



(10) **DE 10 2015 208 337 A1** 2015.12.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 208 337.3**

(22) Anmeldetag: **06.05.2015**

(43) Offenlegungstag: **17.12.2015**

(51) Int Cl.: **G01B 11/24 (2006.01)**

G01B 9/00 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

14/307,458

17.06.2014

US

(74) Vertreter:

**MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann, 80336
München, DE**

(71) Anmelder:

Mitutoyo Corp., Kawasaki-shi, Kanagawa-ken, JP

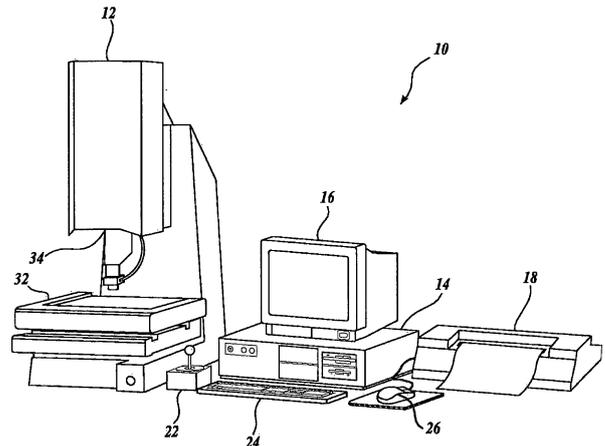
(72) Erfinder:

**Delaney, Mark, Shoreline, Wash., US; Saylor,
Barry E., Kent, Wash., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **BEARBEITUNGSUMGEBUNG EINES MASCHINELLEN SICHTSYSTEMS FÜR EIN
TEILEPROGRAMM, IN DEM EIN DURCHGEHENDER DATENSTROM VON BILDERFASSUNGSVORGÄNGEN IN
EINEM LAUFMODUS AUSGEFÜHRT WIRD**

(57) Zusammenfassung: In einer Bearbeitungsumgebung eines maschinellen Sichtsystems für ein Teileprogramm wird ein durchgehender Datenstrom von Bilderfassungsvorgängen in einem Laufmodus ausgeführt. Zuvor wurde ein durchgehender Datenstrom von Bilderfassungsvorgängen dadurch erreicht, dass verschiedene Programmierdarstellungen und Syntax zum Programmieren und Gruppieren von Bilderfassungsvorgängen in dem Teileprogramm verwendet wurden. Es werden eine neue gemeinsame Syntax und Darstellungen verwendet, wobei derartige durchgehende Bilderfassungsvorgänge wie normale Vorgänge aufgezeichnet werden, wobei der Ablauf des Teileprogramms in zwei Phasen ausgeführt wird. Erstens wird der Teil des Teileprogramms, der den durchgehenden Bilderfassungsdatenstrom aufweisen soll, auf Bilderfassungsvorgänge untersucht, und die effizienteste Reihenfolge zum Erfassen der Bilder wird bestimmt. Zweitens wird, während der Bilderfassungsprozess ausgeführt wird, der Teil des Teileprogramms wieder untersucht, wobei dann die Bildanalysevorgänge ausgeführt werden.



BeschreibungKREUZVERWEIS AUF
VERWANDTE ANWENDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung ist eine Teilfortsetzung der US-Patentanmeldung Nr. 13/297,220, eingereicht am 15. November 2011, deren Offenbarung hiermit zur Bezugnahme vollständig übernommen wird.

GEBIET DER ERFINDUNG

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft im Allgemeinen maschinelle Sichtinspektionssysteme und genauer gesagt Bearbeitungsumgebungen für Teilprogramme, die eine durchgehende schnelle Bildfassung bei solchen Systemen umfassen.

HINTERGRUND

[0003] Präzise maschinelle Sichtinspektionssysteme (bzw. kurz „Sichtsysteme“) können verwendet werden, um präzise Dimensionsmessungen von inspizierten Objekten zu erzielen und um diverse andere Objektkennzeichen zu inspizieren. Derartige Systeme können einen Computer, eine Kamera und ein optisches System und einen Präzisionsarbeits-tisch, der in mehreren Richtungen bewegbar ist, damit die Kamera die Merkmale eines Werkstücks, das inspiziert wird, abtasten kann, umfassen. Ein beispielhaftes System aus dem Stand der Technik, das im Handel erhältlich ist, ist die Reihe QUICK VISION® von PC-basierten Sichtsystemen und die Software QVPA®, die bei Mitutoyo America Corporation (MAC), in Aurora, IL., erhältlich sind. Die Merkmale und die Funktionsweise der Sichtsystemreihe QUICK VISION® und der Software QVPAK® werden beispielsweise in „QVPAK 3D CNC Vision Measuring Machine User's Guide“, veröffentlicht im Januar 2003, und „QVPAK 3D CNC Vision Measuring Machine Operation Guide“, veröffentlicht im September 1996, die hiermit jeweils zur Bezugnahme vollständig übernommen werden, allgemein beschrieben. Dieses Produkt, wie es beispielsweise durch das Modell QV302 Pro dargestellt wird, ist in der Lage, ein optisches System nach Art eines Mikroskops zu verwenden, um Bilder eines Werkstücks auf diversen Vergrößerungen bereitzustellen und den Arbeitstisch je nach Bedarf zu bewegen, um die Werkstückfläche über die Grenzen eines beliebigen einzigen Videobilds hinaus zu überqueren. Ein einziges Videobild umfasst typischerweise nur einen Teil des Werkstücks, das betrachtet oder inspiziert wird, angesichts der gewünschten Vergrößerung, der Messauflösung und der physischen Größeneinschränkungen derartiger Systeme.

[0004] Maschinelle Sichtinspektionssysteme verwenden im Allgemeinen eine automatisierte Video-

inspektion. Das US-Patent Nr. 6,542,180 lehrt diverse Aspekte einer derartigen automatisierten Videoinspektion und wird hiermit zur Bezugnahme vollständig übernommen. Wie es in dem Patent '180 gelehrt wird, verfügen automatisierte Videoinspektions-Messinstrumente im Allgemeinen über eine Programmierfähigkeit, die es ermöglicht, dass eine automatische Inspektionsergebnissequenz für jede bestimmte Werkstückkonfiguration durch den Benutzer definiert wird. Dies kann beispielsweise durch textbasiertes Programmieren oder über einen Aufzeichnungsmodus, der die Inspektionsergebnissequenz nach und nach „erlernt“, umgesetzt werden, indem eine Sequenz von Maschinensteueranweisungen, die einer Sequenz von Inspektionsvorgängen entsprechen, die von einem Benutzer anhand einer grafischen Benutzerschnittstelle oder durch eine Kombination von beiden Verfahren ausgeführt werden. Ein derartiger Aufzeichnungsmodus wird häufig als „Lernmodus“ oder „Trainingsmodus“ bezeichnet. Sobald die Inspektionsergebnissequenz im „Lernmodus“ definiert wurde, kann eine derartige Sequenz dann verwendet werden, um automatisch Bilder eines Werkstücks im „Laufmodus“ zu erfassen (und zusätzlich zu analysieren oder zu inspizieren).

[0005] Video-Tools (bzw. kurz „Tools“) und andere grafische Benutzerschnittstellenmerkmale können manuell verwendet werden, um manuelle Inspektions- und/oder Maschinensteuervorgänge (im „manuellen Modus“) zu erledigen. Ihre Einrichtungsparameter und ihre Funktionsweise können ebenfalls im Lernmodus aufgezeichnet werden, um automatische Inspektionsprogramme, bzw. „Teilprogramme“, zu erstellen. Video-Tools können beispielsweise Kanten/Rand-Erkennungs-Tools, Autofokus-Tools, Form- oder Musterabgleich-Tools, Dimensionmess-Tools und dergleichen umfassen. Andere grafische Benutzerschnittstellenmerkmale können Dialogfelder bezüglich Datenanalyse, Repetierschleifen-Programmierung und dergleichen umfassen. Beispielsweise werden derartige Tools gewöhnlich in vielen verschiedenen handelsüblichen maschinellen Sichtinspektionssystemen, wie etwa in der zuvor angesprochenen Reihe QUICK VISION® von Sichtsystemen und der dazugehörigen Software QVPAK® verwendet.

[0006] Die Maschinensteueranweisungen, welche die spezifische Inspektionsergebnissequenz umfassen (d. h. wie jedes Bild zu erfassen ist und wie jedes erfasste Bild zu analysieren/inspizieren ist), sind im Allgemeinen als „Teilprogramm“ oder „Werkstückprogramm“ gespeichert, der für die bestimmte Werkstückkonfiguration spezifisch ist. Beispielsweise definiert ein Teilprogramm, wie jedes Bild zu erfassen ist, wie etwa wie die Kamera mit Bezug auf das Werkstück, auf welcher Beleuchtungsstufe, auf welcher Vergrößerungsstufe usw. zu positionieren ist. Ferner definiert das Teilprogramm, wie ein erfasstes Bild zu

analysieren/inspizieren ist, beispielsweise unter Verwendung von einem oder mehreren Video-Tools, wie etwa Kanten/Rand-Erkennungs-Video-Tools. Die Fähigkeit, Teileprogramme mit Anweisungen zu erstellen, die eine vorbestimmte Sequenz von Inspektionsvorgängen ausführen, stellt mehrere Vorzüge bereit, einschließlich einer verbesserten Inspektionswiederholbarkeit, sowie der Fähigkeit, das gleiche Teileprogramm wiederholt auf einem oder mehreren kompatiblen maschinellen Sichtinspektionssystemen automatisch auszuführen.

[0007] Für universelle maschinelle Sichtinspektionssysteme, die dazu gedacht sind, für viele verschiedene Werkstücke schnell programmierbar zu sein, wie sie durch die zuvor erwähnte Reihe QUICK VISION® von PC-basierten Sichtsystemen dargestellt werden, war es üblich, dass Bilderfassungsvorgänge mit Bildanalysevorgängen und/oder Merkmalsinspektionsvorgängen durchgesetzt waren, die an dem zuletzt erfassten Bild ausgeführt wurden (hier als „durchsetzte“ Vorgänge bezeichnet). Es besteht jedoch eine steigende Nachfrage dafür, dass universelle maschinelle Sichtinspektionssysteme einen höheren Durchsatz bereitstellen. Gemäß einem Verfahren kann dies durch Ausführen einer Bilderfassung erreicht werden, während eine durchgehende relative Bewegung zwischen der Kamera und dem Werkstückarbeitsstisch bewerkstelligt werden kann (im Gegensatz zum zeitweiligen Anhalten und Starten der relativen Bewegung, wie es für durchgesetzte Vorgänge notwendig ist), wodurch der Inspektiondurchsatz erheblich erhöht wird. Derartige Vorgänge werden hier Dauerbetriebsvorgänge bezeichnet. Es ist vorteilhaft, dass solche Systeme eine Stroboskopbeleuchtung umfassen, um bei der Erfassung von Bildern während einer kontinuierlichen Bewegung beizutragen, ohne das Bild zu verwischen (bzw. unscharf zu machen).

[0008] Schnelle „mitlaufende“ Sichtinspektionssysteme, die in schnellen Fertigungsstraßen verwendet werden, haben eine Dauerbetrieb-Bilderfassung bereitgestellt. Derartige mitlaufende Sichtsysteme sind jedoch typischerweise einer einzigen Fertigungsstraße gewidmet und erfassen immer wieder das „gleiche“ Bild für aufeinanderfolgende Werkstücke z. B. auf einem Fördersystem. In solchen Fällen sind die Parameter der Bewegungsgeschwindigkeit und der Stroboskopbeleuchtung usw. für jedes Bild die gleichen. Ferner werden die Werkstückkonfigurationen und/oder die Bilderfassungsparameter usw. selten geändert. Somit haben die Programmierverfahren für derartige Systeme kein schnelles Programmieren für eine unbegrenzte Vielfalt von Werkstücken, Kamerapositionen, Bilderfassungsparametern usw. durch relativ ungeübte Benutzer erleichtert.

[0009] Dagegen hat die Erfahrung gezeigt, dass es für universelle maschinelle Sichtinspektionssysteme wesentlich ist, ein schnelles Programmieren für ei-

ne unbegrenzte Vielzahl von Werkstücken, Kamerapositionen, Bilderfassungsparametern usw. durch relativ ungeübte Benutzer zu erleichtern. Frühere Programmierverfahren für universelle maschinelle Sichtinspektionssysteme haben das Programmieren von Dauerbetriebsvorgängen nicht einfach und schnell genug gemacht. Ferner haben die früheren Programmierverfahren das Programmieren von Dauerbetriebsvorgängen kombiniert mit durchgesetzten Vorgängen nicht einfach oder schnell genug gemacht. Systeme und Verfahren zum Programmieren, die diese Probleme und Nachteile entweder getrennt oder kombiniert beheben können, wären wünschenswert.

[0010] Ein beispielhaftes Verfahren aus dem Stand der Technik, das einige dieser Probleme und Nachteile behebt, wird in dem US-Patent Nr. 7,590,276 erläutert, das hiermit zur Bezugnahme vollständig übernommen wird. Wie in dem Patent '276 beschrieben, wird ein Verfahren zur Teileprogrammierung bereitgestellt, das es einem Benutzer ermöglicht, ohne Weiteres mehrere Bilderfassungsvorgänge, die mit dazugehörigen Bildanalysevorgängen während Lernmodusvorgängen durchgesetzt sind, in einer natürlichen und intuitiv verständlichen Beziehung zu definieren. Dann werden in dem sich ergebenden Teileprogramm Bilderfassungsvorgänge für mindestens einige der Bilder automatisch in eine Dauerbetrieb-Bilderfassungssequenz umgeordnet, die Bilder erfasst und Bilder „nicht durchsetzt“ speichert, um den Durchsatz des maschinellen Sichtinspektionssystems zu erhöhen.

[0011] Ein Nachteil bestimmter früherer Programmierverfahren, wie etwa desjenigen, das in dem Patent '276 erläutert wird, besteht jedoch darin, dass der durchgehende Datenstrom von Bilderfassungsvorgängen, der typischerweise erreicht wurde, indem diverse Vorgänge analysiert wurden, die vom Benutzer im Lernmodus eingegeben wurden, und indem ihre Reihenfolge in den Teileprogrammieranweisungen unter Verwendung von „umgruppierten“ Programmierdarstellungen und Syntax geändert oder „umgruppiert“ wurden, so dass die Bilderfassungsanweisungen gruppiert wurden, um eine Vielzahl von Bildern unter Verwendung einer durchgehenden Bewegung zu erfassen, und ihre entsprechenden Bildanalyseanweisungen geändert oder „umgruppiert“ wurden, um die Bilderfassungsanweisungen zu befolgen, so dass die Bildanalysevorgänge nicht die schnelle Bilderfassung im Dauerbetrieb durchsetzen oder unterbrechen mussten. Wenn daraufhin die Teileprogrammieranweisungen zur Bearbeitung oder Betrachtung abgerufen wurden, waren die Bildanalyseanweisungen von den Erfassungsanweisungen für ihr entsprechendes Bild getrennt. Dies hat sich für die Benutzer derartiger Systeme als verwirrend erwiesen, indem die betreffenden Bilderfassungs- und Analyseanweisungen durch „beziehungslose“ Zwischen-Bilderfassungs- und Bildverarbeitungsanweisungen ge-

trennt werden, was nicht intuitiv ist und zu mangelnder Effizienz und Fehlern führt, wenn ein Benutzer versucht, die „umgeordneten“ Teileprogrammanweisungen zu lesen oder zu bearbeiten. Mit anderen Worten haben die umgeordneten Programmierdarstellungen und die Syntax zum Gruppieren der Bilderfassungsvorgänge in dem Teileprogramm das Programmieren und Bearbeiten derartiger Teileprogramme für die Benutzer schwieriger gemacht. Es besteht ein Bedarf an einer Teileprogrammiersyntax und an Bearbeitungsvorgängen und Merkmalen, die diese und andere Mängel beheben, um ein effizienteres, intuitiveres und flexibleres Programmieren und Bearbeiten von durchgehenden Bilderfassungsteilprogrammen für präzise maschinelle Sichtinspektionssysteme zu ermöglichen.

KURZDARSTELLUNG

[0012] Diese Kurzdarstellung wird bereitgestellt, um eine Auswahl von Konzepten in vereinfachter Form bereitzustellen, die nachstehend in der ausführlichen Beschreibung näher beschrieben werden. Diese Kurzdarstellung ist nicht dazu gedacht, Hauptmerkmale des beanspruchten Gegenstands zu identifizieren, und ist auch nicht dazu gedacht, um als Hilfsmittel bei dem Bestimmen des Umfangs des beanspruchten Gegenstandes verwendet zu werden.

[0013] Bei diversen Ausführungsformen wird eine Bearbeitungsumgebung für ein präzises maschinelles Sichtsystem für ein Teileprogramm bereitgestellt, bei dem ein durchgehender oder ununterbrochener sequenzieller Datenstrom von Bilderfassungsvorgängen in einem Laufmodus ausgeführt wird. Das präzise maschinelle Sichtinspektionssystem umfasst einen Bildgebungsabschnitt, einen Arbeitstisch zum Halten eines oder mehrerer Werkstücke in einem Blickfeld (FOV) des Bildgebungsabschnitts, einen Steuerabschnitt, eine Anzeige und eine Benutzerschnittstelle.

[0014] Bei diversen Ausführungsformen umfasst das maschinelle Sichtinspektionssystem ferner einen Lernmodus, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen. Der Lernmodus ist auch betriebsfähig, um das Teileprogramm zu bearbeiten und zuvor aufgezeichnete Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen. Bei einigen Ausführungsformen kann der Lernmodus Benutzerschnittstellenmerkmale umfassen, wie etwa ein benutzersteuerbares Datenstrommodus-Anweisungselement und eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen. Das benutzersteuerbare Datenstrommodus-Anweisungselement kann verwendbar sein, um ein Daten-

strommodus-Segment zu bezeichnen, das ein Segment eines Teileprogramms umfasst, das für die Datenstrommodus-Ausführung bezeichnet ist. Bei diversen Ausführungsformen kann die Datenstrommodus-Ausführung das Ausführen von Bilderfassungsvorgängen in einer sequenziellen Reihenfolge während einer Dauerbetriebssequenz umfassen, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt durchgehend oder ungefähr durchgehend im Verhältnis zueinander bewegen, um mindestens zwei Bilder zu erfassen. Die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung umfasst Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, und kann bei einigen Ausführungsformen eine Darstellung eines Datenstrommodus-Segments umfassen.

