

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung:

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Maschinensystem, das Bearbeitungen an sich bewegenden Werkstücken durchführt, und betrifft insbesondere ein Maschinensystem, das eine Werkstücktransportsteuerung durchführt.

Beschreibung des Stands der Technik:

[0002] Wenn eine Bearbeitung an einem sich bewegenden Werkstück mit einer Maschine wie einem Industrieroboter durchgeführt wird, da die Bearbeitung am Werkstück innerhalb des Arbeitsbereichs der Maschine erfolgt, wird in einigen Fällen die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks in Übereinstimmung mit der Bearbeitungsleistung der Maschine gesteuert. In Bezug auf ein solches Maschinensystem ist zum Beispiel die nachfolgend beschriebene Literatur gut bekannt.

[0003] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 11-090871 offenbart, dass dann, wenn die Bearbeitung eines Roboters nicht mithalten kann und ein Werkstück versäumt wird, wird die Geschwindigkeit eines Förderers so gesteuert, dass die Anzahl der versäumten Werkstücke reduziert wird, und dann, wenn die Anzahl der pro Zeiteinheit transportierten Werkstücke geringer als ein Standardwert ist, was dazu führt, dass der Roboter wartet, wird die Geschwindigkeit des Förderers so gesteuert, dass die Wartezeit reduziert wird.

[0004] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 2005-111607 offenbart, dass es notwendig ist, die Transportgeschwindigkeit eines Transportförderers in Übereinstimmung mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit eines Roboters anzupassen, die Spielzeit des Roboters zu reduzieren und die optimale Transportgeschwindigkeit ohne oder mit wenigen Auslassungen von Werkstücken zu erreichen.

[0005] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 2007-015055 offenbart, dass ein Transportband mit konstanter Geschwindigkeit bewegt werden kann, so dass ein Abbildungszeitintervall konstant ist, oder dass die Geschwindigkeit des Bandes basierend auf der Dichte der Werkstücke auf dem Band oder der Bearbeitungsgeschwindigkeit des Roboters geändert werden kann, und dass das Abbildungszeitintervall in Übereinstimmung mit der Geschwindigkeit des Bandes geändert werden kann.

[0006] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 2012-184102 offenbart, dass Sensoren auf der in Transportrichtung der Werkstücke vorgelagerten Seite eines Roboters und auf der in Transportrichtung von Tablett vorgelagerten Seite des Roboters vorgesehen sind, und dass durch die Erfassung der Positionen, Formen und Anzahl der Werkstücke sowie der Anzahl und Leerstand der Tablett, wenn die Transportmenge eines Werkstücks auf einem Aufnahmeförderer plötzlich zunimmt, dann wird die Transportgeschwindigkeit eines Bestückungsförderers in Übereinstimmung mit den Informationen von den Sensoren erhöht und der optimale Betrieb des Roboters für eine solche Transportgeschwindigkeit bestimmt.

[0007] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung (Kokai) Nr. 2019-150911 offenbart, dass eine Transportmaschine auf der Grundlage optimaler Steuerungsparameter der Transportmaschine für eine bestimmte Zielbearbeitung gesteuert wird, dass ein Roboter-Bearbeitungsplan auf der Grundlage der bestimmten Bearbeitungszielposition und der optimalen Steuerungsparameter der Transportmaschine für das Bearbeitungsziel erstellt wird und dass der Roboter in Übereinstimmung mit dem erstellten Steuerungsplan gesteuert wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0008] Passiert ein Werkstück eine nachgeschaltete Transportstopplinie im Arbeitsbereich der Maschine in einem unvollständigen Bearbeitungszustand, wird der Transport des Werkstücks angehalten, und sobald die Bearbeitung des Werkstücks nach der Transportstopplinie abgeschlossen ist, wird der Werkstücktransport wieder aufgenommen. In diesem Fall, wenn Werkstücke in der Nähe der stromaufwärts gelegenen Seite der Transportstopplinie dicht gedrängt sind, kann wiederholend der Transport angehalten und wieder gestartet werden.

[0009] Eine Technologie, die unnötige Transportsteuerung in einem Maschinensystem, das Bearbeitungen an bewegten Werkstücken durchführt, unterdrücken kann, ist wünschenswert.

[0010] Ein Aspekt der vorliegenden Offenlegung stellt ein Maschinensystem bereit, das eine Maschine umfasst, die eine Bearbeitung an einem Werkstück durchführt, das einen Arbeitsbereich durchläuft, und einen Transportsteuerabschnitt, der den Transport des Werkstücks basierend auf einer Transportverzögerungslinie, die in einer Bewegungsrichtung des Werkstücks stromaufwärts einer Bearbeitungsgrenzlinie der Maschine vorgesehen ist, und einer Transportbeschleunigungslinie steuert, die stromaufwärts der Transportverzögerungslinie vorgesehen ist, wobei der Transportsteuerabschnitt eine Transportgeschwindigkeit des Werkstücks reduziert, wenn das Werkstück die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand durchläuft, und die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks erhöht, nachdem die Bearbeitung des Werkstücks, die zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie angeordnet, abgeschlossen ist.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht, die den schematischen Aufbau eines Maschinensystems nach einer Ausführungsform zeigt.

Fig. 2 ist eine Draufsicht, die eine Transportsteuerlinie entsprechend der Ausführungsform zeigt.

Fig. 3 ist ein Blockschaltbild des Maschinensystems entsprechend der Ausführungsform.

Fig. 4 ist eine Draufsicht, die ein weiteres Beispiel für eine Werkstücktransportgeschwindigkeitssteuerung zeigt.

Fig. 5 ist eine Draufsicht, die ein weiteres Beispiel für eine Werkstücktransportgeschwindigkeitssteuerung zeigt.

Fig. 6 ist ein Blockschaltbild eines Maschinensystems nach einer anderen Ausführungsform.

Fig. 7 ist ein Flussdiagramm, das den schematischen Betrieb des Maschinensystems zeigt.

Detaillierte Beschreibung

[0011] Die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ausführlich beschrieben. In den Zeichnungen werden identische oder ähnliche Elemente mit gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen versehen. Darüber hinaus schränken die nachstehend beschriebenen Ausführungsformen weder den technischen Umfang der Erfindung noch die Definitionen der in den Ansprüchen beschriebenen Begriffe ein.

[0012] **Fig. 1** zeigt den schematischen Aufbau eines Maschinensystems **1** nach der vorliegenden Ausführungsform. Das Maschinensystem **1** umfasst eine oder mehrere Maschinen **11**, die eine vorbestimmte Bearbeitung an einem Werkstück **10** durchführen, ein Werkzeug **12**, das an der Spitze der Maschine **11** angebracht ist, und eine Steuerung **13**, die die Maschine **11** und das Werkzeug **12** steuert. Das Werkstück **10** umfasst einen Gegenstand **10a** oder ein Tablett **10b**, auf das der Gegenstand **10a** gelegt werden kann, und wird von einer Transporteinheit **14**, wie zum Beispiel einem Förderer oder einem fahrerlosen Transportfahrzeug (automated guided vehicle, AGV), derart transportiert, dass es in einen Arbeitsbereich **15** der Maschine **11** gelangt. Die Maschine **11** ist ein Parallelarmroboter, kann aber auch ein anderer Industrieroboter wie zum Beispiel ein Knickarmroboter oder eine andere Industriemaschine wie zum Beispiel eine Werkzeug- oder Baumaschine sein. Das Werkzeug **12** ist eine Saughand, die zum Positionieren von beispielsweise vier Gegenständen **10a** auf einem Tablett **10b** verwendet wird. Das Werkzeug **12** kann jedoch eine Hand mit mehreren Fingern oder ein anderes Werkzeug sein, zum Beispiel ein Versiegelungswerkzeug, ein Schweißwerkzeug, ein Schraubbefestigungswerkzeug, ein Lötwerkzeug oder ein Laserbearbeitungswerkzeug, je nach Inhalt der Bearbeitung des Werkstücks **10**. Bei der Steuerung **13** kann es sich um eine bekannte Steuerung handeln, die einen Prozessor wie zum Beispiel eine CPU (Central Processing Unit) umfasst.

