

(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

2. Februar 2017 (02.02.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/016641 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

B25J 9/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/001195

(22) Internationales Anmeldedatum:

11. Juli 2016 (11.07.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2015 009 892.6 30. Juli 2015 (30.07.2015) DE

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

(72) Erfinder: **PÉREZ SILVA, Ricardo**; Im Neufeld 28,
86169 Augsburg (DE).

(74) Anwalt: **SCHLOTTER, Alexander**; Wallinger Ricker
Schlotter Tostmann, Patent- und Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, Zweibrückenstraße 5-7, 80331
München (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, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, 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).

Veröffentlicht:

— mit einer Erklärung gemäss Artikel 17 Absatz 2 Buchstabe
a; ohne Zusammenfassung; Bezeichnung von der
Internationalen Recherchenbehörde nicht überprüft

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING A ROBOT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND SYSTEM ZUM STEUERN EINES ROBOTERS

(57) Abstract:

(57) Zusammenfassung:



WO 2017/016641 A2

Beschreibung**Verfahren und System zum Steuern eines Roboters**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zum Steuern eines Roboters sowie eine Roboteranordnung mit dem System und ein

5 Computerprogrammprodukt zur Durchführung des Verfahrens.

Insbesondere bei medizinischen Applikationen wie beispielsweise der robotergestützten Sonographie kann es wünschenswert sein, einen Kontakt des Roboters bzw. robotergeführten medizinischen Geräts zu erfassen und anschließend ein Kraftfeedback an einem haptischen Eingabegerät des Roboters zur Verfügung zu

10 stellen.

F. Dimeas et al., „Human-robot collision detection and identification based on fuzzy and time series modelling“, Robotica, 9. Mai 2014 schlagen zur Kollisionserfassung von Robotern zwei verschiedene Verfahren vor: nach einem Verfahren ermittelt ein Fuzzy-Inferenz-System („fuzzy inference system“, FIS) aus einem Positionsfehler,

15 einer kommandierten Geschwindigkeit und den an Gelenken gemessenen Gesamtdrehmomenten gelenkweise externe Gelenkmomente, da die Ermittlung externer Kräfte aus einem dynamischen Modell des Roboters problematisch sei. Nach einem anderen Verfahren ermittelt ein autoregressives Modell („AutoRegressive “ AR), wiederum ohne dynamisches Modell des Roboters, Gelenkdrehmomente, wobei eine

20 Kollision auf Basis einer Abweichung der von dem AR vorhergesagten von den gemessenen Gelenkdrehmomenten erfasst wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Steuerung eines Roboters zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

25 Ansprüche 7 bis 9 stellen ein System bzw. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines hier beschriebenen Verfahrens bzw. eine Roboteranordnung mit einem hier beschriebenen System unter Schutz. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zum Steuern eines Roboters, insbesondere einer medizinischen Applikation, die Schritte:

- Ermitteln einer Kollisions-Kraft auf Basis einer modellgestützt ermittelten externen Kraft, die aus einer externen Belastung des Roboters resultiert, eines
5 Positionsfehlers des Roboters und einer Pose und/oder Geschwindigkeit des Roboters; und
- Erfassen einer Kollision des Roboters auf Basis dieser Kollisions-Kraft.

Ein System zum Steuern eines Roboters, insbesondere einer medizinischen Applikation, nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist, insbesondere
10 hard- und/oder software-, insbesondere programmtechnisch, zur Durchführung eines hier beschriebenen Verfahrens eingerichtet und/oder weist auf:

- Mittel zum Ermitteln einer Kollisions-Kraft auf Basis einer modellgestützt ermittelten externen Kraft, die aus einer externen Belastung des Roboters resultiert, eines Positionsfehlers des Roboters und einer Pose und/oder
15 Geschwindigkeit des Roboters; und
- Mittel zum Erfassen einer Kollision des Roboters auf Basis dieser Kollisions-Kraft,

Hierdurch kann in einer Ausführung eine Kollision eines Roboters vorteilhaft erfasst werden. Insbesondere kann durch die Berücksichtigung einer modellgestützt ermittelten externen Kraft, die aus einer externen Belastung des Roboters resultiert,
20 anstelle einer gemessenen G(esamtg)elenkkraft die Erfassung verbessert werden, insbesondere durch ein Fuzzy-System, das dann nicht mehr die Funktionalität eines Modells zur Ermittlung der externen Kraft mit erfüllen muss.

Der Roboter weist in einer Ausführung wenigstens sechs, insbesondere wenigstens sieben, aktudierbare bzw. aktuierte Gelenke auf. In einer Ausführung, in der eine
25 medizinische Applikation des Roboters gesteuert wird, führt er ein medizinisches Instrument, insbesondere einen Ultraschallkopf oder dergleichen.

Zur kompakteren Darstellung wird vorliegend auch ein antiparalleles Kräftepaar bzw. Drehmoment verallgemeinernd als Kraft bezeichnet. Eine Kraft, insbesondere die ermittelte Kollisions-Kraft, die modellgestützt ermittelte externe Kraft und/oder eine
30 nachfolgend erläuterte Feedback-Kraft, kann insbesondere eine kartesische Kraft mit Komponenten in einer oder mehreren kartesischen Richtungen insbesondere eines

inertialen bzw. roboterbasisfesten oder roboterendgliedfesten Koordinatensystems umfassen, insbesondere sein.

Ein Positionsfehler hängt in einer Ausführung von einer Abweichung zwischen einer tatsächlichen, insbesondere gemessenen, Pose des Roboters und einer Soll-,
5 insbesondere kommandierten, Pose des Roboters ab, insbesondere von einer Abweichung zwischen einer tatsächlichen und einer Soll-Lage und/oder -Orientierung einer roboterfesten Referenz, insbesondere des TCPs, er kann insbesondere die Abweichung angeben bzw. sein.

Eine Pose des Roboters hängt in einer Ausführung von der Stellung seiner Gelenke,
10 insbesondere Antriebe, und/oder der Lage und/oder Orientierung einer roboterfesten Referenz, insbesondere des TCPs, ab, sie kann diese insbesondere angeben bzw. sein. Verallgemeinernd wird vorliegend somit zur kompakteren Darstellung insbesondere auch eine Lage und/oder Orientierung einer roboterfesten Referenz, insbesondere des TCPs, als Pose des Roboters verstanden.

