



(11)

EP 3 928 924 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**29.12.2021 Patentblatt 2021/52**

(51) Int Cl.:

**B24B 19/26** (2006.01)**B23Q 3/155** (2006.01)**B23Q 17/22** (2006.01)**B24B 27/00** (2006.01)**B23Q 7/10** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **21173201.1**(22) Anmeldetag: **03.04.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **04.04.2016 DE 102016106141**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
**17715148.7 / 3 439 825**

(71) Anmelder: **Ferrobotics Compliant Robot  
Technology GmbH  
4040 Linz (AT)**

(72) Erfinder: **Dr. Naderer, Ronald  
4040 Linz (AT)**

(74) Vertreter: **Westphal, Mussgnug & Partner,  
Patentanwälte mbB  
Werinherstraße 79  
81541 München (DE)**

Bemerkungen:

- Diese Anmeldung ist am 11-05-2021 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.
- Die Patentansprüche wurden nach dem Anmeldetag / dem Tag des Eingangs der Teilanmeldung eingereicht (R. 68(4) EPÜ).

## (54) WECHSELSTATION ZUM AUTOMATISCHEN WECHSELN VON SCHLEIFMITTEL

(57) Es wird eine Vorrichtung zum automatischen Abziehen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifmaschine beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung einen Rahmen, eine mit dem Rahmen verbundene Trennplatte, und eine mit dem Rahmen verbundene Auflagefläche auf. Die Trennplatte und die Auflagefläche sind derart mit dem Rahmen gekoppelt, dass eine Relativbewegung zwischen Trennplatte und Auflagefläche entlang einer ersten Richtung ermöglicht wird. Die Trennplatte und die Auflagefläche sind dabei derart angeordnet, dass - wenn die Schleifscheibe an der Auflagefläche anliegt und wenn Trennplatte und die Schleifscheibe sich aufeinander zu bewegen - eine erste Kante der Trennplatte über die Schleifscheibe geschoben wird. Des Weiteren wird eine Vorrichtung zum automatischen Bestücken einer Schleifmaschine einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifscheibe beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung eine Auflage zur Aufnahme eines Stapels von Schleifscheiben und einen Rahmen auf. Der Rahmen ist im Wesentlichen parallel zur Auflage angeordnet, sodass der Stapel von Schleifscheiben sich zwischen der Auflage und dem Rahmen befindet, wobei der Rahmen den äußeren Rand der obersten Schleifscheibe des Stapels nur teilweise überlappt. Die Vorrichtung umfasst des Weiteren eine mechanische Vorspanneinheit, die so mit dem Rahmen gekoppelt ist, dass eine definierte Kraft vom Rahmen auf den Stapel von Schleifscheiben aus-

geübt wird.

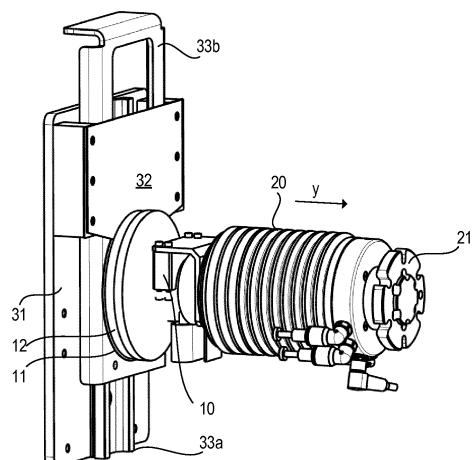


Fig. 6C

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wechselstation, welche einer robotergestützten Schleifvorrichtung das automatisierte Wechseln von Schleifmittel (z.B. Schleifscheiben) ermöglicht.

### HINTERGRUND

**[0002]** Schleifmaschinen wie z.B. Orbitalschleifmaschinen werden vielfach in Industrie und Handwerk eingesetzt. Orbitalschleifmaschinen sind Schleifmaschinen, bei denen einer Oszillationsbewegung (Vibration) eine Drehbewegung um eine Rotationsachse überlagert ist. Sie dienen häufig zur Endbearbeitung von Oberflächen mit hohen Anforderungen an die Oberflächenqualität. Damit diese Anforderungen realisiert werden können, sollten Unregelmäßigkeiten während des Schleifvorganges möglichst vermieden werden. Dies geschieht in der Praxis meist dadurch, dass diese Aufgaben speziell bei der Herstellung von geringen Stückzahlen durch erfahrene Facharbeiter ausgeführt werden.

**[0003]** Bei robotergestützten Schleifvorrichtungen wird ein Schleifwerkzeug (z.B. eine Orbitalschleifmaschine) von einem Manipulator, beispielsweise einem Industrieroboter, geführt. Dabei kann das Schleifwerkzeug auf unterschiedliche Weise mit dem sogenannten TCP (*Tool Center Point*) des Manipulators gekoppelt sein, sodass der Manipulator Position und Orientierung des Werkzeugs praktisch beliebig einstellen kann. Industrieroboter sind üblicherweise positionsgeregt, was eine präzise Bewegung des TCP entlang einer gewünschten Trajektorie ermöglicht. Um beim robotergestützten Schleifen ein gutes Ergebnis zu erzielen ist in vielen Anwendungen eine Regelung der Prozesskraft (Schleifkraft) nötig, was mit herkömmlichen Industrierobotern oft nur schwer mit hinreichender Genauigkeit zu realisieren ist. Die großen und schweren Armsegmente eines Industrieroboters besitzen eine zu große Massenträgheit, als das ein Regler (*closed-loop controller*) rasch genug auf Schwankungen der Prozesskraft reagieren zu könnte. Um dieses Problem zu lösen, kann zwischen TCP des Manipulators und dem Schleifwerkzeug ein im Vergleich zum Industrieroboter kleiner Linearaktor angeordnet sein, der den TCP des Manipulators mit dem Schleifwerkzeug koppelt. Der Linearaktor regelt lediglich die Prozesskraft (also die Anpresskraft zwischen Werkzeug und Werkstück) während der Manipulator das Schleifwerkzeug samt Linearaktor positionsgeregt entlang einer vorgebbaren Trajektorie bewegt.

**[0004]** Schleifmaschinen wie z.B. Orbitalschleifmaschinen arbeiten mit dünnen, flexiblen und abnehmbaren Schleifscheiben, welche auf einer Trägerscheibe befestigt sind. Die Schleifscheibe besteht beispielsweise aus mit Schleifkörnern beschichtetem Papier (oder einem anderen Faserverbundwerkstoff) und kann z.B. mittels

Klettverschluss (*Hook and Loop Fastener, Velcro Fastener*) an der Trägerscheibe befestigt werden. Auch bei robotergestützten Schleifvorrichtungen werden verschlossene Schleifscheiben häufig manuell gewechselt.

5 Obwohl einige Konzepte für robotergestützte Wechselstationen zum Wechseln von Schleifscheiben existieren, sind bekannte Lösungen vergleichsweise komplex, aufwändig zu realisieren und daher teuer. Beispielsweise beschreibt die Publikation EP 2 463 056 A2 eine robotergestützte Schleifmaschine mit einer Vorrichtung zum automatisierten Abziehen von gebrauchten Schleifmaschinen sowie eine Methode zur automatischen Montage neuer Schleifscheiben. Der Erfinder hat jedoch einige Defizite dieser und anderer bekannter Vorrichtungen und 10 Methoden in manchen Anwendungen (z.B. bei Orbital-schleifern) erkannt.

**[0005]** Eine der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Aufgabe kann also darin gesehen werden, verbesserte Vorrichtungen und entsprechende Verfahren 15 zum Abziehen von Schleifscheiben von einer Schleifmaschine und Montieren von Schleifscheiben auf einer Schleifmaschine zur Verfügung zu stellen .

### ZUSAMMENFASSUNG

25 **[0006]** Die oben genannte Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 sowie durch ein entsprechendes Verfahren und ein entsprechendes System gelöst. Unterschiedliche Ausführungsformen und Weiterentwicklungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0007]** Es wird eine Vorrichtung zum automatischen Bestücken einer Schleifmaschine einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifscheibe beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung eine Auflage zur Aufnahme eines Stapels von Schleifscheiben und einen Rahmen auf. Der Rahmen ist im Wesentlichen parallel zur Auflage angeordnet, sodass der Stapel von Schleifscheiben sich zwischen der Auflage und dem Rahmen befindet, wobei der Rahmenden äußeren Rand der obersten Schleifscheibe des Stapels nur teilweise überlappt. Die Vorrichtung umfasst des Weiteren eine mechanische Vorspanneinheit, die so mit dem Rahmen gekoppelt ist, dass eine definierte Kraft 30 vom Rahmen auf den Stapel von Schleifscheiben ausgeübt wird

**[0008]** Des Weiteren wird eine Vorrichtung zum automatischen Abziehen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifmaschine beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung einen Rahmen, eine mit dem Rahmen verbundene Trennplatte, und eine mit dem Rahmen verbundene Auflagefläche auf. Die Trennplatte und die Auflagefläche sind derart mit dem Rahmen gekoppelt, dass eine Relativbewegung zwischen Trennplatte und Auflagefläche entlang einer ersten Richtung ermöglicht wird. Die Trennplatte und die Auflagefläche sind dabei 35 derart angeordnet, dass - wenn die Schleifscheibe an

der Auflagefläche anliegt und wenn Trennplatte und die Schleifscheibe sich aufeinander zu bewegen - eine erste Kante der Trennplatte über die Schleifscheibe geschoben wird.

**[0009]** Des Weiteren wird ein Verfahren zum automatischen Entfernen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren das Andrücken der Schleifscheibe gegen eine Auflagefläche, die im Wesentlichen parallel zu einer Trennplatte angeordnet ist, und das Ausführen einer Relativbewegung zwischen Trennplatte und Auflagefläche, sodass Trennplatte und Schleifscheibe sich aufeinander zubewegen, bis die Trennplatte in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe und einer Trägerscheibe, auf der die Schleifscheibe montiert ist, eindringt. Schließlich wird die Trägerscheibe von der Auflagefläche abgehoben, wodurch die Schleifscheibe von der Trägerscheibe abgezogen wird.

**[0010]** Darüber hinaus wird ein Verfahren zum automatischen Montieren einer Schleifscheibe an einer robotergestützten Schleifvorrichtung beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst das Verfahren das Ausrichten einer Trägerscheibe einer Schleifmaschine mittels eines Manipulators, sodass eine Unterseite der Trägerscheibe im Wesentlichen parallel zu einer Oberseite eines Stapels von Schleifscheiben liegt. Das Verfahren umfasst weiter das Andrücken der Trägerscheibe an den Stapel von Schleifscheiben mittels eines Aktors, der zwischen Manipulator und Schleifmaschine gekoppelt ist, sodass die oberste Schleifscheibe des Stapels von Schleifscheiben an der Trägerscheibe haftet. Schließlich wird die Schleifmaschine samt Schleifscheibe mittels des Manipulators und/oder dem Aktor angehoben.

**[0011]** Schließlich wird ein System zum Wechseln von Schleifscheiben einer robotergestützten Schleifvorrichtung beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist das System folgendes auf: eine Vorrichtung mit einem Rahmen und einer Trennplatte zum Abziehen einer Schleifscheibe von einer Schleifmaschine, einen Manipulator, der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine relativ zur Trennplatte zu positionieren und zu bewegen. Dabei wird die Relativbewegung der Schleifmaschine und Trennplatte während des Abziehens der Schleifscheibe ausschließlich von dem Manipulator bewirkt wird. Die Vorrichtung mit Rahmen und Trennplatte zum Abziehen einer Schleifscheibe benötigt keinen eigenen Antrieb.

**[0012]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel weist das System ein Magazin zur Aufnahme eines Stapels von Schleifscheiben, einen Manipulator, der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine relativ zum Magazin zu positionieren und zu bewegen, und einen Aktor (20) auf, der zwischen Schleifmaschine und Manipulator angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine gegen die oberste Schleifscheibe des Stapels von Schleifscheiben zu drücken. Die Relativbewegung zwis-

schen der Schleifmaschine und Magazin wird dabei ausschließlich von dem Manipulator oder von dem Manipulator und dem Aktor (20) bewirkt.

## 5 KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0013]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von den in den Abbildungen dargestellten Beispielen näher erläutert. Die Darstellungen sind nicht zwangsläufig maßstabsgerecht und die Erfindung beschränkt sich nicht nur auf die dargestellten Aspekte. Vielmehr wird Wert darauf gelegt, die der Erfindung zugrunde liegenden Prinzipien darzustellen. In den Abbildungen zeigt:

15 Figur 1 zeigt schematisch ein Beispiel einer robotergestützten Schleifvorrichtung.

20 Figur 2 zeigt schematisch das Schleifwerkzeug und die Schleifscheibe sowie die Befestigung der Schleifscheibe auf dem Schleifwerkzeug.

25 Figur 3 zeigt eine isometrische Darstellung einer Schleifmaschine mit einem Linearaktor zur Regelung der Prozesskraft.

30 Figuren 4A-C zeigen ein erstes Beispiel einer Vorrichtung zum automatischen Abziehen einer Schleifscheibe von dem Schleifwerkzeug aus Fig. 3 sowie die Verwendung der Vorrichtung, welche keinen eigenen Antrieb benötigt.

35 Figuren 5A-C zeigen das gleiche Beispiel aus Fig. 4, wobei der Abziehvorgang der Schleifscheibe genauer dargestellt ist.

40 Figuren 6A-D zeigen ein zweites Beispiel einer Vorrichtung zum automatischen Abziehen einer Schleifscheibe von dem Schleifwerkzeug aus Fig. 3 sowie die Verwendung der Vorrichtung, welche ebenfalls keinen eigenen Antrieb benötigt.

45 Figuren 7A-D zeigen ein drittes Beispiel einer Vorrichtung zum automatischen Abziehen einer Schleifscheibe von dem Schleifwerkzeug aus Fig. 3 sowie die Verwendung der Vorrichtung, wobei diese einen separaten Antrieb aufweist.

50 Figur 8A-B zeigen die Ausrichtung der Winkelstellung der Schleifscheibe im Falle einer Orbitalschleifmaschine.

55 Figur 9 zeigt ein Beispiel einer kamerabasierten Ausrichtung der Winkelstellung der Schleifscheibe.

Figur 10 zeigt ein Beispiel der Ausrichtung der Winkelstellung der Schleifscheibe mittels Abstandssensoren.

Figur 11 zeigt ein Beispiel einer Vorrichtung zum automatischen Befestigen einer (unverschlossenen) Schleifscheibe an dem Schleifwerkzeug aus Fig. 3 sowie die Verwendung der Vorrichtung, welche ebenfalls keinen eigenen Antrieb benötigt.

Figur 12 zeigt eine Draufsicht auf ein Schleifpapiermagazin, wie es in der Vorrichtung gemäß Fig. 8 verwendet wird.

Figur 13 ist ein Flow-Chart zur Darstellung eines Beispiels des hier beschriebenen Verfahrens zum automatischen Wechseln von Schleifscheiben.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

**[0014]** Bevor verschiedene Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im Detail erläutert werden, wird zunächst ein Beispiel einer robotergestützten Schleifvorrichtung beschrieben. Diese umfasst einen Manipulator 1, beispielsweise einen Industrieroboter und eine Schleifmaschine 10 mit rotierendem Schleifwerkzeug (z.B. eine Orbitalschleifmaschine), wobei dieses mit dem sogenannten *Tool-Center-Point* (TCP) des Manipulators 1 über einen Linearaktor 20 gekoppelt ist. Im Falle eines Industrieroboters mit sechs Freiheitsgraden kann der Manipulator aus vier Segmenten 2a, 2b, 2c und 2d aufgebaut sein, die jeweils über Gelenke 3a, 3b und 3c verbunden sind. Das erste Segment ist dabei meist starr mit einem Fundament 41 verbunden (was jedoch nicht zwangsläufig der Fall sein muss). Das Gelenk 3c verbindet die Segmente 2d und 2d. Das Gelenk 3c kann 2-achsig sein und eine Drehung des Segments 2c um eine horizontale Drehachse (Elevationswinkel) und eine vertikale Drehachse (Azimutwinkel) ermöglichen. Das Gelenk 3b verbindet die Segmente 2b und 2c und ermöglicht eine Schwenkbewegung des Segments 2b relativ zur Lage des Segments 2c. Das Gelenk 3a verbindet die Segmente 2a und 2b. Das Gelenk 3a kann 2-achsig sein und daher (ähnlich wie das Gelenk 3c) eine Schwenkbewegung in zwei Richtungen ermöglichen. Der TCP hat eine feste Relativposition zum Segment 2a, wobei dieses üblicherweise noch ein Drehgelenk (nicht dargestellt) umfasst, dass eine Drehbewegung um eine Längsachse des Segments 2a ermöglicht (in Fig. 1 als strichpunktierte Linie eingezeichnet, entspricht der Drehachse des Schleifwerkzeugs). Jeder Achse eines Gelenks ist ein Aktor zugeordnet, der eine Drehbewegung um die jeweilige Gelenksachse bewirken kann. Die Akteure in den Gelenken werden von einer Robotersteuerung 4 gemäß einem Roboterprogramm angesteuert.

**[0015]** Der Manipulator 1 ist üblicherweise positionsgeregelt, d.h. die Robotersteuerung kann die Pose (Ort und Orientierung) des TCP festlegen und diesen entlang einer vordefinierten Trajektorie bewegen. In Fig. 1 ist die Längsachse des Segments 2a, auf der der TCP liegt mit A bezeichnet. Wenn der Aktor 20 an einem Endanschlag anliegt, ist mit der Pose des TCP auch die Pose des

Schleifwerkzeugs definiert. Wie eingangs bereits erwähnt, dient der Aktor 20 dazu, während des Schleifprozesses die Kontaktkraft (Prozesskraft) zwischen Werkzeug (Schleifmaschine 10) und Werkstück 40 auf einen gewünschten Wert einzustellen. Eine direkte Kraftregelung durch den Manipulator 1 ist für Schleifanwendungen in der Regel zu ungenau, da durch die hohe Massenträgheit der Segmente 2a-c des Manipulators 1 eine schnelle Kompensation von Kraftspitzen (z.B. beim Aufsetzen des Schleifwerkzeugs auf das Werkstück 40) mit herkömmlichen Manipulatoren praktisch nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist die Robotersteuerung dazu ausgebildet, die Pose des TCP des Manipulators zu regeln, während die Kraftregelung ausschließlich vom Aktor 20 bewerkstelligt wird.

**[0016]** Wie bereits erwähnt kann während des Schleifprozesses die Kontaktkraft  $F_K$  zwischen Werkzeug (Schleifmaschine 10) und Werkstück 40 mit Hilfe des (Linear-) Aktors 20 und einer Kraftregelung (die beispielsweise in der Steuerung 4 implementiert sein kann) so eingestellt werden, dass die Kontaktkraft (in Richtung der Längsachse A) zwischen Schleifwerkzeug und Werkstück 40 einem vorgebbaren Sollwert entspricht. Die Kontaktkraft ist dabei eine Reaktion auf die Aktorkraft, mit der der Linearaktor 20 auf die Werkstückoberfläche drückt. Bei fehlendem Kontakt zwischen Werkstück 40 und Werkzeug fährt der Aktor 20 aufgrund der fehlenden Kontaktkraft am Werkstück 40 gegen einen Endanschlag. Die Positionsregelung des Manipulators 1 (die ebenfalls in der Steuerung 4 implementiert sein kann) kann vollkommen unabhängig von der Kraftregelung des Aktors 20 arbeiten. Der Aktor 20 ist nicht verantwortlich für die Positionierung der Schleifmaschine 10, sondern lediglich für das Einstellen und Aufrechterhalten der erwünschten Kontaktkraft während des Schleifprozesses und zur Erkennung von Kontakt zwischen Werkzeug und Werkstück. Der Aktor kann ein pneumatischer Aktor sein, z.B. ein doppeltwirkender Pneumatikzylinder. Jedoch sind auch andere pneumatische Akteure anwendbar wie z.B. Balgzyylinder und Luftpumpe. Als Alternative kommen auch elektrische Direktantriebe (getriebelos) in Betracht. Es sei angemerkt, dass die Wirkrichtung des Aktors 20 nicht notwendigerweise mit der Längsachse A des Segments 2a des Manipulators zusammenfallen muss.