[0015] Bei diversen Ausführungsformen umfasst das maschinelle Sichtinspektionssystem einen Laufmodus, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen. Der Laufmodus umfasst im Allgemeinen einen Datenstrom-Ausführungsmodus zum Ausführen mindestens einiger der Teileprogrammanweisungen. Bei einigen Ausführungsformen, bei denen Datenstrommodus-Segmente in einem Teileprogramm definiert werden, kann der Laufmodus einen Nicht-Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich nicht in einem definierten Datenstrommodus-Segment befinden, sowie den Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich in einem definierten Datenstrommodus-Segment befinden, umfassen. Bei einigen Ausführungsformen führt der Nicht-Datenstrom-Ausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen aus, die sich nicht in einem Datenstrommodus-Segment befinden, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

[0016] Bei diversen Ausführungsformen ist der Lernmodus derart konfiguriert, dass die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen darstellt, die Bilderfassungs- und entsprechende Bildanalyseanweisungen in einer ersten Reihenfolge umfassen, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgänge ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen. Zusätzlich ist der Lernmodus ferner derart konfiguriert, dass der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist, unabhängig davon, ob die

erste Vielzahl von Bilderfassungs- und entsprechenden Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms in einem Datenstrommodus-Segment (soweit definiert) enthalten sind.

[0017] Bei diversen Ausführungsformen ist der Laufmodus derart konfiguriert, dass der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Bilderfassungs- und entsprechenden Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms gemäß einer zweiten Reihenfolge (z. B. standardmäßig oder bei einigen Ausführungsformen, wenn sie in einem definierten Datenstrommodus-Segment enthalten sind) ausführt. Bei einer Ausführungsform umfasst die zweite Reihenfolge das Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge auszuführen, und zwar unabhängig von dem Ausführen der entsprechenden Bildanalysevorgänge. Zusätzlich kann die zweite Reihenfolge ferner das Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms umfassen, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden. Bei einer Ausführungsform erfolgt die Ausführung der Bildanalysevorgänge, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden, während der sequenziellen Reihenfolge der Bilderfassungsvorgänge.

[0018] Bei einigen Ausführungsformen, bei denen das maschinelle Sichtinspektionssystem eine Stroboskopbeleuchtung oder andere Mittel umfasst, um eine schnelle Bildbelichtung ohne Unschärfe zu ermöglichen, erfolgt die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während einer echten Dauerbetriebssequenz, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt durchgehend im Verhältnis zueinander bewegen (z. B. bewegt sich der Arbeitstisch durchgehend im Verhältnis zum Bildgebungsabschnitt). Bei einigen Konfigurationen kann die Arbeitstischbewegung betriebsfähig sein, um ein Werkstück in einer waagerechten Ebene (z. B. einer XY-Ebene) räumlich zu bewegen, den Bildgebungsabschnitt jedoch nicht zubewegen, wohingegen die Arbeitstischbewegung betriebsfähig sein kann, um den Bildgebungsabschnitt in einer senkrechten Richtung (z. B. eine Z-Richtung) zu bewegen, jedoch nicht das Werkstück. Bei anderen Konfigurationen kann die Arbeitstischbewegung betriebsfähig sein, um ein Werkstück in einer waagerechten Richtung (z. B. einer X-Richtung) räumlich zu bewegen, jedoch nicht den Bildgebungsabschnitt, wohingegen die Arbeitstischbewegung betriebsfähig sein kann, um den Bildgebungsabschnitt in einer anderen waagerechten Richtung (z. B. eine Y-Richtung) und einer senkrechten Richtung (z. B. eine Z-Richtung) zu bewegen, jedoch nicht das Werkstück. Bei diversen Ausführungsformen werden die Bilderfassungsvorgänge in einer Dauerbetriebssequenz für mindestens zwei Bilder ausgeführt. Bei anderen Aus-

führungsformen, bei denen das maschinelle Sichtinspektionssystem keine Stroboskopbeleuchtung aufweist oder ansonsten ein Verlangsamen oder zeitweiliges Anhalten der relativen Bewegung benötigt, um Bildunschärfe zu begrenzen, kann die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in der sequenziellen Reihenfolge während einer ungefähren Dauerbetriebssequenz erfolgen. Die ungefähre Dauerbetriebssequenz kann Bewegungsvorgänge umfassen, die Bildunschärfe verhindern (z. B. Verlangsamen oder zeitweiliges Anhalten des eigentlichen Dauerbetriebs, wie es durch die Anforderungen der Bilderfassung vorgeschrieben wird), umfasst jedoch nicht die Bewegungsverzögerungen, die mit dem Ausführen der Bildanalyse oder dergleichen zusammenhängen.

[0019] Bei diversen Ausführungsformen erfolgt die Ausführung der Bildanalysevorgänge, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden, mindestens teilweise während der sequenziellen Reihenfolge der Bilderfassungsvorgänge.

[0020] Bei einigen Ausführungsformen ist der Lernmodus derart konfiguriert, dass wenn ein Teileprogramm, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst, zur Bearbeitung abgerufen wird, die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung in der ersten Reihenfolge angezeigt wird, und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise ausführt, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist. Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung ist der Lernmodus derart konfiguriert, dass ein Benutzer eine Anweisungsdarstellung des Teileprogramms, die in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist, als eine Stelle auswählen kann, an welcher der Bearbeitungsausführungsmodus der entsprechenden Teileprogramm-anweisungen einzuleiten ist, nachdem die folgenden Teileprogrammanweisungen auf eine Art und Weise ausgeführt wurden, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist. Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung werden die nachfolgenden Teileprogrammanweisungen auf eine Art und Weise ausgeführt, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

[0021] Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Datenstrommodus-Segment einen ersten Satz von Anweisungen und einen zweiten Satz von Anweisungen, wobei der erste Satz von Anweisungen erste Bilderfassungsanweisungen und erste Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines ersten Video-Tools umfassen, und wobei der zweite Satz von Anweisungen zweite Bilderfassungsanweisungen und zweite Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines zweiten Video-Tools umfassen, wobei im Bearbeitungsausführungsmodus die ersten Bilderfas-

sungsanweisungen und die ersten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen eines ersten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden, bevor mit der Ausführung der zweiten Bilderfassungsanweisungen und der zweiten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des zweiten Video-Tools umfassen, begonnen wird. Im Laufmodus wird das Datenstrommodus-Segment auf Grund des Datenstrommodus-Anweisungselements im Datenstrommodus ausgeführt, und im Laufausführungsmodus des Datenstrommodus-Segments, werden die ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden ersten und zweiten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen des ersten und zweiten Video-Tools umfassen, ausgeführt. Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung umfassen die ersten und zweiten Video-Tools Kantenerkennungs-Video-Tools.

[0022] Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Teileprogramm ferner ein Nicht-Datenstrommodus-Segment, und im Lernmodus wird das Nicht-Datenstrommodus-Segment vom Datenstrommodus-Segment auf Grund eines fehlenden Datenstrommodus-Anweisungselements für das Nicht-Datenstrommodus-Segment auseinandergelassen, wobei das Nicht-Datenstrommodus-Segment einen dritten Satz von Anweisungen und einen vierten Satz von Anweisungen umfasst, wobei der dritte Satz von Anweisungen dritte Bilderfassungsanweisungen und dritte Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines dritten Video-Tools umfassen, und wobei der vierte Satz von Anweisungen vierte Bilderfassungsanweisungen und vierte Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines vierten Video-Tools umfassen, wobei im Bearbeitungsausführungsmodus die dritten Bilderfassungsanweisungen und die dritten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des dritten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden, bevor mit der Ausführung der vierten Bilderfassungsanweisungen und der vierten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen der vierten Video-Tool umfassen, begonnen wird. Im Laufmodus wird das Nicht-Datenstrommodus-Segment auf Grund des Fehlens eines Datenstrommodus-Anweisungselements für das Nicht-Datenstrommodus-Segment im Nicht-Datenstrommodus ausgeführt, und während der Laufmodusausführung des Nicht-Datenstrommodus-Segments werden die dritten und vierten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden dritten und vierten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen des dritten und vierten Video-Tools umfassen, ausgeführt.

[0023] Wenn bei einigen Ausführungsformen ein Teileprogramm, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst, zur Bearbeitung abgerufen wird, wird die

bearbeitbare Teileprogrammdarstellung in der ersten Reihenfolge angezeigt, und der Bearbeitungsausführungsmodus führt die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise aus, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

[0024] Bei einigen Ausführungsformen kann ein Benutzer im Lernmodus eine beliebige Teileprogramm-anweisung in einem Datenstrommodus-Segment als eine Stelle auswählen, um die Ausführung der Teileprogramm-anweisungen zu beginnen, wonach die nachfolgenden Teileprogramm-anweisungen auf eine Art und Weise ausgeführt werden, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

[0025] Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Datenstrommodus-Segment einen ersten Satz von Anweisungen und einen zweiten Satz von Anweisungen. Der erste Satz von Anweisungen umfasst erste Bilderfassungsanweisungen und erste Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen eines ersten Video-Tools umfassen, wohingegen der zweite Satz von Anweisungen zweite Bilderfassungsanweisungen und zweite Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines zweiten Video-Tools umfassen. Bei einer Ausführungsform werden im Bearbeitungsausführungsmodus erste Bilderfassungsanweisungen und erste Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tools umfassen, ausgeführt, bevor mit der Ausführung der zweiten Bilderfassungsanweisungen und der zweiten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des zweiten Video-Tools umfassen, begonnen wird. Dann wird im Laufmodus das Datenstrommodus-Segment auf Grund des Datenstrommodus-Anweisungselements im Datenstrommodus ausgeführt. Im Laufausführungsmodus des Datenstrommodus-Segments werden die ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden ersten und zweiten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen des ersten und zweiten Video-Tools umfassen, ausgeführt. Bei einer Ausführungsform umfassen die ersten und zweiten Video-Tools Kantenerkennungs-Video-Tools.

[0026] Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Teileprogramm ferner ein Nicht-Datenstrommodus-Segment, und im Lernmodus wird das Nicht-Datenstrommodus-Segment von dem Datenstrommodus-Segment durch das Fehlen eines Datenstrommodus-Anweisungselements für das Nicht-Datenstrommodus-Segment auseinandergelassen. Bei einer Ausführungsform umfasst das Nicht-Datenstrommodus-Segment einen dritten Satz von Anweisungen und einen vierten Satz von Anweisungen. Der dritte Satz von Anweisungen umfasst dritte Bilderfassungsanweisungen und dritte Bildanalyseanweisungen

gen, die Video-Tool-Anweisungen eines dritten Video-Tools umfassen, während der vierte Satz von Anweisungen vierte Bilderfassungsanweisungen und vierte Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines vierten Video-Tools umfassen. Im Bearbeitungsausführungsmodus werden die dritten Bilderfassungsanweisungen und die dritten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des dritten Video-Tools umfassen, ausgeführt, bevor mit der Ausführung der vierten Bilderfassungsanweisungen und der vierten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des vierten Video-Tools umfassen, begonnen wird. Dann wird im Laufmodus das Nicht-Datenstrommodus-Segment auf Grund des Fehlens eines Datenstrommodus-Anweisungselements für das Nicht-Datenstrommodus-Segment im Nicht-Datenstrommodus ausgeführt. Während des Laufausführungsmodus des Nicht-Datenstrommodus-Segments werden die dritten und vierten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden dritten und vierten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen des dritten und vierten Video-Tools umfassen, ausgeführt.

[0027] Bei einigen Ausführungsformen werden im Lernmodus die ersten und zweiten Sätze von Anweisungen in der ersten Reihenfolge ausgeführt, wobei mindestens einige der ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen mit Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tools und des zweiten Video-Tools durchsetzt sind, wobei die Anweisungen an der Benutzerschnittstelle in der ersten Reihenfolge angezeigt werden. Im Laufmodus wird dann im Datenstrommodus die Teileprogrammanweisung, die dem Datenstrommodus-Segment entspricht, verarbeitet, um eine Bilderfassungsroutine zu bestimmen, welche die Bilderfassungsanweisungen der ersten und zweiten Sätze von Anweisungen, jedoch nicht die Video-Tool-Anweisungen umfasst, wird die Bilderfassungsroutine zum Erfassen der Bilder ausgeführt, und während die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, werden die Video-Tool-Anweisungen ausgeführt.

[0028] Bei einigen Ausführungsformen erfolgt während des Laufmodus im Datenstrommodus mindestens ein Teil der Ausführung der Video-Tool-Anweisungen während des zweiten Durchgangs durch das Datenstrommodus-Segment parallel zur Ausführung der Bilderfassungsroutine.

[0029] Bei einigen Ausführungsformen wird im Laufmodus während der Ausführung der Bilderfassungsroutine eine Vielzahl der Bilderfassungsanweisungen in Reihe ausgeführt, wobei unterdessen beliebige Video-Tool-Anweisungen, die im Lernmodus durchsetzt waren, noch nicht ausgeführt werden, so dass die Anweisungen in der zweiten Reihenfolge ausgeführt werden, die anders als die erste Reihenfolge ist.

[0030] Bei einigen Ausführungsformen bewegen sich im Laufmodus, wenn die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt durchgehend im Verhältnis zueinander, um die Bilder zu erfassen.

[0031] Bei einigen Ausführungsformen wird das Datenstrommodus-Segment des Teileprogramms durch vorgegebene Darstellungen von Datenstrommodus-Anweisungen am Anfang und am Ende des Datenstrommodus-Segments identifiziert.

[0032] Bei einigen Ausführungsformen wird im Lernmodus bewirkt, dass die Teileprogrammanweisungen in dem Datenstrommodus-Segment, die in einer Teileprogrammdarstellung angezeigt werden, ein identisches Aussehen aufweisen wie ähnliche Teileprogrammanweisungen, die sich außerhalb des Datenstrommodus-Segments befinden, so dass ein Benutzer keine andere Programmierdarstellung oder Syntax verwenden muss, wenn er Vorgänge programmiert oder bearbeitet, die sich innerhalb des Datenstrommodus-Segments statt außerhalb des Datenstrommodus-Segments befinden.

[0033] Obwohl die vorhergehende Kurzdarstellung Ausführungsformen betont hat, die eine ausdrückliche Markierung oder Angabe des Datenstrommodus-Segments umfassen, kann bzw. können die Markierung des Datenstrommodus-Segments und/oder die Erkennung eines getrennten Modus oder eines Datenstroms von Vorgängen für bestimmte Benutzer unverständlich oder belanglos sein. Beispielsweise kann die Datenstrommodus-Ausführung auf allen Maschinen im Besitz eines Benutzers verfügbar sein, und/oder kann der standardmäßige oder einzige Ausführungsmodus sein, der für den Laufausführungsmodus auf einer Maschine verwendet wird, so dass es eventuell nicht notwendig ist, Datenstrommodusvorgänge zur speziellen Erkennung oder Berücksichtigung zu unterscheiden. Bei einigen Ausführungsformen können einige oder alle mit dem Datenstrommodus kompatiblen Anweisungen und/oder Vorgänge automatisch im Datenstrommodus während des Laufmodus ausgeführt werden. Bei einigen Umsetzungen kann dies die standardmäßige oder einzige Einstellung für den Laufausführungsmodus sein. Bei anderen Umsetzungen kann der Benutzer entweder die Datenstrom- oder die Nicht-Datenstrommodus-Ausführung als globalen „automatischen“ Ausführungsmodus im Laufmodus auswählen.

[0034] Auf jeden Fall versteht es sich, dass unabhängig davon, ob die Datenstrommodus-Anweisungen in einer Benutzerschnittstelle ausdrücklich markiert sind oder in einem Teileprogramm definiert sind, um eine Datenstrommodus-Ausführung im Laufmodus anzugeben, viele oder alle der zuvor beschriebenen Merkmale und Vorzüge der Darstellung und Ausführung des Nicht-Datenstrom-Bearbeitungsmodus.

des für die Benutzer im Lernmodus und/oder bei Bearbeitungsvorgängen wünschenswert bleiben, wie es nachstehend mit Bezug auf **Fig. 6A**, **Fig. 6B** und **Fig. 7** ausführlicher beschrieben wird.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] Die vorstehenden Aspekte und viele der dazugehörigen Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden in dem Maße besser anerkannt werden, wie sie mit Bezug auf die nachstehende ausführliche Beschreibung besser verständlich werden, wenn sie in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen gesehen wird. Es zeigen:

[0036] **Fig. 1** ein Diagramm, das diverse typische Komponenten eines universellen präzisen maschinellen Sichtinspektionssystems zeigt;

[0037] **Fig. 2** ein Blockdiagramm eines Steuerungssystemabschnitts und eines Sichtkomponentenabschnitts eines maschinellen Sichtinspektionssystems, ähnlich wie das aus **Fig. 1**, und das Merkmale gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst;

[0038] **Fig. 3** ein Diagramm einer Bearbeitungsschnittstelle, die eine Darstellung eines Teileprogramms umfasst, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst, für das ein durchgehender Datenstrom von Bilderfassungsvorgängen in einem Laufmodus ausgeführt wird;

[0039] **Fig. 4** ein Diagramm einer Benutzerschnittstelle, die einen Teil eines Werkstücks umfasst, an dem die Teileprogrammschritte aus **Fig. 3** ausgeführt werden;

[0040] **Fig. 5A** und **Fig. 5B** Ablaufschemata einer Ausführungsform einer Routine zum Bereitstellen einer Bearbeitungsumgebung für ein Teileprogramm, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst;

[0041] **Fig. 6A** und **Fig. 6B** Ablaufschemata einer Ausführungsform einer Routine zum Umsetzen einer Ausführungsform, wobei ein Teileprogramm unter Verwendung eines Datenstrommodus von Vorgängen im Laufmodus ausgeführt werden kann, wohingegen ein „Nicht-Datenstrom“-Bearbeitungsmodus zur Darstellung und Ausführung im Lernmodus verwendet werden kann; und

[0042] **Fig. 7** ein Zeitdiagramm **700**, das einen Aspekt eines Nicht-Datenstrom- oder Bearbeitungsausführungsmodus im Vergleich mit einem Datenstrom-Ausführungsmodus kennzeichnet.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0043] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm eines beispielhaften maschinellen Sichtinspektionssystems **10**,

das gemäß den hier beschriebenen Verfahren verwendbar ist. Das maschinelle Sichtinspektionssystem **10** umfasst eine Sichtmessmaschine **12**, die betriebsfähig angeschlossen ist, um Daten- und Steuersignale mit einem Steuercomputersystem **14** auszutauschen. Das Steuercomputersystem **14** ist ferner betriebsfähig angeschlossen, um Daten- und Steuersignale mit einem Monitor oder einer Anzeige **16**, einem Drucker **18**, einem Joystick **22**, einer Tastatur **24** und einer Maus **26** auszutauschen. Der Monitor oder die Anzeige **16** kann eine Benutzerschnittstelle anzeigen, die geeignet ist, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems **10** zu steuern und/oder zu programmieren.