[0013] **Fig. 2** zeigt eine Transportsteuerlinie entsprechend der vorliegenden Ausführungsform. Wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** dargestellt, umfasst das Maschinensystem **1** drei Transportsteuerlinien zum Steuern der Transportgeschwindigkeit eines Werkstücks in Abhängigkeit von der Bearbeitungsleistung der Maschine **11**. Die erste Transportsteuerlinie ist eine Bearbeitungsgrenzlinie **16a**, die auf der stromabwärtigen Seite innerhalb des Arbeitsbereichs **15** der Maschine **11** in Bewegungsrichtung X des Werkstücks vorgesehen ist, die zweite Transportsteuerlinie ist eine Transportverzögerungslinie **16b**, die in Bewegungsrichtung X des Werkstücks strom-

aufwärts der Bearbeitungsgrenzlinie **16a** vorgesehen ist, und die dritte Transportsteuerlinie ist eine Transportbeschleunigungslinie **16c**, die in Bewegungsrichtung X des Werkstücks stromaufwärts der Transportverzögerungslinie **16b** vorgesehen ist. Diese Transportsteuerlinien können für jede Maschine **11** vorgesehen sein oder unter der Vielzahl der Maschinen **11** nur für die am weitesten stromabwärts angeordnete Maschine **11** vorgesehen sein. Darüber hinaus kann die Bearbeitungsgrenzlinie **16a** weiter stromabwärts als der Arbeitsbereich **15** der am weitesten stromabwärts angeordneten Maschine **11** vorgesehen sein (siehe das am weitesten rechts angeordnete Bezugszeichen **16a** in **Fig. 1**).

[0014] Bezugnehmend auf **Fig. 2**, das Maschinensystem **1** reduziert die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks, wenn zum Beispiel ein Werkstück A die Transportverzögerungslinie **16b** in einem unvollständigen Bearbeitungszustand durchlaufen hat, und erhöht sofort die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks, nachdem die Bearbeitungen an den Werkstücken A und B abgeschlossen sind, die zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie **16a** und der Transportbeschleunigungslinie **16c** vorhanden sind. Infolgedessen kann selbst bei dicht gedrängten Werkstücken in der Nähe der stromaufwärtigen Seite der Transportverzögerungslinie **16b** eine unnötige Beschleunigungs-/Verzögerungssteuerung unterdrückt werden, da der Transport der Werkstücke beschleunigt wird, nachdem die Bearbeitungen an den dicht gedrängten Werkstücken durchgeführt worden sind. Es gilt zu beachten, dass die Transportgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Verzögerung 0 sein kann (Transportstillstand). Alternativ kann, wie unten beschrieben, die Transportgeschwindigkeit auf der Grundlage einer Vorhersage darüber bestimmt werden, ob ein Werkstück die Bearbeitungsgrenzlinie **16a** durchläuft oder nicht.

[0015] Nochmals zu **Fig. 1** beziehend: Das Maschinensystem **1** kann einen ersten Sensor **17** umfassen, der die Transportsteuerlinie überwacht, um die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** zu steuern. Der erste Sensor **17** kann eine zweidimensionale Kamera oder eine dreidimensionale Kamera sein, die dazu eingerichtet ist, das Werkstück **10** zu erfassen. Mit Hilfe des ersten Sensors **17** kann das Maschinensystem **1** feststellen, ob das Werkstück **10** die Transportverzögerungslinie **16b** in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht, oder es kann feststellen, ob die Bearbeitung des Werkstücks **10** zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie **16a** und der Transportbeschleunigungslinie **16c** abgeschlossen ist oder nicht.

[0016] Alternativ dazu kann das Maschinensystem **1** einen zweiten Sensor **18** umfassen, der die Ankunft des Werkstücks **10** erfasst. Der zweite Sensor **18** kann eine zweidimensionale Kamera oder eine dreidimensionale Kamera sein, die dazu eingerichtet ist, die Position, die Lage und den Bewegungsbetrag des Werkstücks **10** usw. zu erfassen, oder er kann ein photoelektrischer Sensor oder ein Kontaktsensor sein, der nur die Position des Werkstücks **10** erfassen kann. Wenn der letztgenannte Sensor verwendet wird, kann das Maschinensystem **1** zusätzlich zum zweiten Sensor **18** einen dritten Sensor **19** umfassen, der dazu eingerichtet ist, den Bewegungsbetrag des Werkstücks **10** zu erfassen. Bei dem dritten Sensor **19** kann es sich um einen Drehgeber oder ähnlichem handeln, der an einer Drehwelle der Transporteinheit **14** angeordnet ist. Das Maschinensystem **1** verwaltet mindestens die aktuelle Position des Werkstücks **10** auf der Grundlage der Informationen des zweiten Sensors **18** und der Informationen des dritten Sensors **19**, kann je nach Bedarf und ohne Verwendung des ersten Sensors **17**, basierend auf mindestens der aktuellen Position des Werkstücks **10**, eine Bestimmung durchführen, ob das Werkstück **10** die Transportverzögerungslinie **16b** in einem unvollständigen Bearbeitungszustand durchlaufen hat oder nicht, oder kann eine Bestimmung durchführen, ob die Bearbeitung des Werkstücks **10** zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie **16a** und der Transportbeschleunigungslinie **16c** abgeschlossen ist oder nicht.

[0017] Wenn die Referenzposition des Werkstücks **10** bekannt ist, kann das Maschinensystem **1** alternativ die aktuelle Position des Werkstücks **10** auf der Grundlage des durch den dritten Sensor **19** erfassten Bewegungsbetrags des Werkstücks **10** verwalten, ohne den ersten Sensor **17** oder den zweiten Sensor **18** zu verwenden, und kann zumindest auf der Grundlage der aktuellen Position des Werkstücks **10** eine Bestimmung durchführen, ob das Werkstück **10** die Transportverzögerungslinie **16b** in einem unvollständigen Bearbeitungszustand durchlaufen hat oder nicht, oder es kann eine Bestimmung durchführen, ob die Bearbeitung des Werkstücks **10**, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie **16a** und der Transportbeschleunigungslinie **16c** befindet, abgeschlossen ist oder nicht.

