(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
15. Oktober 2015 (15.10.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/155295 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/057734

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. April 2015 (09.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102014207067.8 11. April 2014 (11.04.2014) DE

(71) Anmelder: **KUKA SYSTEMS GMBH** [DE/DE]; Blücherstraße 144, 86165 Augsburg (DE).

(72) Erfinder: **ZUNKE, Richard**; Stettenstraße 30, 86150 Augsburg (DE). **STOCKSCHLÄDER, Julian**; Auf dem Kreuz 29, 86152 Augsburg (DE).

(74) Anwalt: **PATENTANWÄLTE FUNK & BÖSS GBR**; Sigmundstraße 1, 80538 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: METHOD FOR THE PARTIALLY AUTOMATED PRODUCTION OF WORKPIECES ON AN MRK WORK STATION AND ASSOCIATED MRK WORK STATION

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN ZUM TEILAUTOMATISIERTEN FERTIGEN VON WERKSTÜCKEN AN EINEM MRK-ARBEITSPLATZ UND ZUGEHÖRIGER MRK-ARBEITSPLATZ

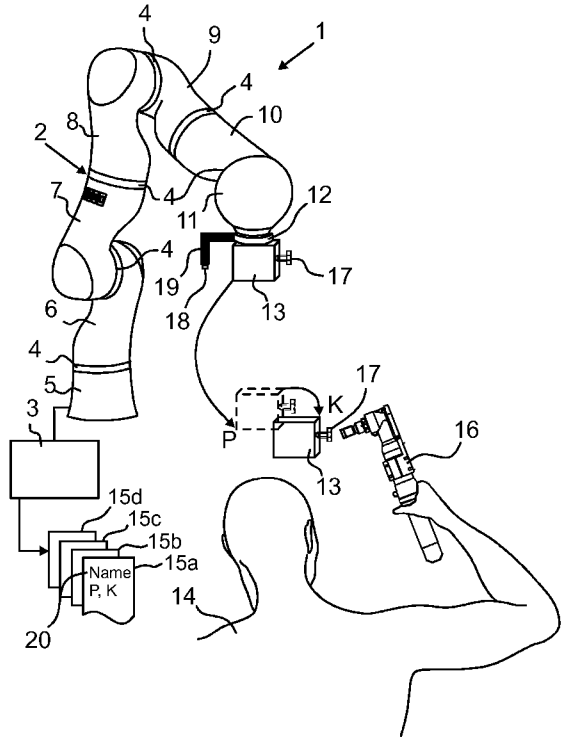


Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a method for the partially automated production of workpieces (13, 13a, 13b, 13c) on an MRK work station which comprises a manual workpiece (13, 13a, 13b, 13c) which is to be machined, and a robot (1) holding the workpiece (13, 13a, 13b, 13c), said robot comprising a robot control (3) and with manipulator arms (2) comprising several joints (4) and elements (5 - 12) connecting the joints (4), said joints (4) may be automatically adjusted by the robot control (3) based on a robot program or in a hand-held driving operation. The invention also relates to an associated MRK-work station.

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum teilautomatisierten Fertigen von Werkstücken (13, 13a, 13b, 13c) an einem MRK-Arbeitsplatz, der ein manuell zu bearbeitendes Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) und einen das Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) haltenden Roboter (1) mit einer Robotersteuerung (3) und mit einem mehrere Gelenke (4) und die Gelenke (4) verbindende Glieder (5-12) aufweisenden Manipulatorarm (2) umfasst, dessen Gelenke (4) von der Robotersteuerung (3) automatisch auf Grundlage eines Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind. Die Erfindung betrifft außerdem einen zugehörigen MRK-Arbeitsplatz.

WO 2015/155295 A1

Veröffentlicht:

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

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Verfahren zum teilautomatisierten Fertigen von Werkstücken an einem MRK-Arbeitsplatz und zugehöriger MRK-Arbeitsplatz

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum teilautomatisierten Fertigen von Werkstücken an einem MRK-Arbeitsplatz, der ein manuell zu bearbeitendes Werkstück und einen das Werkstück haltenden Roboter mit einer Robotersteuerung und mit einem mehrere Gelenke und die Gelenke verbindende Glieder aufweisenden Manipulatorarm umfasst, dessen Gelenke von der Robotersteuerung automatisch auf Grundlage eines Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind. Die Erfindung betrifft außerdem einen zugehörigen MRK-Arbeitsplatz.

Die DE 10 2006 056 528 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Halten, Bewegen und Positionieren eines insbesondere schwergewichtigen Werkstücks, wobei die Vorrichtung einen mehrachsig bewegbaren und mit dem Werkstück zerstörungsfrei trennbar verbindbaren Manipulator aufweist, wobei zusätzlich eine Halteeinrichtung vorgesehen ist, die das Werkstück unter Zuschaltung einer Kompensationseinheit zur schwimmenden Lagerung des Werkstücks hält und ein kraft- und/oder drehmomentreduziertes Bewegen und Positionieren des Werkstücks mittels des mit dem Werkstück verbundenen Manipulators erlaubt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein manuelles Durchführen eines Arbeitsvorgangs an einem Werkstück an einem MRK-Arbeitsplatz zu verbessern, insbesondere ergonomischer zu gestalten.

Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zum teilautomatisierten Fertigen von Werkstücken an einem MRK-Arbeitsplatz, der ein manuell zu bearbeitendes Werkstück und einen das Werkstück haltenden Roboter mit einer Roboter-

steuerung und mit einem mehrere Gelenke und die Gelenke verbindende Glieder aufweisenden Manipulatorarm umfasst, dessen Gelenke von der Robotersteuerung automatisch auf Grundlage eines Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind, aufweisend die Schritte:

- Aufnehmen und automatisches Halten des Werkstücks durch den Manipulatorarm,

- Auswählen einer Arbeitsvorgangs-Vorschrift aus mehreren in der Robotersteuerung gespeicherten Arbeitsvorgangs-Vorschriften,

- automatisches Bewegen des Werkstücks in einer für die Mensch-Roboter-Kollaboration sicheren Geschwindigkeit in eine der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnete Bearbeitungsposition durch automatisches Verstellen der Gelenke des Manipulatorarms, und

- manuelles Durchführen eines der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift entsprechenden manuellen Arbeitsvorgangs in der Bearbeitungsposition des Werkstücks.

Die Bezeichnung MRK-Arbeitsplatz steht für einen Mensch-Roboter-Kollaborations-Arbeitsplatz. An einem solchen MRK-Arbeitsplatz ist ein Mensch, der auch als Werker bezeichnet werden kann, tätig, wobei in räumlicher Nähe, insbesondere in unmittelbarer Zusammenarbeit mit dem Menschen ein automatisch ansteuerbarer Roboter Bewegungen ausführt, insbesondere Arbeiten an einem Werkstück vornimmt, ohne dass der Roboter durch einen Schutzzaun von dem Menschen abgegrenzt wäre. Insbesondere kann, falls erforderlich, an einem MRK-Arbeitsplatz ein Kontakt von Mensch und Roboter zugelassen sein bzw. stattfinden, insbesondere der Roboter von dem Menschen auch manuell geführt werden und/oder ein Werkstück von

dem Menschen und dem Roboter gemeinsam gehandhabt und/oder bearbeitet werden.