**[0017]** Im Falle eines pneumatischen Aktes kann die Kraftregelung in an sich bekannter Weise mit Hilfe eines Regelventils, eines Reglers (implementiert in der Steuerung 4) und eines Druckluftspeichers realisiert werden. Die konkrete Implementierung ist jedoch für die weitere Erläuterung nicht wichtig und wird daher auch nicht detaillierter beschrieben.

**[0018]** Die Schleifmaschine 10 weist eine Schleifscheibe 11 auf, die auf einer Trägerscheibe 12 (*backing pad*) montiert ist. Die Oberfläche der Trägerscheibe 12 oder die rückseitige Oberfläche der Schleifscheibe 11 oder beide Oberflächen sind derart beschaffen, dass die Schleifscheibe 11 auf der Trägerscheibe 12 bei Kontakt

ohne weiteres haftet. Beispielsweise wird ein Klettverschluss (*hook and loop fastener*) verwendet, sodass die Schleifscheibe 11 auf der Trägerscheibe haften bleibt. Eine lösbare Rastverbindung oder ähnliches wäre ebenso denkbar. Fig. 2a zeigt die Schleifmaschine 10 mit montierter Schleifscheibe 11. Die Schleifmaschine 10 ist im vorliegenden Beispiel eine Orbitalschleifmaschine, bei der die Trägerscheibe 12 samt Schleifscheibe 11 über ein Exzenterlager angetrieben wird, sodass die Drehachse A eine Exzentrizität  $e$  aufweist, die dem Abstand zwischen den Achsen A und A' entspricht. Im Betrieb wird die Trägerscheibe von einem Elektromotor der Schleifmaschine 10 angetrieben und die Schleifscheibe 11 rotiert mit der Trägerscheibe 12. Im Falle einer Orbital-schleifmaschine führt die Trägerscheibe 12 eine komplexe Bewegung aus, nämlich eine Rotation um zwei parallel liegende Drehachsen mit definiertem Achsversatz. Die Schleifscheibe 11 besteht beispielsweise aus mit Schleifkörnern beschichtetem Papier (oder einem anderen Faserverbundwerkstoff), ist flexibel (biegbar) und kann von der Trägerscheibe abgezogen werden. Fig. 2b zeigt die Schleifmaschine 10 mit abgezogener Schleifscheibe 11. Die Schleifscheibe 11 (und auch die Trägerscheibe 12) kann Löcher H aufweisen, durch die ein Absaugen von Schleifstaub möglich ist. Ein Beispiel einer gelochten Schleifscheibe ist z.B. in Fig. 2c dargestellt. Sowohl die Löcher H als auch die Exzentrizität  $e$  der Schleifscheibe können bei der Montage von neuen Schleifscheiben Probleme machen, da sowohl die Winkelstellung der Trägerscheibe 12 (und damit auch die Position der Löcher H) in Bezug auf die Drehachse A' als auch die Winkelstellung der Drehachse A' in Bezug auf die Längsachse A (Symmetriearchse) a priori undefined sind. Des Weiteren kann es auch passieren, dass die Montage einer neuen Schleifscheibe fehlschlägt, ohne dass die Robotersteuerung den Fehler bemerkt, was zur Folge hat, dass der Roboter versucht, ohne Schleifscheibe 11 das Werkstück zu schleifen und dabei die Trägerscheibe 12 zerstört.

**[0019]** In Fig. 3 ist ein weiteres Beispiel einer an einem Aktor 20 montierten Schleifmaschine 10 dargestellt. Der Aktor 20 weist einen ersten Flansch 21 auf, der starr mit dem Manipulator 1 (z.B. Segment 2a in Fig. 1) verbunden sein kann. Der TCP des Manipulators kann z.B. in der Mitte des Flanschs 21 liegen. an dem Flansch 21 gegenüberliegenden Ende des Aktors 20 ist ein zweiter Flansch (in Fig. 3 verdeckt), an dem die Schleifmaschine 10 montiert ist. In Fig. 3 ist z.B. auch der Anschluss 15 für einen Schlauch, über den die Schleifstaubabsaugung erfolgt, dargestellt. In den weiteren Abbildungen. Trotz Automatisierung des Schleifprozesses mit robotergestützten Schleifvorrichtungen erfolgt das Wechseln der Schleifscheibe häufig noch manuell, indem von einer Bedienperson die Schleifscheibe 11 am Rand mit Daumen und Zeigefinger gegriffen und danach von der Trägerscheibe abgezogen wird. Existierende automatische Lösungen zum automatischen Wechseln von Schleifscheiben sind relativ kompliziert, wobei die Komplexität beispielsweise

dadurch entsteht, dass die Schleifscheibe 11 vor dem Abziehen von einer mechanischen Vorrichtung gegriffen werden muss. In den Fig. 4, 5 und 6 sind verschiedene Ausführungsbeispiele von Vorrichtungen dargestellt, mit deren Hilfe Schleifscheiben automatisch von einer Schleifmaschine abgezogen werden können. In Fig. 7 ist eine Vorrichtung dargestellt, mit deren Hilfe Schleifscheiben automatisch mit der Trägerscheibe einer Schleifmaschine einer robotergestützten Schleifvorrichtung verbunden werden können.

**[0020]** Die Abbildungen in Fig. 4A bis 4D zeigen die Vorrichtung aus Fig. 3 (Schleifmaschine 10 samt Aktor 20) und ein Beispiel einer Ablösevorrichtung 2 zum Ablösen der Schleifscheibe 11 von der Schleifmaschine 10 in unterschiedlichen Situationen während des Entfernen der Schleifscheibe 11. Gemäß dem in Fig. 4 dargestellten Beispiel umfasst die Vorrichtung zum Abziehen einer Schleifscheibe von einer Schleifmaschine mit rotierender Schleifscheibe einen Rahmen 31, eine mit dem Rahmen 31 verbundene Trennplatte 32 sowie eine mit dem Rahmen 31 verbundene Auflagefläche. Trennplatte 32 und die Auflagefläche sind mit dem Rahmen 31 derart gekoppelt, dass eine Relativbewegung zwischen Trennplatte 32 und Auflagefläche 33 entlang einer ersten Richtung (siehe Fig. 4A, Richtung x) ermöglicht wird. In dem vorliegenden Beispiel ist die Auflagefläche eine Rollenbahn 33. An dem Rahmen können Stifte 39 befestigt sein, deren Zweck später unter Bezugnahme auf Fig. 8 erläutert wird.

**[0021]** Die Rollenbahn 33 besteht aus mehreren parallel angeordneten Achsen 35, an denen jeweils eine oder mehrere Rollen 34 so gelagert sind, dass sie sich um die jeweiligen Achsen drehen können (siehe Fig. 4B und 4C). Die Länge der Achsen 35 entspricht ungefähr der Breite der Rollenbahn 33. Die beiden Enden jeder Achse sind mit dem Rahmen mechanisch verbunden, im vorliegenden Beispiel sind die Achsen 35 über ein Klemmbauteil (Klemmstück 36) an dem Rahmen 31 festgeklemmt (z.B. mittels Schrauben). Die einzelnen Rollen 34 können an den Achsen über ein Wälzlagerring oder ein Gleitlager gelagert sein. Der Rahmen 31 und damit auch die Rollenbahn 33 sind so breit, dass eine mit einem Manipulator 1 (siehe Fig. 1) verbundene Schleifmaschine 10 so gegen die Auflagefläche (definiert durch die Rollenbahn 33) gedrückt werden kann, dass die auf der Schleifmaschine montierte Schleifscheibe 11 an der Auflagefläche anliegt. Die flache Schleifscheibe 11 liegt dabei annähernd parallel zu den Achsen 35. Das Andrücken der Schleifmaschine gegen die durch die Rollenbahn 33 definierte Auflagefläche erfolgt z.B. durch den Aktor 20, der auch eine Regelung der Kontaktkraft zwischen Rollenbahn 33 und Schleifscheibe 11 ermöglicht. Anders als während des Schleifprozesses ist eine exakte Regelung der Kontaktkraft jedoch nicht zwingend notwendig.

**[0022]** Die Rollen 34 der Rollenbahn 33 ermöglichen ein Verschieben der Schleifmaschine 10 und damit der Schleifscheibe 11 entlang der Richtung x (hin zur Trenn-

platte 32). Die Verschiebebewegung der Schleifscheibe entlang der Rollenbahn 33 wird durch den Manipulator 1 vorgegeben, die Rollen 34 oder die Trennplatte 32 benötigen keinen separaten Antrieb. Während die Schleifscheibe 11 in x-Richtung auf die Trennplatte 32 zubewegt wird, drehen sich die Rollen 34 aufgrund der Rollreibung zwischen Rollen 34 und Schleifscheibe 11. Durch die Rollbewegung der Rollen 34 wird ein Materialabrieb von der Rollenbahn 33 weitgehend vermieden.

**[0023]** Fig. 4B zeigt den Beginn des Schleifscheiben-abziehvorgangs. Wie erwähnt, bewegt der Manipulator 1 die Schleifmaschine entlang der Rollenbahn 33 auf die Trennplatte 32 zu. Die Trennplatte 32 ist relativ zur Rollenbahn 33 derart angeordnet, dass - wenn die Schleifmaschine 10 mit der Schleifscheibe 11 gegen die Rollenbahn 33 gedrückt wird - eine Kante der Trennplatte 32 zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 eindringt und die Haftung zwischen den beiden Teilen (Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12) löst. Im Falle eines Klettverschlusses zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12, wird dieser durch die Trennplatte 32 sukzessive gelöst, während die Trennplatte 32 zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 geschoben wird. In der Detailansicht A der Fig. 4B ist eine Situation dargestellt, in der die Trennplatte 32 sich unmittelbar vor dem Eindringen in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 befindet, während die Schleifmaschine 10 über die Rollenbahn 33 auf die Trennplatte 32 zubewegt wird. In Fig. 4C ist eine Situation dargestellt, in der die Trennplatte 32 entlang der Bewegungsrichtung der Schleifmaschine 10 (Richtung x) beinahe vollständig den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 durchdringt. Eine Haftverbindung zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 besteht nur mehr lokal in Randbereichen der Schleifscheibe.

**[0024]** Wenn die Trennplatte 32 soweit in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 eingedrungen ist, dass ein Großteil der Haftverbindung zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 gelöst wurde, kann die Schleifmaschine 10 von Trennplatte 32 abgehoben werden (entlang der Richtung y, siehe Fig. 4D), wodurch die Schleifscheibe 11 vollständig von der Trägerscheibe 12 abgezogen wird und (schwerkraftbedingt) von der Trägerscheibe 12 abfällt. Der Vorgang des Abziehens der Schleifscheibe ist damit beendet und die Schleifmaschine 10 ist bereit, eine neue Schleifscheibe 11 aufzunehmen. Die Bewegung des Abhebens der Schleifmaschine 10 in y-Richtung kann entweder durch den Aktor 20 oder durch den Manipulator 1 (oder beides) bewirkt werden.

**[0025]** Fig. 4E zeigt in einer vereinfachten Schnittdarstellung eine Situation ähnlich wie in Fig. 4B, in der die Trennplatte 32 gerade ein kurzes Stück in den Bereich zwischen Trägerscheibe 12 und Schleifscheibe 11 eingedrungen ist. Des Weiteren ist ein Farbsensor 62 dargestellt, der so angeordnet ist, dass er auf die Unterseite der Trennplatte 32 gerichtet ist. D.h. der Sensor 62 "sieht"

entweder die Unterseite der Trennplatte 32 oder die zwischen Sensor 62 und Trennplatte 32 durchgeschobene Schleifscheibe 11. Der Farbsensor 62 kann dazu ausgebildet sein, eine bestimmte einstellbare Farbe zu erkennen (Farbdetektor). Beispielsweise kann der Farbsensor 62 auf die Farbe der Trennplatte 32 kalibriert sein (Soll-Farbe ist die Farbe der Trennplatte 32). Ein beispielsweise binäres Sensorsignal zeigt an, ob sich vor dem Sensor (d.h. im Detektionsbereich/Sichtfeld des Sensors) ein Gegenstand mit der Soll-Farbe befindet.

**[0026]** Wenn nun die Trennplatte 32 beim Ablösevorgang wie gewünscht zwischen Trägerscheibe 12 und Schleifscheibe 11 eindringt, dann "sieht" der Farbsensor 62 zuerst die (z.B. metallische) Farbe der Trennplatte 32 und dann (wenn die Trennplatte 32 weit genug eingedrungen ist) die Farbe der Schleifscheibe (und nicht mehr die Farbe der Trennplatte 32). Der Farbsensor 62 signalisiert der Steuerung (z.B. Robotersteuerung oder vorgelagerte Steuereinheit) dass die Trennplatte 32 nicht mehr sichtbar ist, was darauf hindeutet, dass der Ablösevorgang ordnungsgemäß eingeleitet wurde. Bleibt die Farbe der Trennplatte 32 sichtbar, deutet das darauf hin, dass die Trennplatte 32 nicht ordnungsgemäß zwischen Trägerscheibe 12 und Schleifscheibe 11 eingefädelt hat, wie es in dem Detail X dargestellt ist. Die Robotersteuerung kann diese (unerwünschte) Situation mit Hilfe des Farbsensors 62 erkennen und beispielsweise einen zweiten Versuch starten, die Schleifscheibe 11 von der Trägerscheibe 12 zu lösen. Alternativ (oder wenn auch der zweite Versuch fehlschlägt) kann die Robotersteuerung den Manipulator samt Schleifmaschine automatisch in einer Wartungsposition bewegen. Statt des Farbsensors 62 können auch Sensoren verwendet werden, die auf einer Farbdetektion basieren. Beispielsweise kann statt eines Farbsensors auch ein Näherungssensor/Näherungsschalter eingesetzt werden. Dabei kommen z.B. optische Näherungssensoren, Ultraschall-Näherungssensoren sowie induktive oder kapazitive Näherungssensoren bzw. Näherungsschalter in Betracht.

**[0027]** Figuren 5A-C zeigen das gleiche Beispiel aus Fig. 4, wobei der Vorgang des Ablösen der Schleifscheibe 11 von der Trägerscheibe 12 der Schleifmaschine 10 genauer dargestellt ist. Die linken Abbildungen in Fig. 5A-C sind isometrische Darstellungen und die rechten Abbildungen zeigen die jeweils passende Draufsicht. Der Übersichtlichkeit sind in Fig. 5 nur die Vorrichtung zum Abziehen der Schleifscheibe 10 und die Schleifscheibe 11 dargestellt. Die Schleifmaschine 10 und der Aktor 20 wurden der Übersichtlichkeit wegen weggelassen. Die Fig. 5A, 5B und 5C zeigen den Vorgang des Ablösens der Schleifscheibe 11 in drei zeitlich aufeinanderfolgenden Zeitpunkten. Die der Schleifscheibe zugewandte Kantenfolge der Trennplatte 32 umfasst die drei Kanten K0, K1 und K2 (siehe Fig. 5A), wobei die Kante K0 im Wesentlichen parallel zu den Achsen 35 der Rollenbahn 33 liegt (also normal zur Vorschubrichtung x der Schleifscheibe). Die Länge  $d_0$  der Kante K0 (siehe Fig. 5A, linke Zeichnung) ist dabei wesentlich kleiner als der Durch-

messer  $d_1$  der Schleifscheibe 11 (z.B.  $2 \cdot d_0 < d_1$ ). Entlang der x-Richtung wird die Breite  $b(x)$  der Trennplatte 32 stetig größer (wobei  $b(0)=d_0$ ) bis hin zu einer maximalen Breite, die von der Breite des Rahmens 31 abhängt. Die Breite  $b(x)$  definiert den Abstand der seitlichen Kanten K1 und K2 der Trennplatte 32, die in Fig. 5A (rechte Zeichnung) gestrichelt markiert sind. Die Kanten K0, K1 und K2 können gerade sein (in diesem Fall wäre der rechte Teil der Trennplatte trapezförmig). In dem dargestellten Beispiel ist nur die vordere Kante K0 gerade (an den Ecken leicht abgerundet) und die Kanten K1 und K2 verlaufen bogenförmig.

**[0028]** Die Situation in Fig. 5A entspricht im Wesentlichen der Situation in Fig. 4B. Das heißt, die Trennplatte 32 (konkret die vorderste Kante K0 der Trennplatte) befindet sich unmittelbar vor dem Eindringen in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12, während die Schleifmaschine 10 über die Rollenbahn 33 auf die Trennplatte 32 zubewegt wird. Dabei wird die Schleifscheibe 11 zunächst nur in einem sehr schmalen Bereich (Breite  $b(0)=d_0$ ) abgelöst, der bei fortschreitendem Eindringen der Trennplatte 32 in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 breiter (Breite  $b(x)$ ) wird. Die Kanten K1 und K2 können so geformt werden, dass bei konstanter Vorschubgeschwindigkeit der Schleifscheibe 11 in x-Richtung die Schleifscheibe auf einer konstanten Fläche pro Zeiteinheit gelöst wird, was die Belastung des Klettverschlusses konstant niedrig halten kann. Die Trennplatte 32 (und deren Kanten K0, K1, K2) ist so geformt, dass - wenn die Kante K0 den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 komplett durchlaufen hat - die Schleifscheibe 11 immer noch an vergleichsweise kleinen Flächen A1 und A2 am Rand der Schleifscheibe 11 an der Trägerscheibe 12 haftet. Diese Situation ist in Fig. 5B dargestellt. In Fig. 5C hat sich die die Schleifscheibe 11 im Vergleich zur Fig. 5B noch weiter in x-Richtung bewegt und die Flächen A1, A2, an denen die Schleifscheibe 11 noch haftet sind schon verhältnismäßig klein. In dieser Situation hat die Schleifscheibe die Rollenbahn 33 schon vollständig verlassen. Wenn die Schleifscheibe 11 - ausgehend von der in Fig. 5C dargestellten Situation - noch weiter in x-Richtung bewegt wird, geht die Summe der Flächen A1+A2 gegen Null und die Schleifscheibe wird vollständig abgelöst und kann unten aus der Vorrichtung herausfallen. Der Weg nach unten ist nicht mehr von der Rollenbahn 33 blockiert, da ein Endgültiges Ablösen der Schleifscheibe 11 von der Trägerscheibe 12 erst erfolgt, nachdem die Schleifscheibe 11 die Rollenbahn 12 verlassen hat. Auf diese Weise wird ein Verklemmen oder "Steckenbleiben" der Schleifscheibe 11 zwischen Rollenbahn und Trennplatte 32 verhindert. Alternativ, kann ausgehend von der in Fig. 5C dargestellten Situation auch die Schleifmaschine angehoben werden. In diesem Fall wird die Schleifscheibe 11 auch von der Trägerscheibe 12 vollständig gelöst (vgl. auch Fig. 4D).

**[0029]** In dem Beispiel aus Fig. 4 und 5 wird die Auf-

lagefläche für die zu entfernende Schleifscheibe 11 durch die Rollenbahn 33 gebildet. Statt einer Rollenbahn 33 kann alternativ auch ein entlang einer Linearführung verschiebbarer Schlitten verwendet werden. Ein Beispiel

5 dieser Variante ist in Fig. 6 dargestellt. Die Abbildungen in Fig. 6A bis 6E zeigen die Vorrichtung aus Fig. 3 (Schleifmaschine 10 samt Aktor 20) und eine Vorrichtung zum Abziehen der Schleifscheibe 11 von der Schleifmaschine 10 in unterschiedlichen Situationen während des  
10 Entfernens der Schleifscheibe 11. Gemäß dem in Fig. 6 dargestellten Beispiel umfasst die Vorrichtung zum Abziehen einer Schleifscheibe von einer Schleifmaschine mit rotierender Schleifscheibe - ähnlich wie das vorherige Beispiel aus Fig. 4 - einen Rahmen 31, eine mit dem  
15 Rahmen 31 verbundene Trennplatte 32 sowie eine mit dem Rahmen 31 verbundene Auflagefläche, die in vorliegenden Fall durch einen Schlitten 33b gebildet wird, der entlang einer Linearführung verschiebbar gelagert ist. Die Linearführung wird z.B. durch eine am Rahmen  
20 31 montierte Scheibe 33a gebildet, auf der der Schlitten 33b entlang einer Richtung (siehe Fig. 6A und 6B, x-Richtung) gleiten kann.