Entsprechend hängt in einer Ausführung eine Geschwindigkeit des Roboters von der Geschwindigkeit seiner Gelenke, insbesondere Antriebe, und/oder der
15 translatorischen und/oder rotatorischen Geschwindigkeit einer roboterfesten Referenz, insbesondere des TCPs, ab, sie kann diese insbesondere angeben bzw. sein. Verallgemeinernd wird vorliegend somit zur kompakteren Darstellung insbesondere
20 auch eine Geschwindigkeit einer roboterfesten Referenz als Geschwindigkeit des Roboters verstanden.

In einer Ausführung umfasst das Verfahren, insbesondere sein Schritt eines Ermitteln einer Kollisions-Kraft, die Schritte:

- Ermitteln (jeweils) eines oder mehrerer, insbesondere wenigstens zweier,
25 insbesondere wenigstens dreier, Zugehörigkeitsgrade einer oder mehrerer Komponenten der modellgestützt ermittelten externen Kraft, (jeweils) eines oder mehrerer, insbesondere wenigstens zweier, insbesondere wenigstens dreier, Zugehörigkeitsgrade einer oder mehrerer Komponenten des Positionsfehlers des Roboters und (jeweils) eines oder mehrerer, insbesondere wenigstens zweier,
30 insbesondere wenigstens dreier, Zugehörigkeitsgrade einer oder mehrerer

Komponenten der Pose und/oder Geschwindigkeit des Roboters auf Basis von einer Fuzzy-Menge bzw. Zugehörigkeitsfunktionen eines Fuzzy-Systems; und

- Ermitteln einer oder mehrerer Komponenten der Kollisions-Kraft auf Basis des Fuzzy-Systems in Abhängigkeit von diesen Zugehörigkeitsgraden.

5 Entsprechend weist das System, insbesondere sein Mittel zum Ermitteln einer Kollisions-Kraft, in einer Ausführung auf:

- Mittel zum Ermitteln (jeweils) eines oder mehrerer, insbesondere wenigstens zweier, insbesondere wenigstens dreier, Zugehörigkeitsgrade einer oder mehrerer Komponenten der modellgestützt ermittelten externen Kraft, (jeweils) eines oder
10 mehrerer, insbesondere wenigstens zweier, insbesondere wenigstens dreier, Zugehörigkeitsgrade einer oder mehrerer Komponenten des Positionsfehlers des Roboters und (jeweils) eines oder mehrerer, insbesondere wenigstens zweier, insbesondere wenigstens dreier, Zugehörigkeitsgrade einer oder mehrerer
15 Komponenten der Pose und/oder Geschwindigkeit des Roboters auf Basis von Zugehörigkeitsfunktionen eines Fuzzy-Systems; und
- Mittel zum Ermitteln einer oder mehrerer Komponenten der Kollisions-Kraft auf Basis des Fuzzy-Systems in Abhängigkeit von diesen Zugehörigkeitsgraden.

Ein Zugehörigkeitsgrad kann in an sich bekannter Weise auf Basis einer Zugehörigkeitsfunktion des Fuzzy-Systems ermittelt werden. Mit anderen Worten

- 20 werden die Komponente(n) der modellgestützt ermittelten externen Kraft, des Positionsfehlers, der Pose und/oder Geschwindigkeit fuzzifiziert und aus diesen fuzzifizierten Größen bzw. Zugehörigkeitsgraden insbesondere regelbasiert durch das Fuzzy-System die, insbesondere wieder defuzzifizierten, Komponente(n) der Kollisions-Kraft ermittelt. Hierzu wird ergänzend insbesondere auf die eingangs
25 genannte Veröffentlichung F. Dimeas et al., „Human-robot collision detection and identification based on fuzzy and time series modelling“, Robotica, 9. Mai 2014, Bezug genommen und deren Inhalt vollumfänglich in die vorliegende Offenbarung einbezogen. Beispielsweise kann eine erste Zugehörigkeitsfunktion einer Komponente der modellgestützt ermittelten externen Kraft/des Positionsfehlers/der
30 Pose/Geschwindigkeit (jeweils) einen Zugehörigkeitsgrad zu einer ersten Fuzzy-Menge, z.B. „klein“ und einen weiteren Zugehörigkeitsgrad zu einer zweiten Fuzzy-Menge, z.B. „groß“, zuordnen, gegebenenfalls auch einen oder mehrere weitere Zugehörigkeitsgrade zu weiteren Fuzzy-Mengen, z.B. „mittel“ o.ä.

Das Fuzzy-System ist in einer Ausführung ein FIS („fuzzy inference system“), insbesondere nach Sugeno oder Mamdani. Es umfasst in einer Ausführung die Zugehörigkeitsfunktionen, die die Eingangsgrößen auf Zugehörigkeitsgrade abbilden bzw. fuzzifizieren, Regeln bzw. eine Regelbasis, die die fuzzifizierten Eingangsgrößen auf Ausgangsgrößen abbilden, und/oder (inverse) Zugehörigkeitsfunktionen, die die fuzzifizierten Ausgangsgrößen defuzzifizieren. In einer Ausführung wertet das FIS seinen Ausgang durch Gewichtung der Regelbasis mit den Zugehörigkeitsgraden aus. Diese Gewichtung kommt anschließend in eine andere Fuzzy-Menge zur Defuzzifizierung und daraus ergibt sich der Ausgang des FIS (Mamdani). In einer anderen Ausführung (Sugeno) wird die Defuzzifizierung mittels der Gewichtung der Regelbasis und mittels der Auswertung einer linearen Funktion der Eingangsgrößen ausgeführt.

Es hat sich überraschend herausgestellt, dass ein Fuzzy-System mit den genannten Eingangsgrößen externe Kraft, Positionsfehler und Pose bzw. Geschwindigkeit besonders vorteilhaft zur Erfassung von Kollisionen ist, da hierdurch insbesondere nicht kollisionsbedingte Variationen in der externen Kraft vorteilhaft gefiltert werden können.

In einer Ausführung wird eine Komponente der Kollisions-Kraft in wenigstens einer ersten Richtung (jeweils) in Abhängigkeit von einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente der modellgestützt ermittelten externen Kraft in dieser ersten Richtung, einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente des Positionsfehlers des Roboters in dieser ersten Richtung und/oder einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Position einer roboterfesten Referenz in dieser ersten Richtung ermittelt.

Entsprechend umfasst in einer Ausführung das System bzw. dessen Mittel zum Ermitteln wenigstens einer Komponente der Kollisions-Kraft Mittel zum Ermitteln einer Komponente der Kollisions-Kraft in wenigstens einer ersten Richtung (jeweils) in Abhängigkeit von einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente der modellgestützt ermittelten externen Kraft in dieser ersten Richtung, einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente des Positionsfehlers des Roboters in dieser ersten Richtung und/oder einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Position einer roboterfesten Referenz in dieser ersten Richtung.