Der erfindungsgemäße MRK-Arbeitsplatz weist ein manuell zu bearbeitendes Werkstück und einen das Werkstück haltenden Roboter auf, mit einer Robotersteuerung und mit einem mehrere Gelenke und die Gelenke verbindende Glieder aufweisenden Manipulatorarm, dessen Gelenke von der Robotersteuerung automatisch auf Grundlage eines Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind, wobei die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet ist, eines der erfindungsgemäßen Verfahren durchzuführen.

Manipulatorarme mit zugehörigen Robotersteuerungen, insbesondere Industrieroboter sind Arbeitsmaschinen, die zur automatischen Handhabung und/oder Bearbeitung von Objekten mit Werkzeugen ausgerüstet werden können und in mehreren Bewegungsachsen beispielsweise hinsichtlich Orientierung, Position und Arbeitsablauf programmierbar sind. Industrieroboter weisen üblicherweise einen Manipulatorarm mit mehreren über Gelenke verbundene Glieder und programmierbare Robotersteuerungen (Steuervorrichtungen) auf, die während des Betriebs die Bewegungsabläufe des Manipulatorarms automatisch steuern bzw. regeln. Die Glieder werden über Antriebe, insbesondere elektrische Antriebe, die von der Robotersteuerung angesteuert werden, insbesondere bezüglich der Bewegungsachsen des Industrieroboters, welche die Bewegungsfreiheitsgrade der Gelenke repräsentieren, bewegt.

Ein mehrere über Gelenke verbundene Glieder aufweisender Manipulatorarm kann als ein Knickarmroboter mit mehreren seriell nacheinander angeordneten Gliedern und Gelenken konfiguriert sein, insbesondere kann der redundante Industrierobo-

ter einen Manipulatorarm mit sieben oder mehr Gelenken aufweisen.

Manipulatorarme mit zugehörigen Robotersteuerungen, wie Industrieroboter können aber insbesondere sogenannte Leichtbauroboter sein, die sich zunächst von üblichen Industrieroboter dadurch unterscheiden, dass sie eine für die Mensch-Roboter-Kollaboration (u.a. auch als Mensch-Roboter-Kooperation bezeichnet) günstige Baugröße aufweisen und dabei eine zu ihrem Eigengewicht relativ hohe Tragfähigkeit aufweisen. Daneben können Leichtbauroboter insbesondere auch kraft- und/oder momentengeregelt statt lediglich positionsgeregelt betrieben werden, was beispielsweise eine Mensch-Roboter-Kollaboration sicherer macht. Außerdem kann dadurch eine solche sichere Mensch-Maschine-Kollaboration erreicht werden, dass beispielsweise unbeabsichtigte Kollisionen des Manipulatorarmes mit Personen, wie beispielsweise Monteure in einer Fließfertigung von Kraftfahrzeugen entweder verhindert oder zumindest derart abgeschwächt werden können, so dass den Personen bzw. Monteuren kein Schaden entsteht. Ein solcher Manipulatorarm bzw. ein solcher Leichtbauroboter weist üblicherweise mehr als sechs Freiheitsgrade auf, so dass insoweit ein überbestimmtes System geschaffen wird, wodurch derselbe Punkt im Raum in gleicher Orientierung in mehreren, insbesondere sogar unendlich vielen verschiedenen Posen des Manipulatorarms erreicht werden kann. Der Leichtbauroboter kann auf externe Krafteinwirkungen in geeigneten Weisen reagieren. Zur Kraftmessung können Kraftsensoren verwendet werden, die in allen drei Raumrichtungen Kräfte und Drehmomente messen können. Alternativ oder ergänzend können die externen Kräfte auch sensorlos, beispielsweise anhand der gemessenen Motorströme der Antriebe an den Gelenken des Leichtbauroboters abgeschätzt werden. Als Regelungskonzepte kann beispielsweise eine indirekte Kraftregelung durch Mo-

dellierung des Leichtbauroboters als mechanischer Widerstand (Impedanz) oder eine direkte Kraftregelung verwendet werden.

Bei dem Industrieroboter kann es sich insbesondere um einen redundanten Industrieroboter handeln, unter dem ein mittels einer Robotersteuerung bewegbarer Manipulatorarm verstanden wird, der mehr manipulatorische Freiheitsgrade aufweist, als zur Erfüllung einer Aufgabe notwendig sind. Der Grad der Redundanz ergibt sich aus der Differenz der Anzahl von Freiheitsgraden des Manipulatorarms und der Dimension des Ereignisraums, in dem die Aufgabe zu lösen ist. Es kann sich dabei um eine kinematische Redundanz oder um eine aufgabenspezifische Redundanz handeln. Bei der kinematischen Redundanz ist die Anzahl der kinematischen Freiheitsgrade, im Allgemeinen die Anzahl der Gelenke des Manipulatorarms, größer als der Ereignisraum, welcher in einer realen Umgebung bei einer Bewegung im Raum durch die drei translatorischen und die drei rotatorischen Freiheitsgrade, also von sechs Freiheitsgrade gebildet wird. Ein redundanter Industrieroboter kann also beispielsweise ein Leichtbauroboter mit sieben Gelenken, insbesondere sieben Drehgelenken sein. Bei der aufgabenspezifischen Redundanz ist die Dimension der Aufgabenstellung hingegen kleiner als die Anzahl der kinematischen Freiheitsgrade des Manipulatorarms. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn der Manipulatorarm an seinem Handflansch ein sich um eine Werkzeug-Antriebsachse drehbares Schraubwerkzeug trägt und eine der Drehgelenke des Manipulatorarms entlang dieser Werkzeug-Antriebsachse ausgerichtet ist.

Bei einem kraft- und/oder momentengeregelten Ansteuern der Gelenke des Manipulatorarms können die Gelenke des Manipulatorarms hinsichtlich ihrer Steifigkeit parametriert sein. In allen Ausführungen kann dazu das kraft- und/oder momentengeregelten Ansteuern von Antrieben des Manipulatorarms mittels Impedanzregelung oder Admittanzregelung erfolgen. Die Robo-

tersteuerung kann eingerichtet sein, eine für die sichere Mensch-Roboter-Kollaboration geeignete Nachgiebigkeit des Manipulatorarms insbesondere mittels Impedanzregelung oder Admittanzregelung zu erzeugen. In einer derartigen Nachgiebigkeitsregelung kann ein Handfahrbetrieb auch bedeuten, dass der Manipulatorarm von einem Werker handgeführt bewegt werden kann, d.h. die Gelenke des Manipulatorarms manuelle verstellt werden können.

Generell bedeutet eine teilautomatisierte Fertigung, dass von mehreren Arbeitsschritten, die zur Ausführung eine Fertigungsaufgabe ein oder mehrere Arbeitsschritte austomatisiert, beispielsweise durch den Roboter ausgeführt werden und ein oder mehrere andere Arbeitsschritte manuell durch einen Werker vorgenommen werden. Der Werker kann sich bei dem manuellen Fertigungsvorgang auch manueller Werkzeuge bedienen. Die teilautomatisierte Fertigung kann aber auch eine gemeinsame Erledigung einer oder mehrerer Arbeitsschritte durch den Werker und dem Roboter sein, d.h. der Arbeitsschritt kann in einer Mensch-Maschine-Kollaboration durchgeführt werden.

