

(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
12. Juni 2025 (12.06.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/119671 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B25J 9/16 (2006.01) *G05B 19/4061* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/083258

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. November 2024 (22.11.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 134 416.1
08. Dezember 2023 (08.12.2023) DE

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

(72) **Erfinder:** **DEHIO, Niels Jochen**; Säulingstr. 27b, 86163 Augsburg (DE). **SCHEURER, Christian**; Hermanstraße 33a, 86150 Augsburg (DE). **MELI, Gaetano**; Brückenstraße 19, 86153 Augsburg (DE). **GEISHAUSER, Tilman**; Klopstockstr. 32, 10557 Berlin (DE).

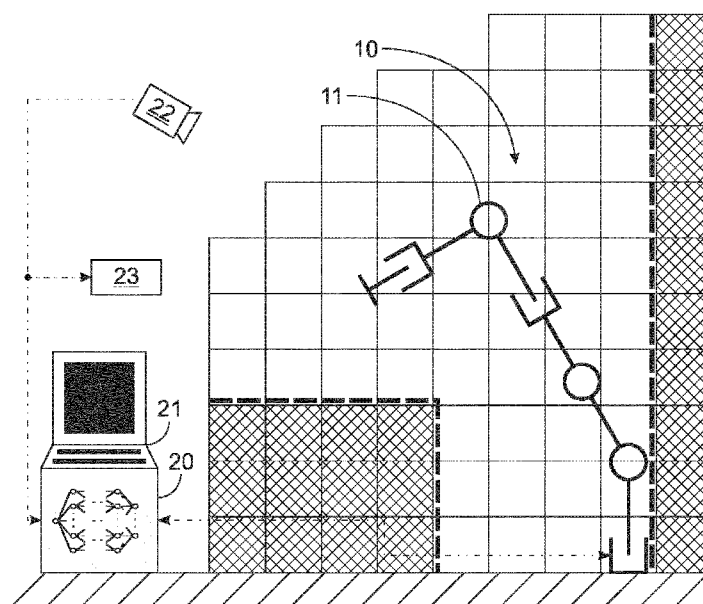
(74) **Anwalt:** **OELKE, Jochen**; Zugspitzstr. 140, 86165 Augsburg (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** CONFIGURING AND/OR CHECKING A BOUNDARY FOR A ROBOT OR PART OF A ROBOT

(54) **Bezeichnung:** KONFIGURIEREN UND/ODER PRÜFEN EINER BEGRENZUNG FÜR EINEN ROBOTER ODER TEIL EINES ROBOTERS

Fig. 1



(57) **Abstract:** A method for configuring and/or checking a boundary for a robot (10) or a part of the robot comprises the following step: providing (S10) geometry data of a working space ascertained to be freely accessible for the robot or part of the robot, or a protective space complementary hereto. In one embodiment, the method comprises the following step: configuring (S30) a boundary for the robot or part of the robot based on a user input, wherein during this configuring, this boundary is visualised together with the working space or protective space based on the user input and the provided geometry data, the boundary being visualised with the aid of a user interface. Additionally or alternatively, the method comprises the following steps: planning (S40) a movement of the robot for checking a or the configured boundary for the robot or part of the robot based on the provided geometry data; controlling (S50) drives of the robot to

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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 internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

carry out the planned movement; and detecting a triggering of a safety monitoring device as a result of said movement being carried out. The invention also relates to a system and to a computer program (product).

(57) **Zusammenfassung:** Ein Verfahren zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter (10) oder einen Teil des Roboters umfasst den Schritt: Bereitstellen (S10) von Geometriedaten eines als ein für den Roboter oder Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelten Arbeitsraumes oder eines hierzu komplementären Schutzraumes. In einer Ausführung umfasst das Verfahren den Schritt: Konfigurieren (S30) einer Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters auf Basis einer Benutzereingabe, wobei diese Begrenzung während dieses Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten mithilfe einer Benutzerschnittstelle visualisiert wird. Zusätzlich oder alternativ umfasst das Verfahren die Schritte: Planen (S40) einer Bewegung des Roboters zum Überprüfen einer bzw. der konfigurierten Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten; Ansteuern (S50) von Antrieben des Roboters zum Durchführen der geplanten Bewegung; und Erfassen einer Auslösung einer Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung. Die Erfindung betrifft außerdem ein System bzw. Computerprogramm(produkt).

Beschreibung**Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter oder Teil eines Roboters**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und System zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter oder einen Teil des Roboters sowie ein Computerprogramm bzw. Computerprogrammprodukt zur Durchführung des Verfahrens.

Nach betriebsinterner Praxis können Begrenzungen für Roboter in Form von virtuellen Wänden durch Benutzereingaben konfiguriert werden. Solcherart konfigurierte Begrenzungen werden nach betriebsinterner Praxis geprüft, indem der Roboter an diese herangeführt und erfasst wird, ob dies eine hierfür vorgesehene Sicherheitsüberwachung auslöst.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, das Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ansprüche 9, 10 stellen ein System bzw. Computerprogramm bzw. Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines hier beschriebenen Verfahrens unter Schutz. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen.

Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter oder einen Teil des Roboters den Schritt:

- Bereitstellen von Geometriedaten eines Raumes, der, vorzugsweise zuvor, als ein für den Roboter bzw. Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelt worden ist, in einer Ausführung wird, und vorliegend als Arbeitsraum bezeichnet wird, oder eines hierzu komplementären Schutzraumes.

In einer Ausführung ist die Begrenzung eine virtuelle bzw. softwaremäßig implementierte Begrenzung und/oder umfasst eine oder mehrere Grenzen, insbesondere eines, in einer Ausführung virtuellen, Raumes, in dem sich der Roboter bzw. Teil des Roboters befinden bzw. bewegen darf, und/oder eines, in
5 einer Ausführung virtuellen, Raumes, in dem der Roboter bzw. Teil des Roboters sich nicht befinden bzw. in die er nicht eindringen darf.

Ein Raum im Sinne der vorliegenden Erfindung kann aus mehreren separat(definiert)en Teilräumen zusammengesetzt sein. Beispielsweise kann ein Raum, in dem sich der Roboter bzw. Teil des Roboters befinden bzw. bewegen
10 darf, durch eine definierte Außengrenze (über die der Roboter bzw. Teil des Roboters nicht hinausfahren darf) und eine oder mehrere definierte Innengrenzen innerhalb des durch diese Außengrenze umgrenzten Raums, insbesondere Teilräume, in denen der Roboter bzw. Teil des Roboters sich nicht befinden bzw. in die er nicht eindringen darf, begrenzt sein, entsprechend kann die Begrenzung
15 die Außengrenze und die Innengrenzen aufweisen. In einer Ausführung umfasst die Begrenzung eine oder mehrere, insbesondere virtuelle und/oder ebene oder gekrümmte, Wände, die der Roboter bzw. Teil des Roboters nicht durchdringen soll bzw. darf.