**[0030]** Der Rahmen 31 und der Schlitten 33b sind so breit, dass eine mit einem Manipulator 1 (siehe Fig. 1)  
25 verbundene Schleifmaschine 10 so gegen die Auflagefläche (definiert durch den Schlitten 33b) gedrückt werden kann, dass die auf der Schleifmaschine montierte Schleifscheibe 11 an der Auflagefläche anliegt. Die flache Schleifscheibe 11 liegt dabei annähernd parallel zu  
30 der Bewegungsrichtung (x-Richtung) des Schlittens 33b. Das Andücken der Schleifmaschine gegen den Schlitten 33b erfolgt z.B. durch den Aktor 20, der auch eine Regelung der Kontaktkraft zwischen Rollenbahn 30 und Schleifscheibe 11 ermöglicht. Wie bereits erwähnt, ist  
35 (anders als beim Schleifen) eine exakte Regelung der Kontaktkraft nicht zwingend notwendig. Der Anpressdruck zwischen Schleifscheibe 11 und Schlitten 33b sollte jedoch so groß sein, dass die resultierende Haftreibung eine Relativbewegung zwischen Schleifscheibe 11 und Schlitten 33b verhindert.  
40

**[0031]** Der an der Schiene 33a gelagerte Schlitten 33b ermöglicht ein Verschieben der Schleifmaschine 10 und damit der Schleifscheibe 11 entlang der Richtung x (hin zur Trennplatte 32), ohne dass eine Relativbewegung  
45 zwischen Schlitten 33b und Schleifscheibe 11 ausgeführt wird. Ein Materialabrieb vom Schlitten wird dadurch weitgehend verhindert. Die Verschiebebewegung der Schleifscheibe 11 (und des Schlittens 33b) entlang der Schiene 33a wird durch den Manipulator 1 vorgegeben.  
50 Der Schlitten 33b oder die Trennplatte 32 benötigen keinen separaten Antrieb.

**[0032]** Fig. 6B zeigt den Beginn des Schleifscheibenabziehvorgangs. Wie erwähnt, bewegt der Manipulator 1 die Schleifmaschine angedrückt an den Schlitten 33b auf die Trennplatte 32 zu. Die Trennplatte 32 ist relativ zum Schlitten 33b derart angeordnet, dass - wenn die Schleifmaschine 10 mit der Schleifscheibe 11 gegen die Auflagefläche (am Schlitten 33b) gedrückt wird - eine

Kante der Trennplatte 32 zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 eindringt, die Haftung zwischen den beiden Teilen (Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12) löst und die Schleifscheibe 11 zwischen Trennplatte 32 und Schlitten 33b einklemmt. Diese Situation ist in Fig. 6C dargestellt. Im Falle eines Klettverschlusses zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12, wird dieser durch die Trennplatte 32 sukzessive gelöst, während die Trennplatte 32 zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 geschoben wird (siehe Fig. 6C).

**[0033]** Sobald die Schleifscheibe 11 zwischen Trennplatte 32 und Schlitten 33b eingeklemmt ist, kann die Schleifmaschine 10 (inkl. der Trägerscheibe 12) vom Schlitten abgehoben werden (in y-Richtung, normal zur Auflagefläche), wodurch die eingeklemmte Schleifscheibe vollständig von der Trägerscheibe 12 abgezogen wird. Diese Situation ist in Fig. 6D dargestellt. Der Vorgang des Abziehens der Schleifscheibe ist damit beendet und die Schleifmaschine 10 ist bereit, eine neue Schleifscheibe 11 aufzunehmen. Die Bewegung des Abhebens der Schleifmaschine 10 in y-Richtung kann (wie im Beispiel aus Fig. 4) entweder durch den Aktor 20 oder durch den Manipulator 1 (oder beides) bewirkt werden.

**[0034]** Um die Klemmung der Schleifscheibe 11 zwischen Trennplatte 32 und Schlitten 33b wieder zu lösen, muss der Schlitten 33b wieder zurück in die Ausgangsposition (von der Trennplatte 32 weg) geschoben werden. Dies kann entweder automatisch erfolgen, wenn z.B. der Schlitten 33b über eine Feder mit dem Rahmen 31 gekoppelt ist, die beim Verschieben des Schlittens in x-Richtung gespannt wird und nach dem Abheben der Schleifmaschine 10 von der Auflagefläche den Schlitten 33b in die Ausgangsposition zurückdrängt. Alternativ kann der Manipulator 1 auch so programmiert werden, dass er mit der Schleifmaschine 10 oder einem Armsegment gegen den Schlitten 33b so drückt, dass er eine Kraft F (siehe Fig. 6E) auf den Schlitten 33b gegen die x-Richtung ausübt. Ein kurzer Anstoß kann genügen, um den Schlitten 33b in seine Ausgangsposition (in Fig. 6A dargestellt) zurückzubewegen und die Schleifscheibe 11 aus der Klemmung zu lösen. Die Schleifscheibe fällt dann schwerkraftbedingt von der Vorrichtung ab. Diese Situation ist in Fig. 6E dargestellt.

**[0035]** Wie bereits erwähnt, benötigen die Vorrichtungen zum Abziehen von Schleifscheiben gemäß den Fig. 4, 5 und 6 keinen eigenen Antrieb. Die notwendige Relativbewegung zwischen Schleifmaschine 10 und Trennplatte 32 wird im Wesentlichen durch den Manipulator 1 vorgegeben, der die Schleifmaschine 10 trägt. Die Kontaktkraft zwischen Auflagefläche und Schleifmaschine 10 wird in erster Linie durch den Aktor 20 bewirkt. Die in Fig. 7 dargestellte Variante funktioniert im Wesentlichen gleich wie das Ausführungsbeispiel aus Fig. 6, wobei in diesem Fall die Schleifmaschine 10 mit der Schleifscheibe 11 auf eine ruhende Auflagefläche gedrückt wird, während die Trennplatte 32 sich auf die Schleifscheibe 11 zubewegt. Für diesen Zweck ist die Trennplatte 32 mittels einer Linearführung relativ zu ei-

nem Trägerrahmen 31 verschiebbar gelagert, wobei die Verschiebebewegung von einem separaten Linearantrieb 34 bewirkt wird, der mechanisch zwischen die (verschiebbar gelagerte) Trennplatte 32 und den Trägerrahmen 31 gekoppelt ist. Die Lagerung der Trennplatte 32 am Trägerrahmen 31 erfolgt z.B. über Schienen 31a, welche links und rechts der Trennplatte 32 angeordnet sind.

**[0036]** Fig. 7A zeigt die Vorrichtung, nachdem die Schleifmaschine 10 mit seiner Schleifscheibe auf die Auflagefläche 33' aufgesetzt wurde. Die Trennplatte 32 befindet sich in einer von der Schleifmaschine entfernten Anfangsposition. Der Antrieb 34 der Trennplatte 32 wird aktiviert und die Trennplatte 32 bewegt sich auf die Schleifscheibe 11 zu. Fig. 7B zeigt eine Situation, in der die Trennplatte 32 gerade dabei ist, in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 der Schleifmaschine einzudringen und die Schleifscheibe 11 zwischen Trennplatte 12 und Auflagefläche 33' einzuklemmen, während die Verbindung zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 gelöst wird. Fig. 7C zeigt eine Situation, in der die Trennplatte 32 die Schleifscheibe 11 gegen die Auflagefläche 33' klemmt. In dieser Situation kann die Schleifmaschine 10 (inkl. der Trägerscheibe 12) von der Auflagefläche 33' abgehoben werden (in y-Richtung, normal zur Auflagefläche), wodurch die eingeklemmte Schleifscheibe 11 vollständig von der Trägerscheibe 12 abgezogen wird. Diese Situation ist in Fig. 7D dargestellt. Der Vorgang des Abziehens der Schleifscheibe ist damit beendet und die Schleifmaschine 10 ist bereit, eine neue Schleifscheibe 11 aufzunehmen. Die Bewegung des Abhebens der Schleifmaschine 10 in y-Richtung kann (wie im Beispiel aus Fig. 4) entweder durch den Aktor 20 oder durch den Manipulator 1 (oder beides) bewirkt werden. Die Trennplatte 32 kann mit Hilfe des Linearantriebs in seine Ausgangsposition zurück bewegt werden.

**[0037]** Im Falle einer Orbitalschleifmaschine dreht sich die Schleifscheibe 11 nicht um eine zentrale Drehachse, sondern führt eine komplexere Bewegung aus, die durch zwei Drehachsen D1, D2 beschrieben werden kann (siehe Fig. 8A). In den hier beschriebenen Beispielen entspricht die Drehachse D2 der Längsachse A (siehe Fig. 1 und 2), auf der auch der TCP liegt (was nicht zwangsläufig der Fall sein muss), und die Drehachse D1 der in Fig. 2a dargestellten exzentrischen Drehachse A'. Dabei dreht sich die Schleifscheibe 11 um eine Drehachse D1, welche sich entlang einer Bahn um eine zweite Drehachse D2 bewegt. Der Abstand zwischen den Drehachsen D1 und D2 wird als Exzentrizität bezeichnet. Wenn die Drehbewegung der Schleifscheibe 11 stoppt ist die Winkelage der Drehachse D1 auf ihrer Bahn um die Drehachse D2 praktisch zufällig. Insbesondere wenn die Schleifscheibe 11 und die Trägerscheibe 12 - wie in Fig. 2c dargestellt - gelocht ist (um eine Absaugung des Schleifstaubs zu ermöglichen, die Löcher sind jedoch in Fig. 8 nicht dargestellt) kann es wichtig sein, dass sich die Drehachsen D1 und D2 der Trägerscheibe 12 vor dem Aufbringen einer neuen Schleifscheibe in einer de-

finierten Relativposition zueinander befinden und die Winkelposition der Schleifscheibe in Bezug auf die Drehachse D1 klar definiert ist. Im Falle von runden Trägerscheiben 12 kann, wie in Fig. 8 dargestellt, die Trägerscheibe einer Schleifmaschine von dem Manipulator 1 (in z-Richtung) gegen einen Anschlag mit zwei beabstandeten, z.B. zylindrischen, Stiften 39 gedrückt werden, welche z.B. an dem Trägerrahmen 31 befestigt sein können (siehe auch Fig. 4A). Durch dieses Andrücken werden die Drehachsen D1 und D2 entlang einer Symmetriechse S zwischen den Stiften 39 ausgerichtet und in eine definierte Referenzposition gebracht. Diese Situation ist in Fig. 8B dargestellt. Wenn die Schleifmaschine 10 einen Motor aufweist, bei dem die Winkelstellung der Motorwelle einstellbar ist (z.B. ein Synchronmotor mit Drehgeber, *rotary encoder*), kann die gewünschte Referenzposition auch durch eine entsprechende Ansteuerung des (Elektro-) Motors der Schleifmaschine eingestellt werden. Statt der Stifte können auch nichtzyllindrische Objekte verwendet werden. Der Anschlag hat im Wesentlichen zwei Stifte (oder abstrakt Kanten, die parallel zur Drehachse D1 laufen), und die Trägerscheibe 12 wird umfangsseitig gegen die Kanten gedrückt.

**[0038]** Zusätzlich oder alternativ zu der mechanischen Ausrichtung der Drehachsen gemäß Fig. 8 kann auch eine kamerabasierte Ausrichtung vorgesehen werden, die in Fig. 9 skizziert ist. Selbst wenn die Drehachsen D1 und D2 wie in Fig. 8B gezeigt entlang einer definierten Geraden ausgerichtet sind, ist die Winkelstellung der Trägerscheibe 12 in Bezug auf die Drehachse D1 nicht zwangsläufig bekannt. Diese kann dann z.B. mittels einer Kamera ermittelt werden. Eine kamerabasierte Ausrichtung der Schleifmaschine 10 (und damit der Trägerscheibe 12) kommt auch bei komplexeren Schleifscheibengeometrien (z.B. dreieckig) in Betracht. Dazu wird die Schleifmaschine 10 so ausgerichtet, dass die Trägerscheibe 12 (also die Ebene, in der die Schleifscheibe angeordnet wird) normal zur optischen Achse O der Kamera 6 steht. Da die Lage der optischen Achse a-priori bekannt ist, dann der Manipulator 1 die Schleifmaschine problemlos so positionieren. Sofern die Trägerscheibe 12 ein Lochmuster aufweist, kann dieses mittels einfachen Bildverarbeitungsalgorithmen detektiert werden. Der Bildverarbeitungsalgorimus kann die Winkelposition der Trägerscheibe z.B. basierend auf einer auf einem Kamerabild erkennbaren Geometrie des Lochmusters detektieren, oder auch basierend auf der Farbe (und/oder der Helligkeit) der Löcher (Ein Loch H wird auf dem Kamerabild eine andere Farbe aufweisen als die übrige Trägerscheibe 12). Aus dem detektieren Lochmuster kann dann leicht ein Korrekturwinkel  $\varphi$  berechnet werden, um den der Manipulator 1 die Schleifmaschine 10 drehen muss (Drehachse ist die optische Achse O), um eine gewünschte, definierte Winkelposition der Trägerscheibe zu erreichen. Die Bildverarbeitungseinheit 9 kann in der Robotersteuerung 8 (siehe Fig. 1) integriert oder als separaten Hardware-Einheit ausgebildet sein. Beispielsweise wird der errechnete Korrekturwinkel  $\varphi$

von der Bildverarbeitungseinheit 9 an die Robotersteuerung 8 übergeben. Nachdem die Trägerscheibe 12 der Schleifmaschine eine definierte Winkelstellung hat, kann eine neue Schleifscheibe an der Trägerscheibe befestigt werden. Eine hierfür geeignete Vorrichtung ist in Fig. 11 und 12 dargestellt.

**[0039]** Fig. 10 zeigt die Anordnung der Schleifmaschine 10 (inkl. Trägerscheibe 12) an einem Näherungssensor 61 (*proximity sensor*). Dargestellt ist - wie in Fig. 9 - der Einfachheit nur die Trägerscheibe 12, die jedoch an der Schleifmaschine 10 montiert ist. Mit Hilfe des Manipulators (vgl. Fig. 1) kann die Schleifmaschine 10 samt Trägerscheibe 12 so relativ zu einem Näherungssensor 61 positioniert werden, dass der Näherungsschalter genau auf eine Stelle der Trägerscheibe 12 gerichtet ist, an der sich ein Loch H befinden soll. Befindet sich tatsächlich ein Loch H an der gewünschten Position, so wird dieser Soll-Zustand (gewünschte Winkelstellung der Trägerscheibe 12) von dem Näherungssensor detektiert. Befindet sich kein Loch an der gewünschten Stelle, so kann die Trägerscheibe 12 so lange gedreht werden, bis der Näherungssensor 61 eine Loch H detektiert. Die Trägerscheibe 12 kann z.B. gedreht werden, indem der Manipulator die ganze Schleifmaschine 10 samt Trägerscheibe 12 um die Achse A dreht (z.B. um einen Winkel  $\varphi$  wie in Fig. 10 dargestellt).

**[0040]** Der Näherungssensor 61 kann beispielsweise ein optischer Sensor sein, der dazu geeignet ist, den Abstand zu der Trägerscheibe 12 zu bestimmen. Wenn der "Näherungssensor 61" eine Loch H "sieht" ist der gemessene Abstand größer als in einer Situation, in der sich kein Loch im Detektionsbereich des Sensors befindet. Der Näherungssensor 61 kann auch einen Digitalausgang aufweisen, der ein Logiksignal ausgibt. Dieses Logiksignal zeigt an, ob ein Loch detektiert wird oder nicht. Ein derartiger Näherungssensor wird auch als Näherungsschalter (*proximity switch*) bezeichnet. In einem Beispiel ist der Näherungsschalter 61 nicht empfindlich auf den Abstand zur Trägerscheibe 12, sondern auf die Farbe. Das heißt, der Sensor 61 ist empfindlich auf eine (bestimmte und einstellbare Farbe). Sobald ein Loch H im Detektionsbereich (Sichtfeld) des Sensors 61 ist, "sieht" der Sensor eine andere Farbe und kann die Detektion des Lochs H signalisieren (z.B. über ein Logiksignal). Der Näherungssensor 61 kann auch andere als optische Detektionsprinzipien verwenden. Beispielsweise können auch Ultraschall-Näherungssensoren verwendet werden. Wenn die Trägerplatte Eisen oder andere Metalle enthält können auch induktive oder kapazitive Näherungssensoren verwendet werden.

**[0041]** In Fig. 11 sind nebeneinander zwei Vorrichtungen 5 und 5' zum automatischen Bestücken einer Schleifmaschine 10 mit einer Schleifscheibe 11 dargestellt, wobei die Schleifmaschine 10 (samt Aktor 20, siehe Fig. 1 und 3) mit Hilfe eines Manipulators 1 bewegt wird. Die Vorrichtungen 5 und 5' sind praktisch identisch, wobei die Vorrichtung 5 (links) ein volles Magazin mit Schleifscheiben 11 aufweist und die Vorrichtung 5' (rechts) ein

beinahe leeres Magazin mit Schleifscheiben 11. Die Vorrichtung 5 bzw. 5' umfasst eine Auflage 53, auf der ein Stapel aus Schleifscheiben 11 angeordnet werden kann. Die Auflage 53 ist z.B. an einem Träger 60 befestigt und kann starr mit diesem verbunden sein. Zur seitlichen Stabilisierung des Stapels sind seitlich um den Stapel herum (in Umfangsrichtung der Schleifscheiben 11) mehrere Führungsstangen 51 angeordnet. Die Führungsstangen 51 verlaufen im Wesentlichen normal zur Oberfläche der Auflage 53 (auf der die Schleifscheiben liegen) und sind an der Oberseite des Stapels über einen Ring 50 verbunden (z.B. mittels Schrauben 53).

**[0042]** Die Führungsstangen 51 sind z.B. zylindrisch und an der Auflage 53 entlang ihrer Längsachse verschiebbar gelagert. Unabhängig von der Höhe des Schleifscheibenstapels liegt der Ring 53 (zumindest teilweise) auf der obersten Schleifscheibe des Stapels auf und die Führungsstangen 51 stehen - anhängig von der Höhe des Schleifscheibenstapels - unterhalb der Auflage 53 von dieser ab. Am unteren Ende der Führungsstangen 51 sind diese über eine Scheibe 56 verbunden, um die Lage der Führungsstangen 51 relativ zueinander zu stabilisieren. An der Scheibe 56 kann auch ein Gewicht 55 befestigt sein, um die Führungsstangen 51 mit einer definierten Kraft  $F_B$  (d.h. der Gewichtskraft des Gewichts 55) vorzuspannen. Die Kraft  $F_B$  könnte alternativ jedoch auch von einer Feder oder einem Linearaktor bewirkt werden, die/der zwischen der Scheibe 56 und der Auflage 53 wirkt. Über die Führungsstangen 51 wird die Kraft auf den oberen Ring 50 übertragen, sodass dieser mit im Wesentlichen gleicher Kraft  $F_B$  auf den Schleifscheibenstapel drückt und die Schleifscheiben 11 festhält. Je nach der konkreten Ausgestaltung der Vorrichtung 5 bzw. 5' kann das Gewicht 56 auch weggelassen werden, wenn das Eigengewicht der Führungsstangen 51 und der Scheibe 56 groß genug ist.

**[0043]** Fig. 12 zeigt ein Schleifscheibenmagazin 5 von oben, sodass der Ring 50 und der Schleifscheibenstapel in der Draufsicht zu sehen ist. Die Schleifscheiben 11 haben einen Außendurchmesser von  $2 \cdot R_2$  und der Ring 50 einen etwas größeren Innendurchmesser  $2 \cdot R_1$  ( $R_1 < R_2$ ). Des Weiteren weist der Ring 50 einen oder mehrere (im vorliegenden Beispiel vier) Vorsprünge 50a auf, deren Abstand vom Mittelpunkt der Schleifscheiben etwas kleiner als  $R_2$  ist, weshalb die Vorsprünge den äußeren Rand der Schleifscheiben 11 geringfügig überragen und die Schleifscheiben (mit der Kraft  $F_B$ ) gegen die Auflage 53 drücken und die Schleifscheiben 11 festhalten. In Fig. 12 sind auch die Schrauben gezeigt, mit denen die Führungsstangen 51 an dem Ring 50 fixiert werden können. Die Schleifscheiben 11 sind in dem Stapel mit der Rückseite nach oben angeordnet. Wie bereits erwähnt weist die Rückseite eine Haftschiicht (z.B. einen Teil eines Klettverschlusses) auf.