Eine Arbeitsvorgangs-Vorschrift kann ein einzelner Fertigungsschritt sein, aber auch eine Aufstellung mehrerer Fertigungsschritte. Die Arbeitsvorgangs-Vorschrift kann neben einer Benennung von Fertigungsschritten auch bestimmte Anweisungen der Ausführung oder Parameter der Ausführung umfassen. Die Arbeitsvorgangs-Vorschrift kann beispielsweise als ein Roboterprogramm, insbesondere auf der Robotersteuerung des Roboters gespeichert sein oder durch die Robotersteuerung des Roboters aus einem Netzwerk beziehbar sein.

Der manuelle Arbeitsvorgang kann beispielsweise ein Umformen, ein Trennen oder Beschichten des Werkstücks sein, aber

auch ein Fügen, insbesondere ein Anfügen eines weiteren Bauteils an das Werkstück. Der Der manuelle Arbeitsvorgang kann insbesondere eine Montageaufgabe sein, also ein Anbringen eines separaten Bauteils an dem Werkstück. Durch ein Montieren des separaten Bauteils an das Werkstück wird das separate Bauteil Teil des Werkstücks. Es können also weitere Bauteile manuell an dem Werkstück montiert werden.

Unter einer für die Mensch-Maschine-Kollaboration sicheren Geschwindigkeit wird eine unter einer maximalen Geschwindigkeit liegende Schnelligkeit der Bewegung des Manipulatorarms verstanden, bei der zu erwarten ist, dass auch im Falle eine Kollision von Mensch und Roboter dem Menschen kein Schaden entsteht. Solche sicheren Geschwindigkeiten können durch entsprechende Sicherheitsnormen vorgeschrieben sein. Es kann dabei vorgeschrieben sein, dass ein Roboter, d.h. ein Manipulatorarm nur mit einer maximalen Geschwindigkeit verfahren werden darf, wenn er in Kollaboration mit dem Menschen, d.h. einem Werker betrieben wird.

Indem erfindungsgemäß ein automatisches Aufnehmen und automatisches Halten des Werkstücks durch den Manipulatorarm erfolgt, dabei ein Auswählen einer Arbeitsvorgangs-Vorschrift aus mehreren in der Robotersteuerung gespeicherten Arbeitsvorgangs-Vorschriften erfolgt, dann ein automatisches Bewegen des Werkstücks in einer für die Mensch-Roboter-Kollaboration sicheren Geschwindigkeit in eine der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordneten Bearbeitungsposition durch automatisches Verstellen der Gelenke des Manipulatorarms erfolgt, kann ein manuelles Durchführen eines der Arbeitsvorgangs-Vorschrift entsprechenden manuellen Arbeitsvorgangs in der Bearbeitungsposition des Werkstücks in besonders ergonomischer Weise erfolgen.

Dabei dient der Roboter sowohl als ein Spannmittel, um das Werkstück festzuhalten, als auch als eine Art Hebezeug, durch welches das Werkstück im Raum „aufgehängt" gehalten wird, so dass beispielsweise auch sehr schwere Werkstücke von einem Werker mit geringer Kraft bewegt und ausgerichtet werden können. Außerdem kann der Roboter dadurch eine Positioniervorrichtung bilden, welche das Werkstück in unterschiedliche Orientierung drehen kann, um mehrere manuelle Fertigungsschritte nacheinander durch einen Werker vornehmen können, ohne dass das Werkstück umgespannt oder abgesetzt werden müsste.

Indem einerseits für den ausgewählten manuellen Arbeitsvorgang eine hinsichtlich der dazu erforderlichen körperlichen Bewegungen des Werkers günstige Position und Lage des Werkstücks durch den Roboter automatisch vorgegeben wird, kann eine besonders ergonomische Ausführung des manuellen Arbeitsvorgangs sichergestellt werden.

Damit aber auch die individuellen, d.h. persönlichen Voraussetzungen des Werkers mit einfließen können, ist in einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, dass der Manipulatorarm durch die Robotersteuerung in einer Nachgiebigkeitsregelung betrieben werden kann, insbesondere nachdem ein manuelles Schaltmittel durch einen Werker betätigt ist, wodurch das Werkstück durch manuell geführtes Bewegen des Werkstücks und/oder des Manipulatorarms in seiner Bearbeitungsposition korrigiert wird bzw. korrigiert werden kann. An dem erfindungsgemäßen MRK-Arbeitsplatz kann die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, den Manipulatorarm in einer Nachgiebigkeitsregelung zu betreiben, insbesondere nur dann in einer Nachgiebigkeitsregelung zu betreiben, wenn ein manuelles Schaltmittel, welches mit der Robotersteuerung verbunden ist, durch einen Werker betätigt ist, und die Robotersteuerung kann dabei ausgebildet

und/oder eingerichtet sein, eine von der automatisch eingestellten Bearbeitungsposition manuell veränderte Position und/oder Orientierung des Werkstücks als eine korrigierte Bearbeitungsposition zu erfassen und/oder zu speichern.

Eine manuelle Korrektur der Bearbeitungsposition kann dabei lediglich in einer begrenzten Spanne zulässig sein, so dass Abweichungen von der vorgegebenen Bearbeitungsposition nur einem festgelegten Spektrum zulässig ist. Die vorgegebene Bearbeitungsposition kann beispielsweise eine bestimmte Orientierung des Werkstücks vorgeben, insbesondere dahingehend, dass eine manuell Überkopfbearbeitung verhindert ist, die generell als für den Menschen schlechter zu bewerten ist, als eine Bearbeitung des Werkstücks von oben. Eine solche Bearbeitung von oben kann jedoch beispielsweise im Hinblick auf unterschiedliche Körpergrößen verschiedener Werker anpassbar sein, beispielsweise durch eine gewisse Variabilität der Höhenposition des Werkstücks.

Verfahrensgemäß kann die korrigierte Bearbeitungsposition der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnet gespeichert werden. Insoweit kann an dem erfindungsgemäßen MRK-Arbeitsplatz die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, die korrigierte Bearbeitungsposition der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnet zu speichern.

Damit ein Werker beispielsweise in einer Serienfertigung nicht bei jedem neu an den MRK-Arbeitsplatz zugeführten Werkstück der Serie erneut eine manuelle Korrektur der Bearbeitungsposition vornehmen muss, kann die korrigierte Bearbeitungsposition der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnet gespeichert werden. So kann diese korrigierte Bearbeitungsposition beispielsweise in einem Roboterprogramm

oder einer zugeordneten Tabelle, insbesondere als ein Offset-Wert gespeichert werden und bei jedem neu an den MRK-Arbeitsplatz zugeführten Werkstück der Serie automatisch abgerufen und die korrigierte Bearbeitungsposition des Werkstücks sofort automatisch durch den Roboter eingestellt werden.

Alternativ oder ergänzend kann die korrigierte Bearbeitungsposition mit einer zugeordneten, den individuellen Werker repräsentierenden Bezeichnung abgespeichert werden. Dazu kann an dem erfindungsgemäßen MRK-Arbeitsplatz die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, die korrigierte Bearbeitungsposition mit einer zugeordneten, den individuellen Werker repräsentierenden Bezeichnung abzuspeichern.