[0018] **Fig. 3** zeigt die Konfiguration des Maschinensystems **1** entsprechend der vorliegenden Ausführungsform. Die Steuerung **13** umfasst einen Speicherabschnitt **22**, der zumindest ein Bearbeitungsprogramm **21** speichert, einen Bearbeitungssteuerabschnitt **23**, der die Bearbeitung der Maschine **11** auf der Grundlage des Bearbeitungsprogramms **21** steuert, einen Maschinenantriebsabschnitt **25**, der einen Maschinenantriebsmotor **24** antreibt, und einen Werkzeugantriebsabschnitt **27**, der einen Werkzeugantriebsmotor **26** antreibt. Das Bearbeitungsprogramm **21** ist ein Programm, in dem grundlegende Bearbeitungsbefehle der Maschine **11** in Übereinstimmung mit dem Inhalt der Bearbeitung beschrieben werden, und der Bearbeitungssteuerabschnitt

23 gibt auf der Grundlage des Bearbeitungsprogramms **21** Bearbeitungsbefehle an den Maschinenantriebsabschnitt **25** oder den Werkzeugantriebsabschnitt **27** aus. Der Maschinenantriebsabschnitt **25** oder der Werkzeugantriebsabschnitt **27** versorgt den Maschinenantriebsmotor **24** oder den Werkzeugantriebsmotor **26** auf der Grundlage der Bearbeitungsbefehle mit Strom.

[0019] Die Steuerung **13** umfasst ferner einen Werkstückverwaltungsabschnitt **28**, der Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag, Bearbeitungszustand usw.) des Werkstücks verwaltet, und einen Konverter **29**, der die Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) des Werkstücks von einem Sensor-Koordinatensystem in ein Maschinen-Koordinatensystem umwandelt. Der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** kann zumindest die aktuelle Position des Werkstücks verwalten, indem er nur den zweiten Sensor **18**, den zweiten Sensor **18** und den dritten Sensor **19** oder nur den dritten Sensor **19** verwendet, wenn die Referenzposition des Werkstücks im Voraus bekannt ist. Ferner, wenn das Maschinensystem **1** eine Mehrzahl von Maschinen **11** umfasst, kann der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** die Bearbeitungszuteilung des Werkstücks auf die Mehrzahl von Maschinen **11** verwalten. Der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** kann ein verpasstes Werkstück auf eine stromabwärts angeordnete Maschine **11** zuteilen, wenn das Werkstück zum Beispiel die Bearbeitungsgrenzlinie der Maschine **11** in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat. Der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** kann die Informationen des Werkstücks unter Verwendung einer Werkstückdatenbank verwalten, wie zum Beispiel in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Werkstückdatenbank ist synchronisiert oder wird von mehreren Steuerungen **13** gemeinsam genutzt.

[Tabelle 1]

Gegenstand-Nr.	Aktuelle Position	Bearbeitungszuteilung	Bearbeitungszustand
1	X490, Y12	Maschinen-Nr. 2	Unvollständig
2	X460, Y15	Maschinen-Nr. 2	Unvollständig
3	X440, Y13	Maschinen-Nr. 2	Unvollständig
4	X380, Y14	Maschinen-Nr. 2	Unvollständig

Tablett-Nr.	Aktuelle Position	Platzierungs-ort 1	Platzierungs-ort 2	Platzierungs-ort 3	Platzierungs-ort 4	Bearbeitungszustand
1	X495, Y14	N/A	N/A	N/A	N/A	Unvollständig
2	X381, Y15	N/A	N/A	N/A	N/A	Unvollständig

Werkstückbewegungsbetrag
20 cm/s

Maschinen-Nr.	Arbeitsbereich	Transportbeschleunigungslinie	Transportverzögerungslinie	Bearbeitungsgrenzlinie
1	X200 - X300	X250	X270	X300
2	X400 - X500	X450	X470	X500

[0020] Wenn ein Werkstück in den Arbeitsbereich eintrifft, überträgt der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** kontinuierlich die Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) des Werkstücks an den Konverter **29**, und der Konverter wandelt die Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) des Werkstücks kontinuierlich von dem Sensor-Koordinatensystem in das Maschinen-Koordinatensystem um. Der Bearbeitungssteuerabschnitt **23** überträgt kontinuierlich an den Maschinenantriebsabschnitt **25** und den Werkzeugantriebsabschnitt **27** Bearbeitungsbefehle einschließlich einer Zielbearbeitung (Zielposition, Zielgeschwindigkeit, Ziellage usw.) der Maschine in Übereinstimmung mit den Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) des Werkstücks. Dadurch kann die Maschine **11** die Bearbeitung ausführen, während sie das Werkstück verfolgt. Wenn die Bearbeitung des spezifischen Werkstücks abgeschlossen ist, überträgt der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** kontinuierlich die Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) eines nachfolgenden Werkstücks an den Konverter **29**, und der oben beschriebene Prozess wird wiederholt. Wenn der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** die Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbe-

trag usw.) des Werkstücks im Maschinenkoordinatensystem verwaltet, kann der Konverter **29** zwischen jedem Sensor und dem Werkstückverwaltungsabschnitt **28** vorgesehen sein.

[0021] Die Steuerung **13** umfasst ferner einen Transportsteuerabschnitt **35**, die den Transport des Werkstücks auf der Grundlage der oben genannten Transportsteuerlinien steuert. Unter ausschließlicher Verwendung des ersten Sensors **17** oder unter Verwendung der Informationen des Werkstückverwaltungsabschnitts **28** kann der Transportsteuerabschnitt **35** eine Bestimmung durchführen, ob das Werkstück die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht, oder eine Bestimmung durchführen, ob das zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindliche Werkstück vollständig bearbeitet wurde oder nicht. Wenn der erste Sensor **17** verwendet wird, kann der Transportsteuerabschnitt **35** diese Bestimmungen durchführen, indem er das Werkstück erkennt, indem er zum Beispiel einen Mustervergleich oder eine Kleckserkennung auf die Informationen des ersten Sensors **17** anwendet.

[0022] Wenn die Information des Werkstückverwaltungsabschnitts **28** verwendet wird, kann der Transportsteuerabschnitt **35** feststellen, ob Gegenstand-Nr. 1 die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht, indem er zum Beispiel die oben beschriebene Werkstückdatenbank referenziert und die aktuelle Position (X490) von Gegenstand-Nr. 1 mit der Position (X470) der Transportverzögerungslinie von Maschinen-Nr. 2 vergleicht. Darüber hinaus referenziert der Transportsteuerabschnitt **35** beispielsweise auf die oben beschriebene Werkstückdatenbank und kann ausgehend von dem Bearbeitungszustand (unvollständig) feststellen, ob die Bearbeitungen an Gegenstand-Nr. 1 (X490) und Gegenstand-Nr. 2 (X460), die zwischen der Position (X500) der Bearbeitungsgrenzlinie und der Position (X450) der Transportbeschleunigungslinie angeordnet sind, abgeschlossen sind.

[0023] Darüber hinaus kann der Transportsteuerabschnitt **35** feststellen, ob das Tablett-Nr. 1 die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht, indem sie zum Beispiel die oben beschriebene Werkstückdatenbank referenziert und die aktuelle Position (X410) des Tablett-Nr. 1 mit der Position (X470) der Transportverzögerungslinie der Maschinen-Nr. 2 vergleicht und das Vorhandensein oder Fehlen von Gegenständen an den Platzierungsstellen 1 bis 4 feststellt. Darüber hinaus referenziert der Transportsteuerabschnitt **35** zum Beispiel auf die oben beschriebene Werkstückdatenbank und kann ausgehend von dem Bearbeitungszustand (unvollständig) feststellen, ob die Bearbeitung auf dem Tablett-Nr. 1 (X495), das zwischen der Position (X500) der Bearbeitungsgrenzlinie und der Position (X450) der Transportbeschleunigungslinie liegt, abgeschlossen ist oder nicht.