Ein Raum bzw. eine Begrenzung bzw. Grenze im Sinne der vorliegenden
20 Erfindung kann insbesondere ein kartesischer Raum bzw. eine Begrenzung bzw. Grenze im kartesischen Raum oder ein Konfigurations- bzw. Gelenkkoordinatenraum bzw. eine Begrenzung bzw. Grenze im Konfigurations- bzw. Gelenkkoordinatenraum bzw. als kartesischer Raum oder Konfigurations- bzw. Gelenkkoordinatenraum bzw. in einem kartesischen Raum oder einem
25 Konfigurations- bzw. Gelenkkoordinatenraum definiert bzw. vorgegebenen sein.

Ein Raum bzw. eine Begrenzung bzw. Grenze im Sinne der vorliegenden Erfindung kann sich insbesondere auf eine oder mehrere verschiedene roboterfeste Referenzen, beispielsweise roboterfeste Punkte, virtuelle oder reale Körper, Koordinatensysteme oder dergleichen, und/oder auf die gesamte
30 kinematische Kette und/oder Kontur des Roboters oder einen Teil des Roboters,

- insbesondere einen Teil seiner kinematischen Kette und/oder Kontur, ein oder mehrere Einzelglieder, beispielsweise den Endeffektor, Ellbogen oder dergleichen, insbesondere eine, gegebenenfalls vereinfachte, Hüllkontur der Kette bzw. Kontur bzw. des Teils des Roboters bzw. des bzw. der Einzelgliedes bzw. der
- 5 Einzelglieder beziehen. Ein Teil des Roboters im Sinne der vorliegenden Erfindung kann ein oder mehrere, gegebenenfalls gelenkig miteinander verbundene, Einzelglieder aufweisen und/oder ein Teil seiner kinematischen Kette und/oder Kontur sein und/oder zwei oder mehr, gegebenenfalls voneinander beabstandete, Einzelteile aufweisen.
- 10 Entsprechend kann zum Beispiel ein (als) frei zugänglich(ermittelt)er Raum insbesondere ein Raum sein, der für die, gegebenenfalls eine Hüllkontur der, gesamte(n) kinematische(n) Kette und/oder Kontur des Roboters oder einen Teil des Roboters, insbesondere ein oder mehrere Einzelglieder, beispielsweise den Endeffektor, (als) frei zugänglich (ermittelt) ist. Eine Begrenzung bzw. Grenze für
- 15 einen Roboter kann entsprechend insbesondere eine Begrenzung bzw. Grenze für die, gegebenenfalls eine Hüllkontur der, gesamte(n) kinematische(n) Kette und/oder Kontur des Roboters oder einen Teil des Roboters, insbesondere ein oder mehrere Einzelglieder, beispielsweise eine Begrenzung bzw. Grenze für den Endeffektor, sein.
- 20 Ein Raum bzw. eine Begrenzung bzw. Grenze im Sinne der vorliegenden Erfindung kann insbesondere ein(e) ein-, zwei-, drei- oder mehrdimensionale(r) Raum bzw. Begrenzung bzw. Grenze sein, insbesondere ein eindimensionaler Raum, beispielsweise eine kartesischen Richtung bzw. eine Begrenzung bzw. Grenze in einer kartesischen Richtung, oder ein(e) dreidimensionale(r) Raum bzw.
- 25 Begrenzung bzw. Grenze, beispielsweise (für) eine Position im kartesischen Raum, oder ein(e) sechs- oder mehrdimensionale(r) Raum bzw. Begrenzung bzw. Grenze, der bzw. die eine Position und Orientierung im kartesischen Raum oder die Stellung der Gelenke bzw. (Bewegungs)Achsen eines sechsachsigen Roboters angibt bzw. begrenzt.

Sofern vorliegend von einer Begrenzung für den Roboter bzw. einem für den Roboter zugänglichen Raum die Rede ist, kann sich dies in einer Ausführung auf den gesamten Roboter oder einen Teil, in einer Weiterbildung ein oder mehrere Glieder des Roboters, beziehen.

- 5 Der Roboter weist in einer Ausführung wenigstens einen Roboterarm und/oder eine feste oder mobile Basis, in einer Weiterbildung ein Fahrwerk auf, er kann insbesondere ein stationärer Roboter, in einer Weiterbildung in einer Roboterzelle, ein Laufroboter, ein Unterwasserroboter oder eine Drohne sein. In einer Ausführung weist der Roboter, in einer Weiterbildung der Roboterarm, wenigstens
10 drei, insbesondere wenigstens sechs, in einer Ausführung wenigstens sieben, (Bewegungs)Achsen bzw. Gelenke auf, die durch, vorzugsweise elektromagnetische, Antriebe des Roboters beweg- bzw. verstellbar sind.

Für solche Begrenzungen bzw. Roboter ist die vorliegende Erfindung, insbesondere aufgrund der Kinematik und Rand- bzw. Einsatzbedingungen,
15 besonders vorteilhaft.

Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren den Schritt auf:

- Konfigurieren einer bzw. der Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters auf Basis einer (von einem Benutzer eingegebenen)
20 Benutzereingabe, wobei diese Begrenzung
 - während dieses Konfigurierens und
 - zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum und
 - basierend auf
25 - der Benutzereingabe und
 - den bereitgestellten Geometriedaten des Arbeits- bzw. Schutzraums
 - mithilfe, vorzugsweise an, einer Benutzerschnittstellevisualisiert wird, vorzugsweise graphisch visualisiert wird, in einer Ausführung
30 durch entsprechende, insbesondere virtuelle, Grenzflächen oder dergleichen.

Durch die gemeinsame Visualisierung des als ein für den Roboter bzw. Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelten Arbeitsraumes bzw. hierzu komplementären Schutzraumes zusammen mit der basierend auf einer Benutzereingabe zu konfigurierenden Begrenzung während dieses Konfigurierens
5 kann das Konfigurieren in einer Ausführung vorteilhaft, insbesondere schnell(er) und/oder sicher(er), durchgeführt werden. So kann ein Benutzer beispielsweise in einer Ausführung rasch(er) und/oder zuverlässig(er) erkennen, dass eine von ihm konfigurierte Begrenzung ungewollt innerhalb des Schutzraumes liegt, bzw. eine Begrenzung gezielt in den Arbeitsraum oder an dessen Außengrenze legen.

- 10 Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist das Verfahren zusätzlich oder alternativ zu einem hier beschriebenen Konfigurieren die Schritte auf:
- Planen einer Bewegung des Roboters zum Überprüfen einer bzw. der, vorzugsweise wie hier beschrieben, konfigurierten Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten,
15 vorzugsweise mittels einer automatisierten Bahnplanung, in einer Ausführung mit Geschwindigkeitsprofil, und/oder
derart, dass der Roboter bzw. Teil des Roboters sich dabei innerhalb des Arbeitsraums befindet bzw. in diesem bleibt bzw. den Schutzraum vermeidet und/oder
20 derart, dass der Roboter bzw. Teil des Roboters die konfigurierte Begrenzung erreicht, gegebenenfalls überschreitet;
 - Ansteuern von Antrieben des Roboters zum Durchführen der geplanten Bewegung; und
 - Erfassen einer Auslösung einer Sicherheitsüberwachung infolge der
25 Durchführung der Bewegung, insbesondere, ob infolge einer Bewegung des Roboters beim Durchführen der geplanten Bewegung in eine Roboterpose eine hierfür vorgegebene Sicherheitsüberwachung, insbesondere korrekt, ausgelöst wird oder nicht. Entsprechend ist die Sicherheitsüberwachung in einer Ausführung dazu eingerichtet, dadurch ausgelöst zu werden, dass der Roboter
30 bzw. Teil des Roboters die (zu überprüfende) Begrenzung erreicht oder überschreitet.