Eine erste Richtung kann insbesondere eine roboter(glied)- oder raumfeste und/oder kartesische Richtung, insbesondere des Arbeitsraums der Roboters, sein. In einer Ausführung ist eine erste Richtung die vertikale Richtung, eine horizontale Richtung oder eine gegen die Vertikale und die Horizontale geneigte Richtung. In einer

5 Ausführung ist eine erste Richtung eine Kollisionsrichtung, insbesondere eine voraussichtliche und/oder Hauptkollisionsrichtung, und/oder senkrecht zu einer potentiellen, insbesondere vorgegebenen, Kollisionsebene. Beispielsweise ist bei einer sonographischen Untersuchung eines horizontal liegenden Patienten die Vertikale die voraussichtliche Hauptkollisionsrichtung.

10 Es hat sich herausgestellt, dass für eine vorteilhafte Ermittlung einer Komponente der Kollisions-Kraft in bestimmten Richtungen, insbesondere in einer (Haupt)Kollisionsrichtung, vorteilhaft neben dem Positionsfehler und der Komponente der externen Kraft die Position einer roboterfesten Referenz in dieser Richtung besonderes geeignet ist.

15 Zusätzlich oder alternativ wird in einer Ausführung eine Komponente der Kollisions-Kraft in wenigstens einer zweiten Richtung (jeweils) in Abhängigkeit von einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente der modellgestützt ermittelten externen Kraft in dieser zweiten Richtung, einem oder mehreren

20 Zugehörigkeitsgraden einer Komponente des Positionsfehlers des Roboters in dieser zweiten Richtung und/oder einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Geschwindigkeit einer roboterfesten Referenz in dieser zweiten Richtung, ermittelt.

Entsprechend umfasst in einer Ausführung das System bzw. dessen Mittel zum Ermitteln wenigstens einer Komponente der Kollisions-Kraft zusätzlich oder alternativ Mittel zum Ermitteln einer Komponente der Kollisions-Kraft in wenigstens einer

25 zweiten Richtung (jeweils) in Abhängigkeit von einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente der modellgestützt ermittelten externen Kraft in dieser zweiten Richtung, einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Komponente des Positionsfehlers des Roboters in dieser zweiten Richtung und/oder einem oder mehreren Zugehörigkeitsgraden einer Geschwindigkeit einer

30 roboterfesten Referenz in dieser zweiten Richtung.

Es hat sich herausgestellt, dass für eine vorteilhafte Ermittlung einer Komponente der Kollisions-Kraft in bestimmten Richtungen, insbesondere schräg zu einer (Haupt)Kollisionsrichtung, vorteilhaft neben dem Positionsfehler und der Komponente der externen Kraft die Geschwindigkeit einer roboterfesten Referenz in dieser, insbesondere zur (Haupt)Kollisionsrichtung geneigten, Richtung besonderes geeignet ist.

Die zweite Richtung kann insbesondere eine roboter(glied)- oder raumfeste und/oder kartesische Richtung, insbesondere des Arbeitsraums der Roboters, sein. In einer Ausführung ist die zweite Richtung eine horizontale Richtung, die vertikale Richtung oder eine gegen die Vertikale und die Horizontale geneigte Richtung. In einer Ausführung ist die zweite Richtung zu der ersten Richtung geneigt, insbesondere senkrecht zu dieser. In einer Ausführung sind zwei zweite Richtungen zueinander senkrecht und/oder zwei erste Richtungen zueinander senkrecht.

In einer Ausführung wird bzw. ist das Fuzzy-System, insbesondere eine oder mehrere seiner Zugehörigkeitsfunktionen und/oder Regeln und/oder seiner linearen Funktion, mittels eines neuronalen Netzes parametrisiert, insbesondere auf Basis der Methode der kleinsten Fehlerquadrate und/oder der Methode der Rückwärtspropagierung absteigenden Gradients.

Entsprechend umfasst in einer Ausführung das System Mittel zum Parametrisieren des Fuzzy-Systems, insbesondere eines oder mehrerer seiner Zugehörigkeitsfunktionen und/oder Regeln, mittels eines neuronalen Netzes, insbesondere auf Basis der Methode der kleinsten Fehlerquadrate und/oder der Methode der Rückwärtspropagierung absteigenden Gradients.

Hierdurch kann in einer Ausführung das Verfahren bzw. System vorteilhaft, insbesondere rasch, autonom und/oder robust, an unterschiedliche Roboter und/oder Applikationen angepasst werden.

In einer Ausführung wird die externe Kraft modellgestützt auf Basis eines dynamischen Modells des Roboters ermittelt. Entsprechend umfasst in einer Ausführung das System Mittel zum modellgestützten Ermitteln der externen Kraft auf Basis eines dynamischen Modells des Roboters.

Das dynamische Modell bildet in einer Ausführung eine Pose, Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung des Roboters und auf diesen wirkende Kräfte aufeinander ab, insbesondere entsprechend einer Relation $M(q) \cdot d^2q/dt^2 + h(q, dq/dt) = T_{\text{mot}} - T_e$ mit der Massenmatrix M , den Gelenkkoordinaten oder der Lage und Orientierung

- 5 einer roboterfesten Referenz q bzw. deren Zeitableitungen, dem Kraftvektor h , den Antriebskräften T_{mot} und den externen Kräften T_e . Es kann gleichermaßen im kartesischen oder Gelenkkoordinatenraum implementiert sein. Die Antriebskräfte T_{mot} und/oder der Vektor q und dessen Zeitableitungen können insbesondere mittels Sensoren erfasst bzw. –mittelt werden.

- 10 Wie vorstehend erwähnt, kann insbesondere die Kombination einer modellgestützten Ermittlung von externen Kräften auf Basis eines dynamischen Modells mit der Ermittlung einer Kontakt-Kraft auf Basis dieser externen Kräfte auf Basis eines bzw. durch ein Fuzzy-System(s) eine Erfassung einer Kollision verbessern.

- Alternativ oder zusätzlich, insbesondere dem dynamischen Modell nachgeschaltet,
15 kann ein (zeit)prädiktives Modell, insbesondere ein autoregressives Modell insbesondere ein AR-Modell, vorgesehen sein, um die externen Kräfte modellgestützt zu ermitteln. Hierdurch kann insbesondere vorteilhaft eine Zeitverzögerung durch das Fuzzy-System, wenigstens teilweise, kompensiert werden.