**[0044]** Im rechten Teil der Fig. 11 ist das fast leere Schleifscheibenmagazin 5' in einer Situation dargestellt, in der gerade eine neue Schleifscheibe 11 von der robotergestützten Schleifvorrichtung (Manipulator 1, Aktor 20

und Schleifmaschine 10) "abgeholt" wird. Dazu wird von dem Manipulator die Schleifmaschine 10 so über der Vorrichtung 5 bzw. 5' positioniert, dass sich die (unbestückte) Trägerscheibe 12 der Schleifmaschine 10 annähernd parallel zu dem Ring 50 befindet. Der Manipulator 1 kann dabei die Vorrichtung 5, 5' von oben kommend anfahren,

5 bis die Schleifmaschine 10 den Ring 50 und damit auch die oberste Schleifscheibe 11 kontaktiert. Ein Kontakt kann z.B. dadurch erkannt werden, dass sich der Aktor 20 von seinem Endanschlag (maximale Auslenkung des Aktors) hin zu kleineren Auslenkungen bewegt. Hierzu kann der Aktor 20 z.B. einen Wegsensor aufweisen, der dazu ausgebildet ist, die Auslenkung des Aktors 20 zu messen. Die Messwerte können z.B. der Robotersteuerung 4 (siehe Fig. 1) zugeführt werden. Sobald Kontakt zwischen der Trägerscheibe und dem Ring 50 besteht, kann der Manipulator 1 stoppen und der Aktor 20 mit definierter Kraft gegen den Ring 50 und die Rückseite der obersten Schleifscheibe des Magazins drücken, so dass die Schleifscheibe 11 an der Trägerscheibe haften bleibt. Danach kann der Manipulator die Schleifmaschine 10 wieder abheben. Wenn die Haftung zwischen Schleifscheibe 11 und Trägerscheibe 12 der Schleifmaschine 10 größer ist als die Haltekraft  $F_B$ , mit der der Ring 50

20 die Schleifscheibe festhält, kann die Schleifscheibe 11 mit der Schleifmaschine 10 vom Stapel abgehoben werden und der darauffolgende Schleifvorgang kann mit einer neuen Schleifscheibe 11 beginnen. Sobald die Schleifscheibe verschlissen ist, kann ein neuer Wechselvorgang begonnen werden und die Schleifscheibe z.B. mit der Vorrichtung gemäß Fig. 4 wieder abgezogen werden.

**[0045]** Bei nicht-kreisrunden Schleifscheibengeometrien kann statt dem Ring 50 auch ein Rahmen mit einer anderen Geometrie verwendet werden, die an die Geometrie der Schleifscheiben angepasst ist. Gemäß einem allgemeinen Ausführungsbeispiel wird ein Rahmen (z.B. der Ring 50) von oben mit einer definierten Kraft  $F_B$  auf einen Stapel von Schleifscheiben 11 gedrückt, um diesen festzuhalten. Die innere Kontur des Rahmens (siehe Fig. 12, Radius  $R_1$ ) ist geringfügig größer als die äußere Kontur der Schleifscheiben 11 (siehe Fig. 12, Radius  $R_2$ ), wobei von der inneren Kontur des Rahmens Vorsprünge (siehe Fig. 12, Vorsprünge 50a) nach innen die äußere Kontur der Schleifscheiben 11 überragen. Die Vorsprünge 50a und die Schleifscheiben überlappen sich somit an einer vergleichsweise kleinen Fläche (verglichen mit der Gesamtfläche der Schleifscheibe 11) und die an der Trägerscheibe 12 haftende Schleifscheibe 11 kann leicht vom Stapel abgehoben werden.

**[0046]** Nach dem Bestücken der Schleifmaschine 10 mit einer neuen Schleifscheibe kann ein weiterer Farbsensor 63 (oder alternativ auch die Kamera 6, vgl. Fig. 9) dazu verwendet werden, automatisch zu prüfen (z.B. 35 nach dem Bestücken der Schleifmaschine mit einer Schleifscheibe oder vor dem Beginn eines Schleifvorganges), ob die Schleifmaschine korrekt mit einer Schleifscheibe bestückt wurde. Dieser Prüfvorgang ist

im rechten Teil der Fig. 12 dargestellt. Üblicherweise weist die Trägerscheibe 12 eine andere Farbe auf als unverbrauchte Schleifscheiben. Folglich kann der Farbsensor 63 (oder eine als Farbsensor betriebene Kamera) dazu verwendet werden, eine mit einer Schleifscheibe 11 bestückte Trägerplatte 12 von einer unbestückten Trägerplatte 12 anhand der Farbe zu unterscheiden. Dazu bewegt der Manipulator die Schleifmaschine 10 von einer Aufnahmeposition am Magazin (vgl. Fig. 11A oder 11B) hin zu einer Prüfposition in der Nähe des Farbsensors 63, so dass dieser die Vorderseite der Schleifscheibe 11 oder (bei fehlender Schleifscheibe 11) die Trägerscheibe "sehen" kann. Der Farbsensor 63 (Farbdetektor) kann z.B. so eingestellt sein, dass er die Farbe der Trägerplatte 12 erkennt. Sobald die Trägerplatte 12 anhand ihrer Farbe erkannt wird, kann an die Robotersteuerung 8 ein Fehlersignal ("Fehler: Maschine nicht bestückt") gesendet werden. Die Robotersteuerung kann dann einen neuen Bestückungsvorgang starten, um die Schleifmaschine 10 mit einer Schleifscheibe 11 zu bestücken. Damit kann vermieden werden, dass, wenn ein Bestückungsvorgang (siehe weiter unten, Fig. 11 und 12) aus welchen Gründen auch immer fehlschlägt, der Roboter beginnt einen Schleifvorgang ohne Schleifscheibe zu beginnen, was zur Zerstörung der Trägerplatte 12 (oder des Werkstücks) führen würde. Alternativ kann der Farbsensor 63 auch auf die Farbe der (neuen) Schleifscheiben kalibriert werden.

**[0047]** Fig. 13 illustriert anhand eines Flow-Charts exemplarisch ein Beispiel des zuvor schon unter Bezugnahme auf Fig. 4-12 erläuterten Verfahrens zum automatischen Wechseln von Schleifscheiben. Nicht alle der dargestellten Schritte sind in allen Implementierungen des Verfahrens zwingend notwendig. Ist ein Schleifvorgang zu Ende oder eine Schleifscheibe verschlissen, bewegt der Manipulator 1 (Schritt S1) die Schleifmaschine hin zur Ablösevorrichtung 2 und drückt (mit Hilfe des Aktors 20) die Schleifscheibe gegen die Auflagefläche (z.B., siehe z.B. Fig. 4A-D, Rollenbahn 33, Fig. 6A-D, Schlitten 33b, und Fig. 7A-D, Auflagefläche 33'). Nachdem die Schleifscheibe auf die Auflagefläche aufgesetzt wurde, werden Trennplatte 32 und Schleifmaschine 10 aufeinander zubewegt (Schritt S2), bis die Trennplatte 32 zwischen Trägerscheibe 12 der Schleifmaschine 10 und der Schleifscheibe 11 einfädeln (siehe z.B. Fig. 5A, 6B, 7B). Dieses Bewegung kann durch den Manipulator 1 bewirkt werden (vgl. Fig. 4) oder von einem separaten Antrieb der Ablösevorrichtung (vgl. Fig. 7). Mit einem Farbsensor kann überprüft werden (Schritt S3), ob die Trennplatte 32 korrekt zwischen Trägerscheibe 12 und Schleifscheibe 11 eingefädeln hat (siehe z.B. Fig. 4E). Auch andere Sensoren (z.B. Näherungssensoren) können stattdessen verwendet werden. Wenn die Prüfung negativ ausfällt, kann der Vorgang von vorne starten (z.B. bei Schritt S1) oder abgebrochen werden. Wenn die Prüfung positiv ausfällt wird die Schleifscheibe 11 von der Trägerplatte wie oben beschrieben abgelöst.

**[0048]** Orbitalschleifmaschinen und ähnliche Schleif-

maschinen haben eine exzentrische Drehachse. Des Weiteren können die Schleifscheiben Löcher H aufweisen (siehe Fig. 2, 9 und 10), die zur Absaugung von Schleifstaub dienen. Diese Löcher setzen sich in der Trägerscheibe 12 fort, weshalb die Winkelposition der Trägerscheibe 12 (relativ zur Schleifscheibe) beim Anbringen einer neuen Schleifscheibe wohldefiniert sein sollte. Dabei wird zunächst die exzentrische Drehachse (siehe z.B. Fig. 8, exzentrische Drehachse D1) in eine Referenzposition bewegt (Schritt S4). Das kann entweder - wie in Fig. 8 dargestellt - durch Andrücken der Trägerplatte 12 gegen einen Anschlag (Stifte 39) bewirkt werden, oder durch entsprechendes Ansteuern des Motors der Schleifmaschine, sofern dieser einen Winkelencoder aufweist. Wenn die exzentrische Drehachse in einer definierten Referenzposition ist, kann die Schleifmaschine 10 (als Ganzes) vom Manipulator 1 noch um die Längsachse (siehe z.B. Fig. 2, Längsachse A, Fig. 8, Drehachse D2) so lange gedreht werden, bis die Löcher H in der gewünschten Winkelposition (Soll-Position) zu liegen kommen (Schritt S5). Das Erreichen der Soll-Position kann z.B. mit einem Näherungssensor (z.B. Näherungsschalter oder Farbsensor) oder mittels einer Kamera detektiert werden (siehe z.B. Fig. 9 und 10). Dieser Schritt ist für Schleifscheiben ohne Löcher selbstverständlich optional.

**[0049]** Mit der exzentrischen Drehachse in der Referenzposition und ggf. den Löchern in einer Sollposition, wird die Schleifmaschine 10 hin zum Magazin mit den neuen Schleifscheiben bewegt und (Schritt S6) die Trägerplatte 12 z.B. mit Hilfe von Manipulator 1 und Aktor 20 gegen die Oberseite des Magazins gedrückt (siehe Fig. 11). Aufgrund der Anpresskraft zwischen Trägerscheibe 12 und Schleifscheibe 11 verhakt sich der Klettverschluss zwischen Trägerscheibe 12 und die Schleifscheibe 11 und die Schleifscheibe 11 haftet an der Schleifmaschine 10. Da die Vorsprünge 50a die Schleifscheibe nur auf einer vergleichsweise kleinen Fläche überlappt, kann durch Anheben der Schleifmaschine die Schleifscheibe 11 unter nur geringer Deformation aus dem Magazin gezogen werden. Optional kann der Manipulator 1 die Schleifmaschine 10 in einer Prüfposition bewegen, in der mit Hilfe eines Sensors (z.B. Farbsensor, siehe Fig. 12) getestet werden kann, ob tatsächlich eine neue Schleifscheibe an der Schleifmaschine befestigt wurde (Schritt S7). Falls nein, kann der Manipulator die Schleifmaschine wieder zum Magazin bewegen (zurück zu Schritt S6) oder den Vorgang abbrechen. Falls die Schleifscheibe ordnungsgemäß montiert ist, kann der Manipulator einen neuen Schleifvorgang beginnen oder einen zuvor unterbrochenen Schleifvorgang fortsetzen (Schritt S8).

**[0050]** In der Folge werden unterschiedliche Aspekte der hier beschriebenen Ausführungsbeispiele zusammengefasst. Es sei angemerkt, dass dies keine vollständige Aufzählung ist. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum automatischen Abziehen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten

Schleifvorrichtung mit einer Schleifmaschine (vgl. Fig. 3, 4, 5, 6 und 7). Demnach weist die Vorrichtung (Ablösevorrichtung 2 zum Ablösen einer Schleifscheibe von der Trägerscheibe) einen Rahmen 31, eine mit dem Rahmen 31 verbundene Trennplatte 32 (in den Figuren auch als "Trennblech" bezeichnet) und eine mit dem Rahmen 31 verbundene Auflagefläche auf. Die Trennplatte 32 und die Auflagefläche sind derart mit dem Rahmen 31 so gekoppelt, dass eine Relativbewegung zwischen Trennplatte 32 und Auflagefläche entlang einer ersten Richtung (in oder gegen die x-Richtung) ermöglicht wird. Die Trennplatte 32 und die Auflagefläche sind dabei derart angeordnet, dass - wenn die Schleifscheibe an der Auflagefläche anliegt und wenn Trennplatte 32 und die Schleifscheibe 11 sich aufeinander zu bewegen - eine erste Kante K0 der Trennplatte 32 über die Schleifscheibe geschoben wird (vgl. z.B. Fig. 5A, 6B oder 7B).

**[0051]** Die Trennplatte 32 kann starr mit dem Rahmen 31 verbunden sein (vgl. Fig. 4, 5, und 6). Die Auflagefläche kann durch eine Rollenbahn 33 gebildet werden (siehe Fig. 4 und 5). Die Rollenbahn 33 kann mehrere Rollen 34 aufweisen, die an dem Rahmen 31 gelagert sind. In diesem Fall findet die Bewegung der Auflagefläche (die durch die Rollen sozusagen definiert wird) dadurch statt, dass die Rollen 34 der Rollenbahn 33 um ihre jeweiligen Achsen 35 drehen, die an dem Rahmen 31 gelagert sind.

**[0052]** In einem Ausführungsbeispiel sind die Trennplatte 32 und die Rollenbahn 33 so gestaltet sind, dass - wenn Trennplatte 32 und die Schleifscheibe 33 sich aufeinander zu bewegen - die Trennplatte 32 die Schleifscheibe 33 noch nicht vollständig überdeckt, wenn die Schleifscheibe 11 die Rollenbahn 33 verlassen hat (siehe Fig. 5B und 5C). Die erwähnte erste Kante K0 der Trennplatte 32 ist kürzer als die maximale Außenabmessung (bei runden Schleifscheiben deren Durchmesser  $d_1$ ) der Schleifscheibe 11 (vgl. Fig. 5A). Die die Breite  $b(x)$  der Trennplatte 32 quer zur x-Richtung kann variieren (siehe Fig. 5B, bogenförmige Kontur der Trennplatte 32 entlang der Kanten K1 und K2, oder Fig. 6B, gerade Kontur der Trennplatte 32 entlang der annähernd spitz zulaufenden Kanten).

**[0053]** In einem Ausführungsbeispiel wird die Auflagefläche durch einen Schlitten 33b gebildet, der entlang der x-Richtung relativ zum Rahmen (31) verschiebbar gelagert ist (vgl. Fig. 6A, Schiene 33a, Schlitten 33b). In diesem Fall übernimmt der verschiebbare Schlitten 33b die Funktion der oben erwähnten Rollenbahn 33. Die Trennplatte 32 kann dabei starr mit dem Rahmen 31 verbunden sein.

**[0054]** In den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 4-6 benötigt die Vorrichtung keinen eigenen Antrieb. Die notwendige Bewegung wird von dem Manipulator 1, der die Schleifmaschine führt, bewirkt (siehe auch Fig. 1). Alternativ kann die Auflagefläche starr mit dem Rahmen 31 verbunden sein (vgl. Fig. 7, Auflagefläche 33'). In diesem Fall benötigt die Vorrichtung einen separaten Antrieb 34 zwischen Trennplatte 32 und Rahmen 31. Der Antrieb 34 ist dazu ausgebildet, die Trennplatte 32 relativ zur

Auflagefläche 33' zu verschieben.

**[0055]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel bezieht sich auf eine Vorrichtung zum automatischen Bestücken einer Schleifmaschine 10 einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifscheibe 11 (vgl. Fig. 11). Demnach weist die Vorrichtung eine Auflage 53 zur Aufnahme eines Stapels von Schleifscheiben 11 und einen Rahmen (z.B. Ring 50) auf. Der Rahmen 50 ist im Wesentlichen parallel zur Auflage 53 angeordnet, sodass der Stapel von Schleifscheiben 11 sich zwischen der Auflage 53 und dem Rahmen 50 befindet, wobei der Rahmen 50 den äußeren Rand der obersten Schleifscheibe des Stapels nur teilweise überlappt (z.B. mit den Vorsprüngen 50a, siehe Fig. 12). Die Vorrichtung umfasst des Weiteren eine mechanische Vorspanneinheit, die so mit dem Rahmen 50 gekoppelt ist, dass eine definierte Kraft  $F_B$  vom Rahmen auf den Stapel von Schleifscheiben 11 ausgeübt wird.

**[0056]** Die mechanische Vorspanneinheit kann eine oder mehrere Führungsstangen 51 aufweisen, die mit dem Rahmen 50 gekoppelt sind und seitlich neben dem Stapel von Schleifscheiben verlaufen und/oder durch den Stapel von Schleifscheiben hindurch verlaufen. Beispielsweise wenn die Schleifscheiben Löcher aufweisen (siehe z.B. Fig. 2c) können die Führungsstangen 51 durch diese Löcher hindurch geführt sein.

**[0057]** Die Vorspanneinheit kann ein Gewicht 55 aufweisen, welches so mit dem Rahmen 50 gekoppelt ist, dass die Gewichtskraft  $F_B$  des Gewichts 55 auf den Rahmen 50 wirkt. Die Führungsstangen 51 können durch Öffnungen in der Auflage 53 hindurchgeführt sein. In diesem Fall kann das Gewicht 55 unterhalb der Auflagefläche 53 mit den Führungsstangen 51 (und damit indirekt mit dem Rahmen 50) verbunden sein.

**[0058]** In einem Ausführungsbeispiel ist der Stapel von Schleifscheiben annähernd zylinderförmig, und der Rahmen 50 hat annähernd die Form eines Kreisrings, dessen Innendurchmesser größer ist als der Außen-durchmesser einer Schleifscheibe (siehe Fig. 12). Der Kreisring kann dabei an seinem Innenumfang einen oder mehrere Vorsprünge 50a aufweisen, welche den Stapel von Schleifscheiben 11 zumindest teilweise überlappen.

**[0059]** Falls die Winkelposition der Schleifmaschine eine Rolle spielt (z.B. falls die Schleifscheiben im Magazin an bestimmten Stellen Löcher aufweisen) muss die Schleifmaschine 10 in korrekter Winkelposition auf das Magazin von Schleifscheiben gedrückt werden. In diesem Fall kann die Vorrichtung eine Kamera 6 und eine Bildverarbeitungseinheit 9 aufweisen, welche dazu ausgebildet ist, eine Winkelabweichung der Schleifmaschine 10 von einer Soll-Winkelstellung zu ermitteln. Eine eventuell vorhandene Winkelabweichung kann von dem Manipulator kompensiert werden.

**[0060]** Schließlich wird ein System zum Wechseln von Schleifscheiben einer robotergestützten Schleifvorrichtung beschrieben. Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist das System folgendes auf: eine Vorrichtung mit einem Rahmen 31 und einer Trennplatte 32 zum Abzie-

hen einer Schleifscheibe 11 von einer Schleifmaschine (siehe Fig. 4, 5 und 6), einen Manipulator 1, der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine 10 relativ zur Trennplatte 32 zu positionieren und zu bewegen (siehe Fig. 1). Dabei wird die Relativbewegung der Schleifmaschine 10 und Trennplatte 32 während des Abziehens der Schleifscheibe ausschließlich von dem Manipulator 1 bewirkt (siehe z.B. Fig. 4). Die Vorrichtung mit Rahmen 31 und Trennplatte 32 zum Abziehen einer Schleifscheibe benötigt daher keinen eigenen Antrieb. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel weist das System zusätzlich oder alternativ ein Magazin zur Aufnahme eines Stapels von Schleifscheiben, einen Manipulator 1, der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine 10 relativ zum Magazin zu positionieren und zu bewegen, und einen Aktor 20 auf, der zwischen Schleifmaschine 10 und Manipulator 1 angeordnet ist und dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine 10 gegen die oberste Schleifscheibe des Stapels von Schleifscheiben 11 zu drücken (siehe Fig. 11, rechte Abbildung). Die Relativbewegung zwischen der Schleifmaschine und Magazin wird dabei ausschließlich von dem Manipulator 1 (allein) oder von dem Manipulator 1 und dem Aktor 20 bewirkt.