[0024] Der Transportsteuerabschnitt **35** führt die gleiche Transportsteuerung sogar auch in Ausführungsformen durch, in denen eine andere Bearbeitung, wie zum Beispiel Versiegeln oder Schweißen, durchgeführt wird. Der Transportsteuerabschnitt **35** referenziert zum Beispiel auf die oben beschriebene Werkstückdatenbank und kann aus dem Bearbeitungszustand feststellen, ob die Bearbeitung an der Versiegelungs- oder Schweißstelle des Werkstücks abgeschlossen ist, indem sie die aktuelle Position des Werkstücks mit der Position der Transportverzögerungslinie vergleicht. Darüber hinaus referenziert der Transportsteuerabschnitt **35** zum Beispiel auf die oben beschriebene Werkstückdatenbank und kann aus dem Bearbeitungszustand feststellen, ob die Bearbeitung des Werkstücks, das zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie angeordnet ist, abgeschlossen ist oder nicht.

[0025] Alternativ kann der Transportsteuerabschnitt **35** von der Werkstückverwaltungsabschnitt **28** eine Benachrichtigung erhalten, dass das Werkstück die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat, oder sie kann von dem Werkstückverwaltungsabschnitt **28** eine Benachrichtigung erhalten, dass die Bearbeitung des Werkstücks, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindet, abgeschlossen ist. Der Transportsteuerabschnitt **35** reduziert die Geschwindigkeit des Transportantriebsmotors **36**, wenn das Werkstück die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat, und erhöht die Geschwindigkeit des Transportantriebsmotors **36**, wenn die Bearbeitung des Werkstücks zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie abgeschlossen ist.

[0026] Die Steuerung **13** kann einen Vorhersageabschnitt **34** umfassen, der auf der Grundlage der Informationen des Werkstückverwaltungsabschnitts **28** und der Zykluszeit der Maschine **11** vorhersagt, ob das Werkstück die Bearbeitungsgrenzlinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschreiten wird oder nicht, und die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks auf der Grundlage der Vorhersageergebnisse bestimmt. Der Vorhersageabschnitt **34** sagt vorher, ob der Gegenstand-Nr. 2 die Bearbeitungsgrenzlinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschreiten wird oder nicht, indem er zum Beispiel auf die oben beschriebene Werkstückdatenbank referenziert, die Ankunftszeit ($t_2 = d_2 / v$) berechnet, zu der Gegenstand-Nr. 2 an

der Bearbeitungsgrenzlinie ankommt, basierend auf dem Bewegungsbetrag ($v = 20 \text{ cm/s}$) des Werkstücks und dem Abstand ($d_2 = X500 - X460$) von dem Gegenstand-Nr. 2 zur Bearbeitungsgrenzlinie, und die Ankunftszeit (t_2) mit der Zykluszeit (c) vergleicht ($t_2 - c > 0$). Darüber hinaus führt der Vorhersageabschnitt **34** die gleiche Vorhersage für den nächsten ankommenden Gegenstand-Nr. 3 durch ($t_3 - 2c > 0$). Wenn vorhergesagt wird, dass der Gegenstand-Nr. 3 die Bearbeitungsgrenzlinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand ($t_3 - 2c \leq 0$) überschreiten wird, kann der Transportsteuerabschnitt **35** die Transportgeschwindigkeit ($v' < d_3 / 2c$) derart bestimmen, dass der Gegenstand-Nr. 3 die Bearbeitungsgrenzlinie nicht in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschreitet, und auf die bestimmte Transportgeschwindigkeit abbremst oder beschleunigt.

[0027] Alternativ kann die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks unabhängig von der Vorhersage des Überschreitens über die oben beschriebene Bearbeitungsgrenzlinie wie unten beschrieben gesteuert werden. **Fig. 4** zeigt ein weiteres Beispiel für die Steuerung der Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10**. Der Transportsteuerabschnitt **35** kann die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** auf der Grundlage der aktuellen Position **30** der Maschine **10** in Bezug auf den Arbeitsbereich **15** steuern. Konkret kann der Transportsteuerabschnitt **35** die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** in Abhängigkeit davon steuern, ob die Maschine **11** derzeit stromaufwärts oder stromabwärts des Arbeitsbereichs **15** bearbeitet. Wenn zum Beispiel die am weitesten stromaufwärts des Arbeitsbereichs **15** der Maschine **11** gelegene Stelle als 0 % und die am weitesten stromabwärts gelegene Stelle als 100 % definiert wird, kann die Steuerung so durchgeführt werden, dass die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** erhöht wird, wenn die aktuelle relative Position **30** der Maschine **11** weniger als 50 % beträgt, und verringert wird, wenn sie größer als 50 % beträgt. Es gilt zu beachten, dass bei einer solchen Transportsteuerung für Werkstück **10** die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** weiter verringert werden kann, wenn das Werkstück **10** die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschreitet, und die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** erhöht werden kann, wenn die Bearbeitung des Werkstücks **10** bis zur Transportbeschleunigungslinie stromaufwärts der Transportverzögerungslinie abgeschlossen ist.

[0028] **Fig. 5** zeigt ein weiteres Beispiel für die Regelung der Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10**. Der Transportsteuerabschnitt **35** kann eine erwartete Bearbeitungsrate der Maschine **11** berechnen und die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** auf der Grundlage der erwarteten Bearbeitungsrate steuern. Bei der Berechnung der erwarteten Bearbeitungsrate der Maschine **11** kann die Anzahl der in einem bestimmten Bereich **31** vorhandenen Werkstücke verwendet werden. Wenn beispielsweise der Bereich 150 mm auf der stromaufwärts gelegenen Seite des Arbeitsbereichs **15** der Maschine **11** als der bestimmte Bereich **31** festgelegt wird, zwei Werkstücke **10** in dem bestimmten Bereich **31** vorhanden sind, die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** auf 300 mm/s festgelegt ist und die Bearbeitungen des Werkstücks **10** gleichmäßig auf zwei Maschinen **11** verteilt ist, da die stromaufwärts gelegene Maschine **11** die Bearbeitung eines Werkstücks **10** durchführt, kann die erwartete Bearbeitungsrate der Maschine **11** wie folgt berechnet werden: $1 \text{ [Werkstück]} \times 300 \text{ [mm/s]} / 150 \text{ [mm]} = 2 \text{ [Werkstücke/s]} = 120 \text{ [Werkstücke/min]}$. Wenn die Bearbeitungskapazität der Maschine **11** 150 [Werkstücke/min] beträgt, kann die erwartete Bearbeitungsrate der Maschine **11** durch Ändern der Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** auf 375 [mm/s] durch Ausführen einer Multiplikation mit einem Multiplikationsfaktor von 1,25 - fol $= 150 \text{ [Werkstücke/min]} / 120 \text{ [Werkstück/min]} \text{ auf } 1 \text{ [Werkstück]} \times 375 \text{ [mm/s]} / 150 \text{ [mm]} = 2,5 \text{ [Werkstücke/s]} = 150 \text{ [Werkstücke/min]}$ erhöht werden. Insbesondere kann die ursprüngliche Bearbeitungskapazität der Maschine **11** maximiert werden. Es gilt zu beachten, dass bei einer solchen Transportsteuerung für Werkstück **10** die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** weiter reduziert werden kann, wenn das Werkstück **10** die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschreitet, und die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks **10** kann erhöht werden, wenn die Bearbeitung des Werkstücks **10** bis zur Transportbeschleunigungslinie stromaufwärts der Transportverzögerungslinie abgeschlossen ist.