[0044] Die Sichtmessmaschine **12** umfasst einen bewegbaren Werkstückarbeitsstisch **32** und ein optisches Bildgebungssystem **34**, das eine Zoom-Linse oder austauschbare Linsen umfassen kann. Die Zoom-Linse oder die austauschbaren Linsen stellen im Allgemeinen diverse Vergrößerungen für die Bilder bereit, die von dem optischen Bildgebungssystem **34** bereitgestellt werden. Das maschinelle Sichtinspektionssystem **10** ist im Allgemeinen mit der zuvor besprochenen Reihe QUICK VISION® von Sichtsystemen und der Software QVPAK® und ähnlichen handelsüblichen präzisen maschinellen Sichtinspektionssystemen aus dem Stand der Technik vergleichbar. Das maschinelle Sichtinspektionssystem **10** wird auch in den gemeinsam übertragenen US-Patenten Nr. 7,454,053, 7,324,682, 8,111,938 und 8,111,905 beschrieben, die hiermit jeweils zur Bezugnahme vollständig übernommen werden.

[0045] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm eines Steuerungssystemabschnitts **120** und eines Sichtkomponentenabschnitts **200** eines maschinellen Sichtinspektionssystems **100** ähnlich wie das maschinelle Sichtinspektionssystem aus **Fig. 1** und umfasst Merkmale gemäß der vorliegenden Offenbarung. Wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird, wird der Steuerungssystemabschnitt **120** verwendet, um den Sichtkomponentenabschnitt **200** zu steuern. Der Sichtkomponentenabschnitt **200** umfasst einen optischen Baugruppenabschnitt **205**, die Lichtquellen **220**, **230** und **240** und ein einen Werkstückarbeitsstisch **210**, der einen mittleren durchsichtigen Abschnitt **212** aufweist. Der Werkstückarbeitsstisch **210** ist steuerbar entlang den X- und Y-Achsen bewegbar, die in einer Ebene liegen, die im Allgemeinen zur Oberfläche des Arbeitstischs parallel ist, auf dem ein Werkstück **20** positioniert sein kann. Der optische Baugruppenabschnitt **205** umfasst ein Kamerasystem **260**, eine austauschbare Objektivlinse **250** und kann eine Revolverlinsenbaugruppe **280** umfassen, welche die Linsen **286** und **288** aufweist. Alternativ zu der Revolverlinsenbaugruppe kann eine feststehende oder manuell austauschbare Vergrößerungsänderungslinse oder eine Zoom-Linsenkonfiguration oder dergleichen enthalten sein. Der optische Bau-

gruppenabschnitt **205** ist entlang einer Z-Achse, die zu den X- und Y-Achsen orthogonal ist, unter Verwendung eines steuerbaren Motors **294** steuerbar bewegbar.

[0046] Ein Werkstück **20** oder eine Ablage oder ein Befestigungselement, das eine Vielzahl von Werkstücken **20** festhält, die unter Verwendung des maschinellen Sichtinspektionssystems **100** abzubilden sind, wird auf den Werkstückarbeits-tisch **210** gelegt. Der Werkstückarbeits-tisch **210** kann gesteuert werden, um sich im Verhältnis zu dem optischen Baugruppenabschnitt **205** derart zu bewegen, dass sich die austauschbare Objektivlinse **250** zwischen Stellen an einem Werkstück **20** und/oder zwischen einer Vielzahl von Werkstücken **20** bewegt. Eine oder mehrere von einer Arbeitstischleuchte **220**, einer Koaxialleuchte **230** und einer Oberflächenleuchte **240** emittiert bzw. emittieren jeweils Ausgangslicht **222**, **232** oder **242**, um das oder die Werkstücke **20** zu beleuchten. Das Ausgangslicht wird als Werkstücklicht **255**, das durch die austauschbare Objektivlinse **250** und die Revolverlinsenbaugruppe **280** geht, reflektiert oder durchgelassen und wird von dem Kamerasystem **260** gesammelt. Das Bild von dem oder den Werkstücken **20**, das von dem Kamerasystem **260** aufgenommen wird, wird auf einer Signalleitung **262** an den Steuersystemabschnitt **120** ausgegeben. Die Lichtquellen **220**, **230** und **240** können jeweils über Signalleitungen oder Busse **221**, **231** und **241** an den Steuersystemabschnitt **120** angeschlossen sein. Um die Bildvergrößerung zu ändern, kann der Steuersystemabschnitt **120** die Revolverlinsenbaugruppe **280** entlang der Achse **284** drehen, um über eine Signalleitung oder einen Bus **281** die Revolverlinse auszuwählen.

[0047] Bei diversen Ausführungsbeispielen ist der optische Baugruppenabschnitt **205** in Richtung der senkrechten Z-Achse im Verhältnis zum Werkstückarbeits-tisch **210** unter Verwendung eines steuerbaren Motors **294**, der ein Stellglied ansteuert, eines Verbindungskabels oder dergleichen bewegbar, um den optischen Baugruppenabschnitt **205** entlang der Z-Achse zu bewegen, um den Brennpunkt des Bildes, das von dem Kamerasystem **260** aufgenommen wird, zu ändern. Die Begriff Z-Achse, wie er hier verwendet wird, bezieht sich auf die Achse, die dazu gedacht ist, zum Fokussieren des Bildes verwendet zu werden, das von dem optischen Baugruppenabschnitt **205** erzielt wird. Soweit er verwendet wird, ist der steuerbare Motor **294** über eine Signalleitung **296** an eine Ein-/Ausgangsschnittstelle **130** angeschlossen.

[0048] Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst der Steuersystemabschnitt **120** bei diversen Ausführungsbeispielen einen Controller **125**, die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130**, einen Speicher **140**, eine Vorrichtung zum Generieren und Ausführen von Werkstückprogrammen **170** und einen Energieversorgungsabschnitt **190**. Jede dieser Komponenten, sowie die nach-

stehend beschriebenen zusätzlichen Komponenten, kann durch einen oder mehrere Daten-/Steuerbusse und/oder Anwendungsprogrammierschnittstellen oder durch direkte Verbindungen zwischen den diversen Elementen zusammengeschaltet werden.

[0049] Bei diversen Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst die Vorrichtung zum Generieren und Ausführen von Werkstückprogrammen **170** einen Bearbeitungsabschnitt **172**, der diverse Vorgänge und Benutzerschnittstellenmerkmale bezüglich der Bearbeitung eines Teileprogramms bereitstellt oder aktiviert, wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird. Es versteht sich, dass die Begriffe „Werkstückprogramm“ und „Teileprogramm“ hier austauschbar verwendet werden können. Im Allgemeinen umfasst der Bearbeitungsabschnitt **172** einen Bearbeitungsvorgangs-Controller **174**, der die Vorgänge für die Bearbeitungsfunktionen steuert, und eine Bearbeitungsschnittstelle **176**, welche die Benutzerschnittstellenmerkmale für die Bearbeitungsfunktionen bereitstellt. Die Vorrichtung zum Generieren und Ausführen von Werkstückprogrammen **170** umfasst auch einen Datenstrommodus-Abschnitt **178**, der diverse Merkmale bereitstellt, die mit der vorliegenden Offenbarung verknüpft sind, wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird.

[0050] Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130** eine Bildgebungs-Steuerschnittstelle **131**, eine Bewegungs-Steuerschnittstelle **132**, eine Beleuchtungs-Steuerschnittstelle **133** und eine Linsen-Steuerschnittstelle **134**. Die Bewegungs-Steuerschnittstelle **132** kann ein Positionssteuerelement **132a** und ein Geschwindigkeits-/Beschleunigungssteuerelement **132b** umfassen, obwohl derartige Elemente zusammengelegt werden können und/oder nicht zu unterscheiden sind. Die Beleuchtungs-Steuerschnittstelle **133** umfasst Beleuchtungssteuerelemente **133a** bis **133n**, die beispielsweise die Auswahl, die Energie, den Ein-/Aus-Schalter und gegebenenfalls die Stroboskopimpuls-Zeiteinstellung für die diversen entsprechenden Lichtquellen des maschinellen Sichtinspektionssystems **100** steuern.

[0051] Der Speicher **140** umfasst einen Bilddatei-Speicherabschnitt **141**, einen Werkstückprogramm-Speicherabschnitt **142**, der ein oder mehrere Teileprogramme oder dergleichen umfassen kann, und einen Video-Tool-Abschnitt **143**. Der Video-Tool-Abschnitt **143** umfasst den Video-Tool-Abschnitt **143a** und andere Video-Tool-Abschnitte (z. B. **143 m**), welche die GUI, den Bildverarbeitungsvorgang usw. für jedes der entsprechenden Video-Tools bestimmen. Viele bekannte Video-Tools sind in handelsüblichen maschinellen Sichtinspektionssystemen enthalten, wie etwa in der zuvor angesprochenen Reihe QUICK VISION® von Sichtsystemen und der dazugehörigen Software QVPAK®. Der Video-Tool-Abschnitt

143 umfasst auch eine Vorrichtung zum Generieren von Interessenbereichen (ROI) **143x**, die automatische, halbautomatische und/oder manuelle Vorgänge unterstützt, die diverse ROIs definieren, die in diversen Video-Tools betriebsfähig sind, die in dem Video-Tool-Abschnitt **143** enthalten sind.

[0052] Im Allgemeinen speichert der Speicherabschnitt **140** Daten, die verwendbar sind, um den Sichtsystem-Komponentenabschnitt **200** zu bedienen, um ein Bild des Werkstücks **20** aufzunehmen oder zu erfassen, so dass das erfasste Bild des Werkstücks **20** gewünschte Bildkennzeichen aufweist. Der Speicherabschnitt **140** kann auch Inspektionsergebnisdaten speichern, kann ferner Daten speichern, die verwendbar sind, um das maschinelle Sichtinspektionssystem **100** zu bedienen, um diverse Inspektions- und Messvorgänge an den erfassten Bildern (z. B. teilweise als Video-Tools umgesetzt), entweder manuell oder automatisch auszuführen, und um die Ergebnisse über die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130** auszugeben. Der Speicherabschnitt **140** kann auch Daten enthalten, die eine Benutzerschnittstelle definieren, die über die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130** betriebsfähig ist.

[0053] Die Signalleitungen oder Busse **221**, **231** und **241** jeweils der Arbeitstischleuchte **220**, der Koaxialleuchte **230** und der Oberflächenleuchte **240** sind alle an die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130** angeschlossen. Die Signalleitung **262** von dem Kamerasystem **260** und die Signalleitung **296** von dem steuerbaren Motor **294** sind an die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130** angeschlossen. Zusätzlich zum Führen von Bilddaten kann die Signalleitung **262** ein Signal von dem Controller **125** führen, das die Bilderfassung einleitet.

[0054] Eine oder mehrere Anzeigevorrichtungen **136** (z. B. die Anzeige **16** aus **Fig. 1**) und eine oder mehrere Eingabevorrichtungen **138** (z. B. der Joystick **22**, die Tastatur **24** und die Maus **26** aus **Fig. 1**) können ebenfalls an die Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **130** angeschlossen sein. Die Anzeigevorrichtungen **136** und die Eingabevorrichtungen **138** können verwendet werden, um eine Benutzerschnittstelle zu verwenden, die diverse Benutzerschnittstellenmerkmale umfassen kann, um Inspektionsvorgänge auszuführen und/oder um Teileprogramme zu erstellen und/oder zu ändern, um die Bilder zu betrachten, die von dem Kamerasystem **260** aufgenommen werden, und/oder um den Sichtsystem-Komponentenabschnitt **200** direkt zu steuern.

[0055] Wenn ein Benutzer bei diversen Ausführungsbeispielen das maschinelle Sichtinspektionssystem **100** verwendet, um ein Teileprogramm für das Werkstück **20** zu erstellen, generiert der Benutzer Teileprogrammanweisungen entweder durch ausdrückliches Codieren der Anweisungen automatisch, halbautomatisch oder manuell, unter Ver-

wendung einer Werkstück-Programmiersprache und/oder durch Generieren der Anweisungen durch Bedienen des maschinellen Sichtinspektionssystems **100** in einem Lernmodus, um eine gewünschte Bilderfassungs-Trainingssequenz bereitzustellen. Beispielsweise kann eine Trainingssequenz das Positionieren eines Werkstückmerkmals im Blickfeld (FOV), das Einstellen von Lichtpegeln, das Fokussieren oder Autofokussieren, das Erfassen eines Bildes und das Bereitstellen einer Analysetrainingssequenz, die auf das Bild (z. B. unter Verwendung von Video-Tools) angewendet wird, umfassen. Der Lernmodus funktioniert derart, dass die Sequenz(en) aufgenommen oder aufgezeichnet und in entsprechende Teileprogrammschritte (d. h. Anweisungen) umgewandelt wird bzw. werden. Wenn das Teileprogramm ausgeführt wird, bewirken diese Teileprogrammschritte, dass das maschinelle Sichtinspektionssystem die antrainierten Bilderfassungs- und Analysevorgänge wiedergibt, um ein oder mehrere Werkstücke **20**, die dem Werkstück entsprechen, das verwendet wurde, als das Teileprogramm erstellt wurde, automatisch zu inspizieren.

[0056] Diesbezügliche Bearbeitungsmerkmale und Funktionen werden auch in den Patentanmeldungen mit dem Titel „Machine Vision System Program Editing Environment Including Real Time Context Generation Features“ (vorläufige US-Veröffentlichung Nr. 2013/0123945); „Machine Vision System Program Editing Environment Including Synchronized User Interface Features“ (vorläufige US-Veröffentlichung Nr. 2013/0125044); „System und Method Utilizing An Editing Initialization Block In A Part Program Editing Environment In A Machine Vision System“ (vorläufige US-Veröffentlichung Nr. 2013/0120567) beschrieben, die jeweils gleichzeitig hierzu eingereicht werden und hiermit zur Bezugnahme übernommen werden.

[0057] **Fig. 3** ist ein Diagramm einer Bearbeitungsschnittstelle **300**, die diverse Mess- und/oder Vorgangsauswahlleisten umfasst, wie etwa die Auswahlleiste **310**, und eine bearbeitbare Darstellung eines Teileprogramms **320**, das diversen Teileprogrammanweisungen entspricht und eine Darstellung eines Nicht-Datenstrommodus-Segments **330** und eine Darstellung eines Datenstrommodus-Segments **340** umfasst. Die Darstellung des Nicht-Datenstrommodus-Segments **330** umfasst einen Satz von Anweisungsdarstellungen des Teileprogramms **331** und **332**, und die Darstellung des Datenstrommodus-Segments **340** umfasst einen Satz von Anweisungsdarstellungen des Teileprogramms **341** bis **349**. Das Datenstrommodus-Segment **340** ist ein Segment des Teileprogramms **320**, das für die Datenstrommodus-Ausführung bezeichnet ist, wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird. Der Funktionsweise der spezifischen Teileprogrammanweisungen **331**

bis **349** wird nachstehend mit Bezug auf **Fig. 4** ausführlicher beschrieben.

[0058] **Fig. 4** ist ein Diagramm, das eine Benutzerschnittstelle **400** umfasst, die ein Blickfeldfenster **410** mit einem Abschnitt eines Werkstücks **415** abbildet. Die Benutzerschnittstelle **400** umfasst auch diverse Mess- und/oder Vorgangsauswahlleisten, wie etwa die Auswahlleisten **420** und **440**, ein Echtzeit-XYZ-(Positions-)Koordinatenfenster **430**, ein Lichtsteuerfenster **450** und ein Video-Tool-Parameterfeld **460**. Wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird, werden diverse Merkmale an dem Werkstück **415** gemäß den diesbezüglichen Teileprogrammanweisungen aus **Fig. 3** bestimmt.

[0059] Die folgende Beschreibung erfolgt mit Bezug sowohl auf die Anweisungsdarstellungen des Teileprogramms **321** bis **350** aus **Fig. 3** als auch auf die entsprechenden Aktionen bezüglich des Werkstücks **415** aus **Fig. 4**. Wie in **Fig. 3** gezeigt, beginnt das Teileprogramm **320** mit den Anweisungsdarstellungen **321**, **331** und **332**, die den Prologknoten angeben, an dem jeweils die Leuchten eingestellt werden und der Arbeitstisch an die gewünschte Stelle bewegt wird. Mit Bezug auf **Fig. 4** wäre die Einstellung der Leuchten im Hinblick auf die Beleuchtung in dem Blickfeldfenster **410** sichtbar, und die Bewegung des Arbeitstisches wäre in dem Blickfeldfenster **410** sichtbar und würde in dem Echtzeit-XYZ-(Positions-)Koordinatenfenster **430** angegeben. Wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird, sind die Anweisungsdarstellungen **331** und **332** Teil der Darstellung des Nicht-Datenstrommodus-Segments **330**, auf die in der Abbildung aus **Fig. 3** die Darstellung des Datenstrommodus-Segments **340** folgt. Es versteht sich, dass obwohl zum Zweck der Abbildung die Darstellung des Nicht-Datenstrommodus-Segments **330** derart ausgebildet wurde, dass sie nur zwei Anweisungsdarstellungen umfasst, in einer ausführlicheren Ausführungsform mehrere Anweisungsdarstellungen enthalten sein können, wie etwa Darstellungen von Video-Tool-Anweisungen usw., wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird.