Durch das Planen der Bewegung des Roboters zum Überprüfen der konfigurierten Begrenzung basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten des als ein für den Roboter bzw. Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelten Arbeitsraumes bzw. hierzu komplementären Schutzraumes kann in einer

5 Ausführung die Wahrscheinlichkeit einer Kollision des Roboters bzw. Teil des Roboters während des Überprüfens reduziert und dadurch die konfigurierte Begrenzung vorteilhaft, insbesondere schnell(er) und/oder sicher(er), geprüft werden.

In einer Ausführung umfasst das Bereitstellen der Geometriedaten ein Verstellen

10 des Roboters in verschiedene Roboterstellungen, wobei der Arbeitsraum auf Basis dieser Roboterstellungen, vorzugsweise um dieser Roboterstellungen und/oder auf Basis der, insbesondere um die, Posen des Teils des Roboters in diesen Roboterstellungen, erweitert oder der Schutzraum auf Basis dieser Roboterstellungen, vorzugsweise um diese Roboterstellungen und/oder auf Basis

15 der, insbesondere um die, Posen des Teils des Roboters in diesen Roboterstellungen, reduziert wird. Anschaulich gesprochen räumt der Roboter bzw. Teil des Roboters bei diesem Verstellen in die verschiedenen Roboterstellungen einen Raum sukzessive frei, der den Arbeitsraum oder einen Teil des Arbeitsraums bildet bzw. nicht mehr Teil des Schutzraums ist.

20 Dadurch kann der Arbeits- bzw. Schutzraum in einer Ausführung besonders zuverlässig und/oder einfach bereitgestellt werden.

Zusätzlich oder alternativ umfasst das Bereitstellen der Geometriedaten in einer Ausführung eine sensorbasierte, in einer Weiterbildung kamerabasierte, Erfassung einer Umgebung des Roboters, wobei der Arbeits- bzw. Schutzraum in einer

25 Weiterbildung auf Basis einer Auswertung der Sensordaten, insbesondere Kamerabilder, in einer Ausführung auf Basis einer automatischen Detektion von Grenzflächen auf Basis der Sensordaten, insbesondere (Bildauswertung der) Kamerabilder, bereitgestellt wird.

Dadurch kann der Arbeits- bzw. Schutzraum in einer Ausführung wenigstens zum Teil ohne (Bewegen des) Roboter(s) und/oder (noch) schnell(er) und/oder einfach(er) bereitgestellt werden.

5 Das Bereitstellen von Geometriedaten kann zusätzlich oder alternativ auch das Ab- bzw. Aufrufen gespeicherter Geometriedaten umfassen, insbesondere sein.

In einer Ausführung ist der Arbeitsraum oder der Schutzraum diskretisiert, vorzugsweise in Gitter- oder Volumenelemente wie Voxel, Octrees oder dergleichen. Dadurch kann in einer Ausführung der Arbeits- bzw. Schutzraum besonders vorteilhaft, insbesondere einfach(er) und/oder zuverlässig(er),
10 bereitgestellt und/oder zum Planen der Bewegung des Roboters zum Überprüfen der konfigurierten Begrenzung verwendet werden.

In einer Ausführung wird der Roboter in eine oder mehrere der verschiedenen Roboterstellungen basierend auf einer manuell (von einem Benutzer) auf ihn ausgeübten Last verstellt bzw. handgeführt, vorzugsweise unter entsprechender,
15 insbesondere nachgiebiger, Regelung. Dadurch kann in einer Ausführung der Arbeits- bzw. Schutzraum besonders vorteilhaft, insbesondere einfach(er) und/oder zuverlässig(er), bereitgestellt werden.

Zusätzlich oder alternativ wird der Roboter in einer Ausführung in eine oder mehrere der verschiedenen Roboterstellungen basierend auf einer
20 Kommandoeingabe eines Benutzers über eine Eingabeschnittstelle verstellt, vorzugsweise über ein Bediengerät, insbesondere ein, vorzugsweise von dem Roboter beabstandbares, Bedienhandgerät. Dadurch kann in einer Ausführung der Arbeits- bzw. Schutzraum besonders vorteilhaft, insbesondere schnell(er), bereitgestellt werden.

25 Zusätzlich oder alternativ wird der Roboter in einer Ausführung in eine oder mehrere der verschiedenen Roboterstellungen basierend auf einer automatisierten Bahnplanung, vorzugsweise einer systematischen Bahnplanung zum, vorzugsweise kollisionsfreien, Abrastern eines Raumes, verstellt. Dadurch kann in

einer Ausführung der Arbeits- bzw. Schutzraum besonders vorteilhaft, insbesondere gründlich(er) bzw. umfassend(er), bereitgestellt werden.

In einer Ausführung wird während, in einer Weiterbildung infolge, des Konfigurierens der Begrenzung der Roboter in zusätzliche Roboterstellungen

5 verstellt, wobei der Arbeitsraum oder der Schutzraum auf Basis dieser zusätzlichen Roboterstellungen aktualisiert wird. Vorzugsweise werden diese zusätzlichen Roboterstellungen, in einer Ausführung durch eine automatische Bahnplanung, auf Basis einer Vorgabe durch den Benutzer während des Konfigurierens, insbesondere eines Verwerfens oder Modifizieren eines

10 generierten Vorschlags und/oder einer Vorgabe eines abzufahrenden bzw. zu evaluierenden Raumbereichs, vorgegeben. Dadurch können in einer Ausführung vorteilhaft Gebiete, die bisher noch nicht evaluiert wurden, bei Bedarf und/oder initiiert durch das Konfigurieren und/oder kollisionsfrei evaluiert und so der Arbeitsraum bei Bedarf und/oder initiiert durch das Konfigurieren vergrößert bzw.