[0029] **Fig. 6** zeigt die Konfiguration eines Maschinensystems **1** nach einer anderen Ausführungsform. In dieser Konfiguration umfasst das Maschinensystem **1** eine Hostrechnervorrichtung **32**, und die Hostrechnervorrichtung **32** ist mit jeder Steuerung **13** derart verbunden, dass eine Kommunikation möglich ist. Die Hostrechnervorrichtung **32** ist so konfiguriert, dass sie die Informationen von jedem Sensor, wie dem ersten Sensor **17**, dem zweiten Sensor **18** und dem dritten Sensor **19**, mit hoher Geschwindigkeit verarbeitet und auf der Grundlage der Bearbeitungsergebnisse verschiedene Befehle an jede Steuerung **13** ausgibt. Der Werkstückverwaltungsabschnitt **28**, der Konverter **29**, der Transportsteuerabschnitt **35** und der Vorhersageabschnitt **34** sind nicht einzeln in jeder Steuerung vorgesehen, sondern sind in die Hostrechnervorrichtung **32** integriert. Dadurch können verschiedene Programme und verschiedene Daten von den mehreren Steuerungen **13** gemeinsam genutzt werden, wodurch die Wartungsfreundlichkeit des Maschinensystems **1** erhöht werden kann.

[0030] Fig. 7 zeigt den schematischen Betrieb des Maschinensystems 1. Das Maschinensystem kann die Maschinensteuerung und die Transportsteuerung in unterschiedlichen Abläufen durchführen. Bei der Maschinensteuerung wird zuerst im Schritt **S10** mit dem zweiten Sensor zumindest die Position des Werkstücks detektiert und im Schritt **S11** wird mit dem dritten Sensor der Bewegungsbetrag des Werkstücks detektiert. Wenn jedoch der zweite Sensor auch den Bewegungsbetrag des Werkstücks detektieren kann, da die aktuelle Position des Werkstücks allein durch den zweiten Sensor gemanagt werden kann, ist der Prozess von Schritt **S11** unnötig. Wenn außerdem die Referenzposition des Werkstücks im Voraus bekannt ist, da die aktuelle Position des Werkstücks vom dritten Sensor allein gemanagt werden kann, ist der Prozess von Schritt **S10** unnötig.

[0031] In Schritt **S12** wird zumindest die aktuelle Position des Werkstücks verwaltet. Wenn mehrere Maschinen vorgesehen sind, kann die Bearbeitung der Werkstücke auf die mehreren Maschinen verteilt werden. In Schritt **S13** wird zumindest die aktuelle Position des Werkstücks vom Sensor-Koordinatensystem in das Maschinen-Koordinatensystem koordinatentransformiert. Wenn jedoch die Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) des Werkstücks im Maschinenkoordinatensystem verwaltet werden, kann die Bearbeitung von Schritt **S13** zwischen Schritt **S11** und Schritt **S12** durchgeführt werden.

[0032] In Schritt **S14** verfolgt die Maschine das Werkstück auf der Grundlage der Informationen (aktuelle Position, Lage, Bewegungsbetrag usw.) des Werkstücks. Im Schritt **S15** wird die Bearbeitung des Werkstücks mit dem Werkzeug durchgeführt. In Schritt **S16** wird die An- oder Abwesenheit des Werkstücks innerhalb des Arbeitsbereichs festgestellt. Wenn festgestellt wird, dass es keine Werkstücke gibt, die innerhalb des Arbeitsbereichs bearbeitet werden sollen (JA in Schritt **S16**), endet der Prozess, und wenn festgestellt wird, dass es ein Werkstück gibt, das innerhalb des Arbeitsbereichs bearbeitet werden soll (NEIN in Schritt **S16**), kehrt der Prozess zu Schritt **S13** zurück, und die Bearbeitung wird für das nachfolgende Werkstück wiederholt.

[0033] In der Transportsteuerung wird zuerst in Schritt **S20** festgestellt, ob das Werkstück die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht, basierend auf zumindest der aktuellen Position des Werkstücks. In Schritt **S20** kann die Bestimmung jedoch mittels des ersten Sensors durchgeführt werden. Wenn festgestellt wird, dass das Werkstück die Transportverzögerungslinie nicht in einem unvollständigen Bearbeitungszustand (NEIN in Schritt **S20**) überschritten hat, wird der Vorgang von Schritt **S20** wiederholt. Wenn festgestellt wird, dass das Werkstück die Transportverzögerungslinie in einem unvollständigen Bearbeitungszustand (JA in Schritt **S20**) überschritten hat, wird in Schritt **S21** die Transportgeschwindigkeit reduziert. In der Maschinensteuerung wird die Bearbeitung des Werkstücks, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindet, während der Abbremsung durchgeführt.

[0034] In Schritt **S22** wird festgestellt, ob die Bearbeitung des Werkstücks, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindet, abgeschlossen ist oder nicht, basierend auf zumindest der aktuellen Position des Werkstücks. Der Schritt **S22** kann jedoch auch seitens der Maschinensteuerung durchgeführt werden und kann auch ein Schritt sein, bei dem eine Meldung empfangen wird, dass die Bearbeitung des Werkstücks, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindet, abgeschlossen ist. Wenn die Bearbeitung des Werkstücks, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindet, nicht abgeschlossen ist (NEIN in Schritt **S22**), wird der Vorgang von Schritt **S22** wiederholt. Wenn die Bearbeitung des Werkstücks, das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie und der Transportbeschleunigungslinie befindet, abgeschlossen ist (JA in Schritt **S22**), wird im Schritt **S23** die Transportgeschwindigkeit erhöht.

[0035] Nach den obigen Ausführungsformen kann selbst bei dicht gedrängten Werkstücken in der Nähe der stromaufwärts gelegenen Seite der Transportverzögerungslinie eine unnötige Transportsteuerung der Werkstücke unterdrückt werden, da der Transport der Werkstücke nach Beendigung der Bearbeitung der dicht gedrängten Werkstücke beschleunigt wird.

[0036] Die oben beschriebenen „Abschnitte“ können aus integrierten Halbleiterschaltungen gebildet sein oder können aus Programmen gebildet sein, die von einem Prozessor ausgeführt werden. Ferner kann das Programm zum Ausführen der oben beschriebenen Flussdiagramme auf einem computerlesbaren, nichtflüchtigen Speichermedium, zum Beispiel einer CD-ROM, gespeichert und bereitgestellt werden.

[0037] Obwohl in der vorliegenden Beschreibung verschiedene Ausführungsformen beschrieben worden sind, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, und es kön-

nen verschiedene Änderungen innerhalb des in den Ansprüchen unten beschriebenen Geltungsbereichs vorgenommen werden.