[0060] Die Anweisungsdarstellung **341** ist ein Datenstrommodus-Anweisungselement, das den Anfang des Datenstrommodus-Segments **340** bezeichnet. Die Anweisungsdarstellung **341** kann beispielsweise durch Aktivieren des Datenstrommodus-Abschnitts **178** über eine Menüauswahl in einem Programmemenü **360** eingefügt werden. Die Anweisungsdarstellungen **342**, **343**, **344** und **345** geben dann jeweils an, dass die Vergrößerung eingestellt ist, die Bahnglättung abgeschaltet ist, die zulässige Bewegung eingestellt ist und die Leuchten eingestellt sind.

[0061] Die Anweisungsdarstellung **346** gibt dann an, dass ein Kreis-Tool zum Messen eines Kreises C1 geöffnet wird, wie durch die entsprechenden Anwei-

sungsdarstellungen **346A** bis **346C** angegeben. Genauer gesagt gibt die Anweisungsdarstellung **346A** eine Einrichtung zum Messen (z. B. einschließlich der Bewegung des Arbeitstisches an eine bestimmte Stelle und eine Erfassung eines entsprechenden Bildes) an, während die Anweisungsdarstellung **346B** die Verwendung eines Kreis-Tools angibt, um Randpunkte des Kreises C1 zu bestimmen, der sich in dem erfassten Bild befindet. Die Funktionen und Vorgänge der Kreis-Tools und anderer Kantenerkennungs-Video-Tools sind in der Technik bekannt und werden in den zuvor übernommenen Referenzen ausführlicher beschrieben. Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird ein Kreis-Tool im Blickfeldfenster **410** als ein Kreismerkmal (wie beispielsweise den Kreis C1) auf dem Werkstück **415** überlagernd abgebildet. Die Randpunkte, die von dem Kreis-Tool bestimmt werden, werden dann von der Anweisungsdarstellung **346C** verwendet, um den Kreis C1 zu definieren.

[0062] Ähnlich geben die Anweisungsdarstellungen **347** und **348** an, dass die Kreis-Tools zum Messen jeweils der Kreise C2 und C3 geöffnet werden, wie durch die entsprechenden Anweisungsdarstellungen **347A** bis **347C** und **348A** bis **348C** angegeben. Genauer gesagt geben die Anweisungsdarstellungen **347A** und **348A** eine Einrichtung zur Messung an (z. B. einschließlich der Bewegung des Arbeitstisches an bestimmte Stellen und der Erfassung entsprechender Bilder), wohingegen die Anweisungsdarstellungen **347B** und **348B** die Verwendung eines Kreis-Tools angeben, um die Randpunkte der Kreise C2 und C3 anzugeben, die sich in den erfassten Bildern befinden. Mit Bezug auf **Fig. 4** gibt dies an, dass der Arbeitstisch derart bewegt würde, dass das Blickfeldfenster **415** die Bewegung von dem Kreismerkmal C1 bis jeweils zu den Kreismerkmalen C2 und C3 für die Erfassung der entsprechenden Bilder zeigen würde. Die Randpunkte, die durch die Kreis-Tools bestimmt werden, werden dann von den Anweisungsdarstellungen **347C** und **348C** verwendet, um die Kreise C2 und C3 zu definieren. Die Anweisungsdarstellung **349** ist ein Datenstrommodus-Anweisungselement, welches das Ende des Datenstrommodus-Segments **340** bezeichnet. Die Anweisungsdarstellung **350** gibt das Ende des Teileprogramms an.

[0063] Mit Bezug auf die ursprüngliche Erstellung des Teileprogramms **320** werden Teileprogrammanweisungen im Lernmodus gemäß der Benutzereingabe aufgezeichnet (z. B. wie über die Benutzerschnittstelle bereitgestellt, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern). Anschließend werden in einem Bearbeitungsmodus die zuvor beschriebenen Anweisungsdarstellungen des Teileprogramms **321** bis **350** in einer Bearbeitungsschnittstelle, wie etwa der Bearbeitungsschnittstelle **300** aus **Fig. 3**, bereitgestellt, um die entsprechenden Teileprogrammanweisungen (z. B. wie in einer Programmiersprache verfasst) in einer vereinfachten

Form aus praktischen Gründen und zur einfachen Verwendung darzustellen. Wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird, obwohl die Sequenz der Anweisungsdarstellungen des Teileprogramms **341** bis **349** in dem Datenstrommodus-Segment **340** im Bearbeitungsmodus in einer ersten Reihenfolge (d. h. in der Reihenfolge, die in **Fig. 3** abgebildet ist) dargestellt sind, können in einem Laufmodus gemäß der vorliegenden Offenbarung die entsprechenden Teileprogrammanweisungen gemäß einer zweiten Reihenfolge ausgeführt werden.

[0064] Genauer gesagt umfasst bei einer Ausführungsform der Laufmodus einen Datenstrom-Ausführungsmodus, der auf identifizierte Datenstrom-Segmente anwendbar ist, und der Datenstrommodus ist derart konfiguriert, dass die Teileprogrammanweisungen, die der Darstellung des Datenstrommodus-Segments **340** entsprechen, verarbeitet werden, um die Bilderfassungsvorgänge zu identifizieren, die in dem Datenstrom-Segment enthalten sind (z. B. eine Vielzahl von Bilderfassungsvorgängen). Der Bilderfassungsprozess für die Vielzahl von Bildern kann beginnen, sobald es diese Verarbeitung erlaubt. Ferner werden die Teileprogrammanweisungen, die der Darstellung des Datenstrommodus-Segments **340** entsprechen, verarbeitet, um die Bildanalysevorgänge zu identifizieren, die den erfassten Bildern entsprechen, und die identifizierten Bildanalyseanweisungen (z. B. Video-Tool-Vorgänge) können beginnen, sobald ihre entsprechenden Bilder erfasst werden, vorausgesetzt, dass dies nicht die Sequenz von Bilderfassungsvorgängen unterbricht (z. B. kann ein Dauerbetrieb, der verwendet wird, um die Bilder zu erfassen, unabhängig von den Bildanalysevorgängen fortzuführen).

[0065] Als spezifisches Beispiel wird die Reihenfolge von Vorgängen des Teileprogramms **320** wie folgt ausgeführt. Die Anweisungsdarstellung **321** für den Prologknoten, sowie die Anweisungsdarstellungen **331** und **332** für die Einstellung der Leuchten und die Bewegung des Arbeitstisches (die Teil der Darstellung des Nicht-Datenstrommodus-Segments **330** sind), werden in der gezeigten Reihenfolge ausgeführt. Wie zuvor beschrieben, sobald die Anweisungsdarstellung **341** erreicht ist, gibt dies den Beginn der Darstellung des Datenstrommodus-Segments **340** an, welche die Datenstrommodusverarbeitung beginnt. Im Datenstrommodus erfolgt ein erster Durchgang durch das Datenstrommodus-Segment **340**, um eine Liste von Bilderfassungsvorgängen zu bestimmen, die dann ausgeführt werden, und dann ein zweiter Durchgang, um die Ausführung von Bildanalysevorgängen (z. B. Video-Tool-Vorgängen) zu beginnen.

[0066] Genauer gesagt werden bei dem ersten Durchgang durch das Datenstrommodus-Segment **340** bei einer Ausführungsform alle Vorgänge, die be-

nötigt werden, um Bilder zu erfassen, zu der Liste für eine Bilderfassungsroutine hinzugefügt, wohingegen alle Vorgänge, die für Bilderfassungsvorgänge nicht benötigt werden, ignoriert werden. Bei einem spezifischen Ausführungsbeispiel werden die Anweisungsdarstellungen **342** bis **345**, die alle Teil der Einrichtung des maschinellen Sichtinspektionssystems zum Erfassen der Bilder sind, somit zur Liste der Vorgänge hinzugefügt, die Teil der Bilderfassungsroutine sind. Im Gegensatz dazu wird die Anweisungsdarstellung des Teileprogramms **346**, die angibt, dass ein Kreismess-Tool geöffnet werden muss, nicht zu der Liste für die Bilderfassungsroutine hinzugefügt, weil sie nicht notwendig ist, um das entsprechende Bild zu erfassen. Die Anweisungsdarstellung **346A**, die eine Einrichtung zur Messung angibt, wozu das Gehen zu einer Position und das Erheben eines Bildes gehören, wird jedoch zu der Liste für die Bilderfassungsroutine hinzugefügt. Die Anweisungsdarstellungen **346B** und **346C**, die das Ausführen des Kreis-Tools und das Definieren des Kreises betreffen, sind für die Bilderfassung nicht notwendig und werden somit ignoriert statt zu der Liste hinzugefügt zu werden. Ähnlich wird die Anweisungsdarstellung **347** ignoriert, die Anweisungsdarstellung **347A** wird zu der Liste hinzugefügt, die Anweisungsdarstellungen **347B**, **347C** und **348** werden ignoriert, die Anweisungsdarstellung **348A** wird zu der Liste hinzugefügt, und die Anweisungsdarstellungen **348B** und **348C** werden ignoriert.

[0067] Nach dem ersten Durchgang durch das Datenstrommodus-Segment **340**, nachdem die Bilderfassungsroutine gemäß den Anweisungsdarstellungen **342** bis **345**, **346A**, **347A** und **348A** bestimmt wurde, wird mit der Ausführung der Bilderfassungsroutine begonnen. Obwohl die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, erfolgt ein zweiter Durchgang durch das Datenstrommodus-Segment **340**, währenddessen die Bildanalysevorgänge (z. B. Video-Tool-Vorgänge) ausgeführt werden. Während des zweiten Durchgangs werden bei einer Ausführungsform die Anweisungsdarstellungen **342** bis **345**, die keine Bildanalysevorgänge umfassen, ignoriert. Die Anweisungsdarstellung **346**, die angibt, dass eine Kreismessung zu öffnen ist, wird ausgeführt.

[0068] Die Anweisungsdarstellung **346A** ist ein Sonderfall, der sowohl Bilderfassungs- als auch Bildanalysevorgänge angibt, wie es nachstehend ausführlicher beschrieben wird. Kurz gesagt gibt während des zweiten Durchgangs die Anweisungsdarstellung **346A**, die zuvor Bilderfassungsvorgänge angab, auch an, dass ein Bild zu laden ist, wobei es sich um einen Bildanalysevorgang handelt, und wird somit ausgeführt. Genauer gesagt, falls das Bild, das von der Anweisungsdarstellung **346A** angegeben wird, bereits von der Bilderfassungsroutine erfasst wurde, die wie zuvor angegeben gestartet wurde, dann wird das Bild geladen. Falls das Bild noch nicht erfasst

wurde, dann wird der Prozess für den zweiten Durchgang zeitweise angehalten, bis das Bild von der Bilderfassungsroutine erfasst wird. Somit können, wie durch die Anweisungsdarstellung **346A** abgebildet, bestimmte Anweisungsdarstellungen Vorgänge angeben, die sowohl während des ersten als auch während des zweiten Durchgangs durch das Datenstrommodus-Segment **340** ausgeführt werden.

[0069] Nach der Ausführung der Anweisungsdarstellung **346A** fährt der zweite Durchgang mit den Anweisungsdarstellungen **346B** und **346C** fort, die zum Ausführen des Kreis-Tools und zum Definieren des Kreises C1 gemäß den Randpunkten, die von dem Kreis-Tool bestimmt werden, ausgeführt werden. Ähnlich wird die Anweisungsdarstellung **347** ausgeführt, und die Anweisungsdarstellung **347A** zum Laden des entsprechenden Bildes des Kreises C2 wird ausgeführt, falls das Bild durch die Bilderfassungsroutine erfasst wurde, und wird abgewartet, falls das Bild noch nicht erfasst wurde. Nach der Ausführung der Anweisungsdarstellung **347A** werden die Anweisungsdarstellungen **347B**, **347C** und **348** ausgeführt, wobei die Anweisungsdarstellung **348A** ausgeführt wird, falls das entsprechende Bild verfügbar ist, oder ansonsten abgewartet wird, falls das Bild noch nicht erfasst wurde. Nach der Ausführung der Anweisungsdarstellung **348A** werden die Anweisungsdarstellungen **348B** und **348C** ausgeführt, wobei die Anweisungsdarstellung **349** das Ende des Datenstrommodus-Segments **340** und das Ende des Datenstrommodus angibt. Es versteht sich, dass bei einer Ausführungsform, bei der zusätzliche Anweisungsdarstellungen auf das Datenstrommodus-Segment **340** folgten, diese außerhalb des Datenstrommodus liegen würden und in der gezeigten Reihenfolge gemäß dem Nicht-Datenstrommodus ausgeführt würden, ähnlich wie die Anweisungselemente **331** und **332** des Nicht-Datenstrommodus-Segments **330**.

[0070] Es versteht sich, dass die zuvor beschriebenen Vorgänge und die Bearbeitungsumgebung für ein Datenstrommodus-Segment gegenüber gewissen Umsetzungen nach dem Stand der Technik vorteilhaft sind. Genauer gesagt wurde bei bestimmten früheren Umsetzungen eine ausdrückliche Liste von Befehlen für die Bilderfassung verwendet, und eine andere ausdrückliche Liste von Befehlen wurde zum Analysieren der Bilder verwendet, die erfasst wurden. Um Dauerbetrieb-Bilderfassungen zum Zeitpunkt der Programmierung zu erreichen, wurden die Bilderfassungsanweisungen in eine getrennte Liste organisiert und befanden sich in anderen Programmierdarstellungen und in anderer Syntax in dem Teileprogramm. Dadurch wurde die Bearbeitung und das „Debugging“ der entsprechenden Teileprogramme erschwert. Wenn genauer gesagt ein Benutzer zu einem Teileprogramm zurückkehrte, bei dem die Vorgänge umgeordnet werden mussten und andere Pro-

grammierdarstellungen und Syntax für die Dauerbetrieb-Bilderfassung verwendet wurden, war es verwirrender zu bestimmen, wie die Anweisungen zu bearbeiten oder umzuprogrammieren waren, die sich innerhalb statt außerhalb der Dauerbetrieb-Bilderfassungsroutine befanden. Zusätzlich war das Debugging des Teileprogramms dadurch noch komplizierter, dass es keine leicht sichtbare Darstellung der Schritte gab, wie sie ursprünglich ausgeführt wurden, wodurch es schwieriger wurde zu bestimmen, welche Anweisungen welche Ergebnisse verursacht hatten.

[0071] Gemäß der vorliegenden Offenbarung, wie zuvor beschrieben, wird eine wünschenswertere Bearbeitungsumgebung bereitgestellt, bei der die Anweisungsdarstellungen des Teileprogramms in ihrer ursprünglichen Reihenfolge bereitgestellt werden können. Ferner sind Anweisungsdarstellungen innerhalb eines Datenstrommodus-Segments (z. B. Datenstrommodus-Segment **340**) ausgestaltet, um ein identisches Aussehen zu haben wie diejenigen außerhalb eines Datenstrommodus-Segments. Als spezifisches Beispiel, wenn die Anweisungsdarstellungen **346**, **346A**, **346B** und **346C** außerhalb des Datenstrommodus-Segments **340** aufgezeichnet worden wären (z. B. innerhalb des Nicht-Datenstrommodus-Segments **330**), hätten sie ein identisches Aussehen in der Bearbeitungsschnittstelle **300** außer der Tatsache, dass die Darstellung in der Anweisungsdarstellung **341** „enthalten“ wäre. Dies ist anders als bei den zuvor beschriebenen Verfahren nach dem Stand der Technik, bei denen derartige Anweisungsdarstellungen in einer anderen Programmierdarstellung und Syntax innerhalb eines Datenstrommodus-Segments im Vergleich zu außerhalb bereitgestellt würden. Wie zuvor beschrieben, ermöglicht die Darstellung des Teileprogramms **320**, wie in der Bearbeitungsschnittstelle **300** abgebildet, auch die sequenzielle Durchführung des Debugging des Teileprogramms selbst innerhalb des Datenstrommodus-Segments **340**. Genauer gesagt kann ein Benutzer während eines Debugging-Prozesses (z. B. im Bearbeitungsmodus) auswählen, dass die Anweisungsdarstellungen innerhalb des Datenstrommodus-Segments **340** in der ersten Reihenfolge ausgeführt werden (d. h. in der Reihenfolge, die in der Bearbeitungsdarstellung **300** angegeben wird), wobei es sich um die Reihenfolge handelt, in der sie ursprünglich programmiert wurden, in einem Schritt-für-Schritt-Prozess, um die Bestimmung, welche Anweisungsdarstellungen welche Ergebnisse verursachen, zu vereinfachen.

[0072] Fig. 5A und Fig. 5B sind Ablaufschemata **500A** und **500B** einer Ausführungsform einer Routine zum Bereitstellen einer Bearbeitungsumgebung für ein Teileprogramm, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst. Wie in Fig. 5A gezeigt, wird in einem Block **510** ein Lernmodus bereitgestellt, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu emp-

fangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen. Der Lernmodus ist auch betriebsfähig, um ein Teileprogramm zu bearbeiten und zuvor aufgezeichnete Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen.

[0073] In einem Block **520** werden Merkmale der Benutzerschnittstelle bereitgestellt, die ein benutzersteuerbares Datenstrommodus-Anweisungselement und eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen umfassen. Das benutzersteuerbare Datenstrommodus-Anweisungselement ist verwendbar, um ein Datenstrommodus-Segment zu bezeichnen, das ein Segment eines Teileprogramms umfasst, das für die Datenstrommodus-Ausführung bezeichnet ist. Die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung kann Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, und eine Darstellung des Datenstrommodus-Segments umfassen.

[0074] In einem Block **530** wird ein Laufmodus bereitgestellt, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Nicht-Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich nicht in einem Datenstrommodus-Segment befinden, und einen Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich in einem Datenstrommodus-Segment befinden, umfasst. Von dem Block **530** fährt die Routine bis zu einem Punkt A fort, wie es nachstehend mit Bezug auf **Fig. 5B** ausführlicher beschrieben wird.

[0075] Wie in **Fig. 5B** gezeigt, fährt die Routine von Punkt A mit einem Block **540** fort. In dem Block **540** wird der Lernmodus derart konfiguriert, dass die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen darstellt, die Bilderfassungs- und entsprechende Bildanalyseanweisungen in einer ersten Reihenfolge umfassen, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgängen ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen. Der Lernmodus ist ferner derart konfiguriert, dass der Bearbeitungsausführungsmodus die Teileprogrammanweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist, unabhängig davon, ob die erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist oder nicht, auszuführen.