15 der Schutzraum entsprechend verkleinert werden. Beispielsweise kann, wie nachfolgend eingehender erläutert, ein Benutzer eine ihm vorgeschlagene Begrenzung verwerfen, die ihm basierend auf dem bisher bereitgestellten Arbeitsraum vorgeschlagen wird. Dies deutet darauf hin, dass der bisher bereitgestellte Arbeitsraum zu klein bzw. ein durch die vorgeschlagene

20 Begrenzung gesperrtes Gebiet nach Auffassung des Benutzers für den Roboter bzw. Teil des Roboters zugänglich ist, so dass durch entsprechende Aktualisierung des Arbeits- bzw. Schutzraums basierend auf zusätzlich während des Konfigurierens, insbesondere durch das Verwerfen ausgelöst, angefahrenen Roboterstellungen der Arbeitsraum entsprechend erweitert wird. Gleichermaßen

25 kann der Benutzer auch in anderen Fällen beim Konfigurieren auf Basis der Visualisierung feststellen, dass der bereitgestellte Arbeits- bzw. Schutzraum den tatsächlich frei zugänglichen Raum eventuell noch nicht ausreichend abbildet und daher einen zu evaluierenden Raumbereich vorgegeben, der dann durch Verstellen des Roboters in entsprechende, auf diesem als zu evaluierend

30 vorgegebenen Raumbereich basierende zusätzliche Roboterstellungen evaluiert und der Arbeits- bzw. Schutzraum entsprechend aktualisiert wird.

In einer Ausführung weist das Verfahren die Schritte auf:

- Generieren eines Vorschlags für die zu konfigurierende Begrenzung basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten; und
- Visualisieren dieses Vorschlags mithilfe der Benutzerschnittstelle zum

5 Konfigurieren der Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters, wobei das Konfigurieren ein Akzeptieren oder Modifizieren oder Verwerfen des Vorschlags auf Basis einer Bewertungseingabe eines Benutzers umfasst.

Dadurch kann das Konfigurieren in einer Ausführung vorteilhaft, insbesondere schnell(er) und/oder sicher(er), durchgeführt werden.

10 In einer Weiterbildung wird der Vorschlag mittels einer wenigstens teilweise auf maschinellem Lernen basierenden Datenverarbeitung und/oder einer Mustererkennung und/oder, vorzugsweise von einem Benutzer und/oder auf Basis eines numerischen Datenmodells, vorgegebenen Parametern einer Topologie des Roboters und/oder der Umgebung generiert. Beispielsweise kann ein Arbeitstisch,

15 eine Säule, ein Regal oder dergleichen basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten des ermittelten Arbeits- bzw. Schutzraumes und/oder mittels einer wenigstens teilweise auf maschinellem Lernen basierenden Datenverarbeitung erkannt werden, wenn das entsprechende Gebiet als nicht für den Roboter bzw. Teil des Roboters frei zugänglich ermittelt worden ist, und eine

20 entsprechende Grenze des Arbeits- bzw. Schutzraumes, vorzugsweise basierend auf einem numerischen Datenmodell für solche Umgebungshindernisse mittels einer wenigstens teilweise auf maschinellem Lernen basierenden Datenverarbeitung, als (Teil) der Begrenzung vorgeschlagen werden. Allgemein kann ein Vorschlag für die zu konfigurierende Begrenzung einen Vorschlag für

25 eine oder mehrere Grenzen der Begrenzung umfassen, insbesondere sein.

In einer Ausführung wird die geplante Bewegung vor dem Durchführen mithilfe der Benutzerschnittstelle visualisiert. Dadurch kann in einer Ausführung die Sicherheit und/oder Effektivität der Bewegung bzw. Prüfung verbessert werden.

In einer Ausführung wird beim Durchführen der geplanten Bewegung die durchgeführte Bewegung und/oder ein Erfassen einer Auslösung der Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung abgespeichert, wobei basierend hierauf, in einer Weiterbildung basierend auf einer Visualisierung der geplanten und/oder durchgeführten Bewegung und/oder auch auf Basis einer Prüfeingabe eines Benutzers, ein Prüfprotokoll generiert wird, wobei vorzugsweise der Benutzer das Prüfprotokoll signiert. In einer Ausführung wird die durchgeführte Bewegung und/oder das Erfassen einer Auslösung der Sicherheitsüberwachung mit dem Prüfprotokoll abgespeichert. Dadurch kann in einer Ausführung die Prüfung der konfigurierten Begrenzung vorteilhaft dokumentiert werden.

In einer Ausführung wird beim Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten mithilfe der Benutzerschnittstelle zusätzlich eine virtuelle Repräsentation des Roboters oder Teils des Roboters und/oder wenigstens eine virtuelle Repräsentation eines Objekts, insbesondere Hindernisses, in der Umgebung des Roboters (zusammen mit der Begrenzung und dem Arbeitsraum oder Schutzraum) visualisiert.

In einer Ausführung wird infolge einer Schalteingabe eines Benutzers zwischen einem Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum und einem Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Schutzraum umgeschaltet bzw. ist zwischen diesen Visualisierungen umschaltbar. Dadurch kann in einer Ausführung das Konfigurieren verbessert, insbesondere einfach(er) und/oder zuverlässig(er), durchgeführt werden.

In einer Ausführung kann die Benutzerschnittstelle ein Handgerät, insbesondere ein Bedienhandgerät, ein Smartphone oder dergleichen, und/oder eine Virtual Reality- bzw. VR- oder Augmented Reality- bzw. AR-Schnittstelle, insbesondere eine VR- oder AR-Brille oder dergleichen, aufweisen, insbesondere sein. Dadurch kann in einer Ausführung das Konfigurieren verbessert, insbesondere einfach(er) und/oder zuverlässig(er) durchgeführt werden.

Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist ein System zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter oder Teil des Roboters, insbesondere hard- und/oder software-, insbesondere programmtechnisch, zur Durchführung eines hier beschriebenen Verfahrens
5 eingerichtet und/oder weist Mittel zum Bereitstellen von Geometriedaten eines als ein für den Roboter bzw. Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelten Arbeitsraumes oder eines hierzu komplementären Schutzraumes auf.

Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist das System Mittel zum Konfigurieren einer Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters auf Basis
10 einer Benutzereingabe, wobei diese Begrenzung während dieses Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten mithilfe einer Benutzerschnittstelle visualisiert wird, auf.

Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist das System
15 - Mittel zum Planen einer Bewegung des Roboters zum Überprüfen einer bzw. der konfigurierten Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten;
- Mittel zum Ansteuern von Antrieben des Roboters zum Durchführen der geplanten Bewegung; und
20 - Mittel zum Erfassen einer Auslösung einer Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung
auf. Ein Erfassen einer Auslösung einer Sicherheitsüberwachung kann insbesondere ein Erfassen eines Signals der Sicherheitsüberwachung umfassen, insbesondere sein.