So können individuelle, d.h. personenbezogene korrigierte Bearbeitungspositionen für verschiedene Personen, d.h. Werker gespeichert und abgerufen werden. Dies ist beispielsweise dann zweckmäßig, wenn an einem MRK-Arbeitsplatz beispielsweise in einer Serienfertigung in mehreren Schichten verschiedene Personen, d.h. Werker dieselbe Fertigungsaufgabe an denselben Werkstücken ausführen sollen. Auch hierbei können die individuellen, d.h. personenbezogenen korrigierten Bearbeitungspositionen beispielsweise in einem Roboterprogramm oder einer zugeordneten Tabelle, insbesondere als ein Offset-Wert gespeichert werden und bei jedem Schichtwechsel oder sonstigem Wechsel des Werkers am MRK-Arbeitsplatz beispielsweise nach Eingabe des nun tätigen Personennamens in die Robotersteuerung, die individuelle, d.h. personenbezogene korrigierte Bearbeitungsposition automatisch abgerufen und die korrigierte Bearbeitungsposition des Werkstücks sofort automatisch durch den Roboter eingestellt und dem neuen Werker präsentiert werden.

In einer alternativen oder ergänzenden Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die der jeweiligen Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnete Bearbeitungsposition des Werkstücks in Abhängigkeit des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs nach ergonomischen Parametern hinsichtlich der Position und/oder der Orientierung des Werkstücks im Arbeitsraum des MRK-Arbeitsplatzes festgelegt werden. Dazu kann an dem erfindungsgemäßen MRK-Arbeitsplatz die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, die der jeweiligen Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnete Bearbeitungsposition des Werkstücks in Abhängigkeit des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs nach ergonomischen Parametern hinsichtlich der Position und/oder der Orientierung des Werkstücks im Arbeitsraum des MRK-Arbeitsplatzes festzulegen.

Eine der jeweiligen Arbeitsvorgangs-Vorschrift zugeordnete ergonomische Bearbeitungsposition kann hinsichtlich einer ergonomischen Arbeitsgestaltung angepasst sein. Aufgabe der ergonomischen Arbeitsgestaltung ist, ein effizientes und/oder fehlerfreies manuelles Arbeiten sicherzustellen und die Menschen, d.h. die Werker vor Gesundheitsschäden auch bei langfristiger Ausübung der Fertigungstätigkeit zu schützen.

In allen Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der manuell durchzuführende Arbeitsvorgang an dem Werkstück vorgenommen werden. Der manuell an dem Werkstück durchzuführende Arbeitsvorgang kann ein manuelles Fügen, insbesondere eine manuelle Montage, eines Gegenstandes, insbesondere eines Bauteils oder eines Betriebsmittels, an das Werkstück oder in das Werkstück sein.

Repräsentativ für beliebig andere Werkstücke kann als ein beispielhaftes Werkstück ein zu montierender Motorblock eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs betrachtet werden. Um beispielsweise mehrere Kolben in verschiedene Zylinderbuchsen manuell von einem Werker einzusetzen, kann der Motorblock von dem Roboter in einer für den Werker günstigen Höhe ihm derart hingehalten werden, dass in einem ersten Arbeitsvorgang dem Werker die Öffnung einer ersten Zylinderbuchse in räumlich günstiger Lage ihm dargeboten wird, so dass der Werker den ersten Kolben in die Öffnung der ersten Zylinderbuchse einfügen kann. Anschließend, beispielsweise nachdem der Werker das manuelle Einfügen des ersten Kolbens der Robotersteuerung bestätigt hat, bewegt der Roboter den Motorblock in einer sicheren Geschwindigkeit in eine Position und/oder Lage, in der die Öffnung einer zweiten Zylinderbuchse in räumlich günstiger Lage dem Werker dargeboten wird, so dass er den zweiten Kolben in die Öffnung der zweiten Zylinderbuchse einfügen kann. Anschließend, beispielsweise nachdem der Werker das manuelle Einfügen des zweiten oder jeden weiteren Kolbens der Robotersteuerung bestätigt hat, kann der Roboter den Motorblock in einer sicheren Geschwindigkeit in eine weitere Position und/oder Lage automatisch bewegen, in der ein weiterer manueller Arbeitsvorgang durchgeführt werden kann. Beispielsweise kann der Motorblock automatisch durch den Roboter gedreht werden, beispielsweise um ca. 90 bis 180 Grad gedreht werden, so dass der Werker eine Kurbelwelle einsetzen und die an den Kolben vormontierte Pleuel anschrauben kann.

Statt einer Vornahme des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs an dem Werkstück, kann der manuell durchzuführende Arbeitsvorgang auch an einem anderen Bauteil vorgenommen werden, wobei jedoch zur Vornahme des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs an dem anderen Bauteil, das Werkstück sich in einer Bearbeitungsposition befinden muss. Repräsen-

tativ für beliebig andere Ausführungsformen kann das Werkstück beispielsweise ein Kofferraumdeckel oder eine Heckklappe eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs sein, bei dem der Kofferraumdeckel oder die Heckklappe bereits schwenkbar an der Karosserie gelagert ist, aber noch nicht mit einer den Kofferraumdeckel oder die Heckklappe in eine Öffnungsstellung drückenden Gasdruckfeder versehen ist. In einem solchen beispielhaften Fall kann der Roboter den Kofferraumdeckel oder die Heckklappe als ein Werkstück in eine Offenstellung bewegen und dort halten, wobei der Werker dann bei geöffnetem Kofferraumdeckel bzw. geöffneter Heckklappe im Kofferraum beispielsweise eine Montageaufgabe wahrnimmt, wie beispielsweise das Einlegen und/oder Anschließen eines Kabelbaumes.

Generell kann der Roboter ausgebildet sein, die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm gehaltenen Werkstücks zu bestimmen, insbesondere die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm gehaltenen Werkstücks nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs zu bestimmen. Insbesondere kann die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm gehaltenen Werkstücks zu bestimmen, insbesondere die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm gehaltenen Werkstücks nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs zu bestimmen.

Beispielsweise im Falle einer Montageaufgabe kann das Gewicht des an das Werkstück zu montierenden Bauteils vorbekannt sein. Indem die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm gehaltenen Werkstücks automatisch durch die Robotersteuerung bestimmt wird, insbesondere auch nach dem erfolgten Montageschritt bestimmt wird, kann allein aus dem Gewicht darauf geschlossen werden, ob das zu montierende Bauteil tatsächlich montiert wurde. Als Bauteil kann auch eine vorgegebene Menge eines Betriebsmittels bezeichnet sein, wie Motoröl o-

der Kühlmittel, so dass der Arbeitsvorgang ein manuelles Befüllen des Werkstücks mit dem Betriebsmittel sein kann und indem die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm gehaltenen Werkstücks automatisch durch die Robotersteuerung bestimmt wird, kann sogar die eingefüllte Menge des Betriebsmittels aufgrund der Gewichtsmessung bestimmt werden.

In allen entsprechenden Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein in der Robotersteuerung gespeicherter Wert der Gewichtskraft des Werkstücks mit der momentanen Gewichtskraft des Werkstücks und/oder mit der nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs bestimmten Gewichtskraft des Werkstücks verglichen werden und aus einem aus dem Vergleich erhaltenen Vergleichswert automatisch ein den manuellen Arbeitsvorgang qualifizierender Ergebniswert abgeleitet werden. Demgemäß kann an dem erfindungsgemäßen MRK-Arbeitsplatz die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, einen in der Robotersteuerung gespeicherten Wert der Gewichtskraft des Werkstücks mit der momentanen Gewichtskraft des Werkstücks und/oder mit der nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs bestimmten Gewichtskraft des Werkstücks zu vergleichen und aus einem aus dem Vergleich erhaltenen Vergleichswert automatisch ein den manuellen Arbeitsvorgang qualifizierender Ergebniswert abzuleiten.