[0076] In einem Block **550** wird der Laufmodus derart konfiguriert, dass der Datenstrommodus die ers-

te Vielzahl von Teileprogrammanweisungen, wenn sie in einem Datenstrommodus-Segment enthalten sind, gemäß einer zweiten Reihenfolge ausführt. Die zweite Reihenfolge umfasst das Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen. Bei einer Ausführungsform können die Bilderfassungsvorgänge in der sequenziellen Reihenfolge während einer Dauerbetriebssequenz ausgeführt werden. Die zweite Reihenfolge umfasst ferner das Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden.

[0077] Obwohl die vorhergehende Kurzdarstellung Ausführungsformen betont hat, die eine ausdrückliche Markierung oder Angabe des Datenstrommodus-Segments umfassen, kann bzw. können die Markierung des Datenstrommodus-Segments und/oder die Erkennung eines getrennten Modus oder eines Datenstroms von Vorgängen für bestimmte Benutzer unverständlich oder belanglos sein. Beispielsweise kann die Datenstrommodus-Ausführung auf allen Maschinen im Besitz des Benutzers verfügbar sein und/oder kann der standardmäßige oder einzige Ausführungsmodus sein, der für den Laufausführungsmodus auf einer Maschine verwendet wird, so dass es eventuell nicht notwendig ist, einen oder mehrere Datenstrommodus-Vorgänge zur speziellen Erkennung oder Berücksichtigung zu unterscheiden. Daher können Darstellungen und Code-Markierungen der Datenstrommodus-Benutzerschnittstelle, wie etwa die Teileprogrammdarstellung **341**, bei einigen Ausführungsformen entfallen; zum Beispiel bei diversen Ausführungsformen, die ähnlich wie diejenigen sind, die nachstehend mit Bezug auf **Fig. 6**, **Fig. 7A** und **Fig. 7B** beschrieben werden. Beispielsweise können bei einigen Ausführungsformen einige oder alle mit dem Datenstrommodus kompatiblen Anweisungen und/oder Vorgänge automatisch im Datenstrommodus während des Laufmodus ausgeführt werden. Bei einigen Umsetzungen kann dies die standardmäßige oder einzige Einstellung für den Laufausführungsmodus sein. Bei anderen Umsetzungen kann der Benutzer entweder die Datenstrom- oder die Nicht-Datenstrommodus-Ausführung als globalen „automatischen“ Ausführungsmodus im Laufmodus auswählen.

[0078] Auf jeden Fall versteht es sich, dass unabhängig davon, ob die Datenstrommodus-Anweisungen in einer Benutzerschnittstelle ausdrücklich markiert sind oder in einem Teileprogramm definiert sind, um eine Datenstrommodus-Ausführung im Laufmodus anzugeben, viele oder alle der zuvor beschriebenen Merkmale und Vorzüge der Darstellung und

Ausführung des Nicht-Datenstrom-Bearbeitungsmodus für die Benutzer im Lernmodus und/oder bei Bearbeitungsvorgängen aus den zuvor angesprochenen Gründen wünschenswert bleiben.

[0079] Um eine derartige Ausführungsform allgemein zusammenzufassen, kann ein präzises maschinelles Sichtinspektionssystem einen Bildgebungsabschnitt, einen Arbeitstisch zum Halten eines oder mehrerer Werkstücks in einem Blickfeld (FOV) des Bildgebungsabschnitts, einen Steuerabschnitt, eine Anzeige und eine Benutzerschnittstelle umfassen. Das maschinelle Sichtinspektionssystem kann ferner einen Lernmodus umfassen, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen, der betriebsfähig ist, um ein Teileprogramm zu bearbeiten, und der betriebsfähig ist, um zuvor aufgezeichnete Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen. Der Lernmodus kann Merkmale einer Benutzerschnittstelle umfassen, die eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen umfassen, die Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, und Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, umfassen. Das maschinelle Sichtinspektionssystem kann ferner einen Laufmodus umfassen, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen umfasst. Der Lernmodus kann derart konfiguriert sein, dass die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen darstellt, die Bilderfassungs- und entsprechende Bildanalyseanweisungen in einer ersten Reihenfolge umfassen, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgänge ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen, und der Bearbeitungsausführungsmodus führt die Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen aus, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist. Der Laufmodus kann derart konfiguriert sein, dass der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen gemäß einer zweiten Reihenfolge ausführt, wobei die zweite Reihenfolge das Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, und das Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanwei-

sungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden, umfasst.

[0080] Fig. 6A und Fig. 6B sind Ablaufschemata **600A** und **600B** einer Ausführungsform einer Routine zum Umsetzen einer Ausführungsform, die mit der direkt zuvor angesprochenen vereinbar ist, wobei ein Teileprogramm im Allgemeinen unter Verwendung eines Datenstrommodus von Vorgängen im Laufmodus ausgeführt werden kann, während ein benutzerfreundlicherer „Nicht-Datenstrom“-Bearbeitungsmodus zur Darstellung und Ausführung im Lernmodus verwendet werden kann.

[0081] Wie in Fig. 6A gezeigt, wird in einem Block **610** ein Lernmodus bereitgestellt, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen. Der Lernmodus ist auch betriebsfähig, um ein Teileprogramm zu bearbeiten und zuvor aufgezeichnete Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen. In einem Block **620** werden Merkmale der Benutzerschnittstelle bereitgestellt, die eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen umfassen. Die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung kann Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, und Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, umfassen. In einem Block **630** wird ein Laufmodus bereitgestellt, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Datenstrommodus umfasst, um Teileprogrammanweisungen auszuführen. Von dem Block **630** fährt die Routine mit einem Punkt A fort, wie es nachstehend mit Bezug auf Fig. 6B ausführlicher beschrieben wird.

[0082] Wie in Fig. 6B gezeigt, fährt die Routine von Punkt A mit einem Block **640** fort. In dem Block **640** wird der Lernmodus derart konfiguriert, dass die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen darstellt, die Bilderfassungs- und entsprechende Bildanalyseanweisungen in einer ersten Reihenfolge umfassen, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgänge ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen. Der Lernmodus ist ferner derart konfiguriert, dass der Bearbeitungsausführungsmodus die Teileprogrammanweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist. In einem Block **650** wird der Laufmodus derart konfiguriert, dass der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogrammanwei-

sungen gemäß einer zweiten Reihenfolge ausführt. Die zweite Reihenfolge umfasst das Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen. Bei einer Ausführungsform können die Bilderfassungsvorgänge in der sequenziellen Reihenfolge während einer Dauerbetriebssequenz ausgeführt werden. Die zweite Reihenfolge kann ferner das Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms umfassen, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden.

[0083] Bei einer Ausführungsform kann das Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge auszuführen, das Ausführen von Bilderfassungsvorgängen während einer durchgehenden Bilderfassungssequenz umfassen, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt ungefähr durchgehend im Verhältnis zueinander bewegen, um die Bilder zu erfassen, mit Ausnahme von Bilderfassungs-Bewegungsvorgängen, die notwendig sind, um die Bildunschärfe an Bildgebungsstellen zu begrenzen, und ohne Bewegungsverzögerungen auf Grund von Bildanalysevorgängen. Beispielsweise mit Bezug auf das in **Fig. 3** gezeigte Teileprogramm **320**, während der Vorgänge, die der Anweisungsdarstellung **346A** entsprechen, kann eine Einrichtung zum Messen eine Bewegung des Arbeitstisches bis zu einer bestimmten Stelle und eine Erfassung eines entsprechenden Bildes umfassen, während die Bewegung entweder angehalten oder ausreichend verlangsamt wird, um Bildunschärfe zu begrenzen. Eine ähnliche Bewegung kann für die Vorgänge verwendet werden, die den Anweisungsdarstellungen **347A** und **348A** entsprechen.

[0084] Die vorstehende Beschreibung hat Ausführungsformen betont, bei denen das maschinelle Sichtinspektionssystem eine Stroboskopbeleuchtung oder andere Mittel umfasst, um eine schnelle Bildbeleuchtung ohne Unschärfe während einer Datenstrommodus-Ausführung eines Teileprogramms zu ermöglichen. Bei solchen Systemen kann die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während einer echten Dauerbetriebssequenz erfolgen, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen ohne anzuhalten. Bei anderen Ausführungsformen, bei denen dem maschinellen Sichtinspektionssystem die Stroboskopbeleuchtung fehlt oder es ansonsten benötigt, dass die relative Bewegung verlangsamt oder zeitweise angehalten wird, um die Bildunschärfe zu begrenzen, kann die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in

der sequenziellen Reihenfolge jedoch während der Datenstrommodus-Ausführung erfolgen, während eine ungefähre Dauerbetriebssequenz verwendet wird, und die zuvor angesprochenen wesentlichen Vorzüge können weiter behalten werden. Bei diversen Ausführungsformen kann die ungefähre Dauerbetriebssequenz dann die notwendigen Bewegungsvorgänge umfassen, die eine Bildunschärfe verhindern (z. B. Verlangsamen oder zeitweises Anhalten der ansonsten durchgehenden Bewegung, wie es von den Anforderungen der Bilderfassung vorgeschrieben wird), umfasst jedoch keine Bewegungsverzögerungen mit Bezug auf das Ausführen einer Bildanalyse oder dergleichen, um die gesamte Ausführungszeit des Teileprogramms während der Datenstrommodus-Ausführung zu reduzieren oder zu minimieren. Dieser Gedanke wird mit Bezug auf **Fig. 7** verdeutlicht.

[0085] **Fig. 7** ist ein Zeitdiagramm **700**, das einen Aspekt eines Ausführungsbeispiels eines Nicht-Datenstrom- oder Bearbeitungsausführungsmodus **710** und eines Ausführungsbeispiels der Datenstrommodus-Ausführung **740** kennzeichnet. Die Zeitsequenz, die mit dem Nicht-Datenstrom- oder Bearbeitungsausführungsmodus **710** verknüpft ist, gibt keine sequenzielle Bilderfassungssequenz an. Stattdessen wird zuerst ein Bilderfassungsvorgang **720A** ausgeführt, der Vorgänge umfassen kann, bei denen sich ein Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt im Verhältnis zueinander bewegen, um ein Merkmal in ein Blickfeld des Bildgebungssystems zu bringen, die Bildbeleuchtung und so weiter bereitgestellt wird, wie es notwendig ist, um ein Bild zu erfassen. Nach dem Bilderfassungsvorgang **720A** wird ein Bildanalysevorgang **730A** an diesem erfassten Bild ausgeführt, der Vorgänge, wie etwa eine Kantenerkennung, basierend auf einem Bild, das während des Bilderfassungsvorgangs **720A** erfasst wird, umfassen kann. Nachdem der Bildanalysevorgang **730A** beendet ist, wird ein Bilderfassungsvorgang **720B** ausgeführt (z. B. analog zu dem Vorgang **720A**), und nach Beendigung wird ein Bildanalysevorgang **730B** ausgeführt. Dieses Muster fährt mit den Bilderfassungsvorgängen **720C** und **720D** und den Bildanalysevorgängen **730C** und **730D** und so weiter fort. Jeder Bildanalysevorgang kann die nachfolgende Bilderfassung unterbrechen und verzögern. Eine derartige Ausführung ist im Lernmodus vorteilhaft und leicht verständlich, wenn Benutzeraktionen notwendig sind, um die Bilderfassungsparameter zu definieren, und die Bildanalyseergebnisse ausgewertet werden müssen, um zu bestätigen, dass ein wünschenswertes Bild die erwarteten Analyseergebnisse ergeben hat, bevor man fortfährt, den nächsten Teileprogrammvorgang zu definieren oder zu überprüfen. In einem derartigen Fall verzögert die Bildanalysezeit den gesamten Lernmodusprozess nicht erheblich, der typischerweise durch Benutzereingabe und Auswertung und dergleichen gliedert wird.

[0086] Im Gegensatz dazu gibt die Zeitsequenz, die mit dem Datenstrom-Ausführungsmodus **740** verknüpft ist, eine sequenzielle Bilderfassungssequenz an. Zuerst wird ein Bilderfassungsvorgang **720A'** ausgeführt, der ähnlich wie der Bilderfassungsvorgang **720A** bei diesem Beispiel sein kann und Vorgänge umfassen kann, bei denen sich ein Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt im Verhältnis zueinander bewegen, um ein Merkmal in ein Blickfeld des Bildgebungssystem zu bringen, die Bildbeleuchtung bereitgestellt wird, und so weiter, wie es notwendig ist, um ein Bild zu erfassen. Nachdem der Bilderfassungsvorgang **720A'** beendet ist, wird der Bilderfassungsvorgang **720B'** sofort eingeleitet und ausgeführt, da die Bewegung zwischen den Bilderfassungsstellen typischerweise eine der zeitintensiveren in einer Inspektionssequenz ist und den gesamten Durchsatz regelt. Die nachfolgenden Bilderfassungsvorgänge **720C'**, **720D'** und so weiter befolgen aus diesem Grund ein ähnliches Muster und bilden eine sequenzielle Bilderfassungssequenz. In modernen Computern können die Bildanalysevorgänge, die einem bestimmten Bild entsprechen, praktisch jederzeit eingeleitet werden, nachdem das Bild erfasst und/oder im Speicher abgelegt wurde. Bei diesem Beispiel wird der Bildanalysevorgang **730A'**, der Vorgänge umfassen kann (z. B. ähnliche oder mit den Bildanalysevorgängen **730A** identische), wie etwa eine Kantenerkennungsanalyse für eine Kante, die in dem Bild von Vorgang **720A'** enthalten ist, sofort nachdem der Bilderfassungsvorgang **720A'** beendet ist, eingeleitet und wird parallel zu dem Bilderfassungsvorgang **720B'** ausgeführt. Die nachfolgenden Bildanalysevorgänge **730B'**, **730C'**, **730D'** und so weiter befolgen ein ähnliches Muster. Das Ergebnis ist eine Verbesserung der Zeit, die der Datenstrom-Ausführungsmodus **740** benötigt, um die gleiche Anzahl von Bilderfassungs- und Analysevorgängen im Vergleich zu dem Nicht-Datenstrom- oder Bearbeitungsausführungsmodus **710** auszuführen.

[0087] Bei Ausführungsformen, bei denen das maschinelle Sichtinspektionssystem eine Stroboskopbeleuchtung oder andere Mittel umfasst, um eine schnelle Bildbelichtung ohne Unschärfe zu ermöglichen, erfolgt die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während des Datenstrommodus **740** während einer echten Dauerbetriebssequenz, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen. Dies ist der Idealfall und führt typischerweise zu den kürzesten Ausführungszeiten. Bei Ausführungsformen, bei denen dem maschinellen Sichtinspektionssystem die Stroboskopbeleuchtung fehlt oder es ansonsten benötigt, dass die relative Bewegung verlangsamt oder zeitweise angehalten wird, um die Bildunschärfe zu begrenzen, kann die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in der sequenziellen Reihenfolge im Datenstrommodus **740** während einer „ungefähr durchge-

henden“ Bewegungssequenz erfolgen. Die ungefähre Dauerbetriebssequenz kann Bewegungsvorgänge umfassen, die Bildunschärfe verhindern (z. B. Verlangsamen oder zeitweises Anhalten der ansonsten durchgehenden Bewegung, wie es von den Anforderungen der Bilderfassung vorgeschrieben wird), umfasst jedoch keine Bewegungsverzögerungen in Verbindung mit dem Ausführen der Bildanalyse oder dergleichen. Die Datenstrommodus-Ausführung bei einer derartigen Ausführungsform ist dennoch von Vorteil. Versuchsergebnisse zeigen, dass ein beispielhaftes Teileprogramm auf einem Nicht-Datenstrom- bzw. „herkömmlichen“ maschinellen Sichtinspektionssystem, das 16 Bilder in einer 4×4-Matrix mit 1 mm-Schritten in der XY-Ebene erhebt, unter Verwendung des Datenstrommodus **740** ungefähr 40% schneller läuft, als wenn es den Nicht-Datenstrom- oder Bearbeitungsausführungsmodus **710** verwendet, selbst wenn es während des Ausführens von Bilderfassungsvorgängen in einer sequenziellen Reihenfolge während einer ungefähr durchgehenden Bilderfassungssequenz zeitweise anhält oder wesentlich langsamer wird. Somit können im Allgemeinen diverse hier angesprochene Ausführungsformen das Ausführen von Bilderfassungsvorgängen während einer durchgehenden Bilderfassungssequenz umfassen, die mindestens eines umfasst von (a) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen, oder (b) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander ungefähr durchgehend bewegen, außer für Bilderfassungs-Bewegungsvorgänge, die notwendig sind, um die Bildunschärfe an Bildgebungsstellen zu begrenzen, und ohne Bewegungsverzögerungen auf Grund der Bildanalysevorgänge.

[0088] Obwohl diverse bevorzugte und beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung erläutert und beschrieben wurden, versteht es sich, dass diverse Änderungen daran vorgenommen werden können, ohne Geist und Umfang der vorliegenden Offenbarung zu verlassen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6542180 [0004]
- US 7590276 [0010]
- US 7454053 [0044]
- US 7324682 [0044]
- US 8111938 [0044]
- US 8111905 [0044]
- US 2013/0123945 [0056]
- US 2013/0125044 [0056]
- US 2013/0120567 [0056]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „QVPAK 3D CNC Vision Measuring Machine User's Guide“, veröffentlicht im Januar 2003 [0003]
- „QVPAK 3D CNC Vision Measuring Machine Operation Guide“, veröffentlicht im September 1996 [0003]

Patentansprüche

1. Präzises maschinelles Sichtinspektionssystem, umfassend einen Bildgebungsabschnitt, einen Arbeitstisch zum Halten eines oder mehrerer Werkstücke in einem Blickfeld (FOV) des Bildgebungsabschnitts, einen Steuerabschnitt, eine Anzeige und eine Benutzerschnittstelle, wobei das maschinelle Sichtinspektionssystem ferner Folgendes umfasst: einen Lernmodus, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern, und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen, der betriebsfähig ist, um ein Teileprogramm zu bearbeiten, und der betriebsfähig ist, um zuvor aufgezeichnete Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen, wobei der Lernmodus Benutzerschnittstellenmerkmale umfasst, die Folgendes umfassen: ein benutzersteuerbares Datenstrommodus-Anweisungselement, das verwendbar ist, um ein Datenstrommodus-Segment zu bezeichnen, das ein Segment eines Teileprogramms umfasst, das für die Datenstrommodus-Ausführung bezeichnet ist; und eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen, die Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, und eine Darstellung des Datenstrommodus-Segments umfasst; und einen Laufmodus, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Nicht-Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich nicht in einem Datenstrommodus-Segment befinden, und einen Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich in einem Datenstrommodus-Segment befinden, umfasst, wobei der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass: die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen darstellt, die Bilderfassungs- und entsprechende Bildanalyseanweisungen in einer ersten Reihenfolge umfassen, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgängen ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen; und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist, unabhängig davon, ob sich die erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen in einem Datenstrommodus-Segment befindet oder nicht; und der Laufmodus derart konfiguriert ist, dass:

der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen, wenn sie in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist, gemäß einer zweiten Reihenfolge ausführt, wobei die zweite Reihenfolge Folgendes umfasst:

Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, und Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während einer Dauerbetriebssequenz erfolgt, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen.