25 In einer Ausführung weist das System bzw. seine Mittel auf:
- Mittel zum Verstellen des Roboters in verschiedene Roboterstellungen und Mittel zum Erweitern des Arbeitsraums auf Basis dieser Roboterstellungen oder zum Reduzieren des Schutzraums auf Basis dieser Roboterstellungen; und/oder
30 - Mittel zur sensorbasierten Erfassung einer Umgebung des Roboters; und/oder

- Mittel zum Verstellen des Roboters basierend auf einer manuell auf ihn ausgeübten Last und/oder auf einer Kommandoeingabe eines Benutzers über eine Eingabeschnittstelle und/oder auf einer automatisierten Bahnplanung in wenigstens eine der verschiedenen Roboterstellungen; und/oder
- 5 - Mittel zum Verstellen des Roboters während, insbesondere infolge, des Konfigurierens der Begrenzung in zusätzliche Roboterstellungen, und Mittel zum Aktualisieren des Arbeitsraums oder des Schutzraums auf Basis dieser zusätzliche Roboterstellungen; und/oder
- Mittel zum Generieren eines Vorschlags für die zu konfigurierende Begrenzung basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten und Mittel zum
10 Visualisieren dieses Vorschlags mithilfe der Benutzerschnittstelle zum Konfigurieren der Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters, wobei das Konfigurieren ein Akzeptieren oder Modifizieren oder Verwerfen des Vorschlags auf Basis einer Bewertungseingabe eines Benutzers umfasst,
15 wobei der Vorschlag in einer Ausführung mittels einer wenigstens teilweise auf maschinellem Lernen basierenden Datenverarbeitung und/oder einer Mustererkennung und/oder vorgegebenen Parametern einer Topologie des Roboters und/oder der Umgebung generiert wird; und/oder
- Mittel zum Visualisieren der geplanten Bewegung vor dem Durchführen mithilfe der Benutzerschnittstelle; und/oder
20 - Mittel zum Abspeichern, beim Durchführen der geplanten Bewegung, der Bewegung und/oder eines Erfassens einer Auslösung der Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung, und Mittel zum Generieren, basierend hierauf, insbesondere einer Visualisierung der geplanten und/oder durchgeführten Bewegung und/oder auch auf Basis einer Prüfeingabe eines Benutzers, eines Prüfprotokolls;
25 - Mittel zum zusätzlichen Visualisieren, beim Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten
30 mithilfe der Benutzerschnittstelle, einer virtuellen Repräsentation des Roboters bzw. Teils des Roboters und/oder wenigstens einer virtuellen Repräsentation eines Objekts in der Umgebung des Roboters; und/oder

- Mittel zum Umschalten infolge einer Schalteingabe eines Benutzers zwischen einem Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum und einem Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Schutzraum.

- 5 Ein Mittel im Sinne der vorliegenden Erfindung kann hard- und/oder softwaretechnisch ausgebildet sein, insbesondere wenigstens eine, vorzugsweise mit einem Speicher- und/oder Bussystem daten- bzw. signalverbundene, insbesondere digitale, Verarbeitungs-, insbesondere Mikroprozessoreinheit (CPU), Graphikkarte (GPU) oder dergleichen, und/oder ein oder mehrere Programme
- 10 oder Programmmodule aufweisen. Die Verarbeitungseinheit 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,
- 15 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 Verarbeitungseinheit die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit insbesondere eine Begrenzung für einen Roboter bzw.
- 20 Teil des Roboters konfigurieren und/oder prüfen bzw. einen Benutzer dabei unterstützen kann. Ein Computerprogrammprodukt kann in einer Ausführung ein, insbesondere computerlesbares und/oder nicht-flüchtiges, Speichermedium zum Speichern eines Programms bzw. von Anweisungen bzw. mit einem darauf gespeicherten Programm bzw. mit darauf gespeicherten Anweisungen aufweisen,
- 25 insbesondere sein. In einer Ausführung veranlasst ein Ausführen dieses Programms bzw. dieser Anweisungen durch ein System bzw. eine Steuerung, insbesondere einen Computer oder eine Anordnung von mehreren Computern, das System bzw. die Steuerung, insbesondere den bzw. die Computer, dazu, ein hier beschriebenes Verfahren bzw. einen oder mehrere seiner Schritte
- 30 auszuführen, bzw. sind das Programm bzw. die Anweisungen hierzu eingerichtet.

In einer Ausführung sind ein oder mehrere, insbesondere alle, Schritte des Verfahrens vollständig oder teilweise computerimplementiert bzw. werden ein oder mehrere, insbesondere alle, Schritte des Verfahrens vollständig oder teilweise automatisiert durchgeführt, insbesondere durch das System bzw. sein(e) Mittel.

- 5 In einer Ausführung weist das System den Roboter auf. In einer Ausführung wird die Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters derart konfiguriert, in einer Weiterbildung ein Vorschlag für die zu konfigurierende Begrenzung basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten derart generiert, dass die Begrenzung wenigstens teilweise, vorzugsweise ganz, innerhalb des Arbeitsraums
10 bzw. wenigstens teilweise, vorzugsweise ganz, außerhalb des Schutzraums liegt, in einer Ausführung um einen vorgegebenen Mindestabstand.

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

- Fig. 1: ein System zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen
15 Roboter nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2: ein Verfahren zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

- Fig. 1 zeigt ein System zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter 10 mit einer Steuerung 20 mit einer Ein-/Ausgabe-Schnittstelle 21
20 nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

- Zum Konfigurieren wird zunächst der für den Roboter oder einen Teil des Roboters frei zugängliche Arbeitsraum („Explored Space“) basierend auf dem Bewegen des Roboters 10 durch einen Benutzer und anschließender Auswertung der dabei gespeicherten Gelenkwinkel-Stellungen exploriert. Dabei wird der
25 Arbeitsraum sukzessive um das vom Roboter bzw. Teil des Roboters während der Bewegung durchfahrene Volumen („Swept Volume“) erweitert bzw. umgekehrt ein hierzu komplementärer Schutzraum entsprechend reduziert.

Alternativ oder zusätzlich kann der für den Roboter bzw. Teil des Roboters frei zugängliche Arbeitsraum bzw. hierzu komplementäre Schutzraum auch sensorbasiert, beispielsweise mithilfe einer oder mehreren Kameras 22 ermittelt werden.

- 5 Exemplarisch ist ein solcher Arbeitsraum in Fig. 1 durch leere Voxel angedeutet, ein Schutzraum durch kreuzschraffierte Voxel.

- Nach dem vorstehend beschriebenen Schritt S10 (vgl. Fig. 2), in dem der Arbeitsraum bzw. Explored Space ermittelt, in einer Ausführung approximiert, wird, wird der Arbeitsraum bzw. Explored Space oder der dazu komplementäre
- 10 Schutzraum dem Benutzer mithilfe der Ein-Ausgabe-Schnittstelle 21, die entsprechend eine Benutzerschnittstelle bildet oder aufweist, visuell angezeigt, wobei der Benutzer zwischen beiden Ansichten „Arbeitsraum“ und „Schutzraum“ umschalten kann. Die Anzeige erfolgt beispielsweise auf einem Computer-Bildschirm oder auf einem Smartpad bzw. Touchpad oder einem
- 15 eigenen Device, beispielsweise einem Smartphone, oder auf einer Augmented-Reality-Brille (AR-Brille) 23. Optional werden zusätzlich weitere virtuelle Repräsentationen von bekannten Hindernissen, beispielsweise CAD-Daten oder dergleichen, visualisiert.

- Der Benutzer kann in einem Schritt S30 die gewünschte virtuelle Begrenzung
- 20 manuell konfigurieren. Dabei werden virtuelle Wände bzw. Räume, beispielsweise in Form von Quadern, Prismen oder dergleichen, zusammen mit dem Arbeitsraum bzw. Explored Space, bzw. dem dazu komplementären Schutzraum angezeigt.