Der qualifizierende Ergebniswert kann demgemäß also schon allein eine Aussage sein „Bauteil montiert“ oder „Bauteil fehlt“, aber beispielsweise auch eine Mengenangabe sein, wie eine Einfüllmenge eines Betriebsmittels. Der qualifizierende Ergebniswert kann dem Werker unmittelbar angezeigt werden. Alternativ oder ergänzend kann der qualifizierende Ergebniswert ausgezeichnet, d.h. automatisch gespeichert werden.

Die momentane Gewichtskraft des Werkstücks kann während des Ausführens des manuellen Arbeitsvorgangs insbesondere zeitbezogen protokolliert werden und/oder es kann die nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs bestimmte Gewichtskraft des Werkstücks protokolliert werden. Demgemäß kann an dem erfindungsgemäßen MRK-Arbeitsplatz die Robotersteuerung ausgebildet und/oder eingerichtet sein, die momentane Gewichtskraft des Werkstücks während des Ausführens des manuellen Arbeitsvorgangs insbesondere zeitbezogen zu protokollieren und/oder die nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs bestimmte Gewichtskraft des Werkstücks zu protokollieren.

Ein Protokollieren der Gewichtskraft und/oder eines sich aus der Gewichtskraft ableitenden qualifizierenden Ergebniswertes kann zu Zwecken der Qualitätssicherung automatisch erfolgen.

Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der nachfolgenden Beschreibung 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 in Kombination betrachtet, allgemeine Merkmale der Erfindung darstellen.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines beispielhaften MRK-Arbeitsplatzes mit einem Leichtbauroboter, einem Handwerkzeug und mit einem Werkstück,

Fig. 2 eine schematische Darstellung des MRK-Arbeitsplatzes gemäß Fig. 1, bei dem das Werkstück, an dem ein ma-

nueller Arbeitsvorgang, insbesondere eine Montage durchzuführen ist, ein Motorblock eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs ist, und

Fig. 3 eine schematische Darstellung des MRK-Arbeitsplatzes gemäß Fig. 1, bei dem das Werkstück ein Kofferraumdeckel eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs ist, wobei ein manueller Arbeitsvorgang nicht an dem Kofferraumdeckel selbst, sondern an einer Fahrzeugkarosserie durchzuführen ist.

Die Fig. 1 zeigt einen MRK-Arbeitsplatz mit einem Roboter 1 in einer beispielhaften Ausführung als ein so genannter Leichtbauroboter, der einen Manipulatorarm 2 und eine Robotersteuerung 3 aufweist. Der Manipulatorarm 2 umfasst im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mehrere, nacheinander angeordnete und mittels Gelenke 4 drehbar miteinander verbundene Glieder 5 bis 12.

Die Robotersteuerung 3 des Roboters 1 ist ausgebildet bzw. eingerichtet, ein Roboterprogramm auszuführen, durch welches die Gelenke 4 des Manipulatorarms 2 gemäß des Roboterprogramms automatisiert oder in einem Handfahrbetrieb automatisch verstellt bzw. drehbewegt werden können. Dazu ist die Robotersteuerung 3 mit ansteuerbaren elektrischen Antrieben verbunden, die ausgebildet sind, die Gelenke 4 des Industrieroboters 1 zu verstellen.

Der erfindungsgemäße MRK-Arbeitsplatz gemäß Fig. 1 weist ein manuell zu bearbeitendes Werkstück 13 und einen das Werkstück 13 haltenden Roboter 1 auf. Die Robotersteuerung 3 ist ausgebildet und/oder eingerichtet, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

Zunächst nimmt der Manipulatorarm 2 das Werkstück 13 automatisch auf und hält es im Raum des MRK-Arbeitsplatzes, wie in den Figuren 1 bis 3 jeweils dargestellt. Beispielsweise automatisch durch eine übergeordnete Fabriksteuerung oder manuell durch einen Werker 14 erfolgt ein Auswählen einer Arbeitsvorgangs-Vorschrift 15a aus mehreren in der Robotersteuerung 3 gespeicherten Arbeitsvorgangs-Vorschriften 15a bis 15d. Die Arbeitsvorgangs-Vorschrift 15a kann beispielsweise eine Montageaufgabe sein, dass der Werker 14 mittels eines handgeführten Schraubers 16 eine Schraube 17 an dem Werkstück 13 festschrauben soll. Nachdem die diesbezügliche Arbeitsvorgangs-Vorschrift 15a ausgewählt ist, erfolgt ein automatisches Bewegen des Werkstücks 13 in einer für die Mensch-Roboter-Kollaboration sicheren Geschwindigkeit in eine der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift 15a zugeordnete Bearbeitungsposition P durch automatisches Verstellen der Gelenke des Manipulatorarms 2. In dieser automatisch angefahrenen Bearbeitungsposition P kann der Werker 14 in ergonomischer Weise einen der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift 15a entsprechenden manuellen Arbeitsvorgang (Schrauben) in der Bearbeitungsposition P des Werkstück 13 manuell durchführen.

Dabei dient der Roboter 1 sowohl als ein Spannmittel, um das Werkstück 13 festzuhalten, als auch als eine Art Hebezeug, durch welches das Werkstück 13 im Raum „aufgehängt" gehalten wird, so dass beispielsweise auch sehr schwere Werkstücke 13 von einem Werker 14 mit geringer Kraft bewegt und ausgerichtet werden können. Außerdem bildet der Roboter 1 dadurch eine Positioniervorrichtung, welche das Werkstück 13 in unterschiedliche Orientierung drehen kann, um mehrere manuelle Fertigungsschritte nacheinander durch den Werker 14 vornehmen zu können, ohne dass das Werkstück 13 umgespannt oder abgesetzt werden müsste.

Indem einerseits für den ausgewählten manuellen Arbeitsvorgang 15a eine hinsichtlich der dazu erforderlichen körperlichen Bewegungen des Werkers 14 günstige Position und Lage des Werkstücks 13 durch den Roboter 1 automatisch vorgegeben wird, kann eine besonders ergonomische Ausführung des manuellen Arbeitsvorgangs sichergestellt werden.

Damit aber auch die individuellen, d.h. persönlichen Voraussetzungen des Werkers 14 mit einfließen können, ist vorgesehen, dass der Manipulatorarm 2 durch die Robotersteuerung 3 in einer Nachgiebigkeitsregelung betrieben wird, nachdem ein manuelles Schaltmittel 18 beispielsweise an einem Griff 19 zum manuellen Führen des Manipulatorarms 2 durch einen Werker 14 betätigt ist, wodurch das Werkstück 13 durch manuell geführtes Bewegen des Manipulatorarms 2 in seiner Bearbeitungsposition P korrigiert werden kann. Das manuelle Schaltmittel 18 ist im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit der Robotersteuerung 3 verbunden. Die Robotersteuerung ist außerdem ausgebildet und/oder eingerichtet, eine von der automatisch eingestellten Bearbeitungsposition P manuell veränderte Position und/oder Orientierung des Werkstücks als eine korrigierte Bearbeitungsposition K zu erfassen und in der Robotersteuerung 3 zu speichern.