**[0061]** Die hier beschriebenen Vorrichtungen und Systeme ermöglichen das automatische Wechseln von Schleifscheiben einer robotergestützten Schleifvorrichtung. Ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens betrifft das automatische Entfernen (Abziehen bzw. Ablösen) einer Schleifscheibe 11 von einer robotergestützten Schleifvorrichtung. Demnach umfasst das Verfahren das Andrücken der Schleifscheibe gegen eine Auflagefläche (siehe z.B. Fig. 4A, 6A und 7A), die im Wesentlichen parallel zu einer Trennplatte 32 angeordnet ist, und das Ausführen einer Relativbewegung zwischen Trennplatte 32 und Auflagefläche (33, 33', 33b), sodass Trennplatte 32 und Schleifscheibe 11 sich aufeinander zubewegen, bis die Trennplatte 32 in den Zwischenraum zwischen Schleifscheibe 11 und einer Trägerscheibe 12, auf der die Schleifscheibe montiert ist, eindringt (siehe Fig. 4B-C, 6B-C sowie 7B-C). Schließlich wird die Trägerscheibe 21 von der Auflagefläche abgehoben, wodurch die Schleifscheibe 11 von der Trägerscheibe 32 abgezogen wird. Ein weiteres Verfahren betrifft das automatische Montieren einer Schleifscheibe 11 an einer robotergestützten Schleifvorrichtung. Demnach umfasst das Verfahren das Ausrichten einer Trägerscheibe 12 einer Schleifmaschine 10 mittels eines Manipulators 1, sodass eine Unterseite der Trägerscheibe 12 im Wesentlichen parallel zu einer Oberseite eines Stapels von Schleifscheiben 11 liegt (vgl. Fig. 1 und 11). Das Verfahren umfasst weiter das Andrücken der Trägerscheibe 12 an den Stapel von Schleifscheiben mittels eines Aktors 20, der zwischen Manipulator 1 und Schleifmaschine 10 gekoppelt ist, sodass die oberste Schleifscheibe des Stapels von Schleifscheiben an der Trägerscheibe 12 haftet. Schließlich wird die Schleifmaschine 10 samt Schleifscheibe 11 mittels des Manipulators 1 und/oder dem Aktor 20 angehoben (siehe Fig. 11, rechte Abbildung).

**[0062]** Im Folgenden werden die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele zusammengefasst. Es handelt sich dabei nicht um eine vollständige Auflistung technischer Merkmale, sondern nur um eine exemplarische Zusammenfassung.

Beispiel 1: Eine Vorrichtung zum automatischen Befestigen einer Schleifscheibe auf einer Trägerscheibe einer Schleifmaschine (10); die Vorrichtung weist auf:

eine Auflage (53) zur Aufnahme eines Stapels von Schleifscheiben;  
einen Rahmen (50), der im Wesentlichen parallel zur Auflage (53) angeordnet ist, sodass der Stapel von Schleifscheiben sich zwischen der Auflage (53) und dem Rahmen (50) befindet, wobei der Rahmen (50) den äußeren Rand der obersten Schleifscheibe des Stapels nur teilweise überlappt;  
eine mechanische Vorspanneinheit (51, 56, 55), die so mit dem Rahmen (50) gekoppelt ist, dass eine definierte Kraft ( $F_B$ ) vom Rahmen (50) auf den Stapel von Schleifscheiben ausgeübt wird.

Beispiel 2: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 1, wobei die mechanische Vorspanneinheit eine Linearführung (51) aufweist, die mit dem Rahmen (50) derart gekoppelt ist, dass der Abstand zwischen Auflage (53) und Rahmen (50) variabel ist.

Beispiel 3: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 1 oder 2, wobei die mechanische Vorspanneinheit eine oder mehrere Führungsstangen (51) aufweist, die mit dem Rahmen (50) gekoppelt sind und seitlich neben dem Stapel von Schleifscheiben verlaufen und/oder durch den Stapel von Schleifscheiben hindurch verlaufen.

Beispiel 4: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 3, wobei die Führungsstangen (51) durch Öffnungen in der Auflage (53) hindurchgeführt sind.

Beispiel 5: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 4, bei der die Vorspanneinheit ein Gewicht (55) aufweist, welches so mit dem Rahmen (50) gekoppelt ist, dass die Gewichtskraft ( $F_B$ ) des Gewichts (55) auf den Rahmen (50) wirkt.

Beispiel 6: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 5,

wobei der Stapel von Schleifscheiben annähernd zylinderförmig ist und der Rahmen (50) annähernd die Form eines Kreisrings hat, dessen Innendurchmesser größer ist als der Außen Durchmesser einer Schleifscheibe (11), und wobei der Kreisring an seinem Innenumfang ei-

nen oder mehrere Vorsprünge (50a) aufweist, welche den Stapel von Schleifscheiben zumindest teilweise überlappen.

Beispiel 7: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 6, wobei der Rahmen (50) mindestens einen Vorsprung (50a) aufweist, welcher auf der obersten Schleifscheibe des Stapels aufliegt.

Beispiel 8: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 7, die weiter aufweist: einen Anschlag (39), der dazu ausgebildet ist, eine exzentrische Drehachse (D1, A') der Trägerscheibe in einer definierte Referenzposition relativ zu einer Längsachse (D2, A) der Schleifmaschine (10) zu bewegen, wenn die Trägerscheibe (12) gegen den Anschlag (39) gedrückt wird.

Beispiel 9: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 8, wobei der Anschlag (39) zwei voneinander beanspruchte Stifte oder Kanten aufweist, gegen die die Trägerscheibe (12) mit ihren Umfang gedrückt wird.

Beispiel 10: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 9, die weiter aufweist: mindestens einen Sensor (61), der dazu ausgebildet ist, zu detektieren, ob die Winkelstellung der Trägerscheibe (12) der Schleifmaschine (10) eine Soll-Winkelstellung entspricht.

Beispiel 11: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 10, wobei der Sensor (61) ein Näherungssensor, ein Farbsensor oder eine Kamera ist, und wobei der Sensor (61) dazu ausgebildet ist, zu detektieren, ob sich ein Loch (H) an der Trägerscheibe (12) an einer Referenzposition befindet.

Beispiel 12: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 11, die weiter aufweist: eine Kamera und eine Bildverarbeitungseinheit (9), welche dazu ausgebildet ist, eine Winkelabweichung der Schleifmaschine (10) von einer Soll-Winkelstellung zu ermitteln.

Beispiel 13: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 1 bis 13, die weiter aufweist: einen Farbsensor, der dazu ausgebildet ist, anhand einer detektierten Farbe zu detektieren, ob an der Trägerscheibe (12) eine Schleifscheibe (13) haftet.

Beispiel 14: Ein Verfahren zum automatischen Montieren einer Schleifscheibe auf eine robotergestützte Schleifvorrichtung; das Verfahren weist auf:

Ausrichten einer Trägerscheibe (12) einer Schleifmaschine (10) mittels eines Manipulators

(1) an einem Magazin mit einem Stapel von Schleifscheiben (11), sodass eine Unterseite der Trägerscheibe (12) im Wesentlichen parallel zu einer Oberseite des Stapels von Schleifscheiben (11) liegt, wobei im Magazin der Stapel von Schleifscheiben zwischen einer Auflagefläche (53) und einem Rahmen (50) angeordnet ist, und der Rahmen (50) den äußeren Rand der obersten Schleifscheibe des Stapels nur teilweise überlappt;;

Andrücken der Trägerscheibe (12) an den Stapel von Schleifscheiben mittels eines Aktors (20), der zwischen Manipulator (1) und Schleifmaschine (10) gekoppelt ist, sodass die oberste Schleifscheibe des Stapels von Schleifscheiben an der Trägerscheibe (12) haftet; Abheben der Schleifmaschine (10) samt Schleifscheibe (11) von dem Stapel von Schleifscheiben mittels des Manipulators (1) und/oder dem Aktor (20), wobei die obersten Schleifscheibe des Stapels durch den Rahmen (50) aus dem Magazin herausgezogen wird.

Beispiel 15: Das Verfahren gemäß Beispiel 14, das weiter aufweist:

Drehen einer exzentrischen Drehachse (D1, A') der Schleifmaschine in eine definierte Referenzposition relativ zu einer Längsachse (D2, A) der Schleifmaschine (10).

Beispiel 16: Das Verfahren gemäß Beispiel 15, wobei das Drehen der exzentrischen Drehachse (D1, A') der Schleifmaschine in eine definierte Referenzposition dadurch erreicht wird, dass die Trägerscheibe (12) umfangseitig mittels des Manipulators (1) an einen Anschlag (39) angedrückt wird.

Beispiel 17: Das Verfahren gemäß einem der Beispiele 14 bis 16, das weiter aufweist:

Detektieren, ob die Winkelstellung der Trägerscheibe einer Soll-Winkelstellung entspricht.

Beispiel 18: Das Verfahren gemäß Beispiel 17, wobei das Detektieren folgendes umfasst:

Positionieren der Schleifmaschine (10) mittels des Manipulators (1) derart, dass ein Sensor (61, 6) auf die Trägerscheibe (12) der Schleifmaschine (10) gerichtet ist, Drehen der Schleifmaschine (10) mittels des Manipulators (1) bis der Sensor (61, 6) die Soll-Winkelstellung detektiert.

Beispiel 19: Das Verfahren gemäß Beispiel 18, wobei der Sensor (61) ein Näherungssensor oder ein Farbsensor ist.

Beispiel 20: Das Verfahren gemäß einem der Bei-

spiele 14 bis 16, das weiter aufweist:

Ermitteln einer Winkelabweichung der Schleifmaschine (10) von einer Soll-Winkelstellung mittels Bildverarbeitung; 5  
Korrigieren der Winkelabweichung mit Hilfe des Manipulators (1).

Beispiel 21: Das Verfahren gemäß einem der Beispiele 14 bis 20, das nach dem Abheben der Schleifmaschine (10) aufweist: 10

Prüfen mittels eines Sensors (63), ob an der Trägerscheibe (12) tatsächlich eine Schleifscheibe (11) haftet. 15

Beispiel 22: Das Verfahren gemäß Beispiel 21, wobei der Sensor (63) ein Farbsensor ist, der die Farbe der Trägerscheibe (12) oder der Schleifscheibe (11) detektiert. 20

Beispiel 23: Eine Vorrichtung zum automatischen Ablösen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifmaschine (10); die Vorrichtung weist auf:

einen Rahmen (31);  
eine mit dem Rahmen (31) verbundene Trennplatte (32);  
eine mit dem Rahmen (31) verbundene Auflagefläche (33, 33', 33b); 30  
wobei die Trennplatte (32) und die Auflagefläche (33, 33', 33b) derart mit dem Rahmen (31) gekoppelt sind, dass eine Relativbewegung zwischen Trennplatte (32) und Auflagefläche (33, 33', 33b) entlang einer ersten Richtung (x) ermöglicht wird, und 35  
wobei Trennplatte (32) und die Auflagefläche (33, 33', 33b) derart angeordnet sind, dass - wenn die Schleifscheibe (11) an der Auflagefläche (33, 33', 33b) anliegt und wenn Trennplatte (32) und die Schleifscheibe (11) sich aufeinander zu bewegen - zumindest eine erste Kante (K0) der Trennplatte (32) über die Schleifscheibe (11) geschoben wird. 40

Beispiel 24: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 23 einem der Beispiele,

wobei die Trennplatte (32) starr mit dem Rahmen (31) verbunden ist, und 50  
wobei die Auflagefläche durch einen Schlitten (33b) gebildet wird, der entlang der ersten Richtung (x) relativ zum Rahmen (31) verschiebbar gelagert ist.

Beispiel 25: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 23,

wobei die Auflagefläche (33') starr mit dem Rah-

men (31) verbunden ist, und

wobei ein Antrieb (34) zwischen Trennplatte (32) und Rahmen (31) gekoppelt ist und der Antrieb (34) dazu ausgebildet ist, die Trennplatte (32) relativ zur Auflagefläche (33') zu verschieben.

Beispiel 26: Die Vorrichtung gemäß einem der Beispiele 23 bis 25, die weiter aufweist:

einen Sensor (62), der auf die Trennplatte (32) gerichtet und so angeordnet ist, dass wenn die Trennplatte (32) über die Schleifscheibe (11) geschoben wird, die Schleifscheibe (11) zwischen Sensor (62) und Trennplatte (32) liegt.

Beispiel 27: Die Vorrichtung gemäß Beispiel 26, wobei der Sensor ein Näherungssensor oder ein Farbsensor ist.

Beispiel 28: Ein Verfahren zum automatischen Ablösen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung; das Verfahren weist auf:

Andrücken der Schleifscheibe (11) gegen eine Auflagefläche (33, 33b, 33'), die im Wesentlichen parallel zu einer Trennplatte (32) angeordnet ist;  
Ausführen einer Relativbewegung zwischen Trennplatte (32) und Auflagefläche (33, 33b, 33'), sodass sich Trennplatte (32) und Schleifscheibe (11) aufeinander zubewegen und die Trennplatte (32) in den Zwischenraum zwischen der Schleifscheibe (11) und einer Trägerscheibe (12), auf der die Schleifscheibe (11) montiert ist, eindringt;  
Prüfen mittels eines auf die Trennplatte (32) gerichteten Sensors (62), ob die Trennplatte (32) tatsächlich in den Zwischenraum zwischen der Schleifscheibe (11) und der Trägerscheibe (12) eingedrungen ist, und, falls ja,  
Abheben der Trägerscheibe (12) von der Auflagefläche (33, 33'), wodurch die Schleifscheibe (11) von der Trägerscheibe (12) abgezogen wird.

Beispiel 29: Das Verfahren gemäß Beispiel 28, wobei der Sensors (62) ein Farbsensor ist, der dazu ausgebildet ist, die Farbe der Trennplatte (32) zu detektieren, und

wobei -falls die Farbe der Trennplatte detektiert wird, obwohl die Trennplatte (32) in den Zwischenraum zwischen der Schleifscheibe (11) und der Trägerscheibe (12) hätte eindringen sollen - die Relativbewegung zumindest teilweise rückwärts ausgeführt wird, um die Trennplatte wieder aus dem Zwischenraum zu entfernen.

Beispiel 30: Das Verfahren gemäß Beispiel 28 oder 5  
29, bei dem das Andrücken der Schleifscheibe (11) von einem Aktor (20) bewirkt wird, der zwischen einer Schleifmaschine (10), auf der die Schleifscheibe (11) angeordnet ist, und einen Manipulator (1) gekoppelt ist.

Beispiel 31: Ein System zum Wechseln von Schleifscheiben einer robotergestützten Schleifvorrichtung; das System weist auf: 10

eine Schleifmaschine (10) mit einer zu wechselnden Schleifscheibe (11);  
eine auf einem Manipulator (1), der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine (10) zu positionieren; 15  
ein zwischen Schleifmaschine (10) und Manipulator angeordneter Linearaktor (20);  
eine Vorrichtung zum automatischen Ablösen der Schleifscheibe gemäß einem der Beispiele 23 bis 30; und  
eine Vorrichtung zum automatischen Befestigen einer Schleifscheibe auf einer Trägerscheibe der Schleifmaschine (10) gemäß einem der Beispiele 1 bis 13. 20

Beispiel 32: System zum Wechseln von Schleifscheiben einer robotergestützten Schleifvorrichtung, das aufweist: 30

eine Vorrichtung zum automatischen Befestigen einer Schleifscheibe auf einer Trägerscheibe einer Schleifmaschine (10) gemäß einem der Beispiele 1 bis 13;  
einen Manipulator (1), der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine (10) relativ zu dem Stapel von Schleifscheiben zu positionieren und zu bewegen; 35  
wobei die Relativbewegung der Schleifmaschine (10) und dem Stapel von Schleifscheiben ausschließlich von dem Manipulator (1) oder von dem Manipulator (1) und dem Aktor (20) bewirkt wird. 40

## Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung zum automatischen Ablösen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung mit einer Schleifmaschine (10); die Vorrichtung weist auf:

einen Rahmen (31);  
eine mit dem Rahmen (31) verbundene Trennplatte (32);  
eine mit dem Rahmen (31) verbundene Auflagefläche (33, 33', 33b);  
wobei die Trennplatte (32) und die Auflagefläche 45

che (33, 33', 33b) derart mit dem Rahmen (31) gekoppelt sind, dass eine Relativbewegung zwischen Trennplatte (32) und Auflagefläche (33, 33', 33b) entlang einer ersten Richtung (x) ermöglicht wird, und

wobei Trennplatte (32) und die Auflagefläche (33, 33', 33b) derart angeordnet sind, dass - wenn die Schleifscheibe (1) an der Auflagefläche (33, 33', 33b) anliegt und wenn Trennplatte (32) und die Schleifscheibe (11) sich aufeinander zu bewegen - zumindest eine erste Kante (K0) der Trennplatte (32) über die Schleifscheibe (11) geschoben wird.

15 2. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 einem der Ansprüche,

wobei die Trennplatte (32) starr mit dem Rahmen (31) verbunden ist, und  
wobei die Auflagefläche durch einen Schlitten (33b) gebildet wird, der entlang der ersten Richtung (x) relativ zum Rahmen (31) verschiebbar gelagert ist.

25 3. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 einem der Ansprüche,

wobei die Trennplatte (32) starr mit dem Rahmen (31) verbunden ist, und  
wobei die Auflagefläche durch einen Rollenbahn (33) definiert wird, die eine Verschiebung der Auflagefläche mit der an dieser anliegenden Schleifscheibe (1) entlang der ersten Richtung (x) ermöglicht.

40 4. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 3 einem der Ansprüche,

wobei die Rollenbahn (33) eine Vielzahl von Rollen (34) auf mehreren parallelen Achsen aufweist; und  
wobei die erste Kante (K0) der Trennplatte (32) im Wesentlichen parallel zu den Achsen der Rollenbahn (33) liegt; und  
wobei die erste Kante (K0) über einer Rolle (34) angeordnet ist, die auf einer ersten Achse der Rollenbahn (33) gelagert ist, die der Trennplatte (32) am nächsten liegt.

45 50 5. Die Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste Kante (K0) der Trennplatte (32) an der der Auflagefläche zugewandten Seite eine Fase aufweist.

55 6. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1,

wobei die Auflagefläche (33') starr mit dem Rahmen (31) verbunden ist, und

- wobei ein Antrieb (34) zwischen Trennplatte (32) und Rahmen (31) gekoppelt ist und der Antrieb (34) dazu ausgebildet ist, die Trennplatte (32) relativ zur Auflagefläche (33') zu verschieben.
7. Die Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, die weiter aufweist:  
einen Sensor (62), der auf die Trennplatte (32) gerichtet und so angeordnet ist, dass wenn die Trennplatte (32) über die Schleifscheibe (11) geschoben wird, die Schleifscheibe (11) zwischen Sensor (62) und Trennplatte (32) liegt.
8. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 7,  
wobei der Sensor ein Näherungssensor oder ein Farbsensor ist.
9. Ein Verfahren zum automatischen Ablösen einer Schleifscheibe von einer robotergestützten Schleifvorrichtung; das Verfahren weist auf:
- Andrücken der Schleifscheibe (11) gegen eine Auflagefläche (33, 33b, 33'), die im Wesentlichen parallel zu einer Trennplatte (32) angeordnet ist;
- Ausführen einer Relativbewegung zwischen Trennplatte (32) und Auflagefläche (33, 33b, 33'), sodass sich Trennplatte (32) und Schleifscheibe (11) aufeinander zubewegen und die Trennplatte (32) in den Zwischenraum zwischen der Schleifscheibe (11) und einer Trägerscheibe (12), auf der die Schleifscheibe (11) montiert ist, eindringt;
- Prüfen mittels eines auf die Trennplatte (32) gerichteten Sensors (62), ob die Trennplatte (32) tatsächlich in den Zwischenraum zwischen der Schleifscheibe (11) und der Trägerscheibe (12) eingedrungen ist, und, falls ja,
- Abheben der Trägerscheibe (12) von der Auflagefläche (33, 33'), wodurch die Schleifscheibe (11) von der Trägerscheibe (12) abgezogen wird.
10. Das Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei der Sensor (62) ein Farbsensor ist, der dazu ausgebildet ist, die Farbe der Trennplatte (32) zu detektieren, und  
wobei - falls die Farbe der Trennplatte detektiert wird, obwohl die Trennplatte (32) in den Zwischenraum zwischen der Schleifscheibe (11) und der Trägerscheibe (12) hätte eindringen sollen - die Relativbewegung zumindest teilweise rückwärts ausgeführt wird, um die Trennplatte wieder aus dem Zwischenraum zu entfernen.
11. Das Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10, bei dem das Andrücken der Schleifscheibe (11) von einem
- Aktor (20) bewirkt wird, der zwischen einer Schleifmaschine (10), auf der die Schleifscheibe (11) angeordnet ist, und einen Manipulator (1) gekoppelt ist.
- 5    12. Ein System zum Wechseln von Schleifscheiben einer robotergestützten Schleifvorrichtung; das System weist auf:
- eine Schleifmaschine (10) mit einer zu wechselnden Schleifscheibe (11);  
eine auf einem Manipulator (1), der dazu ausgebildet ist, die Schleifmaschine (10) zu positionieren;  
ein zwischen Schleifmaschine (10) und Manipulator angeordneter Linearaktor (20); und  
eine Vorrichtung zum automatischen Ablösen der Schleifscheibe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8.