- Entsprechend wird in einer Ausführung die externe Kraft auf Basis eines prädiktiven
20 Modells, insbesondere eines autoregressiven Modells ermittelt. Entsprechend umfasst in einer Ausführung das System Mittel zum modellgestützten Ermitteln der externen Kraft auf Basis eines prädiktiven Modells, insbesondere eines autoregressiven Modells.

- Das prädiktive Modell bildet in einer Ausführung eine externe Kraft, die in einer
25 Ausführung auf Basis des dynamischen Modells ermittelt worden ist, auf eine (vorausgesagte) externe Kraft ab. Auch zu einem prädiktiven Modell wird ergänzend insbesondere auf die eingangs genannte Veröffentlichung F. Dimeas et al., „Human-robot collision detection and identification based on fuzzy and time series modelling“, Robotica, 9. Mai 2014, Bezug genommen und deren Inhalt vollumfänglich in die
30 vorliegende Offenbarung einbezogen.

In einer Ausführung wird nach Erfassen einer Kollision auf Basis der Kollisions-Kraft in eine andere Ermittlung umgeschaltet, um eine Feedback-Kraft zu ermitteln, wobei diese andere Ermittlung in einer Ausführung auch schon parallel zur Ermittlung der Kollisions-Kraft durchgeführt werden kann, um das Umschalten zu verbessern, insbesondere eine hierdurch bedingte Verzögerung zu reduzieren.

Entsprechend wird in einer Ausführung eine Feedback-Kraft nach Erfassen einer Kollision des Roboters ohne das Fuzzy-System und/oder das prädiktive Modell auf Basis eines, insbesondere desselben, dynamischen Modells des Roboters ermittelt.

Entsprechend weist das System in einer Ausführung Mittel zum Umschalten nach Erfassen einer Kollision auf Basis der Kollisions-Kraft in eine andere Ermittlung, um eine Feedback-Kraft zu ermitteln, bzw. Mittel zum Ermitteln einer Feedback-Kraft nach Erfassen einer Kollision des Roboters ohne das Fuzzy-System und/oder das prädiktive Modell auf Basis eines, insbesondere desselben, dynamischen Modells des Roboters auf.

Die Feedback-Kraft ist in einer Ausführung eine Feedback-Kraft eines haptischen Eingabegeräts des Roboters bzw. eine Kraft, die, insbesondere durch wenigstens einen Aktuator, auf ein Bedienelement eines Eingabegeräts des Roboters aufgebracht wird, um einem Bediener ein Kraftfeedback eines Kontakts des Roboters, insbesondere eines von diesem geführten Werkzeugs, insbesondere medizinischen Instruments, zu vermitteln. Entsprechend weist in einer Ausführung das System bzw. die Roboteranordnung ein haptisches Eingabegerät und Mittel zum Aufprägen der Feedback-Kraft auf ein Bedienelement des Eingabegeräts, um einem Bediener ein Kraftfeedback eines Kontakts des Roboters, insbesondere eines von diesem geführten Werkzeugs, insbesondere medizinischen Instruments, zu vermitteln, auf.

Durch die Umschaltung nach Erfassen des Kontakts bzw. die Ermittlung der Feedback-Kraft ohne Fuzzy-System und/oder prädiktives Modell, können in einer Ausführung vorteilhaft Verfälschungen, insbesondere Filterungen, der Kraft, die zum Erfassen einer Kollision zweckmäßig sein können, reduziert und so ein Kraftfeedback verbessert werden.

Zusätzlich oder alternativ kann die Feedback-Kraft vor Erfassen einer Kollision des Roboters auf Basis der ermittelten Kollisions-Kraft, wenigstens im Wesentlichen, gleich Null sein. Auch hierdurch kann ein Kraftfeedback verbessert werden.

- Alternativ kann die Feedback-Kraft in einer Ausführung vor Erfassen einer Kollision des Roboters auch auf Basis der ermittelten Kollisions-Kraft ermittelt werden, insbesondere dieser entsprechen.

Eine Roboteranordnung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung umfasst einen bzw. den Roboter und ein hier beschriebenes System zum Steuern des Roboters.

- Ein Mittel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann hard- und/oder softwaretechnisch ausgebildet sein, insbesondere eine, insbesondere mit einem Speicher- und/oder Bussystem daten- bzw. signalverbundene, insbesondere digitale, Verarbeitungs-, insbesondere Mikroprozessoreinheit (CPU) und/oder ein oder mehrere Programme oder Programmmodule aufweisen. Die CPU kann dazu ausgebildet sein, Befehle, die als ein in einem Speichersystem abgelegtes Programm implementiert sind, abzuarbeiten, Eingangssignale von einem Datenbus zu erfassen und/oder Ausgangssignale an einen Datenbus abzugeben. Ein Speichersystem kann ein oder mehrere, insbesondere verschiedene, Speichermedien, insbesondere optische, magnetische, Festkörper- und/oder andere nicht-flüchtige Medien aufweisen. Das Programm kann derart beschaffen sein, dass es die hier beschriebenen Verfahren verkörpert bzw. auszuführen imstande ist, sodass die CPU die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit insbesondere den Roboter betreiben bzw. steuern kann.

- In einer Ausführung werden einer oder mehrere der hier beschriebenen Schritte wenigstens teilweise automatisiert, insbesondere durch das hier beschriebene System bzw. dessen Mittel, ausgeführt.

- Die Erfindung ist insbesondere bei medizinischen Applikationen, in denen ein robotergeführtes medizinisches Instrument einen Patienten temporär kontaktiert, insbesondere bei robotergestützter Sonographie oder anderen bildgebenden Verfahren, vorteilhaft, so dass diese eine bevorzugte Verwendung darstellen und für

die daher insbesondere Schutz beansprucht wird. Denn hier ist insbesondere eine zuverlässige, frühzeitige und/oder sanfte Erfassung eines Kontakts und/oder ein anschließendes präzises Kraftfeedback wichtig. Sie kann jedoch gleichermaßen auch bei anderen Applikationen verwendet werden und ist daher nicht auf medizinische Applikationen beschränkt.

Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert,:

Fig. 1: eine Roboteranordnung mit einem Roboter und einem System zum Steuern des Roboters nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2: den Ablauf eines Verfahrens nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

Fig. 1 zeigt eine Roboteranordnung mit einem Roboter 30, der einen Ultraschallkopf 31 führt, und einem System zum Steuern des Roboters 30 bzw. einer medizinischen Applikation des Roboters in Form einer Robotersteuerung 10, die mit einem haptischen Eingabegerät 20 zum Steuern des Roboters 30 kommuniziert bzw. signalverbunden ist.