3. System nach Anspruch 1, wobei die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während einer durchgehenden Bilderfassungssequenz erfolgt, wobei sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander ungefähr durchgehend bewegen, mit Ausnahme von Bilderfassungsbewegungsvorgängen, die notwendig sind, um die Bildunschärfe an Bildgebungsstellen zu begrenzen, und ohne Bewegungsverzögerungen auf Grund von Bildanalysevorgängen.

4. System nach Anspruch 1, wobei die Ausführung der Bildanalysevorgänge, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden, mindestens teilweise während der sequenziellen Reihenfolge von Bilderfassungsvorgängen erfolgt.

5. System nach Anspruch 1, wobei der Nicht-Datenstrom-Ausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen ausführt, die sich nicht in einem Datenstrommodus-Segment befinden, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

6. System nach Anspruch 1, wobei der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass, wenn ein Teileprogramm, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst, zur Bearbeitung abgerufen wird, die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung in der ersten Reihenfolge angezeigt wird, und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise ausführt, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

7. System nach Anspruch 1, wobei der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass ein Benutzer eine Anweisungsdarstellung des Teileprogramms, die in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist, als eine Stelle zum Einleiten des Bearbeitungsausführungsmodus von entsprechenden Teileprogrammanweisungen auswählen kann, wonach die nachfolgenden Teileprogrammanweisungen auf eine Art und Weise ausgeführt werden, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

8. System nach Anspruch 7, wobei die nachfolgenden Teileprogrammanweisungen auf eine Art und Weise ausgeführt werden, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

9. System nach Anspruch 1, wobei das Datenstrommodus-Segment einen ersten Satz von Anweisungen und einen zweiten Satz von Anweisungen umfasst, wobei der erste Satz von Anweisungen erste Bilderfassungsanweisungen und erste Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines ersten Video-Tools umfassen, und der zweite Satz von Anweisungen zweite Bilderfassungsanweisungen und zweite Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines zweiten Video-Tools umfassen, wobei im Bearbeitungsausführungsmodus die ersten Bilderfassungsanweisungen und die ersten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden, bevor mit der Ausführung der zweiten Bilderfassungsanweisungen und der zweiten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des zweiten Video-Tools umfassen, begonnen wird; und im Laufmodus das Datenstrommodus-Segment auf Grund des Datenstrommodus-Anweisungselements im Datenstrommodus ausgeführt wird, und im Laufausführungsmodus des Datenstrommodus-Segments die ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden ersten und zweiten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen des ersten und zweiten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden.

10. System nach Anspruch 9, wobei das Teileprogramm ferner ein Nicht-Datenstrommodus-Segment umfasst, und im Lernmodus das Nicht-Datenstrommodus-Segment von dem Datenstrommodus-Segment durch das Fehlen eines Datenstrommodus-Anweisungselements für das Nicht-Datenstrommodus-Segment unterschieden wird, wobei das Nicht-Datenstrommodus-Segment einen dritten Satz von Anweisungen und einen vierten Satz von Anweisungen umfasst, wobei der dritte Satz von Anweisungen dritte Bilderfassungsanweisungen und dritte Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines dritten Video-Tools umfassen, und der vierte Satz von Anweisungen vierte Bilderfassungsanweisungen und vierte Bildanalyseanweisungen um-

fasst, die Video-Tool-Anweisungen eines vierten Video-Tools umfassen, wobei im Bearbeitungsausführungsmodus die dritten Bilderfassungsanweisungen und die dritten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des dritten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden, bevor mit der Ausführung der vierten Bilderfassungsanweisungen und der vierten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des vierten Video-Tools umfassen, begonnen wird; und im Laufmodus das Nicht-Datenstrommodus-Segment auf Grund des Fehlens eines Datenstrommodus-Anweisungselements für das Nicht-Datenstrommodus-Segment im Nicht-Datenstrommodus ausgeführt wird, und im Laufausführungsmodus des Nicht-Datenstrommodus-Segments die dritten und vierten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden dritten und vierten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen der dritten und vierten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden.

11. System nach Anspruch 9, wobei die ersten und zweiten Video-Tools Kantenerkennungs-Video-Tools umfassen.

12. System nach Anspruch 9, wobei im Lernmodus die ersten und zweiten Sätze von Anweisungen in der ersten Reihenfolge ausgeführt werden, wobei mindestens einige der ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen mit den Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tools und des zweiten Video-Tools durchsetzt sind, wobei die Anweisungen an der Benutzerschnittstelle in der ersten Reihenfolge angezeigt werden; und während des Laufmodus im Datenstrommodus die Teileprogrammanweisung, die dem Datenstrommodus-Segment entspricht, verarbeitet wird, um eine Bilderfassungsroutine zu bestimmen, welche die Bilderfassungsanweisungen der ersten und zweiten Sätze von Anweisungen, jedoch nicht die Video-Tool-Anweisungen umfasst, die Bilderfassungsroutine zum Erfassen der Bilder ausgeführt wird, und während die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, die Video-Tool-Anweisungen ausgeführt werden.

13. System nach Anspruch 12, wobei während des Laufmodus im Datenstrommodus mindestens ein Teil der Ausführung der Video-Tool-Anweisungen während des zweiten Durchgangs durch das Datenstrommodus-Segment parallel zur Ausführung der Bilderfassungsroutine erfolgt.

14. System nach Anspruch 12, wobei im Laufmodus während der Ausführung der Bilderfassungsroutine eine Vielzahl der Bilderfassungsanweisungen der Reihe nach ausgeführt werden, wobei unterdessen alle Video-Tool-Anweisungen, die im Lernmodus durchsetzt waren, noch nicht ausgeführt wurden, so dass die Anweisungen in der zweiten Reihenfolge

ausgeführt werden, die anders als die erste Reihenfolge ist.

15. System nach Anspruch 12, wobei sich im Laufmodus, wenn die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen.

16. System nach Anspruch 1, wobei das Datenstrommodus-Segment des Teileprogramms durch Datenstrommodus-Anweisungsdarstellungen am Anfang und am Ende des Datenstrommodus-Segments identifiziert wird.

17. System nach Anspruch 1, wobei im Lernmodus die Teileprogrammanweisungen innerhalb des Datenstrommodus-Segments, die in einer Teileprogrammdarstellung angezeigt werden, dazu veranlasst werden, ein identisches Aussehen wie ähnliche Teileprogrammanweisungen aufzuweisen, die sich außerhalb des Datenstrommodus-Segments befinden, so dass ein Benutzer keine andere Programmierdarstellung oder Syntax verwenden muss, wenn er Vorgänge programmiert oder bearbeitet, die sich innerhalb des Datenstrommodus-Segments statt außerhalb des Datenstrommodus-Segments befinden.

18. Verfahren zum Bedienen eines präzisen maschinellen Sichtinspektionssystems, das einen Bildgebungsabschnitt, einen Arbeitstisch zum Halten eines oder mehrerer Werkstücke in einem Blickfeld (FOV) des Bildgebungsabschnitts, einen Steuerabschnitt, eine Anzeige und eine Benutzerschnittstelle umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bereitstellen eines Lernmodus, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen, der betriebsfähig ist, um ein Teileprogramm zu bearbeiten, und der betriebsfähig ist, um zuvor aufgezeichnete Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen, wobei der Lernmodus Benutzerschnittstellenmerkmale umfasst, die Folgendes umfassen:

ein benutzersteuerbares Datenstrommodus-Anweisungselement, das verwendbar ist, um ein Datenstrommodus-Segment zu bezeichnen, das ein Segment eines Teileprogramms umfasst, das für die Datenstrommodus-Ausführung bezeichnet ist; und eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen, die Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, und eine Darstellung des Datenstrommodus-Segments umfasst;

Bereitstellen eines Laufmodus, der betriebsfähig ist, um

ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Nicht-Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich nicht in einem Datenstrommodus-Segment befinden, und einen Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen, die sich in einem Datenstrommodus-Segment befinden, umfasst, wobei

der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass: die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Bilderfassungs- und entsprechenden Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms in einer ersten Reihenfolge umfasst, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgängen ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen; und

der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist, unabhängig davon, ob die erste Vielzahl von Teileprogramm-Bildanweisungen in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist, auszuführen; und der Laufmodus derart konfiguriert ist, dass:

der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen, wenn sie in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist, gemäß einer zweiten Reihenfolge ausführt, wobei die zweite Reihenfolge Folgendes umfasst:

Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, und Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei, wenn ein Teileprogramm, das ein Datenstrommodus-Segment umfasst, zur Bearbeitung abgerufen wird, die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung in der ersten Reihenfolge angezeigt wird, und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise ausführt, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

20. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge auszuführen, das Ausführen von Bilderfassungsvorgängen während einer durchgehenden

Bilderfassungssequenz umfasst, die mindestens eines umfasst von (a) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen, oder (b) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander ungefähr durchgehend bewegen, mit Ausnahme von Bilderfassungs-Bewegungsvorgängen, die notwendig sind, um die Bildunschärfe an Bildgebungsstellen zu begrenzen, und ohne Bewegungsverzögerungen auf Grund von Bildanalysevorgängen.

21. Präzises maschinelles Sichtinspektionssystem, umfassend einen Bildgebungsabschnitt, einen Arbeitstisch zum Halten eines oder mehrerer Werkstücke in einem Blickfeld (FOV) des Bildgebungsabschnitts, einen Steuerabschnitt, eine Anzeige und eine Benutzerschnittstelle, wobei das maschinelle Sichtinspektionssystem ferner Folgendes umfasst: einen Lernmodus, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen, der betriebsfähig ist, um ein Teileprogramm zu bearbeiten, und der betriebsfähig ist, um zuvor aufgezeichneter Teileprogrammanweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen, wobei der Lernmodus Benutzerschnittstellenmerkmale umfasst, die Folgendes umfassen: eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogrammanweisungen, die Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, und Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, umfasst; einen Laufmodus, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogrammanweisungen umfasst, wobei der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass: die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen darstellt, die Bilderfassungs- und entsprechende Bildanalyseanweisungen in einer ersten Reihenfolge umfassen, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgänge ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen; und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogrammanweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise auszuführen, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist; und der Laufmodus derart konfiguriert ist, dass: der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogrammanweisungen gemäß einer zweiten Rei-

henfolge ausführt, wobei die zweite Reihenfolge Folgendes umfasst:

Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, und Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden.

22. System nach Anspruch 21, wobei die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während einer durchgehenden Bilderfassungssequenz erfolgt, die mindestens eines umfasst von (a) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen, oder (b) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander ungefähr durchgehend bewegen, mit Ausnahme von Bilderfassungs-Bewegungsvorgängen, die notwendig sind, um die Bildunschärfe an Bildgebungsstellen zu begrenzen, und ohne Bewegungsverzögerungen auf Grund von Bildanalysevorgängen.

23. System nach Anspruch 21, wobei die Ausführung der Bildanalysevorgänge, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden, mindestens teilweise während der sequenziellen Reihenfolge von Bilderfassungsvorgängen ausgeführt wird.

24. System nach Anspruch 21, wobei der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass, wenn ein Teileprogramm, das unter Verwendung des Datenstrommodus im Laufmodus ausgeführt wird, zur Bearbeitung abgerufen wird, die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung in der ersten Reihenfolge angezeigt wird, und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise ausführt, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

25. System nach Anspruch 21, wobei das Teileprogramm, das unter Verwendung des Datenstrommodus im Laufmodus ausgeführt wird, einen ersten Satz von Anweisungen und einen zweiten Satz von Anweisungen umfasst, wobei der erste Satz von Anweisungen erste Bilderfassungsanweisungen und erste Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines ersten Video-Tools umfassen, und der zweite Satz von Anweisungen zweite Bilderfassungsanweisungen und zweite Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines zweiten Video-Tools umfassen, wobei im Bearbeitungsausführungsmodus die ersten Bilderfassungsanweisungen und die ersten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-

Tools umfassen, ausgeführt werden, bevor mit der Ausführung der zweiten Bilderfassungsanweisungen und der zweiten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des zweiten Video-Tools umfassen, begonnen wird; und im Laufmodus das Teileprogramm im Datenstrommodus ausgeführt wird, wobei die ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden ersten und zweiten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen der ersten und zweiten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden.

26. System nach Anspruch 25, wobei im Lernmodus die ersten und zweiten Sätze von Anweisungen in der ersten Reihenfolge ausgeführt werden, wobei mindestens einige der ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen mit Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tools und des zweiten Video-Tools durchsetzt sind, wobei die Anweisungen an der Benutzerschnittstelle in der ersten Reihenfolge angezeigt werden; und im Laufmodus die Teileprogramm-Anweisungen verarbeitet werden, um eine Bilderfassungssequenz oder Routine zu bestimmen, welche die Bilderfassungsanweisungen der ersten und zweiten Sätze von Anweisungen, jedoch nicht die Video-Tool-Anweisungen umfasst, wobei die Bilderfassungssequenz oder die Routine zum Erfassen der Bilder ausgeführt wird, und während die Bilderfassungssequenz oder Routine ausgeführt wird, die Video-Tool-Anweisungen ausgeführt werden.

27. System nach Anspruch 21, wobei: der Lernmodus Benutzerschnittstellenmerkmale umfasst, die ferner ein benutzersteuerbares Datenstrommodus-Anweisungselement umfassen, das verwendbar ist, um ein Datenstrommodus-Segment zu bezeichnen, das ein Segment eines Teileprogramms umfasst, das für die Datenstrommodus-Ausführung bezeichnet ist; die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogramm-Anweisungen ferner eine Darstellung des Datenstrommodus-Segments umfasst; der Laufmodus ferner einen Nicht-Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogramm-Anweisungen, die sich nicht in einem Datenstrommodus-Segment befinden, zusätzlich zu dem Datenstrommodus, der verwendet wird, um Teileprogramm-Anweisungen, die sich in einem Datenstrommodus-Segment befinden, auszuführen, umfasst; im Lernmodus der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogramm-Anweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist, unabhängig davon, ob die erste Vielzahl von Teileprogramm-Anweisungen in einem Datenstrommodus-Segment enthalten ist oder nicht, auszuführen; und

im Laufmodus der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogramm-Anweisungen gemäß der zweiten Reihenfolge nur unter der Bedingung ausgeführt, dass sie in einem Datenstrommodus-Segment enthalten sind.

28. Verfahren zum Bedienen eines präzisen maschinellen Sichtinspektionssystems, das einen Bildgebungsabschnitt, einen Arbeitstisch zum Halten eines oder mehrerer Werkstücke in einem Blickfeld (FOV) des Bildgebungsabschnitts, einen Steuerabschnitt, eine Anzeige und eine Benutzerschnittstelle umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bereitstellen eines Lernmodus, der betriebsfähig ist, um eine Benutzereingabe zu empfangen, um die Vorgänge des maschinellen Sichtinspektionssystems zu steuern und Anweisungen aufzuzeichnen, die den gesteuerten Vorgängen entsprechen, um ein Teileprogramm zu erstellen, der betriebsfähig ist, um ein Teileprogramm zu bearbeiten, und der betriebsfähig ist, um zuvor aufgezeichnete Teileprogramm-Anweisungen gemäß einem Bearbeitungsausführungsmodus auszuführen, wobei der Lernmodus Benutzerschnittstellenmerkmale umfasst, die Folgendes umfasst:

eine bearbeitbare Teileprogrammdarstellung von Teileprogramm-Anweisungen, die Darstellungen von Bilderfassungsanweisungen, die Bilderfassungsvorgängen entsprechen, und Darstellungen von Bildanalyseanweisungen, die Bildanalysevorgängen entsprechen, umfasst;

Bereitstellen eines Laufmodus, der betriebsfähig ist, um ein zuvor erstelltes Teileprogramm auszuführen, wobei der Laufmodus einen Datenstrommodus zum Ausführen von Teileprogramm-Anweisungen umfasst, wobei

der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass:

die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung eine erste Vielzahl von Bilderfassungs- und entsprechenden Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms in einer ersten Reihenfolge, die einer Reihenfolge entspricht, in der die entsprechenden gesteuerten Vorgängen ausgeführt wurden, um das Teileprogramm zu erstellen, darstellt; und

der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms und die entsprechenden Bildanalyseanweisungen der ersten Vielzahl von Teileprogramm-Anweisungen ausführt, um die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist, auszuführen; und

der Laufmodus derart konfiguriert ist, dass:

der Datenstrommodus die erste Vielzahl von Teileprogramm-Anweisungen gemäß einer zweiten Reihenfolge ausführt, wobei die zweite Reihenfolge Folgendes umfasst:

Ausführen der ersten Vielzahl von Bilderfassungsanweisungen des Teileprogramms, um ihre entspre-

chenden Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, und Ausführen der ersten Vielzahl von Bildanalyseanweisungen des Teileprogramms, um ihre entsprechenden Bildanalysevorgänge auszuführen, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden.

29. Verfahren nach Anspruch 28, wobei die Ausführung der Bilderfassungsvorgänge in einer sequenziellen Reihenfolge während einer durchgehenden Bilderfassungssequenz erfolgt, die mindestens eines umfasst von (a) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander durchgehend bewegen, oder (b) Vorgängen, bei denen sich der Arbeitstisch und der Bildgebungsabschnitt zum Erfassen der Bilder im Verhältnis zueinander ungefähr durchgehend bewegen, mit Ausnahme von Bilderfassungs-Bewegungsvorgängen, die notwendig sind, um die Bildunschärfe an Bildgebungsstellen zu begrenzen, und ohne Bewegungsverzögerungen auf Grund von Bildanalysevorgängen.