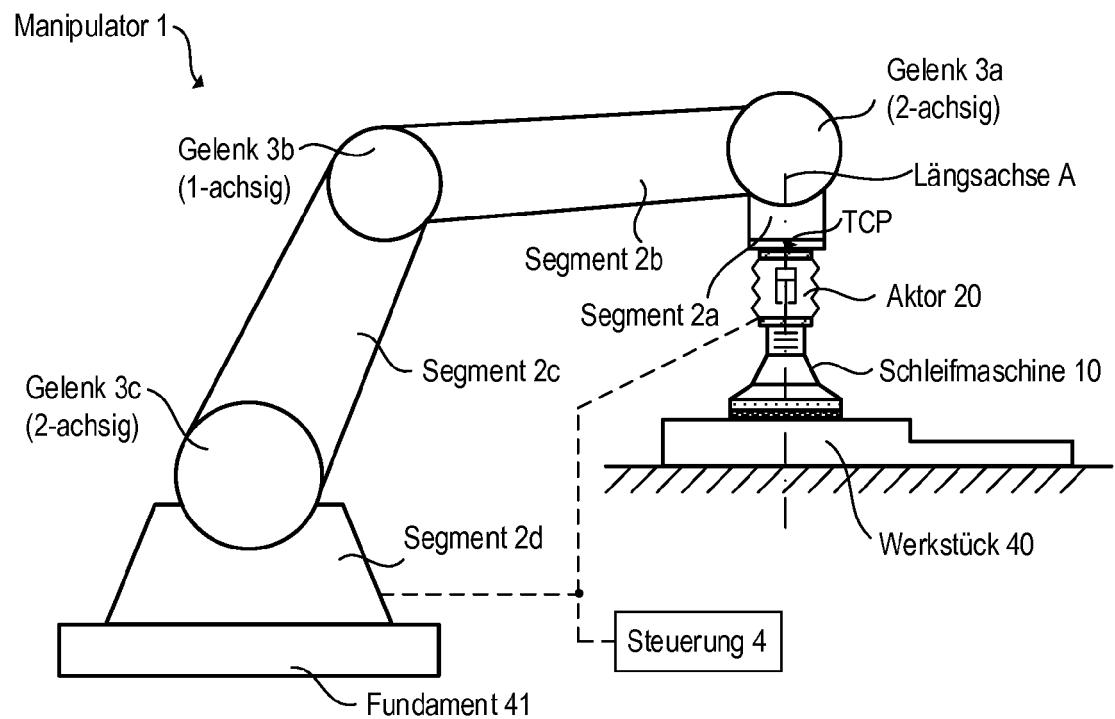


Fig. 1

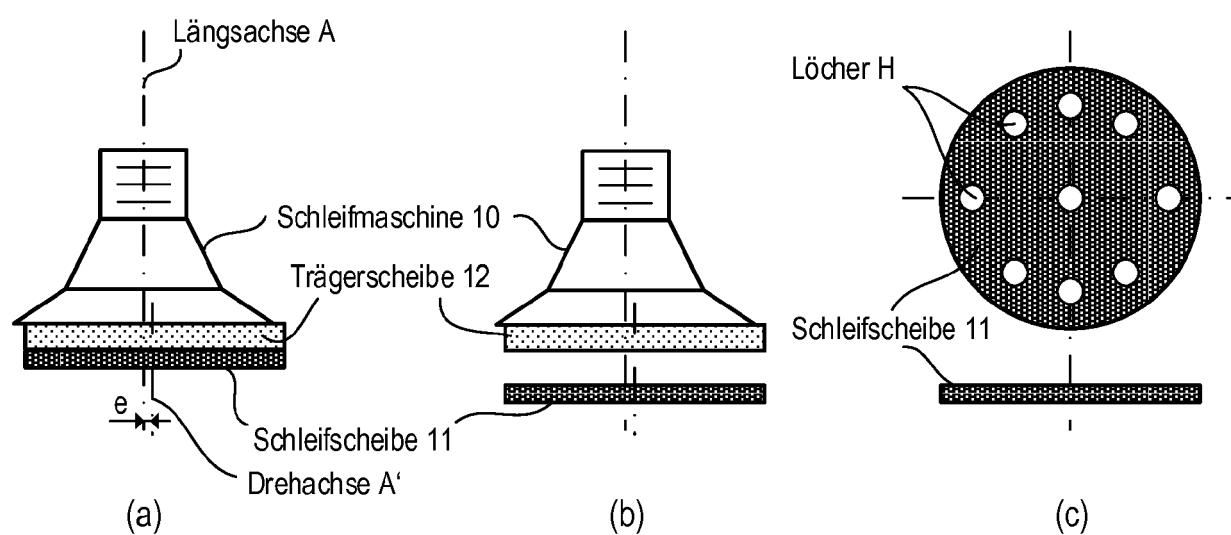


Fig. 2

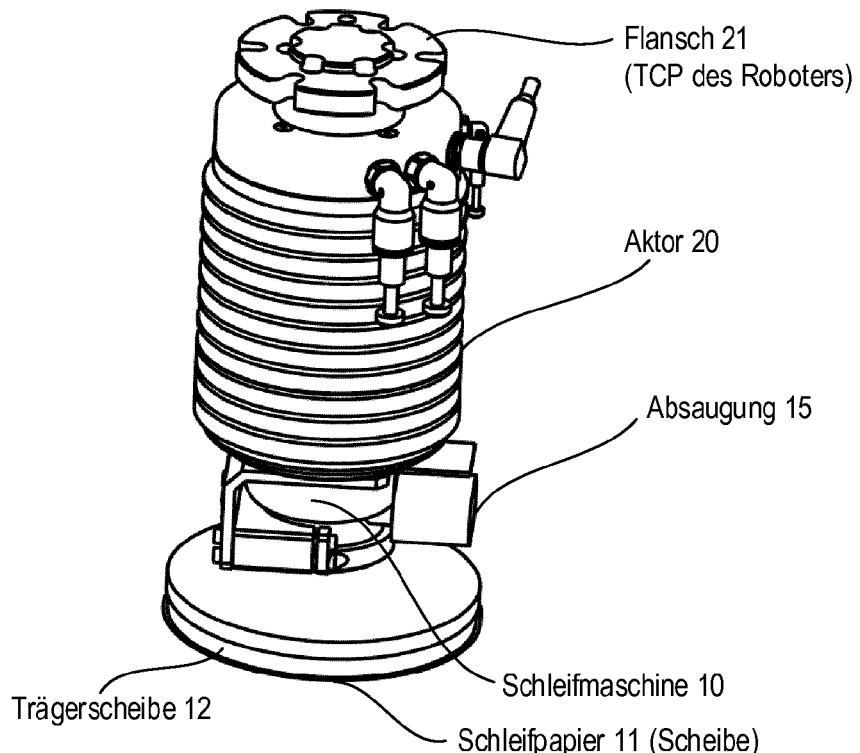


Fig. 3

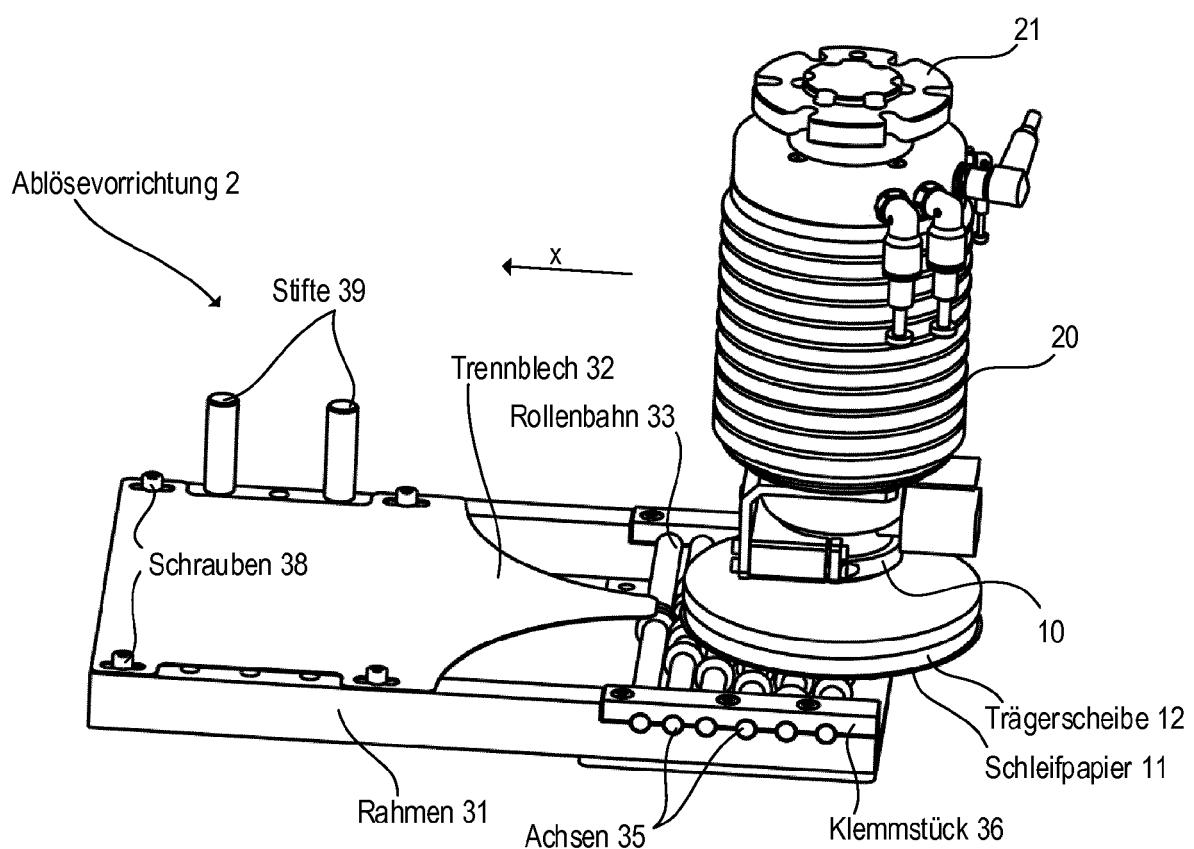
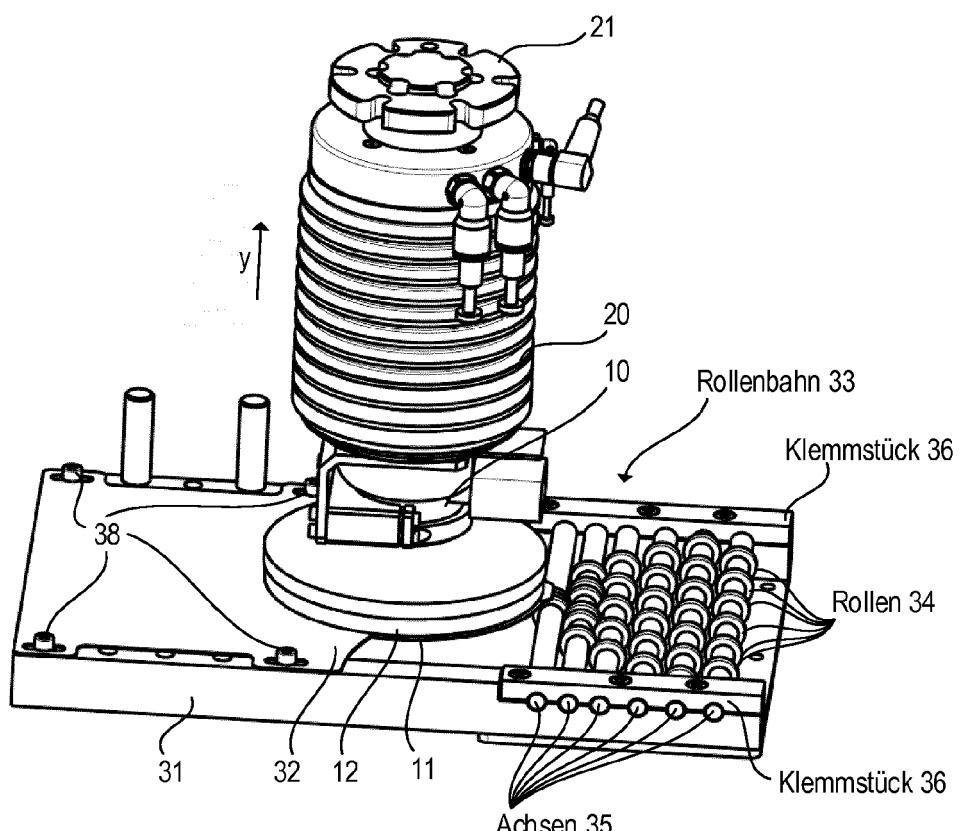
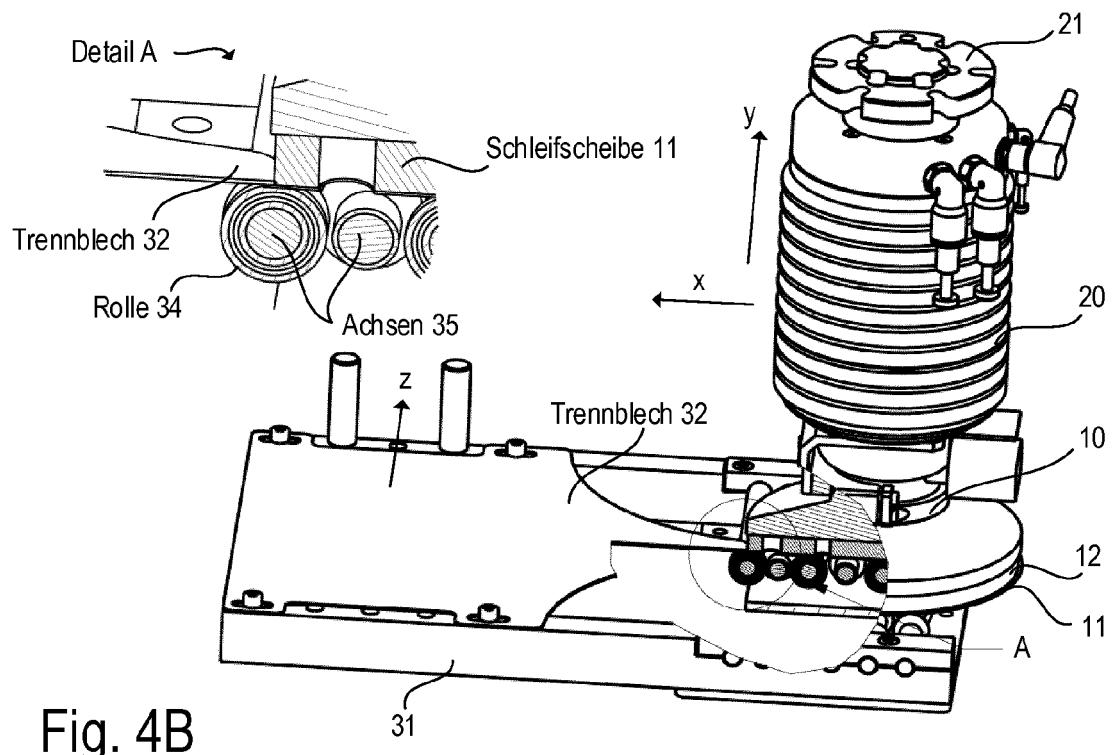


Fig. 4A



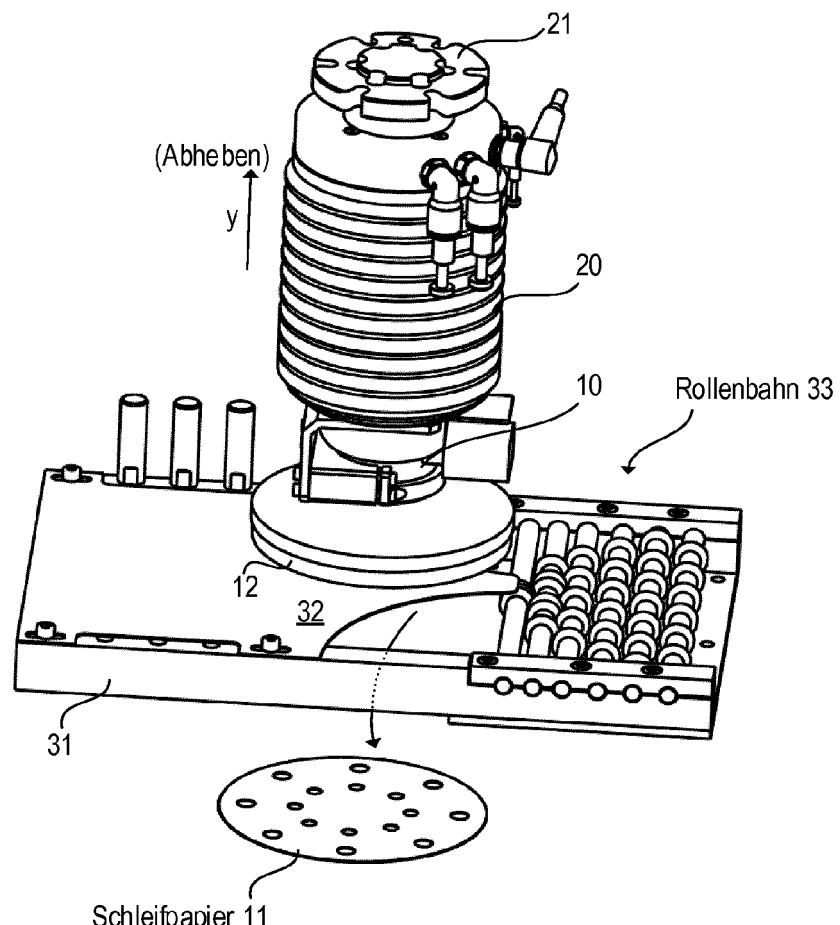


Fig. 4D

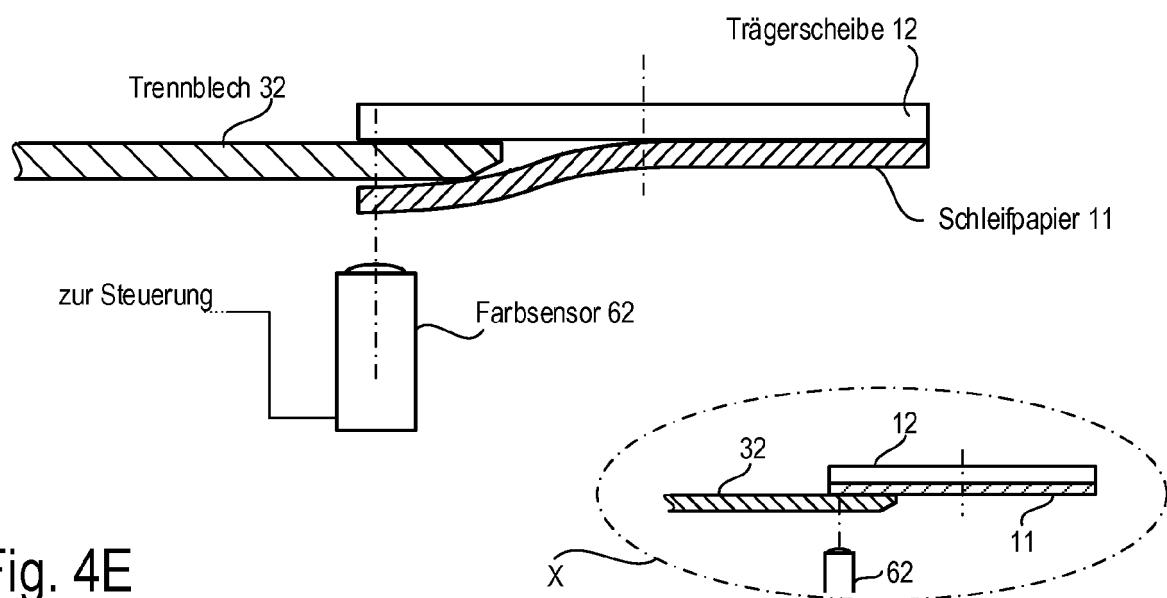


Fig. 4E

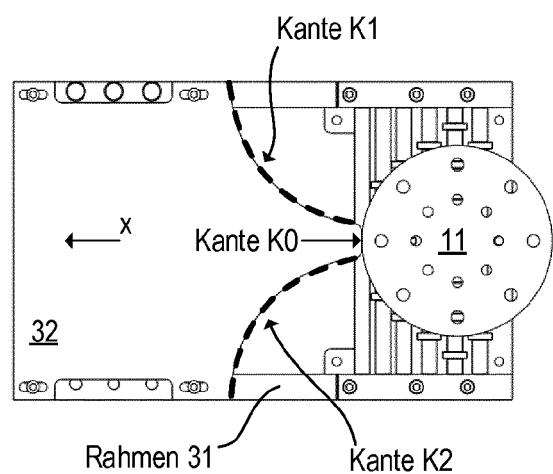
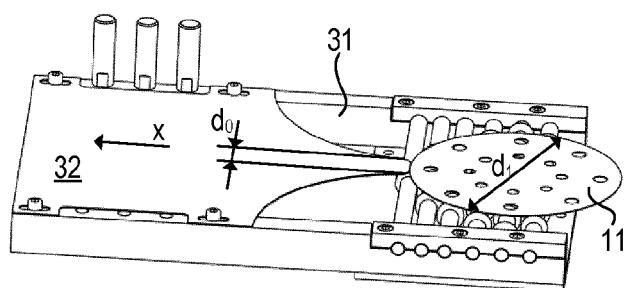