Dazu ist die Robotersteuerung 3 ausgebildet und/oder eingerichtet, die korrigierte Bearbeitungsposition K mit einer zugeordneten, den individuellen Werker 14 repräsentierenden Bezeichnung 20 (Name) abzuspeichern. So können individuelle, d.h. personenbezogene korrigierte Bearbeitungspositionen für verschiedene Personen, d.h. Werker 14 gespeichert und abgerufen werden.

In allen Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der manuell durchzuführende Arbeitsvorgang an dem Werkstück 13

vorgenommen werden. Der manuell an dem Werkstück 13 durchzuführende Arbeitsvorgang kann ein manuelles Fügen, insbesondere eine manuelle Montage, eines Gegenstandes, insbesondere eines Bauteils oder eines Betriebsmittels, an das Werkstück 13 oder in das Werkstück 13 sein.

Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt, kann repräsentativ für beliebig andere Werkstücke 13 ein beispielhaftes Werkstück 13 ein zu montierender Motorblock 13a eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs sein. Um beispielsweise mehrere Kolben 21 in verschiedene Reihen von Zylinderbuchsen 22 manuell von einem Werker 14 in ergonomischer Weise einsetzen zu können, kann der Motorblock 13a von dem Roboter 1 in einer für den Werker 14 günstigen Höhe ihm derart hingehalten werden, dass in einem ersten Arbeitsvorgang dem Werker 14 die Öffnung einer ersten Reihe von Zylinderbuchsen 22 in räumlich günstiger Lage ihm dargeboten wird, so dass der Werker 14 den ersten Kolben 21 in die Öffnung einer ersten Zylinderbuchse 22 einfügen kann. Anschließend, beispielsweise nachdem der Werker 14 das manuelle Einfügen des ersten Kolbens 21 der Robotersteuerung 3 bestätigt hat, bewegt (Pfeilrichtung R) der Roboter 1 den Motorblock 13a in einer sicheren Geschwindigkeit in eine Position und/oder Lage, in der die Öffnung einer zweiten Reihe von Zylinderbuchsen 22 in räumlich günstiger Lage dem Werker 14 dargeboten wird, so dass er den zweiten Kolben 21 in die Öffnung der zweiten Reihe von Zylinderbuchse 22 einfügen kann.

Wie in der Fig. 3 schematisch dargestellt, kann statt einer Vornahme des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs an dem Werkstück 13, 13a selbst, der manuell durchzuführende Arbeitsvorgang auch an einem anderen Bauteil (13c) vorgenommen werden, wobei jedoch zur Vornahme des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs an dem anderen Bauteil (13c), das Werkstück 13, 13b sich in einer Bearbeitungsposition P befinden

muss. Repräsentativ für beliebig andere Ausführungsformen kann das Werkstück 13 beispielsweise ein Kofferraumdeckel 13b oder eine Heckklappe eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs sein, bei dem der Kofferraumdeckel 13b oder die Heckklappe bereits schwenkbar an einer Karosserie 13c gelagert ist, aber noch nicht mit einer den Kofferraumdeckel 13b oder die Heckklappe in eine Öffnungsstellung drückenden Gasdruckfeder versehen ist. In einem solchen beispielhaften Fall kann der Roboter 1 den Kofferraumdeckel 13b oder die Heckklappe als ein Werkstück 13 in eine Offenstellung bewegen und dort halten, wobei der Werker 14 dann bei geöffnetem Kofferraumdeckel 13b bzw. geöffneter Heckklappe im Kofferraum 23 beispielsweise eine Montageaufgabe wahrnimmt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum teilautomatisierten Fertigen von Werkstücken (13, 13a, 13b, 13c) an einem MRK-Arbeitsplatz, der ein manuell zu bearbeitendes Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) und einen das Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) haltenden Roboter (1) mit einer Robotersteuerung (3) und mit einem mehrere Gelenke (4) und die Gelenke (4) verbindende Glieder (5-12) aufweisenden Manipulatorarm (2) umfasst, dessen Gelenke (4) von der Robotersteuerung (3) automatisch auf Grundlage eines Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind, aufweisend die Schritte:

   - Aufnehmen und automatisches Halten des Werkstücks durch den Manipulatorarm (2),

   - Auswählen einer Arbeitsvorgangs-Vorschrift aus mehreren in der Robotersteuerung (3) gespeicherten Arbeitsvorgangs-Vorschriften (15a-15d),

   - automatisches Bewegen des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) in einer für die Mensch-Roboter-Kollaboration sicheren Geschwindigkeit in eine der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift (15a-15d) zugeordnete Bearbeitungsposition (P) durch automatisches Verstellen der Gelenke (4) des Manipulatorarms (2), und

   - manuelles Durchführen eines der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift (15a-15d) entsprechenden manuellen Arbeitsvorgangs in der Bearbeitungsposition (P) des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Manipulatorarm (2) durch die Robotersteuerung (3) in einer Nachgiebigkeitsregelung betrieben wird, insbesondere nachdem ein manuelles Schaltmittel (18) durch einen Werker (14) betätigt ist, und das Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) durch manuell geführtes Bewegen des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) und/oder des Manipulatorarms (2) in seiner Bearbeitungsposition korrigiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die korrigierte Bearbeitungsposition (K) der ausgewählten Arbeitsvorgangs-Vorschrift (15a-15d) zugeordnet gespeichert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die korrigierte Bearbeitungsposition (K) mit einer zugeordneten, den individuellen Werker (14) repräsentierenden Bezeichnung (20) abgespeichert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die der jeweiligen Arbeitsvorgangs-Vorschrift (15a-15d) zugeordnete Bearbeitungsposition (P) des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) in Abhängigkeit des manuell durchzuführenden Arbeitsvorgangs nach ergonomischen Parametern hinsichtlich der Position und/oder der Orientierung des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) im Arbeitsraum des MRK-Arbeitsplatzes festgelegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem der manuell durchzuführende Arbeitsvorgang an dem Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) vorgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der manuell an dem Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) durchzuführende Arbeitsvorgang ein manuelles Fügen, insbesondere eine manuelle

Montage, eines Gegenstandes, insbesondere eines Bauteils oder eines Betriebsmittels, an das Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) oder in das Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Roboter (1) ausgebildet ist, die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm (2) gehaltenen Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) zu bestimmen, insbesondere die Gewichtskraft des vom Manipulatorarm (2) gehaltenen Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs zu bestimmen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem ein in der Robotersteuerung (3) gespeicherter Wert der Gewichtskraft des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) mit der momentanen Gewichtskraft des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) und/oder mit der nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs bestimmten Gewichtskraft des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) verglichen wird und aus einem aus dem Vergleich erhaltenen Vergleichswert automatisch ein den manuellen Arbeitsvorgang qualifizierender Ergebniswert abgeleitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, bei dem die momentane Gewichtskraft des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) während des Ausführens des manuellen Arbeitsvorgangs insbesondere zeitbezogen protokolliert wird und/oder die nach dem Ausführen des manuellen Arbeitsvorgangs bestimmte Gewichtskraft des Werkstücks (13, 13a, 13b, 13c) protokolliert wird.