Patentansprüche

1. Maschinensystem (1), umfassend:
eine Maschine (11), die eine Bearbeitung an einem Werkstück (10) durchführt, das einen Arbeitsbereich (15) durchläuft, und
einen Transportsteuerabschnitt (35), der den Transport des Werkstücks (10) basierend auf einer Transportverzögerungslinie (16b), die stromaufwärts von einer Bearbeitungsgrenzlinie (16a) der Maschine (11) in einer Bewegungsrichtung des Werkstücks (10) vorgesehen ist, und einer Transportbeschleunigungslinie (16c) steuert, die stromaufwärts von der Transportverzögerungslinie (16b) vorgesehen ist, wobei
der Transportsteuerabschnitt (35) eine Transportgeschwindigkeit des Werkstücks (10) reduziert, wenn das Werkstück (10) die Transportverzögerungslinie (16b) in einem unvollständigen Bearbeitungszustand durchläuft, und die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks (10) erhöht, nachdem die Bearbeitung des Werkstücks (10), das sich zwischen der Bearbeitungsgrenzlinie (16a) und der Transportbeschleunigungslinie (16c) befindet, abgeschlossen ist.
2. Maschinensystem (1) nach Anspruch 1, ferner umfassend einen ersten Sensor (17), der die Transportverzögerungslinie (16b) und die Transportbeschleunigungslinie (16c) überwacht, wobei der Transportsteuerabschnitt (35) basierend auf Informationen des ersten Sensors (17) feststellt, ob das Werkstück (10) die Transportverzögerungslinie (16b) in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht.
3. Maschinensystem (1) nach Anspruch 1, ferner umfassend einen zweiten Sensor (18), der das in dem Arbeitsbereich (15) ankommende Werkstück (10) detektiert, und einen Werkstückverwaltungsabschnitt (28), der zumindest eine aktuelle Position des Werkstücks (10) basierend auf zumindest Informationen des zweiten Sensors (18) verwaltet, wobei der Transportsteuerabschnitt (35) basierend auf Informationen des Werkstückverwaltungsabschnitts (28) feststellt, ob das Werkstück (10) die Transportverzögerungslinie (16b) in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht.
4. Maschinensystem (1) nach Anspruch 3, ferner umfassend einen dritten Sensor (19), der einen Bewegungsbetrag des Werkstücks (10) detektiert.
5. Maschinensystem (1) nach Anspruch 1, ferner umfassend einen dritten Sensor (19), der einen Bewegungsbetrag des Werkstücks (10) detektiert, und einen Werkstückverwaltungsabschnitt (28), der zumindest eine aktuelle Position des Werkstücks (10) basierend auf zumindest Informationen des dritten Sensors (19) verwaltet, wobei der Transportsteuerabschnitt (35) basierend auf Informationen des Werkstückverwaltungsabschnitts (28) bestimmt, ob das Werkstück (10) die Transportverzögerungslinie (16b) in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat oder nicht.
6. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, umfassend eine Mehrzahl von den Maschinen (11), wobei der Werkstückverwaltungsabschnitt (28) ferner eine Bearbeitungszuteilung des Werkstücks (10) auf die Mehrzahl der Maschinen (11) verwaltet.
7. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, umfassend eine Mehrzahl von den Maschinen (11), wobei jede der Maschinen (11) mit der Bearbeitungsgrenzlinie (16a) versehen ist, und wenn das Werkstück (10) die Bearbeitungsgrenzlinie (16a) in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschritten hat, teilt der Werkstückverwaltungsabschnitt (28) das Werkstück (10), das überschritten hat, an eine stromabwärts angeordnete Maschine (11) zu.
8. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, ferner umfassend einen Vorhersageabschnitt (34), der basierend auf Informationen des Werkstückverwaltungsabschnitts (28) und einer Zykluszeit der Maschine (11) vorhersagt, ob das Werkstück (10) die Bearbeitungsgrenzlinie (16a) in einem unvollständigen Bearbeitungszustand überschreiten wird oder nicht, wobei der Transportsteuerabschnitt (35) eine Transportgeschwindigkeit des Werkstücks (10) basierend auf der Vorhersage bestimmt.
9. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Transportsteuerabschnitt (35) die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks (10) basierend auf einer relativen aktuellen Position (30) der Maschine (11) relativ zum Arbeitsbereich (15) steuert.

10. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Transportsteuerabschnitt (35) die Transportgeschwindigkeit des Werkstücks (10) basierend auf einer erwarteten Bearbeitungsrate der Maschine (11) steuert.

11. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, umfassend eine Vielzahl von Maschinen (11), wobei nur die Maschine (11), die unter der Vielzahl der Maschinen (11) am stromabwärtigsten angeordnet ist, mit der Transportverzögerungslinie (16b) und der Transportbeschleunigungslinie (16c) versehen ist.

12. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Bearbeitungsgrenzlinie (16a) stromabwärts innerhalb des Arbeitsbereichs (15) in Bewegungsrichtung des Werkstücks (10) vorgesehen ist.

13. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Maschine (11) die Bearbeitung durchführt, während sie das Werkstück (10) basierend auf zumindest einer aktuellen Position des Werkstücks (10) verfolgt.

14. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das Werkstück (10) einen Gegenstand oder ein Tablett umfasst, auf dem der Gegenstand platziert werden kann.

15. Maschinensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Maschine (11) einen Roboter oder eine Industriemaschine umfasst.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