Die Robotersteuerung 10 führt ein nachfolgend mit Bezug auf Fig. 1, 2 erläutertes Verfahren nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung aus und weist hierzu ein entsprechendes Computerprogrammprodukt auf.

In einem ersten Schritt S10 ermittelt die Steuerung 10 aus Gelenkwinkeln und Antriebskräften, insbesondere Drehmomenten, des Roboters 30 auf Basis eines dynamischen Modells 11 des Roboters 30 eine externe Kraft F_e , die aus einer externen Belastung des Roboters resultiert. Hierzu werden von den aus dem dynamischen Modell auf Basis der Gelenkwinkel und ihrer Zeitableitungen bestimmten Gesamtgelenkkraften die Antriebskräfte abgezogen und diese Differenz mittels der Jacobimatrix in den kartesischen Raum projiziert, in dem die Kraft F_e drei Komponenten in x-, y- und z-Richtung eines Koordinatensystems aufweist, dessen z-Achse vertikal bzw. entgegen der Gravitationsrichtung orientiert ist.

Anschließend wird in einem Schritt S20 aus dieser auf Basis des dynamischen Modells 11 ermittelten externen Kraft F_e durch ein ARMA-Modell 12 komponentenweise eine voraussichtliche externe Kraft $[F'_{e,x}, F'_{e,y}, F'_{e,z}]$ ermittelt.

- 5 Somit wird auf Basis des dynamischen Modells 11 und des prädiktiven Modells 12 modellgestützt eine externe Kraft $[F'_{e,x}, F'_{e,y}, F'_{e,z}]$ ermittelt, die aus einer externen Belastung des Roboters 30 resultiert.

- 10 In einem nächsten Schritt S30 werden für die Komponenten $F'_{e,x}$, $F'_{e,y}$ und $F'_{e,z}$ dieser externen Kraft jeweils durch FIS 13X, 13Y bzw. 13Z, die Subsysteme eines FIS 13 bilden, Zugehörigkeitsgrade B auf Basis von Zugehörigkeitsfunktionen B_i des Fuzzy-Systems 13 ermittelt, wie dies in Fig. 1 schematisiert angedeutet ist.

- 15 In analoger Weise werden in Schritt S30 in den Subsystemen 13X, 13Y auch für horizontale Komponenten Δx , Δy eines Positionsfehlers sowie horizontale Komponenten dx/dt , dy/dt einer Geschwindigkeit des TCPs des Roboters 30 jeweils auf Basis von Zugehörigkeitsfunktionen B_i des Fuzzy-Systems 13 Zugehörigkeitsgrade B ermittelt.

- 20 In analoger Weise werden in Schritt S30 in dem Subsystem 13Z auch für eine vertikale Komponente Δz des Positionsfehlers sowie eine vertikale Komponente z einer Position bzw. Lage des TCPs des Roboters 30 jeweils auf Basis von Zugehörigkeitsfunktionen B_i des Fuzzy-Systems 13 Zugehörigkeitsgrade B ermittelt.
- 20 Aus diesen ermittelten Zugehörigkeitsgraden B ermitteln die Subsysteme 13X, 13Y, 13Z des Fuzzy-Systems 13 in einem Schritt S40 regelbasiert eine vertikale Komponente $F_{c,z}$ bzw. horizontale Komponenten $F_{c,x}$, $F_{c,y}$ einer Kollisions-Kraft.

Die Regeln und/oder Zugehörigkeitsfunktionen B_i des Fuzzy-Systems 13 sind vorab durch ein neuronales Netz parametrisiert.

- 25 Solange die so ermittelte Kollisions-Kraft $[F_{c,x}, F_{c,y}, F_{c,z}]$ unter einem vorgegebenen Schwellwert bleibt, gibt ein Umschaltmittel 14 der Steuerung 10 in einem Schritt S50 an das haptische Eingabegerät 20 eine Feedback-Kraft F_{fb} gleich Null aus. Alternativ

kann auch die so ermittelte Kollisions-Kraft $[F_{c,x}, F_{c,y}, F_{c,z}]$ selber als Feedback-Kraft F_{fb} an das haptische Eingabegerät 20 ausgegeben werden.

Überschreitet die Kollisions-Kraft $[F_{c,x}, F_{c,y}, F_{c,z}]$ hingegen den vorgegebenen Schwellwert, gibt das Umschaltmittel 14 an das haptische Eingabegerät 20 in Schritt S50 eine Feedback-Kraft F_{fb} aus, die die Steuerung 10 auf Basis des dynamischen Modells 11 ohne das prädiktive Modell 12 oder das Fuzzy-System 13 ermittelt, in einem einfachen Fall direkt die externe Kraft F_e . Es kann zudem ein entsprechendes, beispielsweise optisches und/oder akustisches, Signal ausgeben

Fällt deren Betrag unter einen, insbesondere denselben, Schwellwert, schaltet das Umschaltmittel 14 wieder zurück und die Steuerung 10 erfasst in der vorstehend beschriebenen Weise die nächste Kollision des Ultraschallkopfes 31.

Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist.

Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen

Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

	10	Robotersteuerung
	11	dynamisches Modell
5	12	AR
	13,	
	13X-13Z	FIS („Fuzzy Inference System“)
	14	Umschaltmittel
	20	haptisches Eingabegerät zum Fernsteuern des Roboters
10	30	Roboter
	31	Ultraschallkopf
	B	Zugehörigkeitsgrad
	B_i	Zugehörigkeitsfunktion
	F_e ,	
15	$[F'_{e, x}, F'_{e, y}, F'_{e, z}]$	externe Kraft
	$[F_{c, x}, F_{c, y}, F_{c, z}]$	Kollisions-Kraft
	F_{fb}	Feedback-Kraft
	$[\Delta x, \Delta y, \Delta z]$	Positionsfehler
	$[dx/dt, dy/dt]$	horizontale Geschwindigkeit
20	z	vertikale Position