11. MRK-Arbeitsplatz, aufweisend ein manuell zu bearbeitendes Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) und einen das Werkstück (13, 13a, 13b, 13c) haltenden Roboter (1) mit ei-

ner Robotersteuerung (3) und mit einem mehrere Gelenke (4) und die Gelenke (4) verbindende Glieder (5-12) aufweisenden Manipulatorarm (2), dessen Gelenke (4) von der Robotersteuerung (3) automatisch auf Grundlage eines Roboterprogramms oder in einem Handfahrbetrieb zu verstellen sind, wobei die Robotersteuerung (3) ausgebildet und/oder eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchzuführen.

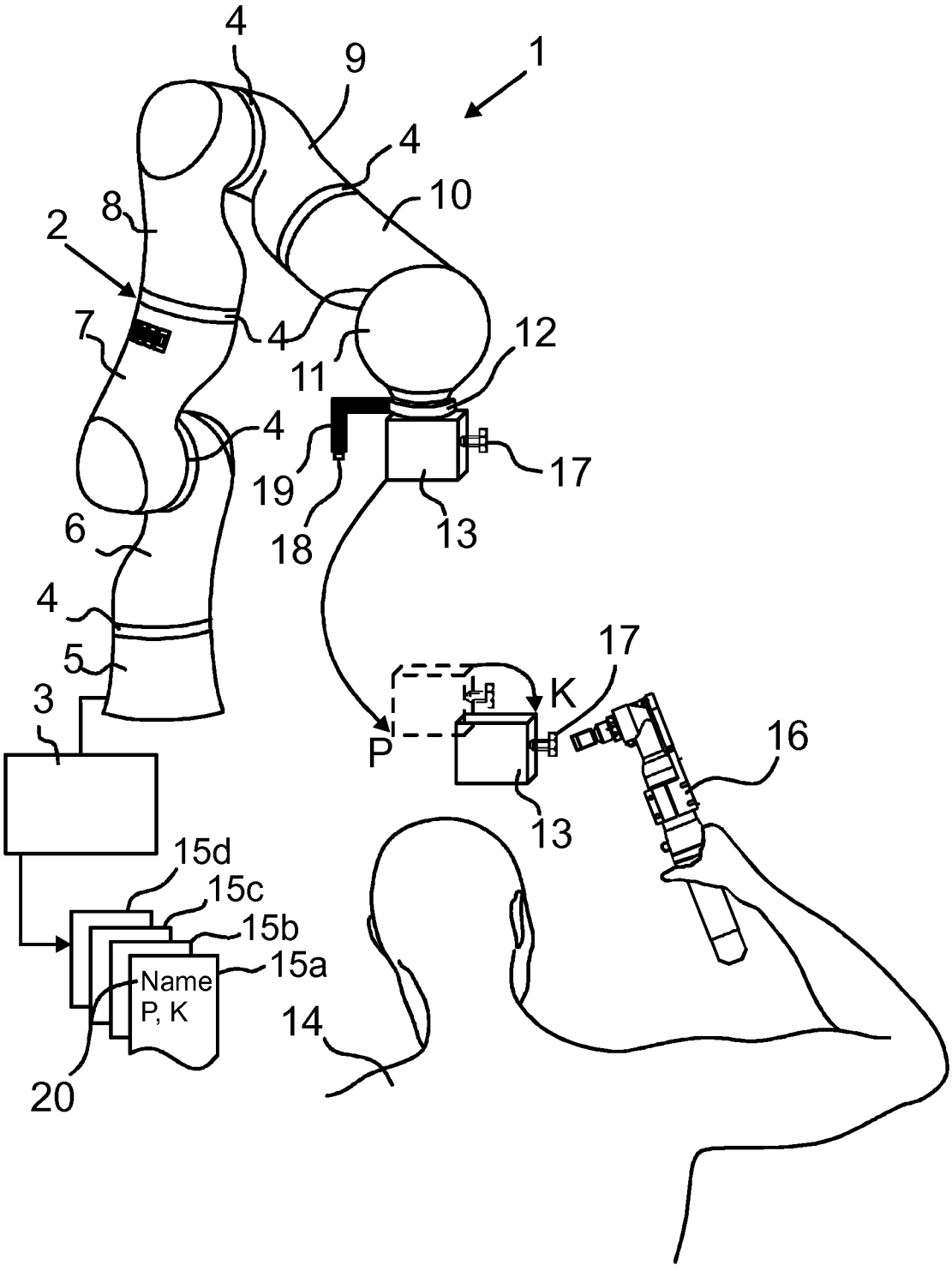

4
9
1
4
10
8
2
7
4
12
11
4
17
19
18
13
6
4
5
3
17
K
P
16
13
15d
15c
15b
15a
Name
P, K
14
20