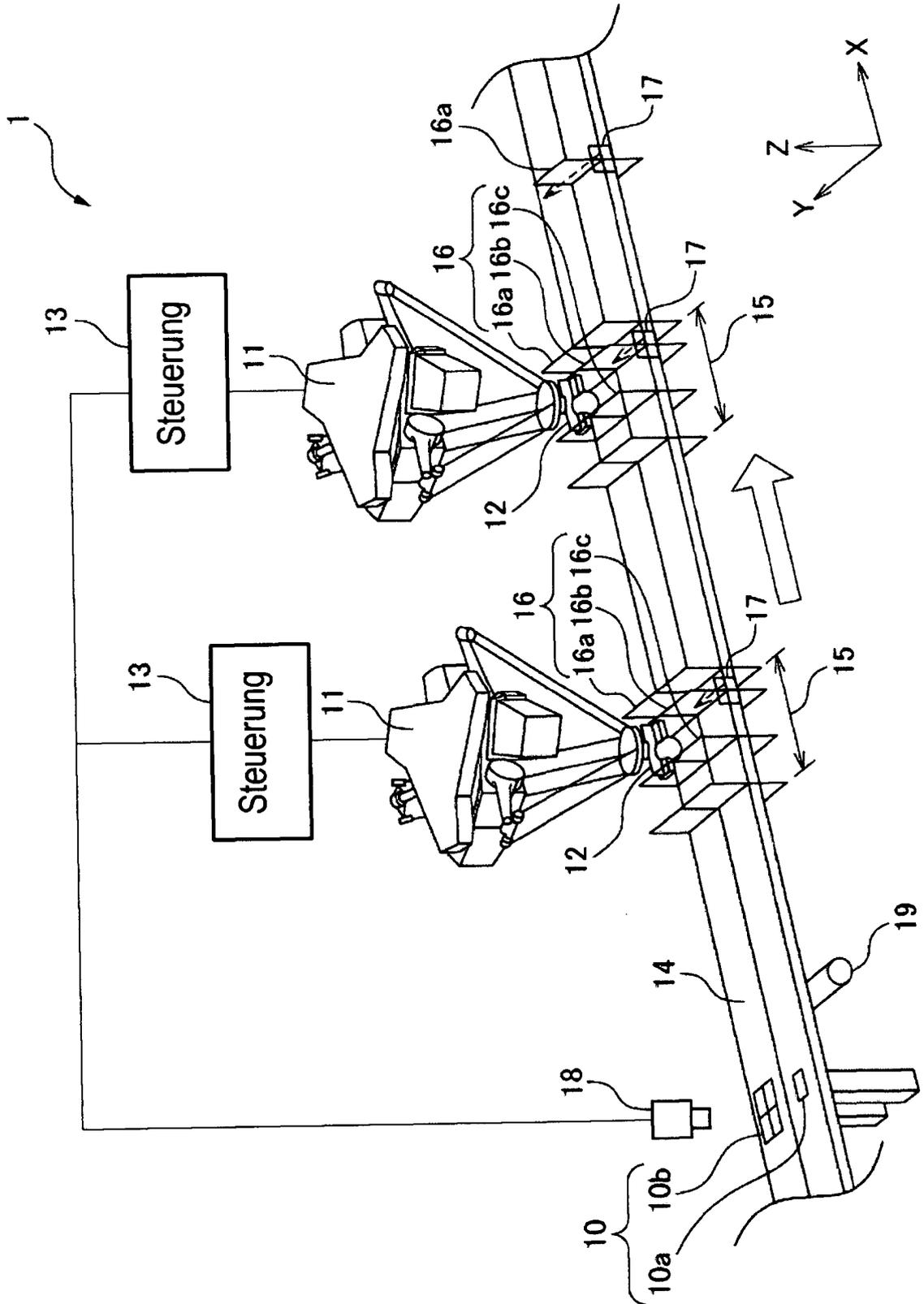


Fig. 2

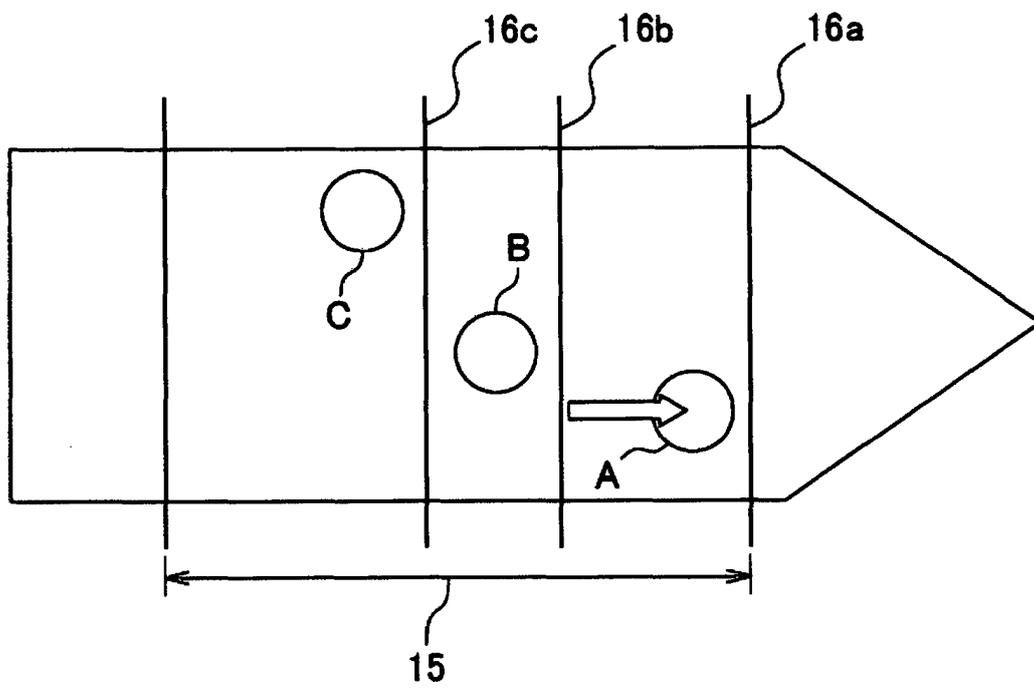


Fig. 4

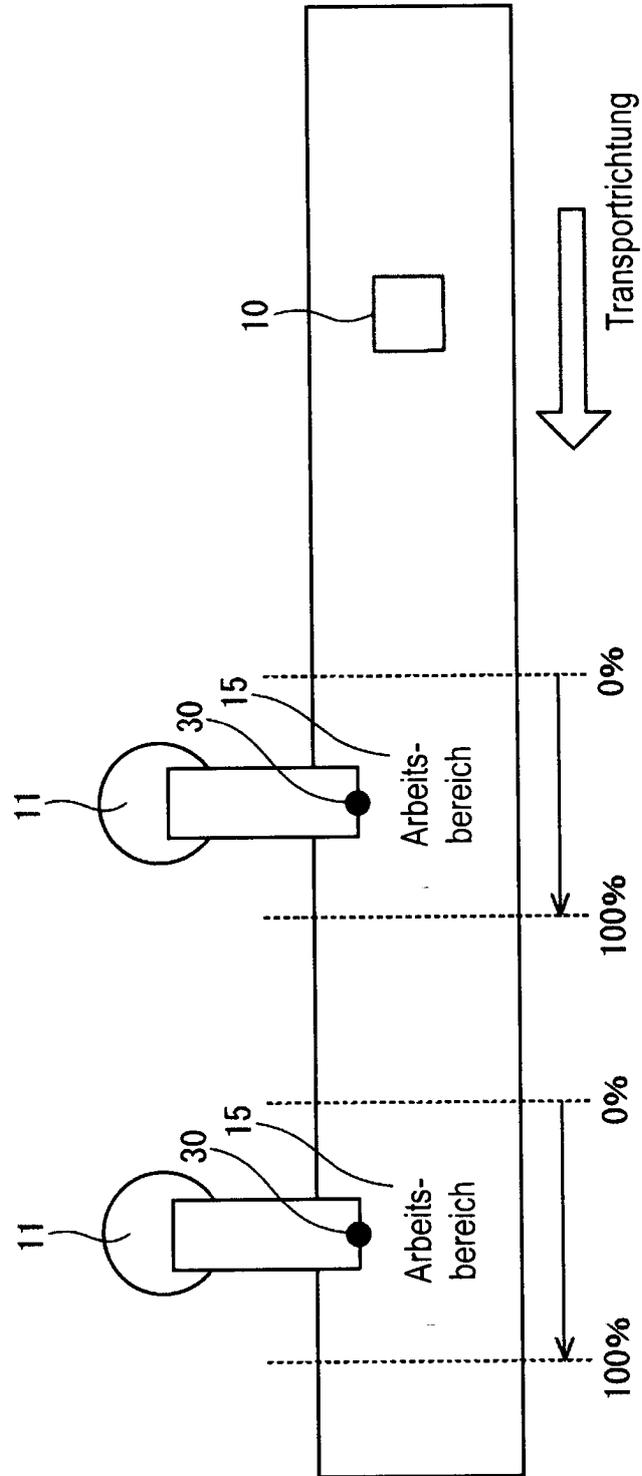