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Roboters (30), insbesondere einer medizinischen Applikation, mit den Schritten:
 Ermitteln (S10-S40) einer Kollisions-Kraft ($[F_{c, x}, F_{c, y}, F_{c, z}]$) auf Basis einer
 5 modellgestützt ermittelten externen Kraft ($F_e, [F'_{e, x}, F'_{e, y}, F'_{e, z}]$), die aus einer externen Belastung des Roboters resultiert, eines Positionsfehlers ($[\Delta x, \Delta y, \Delta z]$) des Roboters und einer Pose (z) und/oder Geschwindigkeit ($[dx/dt, dy/dt]$) des Roboters; und
 Erfassen (S50) einer Kollision des Roboters auf Basis dieser Kollisions-Kraft.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, mit den Schritten:
 Ermitteln (S30) wenigstens eines Zugehörigkeitsgrads (B) wenigstens einer Komponente ($F'_{e, x}, F'_{e, y}, F'_{e, z}$) der modellgestützt ermittelten externen Kraft, wenigstens eines Zugehörigkeitsgrads (B) wenigstens einer Komponente ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) des Positionsfehlers des Roboters und wenigstens eines Zugehörigkeitsgrads
 15 (B) wenigstens einer Komponente (z, $dx/dt, dy/dt$) der Pose und/oder Geschwindigkeit des Roboters auf Basis von Zugehörigkeitsfunktionen (B_i) eines Fuzzy-Systems (13, 13X-13Z); und
 Ermitteln (S30) wenigstens einer Komponente ($F_{c, x}, F_{c, y}, F_{c, z}$) der Kollisions-Kraft auf Basis des Fuzzy-Systems in Abhängigkeit von diesen Zugehörigkeitsgraden.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Komponente ($F_{c, z}$) der Kollisions-Kraft in wenigstens einer ersten, insbesondere vertikalen, Richtung in Abhängigkeit von wenigstens einem Zugehörigkeitsgrad einer Komponente ($F'_{e, z}$) der modellgestützt ermittelten externen Kraft in der ersten Richtung, wenigstens einem Zugehörigkeitsgrad einer
 25 Komponente (Δz) des Positionsfehlers des Roboters in der ersten Richtung und/oder wenigstens einem Zugehörigkeitsgrad einer Position (z) einer roboterfesten Referenz in der ersten Richtung ermittelt wird; und/oder eine Komponente ($F_{c, x}, F_{c, y}$) der Kollisions-Kraft in wenigstens einer zweiten, insbesondere horizontalen, Richtung in Abhängigkeit von wenigstens einem
 30 Zugehörigkeitsgrad einer Komponente ($F'_{e, x}, F'_{e, y}$) der modellgestützt ermittelten externen Kraft in der zweiten Richtung, wenigstens einem Zugehörigkeitsgrad

einer Komponente (Δx , Δy) des Positionsfehlers des Roboters in der zweiten Richtung und/oder wenigstens einem Zugehörigkeitsgrad einer Geschwindigkeit ($[dx/dt, dy/dt]$) einer roboterfesten Referenz in der zweiten Richtung ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Fuzzy-System (13, 13X-13Z) mittels eines neuronalen Netzes parametrisiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die externe Kraft auf Basis eines dynamischen Modells (11) des Roboters und/oder eines prädiktiven Modells, insbesondere eines autoregressiven Modells (12), ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Feedback-Kraft (F_{fb}), insbesondere eines haptischen Eingabegeräts (20) des Roboters, nach Erfassen einer Kollision des Roboters ohne das Fuzzy-System und/oder das prädiktive Modell auf Basis eines dynamischen Modells (11) des Roboters ermittelt wird und/oder vor Erfassen einer Kollision des Roboters auf Basis der ermittelten Kollisions-Kraft ($[F_{c, x}, F_{c, y}, F_{c, z}]$) ermittelt wird oder, wenigstens im Wesentlichen, gleich Null ist.
7. System (10, 20) zum Steuern eines Roboters (30), insbesondere einer medizinischen Applikation, das zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist und/oder aufweist:
Mittel (10) zum Ermitteln einer Kollisions-Kraft ($[F_{c, x}, F_{c, y}, F_{c, z}]$) auf Basis einer modellgestützt ermittelten externen Kraft ($F_e, [F'_{e, x}, F'_{e, y}, F'_{e, z}]$), die aus einer externen Belastung des Roboters resultiert, eines Positionsfehlers ($[\Delta x, \Delta y, \Delta z]$) des Roboters und einer Pose (z) und/oder Geschwindigkeit ($[x/dt, dy/dt]$) des Roboters; und
Mittel (10) zum Erfassen einer Kollision des Roboters auf Basis dieser Kollisions-Kraft.
8. Roboteranordnung mit einem Roboter (30) und einem System (10, 20) zum Steuern des Roboters nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode, der auf einem von einem Computer lesbaren Medium gespeichert ist, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

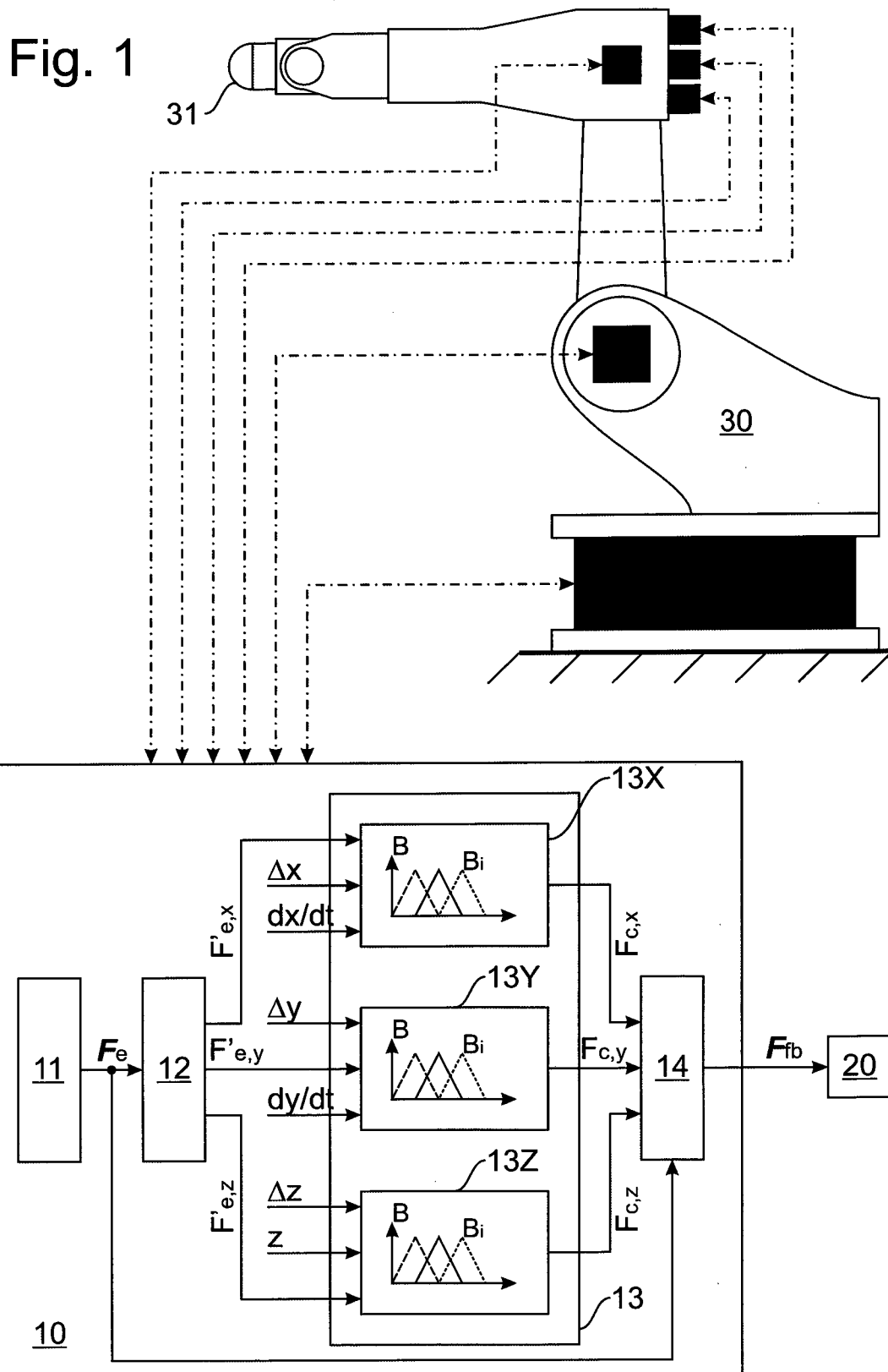
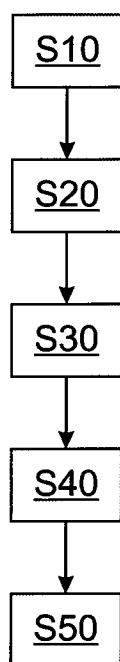