- Diese Kombination beider Anzeigen unterstützt das räumliche Verständnis bei einem unerfahrenen Benutzer, und hilft Fehlerquellen bei der Konfiguration und
- 25 Überprüfung der virtuellen Begrenzungen zu vermeiden. Beispielsweise wird es dadurch einfacher, Parameter bezüglich Translationen und Orientierungen der virtuellen Räume auf ihre Korrektheit einzuschätzen. Eine mögliche Fehl-Positionierung eines virtuellen Raums zur Begrenzung der Roboterbewegung fällt dem Benutzer durch die Überlagerung bzw. Nicht-Überlagerung bzw.

Teil-Überlagerung mit dem Arbeitsraum bzw. Explored Space sehr schnell auf und kann entsprechend korrigiert werden.

Optional wird vor und/oder während dem Konfigurieren automatisch ein Vorschlag zur Konfiguration der virtuellen Begrenzungen generiert.

- 5 Beispielsweise erkennt ein Algorithmus in einem Schritt S20 auf Basis des Arbeitsraums bzw. Explored Space mögliche Hindernis-Geometrien in der Umgebung des Roboters automatisch. Sind beispielsweise geradlinig verlaufende Flächen mit rechtwinkligen Einbuchtungen oder aber Krümmungen mit regelmäßigem Radius markant erkennbar, kann dies als Tisch, Schrank, Wand, 10 (zylindrische) Säule oder dergleichen erkannt werden.

- Zusätzlich zu solchen geometrischen Informationen können auch topologische und semantische Informationen automatisch einbezogen werden. Beispielsweise kann eine künstliche Intelligenz, zum Beispiel Erfahrungswissen, gelerntes Wissen, ein Künstliches Neuronales Netz bzw. Neural Network oder dergleichen, einen 15 manuellen Arbeitsplatz für eine menschliche Arbeitskraft erkennen und daraufhin das Programm dem Benutzer automatisch vorschlagen, an der entsprechenden Stelle eine Grenze bzw. einen für den Roboter bzw. Teil des Roboters gesperrten Bereich vorzusehen, und hierzu entsprechende Parameter der virtuellen Begrenzung ermitteln. Der automatisch erzeugte Vorschlag kann visuell 20 zusammen mit dem Arbeitsraum bzw. Explored Space angezeigt werden, insbesondere auf dem Bildschirm, dem Smartpad/Touchpad, dem Smartphone, der AR-Brille oder dergleichen.

Der Benutzer kann daraufhin in Schritt S30 den automatisch generierten Vorschlag über- bzw. annehmen, abändern oder verwerfen.

- 25 Wiederum exemplarisch sind in Fig. 1 Grenzen einer Begrenzung fett gestrichelt angedeutet.

Der Benutzer kann den automatisch generierten Vorschlag bezüglich eines vermuteten Hindernisses ablehnen, beispielsweise, weil es sich tatsächlich um

einen frei zugänglichen Raum anstatt eines Hindernisses handelt. Dies deutet darauf hin, dass die Geometriedaten des Arbeitsraums bzw. Explored Space unvollständig waren. Dann kann optional im Anschluss automatisch eine entsprechende Trajektorie geplant und abgefahren werden, um den initial
5 bereitgestellten Arbeitsraum bzw. Explored Space in diesem Bereich durch zusätzliche (Geometrie)Daten zu erweitern. Anschließend wird die Visualisierung des Arbeitsraums bzw. Explored Space entsprechend aktualisiert.

Mittels kollisionsfreier Bahnplanung kann vorteilhaft sichergestellt werden, dass die automatisch generierten Roboterbewegungen den bereits ermittelten Explored
10 Space und den zusätzlich vom Benutzer als frei zugänglich vorgegebenen bzw. bestätigten Raum nicht verlassen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die automatisch generierten Roboterbewegungen keine Kollisionen verursachen.

Die Daten-basierte Aktualisierung des Explored Space stellt sicher, dass der Benutzer nicht irrtümlich Räume mit Hindernissen als „frei-zugänglich“ einstuft.
15 Dieses Feature lässt sich daher als eine Art easy-to-use Doppel-Check verstehen, um Fehler zu vermeiden.

Anschließend wird mit Hilfe des Arbeitsraums bzw. Explored Space die virtuelle Begrenzung überprüft. Innerhalb des Arbeitsraums bzw. Explored Space kann sich der Roboter bzw. Teil des Roboters kollisionsfrei bewegen. Daher können,
20 vorzugsweise im Rahmen einer Offline-Roboter-Programmierung, auf Basis der Explored Space kollisionsfreie Roboter-Bewegungen geplant und in bzw. durch entsprechende Roboter-Programme umgesetzt werden, welche dem automatischen Überprüfen der zuvor konfigurierten virtuellen Begrenzungen dienen. Vorzugsweise können die Roboter-Bewegungen vom Benutzer oder
25 automatisch überwacht werden. Währenddessen wird die Robotertrajektorie über die Zeit, vorzugsweise sowohl kartesisch als auch im Achsraum bzw. abhängig von den Points-of-Interest der Sicherheitsräume, beispielsweise TCP, dritte Achse, Ellenbogen oder dergleichen und auch der Zeitpunkt des Safety-Triggers bzw. Auslösens der Sicherheitsüberwachung aufgezeichnet und abgespeichert. Diese
30 Daten können gegebenenfalls später in einer virtuellen 2D- oder 3D-Animation

geladen und visualisiert und vom Benutzer oder automatisch überprüft werden, wobei ein entsprechendes Prüfprotokoll vom Benutzer angenommen, vorzugsweise unterschrieben, wird.

- Entsprechend werden in einem Schritt S40 eine Bewegung des Roboters zum
- 5 Überprüfen der konfigurierten Begrenzung für den Roboter bzw. Teil des Roboters basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten geplant und in einem Schritt S50 Antriebe 11 des Roboters zum Durchführen der geplanten Bewegung angesteuert und eine Auslösung einer Sicherheitsüberwachung infolge dieser Durchführung der Bewegung erfasst, wobei bei diesem Durchführen der geplanten
- 10 Bewegung die Bewegung und/oder ein Erfassen einer Auslösung der Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung abgespeichert wird, wobei basierend hierauf, insbesondere einer Visualisierung der geplanten und/oder durchgeführten Bewegung und/oder auch auf Basis einer Prüfeingabe eines Benutzers, ein Prüfprotokoll generiert werden kann (Schritt S60).
- 15 Die Erfindung kann einen Benutzer bei der Konfiguration der virtuellen Begrenzung unterstützen, nehmen ihm diese Tätigkeit aber nicht notwendigerweise vollständig ab. In einer Ausführung kann bzw. muss der Benutzer wie bisher die Konfiguration der virtuellen Begrenzung manuell testen.

