line 8 - page 11, line 2 page 12, line 7 - page 17, line 11 page 18, line 6 - page 21, line 17 page 22, line 4 - page 22, line 35 claims figures 1,2	1-13
X	WO 2015185049 A1 (ARTIMINDS ROBOTICS GMBH [DE]) 10 December 2015 (2015-12-10) abstract page 4, line 31 - page 5, line 16 page 7, line 16 - page 11, line 7 page 16, line 17 - page 21, line 6 page 22, line 14 - page 25, line 32 page 30, line 32 - page 33, line 27 figures 1,2	1-13

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08 May 2019	**16 May 2019**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Abbing, Ralf** Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2965873 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13 January 2016 (2016-01-13) abstract paragraph [0022] - paragraph [0023] paragraph [0005] - paragraph [0019] paragraph [0029] - paragraph [0030] claims figures	1,9,10,13
A	WO 0073967 A1 (BROOKS AUTOMATION INC [US]) 07 December 2000 (2000-12-07) abstract page 3, line 32 - column 5, line 35 page 20, line 28 - page 25, line 15 figures 11-58	1-13
A	Anonymous. "Operating manual: Introduction to RAPID - Controller Software IRC5, RobotWare 5.0" 01 January 2007 (2007-01-01), pages 1-56, Retrieved from the Internet: http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Tuotantoautomaat io/Robotiikka/Introduction_to_RAPID_3HAC029364-001 _rev-_en.pdf [retrieved on 2019-05-08] XP055586600 page 16 - page 18 page 23 - page 34	1-13
A	Anonymous. "Tutorial - Writing a Simple Pick and Place Application" 30 November 2012 (2012-11-30), pages 1-20, Retrieved from the Internet: http://wiki.ros.org/pr2_tabletop_manipulation_apps /Tutorials/Writing%20a%20Simple%20Pick%20and%20Pla ce%20Application [retrieved on 2015-01-29] XP055165710 the whole document	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2019/053689

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2008119383 A1	09 October 2008	AT 502734 T	15 April 2011
		EP 2129498 A1	09 December 2009
		WO 2008119383 A1	09 October 2008
WO 2015185049 A1	10 December 2015	CN 106457565 A	22 February 2017
		DE 102015204641 A1	03 December 2015
		EP 3013537 A1	04 May 2016
		JP 2017520415 A	27 July 2017
		KR 20160149290 A	27 December 2016
		US 2017190052 A1	06 July 2017
		WO 2015185049 A1	10 December 2015
EP 2965873 A1	13 January 2016	NONE	
WO 0073967 A1	07 December 2000	AU 5017800 A	18 December 2000
		CN 1399762 A	26 February 2003
		EP 1232464 A1	21 August 2002
		JP 5550201 B2	16 July 2014
		JP 6240377 B2	29 November 2017
		JP 2003507195 A	25 February 2003
		JP 2012232410 A	29 November 2012
		JP 2017035782 A	16 February 2017
		TW 448092 B	01 August 2001
		US 6216058 B1	10 April 2001
		WO 0073967 A1	07 December 2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/053689

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B25J9/16
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05B B25J

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2008/119383 A1 (ABB TECHNOLOGY AB [SE]; ADNER ANDREAS [SE] ET AL.) 9. Oktober 2008 (2008-10-09) Zusammenfassung Seite 4, Zeile 8 - Seite 11, Zeile 2 Seite 12, Zeile 7 - Seite 17, Zeile 11 Seite 18, Zeile 6 - Seite 21, Zeile 17 Seite 22, Zeile 4 - Seite 22, Zeile 35 Ansprüche Abbildungen 1,2 ----- -/--	1-13

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Mai 2019	16/05/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Abbing, Ralf

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2015/185049 A1 (ARTIMINDS ROBOTICS GMBH [DE]) 10. Dezember 2015 (2015-12-10) Zusammenfassung Seite 4, Zeile 31 - Seite 5, Zeile 16 Seite 7, Zeile 16 - Seite 11, Zeile 7 Seite 16, Zeile 17 - Seite 21, Zeile 6 Seite 22, Zeile 14 - Seite 25, Zeile 32 Seite 30, Zeile 32 - Seite 33, Zeile 27 Abbildungen 1,2	1-13
X	EP 2 965 873 A1 (SIEMENS AG [DE]) 13. Januar 2016 (2016-01-13) Zusammenfassung Absatz [0022] - Absatz [0023] Absatz [0005] - Absatz [0019] Absatz [0029] - Absatz [0030] Ansprüche Abbildungen	1,9,10, 13
A	WO 00/73967 A1 (BROOKS AUTOMATION INC [US]) 7. Dezember 2000 (2000-12-07) Zusammenfassung Seite 3, Zeile 32 - Spalte 5, Zeile 35 Seite 20, Zeile 28 - Seite 25, Zeile 15 Abbildungen 11-58	1-13
A	Anonymous: "Operating manual: Introduction to RAPID - Controller Software IRC5, RobotWare 5.0", , 1. Januar 2007 (2007-01-01), Seiten 1-56, XP55586600, Gefunden im Internet: URL:http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Tuotantoautomaatio/Robotiikka/Introduction_to_RAPID_3HAC029364-001_rev-_en.pdf [gefunden am 2019-05-08] Seite 16 - Seite 18 Seite 23 - Seite 34	1-13
A	Anonymous: "Tutorial - Writing a Simple Pick and Place Application", , 30. November 2012 (2012-11-30), Seiten 1-20, XP055165710, Gefunden im Internet: URL:http://wiki.ros.org/pr2_tabletop_manipulation_apps/Tutorials/Writing%20a%20Simple%20Pick%20and%20Place%20Application [gefunden am 2015-01-29] das ganze Dokument	1-13

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/053689

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2008119383 A1	09-10-2008	AT 502734 T	15-04-2011
		EP 2129498 A1	09-12-2009
		WO 2008119383 A1	09-10-2008
WO 2015185049 A1	10-12-2015	CN 106457565 A	22-02-2017
		DE 102015204641 A1	03-12-2015
		EP 3013537 A1	04-05-2016
		JP 2017520415 A	27-07-2017
		KR 20160149290 A	27-12-2016
		US 2017190052 A1	06-07-2017
		WO 2015185049 A1	10-12-2015
EP 2965873 A1	13-01-2016	KEINE	
WO 0073967 A1	07-12-2000	AU 5017800 A	18-12-2000
		CN 1399762 A	26-02-2003
		EP 1232464 A1	21-08-2002
		JP 5550201 B2	16-07-2014
		JP 6240377 B2	29-11-2017
		JP 2003507195 A	25-02-2003
		JP 2012232410 A	29-11-2012
		JP 2017035782 A	16-02-2017
		TW 448092 B	01-08-2001
		US 6216058 B1	10-04-2001
		WO 0073967 A1	07-12-2000