Fig. 2



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

DECLARATION OF NON-ESTABLISHMENT OF INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 17(2)(a), Rules 13^{ter}.1(c) and (d) and 39)

Applicant's or agent's file reference 111699P524PC /sj	IMPORTANT DECLARATION	Date of mailing (<i>day/month/year</i>) 4 Oktober 2016 (04-10-2016)
International application No. PCT/ EP2016/ 001195	International filing date (<i>day/month/year</i>) 11 Juli 2016 (11-07-2016)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 30 Juli 2015 (30-07-2015)
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC B25J9/16		
Applicant KUKA ROBOTER GMBH		

This International Searching Authority hereby declares, according to Article 17(2)(a), that **no international search report will be established** on the international application for the reasons indicated below.

1. ☐ The subject matter of the international application relates to:
 - a. ☐ scientific theories
 - b. ☐ mathematical theories
 - c. ☐ plant varieties **X**
 - d. ☐ animal varieties
 - e. ☐ essentially biological processes for the production of plants and animals, other than microbiological processes and the products of such processes
 - f. ☐ schemes, rules or methods of doing business
 - g. ☐ schemes, rules or methods of performing purely mental acts
 - h. ☐ schemes, rules or methods of playing games
 - i. ☐ methods for treatment of the human body by surgery or therapy
 - j. ☐ methods for treatment of the animal body by surgery or therapy
 - k. ☐ diagnostic methods practised on the human or animal body
 - l. ☐ mere presentations of information
 - m. ☐ computer programs for which this International Searching Authority is not equipped to search prior art
2. ☒ The failure of the following parts of the international application to comply with prescribed requirements prevents a meaningful search from being carried out:

☐ the description
☒ the claims
☐ the drawings
3. ☐ A meaningful search could not be carried out without the sequence listing; the applicant did not, within the prescribed time limit:

☐ furnish a sequence listing in the form of an Annex C/ST.25 text file, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it; or the sequence listing furnished did not comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions.

☐ furnish a sequence listing on paper or in the form of an image file complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it; or the sequence listing furnished did not comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions.

☐ pay the required late furnishing fee for the furnishing of a sequence listing in response to an invitation under Rule 13^{ter}.1(a) or (b).
4. Further comments:

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

1. The invention fails to meet the requirements of PCT Article 5 because the method for determining a collision force and a subsequent collision of a robot on the basis of the collision force is not clearly and fully disclosed so that a person skilled in the art could carry it out.

1.1 If a person skilled in the art were to exert the collision force on the basis of the external force determined by a model support, the position error of the robot and the pose and/or speed of the robot, he would be able to identify a method in the description (in particular on page 4, line 18 - page 5, line 12; page 8, lines 1-9, and page 11, line 21 - page 13, line 11) and in claim 2 which determines membership degrees for the above-mentioned components on the basis of membership functions. On the basis of membership degrees, the subsystems of a fuzzy system determine components of the collision force in a rule-based manner. However, there is no definition of the membership functions or options to calculate them, only a statement that they have been parameterized before by a neuronal network (see page 12, lines 23-24). Moreover, on pages 4 and 5, only usual features of a fuzzy system, which are part of the general expert knowledge and define no specific features of the fuzzy system, are described.

1.2 In the application, it is referred to document: F. Dimeas et al, "Human robot collision detection and identification based on fuzzy and time series modelling" , Robotica, 9 May 2014 (known as D1). D1 proposes two methods for collision detection of robots. According to one method, a fuzzy inference system determines external moments of articulation for each articulation on the basis of a position error, a commanded speed and the total torques measured on the articulations. Consequently, the fuzzy inference system known from D1 has the functionality of a model for determining an external force, and a training phase of the fuzzy inference system is described.

1.3 Therefore, a person skilled in the art would also take into account D1 in order to produce the fuzzy system. Moreover, the description indicates that the fuzzy system does not have to have the functionality of a model for determining the external force (see page 2, lines 17-22). For this reason, a person skilled in the art has no indication as to how the teaching of document D1 has to be adapted in order to define the above-mentioned membership functions because D1 teaches a fuzzy system that satisfies the functionality of a model for determining the external force.

1.4 For this reason, the application did not contain sufficient information, on the basis of which a person skilled in the art could carry out the invention with the aid of his general expert knowledge and without unreasonable effort and without inventive contribution in the entire scope claimed.

The applicant is advised that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)).

In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subject matter that has not been searched. This also applies in cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II.