- In der vorliegenden Offenbarung impliziert „weist ein X auf“ allgemein keine
- 20 abschließende Aufzählung, sondern ist eine Kurzform von „weist wenigstens ein X auf“ und umfasst auch „weist zwei oder mehr X auf“ sowie „weist außer X auch Y auf“. 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
- 25 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
- 30 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	Roboter
	11	Antrieb
	20	Steuerung
5	21	Ein-/Ausgabe-Schnittstelle
	22	Kamera
	23	AR-Brille

Patentansprüche

1. Verfahren zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter (10) oder einen Teil des Roboters, umfassend den Schritt:

- Bereitstellen (S10) von Geometriedaten eines als ein für den Roboter oder Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelten Arbeitsraumes oder eines hierzu komplementären Schutzraumes;

wobei das Verfahren den Schritt:

- Konfigurieren (S30) einer Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters auf Basis einer Benutzereingabe, wobei diese Begrenzung während dieses Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten mithilfe einer Benutzerschnittstelle (21; 23) visualisiert wird; und/oder die Schritte aufweist:

- Planen (S40) einer Bewegung des Roboters zum Überprüfen einer bzw. der konfigurierten Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten;
- Ansteuern (S50) von Antrieben des Roboters zum Durchführen der geplanten Bewegung; und
- Erfassen einer Auslösung einer Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Bereitstellen der Geometriedaten

- ein Verstellen des Roboters in verschiedene Roboterstellungen, wobei der Arbeitsraum auf Basis dieser Roboterstellungen erweitert oder der Schutzraum auf Basis dieser Roboterstellungen reduziert wird; und/oder
- eine sensorbasierte Erfassung einer Umgebung des Roboters umfasst und/oder dass
- der Arbeitsraum oder der Schutzraum diskretisiert ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Roboter basierend auf einer manuell auf ihn ausgeübten Last und/oder auf einer Kommandoeingabe eines Benutzers über eine Eingabeschnittstelle und/oder auf einer automatisierten Bahnplanung in wenigstens eine der verschiedenen Roboterstellungen verstellt wird;
5 und/oder
 - während, insbesondere infolge, des Konfigurierens der Begrenzung der Roboter in zusätzliche Roboterstellungen verstellt wird, wobei der Arbeitsraum oder der Schutzraum auf Basis dieser zusätzlichen Roboterstellungen aktualisiert wird.
- 10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:
- Generieren (S20) eines Vorschlags für die zu konfigurierende Begrenzung basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten; und
 - Visualisieren dieses Vorschlags mithilfe der Benutzerschnittstelle zum
15 Konfigurieren der Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters, wobei das Konfigurieren ein Akzeptieren oder Modifizieren oder Verwerfen des Vorschlags auf Basis einer Bewertungseingabe eines Benutzers umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorschlag mittels einer wenigstens teilweise auf maschinellem Lernen basierenden
20 Datenverarbeitung und/oder einer Mustererkennung und/oder vorgegebenen Parametern einer Topologie des Roboters und/oder der Umgebung generiert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 - die geplante Bewegung vor dem Durchführen mithilfe der Benutzerschnittstelle visualisiert wird und/oder
 - beim Durchführen der geplanten Bewegung die Bewegung und/oder ein Erfassen einer Auslösung der Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegung abgespeichert wird, wobei basierend hierauf,
30 insbesondere einer Visualisierung der geplanten und/oder durchgeführten

Bewegung und/oder auch auf Basis einer Prüfeingabe eines Benutzers, ein Prüfprotokoll generiert wird (S60).

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- 5 - beim Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten mithilfe der Benutzerschnittstelle zusätzlich eine virtuelle Repräsentation des Roboters oder Teils des Roboters und/oder wenigstens eine virtuelle Repräsentation eines Objekts
10 in der Umgebung des Roboters visualisiert wird; und/oder
- infolge einer Schalteingabe eines Benutzers zwischen einem Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum und einem Visualisieren der Begrenzung während des Konfigurierens zusammen mit dem Schutzraum umgeschaltet wird.

15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Benutzerschnittstelle ein Handgerät und/oder eine VR- oder AR- Schnittstelle aufweist.

 9. System zum Konfigurieren und/oder Prüfen einer Begrenzung für einen Roboter (10) oder Teil des Roboters, das zur Durchführung eines Verfahrens
20 nach einem der vorhergehenden Ansprüche eingerichtet ist und/oder

- Mittel zum Bereitstellen von Geometriedaten eines als ein für den Roboter oder Teil des Roboters frei zugänglicher Raum ermittelten Arbeitsraumes oder eines hierzu komplementären Schutzraumes;

sowie

- 25 - Mittel zum Konfigurieren einer Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters auf Basis einer Benutzereingabe, wobei diese Begrenzung während dieses Konfigurierens zusammen mit dem Arbeitsraum oder Schutzraum basierend auf der Benutzereingabe und den bereitgestellten Geometriedaten mithilfe einer Benutzerschnittstelle visualisiert wird;

30 und/oder

- Mittel zum
 - Planen einer Bewegung des Roboters zum Überprüfen einer bzw. der konfigurierten Begrenzung für den Roboter oder Teil des Roboters basierend auf den bereitgestellten Geometriedaten;
 - 5 - Ansteuern von Antrieben des Roboters zum Durchführen der geplanten Bewegung; und
 - Erfassen einer Auslösung einer Sicherheitsüberwachung infolge der Durchführung der Bewegungaufweist.
- 10 10. Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, wobei das Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt, insbesondere auf einem computerlesbaren und/oder nicht-flüchtigen Speichermedium gespeicherte, Anweisungen enthält, die bei der Ausführung durch einen oder mehrere Computer oder ein System nach Anspruch 9 den oder die Computer oder das
- 15 System dazu veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen.