30. Verfahren nach Anspruch 28, wobei die Ausführung der Bildanalysevorgänge, nachdem ihre entsprechenden Bilder erfasst wurden, mindestens teilweise während der sequenziellen Reihenfolge von Bilderfassungsvorgängen erfolgt.

31. Verfahren nach Anspruch 28, wobei der Lernmodus derart konfiguriert ist, dass, wenn ein Teileprogramm, das unter Verwendung des Datenstrommodus im Laufmodus ausgeführt wird, zur Bearbeitung abgerufen wird, die bearbeitbare Teileprogrammdarstellung in der ersten Reihenfolge angezeigt wird, und der Bearbeitungsausführungsmodus die Bilderfassungsvorgänge und die entsprechenden Bildanalysevorgänge auf eine Art und Weise ausführt, die mit der ersten Reihenfolge vereinbar ist.

32. Verfahren nach Anspruch 28, wobei das Teileprogramm, das unter Verwendung des Datenstrommodus im Laufmodus ausgeführt wird, einen ersten Satz von Anweisungen und einen zweiten Satz von Anweisungen umfasst, wobei der erste Satz von Anweisungen erste Bilderfassungsanweisungen und erste Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines ersten Video-Tools umfassen, und der zweite Satz von Anweisungen zweite Bilderfassungsanweisungen und zweite Bildanalyseanweisungen umfasst, die Video-Tool-Anweisungen eines zweiten Video-Tools umfassen, wobei im Bearbeitungsausführungsmodus die ersten Bilderfassungsanweisungen und die ersten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tool umfassen, ausgeführt werden, bevor mit der Ausführung der zweiten Bilderfassungsanweisungen und der zweiten Bildanalyseanweisungen, die Video-Tool-Anweisungen des zweiten Vi-

deo-Tools umfassen, begonnen wird; und im Laufmodus das Teileprogramm im Datenstrommodus ausgeführt wird, wobei die ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen in einer sequenziellen Reihenfolge unabhängig von der Ausführung der entsprechenden ersten und zweiten Bildanalysevorgänge, die Video-Tool-Anweisungen des ersten und zweiten Video-Tools umfassen, ausgeführt werden.

33. Verfahren nach Anspruch 32, wobei im Lernmodus die ersten und zweiten Sätze von Anweisungen in der ersten Reihenfolge ausgeführt werden, wobei mindestens einige der ersten und zweiten Bilderfassungsanweisungen mit den Video-Tool-Anweisungen des ersten Video-Tools und des zweiten Video-Tools durchgesetzt sind, wobei die Anweisungen an der Benutzerschnittstelle in der ersten Reihenfolge angezeigt werden; und im Laufmodus die Teileprogrammanweisungen verarbeitet werden, um eine Bilderfassungssequenz oder Routine zu bestimmen, welche die Bilderfassungsanweisungen der ersten und zweiten Sätze von Anweisungen, jedoch nicht die Video-Tool-Anweisungen umfasst, die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, um die Bilder zu erfassen, und während die Bilderfassungsroutine ausgeführt wird, die Video-Tool-Anweisungen ausgeführt werden.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

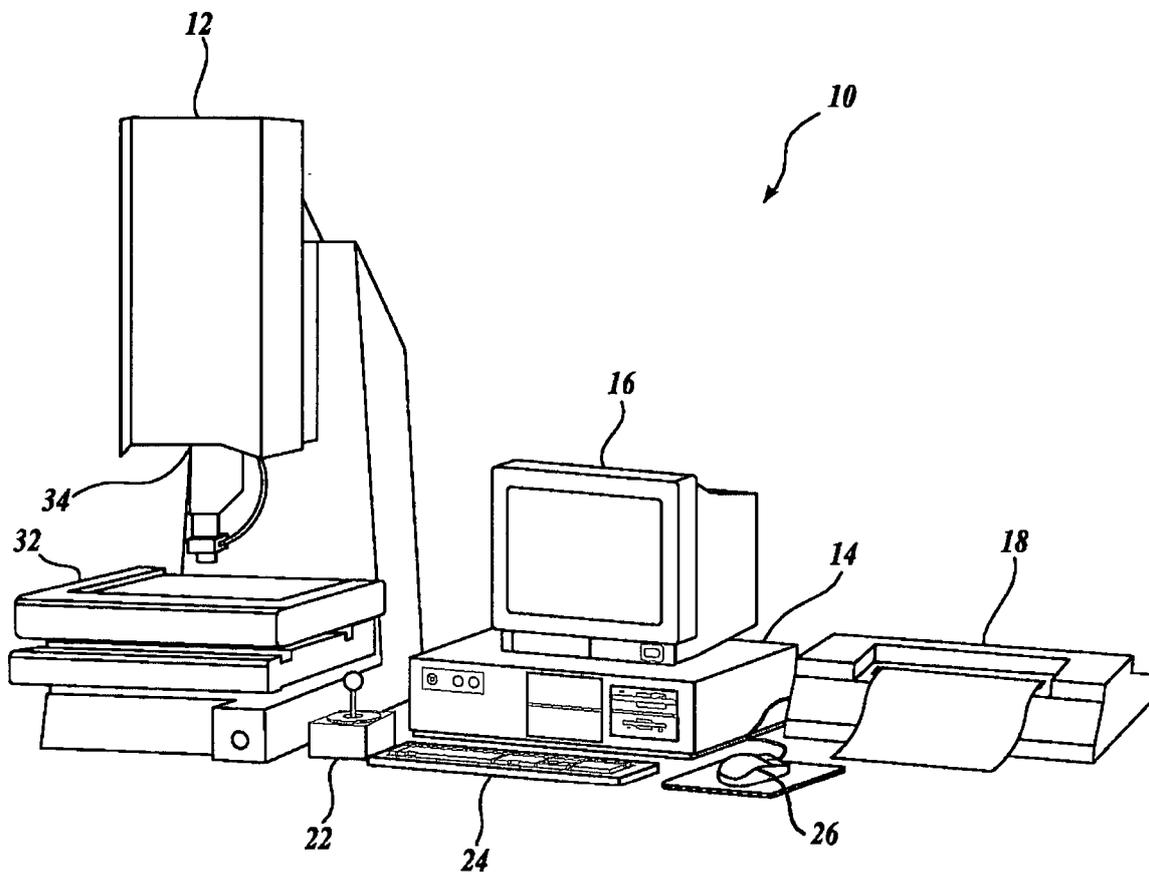


Fig.1.

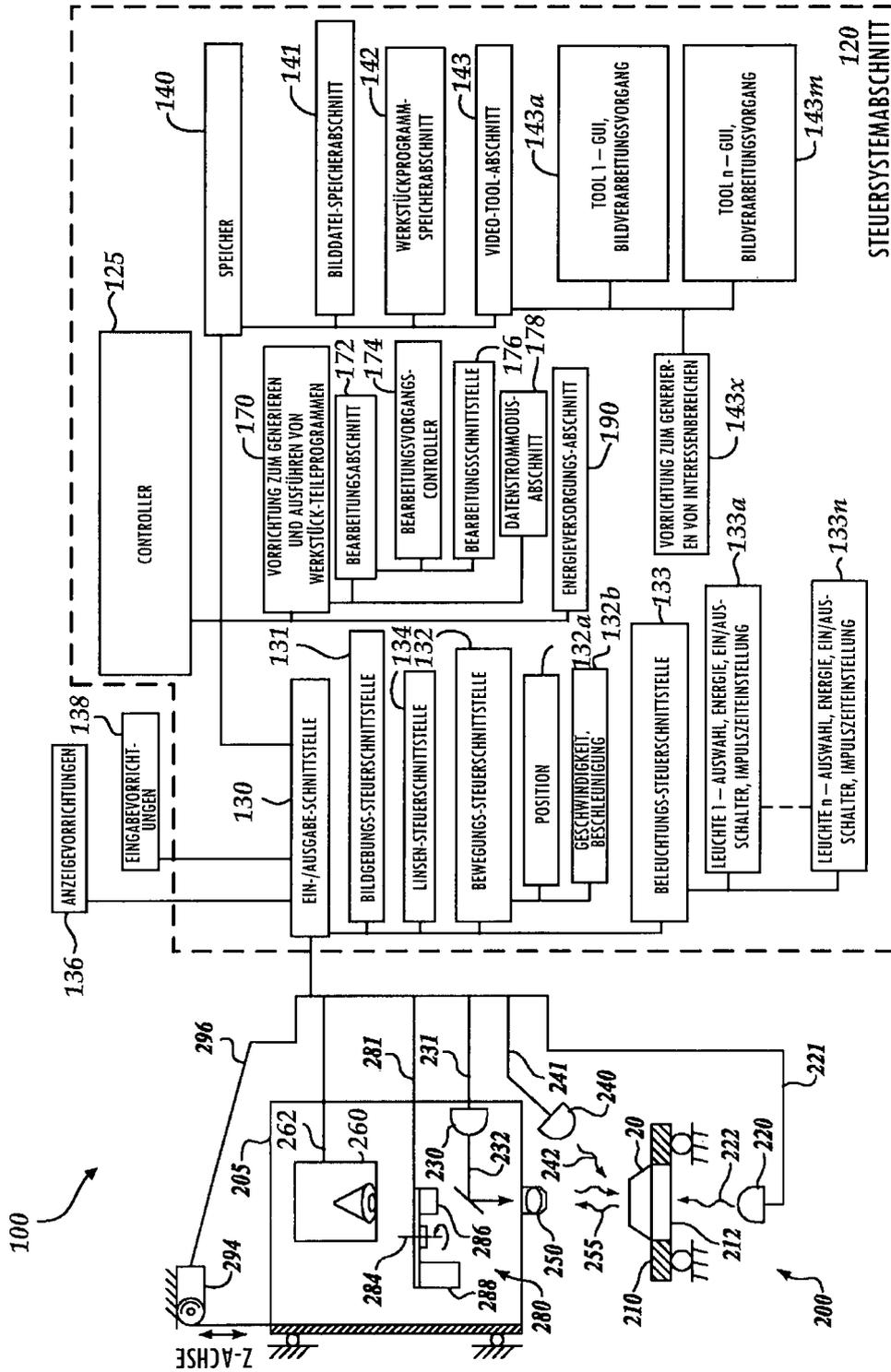


Fig. 2.

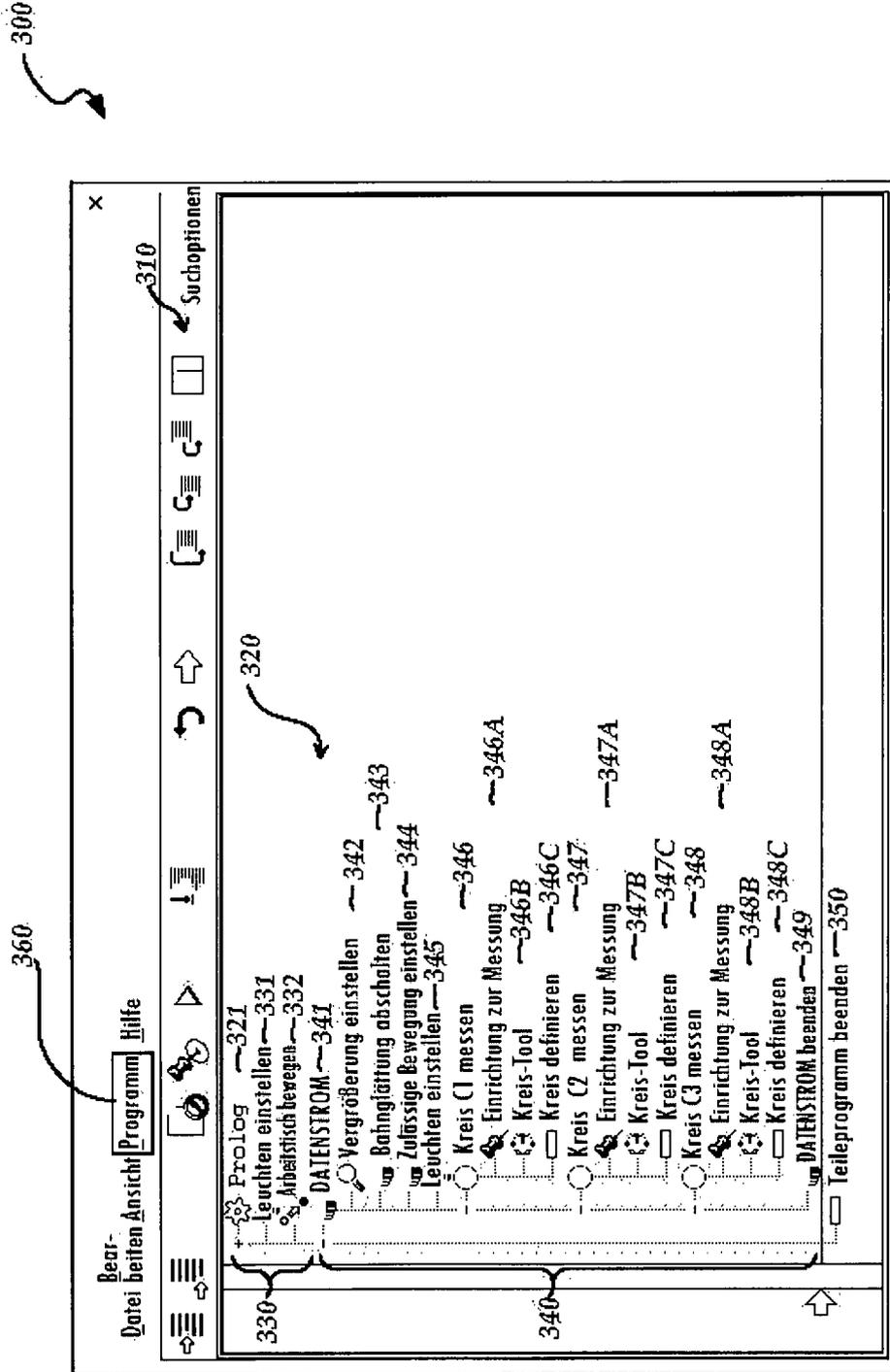


Fig.3.

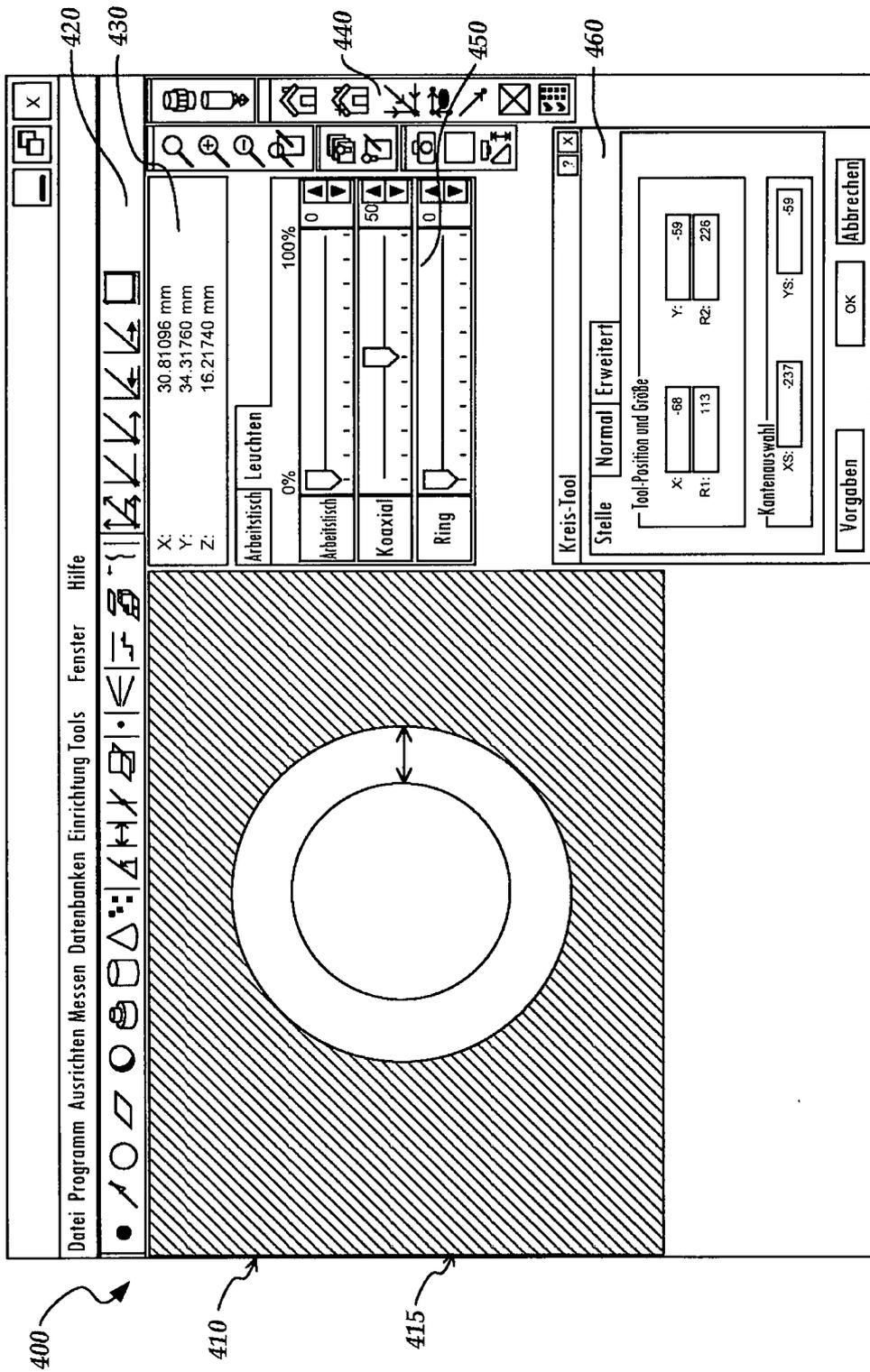


Fig. 4.