Fig. 5A

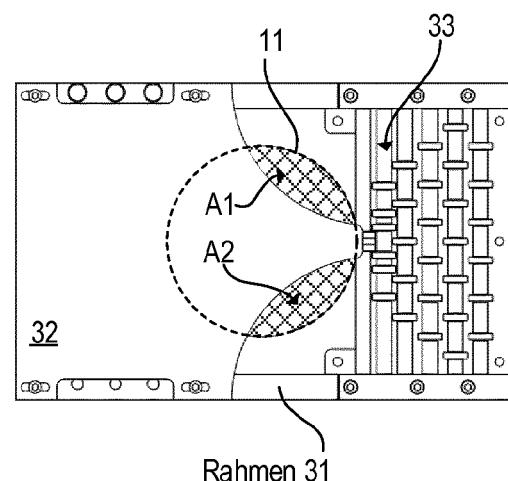
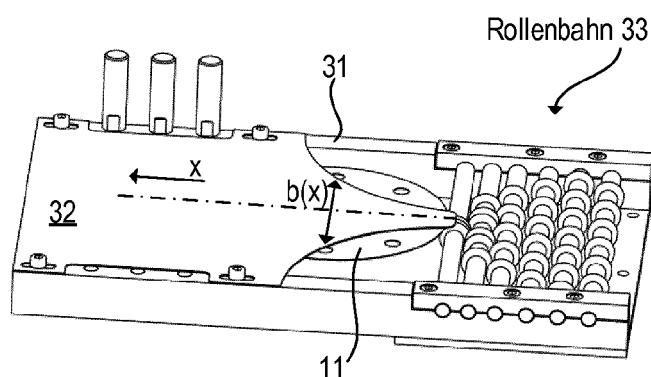


Fig. 5B

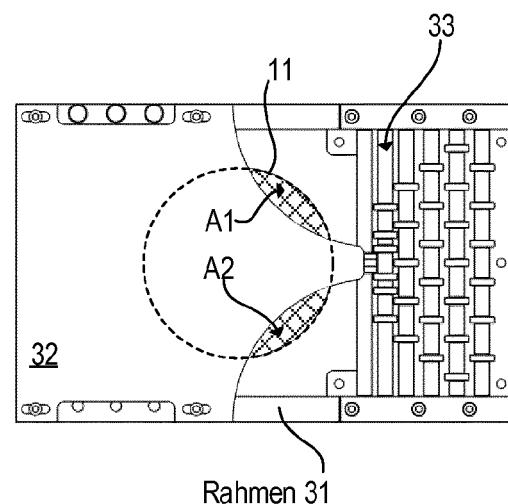
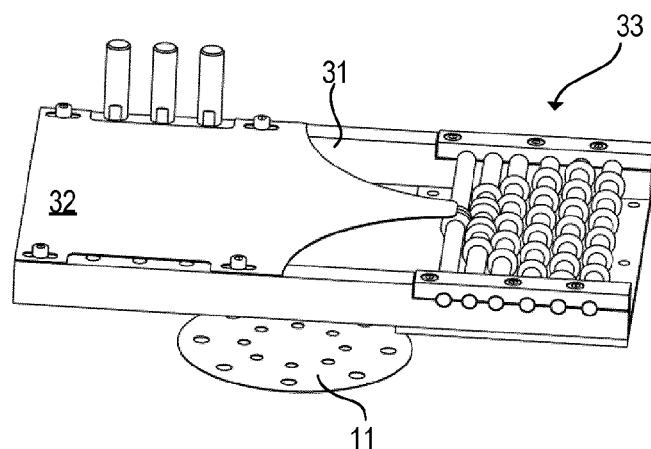
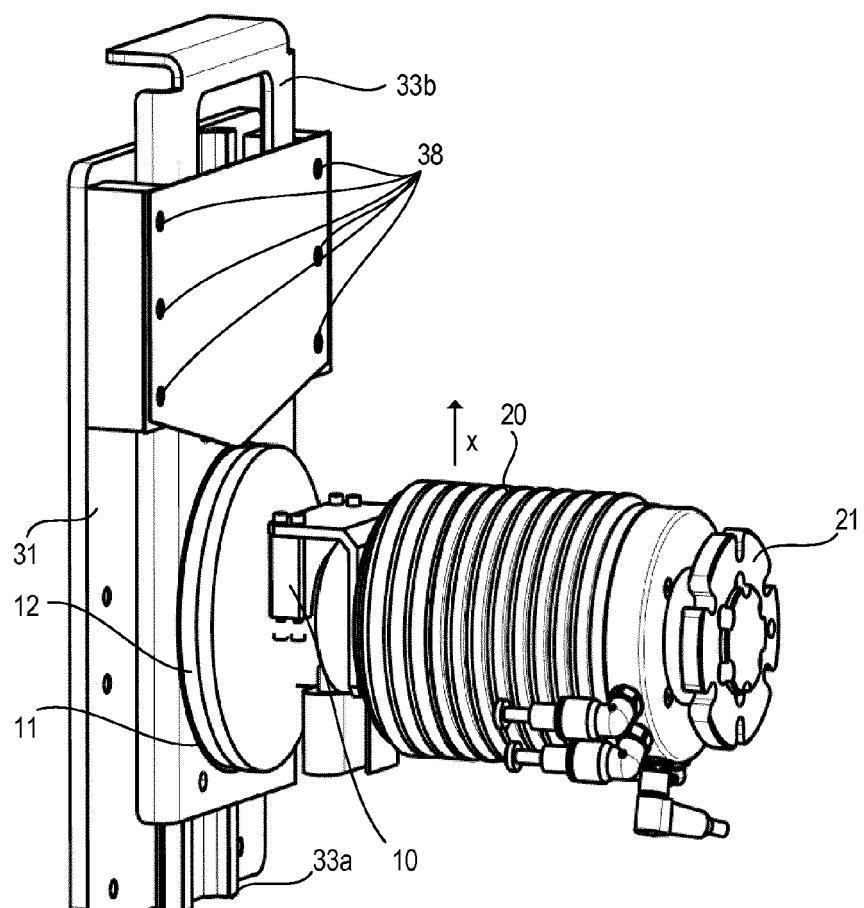
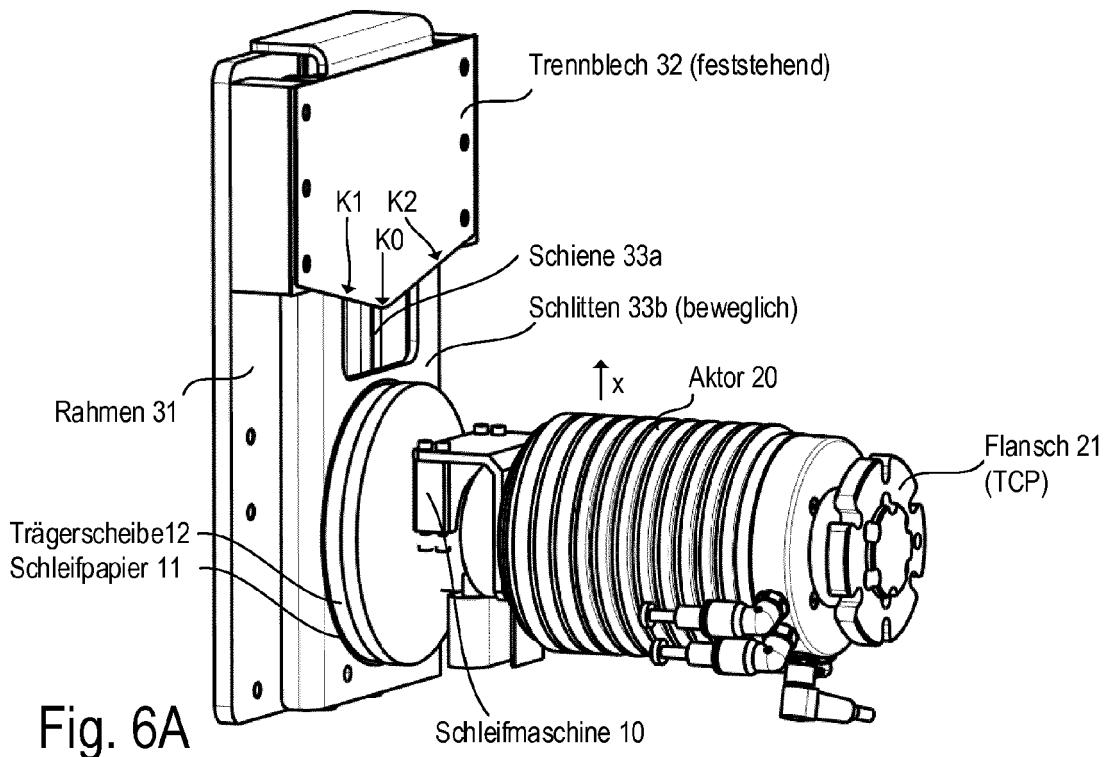