However, after entry into the regional phase before the EPO an additional search may be carried out in the course of the examination (cf. EPO Guidelines, C-IV, 7.2) if the deficiencies that led to the declaration under PCT Article 17(2) have been corrected.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

ERKLÄRUNG ÜBER DIE NICHTERSTELLUNG EINES INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS

(Artikel 17 (2) a) und Regeln 13ter. 1 c) und 39 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 111699P524PC /sj	WICHTIGE ERKLÄRUNG	Absenddatum (Tag/Monat/Jahr) 4 Oktober 2016 (04-10-2016)
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2016/001195	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 11 Juli 2016 (11-07-2016)	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 30 Juli 2015 (30-07-2015)
Internationale Patentklassifikation (IPC) oder nationale Klassifikation und IPC B25J9/16		
Anmelder KUKA ROBOTER GMBH		

Die Internationale Recherchenbehörde erklärt gemäß Artikel 17(2)a), daß für die internationale Anmeldung aus den nachstehend aufgeführten Gründen **kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird**.

1. ☐ Der Gegenstand der internationalen Anmeldung betrifft folgende Gebiete:
- a. ☐ wissenschaftliche Theorien.
 - b. ☐ mathematische Theorien.
 - c. ☐ Pflanzensorten.
 - d. ☐ Tierarten.
 - e. ☐ im wesentlichen biologische Verfahren zur Züchtung von Pflanzen und Tieren mit Ausnahme mikrobiologischer Verfahren und der mit Hilfe dieser Verfahren gewonnenen Erzeugnisse.
 - f. ☐ Pläne, Regeln und Verfahren für eine geschäftliche Tätigkeit.
 - g. ☐ Pläne, Regeln und Verfahren für rein gedankliche Tätigkeiten.
 - h. ☐ Pläne, Regeln und Verfahren für Spiele.
 - i. ☐ Verfahren zur chirurgischen oder therapeutischen Behandlung des menschlichen Körpers.
 - j. ☐ Verfahren zur chirurgischen oder therapeutischen Behandlung des tierischen Körpers.
 - k. ☐ Diagnostizierverfahren zur Anwendung am menschlichen oder tierischen Körper.
 - l. ☐ bloße Wiedergabe von Informationen.
 - m. ☐ Programme von Datenverarbeitungsanlagen, in bezug auf die die Internationale Recherchenbehörde nicht für die Durchführung einer Recherche über den Stand der Technik ausgerüstet ist.
2. ☒ Die folgenden Teile der internationalen Anmeldung entsprechen nicht den vorgeschriebenen Anforderungen so daß eine sinnvolle Recherche nicht durchgeführt werden kann:
- ☐ die Beschreibung ☒ die Ansprüche ☐ die Zeichnungen
3. ☐ Das Protokoll der Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenzen entspricht nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard, so daß eine sinnvolle Recherche nicht durchgeführt werden kann.
- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.
- ☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.
4. Weitere Bemerkungen:

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter HUNIAK, Amandine Tel: +31 (0)70 340-1900
---	--

1 Die Erfindung erfüllt nicht die Erfordernisse des Artikels 5 PCT, weil das Verfahren zur Ermitteln einer Kollisions-Kraft und einer anschließenden Kollision eines Roboters auf Basis dieser Kollisions-Kraft nicht so deutlich und vollständig offenbart ist, dass ein Fachmann es ausführen kann.

1.1 Wenn der Fachmann die Kollisions-Kraft auf Basis der modellgestützt ermittelten externe Kraft, der Positionsfehlers des Roboters und der Pose und/oder Geschwindigkeit des Roboters ausführen würde, würde er in der Beschreibung (insbesondere Seite 4, Zeile 18 - Seite 5, Zeile 12, Seite 8, Zeilen 1-9 und Seite 11, Zeile 21 - Seite 13, Zeile 11) und im Anspruch 2 ein Verfahren finden, das für die oben genannten Komponenten Zugehörigkeitsgrade auf Basis von Zugehörigkeitsfunktionen ermittelt. Aus diesen ermittelten Zugehörigkeitsgraden ermitteln die Subsysteme eines Fuzzy-Systems regelbasiert Komponenten der Kollisions-Kraft. Es gibt aber keine Definition der Zugehörigkeitsfunktionen oder Möglichkeiten sie zu berechnen, nur eine Feststellung, dass sie vorab durch ein neuronales Netz parametrisiert werden (siehe Seite 12, Zeilen 23-24). Außerdem werden auf Seiten 4 und 5 nur übliche Merkmale eines Fuzzy-Systems, die Teil des allgemeinen Fachwissens sind und keine spezifischen Merkmale des Fuzzy-Systems der Erfindung definieren.

1.2 In der Anmeldung wird auf das Dokument F. Dimeas et al., "Human-robot collision detection and identification based on fuzzy and time series modelling", Robotica, 9. Mai 2014 (D1 genannt) Bezug genommen. D1 schlägt zwei Verfahren zur Kollisionserfassung von Robotern vor. Nach einem Verfahren ermittelt ein Fuzzy-Inferenz-System aus einem Positionsfehler, einer kommandierten Geschwindigkeit und den an Gelenken gemessenen Gesamtdrehmomenten gelenkweise externe Gelenkmomente. Deshalb hat das Fuzzy-Inferenz-System aus D1 die Funktionalität eines Modells zur Ermittlung einer externen Kraft und es wird eine Trainingsphase des Fuzzy-Inferenz-Systems beschreiben.

1.3 Der Fachmann würde folglich D1 auch berücksichtigen, um das Fuzzy-System zu erstellen. Die Beschreibung angibt ferner, dass das Fuzzy-System nicht mehr die Funktionalität eines Modells zur Ermittlung der externen Kraft mit erfüllen muss (siehe Seite 2, Zeilen 17-22). Deshalb hat der Fachmann keinen Hinweis, wie die Lehre des Dokuments D1 anzupassen, um die oben genannten Zugehörigkeitsfunktionen zu definieren, weil D1 zwar ein Fuzzy-System lehrt, das die Funktionalität eines Modells zur Ermittlung der externen Kraft erfüllt.

1.4 Deshalb enthielt die Anmeldung keine ausreichende Angaben, anhand deren der Fachmann die Erfindung mithilfe seines allgemeinen Fachwissens ohne unzumutbaren Aufwand und ohne erfinderisches Zutun im gesamten beanspruchten Bereich ausführen kann.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, dass Patentansprüche auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT).

In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, dass die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder

WEITERE ANGABEN**PCT/ISA/ 203**

für den Fall, dass der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäss Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt.

Nach Eintritt in die regionale Phase vor dem EPA kann jedoch im Zuge der Prüfung eine weitere Recherche durchgeführt werden (Vgl. EPA-Richtlinien C-IV, 7.2), sollten die Mängel behoben sein, die zu der Erklärung gemäss Art. 17 (2) PCT geführt haben.