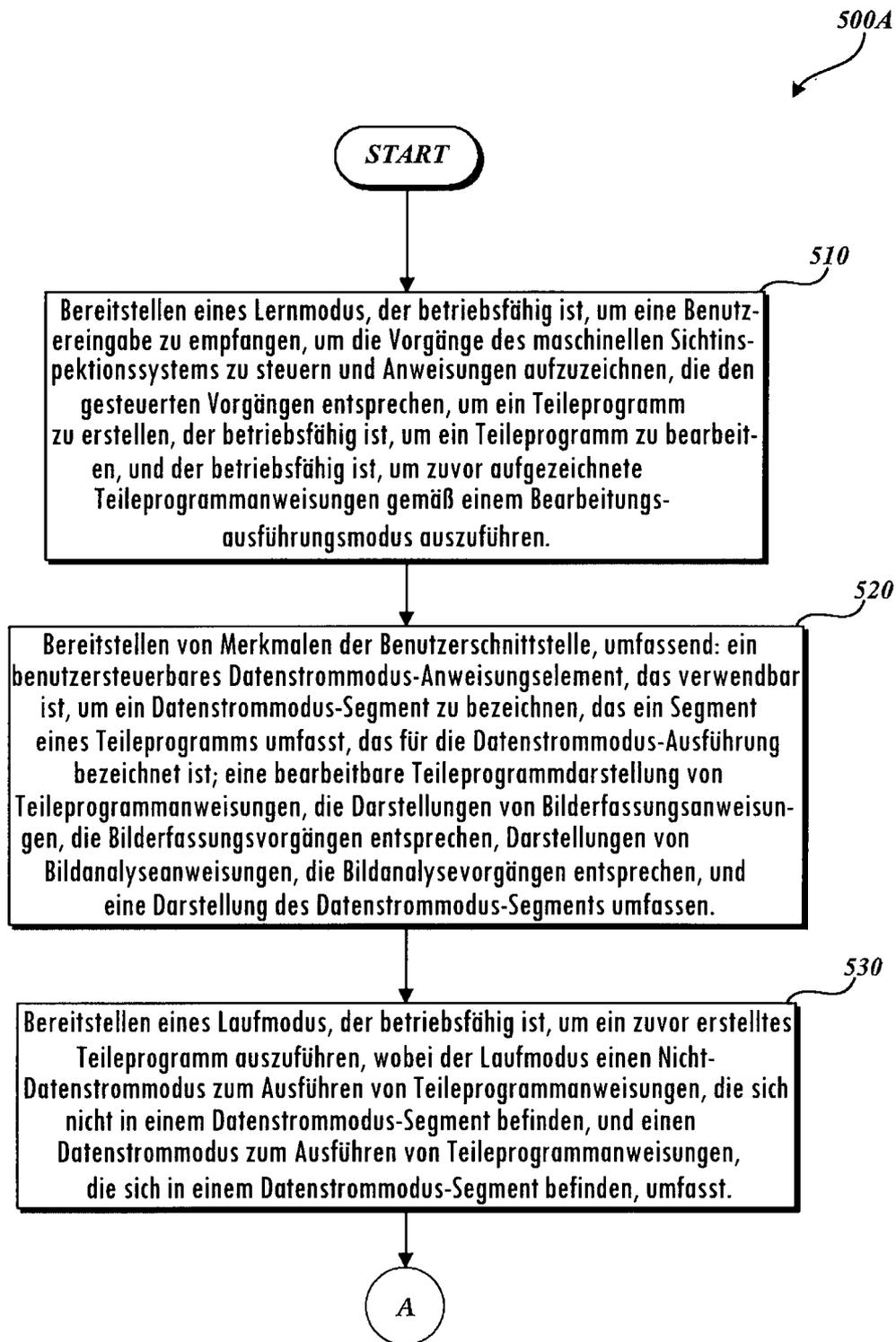
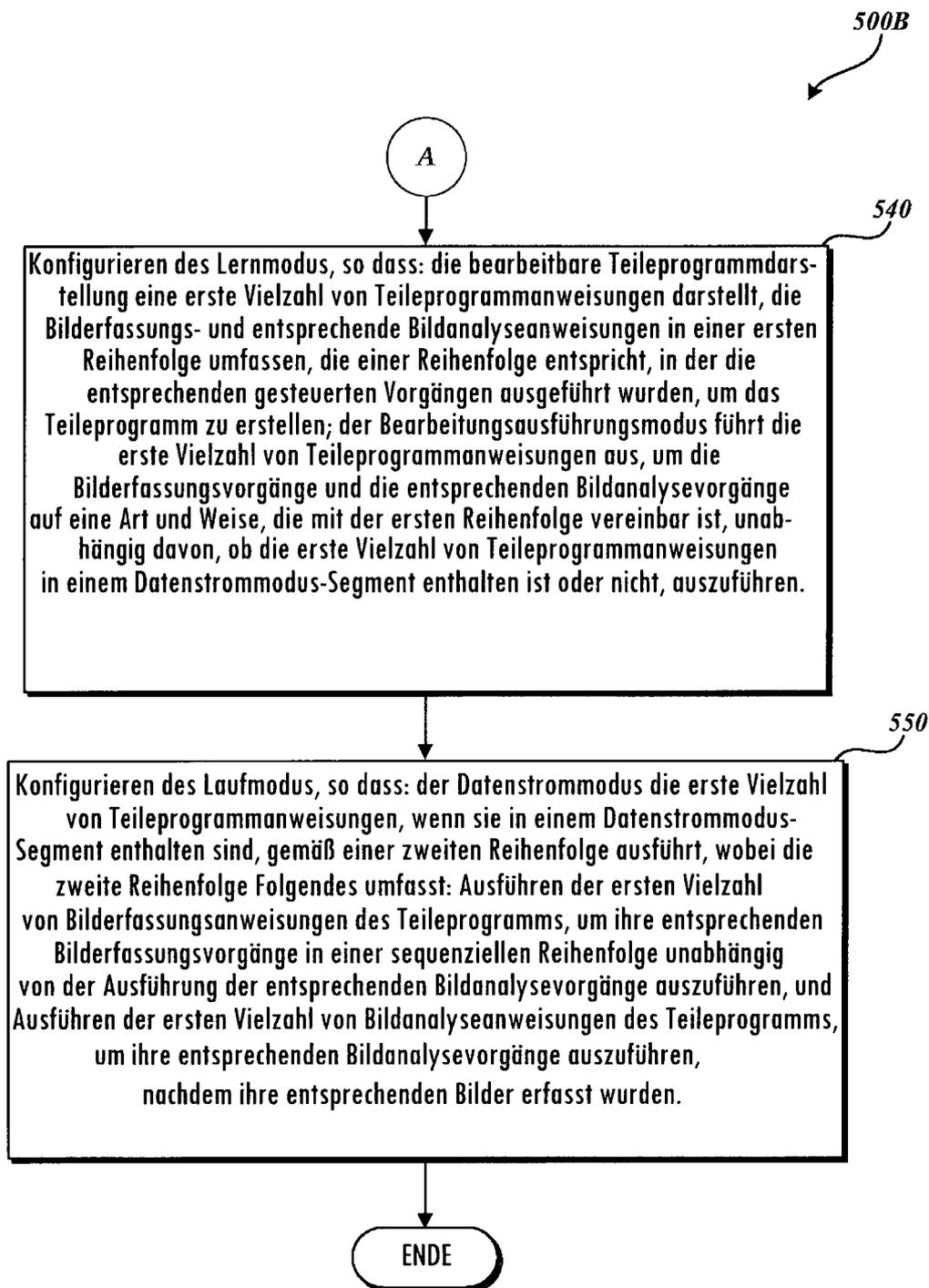
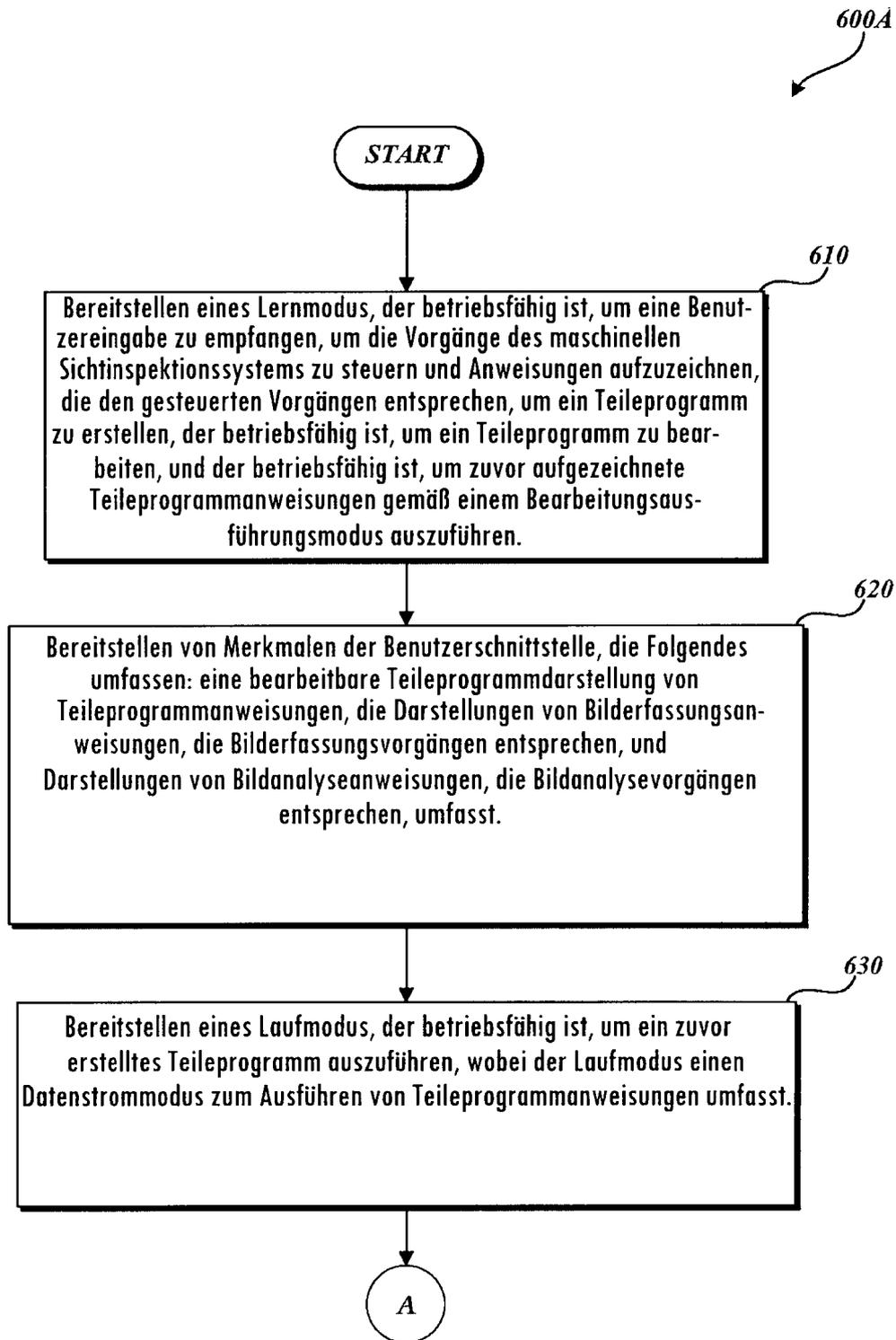
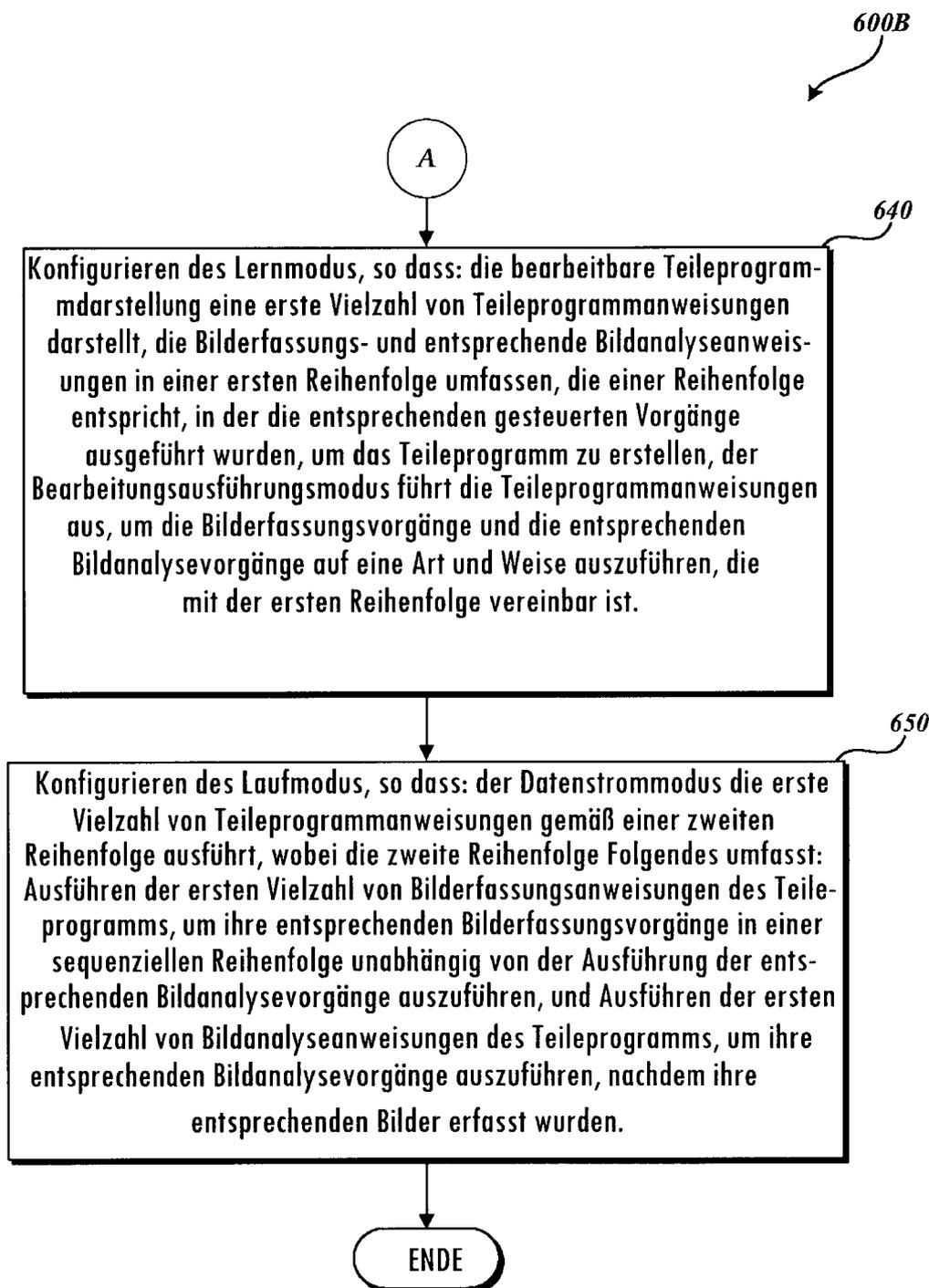


Fig.5A.

*Fig.5B.*

*Fig.6A.*

*Fig.6B.*

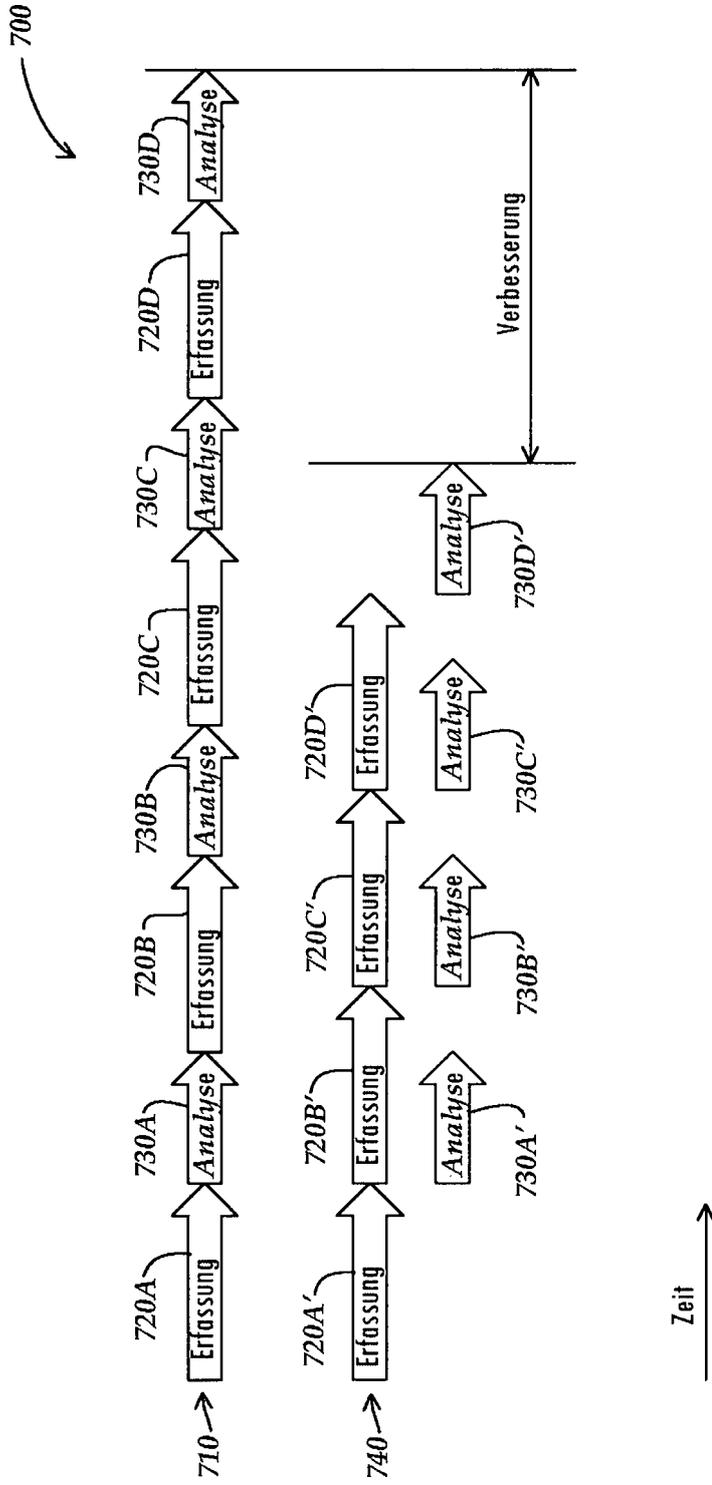


Fig. 7.