Fig. 1

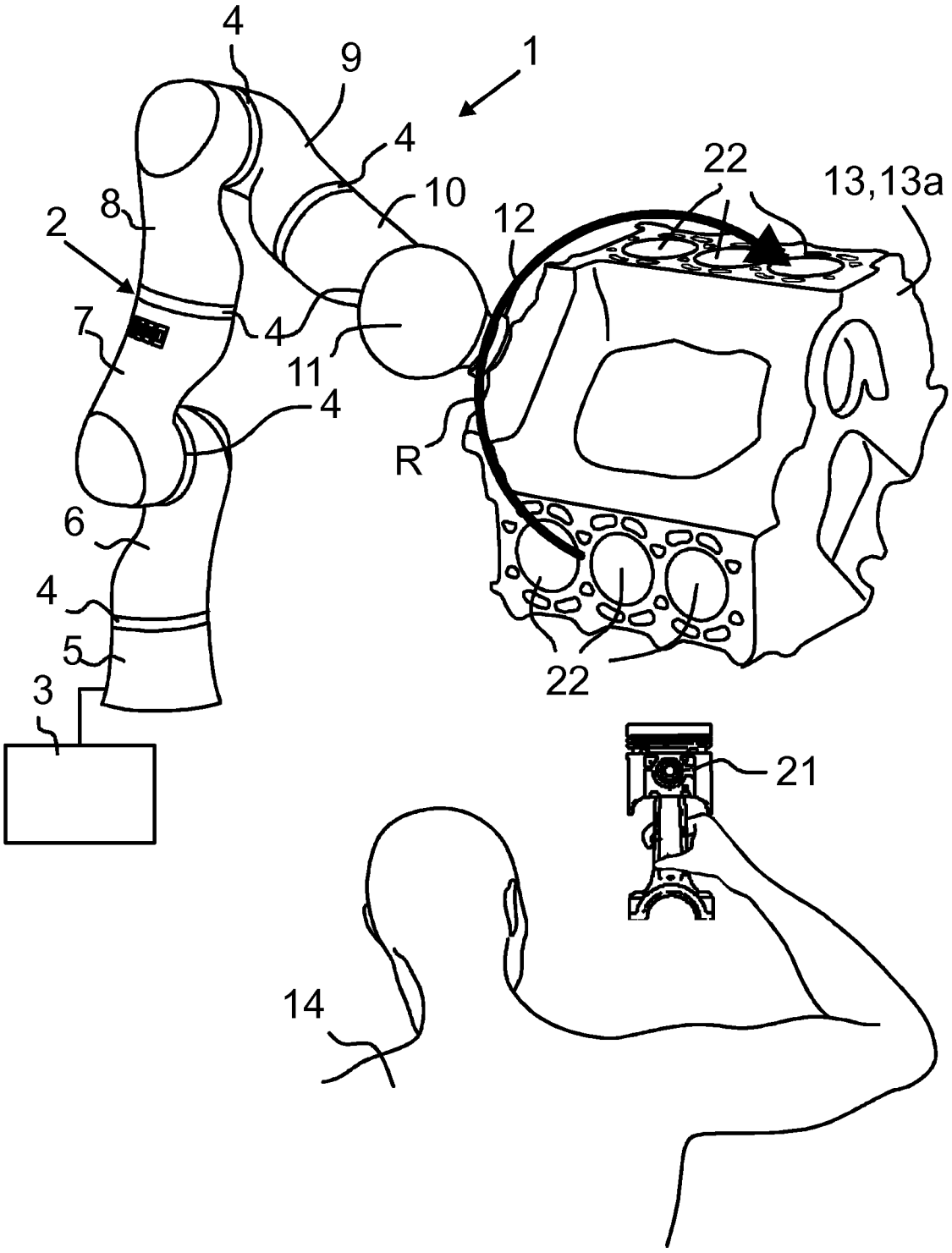


Fig. 2

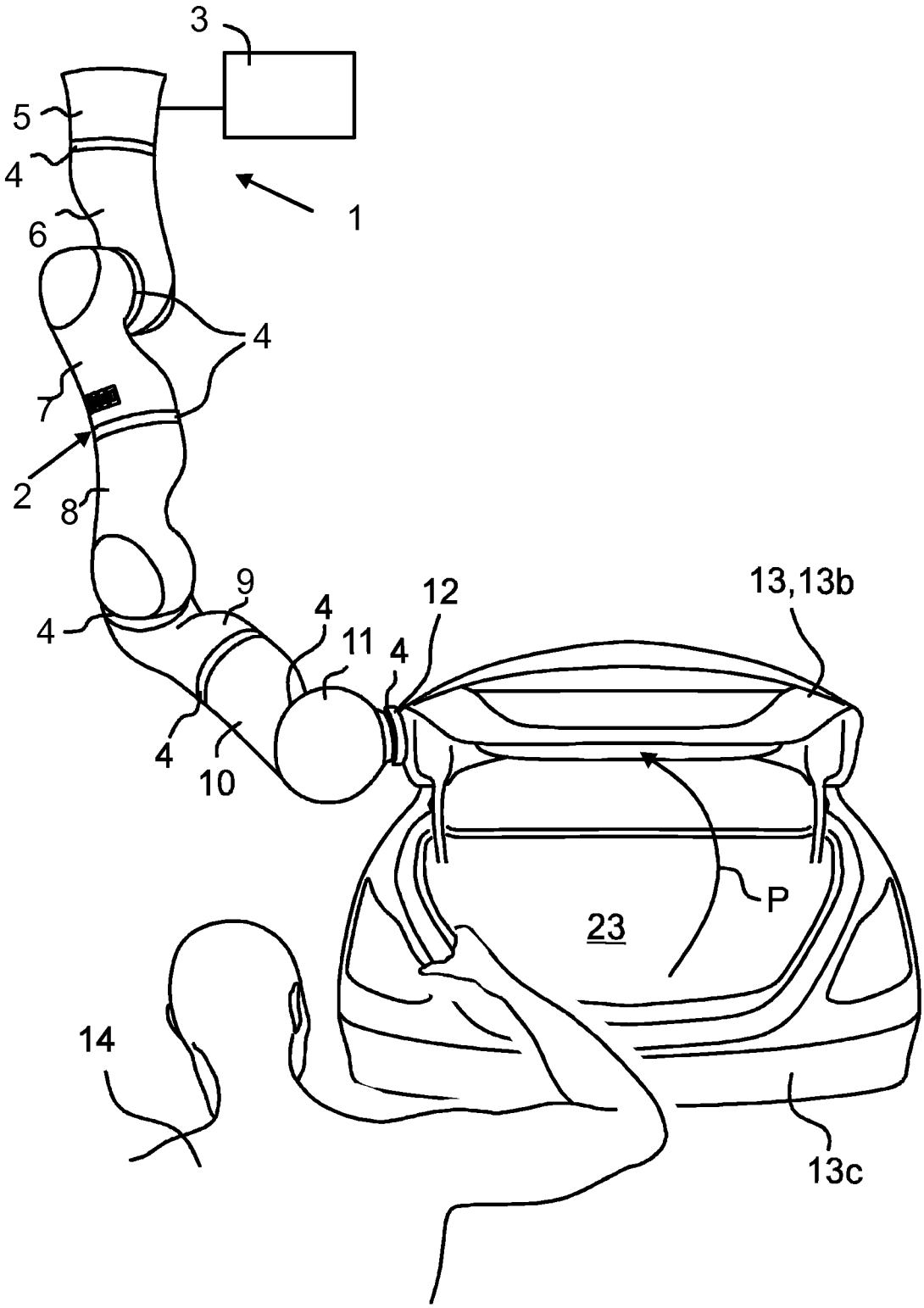


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/057734

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B25J9/16
ADD.

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 2 380 709 A2 (SICK AG [DE]) 26 October 2011 (2011-10-26) paragraphs [0050], [0055] - [0059]; figure 2	1,5-7,11 2-4,8-10
A	DE 10 2005 003827 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 27 July 2006 (2006-07-27) paragraphs [0050], [0051]; figures 7,8	1-11
A	WO 2009/155946 A1 (ABB AG [DE]; MATTHIAS BJOERN [DE]; KOCK SOENKE [SE]; KRIEGER ROLAND [D) 30 December 2009 (2009-12-30) pages 8,9; figures 1-3	1-4

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
26 August 2015	02/09/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Groen, Fokke

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/057734

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TAN J T C ET AL: "Safety design and development of human-robot collaboration in cellular manufacturing", AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 2009. CASE 2009. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22 August 2009 (2009-08-22), pages 537-542, XP031526872, ISBN: 978-1-4244-4578-3 the whole document -----	1-11

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/057734

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2380709 A2	26-10-2011	DE 102010017857 A1	27-10-2011
		EP 2380709 A2	26-10-2011
DE 102005003827 A1	27-07-2006	NONE	
WO 2009155946 A1	30-12-2009	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/057734

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 380 709 A2 (SICK AG [DE]) 26. Oktober 2011 (2011-10-26)	1,5-7,11
A	Absätze [0050], [0055] - [0059]; Abbildung 2	2-4,8-10
A	DE 10 2005 003827 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 27. Juli 2006 (2006-07-27) Absätze [0050], [0051]; Abbildungen 7,8	1-11
A	WO 2009/155946 A1 (ABB AG [DE]; MATTHIAS BJOERN [DE]; KOCK SOENKE [SE]; KRIEGER ROLAND [D) 30. Dezember 2009 (2009-12-30) Seiten 8,9; Abbildungen 1-3	1-4

-/--

[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
26. August 2015	02/09/2015

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	Groen, Fokke

1

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/057734

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	TAN J T C ET AL: "Safety design and development of human-robot collaboration in cellular manufacturing", AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING, 2009. CASE 2009. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 22. August 2009 (2009-08-22), Seiten 537-542, XP031526872, ISBN: 978-1-4244-4578-3 das ganze Dokument -----	1-11

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/057734

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2380709 A2	26-10-2011	DE 102010017857 A1	27-10-2011
		EP 2380709 A2	26-10-2011
DE 102005003827 A1	27-07-2006	KEINE	
WO 2009155946 A1	30-12-2009	KEINE	