Fig. 1

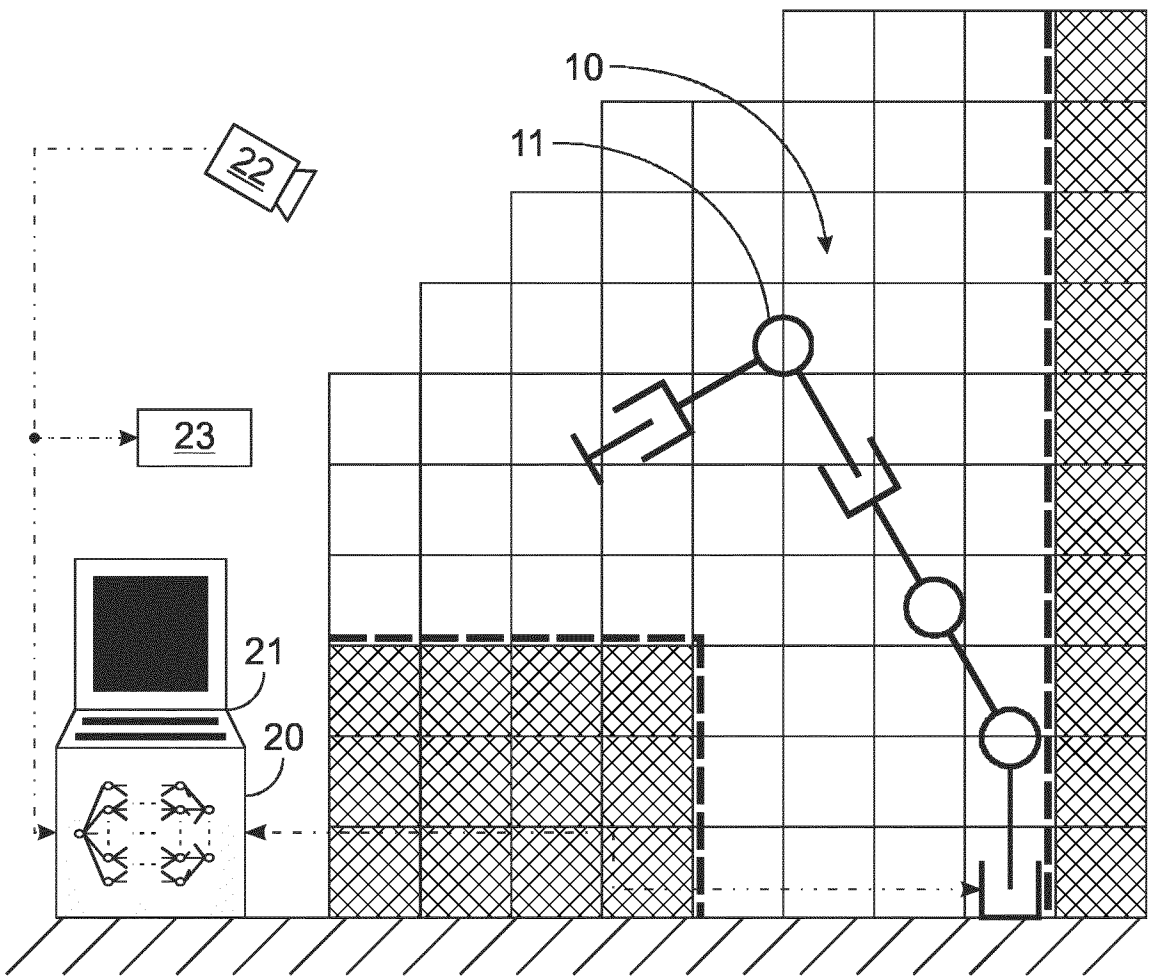
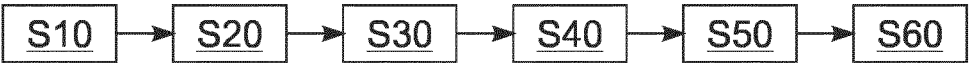


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/083258

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 9/16**(2006.01)i; **G05B 19/4061**(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J; G05B

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102022202569 B3 (KUKA DEUTSCHLAND GMBH [DE]; KUKA SYSTEMS GMBH [DE]) 29 June 2023 (2023-06-29) paragraph [0010] - paragraph [0076]	1-10
X	US 2021053225 A1 (KRIVESHKO ILYA A [US] ET AL) 25 February 2021 (2021-02-25) paragraph [0011] - paragraph [0058] paragraph [0079] - paragraph [0131]	1-10
X	BHUIYAN TEHAM ET AL. "Towards Real-Time Motion Planning for Industrial Robots in Collaborative Environments" <i>IECON 2023- 49TH ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, IEEE</i> , 16 October 2023 (2023-10-16), pages 1-6 DOI: 10.1109/IECON51785.2023.10312030 XP034469339 the whole document	4.5
X	WO 2023174872 A1 (KUKA DEUTSCHLAND GMBH [DE]; KUKA SYSTEMS GMBH [DE]) 21 September 2023 (2023-09-21) the whole document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 February 2025

Date of mailing of the international search report

03 March 2025

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Patsiopoulos, N

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/083258

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102022202569	B3	29 June 2023	NONE			
US	2021053225	A1	25 February 2021	EP	3980853	A1	13 April 2022
				EP	4052866	A1	07 September 2022
				EP	4052867	A1	07 September 2022
				JP	7319001	B2	01 August 2023
				JP	2022545468	A	27 October 2022
				US	2021053224	A1	25 February 2021
				US	2021053225	A1	25 February 2021
				US	2021053226	A1	25 February 2021
				US	2021053227	A1	25 February 2021
				WO	2021041213	A1	04 March 2021
WO	2023174872	A1	21 September 2023	CN	119212831	A	27 December 2024
				CN	119233879	A	31 December 2024
				EP	4493360	A1	22 January 2025
				EP	4493361	A1	22 January 2025
				EP	4493362	A1	22 January 2025
				EP	4494105	A1	22 January 2025
				EP	4494106	A1	22 January 2025
				WO	2023174872	A1	21 September 2023
				WO	2023174873	A1	21 September 2023
				WO	2023174874	A1	21 September 2023
				WO	2023174875	A1	21 September 2023
				WO	2023174876	A1	21 September 2023

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B25J9/16 G05B19/4061
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B25J G05B

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2022 202569 B3 (KUKA DEUTSCHLAND GMBH [DE]; KUKA SYSTEMS GMBH [DE]) 29. Juni 2023 (2023-06-29) Absatz [0010] - Absatz [0076] -----	1 - 10
X	US 2021/053225 A1 (KRIVESHKO ILYA A [US] ET AL) 25. Februar 2021 (2021-02-25) Absatz [0011] - Absatz [0058] Absatz [0079] - Absatz [0131] ----- - / - -	1 - 10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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 19. Februar 2025	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 03/03/2025
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 Patsiopoulos, N

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BHUIYAN TEHAM ET AL: "Towards Real-Time Motion Planning for Industrial Robots in Collaborative Environments", IECON 2023- 49TH ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, IEEE, 16. Oktober 2023 (2023-10-16), Seiten 1-6, XP034469339, DOI: 10.1109/IECON51785.2023.10312030 [gefunden am 2023-11-17] das ganze Dokument -----	4,5
X	WO 2023/174872 A1 (KUKA DEUTSCHLAND GMBH [DE]; KUKA SYSTEMS GMBH [DE]) 21. September 2023 (2023-09-21) das ganze Dokument -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/083258

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102022202569 B3	29-06-2023	KEINE	

US 2021053225 A1	25-02-2021	EP 3980853 A1	13-04-2022
		EP 4052866 A1	07-09-2022
		EP 4052867 A1	07-09-2022
		JP 7319001 B2	01-08-2023
		JP 2022545468 A	27-10-2022
		US 2021053224 A1	25-02-2021
		US 2021053225 A1	25-02-2021
		US 2021053226 A1	25-02-2021
		US 2021053227 A1	25-02-2021
		WO 2021041213 A1	04-03-2021

WO 2023174872 A1	21-09-2023	CN 119212831 A	27-12-2024
		CN 119233879 A	31-12-2024
		EP 4493360 A1	22-01-2025
		EP 4493361 A1	22-01-2025
		EP 4493362 A1	22-01-2025
		EP 4494105 A1	22-01-2025
		EP 4494106 A1	22-01-2025
		WO 2023174872 A1	21-09-2023
		WO 2023174873 A1	21-09-2023
		WO 2023174874 A1	21-09-2023
		WO 2023174875 A1	21-09-2023
		WO 2023174876 A1	21-09-2023