Fig. 5

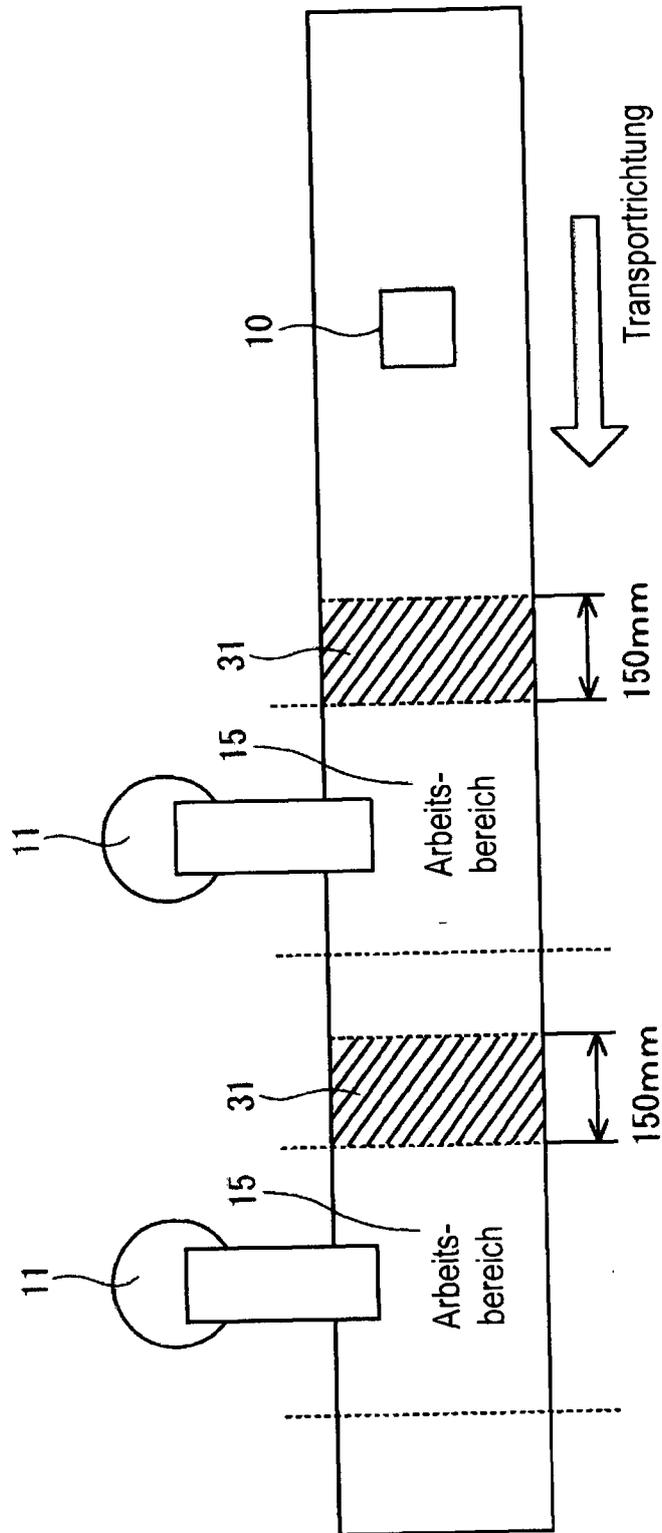


Fig. 6

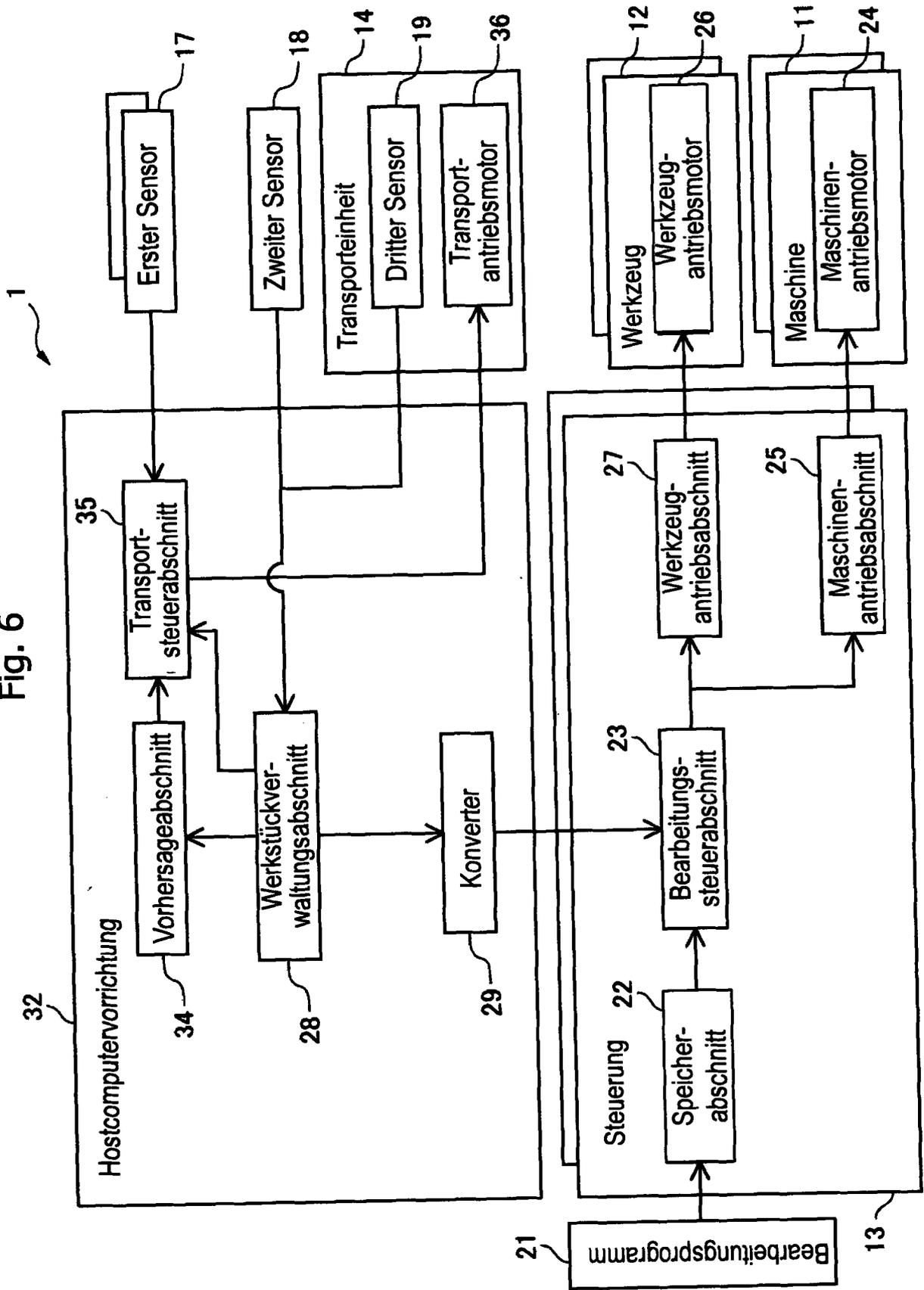


Fig. 7