Fig. 5C



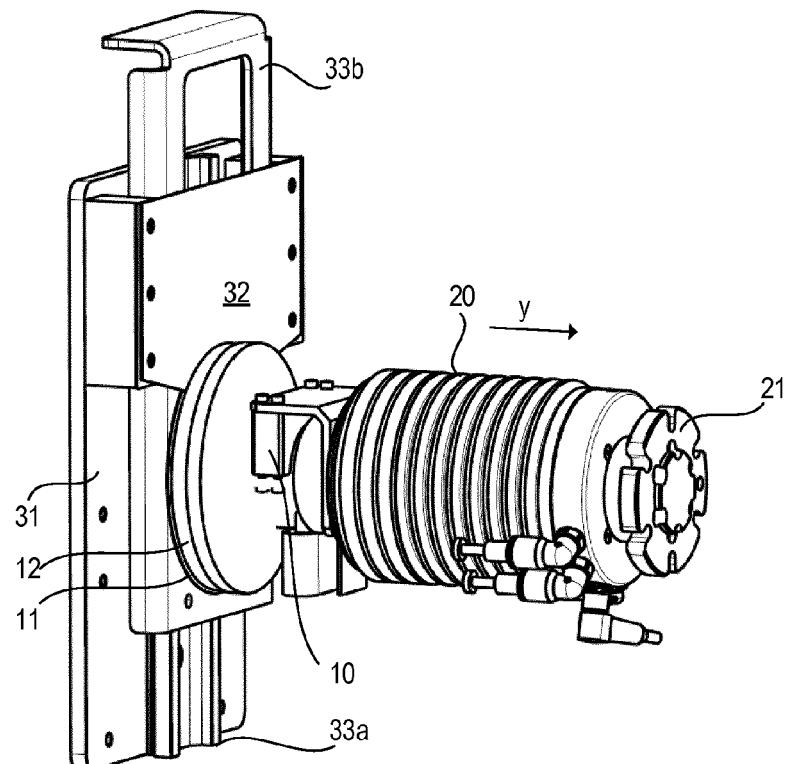


Fig. 6C

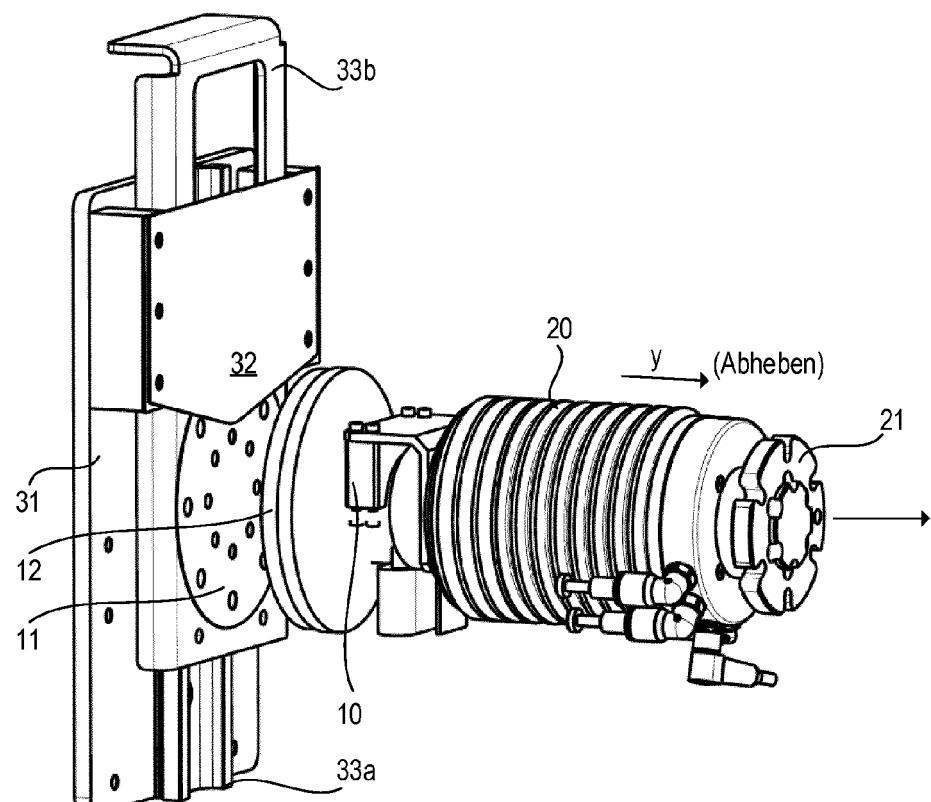


Fig. 6D

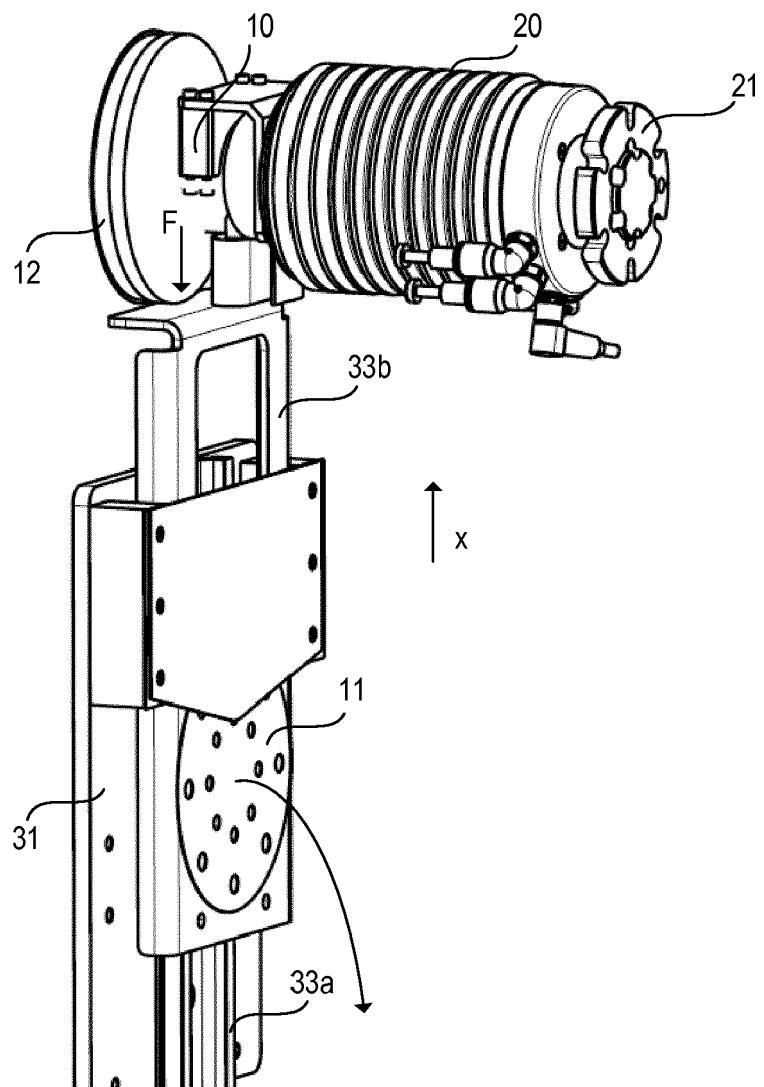


Fig. 6E

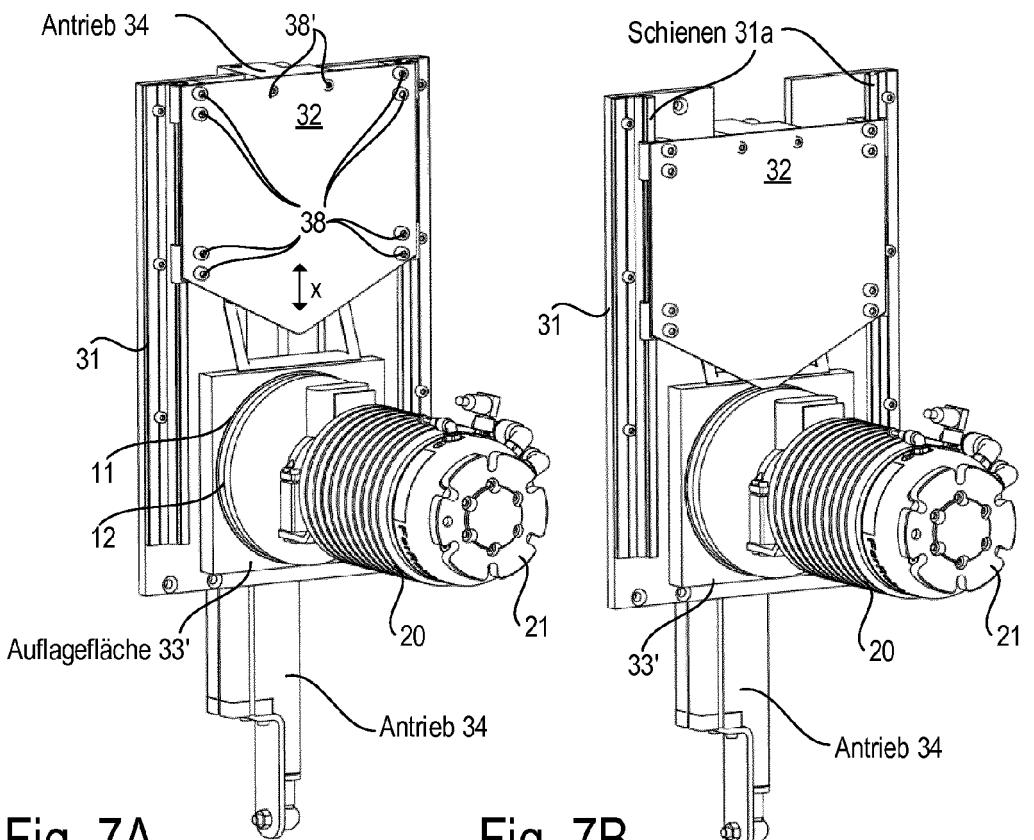


Fig. 7A

Fig. 7B

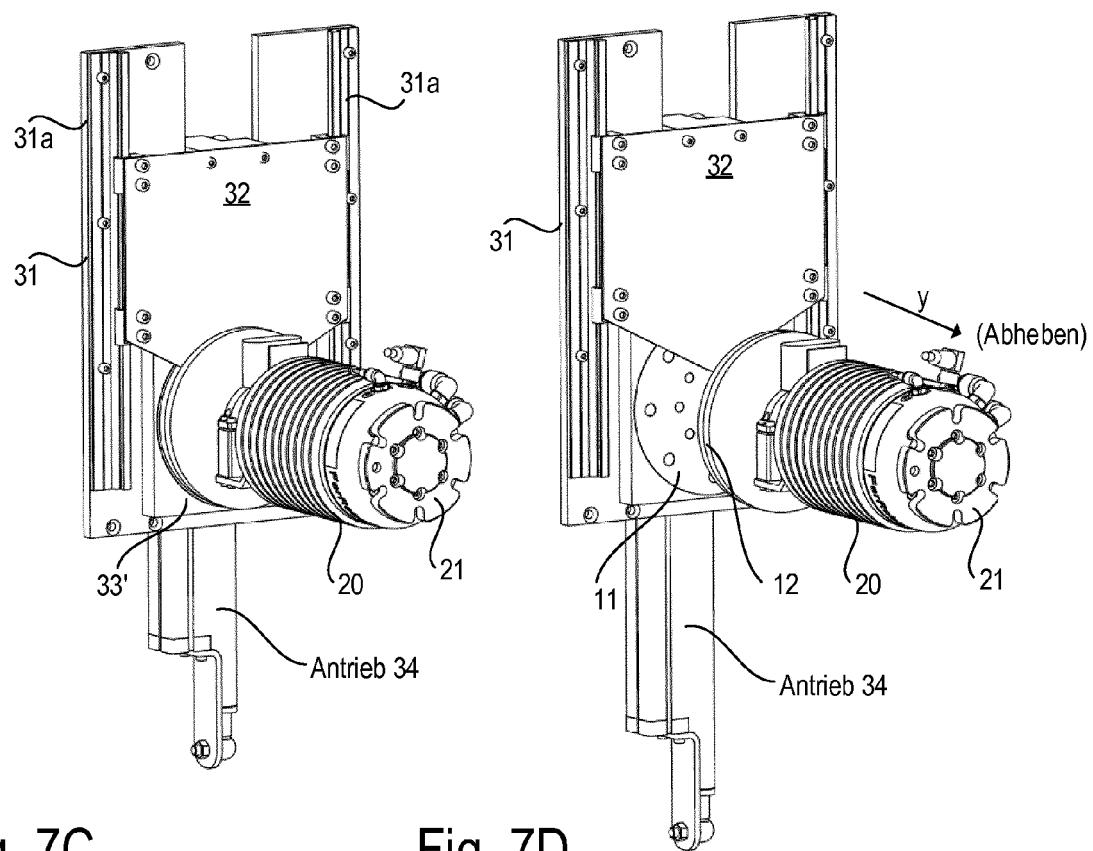


Fig. 7C

Fig. 7D

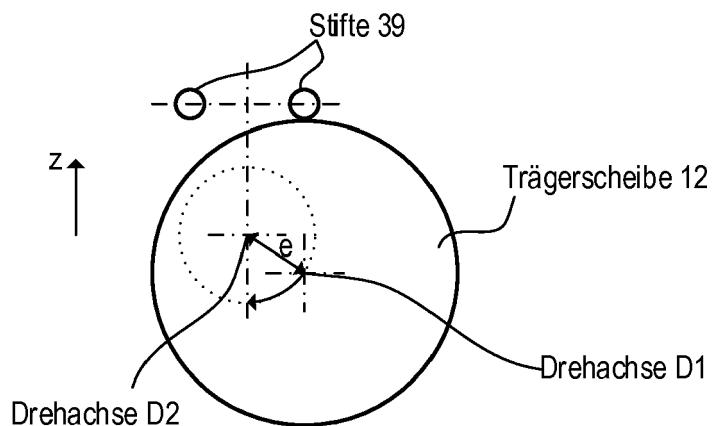


Fig. 8A

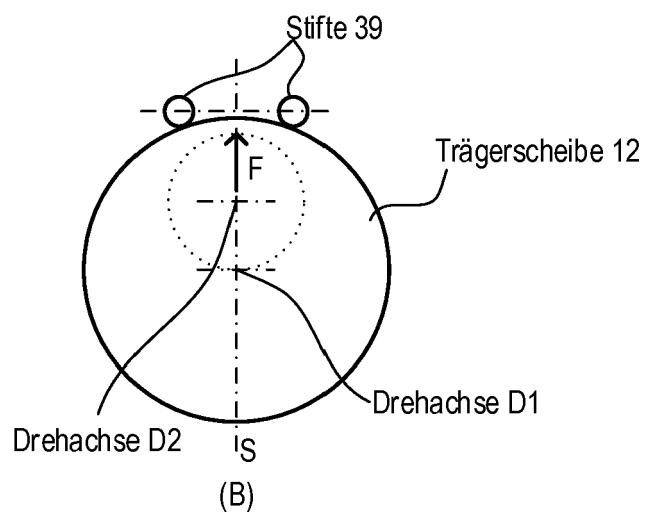


Fig. 8B

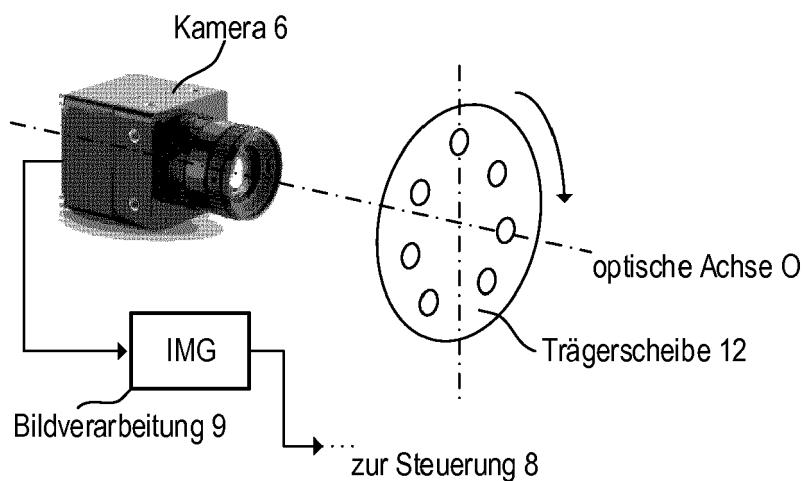


Fig. 9

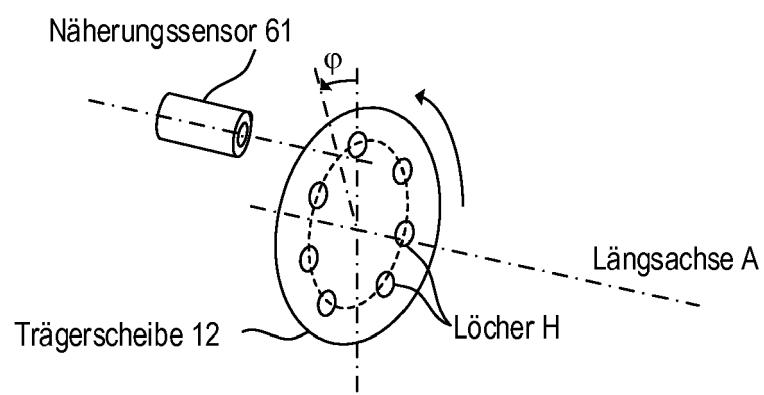


Fig. 10

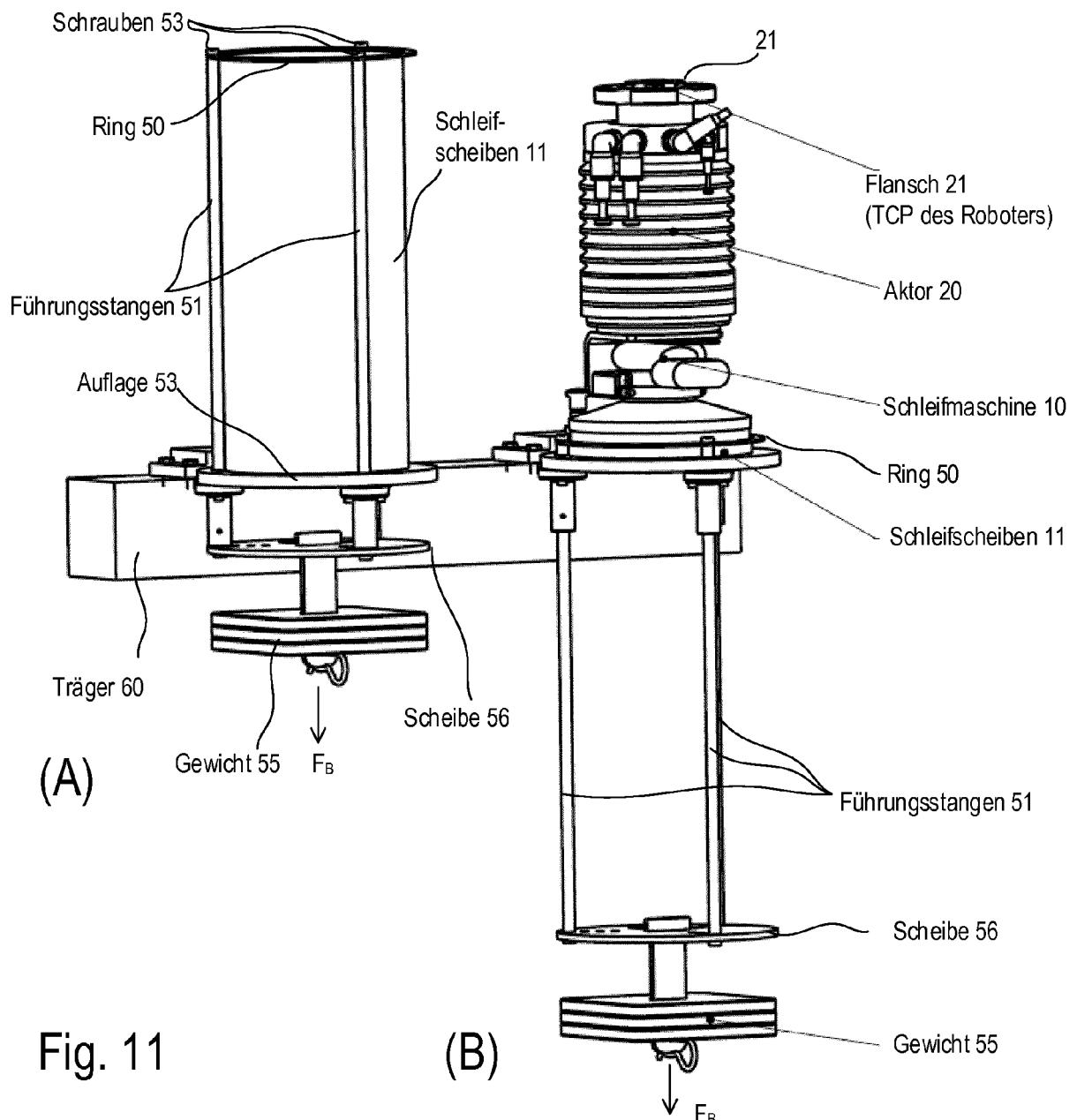


Fig. 11

(B)

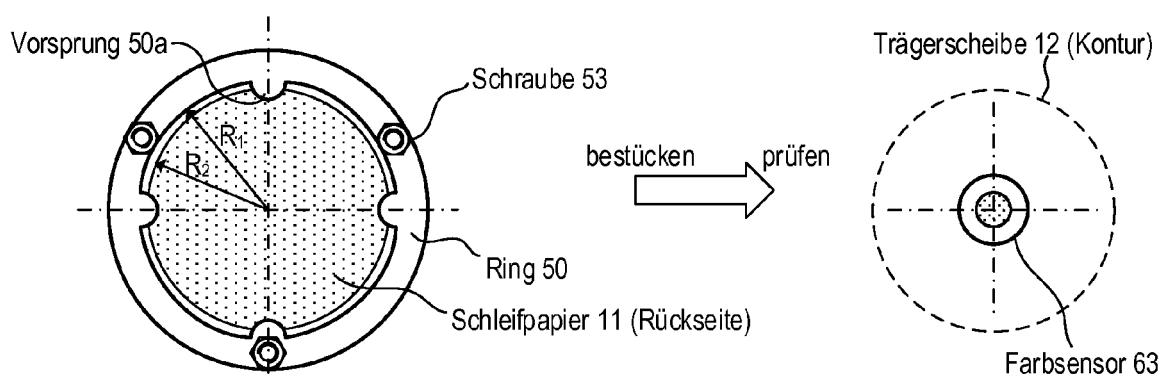


Fig. 12

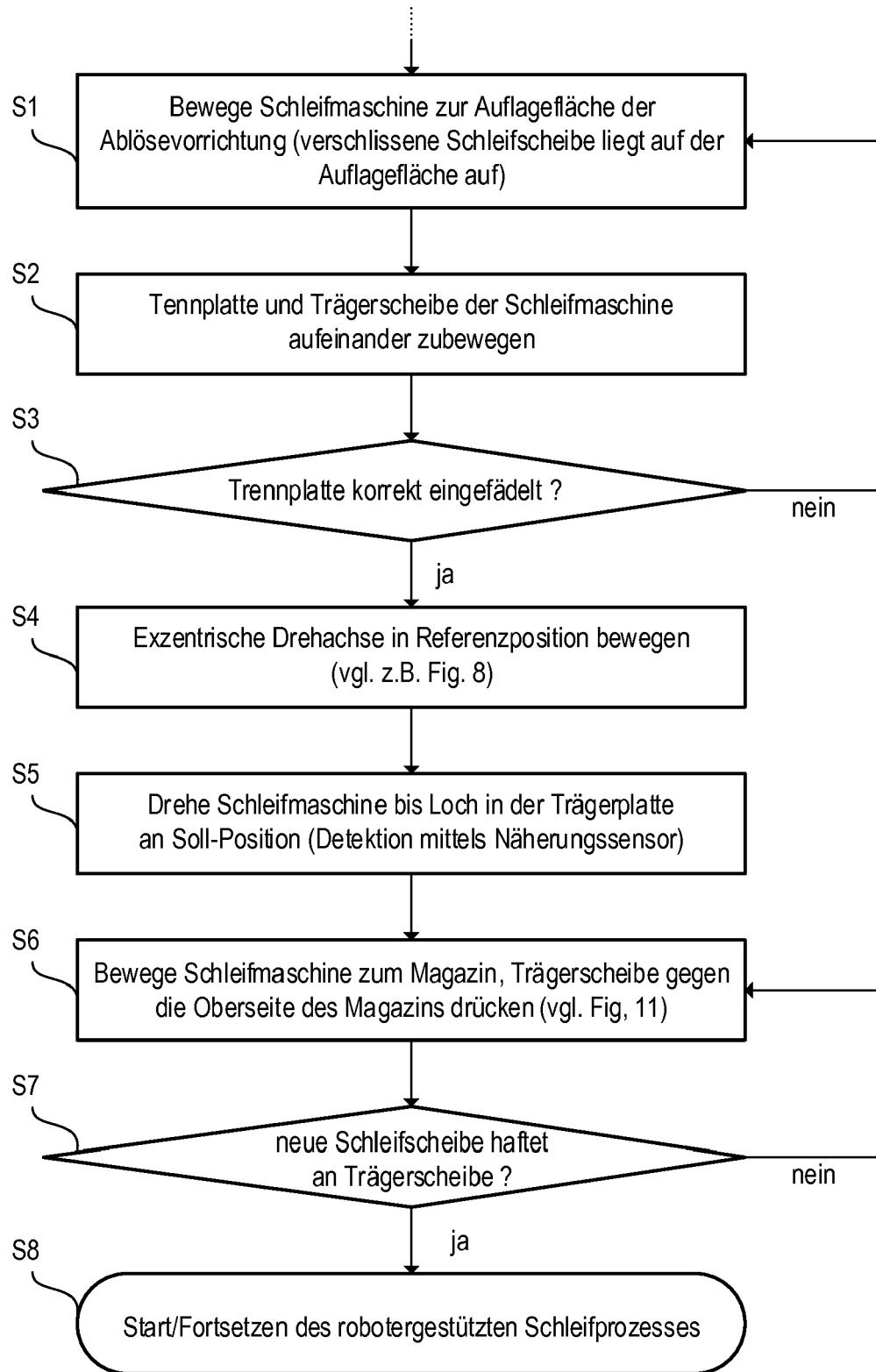


Fig. 13



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 21 17 3201

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE								
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)					
10 X,D	EP 2 463 056 A2 (BOEING CO [US]) 13. Juni 2012 (2012-06-13) * Absätze [0025] - [0029]; Abbildungen 5,6 * * Absätze [0024] - [0029] * * Absätze [0035], [0036] * * Absätze [0041] - [0044] *	1,3-5, 7-12	INV. B24B19/26 B24B27/00 B23Q3/155 B23Q7/10 B23Q17/22					
15 A	US 2004/048549 A1 (BEAUDOIN JAMES M [US] ET AL) 11. März 2004 (2004-03-11) * Absätze [0026], [0027]; Abbildungen 1-3 *	1,9,12						
20 X	WO 2015/125068 A1 (MACHINALE S R L FAB [IT]) 27. August 2015 (2015-08-27) * Seite 15, Zeile 1 - Seite 15, Zeile 12; Abbildungen 4-6 *	1,7-12						
25 A	-----	2-6						
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)					
35			B24B B23Q B24D					
40								
45								
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt							
55	<table border="1"> <tr> <td>Recherchenort</td> <td>Abschlußdatum der Recherche</td> <td>Prüfer</td> </tr> <tr> <td>München</td> <td>11. November 2021</td> <td>Farizon, Pascal</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	München	11. November 2021	Farizon, Pascal	
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer						
München	11. November 2021	Farizon, Pascal						

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 17 3201

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendifikumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-11-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendifikument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 2463056 A2 13-06-2012	CA EP JP JP US	2756806 A1 2463056 A2 5924661 B2 2012121133 A 2012142255 A1	07-06-2012 13-06-2012 25-05-2016 28-06-2012 07-06-2012	
20	US 2004048549 A1 11-03-2004	KEINE			
25	WO 2015125068 A1 27-08-2015	CN CN CN EP EP EP US US WO	106061678 A 110293475 A 111496671 A 3107686 A1 3321032 A1 3569358 A1 2017066106 A1 2020147754 A1 2015125068 A1	26-10-2016 01-10-2019 07-08-2020 28-12-2016 16-05-2018 20-11-2019 09-03-2017 14-05-2020 27-08-2015	
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 2463056 A2 [0004]